

Join the discussion @ [p2p.wrox.com](http://p2p.wrox.com)



Wrox Programmer to Programmer™



Professional C# 4 and .NET 4

# C#高级编程

## (第7版)



(美) Christian Nagel  
Bill Evjen 等著  
Jay Glynn  
李 铭 译  
黄 静 审校



本书源代码与  
第48~57章(电子书)

清华大学出版社

# C#高级编程

(第7版)

Christian Nagel  
(美) Bill Evjen 等著  
Jay Glynn  
李 铭 译  
黄 静 审校

清华大学出版社

北 京

Christian Nagel, Bill Evjen, Jay Glynn, et al

Professional C# 4 and .NET 4

EISBN: 978-0-470-50225-9

Copyright © 2010 by Wiley Publishing, Inc.

All Rights Reserved. This translation published under license.

本书中文简体字版由 Wiley Publishing, Inc. 授权清华大学出版社出版。未经出版者书面许可, 不得以任何方式复制或抄袭本书内容。

北京市版权局著作权合同登记号 图字: 01-2010-2103

本书封面贴有 Wiley 公司防伪标签, 无标签者不得销售。

版权所有, 侵权必究。侵权举报电话: 010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

C#高级编程(第7版)/(美)内格尔(Nagel, C.), (美)埃夫琴(Evjen, B.)等著; 李铭 译; 黄静 审校。

—北京: 清华大学出版社, 2010.11

书名原文: Professional C# 4 and .NET 4

ISBN 978-7-302-23937-6

I. C… II. ①内… ②埃… ③李… ④黄… III. C 语言—程序设计 IV. TP312

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 195700 号

责任编辑: 王 军 谢晓芳

装帧设计: 孔祥丰

责任校对: 成凤进

责任印制: 王秀菊

出版发行: 清华大学出版社

地 址: 北京清华大学学研大厦 A 座

<http://www.tup.com.cn>

邮 编: 100084

社 总 机: 010-62770175

邮 购: 010-62786544

投稿与读者服务: 010-62776969, [c-service@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:c-service@tup.tsinghua.edu.cn)

质 量 反 馈: 010-62772015, [zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn)

印 刷 者: 清华大学印刷厂

装 订 者: 三河市新茂装订有限公司

经 销: 全国新华书店

开 本: 185×260 印 张: 94.25 字 数: 2529 千字

附光盘 1 张

版 次: 2010 年 11 月第 1 版 印 次: 2010 年 11 月第 1 次印刷

印 数: 1~5000

定 价: 148.00 元

产品编号: 035929-01

# 作者简介

**CHRISTIAN NAGEL** 是 Microsoft 区域董事、Microsoft MVP, thinktecture 的合作伙伴, CN 革新技术的拥有者, 他是一位软件架构师和开发人员, 为开发 Microsoft .NET 解决方案提供培训和咨询服务。他具备超过 25 年的软件开发经验。Christian 从 PDP 11 和 VAX/VMS 系统开始其计算机生涯, 熟悉各种语言和平台。自从 2000 年以来, (那时 .NET 还只是一个技术框架)他就开始使用各种 .NET 技术构建大量 .NET 解决方案。他具备 Microsoft 技术的深厚功底, 编写了大量 .NET 图书, 并获得了 Microsoft 认证培训师和专业开发人员证书。Christian 在国际会议发表演讲(如 TechEd 和 Tech Days)并创立 INETA Europe, 以支持 .NET 用户组。通过 Web 站点 [www.cninnovation.com](http://www.cninnovation.com) 和 [www.thinktecture.com](http://www.thinktecture.com) 可以联系 Christian, 在 [www.twitter.com/christiannagel](http://www.twitter.com/christiannagel) 上可以找到他。

**BILL EVJEN** 是 .NET 技术和基于社团的 .NET 学习活动的积极倡导者, 他自从 .NET 在 2000 年第一次发布以来就积极涉足 .NET。同年, Bill 成立了 St. Louis .NET 用户组([www.stlnet.org](http://www.stlnet.org)), 这是世界上第一个这样的用户组, Bill 还是国际 .NET 协会([www.ineta.org](http://www.ineta.org))的奠基人和前任执行主管, 该协会在全世界有 500 000 多位成员。

Bill 住在密苏里州的圣路易斯, 是 ASP.NET 和 Web 服务的一位著名作者和演说家。他编写或与他人合作编写了 20 多本书, 包括 *Professional ASP.NET 4*、*Professional VB 2008*、*ASP.NET Professional Secrets*、*XML Web Services for ASP.NET* 和 *Web Services Enhancements: Understanding the WSE for Enterprise Applications*(均由 Wiley 出版)。除了写作之外, Bill 还在许多会议上发表演讲, 包括 DevConnections、VSLive 和 TechEd。除了这些活动之外, Bill 还与 Microsoft 联系紧密, 是 Microsoft 区域董事和 MVP。

Bill 是国际新闻及财务服务公司([www.thomsonreuters.com](http://www.thomsonreuters.com))Thomson Reuters, 即 Lipper 的全球平台架构师。他毕业于华盛顿州贝灵翰姆的西华盛顿大学, 获得了俄语学位。他闲暇时通常在芬兰的 Toivakka 度假。在 Twitter 网站上可以通过 @billevjen 联系到 Bill。

**JAY GLYNN** 是 PureSafety 的首席构架师, PureSafety 是一家为劳动力的安全和健康提供结果驱动的软件和信息解决方案的业界领先的提供商。Jay 开发软件的时间有 25 余年, 使用过各种语言和技术, 包括 PICK Basic、C、C++、Visual Basic、C#和 Java。Jay 目前与妻子住在田纳西州的富兰克林。

**KARLI WATSON** 是 Infusion Development ([www.infusion.com](http://www.infusion.com))的顾问, Boost.net ([www.boost.net](http://www.boost.net))的技术架构师和 IT 自由撰稿专业人士、作家和开发人员。他主攻 .NET(尤其是 C#和后来的 WPF), 在这个领域编写了许多图书。他擅长以通俗易懂的方式激情澎湃地阐述复杂的理念, 并花了大量的时间研究新技术, 寻求可教给其他人的新技术。

在不工作时(这种时间似乎没有), Karli 希望到山上滑雪, 或者尝试发表他的小说。他喜欢穿颜色鲜亮的衣服, 可以在 [www.twitter.com/karlequin](http://www.twitter.com/karlequin) 网站上找到他, 也许有一天他自己会建立一个网站。

**MORGAN SKINNER** 年轻时对 Sinclair ZX80 很感兴趣, 在校期间就开始了计算机生涯, 当时他对教师编写的一些代码不感兴趣, 便开始用汇编语言编程。从此以后他使用各种语言和平台, 包括 VAX 宏汇编程序、Pascal、Modula2、Smalltalk、X86 汇编语言、PowerBuilder、C/C++、VB 和目前的 C#, 自从 2000 年发布 PDC 以来, 他就用 .NET 编程, 而且非常喜欢 .NET, 于是在 2001 年加入了 Microsoft。他现在是开发人员的主要支持人员, 而且花了大多数时间帮助客户使用 C#。在 [www.morganskinner.com](http://www.morganskinner.com) 上可以联系到 Morgan。

# 前 言

对于开发人员,把 C#语言及其相关联的 .NET Framework 环境描述为多年来最重要的新技术一点都不夸张。 .NET 提供了一种环境。在这个环境中,可以开发在 Windows 上运行的几乎所有应用程序,而 C#是专门用于 .NET Framework 的编程语言。例如,使用 C#可以编写动态 Web 页面、Windows Presentation Foundation 应用程序、XML Web 服务、分布式应用程序的组件、数据库访问组件、传统的 Windows 桌面应用程序,甚或可以联机/脱机运行的新型智能客户端应用程序。本书介绍 .NET Framework 4。如果读者使用以前的版本编码,本书的一些章节就不适用。本书将标注出专用于 .NET Framework 4 的新增内容。

不要被这个 Framework 名称中的 .NET 所迷惑,认为这是一个只关注 Internet 的架构。这个名称中的 .NET 仅强调 Microsoft 相信分布式应用程序是未来的趋势,即处理过程分布在客户端和服务器的上。理解 C#不仅仅是编写 Internet 或与网络能识别的应用程序的一种语言也很重要。它还提供了一种编写 Windows 平台上几乎任何类型的软件或组件的方式。另外, C#和 .NET 都对开发人员编写程序的方式进行了革新,更易于实现在 Windows 上的编程。

那么, .NET 和 C#有什么优点?

## .NET 和 C#的重要性

为了理解 .NET 的重要性,了解一下过去 18 年来出现的许多 Windows 技术的本质,会有一些帮助。尽管所有 Windows 操作系统在表面上看来完全不同,但从 Windows 3.1(1992 年引入)到 Windows 7 和 Windows Server 2008 R2,在内核上都有相同的 Windows API。在我们转而使用 Windows 的新版本时,虽然 API 中增加了非常多的新功能,但这是一个演化和扩展 API 的过程,并非替换它。

开发 Windows 软件所使用的许多技术和架构也是这样。例如,组件对象模型(Component Object Model, COM)源自对象链接和嵌入(Object Linking and Embedding, OLE)。最初,因为它在很大程度上仅把不同类型的 Office 文档链接在一起,所以利用它,例如,可以把一个小型 Excel 电子表格放在 Word 文档中。之后,它逐步演化为 COM、DCOM(Distributed COM, 分布式组件对象模型)和最终的 COM+。COM+是一种复杂的技术,它是几乎所有组件通信方式的基础,实现了事务处理、消息传输服务和对象池。

Microsoft 选择这种革新方法的原因非常明显:它关注后向兼容性。在过去的这些年中,第三方软件编写了大量 Windows 软件,如果 Microsoft 每次都引入一项不遵循现有基本代码的新技术,Windows 就不会获得今天的成功。

后向兼容性是 Windows 技术的极其重要的功能,也是 Windows 平台的一个长处。但它有一个很大的缺点:每次某项技术更新换代,增加了新功能后,它都会比它以前更复杂。

很明显,对此必须进行改进。Microsoft 不可能一直扩展相同的开发工具和语言,总是使它们越

来越复杂,既要保证能跟上最新硬件的发展步伐,又要与20世纪90年代初开始流行的Windows产品向后兼容。如果要得到一系列简单而专业的语言、环境和开发工具,让开发人员轻松地编写最新的软件,就需要一个新的开端。

这就是C#和.NET的作用。粗略地说,.NET是一种在Windows平台上编程的架构——一种API。C#是一种从头开始设计的用于.NET的语言,它可以利用.NET Framework及其开发环境中的所有新增功能,以及在最近25年来出现的面向对象的编程方法。

在继续介绍前,必须先说明,后向兼容性并没有在这个演化进程中丧失。现有的程序仍可以使用,.NET也兼容现有的软件。现在,在Windows上软件组件之间的通信几乎都使用COM实现。因此,.NET能够提供现有COM组件的包装器(wrapper),以便.NET组件与之通信。

我们不需要学习了C#才能给.NET编写代码,因为Microsoft已经扩展了C++,还对Visual Basic进行了很多改进,把它转变成了功能更强大的语言,并允许把用这些语言编写的代码用于.NET环境。但其他这些语言都因有多年演化的遗留痕迹,并非一开始就用现在的技术来编写,导致它们不能用于.NET环境。

本书将介绍C#编程技术,同时提供.NET体系结构工作原理的必要背景知识。我们不仅会介绍C#语言的基础,还会给出使用各种相关技术的应用程序对应的示例,包括数据库访问、动态的Web页面、高级的图形和目录访问等。

## .NET 的优点

前面阐述了.NET的优点,但并没有说它会使开发人员的工作更易完成。本节将简要讨论.NET的改进功能。

- **面向对象编程:** .NET Framework和C#从一开始就完全基于面向对象的原则。
- **优秀的设计:** 一个基类库,它以一种非常直观的方式设计出来。
- **语言无关性:** 在.NET中,Visual Basic、C#和托管C++等语言都可以编译为通用的中间语言(Intermediate Language)。这说明,语言可以用以前没有的方式交互操作。
- **对动态Web页面更好的支持:** 虽然ASP具有很大的灵活性,但效率不是很高,这是因为它使用了解释性的脚本语言,且缺乏面向对象的设计,从而导致ASP代码比较混乱。.NET使用ASP.NET,为Web页面提供了一种集成支持。使用ASP.NET,可以编译页面中的代码,这些代码还可以使用.NET能识别的高级语言来编写,如C#或Visual Basic 2010。.NET现在还添加了对最新Web技术的重要支持,如Ajax和jQuery。
- **高效的数据访问:** 一组.NET组件,统称为ADO.NET,提供了对关系数据库和各种数据源的高效访问。这些组件也可用于访问文件系统和目录。尤其是,.NET内置了XML支持,可以处理从非Windows平台导入或导出的数据。
- **代码共享:** .NET引入了程序集的概念,替代了传统的DLL,可以完美无暇地改进代码在应用程序之间的共享方式。程序集是解决版本冲突的正式设备,程序集的不同版本可以并存。
- **增强的安全性:** 每个程序集还可以包含内置的安全信息,这些信息可以准确地指出谁或哪种类型的用户或进程可以调用什么类的哪些方法。这样就可以非常准确地控制用户部署的程序集的使用方式。
- **对安装没有任何影响:** 有两种类型的程序集,分别是共享程序集和私有程序集。共享程序集是可用于所有软件的公共库,而私有程序集只用于特殊软件。由于私有程序集完全自包

含，所以安装过程非常简单。没有注册表项，只需把相应的文件放在文件系统的相应文件夹中即可。

- **Web 服务的支持：**.NET 完全集成了对开发 Web 服务的支持，用户可以轻松地开发任何类型的应用程序。
- **Visual Studio 2010：**.NET 附带了一个 Visual Studio 2010 开发环境，它同样可以很好地利用 C++、C#、Visual Basic 2010 和 ASP.NET 或 XML 进行编码。Visual Studio 2010 集成了这个 IDE 所有以前版本中的各种语言专用的环境中的所有最佳功能。
- **C#：**是使用 .NET 的一种面向对象的强大且流行的语言。

第 1 章将详细讨论 .NET 体系结构的优点。

## .NET Framework 4 中的新增特性

.NET Framework 的第 1 版(1.0 版)在 2002 年发布，赢得了许多人的喝彩。.NET Framework 2.0 在 2005 年发布，认为它是该架构的一个主要版本。.NET Framework 4 是该产品另一个重要的版本，包含了许多重要的新功能。

对于 .NET Framework 的每个版本，Microsoft 总是试图确保对已开发出的代码进行尽可能少的不兼容的更改。到目前为止，Microsoft 在这方面做得很成功。

下面将详细描述 C# 2010 和 .NET Framework 4 中的一些新变化。

### 动态类型

编程界在动态语言(如 JavaScript、Python 和 Ruby)方面的进步非常快。由于这类编程越来越流行，Microsoft 在 C# 中发布了一个新的动态类型功能。并不总是可以以静态方式确知对象最终是什么类型。现在不使用 object 关键字和从这个类型生成的所有对象，而可以让动态语言运行库(Dynamic Language Runtime, DLR)在运行期间动态地确定对象的类型。

使用 C# 新增的动态功能，可以更好地进行交互操作。我们可以与各种动态语言交互操作，更容易地使用 DOM。甚至现在使用 Microsoft Office COM API 也更容易。

在 .NET Framework 4 这个版本中，Microsoft 包含了动态语言运行库。DLR 建立在公共语言运行库(Common Language Runtime, CLR)的基础上，提供了把所有动态语言交互操作连接起来的功能。

C# 使用新的 dynamic 关键字访问新的 DLR。这对于编译器是一个标记，只要遇到这个关键字，编译器就认为它是一个动态调用，而不是一般的静态调用。

### 可选参数和命名参数

虽然可选参数和命名参数在 Visual Basic 中已存在了一段时间了，但在 .NET 4 发布之前，它们不能在 C# 中使用。可选参数允许为方法的一些参数提供默认值，并允许使用者重载类型，因此，即使只有一个方法，也能处理所有变体。下面是一个例子：

```
public void CreateUser(string firstname, string lastname,
    bool isAdmin, bool isTrialUser)
{
}
```

如果要重载这个方法，并为两个 `bool` 对象提供默认值，就很容易得到好几个方法，为使用者填充这些值，然后调用主方法，以实际创建用户。现在通过可选参数，就可以编写下面的代码：

```
public void CreateUser(string firstname, string lastname,
    bool isAdmin = false, bool isTrialUser = true)
{
}
```

查看这段代码，`firstname` 和 `lastname` 参数没有设置默认值，而 `isAdmin` 和 `isTrailUser` 参数设置了默认值。使用者现在可以编写如下代码：

```
myClass.CreateUser("Bill", "Evjen");
myClass.CreateUser("Bill", "Evjen", true);
myClass.CreateUser("Bill", "Evjen", true, false);
myClass.CreateUser("Bill", "Evjen", isTrailUser: false);
```

上一个例子使用了命名参数，这也是在 .NET Framework 的这个版本中 C# 的一个新功能。命名参数会潜在地改变编写代码的方式。这个新功能能使代码更容易阅读和理解。例如，看一下 `System.IO` 名称空间中的 `File.Copy()` 方法，它一般构建为：

```
File.Copy(@"C:\myTestFile.txt", @"C:\myOtherFile.txt", true);
```

在这行代码中，这个简单的方法使用 3 个参数，但实际传递给 `Copy()` 方法的是些什么内容？除非知道这个方法的前前后后，否则仅看一眼该方法，很难判断出该方法会执行何种操作。而通过命名参数，就可以在提供参数值之前使用代码中的参数名，如下面的示例所示：

```
File.Copy(sourceFileName: @"C:\myTestFile.txt",
    destFileName: @"C:\myOtherFile.txt", overwrite: true);
```

现在通过命名参数，就很容易阅读和理解这行代码将执行的操作。使用命名参数对最终的编译没有影响，命名参数仅用在应用程序的编码中。

## 协变和抗变

虽然在 .NET Framework 的以前版本中包含协变和抗变，但它们在 .NET 4 中进行了扩展，当处理泛型、委托等时，它们会执行得更好。例如，在 .NET 的以前版本中，可以对对象和数组使用抗变，但不能对泛型接口使用抗变。而在 .NET 4 中，就可以对泛型接口使用抗变。

## ASP.NET MVC

ASP.NET MVC 是 ASP.NET 最新的主要新增内容，它为开发团队带来了许多惊喜。ASP.NET MVC 提供了许多开发人员期待的、使用模型-视图-控制器来创建 ASP.NET 的方式。ASP.NET MVC 在开发人员构建的应用程序中提供了可测试性、灵活性和可维护性。记住，ASP.NET MVC 不是每个人都知和喜欢的 ASP.NET 的替代品，而只是构建应用程序的另一种方式。

ASP.NET 的这个版本允许使用这个新模型构建应用程序，它完全内嵌在 Framework 和 Visual Studio 中。



## C#的优点

C#在某种程度上可以看作是.NET 面向 Windows 环境的一种编程语言。在过去的十几年中, Microsoft 给 Windows 和 Windows API 添加了许多功能, Visual Basic 2010 和 C++也进行了许多扩展。虽然 Visual Basic 和 C++最终已成为非常强大的语言, 但这两种语言也存在问题, 因为它们保留了原来的一些遗留内容。

对于 Visual Basic 6 及其早期版本, 它的主要优点是很容易理解, 许多编程工作都很容易完成, 从很大程度上对开发人员隐藏了 Windows API 和 COM 组件结构的详细信息。其缺点是因为 Visual Basic 从来没有实现真正意义上的面向对象, 所以大型应用程序很难分解和维护。另外, 因为 Visual Basic 的语法继承自 BASIC 的早期版本(BASIC 主要是为了让刚入门的程序员更容易理解, 而不是为了编写大型商业应用程序), 所以不能真正成为结构良好或面向对象的编程语言。

另一方面, C++基于 ANSI C++语言定义。它与 ANSI 不完全兼容, 因为 Microsoft 在 ANSI 定义标准化之前编写其 C++编译器, 但它已经相当接近。但是, 这导致了两个问题。首先, ANSI C++是在十几年前的技术条件下开发的, 因此它不支持现在的概念(如 Unicode 字符串和生成 XML 文档), 某些古老的语法结构是为以前的编译器设计的(如成员函数的声明和定义是分开的)。其次, Microsoft 同时还试图把 C++演变为一种用于在 Windows 上执行高性能任务的语言, 为此不得不在语言中添加大量 Microsoft 专用的关键字和各种库。其结果是在 Windows 上, 该语言非常杂乱。让 C++开发人员描述字符串有多少种定义就可以证明这一点: char\*、LPTSTR、string、CString(MFC 版本)、CString(WTL 版本)、wchar\_t\*、OLECHAR\*等。

现在进入.NET 时代——一种全新的环境, 它对这两种语言都进行了新的扩展。Microsoft 给 C++添加了许多 Microsoft 专用的关键字, 并把 Visual Basic 演变为 Visual Basic 2010, 保留了一些基本的 Visual Basic 语法, 但在设计上完全不同于原始 Visual Basic, 从实际应用的角度来看, Visual Basic 2010 是一种新语言。

在这里, Microsoft 决定给开发人员提供另一个选择——专门用于.NET、具有新起点的一种语言, 即 C#。Microsoft 在正式场合把 C#描述为一种简单、现代、面向对象、类型非常安全、派生自 C 和 C++的编程语言。大多数独立的评论员对 C#的描述改为“派生自 C、C++和 Java”。这种描述在技术上非常准确, 但没有表达出该语言的真正优点。从语法上看, C#非常类似于 C++和 Java, 许多关键字都相同, C#也使用类似于 C++和 Java 的块结构, 并用花括号({})来标记代码块, 用分号分隔各行语句。对 C#代码的第一印象是它非常类似于 C++或 Java 代码。但在这些表面的类似性后面, C#学习起来要比 C++容易得多, 但比 Java 难一些。其设计比其他语言更适合现代开发工具, 它同时具有 Visual Basic 的易用性, 以及 C++的高性能、低级内存访问。C#包括以下一些功能:

- 完全支持类和面向对象编程, 包括接口和实现继承、虚函数和运算符重载。
- 一致且定义完善的基本类型集。
- 对自动生成 XML 文档的内置支持。
- 自动清理动态分配的内存。
- 可以用用户定义的属性来标记类或方法。这可以用于文档, 对编译有一定的影响(例如, 把方法标记为只在调试版本中编译)。
- 可以完全访问.NET 基类库, 并易于访问 Windows API(如果实际需要它, 这就不常见)。

- 可以使用指针和直接访问内存,但 C#语言可以在没有它们的条件下访问内存。
- 以 Visual Basic 的风格支持属性和事件。
- 改变编译器选项,可以把程序编译为可执行文件或.NET 组件库,该组件库可以用与 ActiveX 控件(COM 组件)相同的方式由其他代码调用。
- C#可以用于编写 ASP.NET 动态 Web 页面和 XML Web 服务。

应该指出,对于上述大多数功能,Visual Basic 2010 和 Managed C++也具备。事实上,虽然 C#从一开始就使用.NET,但对.NET 功能的支持不仅更完整,而且在比其他语言更合适的语法环境中提供了这些功能。C#语言本身非常类似于 Java,但其中有一些改进,尤其是,Java 并不应用于.NET 环境。

在结束这个主题前,还要指出 C#的两个局限性。一方面是该语言不适用于编写时间紧迫或性能非常高的代码,例如一个要占用 1000 或 1050 个机器周期的循环,并在不需要这些资源时,立即清理它们。在这方面,C++可能仍是所有低级语言中的佼佼者。另一方面是 C#缺乏性能极高的应用程序所需要的关键功能,包括能够指定那些保证在代码的特定地方运行的内联函数和析构函数。但这类应用程序非常少。

## 编写和运行 C#代码的环境

.NET Framework 4 运行在 Windows XP/2003/7 和最新的 Windows Server 2008 R2 上。要使用.NET 编写代码,需要安装.NET 4 SDK。

此外,除非要使用文本编辑器或其他第三方开发环境来编写 C#代码,否则用户几乎肯定也希望使用 Visual Studio 2010。运行托管代码不需要安装完整的 SDK,但需要.NET 运行库。需要把.NET 运行库和代码分布到还没有安装它的客户端上。

## 本书内容

· 本书首先在第 1 章介绍.NET 的整体体系结构,给出编写托管代码所需要的背景知识,此后本书分几部分介绍 C#语言及其在各个领域中的应用。

### 第 I 部分——C#语言

本部分给出 C#语言的背景知识。尽管这一部分假定读者是有经验的编程人员,但它没有假设读者拥有任何特殊语言的知识。首先介绍 C#的基本语法和数据类型,再介绍 C#的面向对象功能,之后是 C#中的一些高级编程主题。

### 第 II 部分——Visual Studio

本部分介绍全世界 C#开发人员都使用的主要 IDE: Visual Studio 2010。本部分的两章探讨使用工具构建基于.NET Framework 4 的应用程序的最佳方式,另外,本部分还讨论项目的部署。

### 第 III 部分——基础

本部分介绍在.NET 环境中编程的规则。特别是安全性、线程、本地化、事务、构建 Windows

服务的方式，以及将自己的库生成为程序集的方式等主题。

#### 第IV部分——数据

本部分介绍如何使用 ADO.NET 和 LINQ 访问数据库，以及与目录和文件的交互。我们还详细说明 .NET 对 XML 的支持、对 Windows 操作系统的支持，以及 SQL Server 2008 的 .NET 功能。

#### 第V部分——显示

本部分讨论传统 Windows 应用程序的构建，在 .NET 中这种应用程序称为 Windows 窗体。Windows 窗体是应用程序的胖客户端版本，使用 .NET 构建这些类型的应用程序是实现该任务的一种快捷、简单的方式。本部分还阐述如何编写基于 Windows Presentation Foundation 和 Silverlight 的应用程序，如何编写在 Web 站点上运行的组件，如何编写网页。其中包括 ASP.NET 和 ASP.NET MVC 提供的许多新功能。

#### 第VI部分——通信

这一部分介绍通信，主要论述独立于平台使用 Windows Communication Foundation(WCF)进行通信的服务。通过消息队列，揭示了断开连接的异步通信。本部分还介绍如何利用 Windows Workflow Foundation(WF)、对等网络，以及创建联合源。

#### 第VII部分——附录

这一部分介绍如何为 Windows 7 和 Windows Server 2008 R2 开发应用程序。

## 光盘所附章节

即使用这样一本厚书，也不能涵盖 C# 以及使用这种语言和其他 .NET 技术的所有内容，于是我们在本书附赠光盘放了全书的源代码和另外 10 章内容。这些章节包括各种主题的信息：GDI+（这种技术用于构建包含高级图形的应用程序）、在 .NET 客户端和服务端之间通信的 .NET Remoting、用于后台服务的 Enterprise Services 和 Managed Add-In Framework(MAF)。光盘中的其他主题包括 VSTO 开发和使用 LINQ to SQL。

## 如何下载本书的示例代码

在读者学习本书中的示例时，可以手工输入所有的代码，也可以使用本书附带的源代码文件。本书使用的所有源代码都可以从本书合作站点 <http://www.wrox.com/> 和本书附赠光盘上找到。登录到站点 <http://www.wrox.com/> 上，使用 Search 工具或书名列表就可以找到本书。接着单击本书细目页面上的 Download Code 链接，就可以获得所有的源代码。

#### 注释：

许多图书的书名都很相似，所以通过 ISBN 查找本书是最简单的，本书的 ISBN 是 978-0-470-50225-9。

在下载了代码后，只需用自己喜欢的解压缩软件对它进行解压缩即可。另外，也可以进入

<http://www.wrox.com/dynamic/books/download.aspx> 上的 Wrox 代码下载主页, 查看本书和其他 Wrox 图书的所有代码。

## 勘误表

尽管我们已经尽了各种努力来保证文章或代码中不出现错误, 但是错误总是难免的, 如果您在本书中找到了错误, 例如拼写错误或代码错误, 请告诉我们, 我们将非常感激。通过勘误表, 可以让其他读者避免受挫, 当然, 这还有助于提供更高质量的信息。

要在网站上找到本书的勘误表, 可以登录 <http://www.wrox.com>, 通过 Search 工具或书名列表查找本书, 然后在本书的细目页面上, 单击 Book Errata 链接。在这个页面上可以查看 Wrox 编辑已提交和粘贴的所有勘误项。完整的图书列表还包括每本书的勘误表, 网址是 [www.wrox.com/misc-pages/booklist.shtml](http://www.wrox.com/misc-pages/booklist.shtml)。

如果在 Book Errata 页面上没有看到您找出的错误, 请进入 [www.worx.com/contact/techsupport.shtml](http://www.worx.com/contact/techsupport.shtml), 填写表单, 发电子邮件, 我们会检查您的信息, 如果是正确的, 就在本书的勘误表中粘贴一个消息, 我们将在本书的后续版本中采用。

## p2p.wrox.com

P2P 邮件列表是为作者和读者之间的讨论而建立的。读者可以在 [p2p.wrox.com](http://p2p.wrox.com) 上加入 P2P 论坛。该论坛是一个基于 Web 的系统, 用于传送与 Wrox 图书相关的信息和相关技术, 与其他读者和技术用户交流。该论坛提供了订阅功能, 当论坛上有了新帖子时, 会给您发送您选择的主题。Wrox 作者、编辑和其他业界专家和读者都会在这个论坛上进行讨论。

在 <http://p2p.wrox.com> 上有许多不同的论坛, 帮助读者阅读本书, 在读者开发自己的应用程序时, 也可以从这个论坛中获益。要加入这个论坛, 须执行下面的步骤:

- (1) 进入 [p2p.wrox.com](http://p2p.wrox.com), 单击 Register 链接。
- (2) 阅读其内容, 单击 Agree 按钮。
- (3) 提供加入论坛所需的信息及愿意提供的可选信息, 单击 Submit 按钮。
- (4) 然后就可以收到一封电子邮件, 其中的信息描述了如何验证账户, 完成加入过程。

### 提示:

不加入 P2P 也可以阅读论坛上的信息, 但只有加入论坛后, 才能发送自己的信息。

加入论坛后, 就可以发送新信息, 回应其他用户的帖子。可以随时在 Web 上阅读信息。如果希望某个论坛给自己发送新信息, 可以在论坛列表中单击该论坛对应的 Subscribe to this Forum 图标。

对于如何使用 Wrox P2P 的更多信息, 可阅读 P2P FAQ, 了解论坛软件的工作原理, 以及许多针对 P2P 和 Wrox 图书的常见问题解答。要阅读 FAQ, 可以单击任意 P2P 页面上的 FAQ 链接。

# 目 录

第 I 部分 C# 语言	
第 1 章 .NET 体系结构	3
1.1 C#与.NET 的关系	3
1.2 公共语言运行库	4
1.2.1 平台无关性	4
1.2.2 提高性能	4
1.2.3 语言的互操作性	5
1.3 中间语言	6
1.3.1 面向对象和接口的支持	6
1.3.2 不同的值类型和引用类型	7
1.3.3 强数据类型化	8
1.3.4 通过异常处理错误	12
1.3.5 特性的使用	13
1.4 程序集	13
1.4.1 私有程序集	14
1.4.2 共享程序集	14
1.4.3 反射	14
1.4.4 并行编程	15
1.5 .NET Framework 类	15
1.6 名称空间	16
1.7 用 C#创建.NET 应用程序	16
1.7.1 创建 ASP.NET 应用程序	16
1.7.2 创建 Windows 窗体	18
1.7.3 使用 WPF	18
1.7.4 Windows 控件	19
1.7.5 Windows 服务	19
1.7.6 WCF	19
1.7.7 Windows WF	19
1.8 C#在.NET 企业体系结构中的作用	19
1.9 小结	21
第 2 章 核心 C#	23
2.1 第一个 C#程序	23
2.1.1 代码	24
2.1.2 编译并运行程序	24
2.1.3 详细介绍	25
2.2 变量	26
2.2.1 变量的初始化	27
2.2.2 类型推断	28
2.2.3 变量的作用域	29
2.2.4 常量	31
2.3 预定义数据类型	32
2.3.1 值类型和引用类型	32
2.3.2 CTS 类型	33
2.3.3 预定义的值类型	33
2.3.4 预定义的引用类型	36
2.4 流控制	38
2.4.1 条件语句	38
2.4.2 循环	42
2.4.3 跳转语句	45
2.5 枚举	46
2.6 名称空间	47
2.6.1 using 语句	49
2.6.2 名称空间的别名	49
2.7 Main()方法	50
2.7.1 多个 Main()方法	50
2.7.2 给 Main()方法传递参数	52
2.8 有关编译 C#文件的更多内容	52
2.9 控制台 I/O	54
2.10 使用注释	56
2.10.1 源文件中的内部注释	56
2.10.2 XML 文档	56

2.11 C#预处理器指令.....	58	4.2.4 抽象类和抽象函数.....	100
2.11.1 #define 和 #undef.....	59	4.2.5 密封类和密封方法.....	100
2.11.2 #if, #elif, #else 和 #endif.....	59	4.2.6 派生类的构造函数.....	101
2.11.3 #warning 和 #error.....	60	4.3 修饰符.....	106
2.11.4 #region 和 #endregion.....	61	4.3.1 可见性修饰符.....	106
2.11.5 #line.....	61	4.3.2 其他修饰符.....	106
2.11.6 #pragma.....	61	4.4 接口.....	107
2.12 C#编程规则.....	62	4.4.1 定义和实现接口.....	108
2.12.1 关于标识符的规则.....	62	4.4.2 派生的接口.....	111
2.12.2 用法约定.....	63	4.5 小结.....	113
2.13 小结.....	68	<b>第5章 泛型.....</b>	<b>115</b>
<b>第3章 对象和类型.....</b>	<b>69</b>	5.1 概述.....	115
3.1 类和结构.....	69	5.1.1 性能.....	116
3.2 类.....	70	5.1.2 类型安全.....	117
3.2.1 数据成员.....	70	5.1.3 二进制代码的重用.....	117
3.2.2 函数成员.....	71	5.1.4 代码的扩展.....	117
3.2.3 只读字段.....	83	5.1.5 命名约定.....	118
3.3 匿名类型.....	84	5.2 创建泛型类.....	118
3.4 结构.....	85	5.3 泛型类的功能.....	122
3.4.1 结构是值类型.....	86	5.3.1 默认值.....	123
3.4.2 结构和继承.....	87	5.3.2 约束.....	123
3.4.3 结构的构造函数.....	87	5.3.3 继承.....	126
3.5 部分类.....	87	5.3.4 静态成员.....	127
3.6 静态类.....	89	5.4 泛型接口.....	127
3.7 Object 类.....	89	5.4.1 协变和抗变.....	128
3.7.1 System.Object()方法.....	90	5.4.2 泛型接口的协变.....	129
3.7.2 ToString()方法.....	90	5.4.3 泛型接口的抗变.....	130
3.8 扩展方法.....	92	5.5 泛型结构.....	131
3.9 小结.....	93	5.6 泛型方法.....	134
<b>第4章 继承.....</b>	<b>95</b>	5.6.1 泛型方法示例.....	134
4.1 继承的类型.....	95	5.6.2 带约束的泛型方法.....	135
4.1.1 实现继承和接口继承.....	95	5.6.3 带委托的泛型方法.....	136
4.1.2 多重继承.....	95	5.6.4 泛型方法规范.....	137
4.1.3 结构和类.....	96	5.7 小结.....	138
4.2 实现继承.....	96	<b>第6章 数组.....</b>	<b>139</b>
4.2.1 虚方法.....	97	6.1 简单数组.....	139
4.2.2 隐藏方法.....	98	6.1.1 数组的声明.....	139
4.2.3 调用函数的基类版本.....	99	6.1.2 数组的初始化.....	139

6.1.3	访问数组元素	140
6.1.4	使用引用类型	141
6.2	多维数组	142
6.3	锯齿数组	143
6.4	Array 类	144
6.4.1	创建数组	145
6.4.2	复制数组	146
6.4.3	排序	147
6.5	数组作为参数	150
6.5.1	数组协变	151
6.5.2	ArraySegment<T>	151
6.6	枚举	152
6.6.1	IEnumerator 接口	152
6.6.2	foreach 语句	153
6.6.3	yield 语句	153
6.7	元组	158
6.8	结构比较	159
6.9	小结	162
<b>第 7 章</b>	<b>运算符和类型强制转换</b>	<b>163</b>
7.1	运算符	163
7.1.1	运算符的简化操作	165
7.1.2	运算符的优先级	169
7.2	类型的安全性	169
7.2.1	类型转换	170
7.2.2	装箱和拆箱	173
7.3	比较对象的相等性	174
7.3.1	比较引用类型的相等性	174
7.3.2	比较值类型的相等性	175
7.4	运算符重载	176
7.4.1	运算符的工作方式	177
7.4.2	运算符重载的示例: Vector 结构	178
7.5	用户定义的类型强制转换	185
7.5.1	实现用户定义的类型 强制转换	186
7.5.2	多重类型强制转换	192
7.6	小结	195
<b>第 8 章</b>	<b>委托、Lambda 表达式 和事件</b>	<b>197</b>
8.1	委托	197
8.1.1	声明委托	198
8.1.2	使用委托	199
8.1.3	简单的委托示例	202
8.1.4	Action<T>和 Func<T> 委托	204
8.1.5	BubbleSorter 示例	204
8.1.6	多播委托	207
8.1.7	匿名方法	210
8.2	Lambda 表达式	211
8.2.1	参数	212
8.2.2	多行代码	212
8.2.3	Lambda 表达式外部的 变量	213
8.3	事件	214
8.3.1	事件发布程序	214
8.3.2	事件侦听器	216
8.3.3	弱事件	217
8.4	小结	220
<b>第 9 章</b>	<b>字符串和正则表达式</b>	<b>221</b>
9.1	System.String 类	221
9.1.1	创建字符串	222
9.1.2	StringBuilder 成员	225
9.1.3	格式字符串	226
9.2	正则表达式	231
9.2.1	正则表达式概述	232
9.2.2	RegularExpressions Playaround 示例	233
9.2.3	显示结果	235
9.2.4	匹配、组合和捕获	237
9.3	小结	238
<b>第 10 章</b>	<b>集合</b>	<b>239</b>
10.1	集合接口和类型	239
10.2	列表	240
10.2.1	创建列表	241
10.2.2	只读集合	250

10.3	队列	250	11.3	并行 LINQ	306
10.4	栈	254	11.3.1	并行查询	306
10.5	链表	256	11.3.2	分区器	307
10.6	有序列表	261	11.3.3	取消	307
10.7	字典	262	11.4	表达式树	308
10.7.1	键的类型	263	11.5	LINQ 提供程序	311
10.7.2	字典示例	264	11.6	小结	311
10.7.3	Lookup 类	268	<b>第 12 章</b>	<b>动态语言扩展</b>	<b>313</b>
10.7.4	有序字典	269	12.1	DLR	313
10.8	集	269	12.2	dynamic 类型	313
10.9	可观察的集合	271	12.3	包含 DLR ScriptRuntime	318
10.10	位数组	272	12.4	DynamicObject 和 ExpandoObject	321
10.10.1	BitArray 类	273	12.4.1	DynamicObject	321
10.10.2	BitVector32 结构	275	12.4.2	ExpandoObject	323
10.11	并发集合	277	12.5	小结	324
10.12	性能	279	<b>第 13 章</b>	<b>内存管理和指针</b>	<b>325</b>
10.13	小结	281	13.1	后台内存管理	325
<b>第 11 章</b>	<b>LINQ</b>	<b>283</b>	13.1.1	值数据类型	325
11.1	LINQ 概述	283	13.1.2	引用数据类型	327
11.1.1	列表和实体	283	13.1.3	垃圾回收	328
11.1.2	LINQ 查询	287	13.2	释放非托管的资源	330
11.1.3	扩展方法	288	13.2.1	析构函数	330
11.1.4	推迟查询的执行	289	13.2.2	IDisposable 接口	331
11.2	标准的查询操作符	291	13.2.3	实现 IDisposable 接口 和析构函数	332
11.2.1	筛选	293	13.3	不安全的代码	334
11.2.2	用索引筛选	293	13.3.1	用指针直接访问内存	334
11.2.3	类型筛选	294	13.3.2	指针示例: PointerPlayground	343
11.2.4	复合的 from 子句	294	13.3.3	使用指针优化性能	347
11.2.5	排序	295	13.4	小结	350
11.2.6	分组	296	<b>第 14 章</b>	<b>反射</b>	<b>351</b>
11.2.7	对嵌套的对象分组	297	14.1	自定义特性	351
11.2.8	连接	298	14.1.1	编写自定义特性	352
11.2.9	集合操作	300	14.1.2	自定义特性示例: WhatsNewAttributes	355
11.2.10	合并	301			
11.2.11	分区	302			
11.2.12	聚合操作符	303			
11.2.13	转换	304			
11.2.14	生成操作符	305			



14.2	反射 .....	358	16.5	小结 .....	424
14.2.1	System.Type 类 .....	358	第 17 章	部署 .....	425
14.2.2	TypeView 示例 .....	360	17.1	部署的规划 .....	425
14.2.3	Assembly 类 .....	362	17.1.1	部署选项 .....	426
14.2.4	完成 WhatsNew Attributes 示例 .....	364	17.1.2	部署要求 .....	426
14.3	小结 .....	368	17.1.3	部署 .NET 运行库 .....	427
第 15 章	错误和异常 .....	369	17.2	简单的部署选项 .....	427
15.1	异常类 .....	369	17.2.1	Xcopy 部署 .....	428
15.2	捕获异常 .....	371	17.2.2	Xcopy 和 Web 应用程序 .....	428
15.2.1	实现多个 catch 块 .....	373	17.2.3	发布 Web 站点 .....	429
15.2.2	在其他代码中捕获异常 .....	376	17.3	Visual Studio 2010 安装 和部署项目 .....	429
15.2.3	System.Exception 属性 .....	376	17.3.1	Windows Installer .....	430
15.2.4	没有处理异常时所发生 的情况 .....	377	17.3.2	创建安装程序 .....	430
15.2.5	嵌套的 try 块 .....	378	17.4	ClickOnce .....	437
15.3	用户定义的异常类 .....	379	17.4.1	ClickOnce 操作 .....	437
15.3.1	捕获用户定义的异常 .....	380	17.4.2	发布 ClickOnce 应用程序 .....	438
15.3.2	抛出用户定义的异常 .....	382	17.4.3	ClickOnce 设置 .....	438
15.3.3	定义用户定义的异常类 .....	385	17.4.4	ClickOnce 文件的 应用程序缓存 .....	439
15.4	小结 .....	387	17.4.5	应用程序的安全性 .....	439
<b>第 II 部分 Visual Studio</b>					
第 16 章	Visual Studio 2010 .....	391	17.5	Visual Studio 2010 高级选项 .....	440
16.1	使用 Visual Studio 2010 .....	391	17.5.1	文件系统编辑器 .....	440
16.1.1	创建项目 .....	395	17.5.2	注册表编辑器 .....	440
16.1.2	解决方案和项目的区别 .....	401	17.5.3	文件类型编辑器 .....	440
16.1.3	Windows 应用程序代码 .....	403	17.5.4	用户界面编辑器 .....	441
16.1.4	项目的浏览和编码 .....	404	17.5.5	自定义动作编辑器 .....	442
16.1.5	生成项目 .....	411	17.5.6	Launch Conditions 编辑器 .....	443
16.1.6	调试代码 .....	415	17.6	小结 .....	444
16.2	重构工具 .....	418	<b>第 III 部分 基 础</b>		
16.3	面向多个版本的 .NET Framework .....	420	第 18 章	程序集 .....	447
16.4	WPF、WCF、WF 等 .....	421	18.1	程序集的含义 .....	447
16.4.1	在 Visual Studio 2010 中构建 WPF 应用程序 .....	421	18.1.1	程序集的功能 .....	448
16.4.2	在 Visual Studio 2010 中构建 WF 应用程序 .....	423			

18.1.2	程序集的结构	448	19.1.2	后置条件	480
18.1.3	程序集清单	449	19.1.3	常量	481
18.1.4	名称空间、程序集 和组件	449	19.1.4	接口的协定	481
18.1.5	私有程序集和共享 程序集	449	19.2	跟踪	483
18.1.6	附属程序集	450	19.2.1	跟踪源	484
18.1.7	查看程序集	450	19.2.2	跟踪开关	485
18.2	创建程序集	451	19.2.3	跟踪侦听器	486
18.2.1	创建模块和程序集	451	19.2.4	筛选器	488
18.2.2	程序集的特性	452	19.2.5	相关性	489
18.2.3	动态加载和创建 程序集	454	19.3	事件日志	492
18.3	应用程序域	457	19.3.1	事件日志体系结构	493
18.4	共享程序集	461	19.3.2	事件日志类	494
18.4.1	强名	462	19.3.3	创建事件源	494
18.4.2	使用强名获得完整性	462	19.3.4	写入事件日志	495
18.4.3	全局程序集缓存	463	19.3.5	资源文件	496
18.4.4	创建共享程序集	463	19.4	性能监控	500
18.4.5	创建强名	464	19.4.1	性能监控类	500
18.4.6	安装共享程序集	465	19.4.2	性能计数器生成器	500
18.4.7	使用共享程序集	465	19.4.3	添加 Performance Counter 组件	503
18.4.8	程序集的延迟签名	466	19.4.4	perfmon.exe	505
18.4.9	引用	467	19.5	小结	506
18.4.10	本机映像生成器	468	第 20 章	线程、任务和同步	507
18.5	配置.NET 应用程序	469	20.1	概述	507
18.5.1	配置类别	469	20.2	异步委托	508
18.5.2	绑定程序集	470	20.2.1	投票	508
18.6	版本问题	471	20.2.2	等待句柄	509
18.6.1	版本号	472	20.2.3	异步回调	510
18.6.2	通过编程方式获取版本	472	20.3	Thread 类	512
18.6.3	绑定到程序集版本	473	20.3.1	给线程传递数据	513
18.6.4	发行者策略文件	474	20.3.2	后台线程	514
18.6.5	运行库的版本	475	20.3.3	线程的优先级	515
18.7	小结	476	20.3.4	控制线程	515
第 19 章	检测	477	20.4	线程池	516
19.1	代码协定	477	20.5	任务	517
19.1.1	前提条件	479	20.5.1	启动任务	517
			20.5.2	连续的任务	518
			20.5.3	任务层次结构	519

20.5.4	任务的结果	520	21.1.1	标识和 Principal	565
20.6	Parallel 类	521	21.1.2	角色	567
20.6.1	用 Parallel.For()		21.1.3	声明基于角色的安全性	567
	方法循环	521	21.1.4	客户端应用程序服务	568
20.6.2	使用 Parallel.ForEach()		21.2	加密	573
	方法循环	523	21.2.1	签名	575
20.6.3	通过 Parallel.Invoke()		21.2.2	交换密钥和安全传输	576
	方法调用多个方法	524	21.3	资源的访问控制	579
20.7	取消架构	524	21.4	代码访问安全性	582
20.7.1	Parallel.For()方法		21.4.1	第 2 级安全透明性	582
	的取消	524	21.4.2	权限	583
20.7.2	任务的取消	526	21.5	使用证书发布代码	588
20.8	线程问题	527	21.6	小结	588
20.8.1	争用条件	527	<b>第 22 章</b>	<b>本地化</b>	<b>591</b>
20.8.2	死锁	530	22.1	System.Globalization	
20.9	同步	532		名称空间	591
20.9.1	lock 语句和线程安全	532	22.1.1	Unicode 问题	592
20.9.2	Interlocked 类	538	22.1.2	区域性和区域	592
20.9.3	Monitor 类	539	22.1.3	使用区域性	596
20.9.4	SpinLock 结构	540	22.1.4	排序	600
20.9.5	WaitHandle 基类	540	22.2	资源	602
20.9.6	Mutex 类	541	22.2.1	创建资源文件	602
20.9.7	Semaphore 类	542	22.2.2	资源文件生成器	602
20.9.8	Events 类	544	22.2.3	ResourceWriter	603
20.9.9	Barrier 类	547	22.2.4	使用资源文件	604
20.9.10	ReaderWriterLockSlim		22.2.5	System.Resources	
	类	549		名称空间	607
20.10	Timer 类	552	22.3	使用 Visual Studio 的	
20.11	基于事件的异步模式	554		Windows 窗体本地化	607
20.11.1	BackgroundWorker		22.3.1	通过编程方式修改	
	类	554		区域性	612
20.11.2	启用取消功能	557	22.3.2	使用自定义资源文件	613
20.11.3	启用进度功能	558	22.3.3	资源的自动回退	614
20.11.4	创建基于事件的异步		22.3.4	外包翻译	615
	组件	559	22.4	用 ASP.NET 本地化	615
20.12	小结	563	22.5	用 WPF 本地化	617
<b>第 21 章</b>	<b>安全性</b>	<b>565</b>	22.5.1	用于 WPF 的 .NET 资源	618
21.1	身份验证和授权	565	22.5.2	XAML 资源字典	619

22.6	自定义资源读取器	622	24.2.2	使用代理	666
22.6.1	创建 DatabaseResource Reader 类	623	24.2.3	异步页面请求	666
22.6.2	创建 DatabaseResource Set 类	625	24.3	把输出结果显示为 HTML 页面	667
22.6.3	创建 DatabaseResource Manager 类	625	24.3.1	从应用程序中进行 简单的 Web 浏览	667
22.6.4	DatabaseResourceReader 的客户端应用程序	626	24.3.2	启动 Internet Explorer 实例	669
22.7	创建自定义区域性	626	24.3.3	给应用程序提供更多 的 IE 类型特性	669
22.8	小结	628	24.3.4	使用 WebBrowser 控件 打印	674
<b>第 23 章</b>	<b>System.Transactions</b>	<b>629</b>	24.3.5	显示请求页面的代码	674
23.1	概述	629	24.3.6	WebRequest 类 和 WebResponse 类的 层次结构	676
23.1.1	事务处理阶段	630	24.4	实用工具类	676
23.1.2	ACID 属性	630	24.4.1	URI	676
23.2	数据库和实体类	631	24.4.2	IP 地址和 DNS 名称	677
23.3	传统的事务	633	24.5	较低层的协议	679
23.3.1	ADO.NET 事务	633	24.5.1	使用 SmtplibClient	680
23.3.2	System.Enterprise Services	634	24.5.2	使用 TCP 类	682
23.4	System.Transactions	635	24.5.3	TcpSend 和 TcpReceive 示例	682
23.4.1	可提交的事务	636	24.5.4	TCP 和 UDP	684
23.4.2	事务处理的升级	638	24.5.5	UDP 类	684
23.4.3	依赖事务	640	24.5.6	Socket 类	685
23.4.4	环境事务	642	24.6	小结	689
23.5	隔离级别	649	<b>第 25 章</b>	<b>Windows 服务</b>	<b>691</b>
23.6	自定义资源管理器	650	25.1	Windows 服务	691
23.7	Windows 7 和 Windows Server 2008 的事务	656	25.2	Windows 服务的体系结构	692
23.8	小结	660	25.2.1	服务程序	692
<b>第 24 章</b>	<b>网络</b>	<b>661</b>	25.2.2	服务控制程序	694
24.1	WebClient 类	661	25.2.3	服务配置程序	694
24.1.1	下载文件	662	25.2.4	Windows 服务的类	694
24.1.2	基本的 WebClient 示例	662	25.3	创建 Windows 服务程序	694
24.1.3	上传文件	663	25.3.1	创建服务的核心功能	695
24.2	WebRequest 类和 WebResponse 类	664	25.3.2	QuoteClient 示例	698
24.2.1	身份验证	666	25.3.3	Windows 服务程序	699

25.3.4	线程和服务	703	26.4.3	创建类型库	741
25.3.5	服务的安装	704	26.4.4	COM 互操作特性	743
25.3.6	安装程序	704	26.4.5	COM 注册	745
25.4	服务的监视和控制	708	26.4.6	创建 COM 客户端 应用程序	746
25.4.1	MMC 管理单元	708	26.4.7	添加连接点	747
25.4.2	net.exe 实用程序	709	26.4.8	用 sink 对象创建 客户端	748
25.4.3	sc.exe 实用程序	710	26.5	平台调用	750
25.4.4	Visual Studio Server Explorer	710	26.6	小结	754
25.4.5	编写自定义 ServiceController 类	710	<b>第 27 章 核心 XAML</b>		<b>755</b>
25.5	故障排除和事件日志	718	27.1	概述	755
25.6	小结	719	27.1.1	元素映射到 .NET 对象上	756
<b>第 26 章 互操作性</b>		<b>721</b>	27.1.2	使用自定义 .NET 类	757
26.1	.NET 和 COM	721	27.1.3	把特性用作属性	759
26.1.1	元数据	722	27.1.4	把特性用作元素	759
26.1.2	释放内存	722	27.1.5	基本的 .NET 类型	760
26.1.3	接口	722	27.1.6	集合	760
26.1.4	方法的绑定	724	27.1.7	构造函数	761
26.1.5	数据类型	724	27.2	依赖属性	761
26.1.6	注册	724	27.2.1	创建依赖类型	762
26.1.7	线程	725	27.2.2	强制值回调	763
26.1.8	错误处理	726	27.2.3	值变更回调和事件	764
26.1.9	事件	727	27.2.4	事件的冒泡和隧道	764
26.2	编组	727	27.3	附加属性	767
26.3	从 .NET 客户端中使用 COM 组件	728	27.4	标记扩展	770
26.3.1	创建 COM 组件	728	27.5	创建自定义标记扩展	770
26.3.2	创建 RCW	734	27.6	XAML 定义的标记扩展	772
26.3.3	使用 RCW	735	27.7	读写 XAML	772
26.3.4	使用 COM 服务器和 动态语言扩展	736	27.8	小结	773
26.3.5	线程问题	737	<b>第 28 章 Managed Extensibility Framework</b>		<b>775</b>
26.3.6	添加连接点	737	28.1	MEF 的体系结构	775
26.4	从 COM 客户端中使用 .NET 组件	739	28.2	协定	782
26.4.1	CCM	740	28.3	导出	783
26.4.2	创建 .NET 组件	740	28.3.1	导出属性和方法	787
			28.3.2	导出元数据	789

28.4	导入	791
28.5	容器和出口提供程序	794
28.6	类别	797
28.7	小结	798
<b>第 29 章</b>	<b>文件和注册表操作</b>	<b>799</b>
29.1	管理文件系统	799
29.1.1	表示文件和文件夹的.NET类	800
29.1.2	Path类	803
29.1.3	FileProperties 示例	803
29.2	移动、复制和删除文件	808
29.2.1	FilePropertiesAndMovement 示例	808
29.2.2	FilePropertiesAndMovement 示例的代码	809
29.3	读写文件	812
29.3.1	读取文件	812
29.3.2	写入文件	814
29.3.3	流	815
29.3.4	缓存的流	816
29.3.5	使用 FileStream 类读写二进制文件	816
29.3.6	读写文本文件	821
29.4	映射内存的文件	827
29.5	读取驱动器信息	829
29.6	文件的安全性	831
29.6.1	从文件中读取 ACL	831
29.6.2	从目录中读取 ACL	832
29.6.3	添加和删除文件中的 ACL 项	833
29.7	读写注册表	835
29.7.1	注册表	835
29.7.2	.NET 注册表类	837
29.8	读写独立存储器	839
29.9	小结	844

**第IV部分 数 据**

<b>第 30 章</b>	<b>核心 ADO.NET</b>	<b>847</b>
30.1	ADO.NET 概述	847

30.1.1	名称空间	848
30.1.2	共享类	848
30.1.3	数据库专用的类	849
30.2	使用数据库连接	850
30.2.1	管理连接字符串	851
30.2.2	高效地使用连接	852
30.2.3	事务	854
30.3	命令	855
30.3.1	执行命令	856
30.3.2	调用存储过程	860
30.4	快速数据访问: 数据读取器	862
30.5	管理数据和关系: DataSet 类	865
30.5.1	数据表	866
30.5.2	数据列	866
30.5.3	数据关系	871
30.5.4	数据约束	872
30.6	XML 架构: 用 XSD 生成代码	875
30.7	填充 DataSet 类	881
30.7.1	用数据适配器填充 DataSet	882
30.7.2	从 XML 中填充 DataSet 类	883
30.8	持久化 DataSet 类的修改	883
30.8.1	通过数据适配器进行 更新	883
30.8.2	写入 XML 输出结果	886
30.9	使用 ADO.NET	887
30.9.1	分层开发	887
30.9.2	生成 SQL Server 的键	888
30.9.3	命名约定	891
30.10	小结	892

<b>第 31 章</b>	<b>ADO.NET Entity Framework</b>	<b>893</b>
31.1	ADO.NET Entity Framework 概述	893

31.2 Entity Framework 映射	894	32.5 小结	938
31.2.1 逻辑层	895	<b>第 33 章 处理 XML</b>	<b>939</b>
31.2.2 概念层	897	33.1 .NET 支持的 XML 标准	940
31.2.3 映射层	898	33.2 System.Xml 名称空间	940
31.3 Entity Client	899	33.3 使用 System.Xml 类	941
31.3.1 连接字符串	900	33.4 读写流格式的 XML	942
31.3.2 Entity SQL	900	33.4.1 使用 XmlReader 类	942
31.4 实体	901	33.4.2 使用 XmlReader 类进行 验证	946
31.5 对象上下文	904	33.4.3 使用 XmlWriter 类	947
31.6 关系	906	33.5 在 .NET 中使用 DOM	949
31.6.1 一个层次结构一个表	907	33.6 使用 XPathNavigator 类	954
31.6.2 一种类型一个表	908	33.6.1 System.Xml.XPath 名称空间	954
31.6.3 懒惰加载、延迟加载 和预先加载	909	33.6.2 System.Xml.Xsl 名称空间	959
31.7 对象查询	910	33.6.3 调试 XSLT	963
31.8 更新	913	33.7 XML 和 ADO.NET	965
31.8.1 对象跟踪	913	33.7.1 将 ADO.NET 数据 转换为 XML 文档	965
31.8.2 改变信息	914	33.7.2 把 XML 文档转换为 ADO.NET 数据	970
31.8.3 附加和分离实体	916	33.8 在 XML 中序列化对象	972
31.8.4 存储实体的变化	916	33.9 LINQ to XML 和 .NET	982
31.9 LINQ to Entities	917	33.10 使用不同的 XML 对象	982
31.10 小结	918	33.10.1 XDocument 对象	982
<b>第 32 章 数据服务</b>	<b>919</b>	33.10.2 XElement 对象	983
32.1 概述	919	33.10.3 XNamespace 对象	984
32.2 包含 CLR 对象的自定义 宿主	920	33.10.4 XComment 对象	986
32.2.1 CLR 对象	920	33.10.5 XAttribute 对象	986
32.2.2 数据模型	922	33.11 使用 LINQ 查询 XML 文档	987
32.2.3 数据服务	923	33.11.1 查询静态的 XML 文档	987
32.2.4 驻留服务	923	33.11.2 查询动态的 XML 文档	989
32.2.5 其他服务操作	924	33.12 XML 文档的更多查询 技术	990
32.3 HTTP 客户端应用程序	925		
32.4 使用 WCF 数据服务和 ADO.NET Entity Framework	929		
32.4.1 ASP.NET 宿主和 EDM	929		
32.4.2 使用 System.Data .Service.Client 的 .NET 应用程序	931		

33.12.1	读取 XML 文档	990	35.1.1	名称空间	1025
33.12.2	写入 XML 文档	992	35.1.2	类层次结构	1027
33.13	小结	993	35.2	形状	1028
<b>第 34 章</b>	<b>.NET 编程和 SQL</b>		35.3	几何图形	1030
	Server	995	35.4	变换	1032
34.1	.NET 运行库的宿主	995	35.5	画笔	1033
34.2	Microsoft.SqlServer.Server	997	35.5.1	SolidColorBrush	1033
34.3	用户定义的类型	998	35.5.2	LinearGradientBrush	1034
34.3.1	创建 UDT	998	35.5.3	RadialGradientBrush	1034
34.3.2	通过 SQL 使用 UDT	1003	35.5.4	DrawingBrush	1035
34.3.3	从客户端代码中使用 UDT	1004	35.5.5	ImageBrush	1035
34.4	用户定义的聚合函数	1005	35.5.6	VisualBrush	1036
34.4.1	创建用户定义的 聚合函数	1006	35.6	控件	1037
34.4.2	使用用户定义的 聚合函数	1007	35.6.1	简单控件	1037
34.5	存储过程	1007	35.6.2	内容控件	1038
34.5.1	创建存储过程	1008	35.6.3	带标题的内容控件	1039
34.5.2	使用存储过程	1009	35.6.4	项控件	1040
34.6	用户定义的函数	1010	35.6.5	带标题的项控件	1041
34.6.1	创建用户定义的函数	1010	35.6.6	修饰	1041
34.6.2	使用用户定义的函数	1010	35.7	布局	1042
34.7	触发器	1011	35.7.1	StackPanel	1042
34.7.1	创建触发器	1011	35.7.2	WrapPanel	1043
34.7.2	使用触发器	1012	35.7.3	Canvas	1044
34.8	XML 数据类型	1013	35.7.4	DockPanel	1044
34.8.1	包含 XML 数据的表	1013	35.7.5	Grid	1045
34.8.2	读取 XML 值	1014	35.8	样式和资源	1046
34.8.3	数据的查询	1017	35.8.1	样式	1046
34.8.4	XML 数据修改语言 (XML DML)	1019	35.8.2	资源	1048
34.8.5	XML 索引	1020	35.8.3	系统资源	1049
34.8.6	强类型化的 XML	1021	35.8.4	从代码中访问资源	1050
34.9	小结	1022	35.8.5	动态资源	1050
			35.8.6	资源字典	1051
	<b>第 V 部分 显 示</b>		35.9	触发器	1052
<b>第 35 章</b>	<b>核心 WPF</b>	1025	35.9.1	属性触发器	1053
35.1	概述	1025	35.9.2	多触发器	1054
			35.9.3	数据触发器	1055
			35.10	模板	1056
			35.10.1	控件模板	1057
			35.10.2	数据模板	1060



35.10.3	样式化列表框	1061	36.4	DataGrid	1118
35.10.4	ItemTemplate	1062	36.4.1	自定义列	1120
35.10.5	列表框元素的控件 模板	1064	36.4.2	行的细节	1121
35.11	动画	1066	36.4.3	用 DataGrid 进行分组	1121
35.11.1	时间轴	1066	36.5	小结	1124
35.11.2	非线性动画	1069	<b>第 37 章</b>	<b>用 WPF 创建文档</b>	<b>1125</b>
35.11.3	事件触发器	1069	37.1	文本元素	1125
35.11.4	关键帧动画	1072	37.1.1	字体	1125
35.12	可见状态管理器	1073	37.1.2	TextEffect	1127
35.13	3-D	1076	37.1.3	内联	1128
35.13.1	模型	1077	37.1.4	块	1130
35.13.2	照相机	1079	37.1.5	列表	1132
35.13.3	光线	1079	37.1.6	表	1132
35.13.4	旋转	1079	37.1.7	块的锚定	1134
35.14	小结	1080	37.2	流文档	1135
<b>第 36 章</b>	<b>用 WPF 编写业务 应用程序</b>	<b>1083</b>	37.3	固定文档	1136
36.1	数据绑定	1083	37.4	XPS 文档	1140
36.1.1	BooksDemo 应用程序	1084	37.5	打印	1141
36.1.2	用 XAML 绑定	1086	37.5.1	用 PrintDialog 打印	1142
36.1.3	简单对象的绑定	1088	37.5.2	打印可见元素	1142
36.1.4	更改通知	1090	37.6	小结	1144
36.1.5	对象数据提供程序	1092	<b>第 38 章</b>	<b>Silverlight</b>	<b>1145</b>
36.1.6	列表绑定	1094	38.1	WPF 和 Silverlight 的比较	1145
36.1.7	主从绑定	1096	38.2	创建 Silverlight 项目	1146
36.1.8	多绑定	1097	38.3	导航	1148
36.1.9	优先绑定	1099	38.4	网络	1152
36.1.10	值的转换	1100	38.4.1	创建 ADO.NET Entity Data Model	1153
36.1.11	动态添加列表项	1102	38.4.2	为 Silverlight 客户端 创建 WCF 服务	1153
36.1.12	数据模板选择器	1103	38.4.3	调用 WCF 服务	1155
36.1.13	绑定到 XML 上	1105	38.4.4	使用 WCF 数据服务	1158
36.1.14	绑定的验证	1107	38.4.5	使用 System.Net 访问 服务	1160
36.2	Commanding	1111	38.5	浏览器集成	1162
36.2.1	定义命令	1112	38.5.1	调用 JavaScript	1162
36.2.2	定义命令源	1113	38.5.2	JavaScript 调用 Silverlight	1163
36.2.3	命令绑定	1113			
36.3	TreeView	1114			

38.6	在浏览器外运行的 Silverlight 应用程序	1164	39.3.19	MenuStrip 控件	1194
38.7	小结	1167	39.3.20	ContextMenuStrip 控件	1194
<b>第 39 章</b>	<b>Windows 窗体</b>	<b>1169</b>	39.3.21	ToolStripMenuItem 控件	1194
39.1	创建 Windows 窗体应用程序	1169	39.3.22	ToolStripManager 类	1194
39.2	Control 类	1175	39.3.23	ToolStripContainer 控件	1195
39.2.1	大小和位置	1175	39.4	窗体	1195
39.2.2	外观	1176	39.4.1	Form 类	1195
39.2.3	用户交互操作	1176	39.4.2	多文档界面	1199
39.2.4	Windows 功能	1177	39.4.3	创建自己的用户控件	1200
39.2.5	其他功能	1177	39.5	小结	1200
39.3	标准控件和组件	1178	<b>第 40 章</b>	<b>核心 ASP.NET</b>	<b>1201</b>
39.3.1	Button 控件	1178	40.1	ASP.NET 概述	1201
39.3.2	CheckBox 控件	1178	40.1.1	ASP.NET 文件的处理方式	1202
39.3.3	RadioButton 控件	1179	40.1.2	Web 站点和 Web 应用程序	1202
39.3.4	ComboBox 控件、ListBox 控件和 CheckedListBox 控件	1179	40.1.3	ASP.NET 中的状态管理	1203
39.3.5	DataGridView 控件	1180	40.2	ASP.NET Web 窗体	1203
39.3.6	DateTimePicker 控件	1188	40.2.1	ASP.NET 代码模型	1207
39.3.7	ErrorProvider 组件	1188	40.2.2	ASP.NET 服务器控件	1208
39.3.8	ImageList 组件	1189	40.3	ADO.NET 和数据绑定	1222
39.3.9	Label 控件	1189	40.3.1	更新事件登记应用程序	1222
39.3.10	ListView 控件	1189	40.3.2	数据绑定的更多内容	1229
39.3.11	PictureBox 控件	1189	40.4	应用程序配置	1234
39.3.12	ProgressBar 控件	1190	40.5	小结	1236
39.3.13	TextBox 控件、RichTextBox 控件与 MaskedTextBox 控件	1190	<b>第 41 章</b>	<b>ASP.NET 的功能</b>	<b>1237</b>
39.3.14	Panel 控件	1191	41.1	用户控件和自定义控件	1238
39.3.15	FlowLayoutPanel 和 TableLayoutPanel 控件	1191	41.1.1	用户控件	1238
39.3.16	SplitContainer 控件	1192	41.1.2	PCSDemoSite 中的用户控件	1242
39.3.17	TabControl 控件和 TabPages 控件	1192	41.1.3	自定义控件	1243
39.3.18	ToolStrip 控件	1193	41.2	母版页	1247

41.2.1	在 Web 页面中 访问母版页.....	1248	41.12.1	ScriptManager 控件.....	1280
41.2.2	嵌套的母版页.....	1248	41.12.2	使用 UpdatePanel 控件.....	1281
41.2.3	PCSDemoSite 中 的母版页.....	1249	41.12.3	使用 UpdateProgress.....	1283
41.3	站点导航.....	1250	41.12.4	使用扩展控件.....	1284
41.3.1	添加站点地图文件.....	1251	41.13	使用 AJAX 库.....	1286
41.3.2	PCSDemoSite 中 的导航.....	1252	41.13.1	给 Web 页面添加 JavaScript.....	1286
41.4	安全性.....	1253	41.13.2	全局实用程序函数.....	1287
41.4.1	使用 Security Setup 添加 Forms 身份验证 功能.....	1254	41.13.3	使用 AJAX 库 JavaScript OOP 扩展.....	1287
41.4.2	实现登录系统.....	1255	41.13.4	PageRequestManager 对象和 Application 对象.....	1289
41.4.3	Web 登录服务器控件.....	1255	41.13.5	JavaScript 的调试.....	1292
41.4.4	保护目录.....	1256	41.13.6	异步调用 Web 方法.....	1293
41.4.5	PCSDemoSite 中的 安全性.....	1257	41.13.7	ASP.NET 应用程序 服务.....	1294
41.5	主题.....	1259	41.14	小结.....	1294
41.5.1	把主题应用于页面.....	1259	<b>第 42 章 ASP.NET 动态数据 和 MVC..... 1297</b>		
41.5.2	定义主题.....	1260	42.1	路由.....	1298
41.5.3	PCSDemoSite 中的 主题.....	1260	42.1.1	查询字符串参数.....	1298
41.6	Web 部件.....	1263	42.1.2	定义路由.....	1300
41.6.1	Web 部件应用程序 组件.....	1263	42.1.3	使用路由参数.....	1303
41.6.2	Web 部件示例.....	1264	42.2	动态数据.....	1305
41.7	ASP.NET AJAX.....	1270	42.2.1	创建动态数据网站.....	1305
41.8	Ajax 的概念.....	1271	42.2.2	定制动态数据网站.....	1310
41.9	ASP.NET AJAX.....	1273	42.2.3	进一步开发.....	1314
41.9.1	核心功能.....	1273	42.3	MVC.....	1314
41.9.2	ASP.NET AJAX Control Toolkit.....	1275	42.3.1	MVC 的含义.....	1314
41.10	ASP.NET AJAX 网站 示例.....	1276	42.3.2	ASP.NET MVC 的 含义.....	1315
41.11	支持 ASP.NET AJAX 的 网站配置.....	1278	42.3.3	简单的 ASP.NET MVC 应用程序.....	1315
41.12	添加 ASP.NET AJAX 功能.....	1279	42.3.4	定制 ASP.NET MVC 应用程序.....	1321

42.3.5 进一步开发.....	1329
42.4 小结.....	1330
<b>第VI部分 通信</b>	
<b>第43章 WCF.....</b>	<b>1333</b>
43.1 WCF 概述.....	1333
43.1.1 SOAP.....	1335
43.1.2 WSDL.....	1335
43.1.3 REST.....	1335
43.1.4 JSON.....	1336
43.2 简单的服务和客户端.....	1336
43.2.1 服务协定.....	1337
43.2.2 服务的实现.....	1338
43.2.3 WCF 服务宿主和 WCF 测试客户端.....	1338
43.2.4 自定义服务宿主.....	1340
43.2.5 WCF 客户端.....	1342
43.2.6 诊断.....	1343
43.3 协定.....	1345
43.3.1 数据协定.....	1345
43.3.2 版本问题.....	1346
43.3.3 服务协定.....	1346
43.3.4 消息协定.....	1347
43.4 服务的实现.....	1348
43.4.1 以编程方式创建 客户端.....	1351
43.4.2 错误处理.....	1352
43.5 绑定.....	1353
43.6 宿主.....	1356
43.6.1 自定义宿主.....	1356
43.6.2 WAS 宿主.....	1357
43.6.3 预配置的宿主类.....	1357
43.7 客户端.....	1358
43.8 双工通信.....	1360
43.9 小结.....	1362
<b>第44章 Windows WF 4.....</b>	<b>1363</b>
44.1 Hello World 示例.....	1363
44.2 活动.....	1365
44.2.1 If 活动.....	1366
44.2.2 InvokeMethod 活动.....	1367
44.2.3 Parallel 活动.....	1367
44.2.4 Delay 活动.....	1368
44.2.5 Pick 活动.....	1368
44.3 自定义活动.....	1369
44.3.1 活动的验证.....	1370
44.3.2 设计器.....	1371
44.3.3 自定义复合活动.....	1373
44.4 工作流.....	1375
44.4.1 实参和变量.....	1376
44.4.2 WorkflowApplication.....	1377
44.4.3 WorkflowServiceHost.....	1381
44.4.4 驻留设计器.....	1386
44.5 小结.....	1391
<b>第45章 对等网络.....</b>	<b>1393</b>
45.1 P2P 网络概述.....	1393
45.1.1 客户端-服务器体系 结构.....	1393
45.1.2 P2P 体系结构.....	1394
45.1.3 P2P 体系结构的挑战.....	1395
45.1.4 P2P 术语.....	1396
45.1.5 P2P 解决方案.....	1396
45.2 Microsoft Windows Peer-to-Peer Networking.....	1396
45.2.1 PNRP.....	1396
45.2.2 People Near Me.....	1399
45.3 构建 P2P 应用程序.....	1400
45.3.1 System.Net.PeerToPeer.....	1400
45.3.2 System.Net.PeerToPeer .Collaboration.....	1405
45.4 小结.....	1408
<b>第46章 消息队列.....</b>	<b>1409</b>
46.1 概述.....	1409
46.1.1 使用消息队列的场合.....	1410
46.1.2 消息队列功能.....	1411
46.2 Message Queuing 产品.....	1412
46.3 消息队列体系结构.....	1412

46.3.1	消息	1413	47.3	联合源的示例	1444
46.3.2	消息队列	1413	47.4	小结	1449
<b>46.4</b>	<b>Message Queuing</b>		<b>第七部分 附 录</b>		
	管理工具	1414	附录 A		1453
46.4.1	创建消息队列	1414	<b>***以下内容见随书附赠光盘***</b>		
46.4.2	消息队列属性	1415	<b>第 48 章 使用 GDI+绘图</b>		<b>E1</b>
<b>46.5</b>	<b>消息队列的编程实现</b>	<b>1415</b>	48.1	理解绘图规则	E1
46.5.1	创建消息队列	1415	48.1.1	GDI 和 GDI+	E2
46.5.2	查找队列	1416	48.1.2	绘制图形	E3
46.5.3	打开已知队列	1417	48.1.3	使用 OnPaint()方法 绘制图形	E6
46.5.4	发送消息	1418	48.1.4	使用剪切区域	E7
46.5.5	接收消息	1421	<b>48.2 测量坐标和区域</b>		<b>E9</b>
<b>46.6</b>	<b>课程订单应用程序</b>	<b>1423</b>	48.2.1	Point 和 PointF 结构	E9
46.6.1	课程订单类库	1423	48.2.2	Size 和 SizeF 结构	E10
46.6.2	课程订单消息 发送程序	1424	48.2.3	Rectangle 和 RectangleF 结构	E11
46.6.3	发送优先级和可恢复 的消息	1425	48.2.4	Region	E12
46.6.4	课程订单消息接收 程序	1426	<b>48.3 调试须知</b>		<b>E13</b>
<b>46.7</b>	<b>接收结果</b>	<b>1429</b>	<b>48.4 绘制可滚动的窗口</b>		<b>E14</b>
46.7.1	确认队列	1430	<b>48.5 世界、页面和设备坐标</b>		<b>E18</b>
46.7.2	响应队列	1430	<b>48.6 颜色</b>		<b>E19</b>
<b>46.8</b>	<b>事务队列</b>	<b>1431</b>	48.6.1	RGB 值	E19
<b>46.9</b>	<b>消息队列和 WCF</b>	<b>1432</b>	48.6.2	命名颜色	E20
46.9.1	带数据协定的实体类	1432	48.6.3	图形显示模式和安全 的调色板	E20
46.9.2	WCF 服务协定	1433	48.6.4	安全调色板	E21
46.9.3	WCF 消息接收 应用程序	1434	<b>48.7 画笔和钢笔</b>		<b>E21</b>
46.9.4	WCF 消息发送 应用程序	1437	48.7.1	画笔	E22
<b>46.10</b>	<b>消息队列的安装</b>	<b>1438</b>	48.7.2	钢笔	E23
<b>46.11</b>	<b>小结</b>	<b>1438</b>	<b>48.8 绘制图形和线条</b>		<b>E23</b>
<b>第 47 章</b>	<b>Syndication</b>	<b>1441</b>	<b>48.9 显示图像</b>		<b>E25</b>
47.1	System.ServiceModel. Syndication 名称空间 概述	1441	<b>48.10 处理图像时的问题</b>		<b>E27</b>
47.2	读取联合源的示例	1442	<b>48.11 绘制文本</b>		<b>E28</b>

48.12 简单的文本示例..... E29

48.13 字体和字体系列..... E30

48.14 示例：枚举字体系列..... E31

48.15 编辑文本文档：  
CapsEditor 示例 ..... E33

48.15.1 Invalidate()方法..... E37

48.15.2 计算项的大小和文档  
的大小 ..... E38

48.15.3 OnPaint()方法..... E39

48.15.4 坐标转换 ..... E41

48.15.5 响应用户的输入 ..... E42

48.16 打印 ..... E45

48.17 小结 ..... E50

**第 49 章 VSTO ..... E51**

49.1 VSTO 概述 ..... E51

49.1.1 项目类型..... E52

49.1.2 项目功能..... E54

49.2 VSTO 项目基础 ..... E55

49.2.1 Office 对象模型..... E55

49.2.2 VSTO 名称空间 ..... E55

49.2.3 宿主项和宿主控件..... E56

49.2.4 基本的 VSTO 项目  
结构 ..... E57

49.2.5 Globals 类 ..... E60

49.2.6 事件处理..... E60

49.3 构建 VSTO 解决方案 ..... E61

49.3.1 管理应用程序级插件..... E62

49.3.2 与应用程序和文档  
交互操作..... E63

49.3.3 UI 的自定义..... E64

49.4 示例应用程序 ..... E68

49.5 小结 ..... E78

**第 50 章 MAF ..... E79**

50.1 MAF 体系结构..... E79

50.1.1 管道..... E80

50.1.2 发现..... E81

50.1.3 激活和隔离..... E82

50.1.4 协定..... E83

50.1.5 生命周期..... E84

50.1.6 版本问题..... E85

50.2 插件示例..... E86

50.2.1 插件协定 ..... E86

50.2.2 计算器插件视图 ..... E87

50.2.3 计算器插件适配器 ..... E88

50.2.4 计算器插件 ..... E90

50.2.5 计算器宿主视图 ..... E91

50.2.6 计算机宿主适配器 ..... E91

50.2.7 计算器宿主 ..... E93

50.2.8 其他插件 ..... E97

50.3 小结..... E97

**第 51 章 Enterprise Services ..... E99**

51.1 使用 Enterprise Services..... E99

51.1.1 简史..... E100

51.1.2 使用 Enterprise Services  
的场合 ..... E100

51.1.3 重要功能..... E101

51.2 创建简单的 COM+应用  
程序 ..... E103

51.2.1 ServicedComponent 类 · E103

51.2.2 程序集的属性 ..... E103

51.2.3 创建组件 ..... E104

51.3 部署..... E106

51.3.1 自动部署..... E106

51.3.2 手工部署..... E106

51.3.3 创建安装软件包 ..... E106

51.4 组件服务管理器..... E107

51.5 客户端应用程序..... E108

51.6 事务..... E109

51.6.1 事务的特性 ..... E109

51.6.2 事务的结果 ..... E110

51.7 示例应用程序..... E111

51.7.1 实体类..... E111

51.7.2 OrderControl 组件 ..... E113

51.7.3 OrderData 组件 ..... E114

51.7.4 OrderLineData 组件 ..... E116

51.7.5 客户端应用程序 ..... E117

51.8	集成 WCF 和 Enterprise Services .....	E118	52.5	账户管理 .....	E152
	51.8.1 WCF 服务外观 .....	E118	52.5.1	显示用户信息 .....	E152
	51.8.2 客户端应用程序 .....	E122	52.5.2	创建用户 .....	E153
51.9	小结 .....	E123	52.5.3	重置密码 .....	E153
<b>第 52 章</b>	<b>目录服务 .....</b>	<b>E125</b>	52.5.4	创建组 .....	E154
52.1	Active Directory 的体系结构 .....	E126	52.5.5	在组中添加用户 .....	E154
52.1.1	Active Directory 的功能 .....	E126	52.5.6	查找用户 .....	E154
52.1.2	Active Directory 的概念 .....	E126	52.6	DSML .....	E155
52.1.3	Active Directory 数据的特征 .....	E129	52.6.1	System.DirectoryServices.Protocols 名称空间中的类 .....	E156
52.1.4	指定架构 .....	E130	52.6.2	用 DSML 搜索 Active Directory 对象 .....	E156
52.2	Active Directory 的管理工具 .....	E131	52.7	小结 .....	E157
52.2.1	Active Directory Users and Computers 工具 .....	E131	<b>第 53 章</b>	<b>C#、Visual Basic、C++/CLI 和 F# .....</b>	<b>E159</b>
52.2.2	ADSI Edit 工具 .....	E132	53.1	名称空间 .....	E160
52.3	Active Directory 编程 .....	E133	53.2	定义类型 .....	E161
52.3.1	System.DirectoryServices 名称空间中的类 .....	E134	53.2.1	引用类型 .....	E161
52.3.2	绑定到 Directory Services .....	E134	53.2.2	值类型 .....	E162
52.3.3	获取目录项 .....	E138	53.2.3	类型推断 .....	E163
52.3.4	对象集合 .....	E140	53.2.4	接口 .....	E164
52.3.5	缓存 .....	E141	53.2.5	枚举 .....	E165
52.3.6	创建新对象 .....	E141	53.3	方法 .....	E166
52.3.7	更新目录项 .....	E142	53.3.1	方法的参数和返回类型 .....	E166
52.3.8	访问本地 ADSI 对象 .....	E143	53.3.2	参数修饰符 .....	E167
52.3.9	在 Active Directory 中搜索 .....	E144	53.3.3	构造函数 .....	E168
52.4	搜索用户对象 .....	E148	53.3.4	属性 .....	E170
52.4.1	用户界面 .....	E148	53.3.5	对象初始值设定项 .....	E171
52.4.2	获取架构命名上下文 .....	E149	53.3.6	扩展方法 .....	E171
52.4.3	获取 User 类的属性名 .....	E149	53.4	静态成员 .....	E172
52.4.4	搜索用户对象 .....	E150	53.5	数组 .....	E173
			53.6	控制语句 .....	E174
			53.6.1	if 语句 .....	E174
			53.6.2	条件操作符 .....	E174
			53.6.3	switch 语句 .....	E175
			53.7	循环 .....	E176

- 53.7.1 for 语句.....E176
- 53.7.2 while 和 do...while  
语句.....E177
- 53.7.3 foreach 语句.....E178
- 53.8 异常处理..... E178
- 53.9 继承..... E180
  - 53.9.1 访问修饰符.....E180
  - 53.9.2 关键字.....E181
- 53.10 资源管理..... E183
  - 53.10.1 IDisposable 接口的  
实现.....E183
  - 53.10.2 using 语句.....E184
  - 53.10.3 重写 Finalize()方法.....E184
- 53.11 委托..... E186
- 53.12 事件..... E188
- 53.13 泛型..... E190
- 53.14 LINQ 查询..... E192
- 53.15 C++/CLI 混合本地代码  
和托管代码..... E192
- 53.16 C#的特殊功能..... E193
- 53.17 小结..... E194
- 第 54 章 .NET Remoting..... E195**
  - 54.1 使用.NET Remoting 的  
原因..... E195
  - 54.2 .NET Remoting 术语详解... E197
    - 54.2.1 客户端通信.....E198
    - 54.2.2 服务器端通信.....E199
  - 54.3 上下文..... E199
    - 54.3.1 激活.....E200
    - 54.3.2 特性和属性.....E200
    - 54.3.3 上下文之间的通信.....E201
  - 54.4 远程对象、客户端和  
服务器..... E201
    - 54.4.1 远程对象.....E201
    - 54.4.2 简单的服务器应用  
程序.....E202
    - 54.4.3 简单的客户端应用  
程序.....E203
  - 54.5 .NET Remoting 体系结构... E204
    - 54.5.1 信道..... E204
    - 54.5.2 格式化程序..... E207
    - 54.5.3 ChannelServices 和  
RemotingConfiguration..... E207
    - 54.5.4 对象的激活..... E209
    - 54.5.5 消息接收器..... E212
    - 54.5.6 在远程方法中传递对象 E213
    - 54.5.7 生命周期管理..... E216
  - 54.6 配置文件..... E218
    - 54.6.1 知名对象的服务器  
配置..... E220
    - 54.6.2 知名对象的客户端  
配置..... E220
    - 54.6.3 客户端激活的对象的  
服务器配置..... E221
    - 54.6.4 客户端激活的对象的  
客户端配置..... E222
    - 54.6.5 使用配置文件的  
服务器代码..... E222
    - 54.6.6 使用配置文件的  
客户端代码..... E223
    - 54.6.7 客户端信道的延迟  
加载..... E223
    - 54.6.8 调试配置..... E224
    - 54.6.9 配置文件中的生命  
周期服务..... E224
    - 54.6.10 格式化程序提供程序 E225
  - 54.7 在 ASP.NET 中驻留远程  
服务器..... E225
  - 54.8 类、接口和 Soapsuds..... E227
    - 54.8.1 接口..... E227
    - 54.8.2 Soapsuds..... E227
  - 54.9 异步远程调用..... E228
    - 54.9.1 使用委托和  
.NET Remoting..... E228
    - 54.9.2 OneWay 特性..... E229
  - 54.10 .NET Remoting 的  
安全性..... E229



- 54.11 远程处理和事件..... E230
  - 54.11.1 远程对象.....E231
  - 54.11.2 事件参数.....E232
  - 54.11.3 服务器.....E233
  - 54.11.4 服务器配置文件.....E233
  - 54.11.5 事件接收器.....E234
  - 54.11.6 客户端.....E234
  - 54.11.7 客户端配置文件.....E235
  - 54.11.8 运行程序.....E236
- 54.12 调用上下文 ..... E236
- 54.13 小结 ..... E237
- 第 55 章 Web 服务和 ASP.NET ..... E239**
  - 55.1 SOAP ..... E240
  - 55.2 WSDL ..... E241
  - 55.3 Web 服务 ..... E242
    - 55.3.1 提供 Web 服务 .....E242
    - 55.3.2 使用 Web 服务 .....E246
  - 55.4 扩充事件登记示例..... E248
    - 55.4.1 事件登记 Web 服务 .....E249
    - 55.4.2 事件登记客户端.....E253
  - 55.5 使用 SOAP 标题交换  
数据 ..... E256
  - 55.6 小结 ..... E261
- 第 56 章 LINQ to SQL ..... E263**
  - 56.1 LINQ to SQL 和  
Visual Studio 2010..... E264
    - 56.1.1 调用 Products 表.....E265
    - 56.1.2 添加 LINQ to SQL 类.....E265
    - 56.1.3 O/R 设计器概述 .....E266
    - 56.1.4 创建 Product 对象 .....E267
  - 56.2 对象如何映射到 LINQ  
对象上 ..... E269
    - 56.2.1 DataContext 对象.....E270
    - 56.2.2 Table<TEntity>对象 .....E274
  - 56.3 脱离 O/R 设计器工作 ..... E274
    - 56.3.1 创建自己的自定义  
对象.....E274
  - 56.3.2 通过自定义对象和  
LINQ 查询..... E275
  - 56.3.3 通过查询限制所调用  
的列 ..... E276
  - 56.3.4 使用列名 ..... E277
  - 56.3.5 创建自己的  
DataContext 对象 ..... E278
- 56.4 自定义对象和 O/R  
设计器 ..... E279
- 56.5 查询数据库..... E280
  - 56.5.1 使用查询表达式 ..... E280
  - 56.5.2 查询表达式 ..... E281
  - 56.5.3 使用表达式筛选 ..... E282
  - 56.5.4 执行连接 ..... E282
  - 56.5.5 分组项 ..... E284
- 56.6 存储过程..... E285
- 56.7 小结..... E286
- 第 57 章 WPF 3.0 ..... E287**
  - 57.1 Hello World 示例 ..... E287
  - 57.2 活动..... E288
    - 57.2.1 IfElseActivity ..... E289
    - 57.2.2 ParallelActivity..... E290
    - 57.2.3 CallExternalMethod  
Activity..... E291
    - 57.2.4 DelayActivity ..... E291
    - 57.2.5 ListenActivity..... E292
    - 57.2.6 活动执行模型 ..... E293
  - 57.3 自定义活动..... E293
    - 57.3.1 活动的验证 ..... E295
    - 57.3.2 主题和设计器 ..... E296
    - 57.3.3 ActivityToolboxItem  
和图标 ..... E297
    - 57.3.4 自定义复合活动 ..... E299
  - 57.4 工作流..... E305
    - 57.4.1 顺序工作流 ..... E305
    - 57.4.2 状态机工作流 ..... E305
    - 57.4.3 给工作流传递参数 ..... E307
    - 57.4.4 从工作流中返回结果... E308

57.4.5 将参数绑定到活动上...E309

57.5 workflow运行库..... E310

57.6 workflow服务..... E310

57.6.1 持久性服务.....E312

57.6.2 跟踪服务.....E313

57.6.3 自定义服务.....E315

57.7 与 WCF 集成..... E316

57.8 驻留workflow..... E318

57.9 workflow设计器..... E319

57.10 从 WF 3.X 迁移到 WF 4...E320

57.10.1 把活动代码提取到  
服务中..... E320

57.10.2 删除代码活动..... E320

57.10.3 同时运行 WF 3.x  
和 4..... E321

57.10.4 考虑把状态机迁移到  
流程图上..... E321

57.11 小结..... E321

# 第 I 部分

## C# 语言

---

- 第 1 章 .NET 体系结构
- 第 2 章 核心 C#
- 第 3 章 对象和类型
- 第 4 章 继承
- 第 5 章 泛型
- 第 6 章 数组
- 第 7 章 运算符和类型强制转换
- 第 8 章 委托、Lambda 表达式和事件
- 第 9 章 字符串和正则表达式
- 第 10 章 集合
- 第 11 章 LINQ
- 第 12 章 动态语言扩展
- 第 13 章 内存管理和指针
- 第 14 章 反射
- 第 15 章 错误和异常

# 第 1 章

## .NET 体系结构

本章内容:

- 编译和运行面向.NET 的代码
- Microsoft 中间语言(Microsoft Intermediate Language, MSIL 或简称为 IL)的优点
- 值类型和引用类型
- 数据类型化
- 理解错误处理和特性
- 程序集、.NET 基类和名称空间

整本书都将强调, C#语言不能孤立地使用, 而必须和.NET Framework 一起考虑。C#编译器专门用于.NET, 这表示用 C#编写的所有代码总是在.NET Framework 中运行。对于 C#语言来说, 可以得出两个重要的结论:

- (1) C#的结构和方法论反映了.NET 基础方法论。
- (2) 在许多情况下, C#的特定语言功能取决于.NET 的功能, 或依赖于.NET 基类。

由于这种依赖性, 在开始编写 C#程序前, 了解.NET 的体系结构和方法论就非常重要, 这就是本章的目的所在。

### 1.1 C#与.NET 的关系

C#是一种相当新的编程语言, C#的重要性体现在以下两个方面:

- 它是专门为与 Microsoft 的.NET Framework 一起使用而设计的(.NET Framework 是一个功能非常丰富的平台, 可开发、部署和执行分布式应用程序)。
- 它是一种基于现代面向对象设计方法的语言, 在设计它时, Microsoft 还吸取了其他所有类似语言的经验, 这些语言是近 20 年来面向对象规则得到广泛应用后才开发出来的。

有一个很重要的问题要弄明白: C#就其本身而言只是一种语言, 尽管它是用于生成面向.NET 环境的代码, 但它本身不是.NET 的一部分。.NET 支持的一些特性, C#并不支持。而 C#语言支持另一些特性, .NET 却不支持(如运算符重载)!

但是, 因为 C#语言和.NET 一起使用, 所以如果要使用 C#高效地开发应用程序, 理解 Framework 就非常重要, 所以本章将介绍.NET 的内涵。

## 1.2 公共语言运行库

.NET Framework 的核心是其运行库执行环境,称为公共语言运行库(CLR)或.NET 运行库。通常将在 CLR 控制下运行的代码称为托管代码(managed code)。

但是,在 CLR 执行编写好的源代码(在 C#中或其他语言中编写的代码)之前,需要编译它们。在.NET 中,编译分为两个阶段:

- (1) 把源代码编译为 Microsoft 中间语言(IL)。
- (2) CLR 把 IL 编译为平台专用的代码。

这个两阶段的编译过程非常重要,因为 Microsoft 中间语言是提供.NET 的许多优点的关键。

Microsoft 中间语言与 Java 字节码共享一种理念:它们都是低级语言,语法很简单(使用数字代码,而不是文本代码),可以非常快速地转换为本地机器码。对于代码,这种精心设计的通用语法有很重要的优点:平台无关性、提高性能和语言的互操作性。

### 1.2.1 平台无关性

首先,这意味着包含字节码指令的同一文件可以放在任一平台中,运行时编译过程的最后阶段可以很轻松地完成,这样代码就可以运行在特定的平台上。换言之,编译为中间语言就可以获得.NET 平台无关性,这与编译为 Java 字节码就会得到 Java 平台无关性是一样的。

注意.NET 的平台无关性目前只是停留在理论范畴,因为在编写本书时,.NET 的完整实现只能用于 Windows 平台,但是人们正在积极准备,使它可以用于其他平台(参见 Mono 项目,它用于实现.NET 的开放源代码,参见 <http://www.go-mono.com/>)。

### 1.2.2 提高性能

前面把 IL 和 Java 做了比较,实际上,IL 比 Java 字节码的作用还要大。IL 总是即时编译的(称为 JIT 编译),而 Java 字节码常常是解释性的。Java 的一个缺点是,在运行应用程序时,把 Java 字节码转换为内部可执行代码的过程会导致性能的损失(但在最近,Java 在某些平台上能进行 JIT 编译)。

JIT 编译器并不是把整个应用程序一次编译完(这样会有很长的启动时间),而是只编译它调用的那部分代码(这是其名称由来)。代码编译过一次后,得到的本地可执行程序就存储起来,直到退出该应用程序为止,这样在下次运行这部分代码时,就不需要重新编译了。Microsoft 认为这个过程要比一开始就编译整个应用程序代码的效率高得多,因为任何应用程序的大部分代码实际上并不是在每次运行期间都执行。使用 JIT 编译器,从来都不会编译这种代码。

这解释了为什么托管 IL 代码几乎和本地机器代码的执行速度一样快,但是并没有说明为什么 Microsoft 认为这会提高性能。其原因是编译过程的最后一部分是在运行时进行的,JIT 编译器确切地知道程序运行在什么类型的处理器上,可以利用该处理器提供的任何特性或特定的机器代码指令来优化最后的可执行代码。

传统的编译器会优化代码,但它们的优化过程是独立于运行代码的特定处理器的。这是因为传统的编译器是在发布软件之前编译为本地机器可执行的代码。即编译器不知道运行代码的处理器类型,例如该处理器是兼容 x86 的处理器还是 Alpha 处理器,这超出了基本操作的范围。

### 1.2.3 语言的互操作性

使用 IL 不仅支持平台无关性,还支持语言的互操作性。简而言之,就是能将任何一种语言编译为中间语言,编译为中间语言的代码可以与从其他语言编译过来的代码进行交互操作。

那么除了 C#之外,还有什么语言可以通过.NET 进行交互操作呢?下面就简要讨论其他常见语言如何与.NET 交互操作。

#### 1. Visual Basic 2010

Visual Basic 6 在升级到 Visual Basic .NET 2002 时,经历了一番脱胎换骨的变化,才集成到.NET Framework 的第 1 版中。Visual Basic 语言对 Visual Basic 6 进行了很大的演化,也就是说,Visual Basic 6 并不适合运行.NET 程序。例如,它与 COM(Component Object Model, 组件对象模型)的高度集成,并且只把事件处理程序作为源代码显示给开发人员,大多数代码隐藏不能用作源代码。另外,它不支持继承的实现,Visual Basic 6 使用的标准数据类型也与.NET 不兼容。

Visual Basic 6 在 2002 年升级为 Visual Basic .NET,对 Visual Basic 进行的改变非常大,完全可以把 Visual Basic 当作是一种新语言。已有的 Visual Basic 6 代码不能编译为当前的 Visual Basic 2010 代码(或 Visual Basic .NET 2002、2003、2005 和 2008 代码),把 Visual Basic 6 程序转换为 Visual Basic 2010 时,需要对代码进行大量的改动。但大多数修改工作都可以由 Visual Studio 2010(Visual Studio 的升级版本,用于与.NET 一起使用)自动完成。如果把 Visual Basic 6 项目读到 Visual Studio 2010 中,Visual Studio 2010 就会自动升级该项目,也就是说把 Visual Basic 6 源代码重写为 Visual Basic 2010 源代码。虽然这意味着其中的工作大大减轻,但用户仍需要检查新的 Visual Basic 2010 代码,以确保项目仍可按预期方式正确工作,因为这种转换并不能达到完美无缺的程度。

这种语言升级的一个副作用是不能再把 Visual Basic 2010 编译为本地可执行代码了。Visual Basic 2010 只编译为中间语言,就像 C#一样。如果需要继续使用 Visual Basic 6 编写程序,就可以这么做,但生成的可执行代码会完全忽略.NET Framework,如果继续把 Visual Studio 作为开发环境,就需要安装 Visual Studio 6。

#### 2. Visual C++ 2010

Visual C++ 6 有许多 Microsoft 对 Windows 的特定扩展。Visual C++ .NET 又新增了更多的扩展内容,来支持.NET Framework。现有的 C++源代码会继续编译为本地可执行代码,而不会有修改,但它会独立于.NET 运行库运行。如果让 C++代码在.NET Framework 中运行,就可以在代码的开头添加下述命令:

```
#using <mscorlib.dll>
```

还可以把标记/clr 传递给编译器,这样编译器假定要编译托管代码,因此会生成中间语言,而不是本地机器码。C++的一个有趣的问题是在编译成托管代码时,编译器可以生成包含内嵌本地可执行程序 IL。这表示在 C++代码中可以把托管类型和非托管类型合并起来,因此托管 C++代码:

```
class MyClass  
{
```

定义了一个普通的 C++类,而代码:

```
ref class MyClass  
{
```

生成了一个托管类，就好像使用 C#或 Visual Basic 2010 编写类一样。实际上，托管 C++代码比 C#代码更优越的一点是在托管 C++代码中调用非托管 C++类，而不必采用 COM 互操作功能。

如果在托管类型上试图使用.NET 不支持的特性(例如，模板或类的多继承)，编译器就会出现一个错误。另外，在使用托管类时，还需要使用非标准 C++功能。

因为 C++允许低级指针操作，C++编译器不能生成可以通过 CLR 内存类型安全测试的代码。如果 CLR 把代码标识为内存类型安全是非常重要的，就需要使用其他一些语言编写源代码(如 C#或 Visual Basic 2010)。

### 3. COM 和 COM+

从技术上讲，COM 和 COM+并不是面向.NET 的技术，因为基于它们的组件不能编译为 IL(但如果原来的 COM 组件是用 C++编写的，那么使用托管 C++在某种程度上可以这么做)。但是，COM+仍然是一个重要工具，因为其特性没有在.NET 中完全实现。另外，COM 组件仍可以使用——.NET 集成了 COM 的互操作性，从而使托管代码可以调用 COM 组件，COM 组件也可以调用托管代码(见第 26 章)。一般情况下，把新组件编写为.NET 组件，大多是为了方便，因为这样可以利用.NET 基类和托管代码的其他优点。

## 1.3 中间语言

如前所述，Microsoft 中间语言显然在.NET Framework 中起着非常重要的作用。现在应详细讨论一下 IL 的主要特征，因为面向.NET 的所有语言在逻辑上都需要支持 IL 的主要特征。

下面就是中间语言的主要特征：

- 面向对象和使用接口
- 值类型和引用类型之间的显著差异
- 强数据类型化
- 使用异常来处理错误
- 使用特性(attribute)

下面详细讨论这些特征。

### 1.3.1 面向对象和接口的支持

.NET 的语言无关性还有一些实际的限制。中间语言在设计时就打算实现某些特殊的编程方法，这表示面向它的语言必须与编程方法兼容，Microsoft 为 IL 选择的特定道路是传统的面向对象的编程，带有类的单一继承性。



不熟悉面向对象概念的读者应参考第 53 章(见随书附赠光盘中对应的章节)，获得更多的信息。

除了传统的面向对象编程外，中间语言还引入了接口的概念，在带有 COM 的 Windows 下第一次实现了接口。用 .NET 建立的接口与 COM 接口不同，它们不需要支持任何 COM 基础结构，例如，它们不是派生自 IUnknown，也没有对应的 GUID。但它们与 COM 接口共享下述理念：提供一个契约，实现给定接口的类必须提供该接口指定的方法和属性的实现方式。

前面介绍了使用 .NET 意味着要编译为中间语言，即需要使用传统的面向对象的方法来编程。但这并不能提供语言的互操作性。毕竟，C++ 和 Java 都使用相同的面向对象的范例，但它们仍不是可交互操作的语言。下面需要详细探讨一下语言互操作性的概念。

首先，需要了解一下语言互操作性的准确含义。

毕竟，COM 允许以不同语言编写的组件一起工作，即可以调用彼此的方法。这就够了吗？COM 是一个二进制标准，允许组件实例化其他组件，调用它们的方法或属性，而无须考虑编写相关组件的语言。但为了实现这个功能，每个对象都必须通过 COM 运行库来实例化，通过接口来访问。根据相关组件的线程模型，需要在不同线程的内存空间和运行组件之间编组数据，这可能造成很大的性能损失。在极端情况下，组件保存为可执行文件，而不是 DLL 文件，还必须创建单独的进程来运行它们。重要的是组件仅能通过 COM 运行库与其他组件通信。使用不同语言的组件无法通过 COM 直接彼此通信，或者创建彼此的实例——系统总将 COM 作为中间件。不仅如此，COM 体系结构还不允许利用继承实现，即它丧失了面向对象编程的许多优势。

一个相关的问题是，在调试时，仍必须单独调试使用不同语言编写的组件。不可能在调试器上交替调试不同语言的代码。语言互操作性的真正含义是用一种语言编写的类应能直接与用另一种语言编写的类通信。特别是：

- 用一种语言编写的类应能继承用另一种语言编写的类。
- 一个类应能包含另一个类的实例，而不管两个类是使用什么语言编写的。
- 一个对象应能直接调用用其他语言编写的另一个对象的方法。
- 对象(或对象的引用)应能在方法之间传递。
- 在不同的语言之间调用方法时，应能在调试器中交替调试这些方法调用，即调试不同语言编写的源代码。

这是一个雄心勃勃的目标，但令人惊讶的是，.NET 和中间语言已经实现了这个目标。在调试器上交替调试方法时，Visual Studio IDE(Integrated Development Environment, 集成开发环境)提供了这样的工具(不是 CLR 提供的)。

### 1.3.2 不同的值类型和引用类型

与其他编程语言一样，中间语言提供了许多预定义的基本数据类型。它的一个特性是值类型和引用类型之间有明显的区别。对于值类型(value type)，变量直接存储其数据，而对于引用类型(reference type)，变量仅存储地址，对应的数据可以在该地址中找到。

在 C++ 中，使用引用类型类似于通过指针来访问变量，而在 Visual Basic 中，与引用类型最相似的是对象，Visual Basic 6 总是通过引用来访问对象。中间语言也有数据存储的规范：引用类型的实例总是存储在一个名为“托管堆”的内存区域中，值类型一般存储在堆栈中(但如果值类型在引用类型中声明为字段，它们就内联存储在堆中)。第 2 章讨论堆栈和堆，及其工作原理。



### 1.3.3 强数据类型化

中间语言的一个重要方面是它基于强数据类型化。所有的变量都清晰地标记为属于某个特定数据类型(在中间语言中没有 Visual Basic 和脚本语言中的 Variant 数据类型)。特别是中间语言一般不允许对模糊的数据类型执行任何操作。

例如, Visual Basic 6 开发人员习惯于传递变量, 而无需考虑它们的类型, 因为 Visual Basic 6 会自动进行所需的类型转换。C++ 开发人员习惯于在不同类型之间转换指针类型。执行这类操作将极大地提高性能, 但破坏了类型的安全性。因此, 这类操作只能在某些编译为托管代码的语言中的特殊情况下进行。确实, 指针(相对于引用)只能在标记了的 C# 代码块中使用, 但在 Visual Basic 中不能使用(但一般在托管 C++ 中允许使用)。在代码中使用指针会立即导致 CLR 提供的内存类型安全性检查失败。注意, 一些与 .NET 兼容的语言, 例如 Visual Basic 2010, 在类型化方面的要求仍比较宽松, 但这是可以的, 因为编译器在后台确保在生成的 IL 上强制类型安全。

尽管强迫实现类型的安全性似乎会降低性能, 但在许多情况下, 我们从 .NET 提供的、依赖于类型安全的服务中获得的好处更多。这些服务包括:

- 语言的互操作性
- 垃圾收集
- 安全性
- 应用程序域

下面讨论强数据类型化对 .NET 的这些功能非常重要的原因。

#### 1. 语言互操作性中强数据类型化的重要性

如果类派生自其他类, 或包含其他类的实例, 它就需要知道其他类使用的所有数据类型, 这就是强数据类型化非常重要的原因。实际上, 过去由于缺少用于指定这类信息的一致系统, 从而成为语言继承和交互操作的真正障碍。这类信息并未在标准的可执行文件或 DLL 中出现。

假定将 Visual Basic 2010 类中的一个方法定义为返回一个 Integer——Visual Basic 2010 可以使用的标准数据类型之一。但 C# 没有该名称的数据类型。显然, 只有编译器知道如何把 Visual Basic 2010 的 Integer 类型映射为 C# 定义的某种已知类型, 才可以从该类派生, 使用这个方法, 并在 C# 代码中使用返回的类型。这个问题在 .NET 中是如何解决的?

#### 通用类型系统(CTS)

此类数据类型问题在 .NET 中使用通用类型系统(CTS)得到了解决。CTS 定义了可以在中间语言中使用的预定义数据类型, 所有面向 .NET Framework 的语言都可以生成最终基于这些类型的编译代码。

对于上面的例子, Visual Basic 2010 的 Integer 实际上是一个 32 位有符号的整数, 它实际映射为中间语言类型 Int32。因此在中间语言代码中就指定这种数据类型。C# 编译器可以使用这种类型, 所以就不会有问题了。在源代码中, C# 用关键字 int 来表示 Int32, 所以编译器就认为 Visual Basic 2010 方法返回一个 int 类型的值。

CTS 不仅指定了基本数据类型, 还定义了一个内容丰富的类型层次结构, 其中包含设计合理的位置, 在这些位置上, 代码允许定义它自己的类型。CTS 的层次结构反映了中间语言的单一继承的面向对象方法, 如图 1-1 所示。

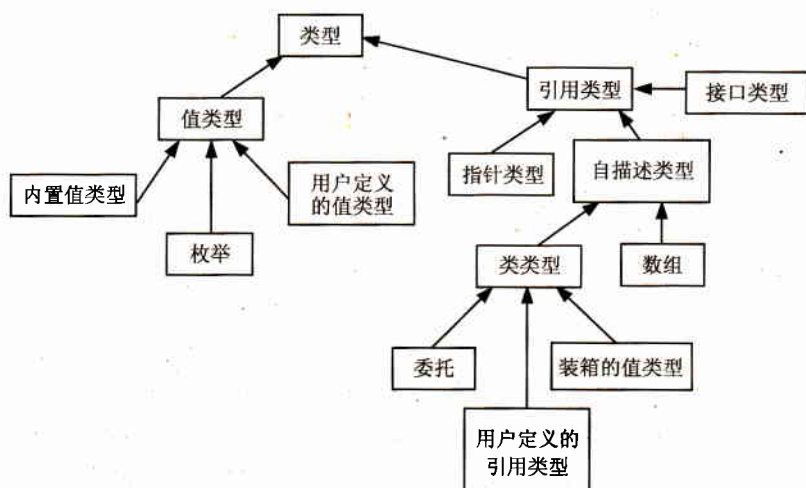


图 1-1

这里没有列出内置的所有值类型，因为第 3 章将详细介绍它们。在 C# 中，编译器识别的每个预定义类型都映射为一个 IL 内置类型。这与 Visual Basic 2010 一样。

### 公共语言规范(CLS)

公共语言规范(Common Language Specification, CLS)和通用类型系统一起确保语言的互操作性。CLS 是一个最低标准集，所有面向 .NET 的编译器都必须支持它。因为 IL 是一种内涵非常丰富的语言，大多数编译器的编写人员有可能把给定编译器的功能限制为只支持 IL 和 CTS 提供的一部分功能。只要编译器支持已在 CLS 中定义的内容，这就很不错。

下面的一个例子是有关区分大小写字母的。IL 是区分大小写的语言。使用这些语言的开发人员常常利用区分大小写所提供的灵活性来选择变量名。但 Visual Basic 2010 是不区分大小写的语言。CLS 通过指定 CLS 兼容代码不使用任何只根据大小写来区分的名称，解决了这个问题。因此，Visual Basic 2010 代码可以与 CLS 兼容代码一起使用。

这个例子说明了 CLS 的两种工作方式。

(1) 各个编译器的功能不必强大到支持 .NET 的所有功能，这将鼓励人们为其他面向 .NET 的编程语言开发编译器。

(2) 如果限制类只能使用 CLS 兼容的特性，就要保证用其他兼容语言编写的代码可以使用这个类。

这种方法的优点是使用 CLS 兼容特性的限制只适用于公共和受保护的类成员和公共类。在类的私有实现方式中，可以编写非 CLS 代码，因为其他程序集(托管代码的单元，参见本章后面的内容)中的代码不能访问这部分代码。

这里不深入讨论 CLS 规范。一般情况下，CLS 对 C# 代码的影响不会太大，因为 C# 中的非 CLS 兼容特性非常少。



编写非 CLS 兼容代码是完全可以接受的。只是在编写了这种代码后，就不能保证编译好的 IL 代码完全支持语言的互操作性。

## 2. 垃圾回收

垃圾回收器(garbage collector)用来在 .NET 中进行内存管理,特别是它可以恢复正在运行的应用程序需要的内存。到目前为止,Windows 平台已经使用了两种技术来释放进程向系统动态请求的内存:

- 完全以手工方式使应用程序代码完成这些工作。
- 让对象维护引用计数。

让应用程序代码负责释放内存是低级高性能的语言使用的技术,例如 C++。这种技术很有效,并且一般情况下可以让资源在不需要时就释放,但其最大的缺点是频繁出现错误。请求内存的代码还必须显式通知系统它什么时候不再需要该内存。但这是很容易被遗漏的,从而导致内存泄漏。

尽管现代的开发环境提供了帮助检测内存泄漏的工具,但它们很难跟踪错误,因为直到内存已大量泄漏从而使 Windows 拒绝为进程提供资源时,它们才会发挥作用。到那个时候,由于对内存的需求很大,会使整个计算机变得相当慢。

维护引用计数是 COM 对象采用的一种技术,其方法是每个 COM 组件都保留一个计数,记录客户端目前对它的引用数。当这个计数下降到 0 时,组件就会删除自己,并释放相关的内存和资源。它带来的问题是仍需要客户端通知组件它们已经完成了内存的使用。只要有一个客户端没有这么做,对象就仍驻留在内存中。在某些方面,这是比 C++内存泄漏更为严重的问题,因为 COM 对象可能存在于它自己的进程中,从来不会被系统删除(在 C++内存泄漏问题上,系统至少可以在进程中断时释放所有的内存)。

.NET 运行库采用的方法是垃圾回收器,这是一个程序,其目的是清理内存。方法是所有动态请求的内存都分配到堆上(所有的语言都是这样处理的,但在 .NET 中,CLR 维护它自己的托管堆,供 .NET 应用程序使用)。每隔一段时间,当 .NET 检测到给定进程的托管堆已满,需要清理时,就调用垃圾回收器。垃圾回收器处理目前代码中的所有变量,检查对存储在托管堆上的对象的引用,确定哪些对象可以从代码中访问——即哪些对象有引用。没有引用的对象就不再认为可以从代码中访问,因而被删除。Java 就使用与此类似的垃圾回收系统。

之所以在 .NET 中使用垃圾回收器,是因为中间语言已用来处理进程。其规则要求,第一,不能引用已有的对象,除非复制已有的引用。第二,中间语言是类型安全的语言。在这里,其含义是如果存在对对象的任何引用,该引用中就有足够的信息来确定对象的类型。

垃圾回收机制不能和诸如非托管 C++的语言一起使用,因为 C++允许指针自由地转换数据类型。

垃圾回收的一个重要方面是它的不确定性。换言之,不能保证什么时候会调用垃圾回收器:CLR 决定需要它时,就可以调用它。但可以重写这个过程,在代码中调用垃圾回收器。

垃圾回收过程的详细信息可参见第 13 章。

## 3. 安全性

.NET 很好地弥补了 Windows 提供的安全机制,因为它提供的安全机制是基于代码的安全性,而 Windows 仅提供了基于角色的安全性。

基于角色的安全性建立在运行进程的账户的身份基础上,换言之,就是谁拥有和运行进程。另一方面,基于代码的安全性建立在代码实际执行的任务和代码的可信程度上。由于中间语言提供了

强大的类型安全性，因此 CLR 可以在运行代码前检查它，以确定是否有需要的安全权限。NET 还提供了一种机制，使代码可以在运行前，预先指定需要什么安全权限。

基于代码的安全性非常重要，原因是它降低了运行来历不明的代码的风险(如代码是从 Internet 上下载的)。即使代码运行在管理员账户下，也有可能使用基于代码的安全性，来确定这段代码是否仍不能执行管理员账户一般允许执行的某些类型的操作，例如读写环境变量、读写注册表或访问 .NET 反射特性。

安全问题详见第 21 章。

#### 4. 应用程序域

应用程序域是 .NET 中的一个重要技术改进，它用于减少运行应用程序的系统开销，这些应用程序需要与其他程序分离开来，但仍需要彼此通信。典型的例子是 Web 服务器应用程序，它需要同时响应许多浏览器请求。因此，要有许多组件实例同时响应这些同时运行的请求。

在 .NET 问世之前，可以让这些实例共享同一个进程，但此时一个运行的实例就有可能导致整个网站的崩溃；也可以把这些实例孤立在不同的进程中，但这样做会增加相关性能的系统开销。

到现在为止，孤立代码的唯一方式是通过进程来实现的。在启动一个新的应用程序时，它会在一个进程环境内运行。Windows 通过地址空间把进程分隔开来。这样，每个进程有 4GB 的虚拟内存来存储其数据和可执行代码(4GB 对应于 32 位系统，64 位系统要用更多的内存)。Windows 利用额外的间接方式把这些虚拟内存映射到物理内存或磁盘空间的一个特殊区域中。每个进程都会有不同的映射，虚拟地址空间块映射的物理内存之间不重叠，如图 1-2 所示。

一般情况下，任何进程都只能通过指定虚拟内存中的一个地址来访问内存——即进程不能直接访问物理内存，因此一个进程不可能访问分配给另一个进程的内存。这样就可以确保任何执行出错的代码不会损害其地址空间以外的数据(注意在 Windows 95/98 上，这些保护措施不像在 Windows NT/2000/XP/2003/Vista/7 上那样完备，所以理论上存在应用程序因写入不正确的内存而导致 Windows 崩溃的可能性)。

进程不仅是运行代码的实例相互隔离的一种方式，在 Windows NT/2000/XP/2003/Vista/7 系统上，它们还可以构成分配了安全权限和许可的单元。每个进程都有自己的安全标识，明确地表示 Windows 允许该进程可以执行的操作。

进程对确保安全有很大的帮助，而它们的一大缺点是性能。许多进程常常在一起工作，因此需要相互通信。一个常见的例子是进程调用一个 COM 组件，而该 COM 组件是可执行的，因此需要在它自己的进程上运行。在 COM 中使用代理时也会发生类似的情况。因为进程不能共享任何内存，所以必须使用一个复杂的编组过程在进程之间复制数据。这对性能有非常大的影响。如果需要使组件一起工作，但不希望性能有损失，唯一的方法是使用基于 DLL 的组件，让所有的组件在同一个地址空间中运行——其风险是执行出错的组件会影响其他组件。

应用程序域(application domain)是分离组件的一种方式，它不会导致因在进程之间传送数据而产生的性能问题。其方法是把任何一个进程分解到多个应用程序域中。每个应用程序域大致对应一个应用程序，执行的每个线程都运行在一个具体的应用程序域中，如图 1-3 所示。

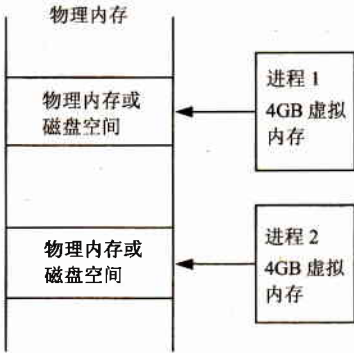


图 1-2

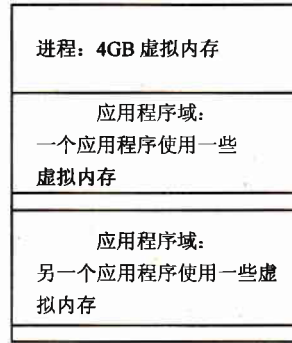


图 1-3

如果不同的可执行文件都运行在同一个进程空间中，显然它们就能轻松地共享数据，因为理论上它们可以直接访问彼此的数据。虽然在理论上这是可以实现的，但是 CLR 会检查每个正在运行的应用程序的代码，以确保这些代码不脱离它自己的数据区域，保证不发生直接访问其他进程的数据的情况。这初看起来是不可能的，不真正运行程序，如何告诉程序要做什么工作？

实际上，这么做通常是可能的，因为中间语言拥有强大的类型安全功能。在大多数情况下，除非代码明确使用不安全的特性，例如指针，否则它使用的数据类型可以确保内存不会被错误地访问。例如，.NET 数组类型执行边界检查，以确保禁止执行超出边界的数组操作。如果运行的应用程序的确需要与运行在不同应用程序域中的其他应用程序通信或共享数据，就必须调用 .NET 的远程服务。

被验证不能访问超出其应用程序域的数据(而不是通过明确的远程处理机制)的代码就是内存类型安全的代码。这种代码与运行在同一个进程中但应用程序域不同的类型安全代码一起运行是安全的。

### 1.3.4 通过异常处理错误

.NET Framework 可以与 Java 和 C++ 使用相同的基于异常的机制处理错误情况。C++ 开发人员应注意到，由于 IL 有非常强大的类型系统，因此在 IL 中不像 C++ 那样存在因使用异常带来的相关性能问题。另外，.NET 和 C# 也支持 finally 块，这是许多 C++ 开发人员长久以来的愿望。

第 15 章会详细讨论异常。简要地说，代码的某些领域被看作是异常处理例程，每个例程都能处理某种特殊的错误情况(例如，找不到文件，或拒绝执行某些操作)。这些条件可以定义得很宽或很窄。异常结构确保在发生错误情况时，执行进程立即跳到最有针对性的异常处理例程上，来处理错误情况。

异常处理的结构还提供了一种简便的方式，可以将包含异常情况的准确信息的对象传递给错误处理例程。这个对象包括给用户提供的相应信息和在代码的什么地方检测到错误的确切信息。

大多数异常处理结构，包括异常发生时的程序流控制，都是由高级语言处理的，例如 C#、Visual Basic 2010 和 C++，任何中间语言中的命令都不支持它。例如，C# 使用 try{}、catch{} 和 finally{} 代码块来处理它，详见第 15 章。

但 .NET 提供了一种基础结构，让面向 .NET 的编译器支持异常处理。特别是它提供了一组 .NET 类来表示异常，语言的互操作性则允许异常处理代码解释被抛出的异常对象，无论异常处理代码使用什么语言编写，都是这样。语言的无关性没有体现在 C++ 和 Java 的异常处理中，但在 COM 的错误处理机制中有一定限度的体现。COM 的错误处理机制包括从方法中返回错误代码以及传递错误

对象。在不同的语言中，异常的处理是一致的，这是促进多语言开发的重要一环。

### 1.3.5 特性的使用

特性(attribute)是使用 C++编写 COM 组件的开发人员很熟悉的一个功能(在 Microsoft 的 COM 接口定义语言(Interface Definition Language, IDL)中使用特性)。特性最初是为了在程序中提供与某些项相关的额外信息，以供编译器使用。

.NET 支持特性，因此现在 C++、C#和 Visual Basic 2010 也支持特性。但在.NET 中，对特性的革新是在源代码中定义自己的自定义特性。这些用户定义的特性将和对应数据类型或方法的元数据放在一起，这对于文档记录十分有用，它们和反射技术一起使用，以根据特性执行编程任务。另外，与.NET 的语言无关性的基本原理一样，特性也可以在一种语言的源代码中定义，而被用另一种语言编写的代码读取。

第 14 章将详细介绍特性。

## 1.4 程序集

程序集(assembly)是包含编译好的、面向.NET Framework 的代码的逻辑单元。本章不详细论述程序集，而在第 18 章中论述，下面概述其中的要点。

程序集是完全自描述性的，它是一个逻辑单元而不是物理单元，可以存储在多个文件中(动态程序集的确存储在内存中，而不是存储在文件中)。如果一个程序集存储在多个文件中，其中就会有一个包含入口点的主文件，该文件描述了程序集中的其他文件。

注意可执行代码和库代码使用相同的程序集结构。唯一的区别是可执行的程序集包含一个主程序入口点，而库程序集不包含。

程序集的一个重要特性是它们包含的元数据描述了对应代码中定义的类型和方法。程序集也包含描述程序集本身的元数据，这种程序集元数据包含在一个称为“清单(manifest)”的区域中，可以检查程序集的版本及其完整性。



ildasm 是一个基于 Windows 的实用程序，可以用于检查程序集的内容，包括程序集清单和元数据。第 18 章将介绍 ildasm。

程序集包含程序的元数据，表示调用给定程序集中的代码的应用程序或其他程序集不需要引用注册表或其他数据源，就能确定如何使用该程序集。这与以前的 COM 有很大的区别，以前，组件和接口的 GUID 必须从注册表中获取，在某些情况下，方法和属性的详细信息也需要从类型库中读取。

把数据分散在 3 个以上的不同位置上，可能会出现信息不同步的情况，从而妨碍其他软件成功地使用该组件。有了程序集后，就不会发生这种情况，因为所有的元数据都与程序的可执行指令存储在一起。注意，即使程序集存储在几个文件中，数据也不会出现不同步的问题。这是因为包含程序集入口的文件也存储了其他文件的细节、散列和内容，如果一个文件被替换，或者被篡改，系统肯定会检测出来，并拒绝加载程序集。

程序集有两种类型：私有程序集和共享程序集。

### 1.4.1 私有程序集

私有程序集是最简单的一种程序集类型。私有程序集一般附带在某个软件上，且只能用于该软件。附带私有程序集的常见情况是，以可执行文件或许多库的方式提供应用程序，这些库包含的代码只能用于该应用程序。

系统可以保证私有程序集不被其他软件使用，因为应用程序只能加载位于主执行文件所在文件夹或其子文件夹中的程序集。

用户一般会希望把商用软件安装在它自己的目录下，这样软件包不存在覆盖、修改或在无意间加载另一个软件包的私有程序集的风险。私有程序集只能用于自己的软件包，这样，用户对什么软件使用它们就有了更大的控制权。因此，不需要采取安全措施，因为这没有其他商用软件用某个新版本的程序集覆盖原来的私有程序集的风险(但软件是专门执行怀有恶意的损害性操作的情况除外)。名称也不会有冲突。如果私有程序集中的类正巧与另一个人的私有程序集中的类同名，是不会有问题的，因为给定的应用程序只能使用它自己的一组私有程序集。

因为私有程序集完全是自包含的，所以部署它的过程就很简单。只需把相应的文件放在文件系统的对应文件夹中即可(不需要注册表项)，这个过程称为“0 影响(xcopy)安装”。

### 1.4.2 共享程序集

共享程序集是其他应用程序可以使用的公共库。因为其他软件可以访问共享程序集，所以需要采取一定的保护措施来防止以下风险：

- 名称冲突，另一个公司的共享程序集执行的类型与自己的共享程序集中的类型同名。因为客户端代码理论上可以同时访问这些程序集，所以这是一个严重的问题。
- 程序集被同一个程序集的不同版本覆盖——新版本与某些已有的客户端代码不兼容。

这些问题的解决方法是把共享程序集放在文件系统的一个特定的子目录树中，称为全局程序集缓存(GAC)。与私有程序集不同，不能简单地把共享程序集复制到对应的文件夹中，而需要专门安装到缓存中，可以用许多.NET 工具完成这个过程，其中包含对程序集的检查、在程序集缓存中设置一个小的文件夹层次结构，以确保程序集的完整性。

为了避免名称冲突，应根据私钥加密法为共享程序集指定一个名称(而对于私有程序集，只需要指定与其主文件名相同的名称即可)。该名称称为强名(strong name)，并保证其唯一性，它必须由要引用共享程序集的应用程序来引用。

与覆盖程序集的风险相关的问题，可以通过在程序集清单中指定版本信息来解决，也可以通过同时安装来解决。

### 1.4.3 反射

因为程序集存储了元数据，包括在程序集中定义的所有类型和这些类型的成员的细节，所以可以编程访问这些元数据。这个技术称为反射，第 14 章详细介绍了它们。该技术很有趣，因为它表示托管代码实际上可以检查其他托管代码，甚至检查它自己，以确定该代码的信息。它们常常用于获取特性的详细信息，也可以把反射用于其他目的，例如作为实例化类或调用方法的一种间接方式(前提是将这些类或方法的名称指定为字符串)。这样，就可以选择类来实例化方法，以便在运行时调用，

而不是在编译时调用，例如根据用户的输入来调用(动态绑定)。

#### 1.4.4 并行编程

.NET Framework 4 允许利用目前出现的所有双处理器和 4 处理器。新的并行计算能力提供了分隔工作活动、并在多个处理器上运行这些活动的方式。现在可用的、新的并行编程 API 使得编写安全的多线程代码变得十分简单，但要注意，仍需要考虑竞态条件和锁。

新的并行编程功能提供了一个新的 Task Parallel Library 和 PLINQ Execution Engine，并行编程的详细内容请参见第 20 章。

### 1.5 .NET Framework 类

至少从开发人员的角度来看，编写托管代码的最大好处是可以使用 .NET 基类库。 .NET 基类是一个内容丰富的托管代码类集合，它可以完成以前要通过 Windows API 来完成的绝大多数任务。这些类沿用中间语言使用的对象模型，也基于单一继承性。可以从任何适用的 .NET 基类实例化对象，也可以从它们派生自己的类。

.NET 基类的一个主要优点是它们非常直观和易用。例如，要启动一个线程，可以调用 Thread 类的 Start() 方法。要禁用 TextBox，应把 TextBox 对象的 Enabled 属性设置为 false。 Visual Basic 和 Java 开发人员非常熟悉这种方式。它们的库都很容易使用，但对于 C++ 开发人员这是极大的解脱，因为他们多年来一直在使用诸如 GetDIBits()、 RegisterWndClassEx() 和 IsEqualIID() 这样的 API 函数，以及大量需要传递的 Windows 句柄的函数。

另一方面，C++ 开发人员总是很容易访问整个 Windows API，而 Visual Basic 6 和 Java 开发人员只能访问其语言所能访问的基本操作系统功能。 .NET 基类的新增内容就是把 Visual Basic 和 Java 库的易用性和 Windows API 函数较为丰富的功能结合起来。但 Windows 仍有许多功能不能通过基类来使用，而需要调用 API 函数。但一般情况下，这仅限于比较复杂的特性。基类库足以应付日常工作的使用。如果需要调用 API 函数， .NET 提供了所谓的“平台调用”，来确保对数据类型进行正确的转换，这样无论是使用 C#、C++ 或 Visual Basic 2010 进行编码，该任务都不会比直接从已有的 C++ 代码中调用函数更困难。



WinCV 是一个基于 Windows 的实用程序，它可以用于浏览基类库中的类、结构、接口和枚举。第 16 章将介绍 WinCV。

第 3 章主要介绍基类。概述了 C# 语言语法后，本书的其余内容将主要说明如何使用 .NET Framework 4 的 .NET 基类库中的各种类，即各种基类是如何工作的。 .NET 3.5 基类大致包括以下范围：

- IL 提供的核心功能(例如，通用类型系统中的基本数据类型，详见第 3 章)
- Windows GUI 支持和控件(参见第 35 章和第 39 章)
- Web 窗体(ASP.NET，参见第 40 章和第 41 章)
- 数据访问(ADO.NET，参见第 30 章、第 33 章和第 34 章)
- 目录访问(见随书附赠光盘中的第 52 章)



- 文件系统和注册表访问(参见第 29 章)
- 网络和 Web 浏览(参见第 24 章)
- .NET 特性和反射(参见第 14 章)
- 访问 Windows 操作系统的各个方面(如环境变量等, 参见第 21 章)
- COM 互操作性(参见第 26 章和第 51 章)

附带说一下, 根据 Microsoft 源文件, 大部分 .NET 基类实际上都是用 C# 编写的!

## 1.6 名称空间

名称空间是 .NET 避免类名冲突的一种方式。例如, 名称空间可以避免下述情况: 定义一个类来表示一个顾客, 称此类为 `Customer`, 同时其他人也在做相同的事(很可能出现这种情况, 拥有客户的企业所占的比例很高)。

名称空间不过是数据类型的一种组合方式, 但名称空间中所有数据类型的名称都会自动加上该名称空间的名字作为其前缀。名称空间还可以相互嵌套。例如, 大多数用于一般目的的 .NET 基类位于名称空间 `System` 中, 基类 `Array` 在这个名称空间中, 所以其全名是 `System.Array`。

.NET 需要在名称空间中定义所有的类型, 例如, 可以把 `Customer` 类放在名称空间 `YourCompanyName` 中, 则这个类的全名就是 `YourCompanyName.Customer`。



如果没有显式提供名称空间, 类型就添加到一个没有名称的全局名称空间中。

在大多数情况下, Microsoft 建议都至少要提供两个嵌套的名称空间名, 第一个是公司名, 第二个是技术名称或软件包的名称, 而类是其中的一个成员, 例如 `YourCompanyName.SalesServices.Customer`。大多数情况下, 这么做可以保证类名不会与其他组织编写的类名冲突。

第 2 章将详细介绍名称空间。

## 1.7 用 C# 创建 .NET 应用程序

C# 可以用于创建控制台应用程序: 仅使用文本、运行在 DOS 窗口中的应用程序。在进行单元测试类库、创建 UNIX/Linux 守护进程时, 就要使用控制台应用程序。但是, 我们常使用 C# 创建利用许多与 .NET 相关的技术的应用程序, 下面简要论述可以用 C# 创建的不同类型的应用程序。

### 1.7.1 创建 ASP.NET 应用程序

最初引入的 ASP.NET 1.0 基本改变了 Web 编程模型。ASP.NET 4 是该产品的一个主要版本, 它建立在以前改进的基础之上。ASP.NET 4 采取了一系列重要的革新步骤, 来提高效率。ASP.NET 的主要目标是使用最少的代码建立强大、安全、动态的应用程序。由于本书是关于 C# 的, 所以有许多章节介绍了如何使用这种语言建立最新的 Web 应用程序。

下面讨论 ASP.NET 的重要功能, 详细信息参见第 40~42 章。

## 1. ASP.NET 的功能

首先, 也是最重要的是, ASP.NET 页面是结构化的。这就是说, 每个页面都是一个继承了 .NET 类 `System.Web.UI.Page` 的类, 可以改写在 `Page` 对象的生存期中调用的一系列方法, (可以把这些事件看成是页面所特有的, 对应于原 ASP 的 `global.asa` 文件中的 `OnApplication_Start` 和 `OnSession_Start` 事件)。因为可以把一个页面的功能放在有明确含义的事件处理程序中, 所以 ASP.NET 比较容易理解。

ASP.NET 页面的另一个优点是可以在 Visual Studio 2010 中创建它们, 在该环境下, 可以创建 ASP.NET 页面使用的业务逻辑和数据访问组件。Visual Studio 2010 项目(也称为解决方案)包含了与应用程序相关的所有文件。而且, 也可以在编辑器中调试传统的 ASP 页面, 在以前使用 Visual InterDev 时, 把 InterDev 和项目的 Web 服务器配置为支持调试常常是一个让人头痛的问题。

最清楚的是, ASP.NET 的代码隐藏功能允许进一步采用结构化的方式。ASP.NET 允许把页面的服务器端功能单独放在一个类中, 随其他页面把该类编译为 DLL, 并把该 DLL 放在 HTML 部分下面的一个目录中。放在页面顶部的 `@Page` 指令将把该文件与一个类关联起来。当浏览器请求该页面时, Web 服务器就会在页面的类文件中引发类中的事件。

最后, ASP.NET 可以显著提高性能。传统的 ASP 页面和每个页面请求一起解释, 而 Web 服务器在编译后缓存 ASP.NET 页面。这表示以后对 ASP.NET 页面的请求就比 ASP 页面第一次执行的速度快得多。

ASP.NET 还易于编写通过浏览器显示窗体的页面, 这在内联网环境中会使用。传统的方式是基于窗体的应用程序提供一个功能丰富的用户界面, 但较难维护, 因为它们运行在非常多的不同计算机上。因此, 当用户界面是必不可少的, 并可以为用户提供扩展支持时, 人们就会依赖基于窗体的应用程序。

## 2. Web 窗体

为了简化 Web 页面的结构, Visual Studio 2010 提供了 Web 窗体。它们允许以创建 Visual Basic 6 或 C++ Builder 窗口的方式图形化地建立 ASP.NET 页面; 换言之, 就是把控件从工具箱拖放到窗体上, 再考虑窗体的代码, 为控件编写事件处理程序。在使用 C# 创建 Web 窗体时, 就是创建一个继承自 `Page` 基类的 C# 类, 并把这个类看作是代码隐藏的 ASP.NET 页面。当然不必使用 C# 创建 Web 窗体, 而可以使用 Visual Basic 2010 或另一种 .NET 语言来创建。

过去, Web 开发的难度使一些开发小组不愿意使用 Web。为了成功地进行 Web 开发, 必须了解非常多的不同技术, 如 VBScript、ASP、DHTML、JavaScript 等。把窗体概念应用于 Web 页面, Web 窗体就可以简化 Web 开发。

## 3. Web 服务器控件

用于添加到 Web 窗体上的控件与 ActiveX 控件并不是同一种控件, 它们是 ASP.NET 名称空间中的 XML 标记。当请求一个页面时, Web 浏览器会动态地把它们转换为 HTML 和客户端脚本。Web 服务器能以不同的方式显示相同的服务器端控件, 产生一个对应于请求者特定 Web 浏览器的转换。这意味着现在很容易为 Web 页面编写相当复杂的用户界面, 而不必担心如何确保页面运行在可用的任何浏览器上, 因为 Web 窗体会完成这些任务。

可以使用 C#或 Visual Basic 2010 扩展 Web Form 工具箱。创建一个新服务器端控件, 仅是执行.NET 的 System.Web.UI.WebControls.WebControl 类而已。

#### 4. XML Web 服务

目前, HTML 页面解决了 World Wide Web 上的大部分通信问题。有了 XML, 计算机就可以用一种独立于设备的格式, 在 Web 上彼此通信。将来, 计算机可以使用 Web 和 XML 交流信息, 而不是专用的线路和专用的格式, 如 EDI (Electronic Data Interchange)。XML Web 服务是为面向服务的 Web, 即远程计算机彼此提供可以分析和重新格式化的动态信息, 最后显示给用户。XML Web 服务是计算机给 Web 上的其他计算机以 XML 格式显示信息的一种便利方式。

在技术上, .NET 上的 XML Web 服务是给请求的客户返回 XML 而不是 HTML 的 ASP.NET 页面。这种页面有代码隐藏的 DLL, 它包含了派生自 WebService 类的类。Visual Studio 2010 IDE 提供的引擎简化了 Web 服务的开发。

公司选择使用 XML Web 服务主要有两个原因。首先是因为它们依赖于 HTTP, 而 XML Web 服务可以把现有的网络(HTTP)用作传输信息的媒介。其次是因为 XML Web 服务使用 XML, 该数据格式是自描述的、非专用的且独立于平台。

#### 1.7.2 创建 Windows 窗体

C#和.NET 非常适合于 Web 开发, 它们还为所谓的“胖客户端”或“瘦客户端”应用程序提供了极好的支持, 这种“胖客户端”或“瘦客户端”应用程序必须安装在最终用户的计算机上, 来处理大多数操作, 这种支持来源于 Windows 窗体。

Windows 窗体是 Visual Basic 6 窗体的.NET 版本, 要设计一个图形窗口界面, 只需把控件从工具箱拖放到 Windows 窗体上即可。要确定窗口的行为, 应为该窗体的控件编写事件处理例程。Windows Form 项目编译为可执行文件, 可执行文件必须与.NET 运行库一起安装在最终用户的计算机上。与其他.NET 项目类型一样, Visual Basic 2010 和 C#都支持 Windows Form 项目。第 39 章将详细介绍 Windows 窗体。

#### 1.7.3 使用 WPF

有一种最新的技术叫做 Windows Presentation Foundation(WPF)。WPF 在建立应用程序时使用 XAML。XAML 表示可扩展的应用程序标记语言(Extensible Application Markup Language)。这种在 Microsoft 环境下创建应用程序的新方式在 2006 年引入, 是 .NET Framework 3.0、3.5 和 4 的一部分。要运行 WPF 应用程序, 需要在客户机上安装 .NET Framework 3.0、3.5 或 4。WPF 应用程序可用于 Windows 7、Windows Vista、Windows XP、Windows Server 2003 和 Windows Server 2008(只有这些操作系统能安装 .NET Framework 3.0、3.5 或 4)。

XAML 是用于创建窗体的 XML 声明, 它代表 WPF 应用程序的所有可视化部分和操作。虽然可以编程利用 WPF 应用程序, 但 WPF 是迈向声明性编程的一步, 而声明性编程是编程业的趋势。声明性编程是指, 不是利用编译语言, 如 C#、VB 或 Java, 通过编程来创建对象, 而是通过 XML 类型的编程来声明所有元素。第 35 章详细介绍了如何使用 XAML 和 C#建立这些新类型的应用程序。

### 1.7.4 Windows 控件

虽然 Web 窗体和 Windows 窗体的开发方式基本相同, 但应为它们添加不同类型的控件。Web 窗体使用 Web 服务器控件, Windows 窗体使用 Windows 控件。

Windows 控件比较类似于 ActiveX 控件。在执行 Windows 控件后, 它会编译为必须安装到客户机上的 DLL。实际上, .NET SDK 提供了一个实用程序, 为 ActiveX 控件创建包装器, 以便把它们放在 Windows 窗体上。与 Web 控件一样, Windows 控件的创建需要派生于特定的类 `System.Windows.Forms.Control`。

### 1.7.5 Windows 服务

Windows 服务(最初称为 NT 服务)是一个在 Windows NT/2000/XP/2003/Vista/7(但没有 Windows 9x)后台运行的程序。当希望程序连续运行, 并在用户没有明确启动操作时响应事件, 就应使用 Windows 服务。例如 Web 服务器上的 World Wide Web 服务, 它们监听来自客户的 Web 请求。

用 C#编写服务非常简单。`System.ServiceProcess` 名称空间中的 .NET Framework 基类可以处理许多与服务相关的样本任务。另外, Visual Studio 2010 允许创建 C# Windows Service 项目, 为基本 Windows 服务编写 C#源代码。第 25 章将详细介绍如何编写 C# Windows 服务。

### 1.7.6 WCF

通过基于 Microsoft 的技术, 可以采用许多方式将数据和服务从一处移动到另一处。例如, 可以使用 ASP.NET Web 服务、.NET Remoting、Enterprise Services 和用于初学者的 MSMQ。应采用哪种技术? 这要考虑具体要达到的目标, 因为每种技术都适合于不同的场合。

因此, Microsoft 把所有这些技术集成在一起, 放在 .NET Framework 3.0、3.5 和 4 中。现在只有一种移动数据的方式——Windows Communication Foundation(WCF)。WCF 允许建立好服务后, 只要修改配置文件, 就可以用多种方式提供该服务(甚至在不同的协议下)。WCF 是一种连接各种系统的强大的新方式。第 43 章将详细介绍 WCF。

### 1.7.7 Windows WF

Windows Workflow Foundation(WF)实际上是在 .NET Framework 3.0 中引入的, 但经过全面修订, 现在许多人都发现它更容易使用了。Visual Studio 2010 在使用 WF 方面有了长足的进步, 并使 workflow 构建变得更简单。WF 有一个新的流程控制类 `Flowchart`, 还有一些新活动, 例如 `DoWhile`、`ForEach` 和 `ParallelForEach`。

WF 参见第 44 章。

## 1.8 C#在.NET 企业体系结构中的作用

C#需要 .NET 运行库, 在几年内大多数客户机——特别是大多数家用计算机——就可以安装 .NET 了。而且, 安装 C#应用程序也意味着安装 .NET 可重新分布的组件。因此, 企业环境中会有

许多 C# 应用程序。实际上, C# 为希望建立稳健的 n 层客户机/服务器应用程序的公司提供了一个最佳的机会。

C# 与 ADO.NET 合并后, 就可以快速而经常地访问数据存储库了, 如 SQL Server 和 Oracle 数据库。返回的数据集很容易通过 ADO.NET 对象模型或 LINQ 来处理, 并自动显示为 XML, 以便通过办公室内联网来传输。

一旦为新项目建立了数据库模式, C# 就会为执行一层数据访问对象提供一个极好的媒介, 每个对象都能提供对不同数据库表的插入、更新和删除访问。

因为这是第一个基于组件的 C 语言, 所以 C# 非常适合于执行业务对象层。它为组件之间的通信封装了杂乱的信息, 让开发人员把注意力集中在如何把数据访问对象组合在一起, 在方法中精确地强制执行公司的业务规则。而且使用特性, C# 业务对象可以配备方法级的安全检查、对象池和由 COM+ 服务提供的 JIT 活动。另外, .NET 附带的实用程序允许新的 .NET 业务对象与原来的 COM 组件交互。

要使用 C# 创建企业应用程序, 可以为数据访问对象创建一个类库项目, 为业务对象创建另一个类库项目。在开发时, 可以使用 Console 项目测试类上的方法。喜欢编程的人可以建立能自动从批处理文件中执行的 Console 项目, 对工作代码进行单元测试, 以便确定代码是否中断。

注意, C# 和 .NET 都会影响物理封装可重用类的方式。过去, 许多开发人员把许多类放在一个物理组件中, 因为这样安排会使部署容易得多; 如果有版本冲突问题, 就知道在何处进行检查。因为部署 .NET 企业组件仅是把文件复制到目录中, 所以现在开发人员可以把他们的类封装到逻辑性更高的离散组件中, 而不会遇到 “DLL Hell”。

最后, 用 C# 编写的 ASP.NET 页面构成了用户界面的绝妙媒介。ASP.NET 页面是编译过的, 所以执行得比较快。它们可以在 Visual Studio 2010 IDE 中调试, 所以十分健壮。它们支持所有的语言功能, 例如早期绑定、继承和模块化, 所以用 C# 编写的 ASP.NET 页面是很整洁的, 很容易维护。

经验丰富的开发人员对大做广告的新技术和语言都持非常怀疑的态度, 不愿意利用新平台, 这仅仅是因为他们不愿意。如果读者是一位 IT 部门的企业开发人员, 或者通过 World Wide Web 提供应用程序服务, 即使一些比较新奇的功能(如 XML Web 服务和服务器端控件)不算在内, 也可以确保 C# 和 .NET 至少提供了 4 个优点:

- 组件冲突将很少见, 部署工作将更容易, 因为同一组件的不同版本可以在同一台计算机上并行运行, 而不会发生冲突。
- ASP.NET 代码不再难懂。
- 可以利用 .NET 基类中的许多功能。
- 利用 C# 可以很容易编写需要 Windows 窗体用户界面的应用程序。

在某种程度上, 因为 Web 窗体和基于 Internet 的应用程序的出现, 以前 Windows 窗体并未受到重视。但如果用户缺乏 JavaScript、ASP 或相关技术的专业知识, Windows 窗体仍是方便而快速地创建用户界面的一种可行选择。记住管理好代码, 使用户界面逻辑与业务逻辑和数据访问代码分隔开来, 这样才能在将来需要的时候把应用程序迁移到浏览器上。另外, Windows 窗体还为家用应用程序和一些小公司长期保留了重要的用户界面。Windows 窗体的新智能客户特性(很容易以在线和离线方式工作)将能开发出新的、更好的应用程序。

## 1.9 小结

本章介绍了许多基础知识，简要回顾了 .NET Framework 的重要方面以及它与 C# 的关系。首先讨论了所有面向 .NET 的语言如何编译为中间语言(之后由公共语言运行库进行编译和执行)，接着讨论了 .NET 的下述特性在编译和执行过程中的作用：

- 程序集和 .NET 基类
- COM 组件
- JIT 编译
- 应用程序域
- 垃圾收集

图 1-4 简要说明了这些特性在编译和执行过程中如何发挥作用。

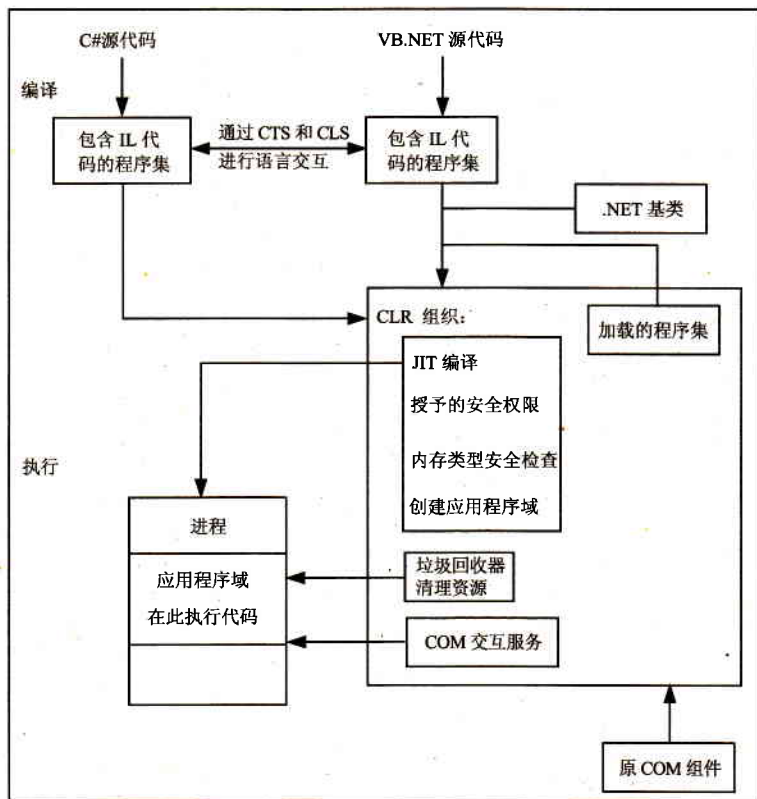


图 1-4

本章还讨论了 IL 的特征，特别是其强数据类型化和面向对象的特征。探讨了这些特征如何影响面向 .NET(包括 C#)的语言，并阐述了 IL 的强类型本质如何支持语言的互操作性，以及 CLR 服务，如垃圾收集和安全性。还讨论了用于帮助处理语言互操作性的 CLS 和 CTS。

本章最后讨论了 C# 如何用作基于几种 .NET 技术(包括 ASP.NET)的应用程序的基础。

第 2 章将介绍如何用 C# 语言编写代码。

# 第 2 章

## 核心 C#

本章内容:

- 声明变量
- 变量的初始化和作用域
- C#的预定义数据类型
- 在 C#程序中使用条件语句、循环和跳转语句指定执行流
- 枚举
- 名称空间
- Main()方法
- 基本的命令行 C#编译器选项
- 使用 System.Console 执行控制台 I/O
- 使用内部注释和文档编制功能
- 预处理器指令
- C#编程的推荐规则和约定

理解了 C#的用途后, 就可以学习如何使用它了。本章将介绍 C#的基础知识, 本章的内容也是后续章节的基础, 好的开端等于成功的一半。阅读完本章后, 读者就有足够的 C#知识编写简单的程序了, 但还不能使用继承或其他面向对象的特征。这些内容将在后面的几章中讨论。

### 2.1 第一个 C#程序


下面编译并运行最简单的 C#程序, 这是一个简单的控制台应用程序, 它由把某条消息写到屏幕上的一个类组成。



后面几章会介绍许多代码示例。编写 C#程序最常用的技巧是使用 Visual Studio 2010 生成一个基本项目, 再添加自己的代码。但是, 第 I 部分的目的是讲授 C#语言, 为了简单起见, 在第 16 章之前避免涉及 Visual Studio 2010。我们使代码显示为简单的文件, 这样就可以使用任何文本编辑器输入它们, 并在命令行上编译。

## 2.1.1 代码

在文本编辑器(如 Notepad)中输入下面的代码,把它保存为后缀名为.cs 的文件(如 First.cs)。Main()方法如下所示(更多信息参见 2.7 节):

 可从  
wrox.com {  
下载源代码

```
using System;
namespace Wrox
{
    public class MyFirstClass
    {
        static void Main()
        {
            Console.WriteLine("Hello from Wrox.");
            Console.ReadLine();
            return;
        }
    }
}
```

代码段 First.cs

## 2.1.2 编译并运行程序

对源文件运行 C# 命令行编译器(csc.exe), 编译这个程序:

```
csc First.cs
```

如果使用 csc 命令在命令行上编译代码, 就应注意.NET 命令行工具(包括 csc)只有在设置了某些环境变量后才能使用。根据安装.NET(和 Visual Studio 2010)的方式, 这里显示的结果可能与您计算机上的结果不同。



如果没有设置环境变量, 有两种解决方法。第 1 种方法是在运行 csc 之前, 从命令提示符窗口上运行批处理文件 %Microsoft Visual Studio 2010%\Common7\Tools\vsvars32.bat。其中 %Microsoft Visual Studio 2010% 是 Visual Studio 2010 的安装文件夹。第 2 种方法(更简单)是使用 Visual Studio 2010 命令提示符代替通常的命令提示符窗口。Visual Studio 2010 命令提示符在菜单“开始”|“程序”|Microsoft Visual Studio 2010 | Microsoft Visual Studio Tools 子菜单下。它只是一个命令提示符窗口, 打开时会自动运行 vsvars32.bat。

编译代码, 会生成一个可执行文件 First.exe。在命令行或 Windows Explorer 上, 像运行任何可执行文件那样运行该文件, 得到如下结果:

```
csc First.cs
Microsoft (R) Visual C# 2010 Compiler version 4.0.20506.1
```



Copyright (C) Microsoft Corporation. All rights reserved.

```
First.exe
Hello from Wrox.
```

### 2.1.3 详细介绍

首先对 C#语法作几个一般性的解释。在 C#中，与其他 C 风格的语言一样，大多数语句都以分号(;)结尾，语句可以写在多个代码行上，不需要使用续行字符。用花括号({})把语句组合为块。单行注释以两个斜杠字符开头(/)，多行注释以一条斜杠和一个星号(/\*)开头，以一个星号和一条斜杠(\*/)结尾。在这些方面，C#与 C++和 Java 一样，但与 Visual Basic 不同。分号和花括号使 C#代码与 Visual Basic 代码有差异很大的外观。如果您以前使用的是 Visual Basic，就应特别注意每条语句结尾的分号。对于使用 C 风格语言的新用户，忽略分号常常是导致编译错误的一个最主要的原因。另一个方面是，C#区分大小写，也就是说，变量 myVar 与 MyVar 是两个不同的变量。

在上面的代码示例中，前几行代码与名称空间有关(如本章后面所述)，名称空间是把相关类组合在一起的方式。namespace 关键字声明了应与类相关的名称空间。其后花括号中的所有代码都被认为是这个名称空间中。编译器在 using 语句指定的名称空间中查找没有在当前名称空间中定义但在代码中引用的类。这非常类似于 Java 中的 import 语句和 C++中的 using namespace 语句。

```
using System;

namespace Wrox
{
```

在 First.cs 文件中使用 using 指令的原因是下面要使用一个库类 System.Console。using System 语句允许把这个类简写为 Console(System 名称空间中的其他类也与此类似)。如果没有 using，就必须完全限定对 Console.WriteLine()方法的调用，如下所示：

```
System.Console.WriteLine("Hello from Wrox.");
```

标准的 System 名称空间包含了最常用的 .NET 类型。在 C#中做的所有工作都依赖于 .NET 基类，认识到这一点非常重要；在本例中，我们使用了 System 名称空间中的 Console 类，以写入控制台窗口。C#没有用于输入和输出的内置关键字，而是完全依赖于 .NET 类。



几乎所有的 C#程序都使用 System 名称空间中的类，所以假定本章所有的代码文件都包含“using System;”语句。

接着，声明一个类 MyFirstClass。但是，因为该类位于 Wrox 名称空间中，所以其完整的名称是 Wrox.MyFirstCSharpClass:

```
class MyFirstCSharpClass
{
```

所有的 C#代码都必须包含在一个类中。类的声明包括 class 关键字，其后是类名和一对花括号。

与类相关的所有代码都应放在这对花括号中。

下面声明方法 `Main()`。每个 C# 可执行文件(如控制台应用程序、Windows 应用程序和 Windows 服务)都必须有一个入口点——`Main()`方法(注意 M 大写):

```
public static void Main()
{
```

在程序启动时调用这个方法。该方法要么没有返回值(`void`)，要么返回一个整数(`int`)。注意，在 C# 中方法的定义如下所示:

```
[modifiers] return_type MethodName([parameters])
{
    // Method body. NB. This code block is pseudo-code.
}
```

第一个方括号中的内容表示可选关键字。修饰符(modifiers)用于指定用户所定义的方法的某些特性，如可以在什么地方调用该方法。在本例中，有两个修饰符 `public` 和 `static`。修饰符 `public` 表示可以在任何地方访问该方法，所以可以在类的外部调用它。修饰符 `static` 表示方法不能在类的实例上执行，因此不必先实例化类再调用。这非常重要，因为我们创建的是一个可执行文件，而不是类库。把返回类型设置为 `void`，在本例中，不包含任何参数。

最后，看看代码语句。

```
Console.WriteLine("Hello from Wrox.");
Console.ReadLine();
return;
```

在本例中，我们只调用了 `System.Console` 类的 `WriteLine()`方法，把一行文本写到控制台窗口上。`WriteLine()`是一个静态方法，在调用之前不需要实例化 `Console` 对象。

`Console.ReadLine()`读取用户的输入，添加这行代码会让应用程序等待用户按回车键，之后退出应用程序。在 `Visual Studio 2010` 中，控制台窗口会消失。

然后调用 `return` 退出该方法(因为这是 `Main` 方法，所以也退出了程序)。在方法头中指定 `void`，因此没有返回值。

对 C# 基本语法有了大致的认识后，下面就详细讨论 C# 的各个方面。因为没有变量不可能编写出重要的程序，所以首先介绍 C# 中的变量。

## 2.2 变量

在 C# 中声明变量使用下述语法:

```
datatype identifier;
```

例如:

```
int i;
```

该语句声明 `int` 变量 `i`。编译器不允许在表达式中使用这个变量，除非用一个值初始化了该变量。

声明*i*之后,就可以使用赋值运算符(=)给它赋值:

```
i = 10;
```

还可以在一行代码中声明变量,并初始化它的值:

```
int i = 10;
```

如果在一条语句中声明和初始化了多个变量,那么所有的变量都具有相同的数据类型:

```
int x = 10, y = 20; // x and y are both ints
```

要声明不同类型的变量,需要使用单独的语句。在多个变量的声明中,不能指定不同的数据类型:

```
int x = 10;
bool y = true; // Creates a variable that stores true or false
int x = 10, bool y = true; // This won't compile!
```

注意上面例子中的“//”和其后的文本,它们是注释。“//”字符串告诉编译器,忽略该行后面的文本,这些文本仅为了让人更好地理解程序,它们并不是程序的一部分。本章后面会详细讨论代码中的注释。

### 2.2.1 变量的初始化

变量的初始化是C#强调安全性的另一个例子。简单地说,C#编译器需要用某个初始值对变量进行初始化,之后才能在操作中引用该变量。大多数现代编译器把没有初始化标记为警告,但C#编译器把它当作错误来看待。这就可以防止我们无意中从其他程序遗留下来的内存中获取垃圾值。

C#有两个方法可确保变量在使用前进行了初始化:

- 变量是类或结构中的字段,如果没有显式初始化,创建这些变量时,其默认值就是0(类和结构在后面讨论)。
- 方法的局部变量必须在代码中显式初始化,之后才能在语句中使用它们的值。此时,初始化不是在声明该变量时进行的,但编译器会通过方法检查所有可能的路径,如果检测到局部变量在初始化之前就使用了它的值,就会产生错误。

例如,在C#中不能使用下面的语句:

```
public static int Main()
{
    int d;
    Console.WriteLine(d); // Can't do this! Need to initialize d before use
    return 0;
}
```

注意在这段代码中,演示了如何定义Main(),使之返回一个int类型的数据,而不是void。在编译这些代码时,会得到下面的错误消息:

```
Use of unassigned local variable 'd'
```

考虑下面的语句:

```
Something objSomething;
```

在 C# 中, 这行代码仅会为 `Something` 对象创建一个引用, 但这个引用还没有指向任何对象。对该变量调用方法或属性会导致错误。

在 C# 中实例化一个引用对象需要使用 `new` 关键字。如上所述, 创建一个引用, 使用 `new` 关键字把该引用指向存储在堆上的一个对象:

```
objSomething = new Something(); // This creates a Something on the heap
```

### 2.2.2 类型推断

类型推断(`type inference`)使用 `var` 关键字。声明变量的语法有些变化。编译器可以根据变量的初始化值“推断”变量的类型。例如:

```
int someNumber = 0;
```

就变成:

```
var someNumber = 0;
```

即使 `someNumber` 从来没有声明为 `int`, 编译器也可以确定, 只要 `someNumber` 在其作用域内, 就是一个 `int`。编译后, 上面两个语句是等价的。

下面是另一个小例子:



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
using System;
namespace Wrox
{
    class Program
    {
        static void Main(string[] args)
        {
            var name = "Bugs Bunny";
            var age = 25;
            var isRabbit = true;

            Type nameType = name.GetType();
            Type ageType = age.GetType();
            Type isRabbitType = isRabbit.GetType();

            Console.WriteLine("name is type " + nameType.ToString());
            Console.WriteLine("age is type " + ageType.ToString());
            Console.WriteLine("isRabbit is type " + isRabbitType.ToString());
        }
    }
}
```

代码段 Var.cs

这个程序的输出如下:

```

name is type System.String
age is type System.Int32
isRabbit is type System.Bool

```

需要遵循一些规则：

- 变量必须初始化。否则，编译器就没有推断变量类型的依据。
- 初始化器不能为空。
- 初始化器必须放在表达式中。
- 不能把初始化器设置为一个对象，除非在初始化器中创建了一个新对象。

第3章在讨论匿名类型时将详细探讨。

声明了变量，推断出了类型后，就不能改变变量类型了。变量的类型确定后，就遵循其他变量类型遵循的强类型化规则。

### 2.2.3 变量的作用域

变量的作用域是可以访问该变量的代码区域。一般情况下，确定作用域遵循以下规则：只要类在某个作用域内，其字段(也称为成员变量)也在该作用域内。

- 局部变量存在于表示声明该变量的块语句或方法结束的右花括号之前的作用域内。
- 在 for、while 或类似语句中声明的局部变量存在于该循环体内。

#### 1. 局部变量的作用域冲突

大型程序在不同部分为不同的变量使用相同的变量名很常见。只要变量的作用域是程序的不同部分，就不会有问题，也不会产生多义性。但要注意，同名的局部变量不能在同一作用域内声明两次，所以不能使用下面的代码：

```

int x = 20;
// some more code
int x = 30;

```

考虑下面的代码示例：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

using System;

namespace Wrox.ProCSharp.Basics
{
    public class ScopeTest
    {
        public static int Main()
        {
            for (int i = 0; i < 10; i++)
            {
                Console.WriteLine(i);
            } // i goes out of scope here

            // We can declare a variable named i again, because
            // there's no other variable with that name in scope

```

```

for (int i = 9; i >= 0; i -- )
{
    Console.WriteLine(i);
} // i goes out of scope here.
return 0;

```

代码段 Scope.cs

这段代码使用两个 for 循环打印 0~9 的数字，再逆序打印 0~9 的数字。重要的是在同一个方法中，代码中的变量 i 声明了两次。可以这么做的原因是在两次声明中，i 都是在循环内部声明的，所以变量 i 对于各自的循环来说是局部变量。

下面是另一个例子：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

public static int Main()
{
    int j = 20;
    for (int i = 0; i < 10; i++)
    {
        int j = 30; // Can't do this - j is still in scope
        Console.WriteLine(j + i);
    }
    return 0;
}

```

代码段 ScopeBad.cs

如果试图编译它，就会产生如下错误：

```

ScopeTest.cs(12,15): error CS0136: A local variable named 'j' cannot be declared in this scope because it would give a different meaning to 'j', which is already used in a 'parent or current' scope to denote something else.

```

其原因是：变量 j 是在 for 循环开始前定义的，在执行 for 循环时应处于其作用域内，在 Main() 方法结束执行后，变量 j 才超出作用域，第 2 个 j(不合法)则在循环的作用域内，该作用域嵌套在 Main() 方法的作用域内。因为编译器无法区分这两个变量，所以不允许声明第 2 个变量。

## 2. 字段和局部变量的作用域冲突

某些情况下，可以区分名称相同(尽管其完全限定的名称不同)、作用域相同的两个标识符。此时编译器允许声明第 2 个变量。原因是 C# 在变量之间有一个基本的区分，它把在类型级别声明的变量看作字段，而把在方法中声明的变量看作局部变量。

考虑下面的代码：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

using System;

namespace Wrox
{
    class ScopeTest2

```

```

    {
        static int j = 20;
        public static void Main()
        {
            int j = 30;
            Console.WriteLine(j);
            return;
        }
    }
}

```

代码段 ScopeTest2.cs

虽然在 `Main()` 方法的作用域内声明了两个变量 `j`，这段代码也会编译——在类级上定义的 `j`，在该类删除前是不会超出作用域的(在本例中，当 `Main()` 方法中断，程序结束时，才会删除该类)；以及在 `Main()` 中定义的 `j`。此时，在 `Main()` 方法中声明的新变量 `j` 隐藏了同名的类级变量，所以在运行这段代码时，会显示数字 30。

但是，如果要引用类级变量，该怎么办？可以使用语法 `object.fieldname`，在对象的外部引用类或结构的字段。在上面的例子中，我们访问静态方法中的一个静态字段(静态字段详见下一节)，所以不能使用类的实例，只能使用类本身的名称：

```

...
public static void Main()
{
    int j = 30;
    Console.WriteLine(j);
    Console.WriteLine(ScopeTest2.j);
}
...

```

如果要访问一个实例字段(该字段属于类的一个特定实例)，就需要使用 `this` 关键字。

## 2.2.4 常量

顾名思义，常量是其值在使用过程中不会发生变化的变量。在声明和初始化变量时，在变量的前面加上关键字 `const`，就可以把该变量指定为一个常量：

```
const int a = 100; // This value cannot be changed.
```

常量具有如下特点：

- 常量必须在声明时初始化。指定了其值后，就不能再改写了。
- 常量的值必须能在编译时用于计算。因此，不能用从一个变量中提取的值来初始化常量。如果需要这么做，应使用只读字段(详见第3章)。

- 常量总是静态的。但注意，不必(实际上，是不允许)在常量声明中包含修饰符 `static`。

在程序中使用常量至少有3个好处：

- 由于使用易于读取的名称(名称的值易于理解)替代了较难读取的数字或字符串，常量使程序变得更易于阅读。

- 常量使程序更易于修改。例如，在 C# 程序中有一个 `SalesTax` 常量，该常量的值为 6%。如果以后销售税率发生变化，把新值赋给这个常量，就可以修改所有的税款计算结果，而不必查找整个程序去修改税率为 0.06 的每个项。
- 常量更容易避免程序出现错误。如果在声明常量的位置以外的某个地方将另一个值赋给常量，编译器就会报告错误。

## 2.3 预定义数据类型

前面介绍了如何声明变量和常量，下面要详细讨论 C# 中可用的数据类型。与其他语言相比，C# 对其可用的类型及其定义有更严格的描述。

### 2.3.1 值类型和引用类型

在开始介绍 C# 中的数据类型之前，理解 C# 把数据类型分为两种非常重要：

- 值类型
- 引用类型

下面几节将详细介绍值类型和引用类型的语法。从概念上看，其区别是值类型直接存储其值，而引用类型存储对值的引用。

这两种类型存储在内存的不同地方：值类型存储在堆栈中，而引用类型存储在托管堆上。注意区分某个类型是值类型还是引用类型，因为这种存储位置的不同会有不同的影响。例如，`int` 是值类型，这表示下面的语句会在内存的两个地方存储值 20：

```
// i and j are both of type int
i = 20;
j = i;
```

但考虑下面的代码。这段代码假定已经定义了一个类 `Vector`，`Vector` 是一个引用类型，它有一个 `int` 类型的成员变量 `Value`：

```
Vector x, y;
x = new Vector ();
x.Value = 30; // Value is a field defined in Vector class
y = x;
Console.WriteLine(y.Value);
y.Value = 50;
Console.WriteLine(x.Value);
```

要理解的重要一点是在执行这段代码后，只有一个 `Vector` 对象。`x` 和 `y` 都指向包含该对象的内存位置。因为 `x` 和 `y` 是引用类型的变量，声明这两个变量只保留了一个引用——而不会实例化给定类型的对象。两种情况下都不会真正创建对象。要创建对象，就必须使用 `new` 关键字，如上所示。因为 `x` 和 `y` 引用同一个对象，所以对 `x` 的修改会影响 `y`，反之亦然。因此上面的代码会显示 30 和 50。





C++开发人员应注意,这个语法类似于引用,而不是指针。我们使用.(句点)符号,而不是->来访问对象成员。在语法上,C#引用看起来更类似于C++引用变量。但是,抛开表面的语法,实际上它类似于C++指针。

如果变量是一个引用,就可以把其值设置为 `null`,表示它不引用任何对象:

```
y = null;
```

如果将引用设置为 `null`,显然就不可能对它调用任何非静态的成员函数或字段,这么做会在运行期间抛出一个异常。

在C#中,基本数据类型如 `bool` 和 `long` 都是值类型。如果声明一个 `bool` 变量,并给它赋予另一个 `bool` 变量的值,在内存中就会有二个 `bool` 值。如果以后修改第一个 `bool` 变量的值,第二个 `bool` 变量的值也不会改变。这些类型是通过值来复制的。

相反,大多数更复杂的C#数据类型,包括我们自己声明的类都是引用类型。它们分配在堆中,其生存期可以跨多个函数调用,可以通过一个或几个别名来访问。CLR执行一种精细的算法,来跟踪哪些引用变量仍是可以访问的,哪些引用变量已经不能访问了。CLR会定期删除不能访问的对象,把它们占用的内存返回给操作系统。这是通过垃圾收集器实现的。

把基本类型(如 `int` 和 `bool`)规定为值类型,而把包含许多字段的较大类型(通常在有类的情况下)规定为引用类型,C#设计这种方式的原因是可以得到最佳性能。如果要把自己的类型定义为值类型,就应把它声明为一个结构。

## 2.3.2 CTS 类型

如第1章所述,C#认可的基本预定义类型并没有内置于C#语言中,而是内置于.NET Framework中。例如,在C#中声明一个 `int` 类型的数据时,声明的实际上是.NET结构 `System.Int32` 的一个实例。这听起来似乎很深奥,但其意义深远:这表示在语法上,可以把所有的基本数据类型看作是支持某些方法的类。例如,要把 `int i` 转换为 `string`,可以编写下面的代码:

```
string s = i.ToString();
```

应强调的是,在这种便利语法的背后,类型实际上仍存储为基本类型。基本类型在概念上用.NET结构表示,所以肯定没有性能损失。

下面看看C#中定义的内置类型。我们将列出每个类型,以及它们的定义和对应.NET类型(CTS类型)的名称。C#有15个预定义类型,其中13个是值类型,两个是引用类型(`string` 和 `object`)。

## 2.3.3 预定义的值类型

内置的CTS值类型表示基本类型,如整型和浮点类型、字符类型和布尔类型。

### 1. 整型

C#支持8个预定义整数类型,如表2-1所示。

表 2-1

名称	CTS 类型	说明	范围
sbyte	System.SByte	8 位有符号的整数	-128~127 ( $-2^7 \sim 2^7 - 1$ )
short	System.Int16	16 位有符号的整数	-32 768~32 767 ( $-2^{15} \sim 2^{15} - 1$ )
int	System.Int32	32 位有符号的整数	-2 147 483 648~2 147 483 647 ( $-2^{31} \sim 2^{31} - 1$ )
long	System.Int64	64 位有符号的整数	-9 223 372 036 854 775 808~9 223 372 036 854 775 807 ( $-2^{63} \sim 2^{63} - 1$ )
byte	System.Byte	8 位无符号的整数	0~255 ( $0 \sim 2^8 - 1$ )
ushort	System.UInt16	16 位无符号的整数	0~65535 ( $0 \sim 2^{16} - 1$ )
uint	System.UInt32	32 位无符号的整数	0~4 294 967 295 ( $0 \sim 2^{32} - 1$ )
ulong	System.UInt64	64 位无符号的整数	0~18 446 744 073 709 551 615 ( $0 \sim 2^{64} - 1$ )

一些 C# 类型的名称与 C++ 和 Java 类型一致，但其定义不同。例如，在 C# 中，int 总是 32 位带符号的整数。而在 C++ 中，int 是带符号的整数，但其位数取决于平台（在 Windows 上是 32 位）。在 C# 中，所有的数据类型都以与平台无关的方式定义，以备将来 C# 和 .NET 迁移到其他平台上。

byte 是 0~255（包括 255）的标准 8 位类型。注意，在强调类型的安全性时，C# 认为 byte 类型和 char 类型完全不同，它们之间的编程转换必须显式写出。还要注意，与整数中的其他类型不同，byte 类型在默认状态下是无符号的，其有符号的版本有一个特殊的名称 sbyte。

在 .NET 中，short 不再很短，现在它有 16 位长。Int 类型更长，有 32 位。long 类型最长，有 64 位。所有整数类型的变量都能被赋予十进制或十六进制的值，后者需要 0x 前缀：

```
long x = 0x12ab;
```

如果对一个整数是 int、uint、long 或是 ulong 没有任何显式的声明，则该变量默认为 int 类型。为了把输入的值指定为其他整数类型，可以在数字后面加上如下字符：

```
uint ui = 1234U;
long l = 1234L;
ulong ul = 1234UL;
```

也可以使用小写字母 u 和 l，但后者会与整数 1 混淆。

## 2. 浮点类型

C# 提供了许多整型数据类型，也支持浮点类型，如表 2-2 所示。

表 2-2

名称	CTS 类型	说明	位数	范围(大致)
float	System.Single	32 位单精度浮点数	7	$\pm 1.5 \times 10^{45} \sim \pm 3.4 \times 10^{38}$
double	System.Double	64 位双精度浮点数	15/16	$\pm 5.0 \times 10^{324} \sim \pm 1.7 \times 10^{308}$

float 数据类型用于较小的浮点数，因为它要求的精度较低。double 数据类型比 float 数据类型大，

提供的精度也大一倍(15位)。

如果在代码中没有对某个非整数值(如 12.3)硬编码,则编译器一般假定该变量是 `double`。如果想指定该值为 `float`,可以在其后加上字符 `F`(或 `f`):

```
float f = 12.3F;
```

### 3. decimal 类型

`decimal` 类型表示精度更高的浮点数,如表 2-3 所示。

表 2-3

名称	CTS 类型	说明	位数	范围(大致)
<code>decimal</code>	<code>System.Decimal</code>	128 位高精度十进制数表示法	28	$\pm 1.0 \times 10^{28} \sim \pm 7.9 \times 10^{28}$

CTS 和 C# 一个重要的优点是提供了一种专用类型进行财务计算,这就是 `decimal` 类型,使用 `decimal` 类型提供的 28 位的方式取决于用户。换言之,可以用较大的精确度(带有美分)来表示较小的美元值,也可以在小数部分用更多的舍入来表示较大的美元值。但应注意,`decimal` 类型不是基本类型,所以在计算时使用该类型会有性能损失。

要把数字指定为 `decimal` 类型,而不是 `double`、`float` 或整型,可以在数字的后面加上字符 `M`(或 `m`),如下所示。

```
decimal d = 12.30M;
```

### 4. bool 类型

C# 的 `bool` 类型用于包含布尔值 `true` 或 `false`,如表 2-4 所示。

表 2-4

名称	CTS 类型	说明	位数	值
<code>bool</code>	<code>System.Boolean</code>	表示 <code>true</code> 或 <code>false</code>	NA	<code>true</code> 或 <code>false</code>

`bool` 值和整数值不能相互隐式转换。如果变量(或函数的返回类型)声明为 `bool` 类型,就只能使用值 `true` 或 `false`。如果试图使用 0 表示 `false`,非 0 值表示 `true`,就会出错。

### 5. 字符类型

为了保存单个字符的值,C# 支持 `char` 数据类型,如表 2-5 所示。

表 2-5

名称	CTS 类型	值
<code>char</code>	<code>System.Char</code>	表示一个 16 位的(Unicode)字符

`char` 类型的字面量是用单引号括起来的,如 `'A'`。如果把字符放在双引号中,编译器会把它看作字符串,从而产生错误。

除了把 `char` 表示为字符字面量之外, 还可以用 4 位十六进制的 Unicode 值(如 `'\u0041'`)、带有数据类型转换的整数值(如 `(char) 65`)或十六进制数(`'\x0041'`)表示它们。它们还可以用转义序列表示, 如表 2-6 所示。

表 2-6

转义序列	字 符
<code>'\'</code>	单引号
<code>'\"'</code>	双引号
<code>'\\'</code>	反斜杠
<code>'\0'</code>	空
<code>'\a'</code>	警告
<code>'\b'</code>	退格
<code>'\f'</code>	换页
<code>'\n'</code>	换行
<code>'\r'</code>	回车
<code>'\t'</code>	水平制表符
<code>'\v'</code>	垂直制表符

### 2.3.4 预定义的引用类型

C#支持两种预定义的引用类型, 如表 2-7 所示。

表 2-7

名 称	CTS 类型	说 明
<code>object</code>	<code>System.Object</code>	根类型, CTS 中的其他类型都是从它派生而来的(包括值类型)
<code>string</code>	<code>System.String</code>	Unicode 字符串

#### 1. object 类型

许多编程语言和类结构都提供了根类型, 层次结构中的其他对象都从它派生而来。C#和.NET 也不例外。在 C#中, `object` 类型就是最终的父类型, 所有内置类型和用户定义的类型都从它派生而来。这样, `object` 类型就可以用于两个目的:

- 可以使用 `object` 引用绑定任何子类型的对象。例如, 第 7 章将说明如何使用 `object` 类型把堆栈中的一个值对象装箱, 再移动到堆中。`object` 引用也可以用于反射, 此时必须有代码来处理类型未知的对象。
- `object` 类型执行许多一般用途的基本方法, 包括 `Equals()`、`GetHashCode()`、`GetType()`和 `ToString()`。用户定义的类需要使用一种面向对象技术——重写(见第 4 章), 提供其中一些方

法的替代执行代码。例如，重写 `ToString()` 时，要给类提供一个方法，给出类本身的字符串表示。如果类中没有提供这些方法的实现代码，编译器就会使用 `object` 类型中的实现代码，它们在类中的执行不一定正确。

后面的章节将详细讨论 `object` 类型。

## 2. string 类型

C# 有 `string` 关键字，在编译为 .NET 类时，它就是 `System.String`。有了它，像字符串连接和字符串复制这样的操作就很简单了：

```
string str1 = "Hello ";
string str2 = "World";
string str3 = str1 + str2; // string concatenation
```

尽管这是一个值类型的赋值，但 `string` 是一个引用类型。`String` 对象被分配在堆上，而不是栈上。因此，当把一个字符串变量赋予另一个字符串时，会得到对内存中同一个字符串的两个引用。但是，`string` 与引用类型在常见的操作上有一些区别。例如，字符串是不可改变的。修改其中一个字符串，就会创建一个全新的 `string` 对象，而另一个字符串不发生任何变化。考虑下面的代码：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
using System;

class StringExample
{
    public static int Main()
    {
        string s1 = "a string";
        string s2 = s1;
        Console.WriteLine("s1 is " + s1);
        Console.WriteLine("s2 is " + s2);
        s1 = "another string";
        Console.WriteLine("s1 is now " + s1);
        Console.WriteLine("s2 is now " + s2);
        return 0;
    }
}
```

代码段 `StringExample.cs`

其输出结果为：

```
s1 is a string
s2 is a string
s1 is now another string
s2 is now a string
```

改变 `s1` 的值对 `s2` 没有影响，这与我们期待的引用类型正好相反。当用值 `"a string"` 初始化 `s1` 时，就在堆上分配了一个新的 `string` 对象。在初始化 `s2` 时，引用也指向这个对象，所以 `s2` 的值也是 `"a string"`。但是当现在要改变 `s1` 的值时，并不会替换原来的值，堆上会为新值分配一个新对象。`s2` 变量仍指向原来的对象，所以它的值没有改变。这实际上是运算符重载的结果，运算符重载详见第 7

章。基本上，`string` 类实现为其语义遵循一般的、直观的字符串规则。

字符串字面量放在双引号中("..."); 如果试图把字符串放在单引号中，编译器就会把它当作 `char`，从而引发错误。C# 字符串和 `char` 一样，可以包含 Unicode 和十六进制数转义序列。因为这些转义序列以一个反斜杠开头，所以不能在字符串中使用这个非转义的反斜杠字符，而需要用两个反斜杠字符(\\)来表示它：

```
string filepath = "C:\\ProCSharp\\First.cs";
```

即使用户相信自己可以在任何情况下都记住要这么做，但输入两个反斜杠字符会令人迷惑。幸好，C# 提供了另一种替代方式。可以在字符串字面量的前面加上字符@，在这个字符后的所有字符都看作是其原来的含义——它们不会解释为转义字符：

```
string filepath = @"C:\ProCSharp\First.cs";
```

甚至允许在字符串字面量中包含换行符：

```
string jabberwocky = @"'Twas brillig and the slithy toves  
Did gyre and gimble in the wabe.";
```

那么 `jabberwocky` 的值就是：

```
'Twas brillig and the slithy toves  
Did gyre and gimble in the wabe.
```

## 2.4 流控制

本节将介绍 C# 语言的重要语句：控制程序流的语句，它们不是按代码在程序中的排列位置顺序执行的。

### 2.4.1 条件语句

条件语句可以根据条件是否满足或根据表达式的值控制代码的执行分支。C# 有两个控制代码分支的结构：`if` 语句，测试特定条件是否满足；`switch` 语句，它比较表达式和多个不同的值。

#### 1. if 语句

对于条件分支，C# 继承了 C 和 C++ 的 `if...else` 结构。对于用过程语言编程的人，其语法非常直观：

```
if (condition)
    statement(s)
else
    statement(s)
```

如果在条件中要执行多个语句，就需要用花括号({ ... })把这些语句组合为一个块(这也适用于其他可以把语句组合为一个块的 C# 结构，如 `for` 和 `while` 循环)。

```
bool isZero;
```

```

if (i == 0)
{
    isZero = true;
    Console.WriteLine("i is Zero");
}
else
{
    isZero = false;
    Console.WriteLine("i is Non-zero");
}

```

还可以单独使用 if 语句，不加最后的 else 语句。也可以合并 else if 子句，测试多个条件。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

using System;

namespace Wrox
{
    class MainEntryPoint
    {
        static void Main(string[] args)
        {
            Console.WriteLine("Type in a string");
            string input;
            input = Console.ReadLine();
            if (input == "")
            {
                Console.WriteLine("You typed in an empty string.");
            }
            else if (input.Length < 5)
            {
                Console.WriteLine("The string had less than 5 characters.");
            }
            else if (input.Length < 10)
            {
                Console.WriteLine("The string had at least 5 but less than 10
                Characters.");
            }
            Console.WriteLine("The string was " + input);
        }
    }
}

```

代码段 Elseif.cs

添加到 if 子句中的 else if 语句的个数不受限制。

注意在上面的例子中，我们声明了一个字符串变量 `input`，让用户在命令行上输入文本，把文本填充到 `input` 中，然后测试该字符串变量的长度。代码还说明了在 C# 中如何进行字符串处理。例如，要确定 `input` 的长度，可以使用 `input.Length`。

对于 if，要注意的一点是如果条件分支中只有一条语句，就无需使用花括号：

```

if (i == 0)Let's add some brackets here.
    Console.WriteLine("i is Zero");        // This will only execute if i == 0

```

```
Console.WriteLine("i can be anything");// Will execute whatever the
// value of i
```

但是，为了保持一致，许多程序员只要使用 if 语句，就加上花括号。

前面介绍的 if 语句还演示了用于比较数值的一些 C# 运算符。特别注意，C# 使用 “==” 对变量进行等于比较。此时不要使用 “=”，一个 “=” 用于赋值。

在 C# 中，if 子句中的表达式必须等于布尔值。不能直接测试整数(如从函数中返回的值)，而必须明确地把返回的整数转换为布尔值 true 或 false，例如，将值与 0 或 null 进行比较：

```
if (DoSomething() != 0)
{
    // Non-zero value returned
}
else
{
    // Returned zero
}
```

## 2. switch 语句

switch...case 语句适合于从一组互斥的分支中选择一个执行分支。其形式是 switch 参数的后面跟一组 case 子句。如果 switch 参数中表达式的值等于某个 case 子句旁边的某个值，就执行该 case 子句中的代码。此时不需要使用花括号把语句组合到块中；只需使用 break 语句标记每段 case 代码的结尾即可。也可以在 switch 语句中包含一条 default 子句，如果表达式不等于任何 case 子句的值，就执行 default 子句的代码。下面的 switch 语句测试 integerA 变量的值：

```
switch (integerA)
{
    case 1:
        Console.WriteLine("integerA =1");
        break;
    case 2:
        Console.WriteLine("integerA =2");
        break;
    case 3:
        Console.WriteLine("integerA =3");
        break;
    default:
        Console.WriteLine("integerA is not 1,2, or 3");
        break;
}
```

注意 case 的值必须是常量表达式；不允许使用变量。

C 和 C++ 程序员应很熟悉 switch...case 语句，而 C# 的 switch...case 语句更安全。特别是它禁止几乎所有 case 中的失败条件。如果激活了块中靠前的一条 case 子句，后面的 case 子句就不会被激活，除非使用 goto 语句特别标记也要激活后面的 case 子句。编译器会把没有 break 语句的 case 子句标记为错误：



Control cannot fall through from one case label ('case 2:') to another

在有限的几种情况下，这种失败是允许的，但在大多数情况下，我们不希望出现这种失败，而且这会导致出现很难察觉的逻辑错误。让代码正常工作，而不是出现异常，这样不是更好吗？

但在使用 `goto` 语句时，会在 `switch...cases` 中重复出现失败。如果确实想这么做，就应重新考虑设计方案了。下面的代码说明了如何使用 `goto` 模拟失败，得到的代码会非常混乱：

```
// assume country and language are of type string
switch(country)
{
    case "America":
        CallAmericanOnlyMethod();
        goto case "Britain";
    case "France":
        language = "French";
        break;
    case "Britain":
        language = "English";
        break;
}
```

但有一种例外情况。如果一条 `case` 子句为空，就可以从这个 `case` 跳到下一条 `case` 上，这样就可以用相同的方式处理两条或多条 `case` 子句了(不需要 `goto` 语句)。

```
switch(country)
{
    case "au":
    case "uk":
    case "us":
        language = "English";
        break;
    case "at":
    case "de":
        language = "German";
        break;
}
```

在 C# 中，`switch` 语句的一个有趣的地方是 `case` 子句的排放顺序是无关紧要的，甚至可以把 `default` 子句放在最前面！因此，任何两条 `case` 都不能相同。这包括值不同的常量，所以不能这样编写：

```
// assume country is of type string
const string england = "uk";
const string britain = "uk";
switch(country)
{
    case england:
    case britain: // this will cause a compilation error
        language = "English";
        break;
}
```

上面的代码还说明了 C# 中的 switch 语句与 C++ 中的 switch 语句的另一个不同之处：在 C# 中，可以把字符串用作测试的变量。

## 2.4.2 循环

C# 提供了 4 种不同的循环机制(for、while、do...while 和 foreach)，在满足某个条件之前，可以重复执行代码块。

### 1. for 循环

C# 的 for 循环提供的迭代循环机制是在执行下一次迭代前，测试是否满足某个条件，其语法如下：

```
for (initializer; condition; iterator)
    statement(s)
```

其中：

- **initializer** 是指在执行第一次循环前要计算的表达式(通常把一个局部变量初始化为循环计数器)；
- **condition** 是在每次迭代执行新循环前要测试的表达式(它必须等于 true，才能执行下一次迭代)；
- **iterator** 是每次迭代完要计算的表达式(通常是递增循环计数器)。

当 condition 等于 false 时，迭代停止。

for 循环是所谓的预测试循环，因为循环条件是在执行循环语句前计算的，如果循环条件为假，循环语句就根本不会执行。

for 循环非常适合于一个语句或语句块重复执行预定的次数。下面的例子就是 for 循环的典型用法，这段代码输出从 0~99 的整数：

```
for (int i = 0; i < 100; i = i+1) // this is equivalent to
                                // For i = 0 To 99 in VB.
{
    Console.WriteLine(i);
}
```

这里声明了一个 int 类型的变量 i，并把它初始化为 0，用作循环计数器。接着测试它是否小于 100。因为这个条件等于 true，所以执行循环中的代码，显示值 0。然后给该计数器加 1，再次执行该过程。当 i 等于 100 时，循环停止。

实际上，上述编写循环的方式并不常用。C# 在给变量加 1 时有一种简化方式，即不使用 i = i+1，而简写为 i++：

```
for (int i = 0; i < 100; i++)
{
    //etc.
}
```

也可以上面的例子中给循环变量 i 使用类型推断功能。使用类型推断功能时，循环结构变成：

```
for (var i = 0; i < 100; i++)
```

```
...
```

嵌套的 for 循环非常常见，在每次迭代外部的循环时，内部循环都要彻底执行完毕。这种模式通常用于在矩形多维数组中遍历每个元素。最外部的循环遍历每一行，内部的循环遍历某行上的每个列。下面的代码显示数字行，它还使用另一个 Console 方法 Console.Write()，该方法的作用与 Console.WriteLine() 相同，但不在输出中添加回车换行符：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
using System;
namespace Wrox
{
    class MainEntryPoint
    {
        static void Main(string[] args)
        {
            // This loop iterates through rows
            for (int i = 0; i < 100; i+=10)
            {
                // This loop iterates through columns
                for (int j = i; j < i + 10; j++)
                {
                    Console.Write(" " + j);
                }
                Console.WriteLine();
            }
        }
    }
}
```

代码段 NestedFor.cs

尽管 j 是一个整数，但会自动转换为字符串，以便进行连接。

上述例子的结果是：

```
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9
10 11 12 13 14 15 16 17 18 19
20 21 22 23 24 25 26 27 28 29
30 31 32 33 34 35 36 37 38 39
40 41 42 43 44 45 46 47 48 49
50 51 52 53 54 55 56 57 58 59
60 61 62 63 64 65 66 67 68 69
70 71 72 73 74 75 76 77 78 79
80 81 82 83 84 85 86 87 88 89
90 91 92 93 94 95 96 97 98 99
```

尽管在技术上，可以在 for 循环的测试条件中计算其他变量，而不计算计数器变量，但这不太常见。也可以在 for 循环中忽略一个表达式(甚或所有表达式)。但此时，要考虑使用 while 循环。

## 2. while 循环

与 for 循环一样，while 也是一个预测试循环。其语法是类似的，但 while 循环只有一个表达式：

```
while(condition)
    statement(s);
```

与 for 循环不同的是，while 循环最常用于以下情况：在循环开始前，不知道重复执行一个语句或语句块的次数。通常，在某次迭代中，while 循环体中的语句把布尔标志设置为 false，结束循环，如下面的例子所示。

```
bool condition = false;
while (!condition)
{
    // This loop spins until the condition is true.
    DoSomeWork();
    condition = CheckCondition(); // assume CheckCondition() returns a bool
}
```

## 3. do...while 循环

do...while 循环是 while 循环的后测试版本。该循环的测试条件要在执行完循环体之后执行。因此 do...while 循环适用于至少要将循环体执行一次的情况：

```
bool condition;
do
{
    // This loop will at least execute once, even if Condition is false.
    MustBeCalledAtLeastOnce();
    condition = CheckCondition();
} while (condition);
```

## 4. foreach 循环

foreach 循环可以迭代集合中的每一项。现在不必考虑集合的概念，第 10 章将详细介绍集合。知道集合是一种包含一系列对象的对象即可。从技术上看，要使用集合对象，就必须支持 IEnumerable 接口。集合的例子有 C# 数组、System.Collection 名称空间中的集合类，以及用户定义的集合类。从下面的代码中可以了解 foreach 循环的语法，其中假定 arrayOfInts 是一个整型数组：

```
foreach (int temp in arrayOfInts)
{
    Console.WriteLine(temp);
}
```

其中，foreach 循环每次迭代数组中的一个元素。它把每个元素的值放在 int 型的变量 temp 中，然后执行一次循环迭代。

这里也可以使用类型推断功能。此时，foreach 循环变成：

```
foreach (var temp in arrayOfInts)
```

`temp` 的类型推断为 `int`，因为这是集合项的类型。

注意，`foreach` 循环不能改变集合中各项(上面的 `temp`)的值，所以下面的代码不会编译：

```
foreach (int temp in arrayOfInts)
{
    temp++;
    Console.WriteLine(temp);
}
```

如果需要迭代集合中的各项，并改变它们的值，就应使用 `for` 循环。

### 2.4.3 跳转语句

C#提供了许多可以立即跳转到程序中另一行代码的语句，在此，先介绍 `goto` 语句。

#### 1. goto 语句

`goto` 语句可以直接跳转到程序中用标签指定的另一行(标签是一个标识符，后跟一个冒号)：

```
goto Label1;
    Console.WriteLine("This won't be executed");
Label1:
    Console.WriteLine("Continuing execution from here");
```

`goto` 语句有两个限制。不能跳转到像 `for` 循环这样的代码块中，也不能跳出类的范围，不能退出 `try...catch` 块后面的 `finally` 块(第 15 章将介绍如何用 `try...catch...finally` 块处理异常)。

`goto` 语句的名声不太好，在大多数情况下不允许使用它。一般情况下，使用它肯定不是面向对象编程的好方式。

#### 2. break 语句

前面简要提到过 `break` 语句——在 `switch` 语句中使用它退出某个 `case` 语句。实际上，`break` 也可以用于退出 `for`、`foreach`、`while` 或 `do...while` 循环，该语句会使控制流执行循环后面的语句。

如果该语句放在嵌套的循环中，就执行最内部循环后面的语句。如果 `break` 放在 `switch` 语句或循环外部，就会产生编译错误。

#### 3. continue 语句

`continue` 语句类似于 `break`，也必须在 `for`、`foreach`、`while` 或 `do...while` 循环中使用。但它只退出循环的当前迭代，开始执行循环的下一迭代，而不是退出循环。

#### 4. return 语句

`return` 语句用于退出类的方法，把控制权返回方法的调用者。如果方法有返回类型，`return` 语句必须返回这个类型的值；如果方法返回 `void`，应使用没有表达式的 `return` 语句。

## 2.5 枚举

枚举是用户定义的整数类型。在声明一个枚举时，要指定该枚举的实例可以包含的一组可接受的值。不仅如此，还可以给值指定易于记忆的名称。如果在代码的某个地方，要试图把一个不在可接受范围内的值赋予枚举的一个实例，编译器就会报告一个错误。

从长远来看，创建枚举可以节省大量时间，减少许多麻烦。使用枚举比使用无格式的整数至少有如下 3 个优势：

- 如上所述，枚举可以使代码更易于维护，有助于确保给变量指定合法的、期望的值。
- 枚举使代码更清晰，允许用描述性的名称表示整数值，而不是用含义模糊、变化多端的数来表示。
- 枚举也使代码更易于键入。在给枚举类型的实例赋值时，Visual Studio .NET IDE 会通过 IntelliSense 弹出一个包含可接受值的列表框，减少了按键次数，并能够让我们回忆起可选的值。

可以定义如下的枚举：

```
public enum TimeOfDay
{
    Morning = 0,
    Afternoon = 1,
    Evening = 2
}
```

本例在枚举中使用一个整数值，来表示一天的每个阶段。现在可以把这些值作为枚举的成员来访问。例如，TimeOfDay.Morning 返回数字 0。使用这个枚举一般是把合适的值传送给方法，并在 switch 语句中迭代可能的值。

```
class EnumExample
{
    public static int Main()
    {
        WriteGreeting(TimeOfDay.Morning);
        return 0;
    }

    static void WriteGreeting(TimeOfDay timeOfDay)
    {
        switch(timeOfDay)
        {
            case TimeOfDay.Morning:
                Console.WriteLine("Good morning!");
                break;
            case TimeOfDay.Afternoon:
                Console.WriteLine("Good afternoon!");
                break;
            case TimeOfDay.Evening:
```

```

        Console.WriteLine("Good evening!");
        break;
    default:
        Console.WriteLine("Hello!");
        break;
    }
}

```

在 C# 中, 枚举的真正强大之处是它们在后台会实例化为派生于基类 `System.Enum` 的结构。这表示可以对它们调用方法, 执行有用的任务。注意因为 .NET Framework 的执行方式, 在语法上把枚举当做结构是不会造成性能损失。实际上, 一旦代码编译好, 枚举就成为基本类型, 与 `int` 和 `float` 类似。

可以获取枚举的字符串表示, 例如使用前面的 `TimeOfDay` 枚举:

```

TimeOfDay time = TimeOfDay.Afternoon;
Console.WriteLine(time.ToString());

```

会返回字符串 `Afternoon`。

另外, 还可以从字符串中获取枚举值:

```

TimeOfDay time2 = (TimeOfDay) Enum.Parse(typeof(TimeOfDay), "afternoon", true);
Console.WriteLine((int)time2);

```

这段代码说明了如何从字符串获取枚举值, 并转换为整数。要从字符串中转换, 需要使用静态的 `Enum.Parse()` 方法, 这个方法带 3 个参数。第 1 个参数是要使用的枚举类型, 其语法是关键字 `typeof` 后跟放在括号中的枚举类名。 `typeof` 运算符将在第 7 章详细论述。第 2 个参数是要转换的字符串, 第 3 个参数是一个 `bool`, 指定在进行转换时是否忽略大小写。最后, 注意 `Enum.Parse()` 方法实际上返回一个对象引用——我们需要把这个字符串显式转换为需要的枚举类型(这是一个拆箱操作的例子)。对于上面的代码, 将返回 1, 作为一个对象, 对应于 `TimeOfDay.Afternoon` 的枚举值。在显式转换为 `int` 时, 会再次生成 1。

`System.Enum` 上的其他方法可以返回枚举定义中的值的个数或列出值的名称等。详细信息参见 MSDN 文档。

## 2.6 名称空间

如前所述, 名称空间提供了一种组织相关类和其他类型的方式。与文件或组件不同, 名称空间是一种逻辑组合, 而不是物理组合。在 C# 文件中定义类时, 可以把它包括在名称空间定义中。以后, 在定义另一个类(在另一个文件中执行相关操作)时, 可以在同一个名称空间中包含它, 创建一个逻辑组合, 该组合告诉使用类的其他开发人员: 这两个类是如何相关的以及如何使用它们:

```

namespace CustomerPhoneBookApp
{
    using System;
}

```

```
public struct Subscriber
{
    // Code for struct here...
}
```

把一个类型放在名称空间中，可以有效地给这个类型指定一个较长的名称，该名称包括类型的名称空间，名称之间用句点(.)隔开，最后是类名。在上面的例子中，Subscriber 结构的全名是 CustomerPhoneBookApp.Subscriber。这样，有相同短名的不同的类就可以在同一个程序中使用了。全名常常称为完全限定的名称。

也可以在名称空间中嵌套其他名称空间，为类型创建层次结构：

```
namespace Wrox
{
    namespace ProCSharp
    {
        namespace Basics
        {
            class NamespaceExample
            {
                // Code for the class here...
            }
        }
    }
}
```

每个名称空间名都由它所在名称空间的名称组成，这些名称用句点分隔开，开头是最外层的名称空间，最后是它自己的短名。所以 ProCSharp 名称空间的全名是 Wrox.ProCSharp，NamespaceExample 类的全名是 Wrox.ProCSharp.Basics.NamespaceExample。

使用这个语法也可以组织自己的名称空间定义中的名称空间，所以上面的代码也可以写为：

```
namespace Wrox.ProCSharp.Basics
{
    class NamespaceExample
    {
        // Code for the class here...
    }
}
```

注意不允许在另一个嵌套的名称空间中声明多部分的名称空间。

名称空间与程序集无关。同一个程序集中可以有不同的名称空间，也可以在不同的程序集中定义同一个名称空间中的类型。

应在开始一个项目之前就计划定义名称空间的层次结构。一般可接受的格式是 CompanyName.ProjectNameSystemSection。所以在上面的例子中，Wrox 是公司名，ProCSharp 是项目，对于本章，Basics 是部分名。



### 2.6.1 using 语句

显然,名称空间相当长,输入起来很繁琐,用这种方式指定某个类也不总是必要的。如本章开头所述,C#允许简写类的全名。为此,要在文件的顶部列出类的名称空间,前面加上 `using` 关键字。在文件的其他地方,就可以使用其类型名称来引用名称空间中的类型了:

```
using System;
using Wrox.ProCSharp;
```

如前所述,几乎所有的 C#源代码都以语句 `using System;` 开头,这仅是因为 Microsoft 提供的许多有用的类都包含在 `System` 名称空间中。

如果 `using` 语句引用的两个名称空间包含同名的类型,就必须使用完整的名称(或者至少较长的名称),确保编译器知道访问哪个类型。例如,假如类 `NamespaceExample` 同时存在于 `Wrox.ProCSharp.Basics` 和 `Wrox.ProCSharp.OOP` 名称空间中。如果要在名称空间 `Wrox.ProCSharp` 中创建一个类 `Test`,并在该类中实例化一个 `NamespaceExample` 类,就需要指定使用哪个类:

```
using Wrox.ProCSharp.OOP;
using Wrox.ProCSharp.Basics;
namespace Wrox.ProCSharp
{
    class Test
    {
        public static int Main()
        {
            Basics.NamespaceExample nSEx = new Basics.NamespaceExample();
            // do something with the nSEx variable.
            return 0;
        }
    }
}
```



因为 `using` 语句在 C# 文件的开头,而 C 和 C++ 也把 `#include` 语句放在这里,所以从 C++ 迁移到 C# 的程序员常把名称空间与 C++ 风格的头文件相混淆。不要犯这种错误, `using` 语句在这些文件之间并没有建立物理链接。C# 也没有对应于 C++ 头文件的部分。

公司应花一些时间开发一种名称空间模式,这样其开发人员才能快速定位他们需要的功能,而且公司内部使用的类名也不会与现有的类库相冲突。本章后面将介绍建立名称空间模式的规则和其他命名约定。

### 2.6.2 名称空间的别名

`using` 关键字的另一个用途是给类和名称空间指定别名。如果名称空间的名称非常长,又要在代码中多次引用,但不希望该名称空间的名称包含在 `using` 指令中(例如,避免类名冲突),就可以给该

名称空间指定一个别名，其语法如下：

```
using alias = NamespaceName;
```

下面的例子(前面例子的修订版本)给 `Wrox.ProCSharp.Basics` 名称空间指定别名 `Introduction`，并使用这个别名实例化了一个 `NamespaceExample` 对象，这个对象是在该名称空间中定义的。注意名称空间别名的修饰符是“`::`”。因此将先从 `Introduction` 名称空间别名开始搜索。如果在相同的作用域中引入了一个 `Introduction` 类，就会发生冲突。即使出现了冲突，“`::`”运算符也允许引用别名。`NamespaceExample` 类有一个方法 `GetNamespace()`，该方法调用每个类都有的 `GetType()` 方法，以访问表示类的类型的 `Type` 对象。下面使用这个对象来返回类的名称空间名：

```
using System;
using Introduction = Wrox.ProCSharp.Basics;
class Test
{
    public static int Main()
    {
        Introduction::NamespaceExample NSEx =
            new Introduction::NamespaceExample();
        Console.WriteLine(NSEx.GetNamespace());
        return 0;
    }
}

namespace Wrox.ProCSharp.Basics
{
    class NamespaceExample
    {
        public string GetNamespace()
        {
            return this.GetType().Namespace;
        }
    }
}
```

## 2.7 Main()方法


本章的开头提到过，C#程序是从方法 `Main()` 开始执行的。这个方法必须是类或结构的静态方法，并且其返回类型必须是 `int` 或 `void`。

虽然显式指定 `public` 修饰符是很常见的，因为按照定义，必须在程序外部调用该方法，但我们给该入口点方法指定什么访问级别并不重要，即使把该方法标记为 `private`，它也可以运行。

### 2.7.1 多个 Main()方法

在编译C#控制台或 Windows 应用程序时，默认情况下，编译器会在类中查找与上述签名匹配的 `Main()` 方法，并使这个类方法成为程序的入口点。如果有多个 `Main()` 方法，编译器就会返回一个错

误消息。例如，考虑下面的代码 `DoubleMain.cs`：

 可从 [wrox.com](http://wrox.com) 下载源代码

```
using System;

namespace Wrox
{
    class Client
    {
        public static int Main()
        {
            MathExample.Main();
            return 0;
        }
    }

    class MathExample
    {
        static int Add(int x, int y)
        {
            return x + y;
        }

        public static int Main()
        {
            int i = Add(5,10);
            Console.WriteLine(i);
            return 0;
        }
    }
}
```

代码段 `DoubleMain.cs`

上述代码包含两个类，它们都有一个 `Main()` 方法。如果按照通常的方式编译这段代码，就会得到下述错误：

**csc DoubleMain.cs**

Microsoft (R) Visual C# 2010 Compiler version 4.0.20506.1

Copyright (C) Microsoft Corporation. All rights reserved.

DoubleMain.cs(7,25): error CS0017: Program

'DoubleMain.exe' has more than one entry point defined:

'Wrox.Client.Main()'. Compile with /main to specify the type that contains the entry point.

DoubleMain.cs(21,25): error CS0017: Program

'DoubleMain.exe' has more than one entry point defined:

'Wrox.MathExample.Main()'. Compile with /main to specify the type that contains the entry point.


但是，可以使用 `/main` 选项，其后跟 `Main()` 方法所属类的全名(包括名称空间)，明确告诉编译器把哪个方法作为程序的入口点：

```
csc DoubleMain.cs /main:Wrox.MathExample
```

## 2.7.2 给 Main()方法传递参数

前面的例子只介绍了不带参数的 Main()方法。但在调用程序时，可以让 CLR 包含一个参数，将命令行参数传递给程序。这个参数是一个字符串数组，传统上称为 args(但 C#可以接受任何名称)。在启动程序时，程序可以使用这个数组，访问通过命令行传送过来的选项。

下面的例子 ArgsExample.cs 是在传送给 Main()方法的字符串数组中循环，并把每个选项的值写入控制台窗口：



可从  
wrox.com {  
下载源代码

```
using System;
namespace Wrox
{
    class ArgsExample
    {
        public static int Main(string[] args)
        {
            for (int i = 0; i < args.Length; i++)
            {
                Console.WriteLine(args[i]);
            }
            return 0;
        }
    }
}
```

---

代码段 ArgsExample.cs

通常使用命令行就可以编译这段代码。在运行编译好的可执行文件时，可以在程序名的后面加上参数，例如：

```
ArgsExample /a /b /c
/a
/b
/c
```

## 2.8 有关编译 C#文件的更多内容

前面介绍了如何使用 csc.exe 编译控制台应用程序，但其他类型的应用程序如何编译？如果要引用一个类库，该怎么办？MSDN 文档详细介绍了 C#编译器的所有编译选项，这里只介绍其中最重要的选项。

要回答第一个问题，应使用/target 选项(常简写为/t)来指定要创建的文件类型。文件类型可以是表 2-8 所示的类型中的一种。

表 2-8

选项	输出
/t:exe	控制台应用程序 (默认)
/t:library	带有清单的类库
/t:module	没有清单的组件
/t:winexe	Windows 应用程序 (没有控制台窗口)


如果想得到一个可由.NET 运行库加载的非可执行文件(如 DLL),就必须把它编译为一个库。如果把 C#文件编译为一个模块,就不会创建任何程序集。虽然模块不能由运行库加载,但可以使用 /addmodule 选项编译到另一个清单中。

另一个需要注意的选项是/out,该选项可以指定由编译器生成的输出文件名。如果没有指定/out 选项,编译器就会使用输入的 C#文件名,加上目标类型的扩展名来确定输出文件名(如.exe 表示 Windows 或控制台应用程序,.dll 表示类库)。注意/out 和/t(或/target)选项必须放在要编译的文件名前面。

默认状态下,如果在未引用的程序集中引用类型,可以将/reference 或/r 选项与程序集的路径和文件名一起使用。下面的例子说明了如何编译类库,并在另一个程序集中引用这个库。它包含两个文件:

- 类库
- 控制台应用程序,该应用程序调用库中的一个类

第一个文件 MathLibrary.cs 包含 DLL 的代码,为了简单起见,它只包含一个公共类 MathLib 和一个方法,该方法把两个 int 类型的数据加在一起:

 namespace Wrox  
 可从 [wrox.com](http://wrox.com)  
 下载源代码

```

{
    public class MathLib
    {
        public int Add(int x, int y)
        {
            return x + y;
        }
    }
}

```

代码段 MathLibrary.cs

使用下述命令把这个 C#文件编译为.NET DLL:

```
csc /t:library MathLibrary.cs
```

控制台应用程序 MathClient.cs 将简单地实例化这个对象,调用其 Add()方法,在控制台窗口中显示结果:



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
using System;
namespace Wrox
{
    class Client
    {
        public static void Main()
        {
            MathLib mathObj = new MathLib();
            Console.WriteLine(mathObj.Add(7,8));
        }
    }
}
```

代码段 MathClient.cs

使用/r 选项编译这个文件，使之指向新编译的 DLL：

```
csc MathClient.cs /r:MathLibrary.dll
```

当然，下面就可以像往常一样运行它了：在命令提示符上输入 `MathClient`，其结果是显示数字 15——加运算的结果。

## 2.9 控制台 I/O

现在，读者应基本熟悉了 C# 的数据类型以及控制线程如何执行操作这些数据类型的程序。本章还要使用 `Console` 类的几个静态方法来读写数据，这些方法在编写基本的 C# 程序时非常有效，下面就详细介绍它们。

要从控制台窗口中读取一行文本，可以使用 `Console.ReadLine()` 方法，它会从控制台窗口中读取一个输入流（在用户按回车键时停止），并返回输入的字符串。写入控制台也有两个对应的方法，前面已经使用过它们：

- `Console.Write()` 方法将指定的值写入控制台窗口。
- `Console.WriteLine()` 方法类似，但在输出结果的最后添加一个换行符。

所有预定义类型（包括 `object`）都有这些方法的各种形式（重载），所以在大多数情况下，在显示值之前不必把它们转换为字符串。

例如，下面的代码允许用户输入一行文本，并显示该文本：

```
string s = Console.ReadLine();
Console.WriteLine(s);
```

`Console.WriteLine()` 还允许用与 C 的 `printf()` 函数类似的方式显示格式化的输出结果。要以这种方式使用 `WriteLine()`，应传入许多参数。第一个参数是花括号中包含标记的字符串，在这个花括号中，要把后续参数插入到文本中。每个标记都包含一个基于 0 的索引，表示列表中参数的序号。例如，`{0}` 表示列表中的第一个参数，所以下面的代码：

```
int i = 10;
```

```
int j = 20;
Console.WriteLine("{0} plus {1} equals {2}", i, j, i + j);
```

会显示:

```
10 plus 20 equals 30
```

也可以为值指定宽度, 调整文本在该宽度中的位置, 正值表示右对齐, 负值表示左对齐。为此可以使用格式{*n,w*}, 其中*n*是参数索引, *w*是宽度值。

```
int i = 940;
int j = 73;
Console.WriteLine(" {0,4}\n+{1,4}\n——\n {2,4}", i, j, i + j);
```

结果如下:

```
    940
+   73
-----
   1013
```

最后, 还可以添加一个格式字符串以及一个可选的精度值。这里没有列出格式字符串的完整列表, 因为如第9章所述, 我们可以定义自己的格式字符串。但用于预定义类型的主要格式字符串如表2-9所示。

表 2-9

字符串	说明
C	本地货币格式
D	十进制格式, 把整数转换为以10为基数的数, 如果给定一个精度说明符, 就加上前导0
E	科学计数法(指数)格式。精度说明符设置小数位数(默认为6)。格式字符串的大小写(e或E)确定指数符号的大小写
F	固定点格式, 精度说明符设置小数位数, 可以为0
G	普通格式, 使用E或F格式取决于哪种格式较简单
N	数字格式, 用逗号表示千分符, 例如32 767.44
P	百分数格式
X	十六进制格式, 精度说明符用于加上前导0

注意除e/E之外, 格式字符串都不需要考虑大小写。

如果要使用格式字符串, 应把它放在给出参数个数和字段宽度的标记后面, 并用一个冒号把它们分隔开。例如, 要把decimal值格式化为货币格式, 且使用计算机上的地区设置, 其精度为两位小数, 则使用C2:

```
decimal i = 940.23m;
decimal j = 73.7m;
Console.WriteLine(" {0,9:C2}\n+{1,9:C2}\n—— \n {2,9:C2}", i, j, i + j);
```

在美国, 其结果是:

```
$940.23
+ $73.70
-----
$1,013.93
```

最后一个技巧是，可以使用占位符来代替这些格式字符串，例如：

```
double d = 0.234;
Console.WriteLine("{0:#.00}", d);
```

其结果为.23，因为如果在符号(#)的位置上没有字符，就会忽略该符号(#)，如果在 0 的位置上有一个字符，就用这个字符代替 0，否则就显示 0。

## 2.10 使用注释

本节的内容是给代码添加注释，该主题表面看来十分简单，但实际可能很复杂。

### 2.10.1 源文件中的内部注释

本章开头提到过，C#使用传统的C风格注释方式：单行注释使用//...，多行注释使用/\*...\*/：

```
// This is a singleline comment
/* This comment
   spans multiple lines */
```

单行注释中的任何内容，即从//开始一直到行尾的内容都会被编译器忽略。多行注释中“/\*”和“\*/”之间的所有内容也会被忽略。显然不能在多行注释中包含“\*/”组合，因为这会被当作注释的结尾。

实际上，可以把多行注释放在一行代码中：

```
Console.WriteLine(/*Here's a comment! */ "This will compile.");
```

像这样的内联注释在使用时应小心，因为它们会使代码难以理解。但这样的注释在调试时是非常有用的，例如，在运行代码时要临时使用另一个值：

```
DoSomething(Width, /*Height*/ 100);
```

当然，字符串面值中的注释字符会按照一般的字符来处理：

```
string s = "/* This is just a normal string */";
```

### 2.10.2 XML 文档

如前所述，除了C风格的注释外，C#还有一个非常出色的功能，本章将讨论这一功能：根据特定的注释自动创建XML格式的文档说明。这些注释都是单行注释，但都以3条斜杠(///)开头，而不是通常的两条斜杠。在这些注释中，可以把包含类型和类型成员的文档说明的XML标记放在代码中。

编译器可以识别表 2-10 所示的标记。



表 2-10

标 记	说 明
<>	把行中的文本标记为代码, 例如<c>int i = 10;</c>
<code>	把多行标记为代码
<example>	标记为一个代码示例
<exception>	说明一个异常类(编译器要验证其语法)
<include>	包含其他文档说明文件的注释(编译器要验证其语法)
<list>	把列表插入到文档中
<param>	标记方法的参数(编译器要验证其语法)
<paramref>	表示一个单词是方法的参数(编译器要验证其语法)
<permission>	说明对成员的访问(编译器要验证其语法)
<remarks>	给成员添加描述
<returns>	说明方法的返回值
<see>	提供对另一个参数的交叉引用(编译器要验证其语法)
<seealso>	提供描述中的“参见”部分(编译器要验证其语法)
<summary>	提供类型或成员的简短小结
<value>	描述属性

要了解它们的工作方式, 可以在上一节的 MathLibrary.cs 文件中添加一些 XML 注释。我们给类及其 Add() 方法添加一个 <summary> 元素, 也给 Add() 方法添加一个 <returns> 元素和两个 <param> 元素:

```
// MathLib.cs
namespace Wrox
{
    ///<summary>
    /// Wrox.Math class.
    /// Provides a method to add two integers.
    ///</summary>
    public class Math
    {
        ///<summary>
        /// The Add method allows us to add two integers
        ///</summary>
        ///<returns>Result of the addition (int)</returns>
        ///<param name="x">First number to add</param>
        ///<param name="y">Second number to add</param>
        public int Add(int x, int y)
        {
            return x + y;
        }
    }
}
```

C#编译器可以把 XML 元素从特定的注释中提取出来, 并使用它们生成一个 XML 文件。要让编译器为程序集生成 XML 文档, 需在编译时指定/doc 选项, 后跟要创建的文件名:

```
csc /t:library /doc:MathLibrary.xml MathLibrary.cs
```

如果 XML 注释没有生成格式正确的 XML 文档, 编译器就生成一个错误。上面的代码会生成一个 XML 文件 Math.xml, 如下所示。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
<?xml version="1.0"?>  
<doc>  
  <assembly>  
    <name>MathLibrary</name>  
  </assembly>  
  <members>  
    <member name="T:Wrox.MathLibrary">  
      <summary>  
        Wrox.MathLibrary class.  
        Provides a method to add two integers.  
      </summary>  
    </member>  
    <member name=  
      "M:Wrox.MathLibrary.Add(System.Int32,System.Int32)">  
      <summary>  
        The Add method allows us to add two integers.  
      </summary>  
      <returns>Result of the addition (int)</returns>  
      <param name="x">First number to add</param>  
      <param name="y">Second number to add</param>  
    </member>  
  </members>  
</doc>
```

代码段 MathLibrary.xml

注意, 编译器自行完成了一些工作——它创建了一个<assembly>元素, 并为该文件中的每个类型或类型成员添加一个<member>元素。每个<member>元素都有一个 name 特性, 该特性的值是成员的全名, 前面有一个字母, 含义如下: "T:"表示一个类型, "F:" 表示一个字段, "M:" 表示一个成员。

## 2.11 C#预处理器指令

除了前面介绍的常用关键字外, C#还有许多名为“预处理器指令”的命令。这些命令从来不会转化为可执行代码中的命令, 但会影响编译过程的各个方面。例如, 使用预处理器指令可以禁止编译器编译代码的某一部分。如果计划发布两个版本的代码, 即基本版本和拥有更多功能的企业版本, 就可以使用这些预处理器指令。在编译软件的基本版本时, 使用预处理器指令可以禁止编译器编译与额外功能相关的代码。另外, 在编写提供调试信息的代码时, 也可以使用预处理器指令。实际上, 在销售软件时, 一般不希望编译这部分代码。

预处理器指令的开头都有符号#。



C++开发人员应知道，在C和C++中预处理器指令非常重要，但是，在C#中，并没有那么多的预处理器指令，它们的使用也不太频繁。C#提供了其他机制来实现许多C++指令的功能，如定制特性。还要注意，C#并没有一个像C++那样的独立预处理器，所谓的预处理器指令实际上是由编译器处理的。尽管如此，C#仍保留了一些预处理器指令名称，因为这些命令会让人觉得就是预处理器。

下面简要介绍预处理器指令的功能。

### 2.11.1 #define 和 #undef

#define 的用法如下所示：

```
#define DEBUG
```

它告诉编译器存在给定名称的符号，在本例中是DEBUG。这有点类似于声明一个变量，但这个变量并没有真正的值，只是存在而已。这个符号不是实际代码的一部分，而只在编译器编译代码时存在。在C#代码中它没有任何意义。

#undef 正好相反——它删除符号的定义：

```
#undef DEBUG
```

如果符号不存在，#undef 就没有任何作用。同样，如果符号已经存在，则#define 也不起作用。必须把#define 和#undef 命令放在C#源文件的开头位置，在声明要编译的任何对象的代码之前。#define 本身并没有什么用，但与其他预处理器指令(特别是#if)结合使用时，它的功能就非常强大了。



这里应注意一般C#语法的一些变化。预处理器指令不用分号结束，一般一行上只有一条命令。这是因为对于预处理器指令，C#不再要求命令使用分号进行分隔。如果它遇到一条预处理器指令，就会假定下一条命令在下一行上。

### 2.11.2 #if, #elif, #else 和 #endif

这些指令告诉编译器是否要编译某个代码块。考虑下面的方法：

```
int DoSomeWork(double x)
{
    // do something
    #if DEBUG
        Console.WriteLine("x is " + x);
    #endif
}
```


这段代码会像往常那样编译，但 `Console.WriteLine` 命令包含在 `#if` 子句内。这行代码只有在前面的 `#define` 命令定义了符号 `DEBUG` 后才执行。当编译器遇到 `#if` 语句后，将先检查相关的符号是否存在，如果符号存在，就编译 `#if` 子句中的代码。否则，编译器会忽略所有的代码，直到遇到匹配的 `#endif` 指令为止。一般是在调试时定义符号 `DEBUG`，把与调试相关的代码放在 `#if` 子句中。在完成了调试后，就把 `#define` 语句注释掉，所有的调试代码会奇迹般地消失，可执行文件也会变小，最终用户不会被这些调试信息弄糊涂(显然，要做更多的测试，确保代码在没有定义 `DEBUG` 的情况下也能工作)。这项技术在 C 和 C++ 编程中十分常见，称为条件编译(conditional compilation)。

`#elif` (=else if)和`#else` 指令可以用在`#if`块中，其含义非常直观。也可以嵌套`#if`块：

```
#define ENTERPRISE
#define W2K

// further on in the file

#if ENTERPRISE
    // do something
    #if W2K
        // some code that is only relevant to enterprise
        // edition running on W2K
    #endif
#elif PROFESSIONAL
    // do something else
#else
    // code for the leaner version
#endif
```

 与 C++ 中的情况不同，使用 `#if` 不是有条件地编译代码的唯一方式，C# 还通过 `Conditional` 特性提供了另一种机制，详见第 14 章。

`#if` 和 `#elif` 还支持一组逻辑运算符 “!”、“—”、“!=” 和 “||”。如果符号存在，就被认为是 `true`，否则为 `false`，例如：

```
#if W2K && (ENTERPRISE==false) // if W2K is defined but ENTERPRISE isn't
```

### 2.11.3 #warning 和 #error

另两个非常有用的预处理器指令是 `#warning` 和 `#error`，当编译器遇到它们时，会分别产生警告或错误。如果编译器遇到 `#warning` 指令，会给用户显示 `#warning` 指令后面的文本，之后编译继续进行。如果编译器遇到 `#error` 指令，就会给用户显示后面的文本，作为一条编译错误消息，然后会立即退出编译，不会生成 IL 代码。

使用这两条指令可以检查 `#define` 语句是不是做错了什么事，使用 `#warning` 语句可以让自己回顾一下进行了哪些操作：

```
#if DEBUG && RELEASE
```

```

    #error "You've defined DEBUG and RELEASE simultaneously! "
#endif

#warning "Don't forget to remove this line before the boss tests the code! "
    Console.WriteLine("I hate this job*");

```

### 2.11.4 #region 和#endregion

`#region` 和 `#endregion` 指令用于把一段代码标记为有给定名称的一个块，如下所示。

```

#region Member Field Declarations
    int x;
    double d;
    Currency balance;
#endregion

```

这看起来似乎没有什么用，它不影响编译过程。这些指令的优点是它们可以被某些编辑器识别，包括 Visual Studio .NET 编辑器。这些编辑器可以使用这些指令使代码在屏幕上更好地布局。第 16 章会详细介绍它们。

### 2.11.5 #line

`#line` 指令可以用于改变编译器在警告和错误信息中显示的文件名和行号信息。这条指令用得并不多。如果编写代码时，在把代码发送给编译器前，要使用某些软件包改变输入的代码，就可以使用这个指令，因为这意味着编译器报告的行号或文件名与文件中的行号或编辑的文件名不匹配。`#line` 指令可以用于还原这种匹配。也可以使用语法 `#line default` 把行号还原为默认的行号：

```

#line 164 "Core.cs" // we happen to know this is line 164 in the file
                    // Core.cs, before the intermediate
                    // package mangles it.

// later on

#line default      // restores default line numbering

```

### 2.11.6 #pragma

`#pragma` 指令可以抑制或还原指定的编译警告。与命令行选项不同，`#pragma` 指令可以在类或方法级别执行，对抑制警告的内容和抑制的时间进行更精细的控制。下面的例子禁止“字段未使用”警告，然后在编译 `MyClass` 类后还原该警告。

```

#pragma warning disable 169
public class MyClass
{
    int neverUsedField;
}
#pragma warning restore 169

```

## 2.12 C#编程规则

本节介绍编写 C#程序时应该遵循的准则。

### 2.12.1 关于标识符的规则

本节将讨论变量、类、方法等的命名规则。注意本节所介绍的规则不仅是准则，也是 C#编译器强制使用的。

标识符是给变量、用户定义的类型(如类和结构)和这些类型的成员指定的名称。标识符区分大小写，所以 `interestRate` 和 `InterestRate` 是不同的变量。确定在 C#中可以使用什么标识符有两条规则：

- 尽管可以包含数字字符，但它们必须以字母或下划线开头。
- 不能把 C#关键字用作标识符。

C#包含如表 2-11 所示的保留关键字。

表 2-11

<code>abstract</code>	<code>do</code>	<code>in</code>	<code>protected</code>	<code>true</code>
<code>as</code>	<code>double</code>	<code>int</code>	<code>public</code>	<code>try</code>
<code>base</code>	<code>else</code>	<code>interface</code>	<code>readonly</code>	<code>typeof</code>
<code>bool</code>	<code>enum</code>	<code>internal</code>	<code>ref</code>	<code>uint</code>
<code>break</code>	<code>event</code>	<code>is</code>	<code>return</code>	<code>ulong</code>
<code>byte</code>	<code>explicit</code>	<code>lock</code>	<code>sbyte</code>	<code>unchecked</code>
<code>case</code>	<code>extern</code>	<code>long</code>	<code>sealed</code>	<code>unsafe</code>
<code>catch</code>	<code>false</code>	<code>namespace</code>	<code>short</code>	<code>ushort</code>
<code>char</code>	<code>finally</code>	<code>new</code>	<code>sizeof</code>	<code>using</code>
<code>checked</code>	<code>fixed</code>	<code>null</code>	<code>stackalloc</code>	<code>virtual</code>
<code>class</code>	<code>float</code>	<code>object</code>	<code>static</code>	<code>volatile</code>
<code>const</code>	<code>for</code>	<code>operator</code>	<code>string</code>	<code>void</code>
<code>continue</code>	<code>foreach</code>	<code>out</code>	<code>struct</code>	<code>while</code>
<code>decimal</code>	<code>goto</code>	<code>override</code>	<code>switch</code>	
<code>default</code>	<code>if</code>	<code>params</code>	<code>this</code>	
<code>delegate</code>	<code>implicit</code>	<code>private</code>	<code>throw</code>	

如果需要把某一保留字用作标识符(例如，访问一个用另一种语言编写的类)，那么可以在标识符的前面加上前缀符号@，告知编译器其后的内容是一个标识符，而不是 C#关键字(所以 `abstract` 不是有效的标识符，`@abstract` 才是)。

最后，标识符也可以包含 Unicode 字符，用语法 `uXXXX` 来指定，其中 XXXX 是 Unicode 字符的 4 位十六进制编码。下面是有效标识符的一些例子：

- `Name`
- `überfluß`

- `_Identifier`
- `\u005fIdentifier`

最后两个标识符完全相同，可以互换(因为 `005f` 是下划线字符的 Unicode 代码)，所以这些标识符在同一个作用域内不要声明两次。注意虽然从语法上看，在标识符中可以使用下划线字符，但大多数情况下最好不要这么做，因为它不符合 Microsoft 的变量命名规则，这种命名规则可以确保开发人员使用相同的命名约定，易于阅读他人编写的代码。

## 2.12.2 用法约定

在任何开发语言中，通常有一些传统的编程风格。这些风格不是语言自身的一部分，而是约定，例如，变量如何命名，类、方法或函数如何使用等。如果使用某语言的大多数开发人员都遵循相同的约定，不同的开发人员就很容易理解彼此的代码，这一般有助于程序的维护。约定主要取决于语言和环境。例如，在 Windows 平台上编程的 C++ 开发人员一般使用前缀 `psz` 或 `lpsz` 表示字符串：`char *pszResult; char *lpszMessage;`，但在 UNIX 系统上，则不使用任何前缀：`char *Result; char *Message;`。

从本书中的示例代码中可以总结出，C# 中的约定是命名变量时不使用任何前缀：`string Result; string Message;`。



变量名用带有前缀字母来表示某种数据类型，这种约定称为 Hungarian 表示法。这样，其他阅读该代码的开发人员就可以立即从变量名中了解它代表什么数据类型。在有了智能编辑器和 IntelliSense 之后，人们普遍认为 Hungarian 表示法是多余的。

但是，在许多语言中，用法约定是从语言的使用过程中逐渐演变而来的，Microsoft 编写的 C# 和整个 .NET Framework 都有非常多的用法约定，详见 .NET/C# MSDN 文档。这说明，从一开始，.NET 程序就有非常高的互操作性，开发人员可以以此来理解代码。用法规则还得益于 20 年来面向对象编程的发展，因此相关的新闻组已经仔细考虑了这些用法规则，而且已经为开发团体所接受。所以我们应遵守这些约定。

但要注意，这些规则与语言规范不同。用户应尽可能遵循这些规则。但如果有很好的理由不遵循它们，也不会有什么问题。例如，不遵循这些用法约定，也不会出现编译错误。一般情况下，如果不遵循用法规则，就必须有一个充分的理由。规则应是一个正确的决策，而不是一种束缚。在阅读本书的后续内容时，应注意到在本书的许多示例中，都没有遵循该约定，这通常是因为某些规则适用于大型程序，而不适合于本书中的小示例。如果编写一个完整的软件包，就应遵循这些规则，但它们并不适合于只有 20 行代码的独立程序。在许多情况下，遵循约定会使这些示例难以理解。

编程风格的规则非常多。这里只介绍一些比较重要的规则，以及最适合于用户的规则。如果用户要让代码完全遵循用法规则，就需要参考 MSDN 文档。

## 1. 命名约定

使程序易于理解的一个重要方面是给对象选择命名的方式，包括变量、方法、类、枚举和名称空间的命名方式。

显然，这些名称应反映对象的功能，且不与其他名称冲突。在 .NET Framework 中，一般规则也是变量名要反映变量实例的功能，而不反映数据类型。例如，`height` 就是一个比较好的变量名，而 `integerValue` 就不太好。但是，这种规则是一种理想状态，很难达到。在处理控件时，大多数情况下使用 `confirmationDialog` 和 `chooseEmployeeListBox` 等变量名比较好，这些变量名说明了变量的数据类型。

名称的约定包括以下几个方面：

### (1) 名称的大小写

在许多情况下，名称都应使用 Pascal 大小写形式。Pascal 大小写形式指名称中单词的首字母大写，如 `EmployeeSalary`、`ConfirmationDialog`、`PlainTextEncoding`。注意，名称空间和类，以及基类中的成员等的名称都应遵循该规则，最好不要使用带有下划线字符的单词，即名称不应是 `employee_salary`。其他语言中常量的名称常常全部大写，但在 C# 中最好不要这样，因为这种名称很难阅读，而应全部使用 Pascal 大小写形式的命名约定：

```
const int MaximumLength;
```

我们还推荐使用另一种大小写模式：`camel` 大小写形式。这种形式类似于 Pascal 大小写形式，但名称中第一个单词的首字母不大写，如 `employeeSalary`、`confirmationDialog`、`plainTextEncoding`。有 3 种情况可以使用 `camel` 大小写形式。

- 类型中所有私有成员字段的名称都应是 camel 大小写形式：

```
private int subscriberId;
```

但要注意成员字段的前缀名常常用一条下划线开头：

```
private int _subscriberId;
```

- 传递给方法的所有参数的名称都应是 camel 大小写形式：

```
public void RecordSale(string salesmanName, int quantity);
```

- `camel` 大小写形式也可以用于区分同名的两个对象——比较常见的情况是属性封装一个字段：

```
private string employeeName;  
  
public string EmployeeName  
{  
    get  
    {  
        return employeeName;  
    }  
}
```

如果这么做，则私有成员总是使用 `camel` 大小写形式，而公有的或受保护的成员总是使用 Pascal 大小写形式，这样使用这段代码的其他类就只能使用 Pascal 大小写形式的名称了(除了参数名以外)。



还要注意大小写问题。C#区分大小写，所以在 C#中，仅大小写不同的名称在语法上是正确的，如上面的例子。但是，有时可能从 Visual Basic .NET 应用程序中调用程序集，而 Visual Basic .NET 不区分大小写，如果使用仅大小写不同的名称，就必须使这两个名称不能在程序集的外部访问(上例是可行的，因为仅私有变量使用了 camel 大小写形式的名称)。否则，Visual Basic .NET 中的其他代码就不能正确使用这个程序集。

### (2) 名称的风格

名称的风格应保持一致。例如，如果类中的一个方法被命名为 ShowConfirmationDialog()，另一个方法就不能被命名为 ShowDialogWarning()或 WarningDialogShow()，而应是 ShowWarningDialog()。

### (3) 名称空间的名称

名称空间的名称非常重要，一定要仔细考虑，以避免一个名称空间的名称与其他名称空间同名。记住，名称空间的名称是 .NET 区分共享程序集中对象名的唯一方式。如果软件包的名称空间使用的名称与另一个软件包相同，而这两个软件包都安装在一台计算机上，就会出问题。因此，最好用自己的公司名创建顶级的名称空间，再嵌套技术范围较窄、用户所在小组或部门或者类所在软件包的名称空间。Microsoft 建议使用如下的名称空间：<CompanyName>. <TechnologyName>，例如：

```
WeaponsOfDestructionCorp.RayGunControllers
WeaponsOfDestructionCorp.Viruses
```

### (4) 名称和关键字

名称不应与任何关键字冲突，这非常重要。实际上，如果在代码中，试图给某一项指定与 C#关键字同名的名称，就会出现语法错误，因为编译器会假定该名称表示一条语句。但是，由于类可能由其他语言编写的代码访问，所以不能使用其他 .NET 语言中的关键字作为对应的名称。一般来说，C++关键字类似于 C#关键字，不太可能与 C++混淆，只有 Visual C++常用的关键字则以两个下划线字符开头。与 C#一样，C++关键字都是小写字母，如果要遵循公有类和成员使用 Pascal 风格的名称的约定，则在它们的名称中至少有一个字母大写，因此不会与 C++关键字冲突。另一方面，Visual Basic .NET 的问题会多一些，因为 Visual Basic .NET 的关键字要比 C#的多，而且它不区分大小写，不能依赖于 Pascal 风格的名称来对分类和成员。

表 2-12 列出了 Visual Basic .NET 中的关键字和标准函数调用，无论对 C#公有类使用什么大小写组合，这些名称都不应使用。

表 2-12

Abs	Do	Loc	RGB
Add	Double	Local	Right
AddHandler	Each	Lock	Rmdir
AddressOf	Else	LOF	Rnd
Alias	Elseif	Log	RTrim
And	Empty	Long	SaveSettings
Ansi	End	Loop	Second
AppActivate	Enum	LTrim	Seek

(续表)

Append	EOF	Me	Select
As	Erase	Mid	SetAttr
Asc	Err	Minute	SetException
Assembly	Error	MIRR	Shared
Atan	Event	MkDir	Shell
Auto	Exit	Module	Short
Beep	Exp	Month	Sign
Binary	Explicit	MustInherit	Sin
BitAnd	ExternalSource	MustOverride	Single
BitNot	False	MyBase	SLN
BitOr	FileAttr	MyClass	Space
BitXor	FileCopy	Namespace	Spc
Boolean	FileDateTime	New	Split
ByRef	FileLen	Next	Sqrt
Byte	Filter	Not	Static
ByVal	Finally	Nothing	Step
Call	Fix	NotInheritable	Stop
Case	For	NotOverridable	Str
Catch	Format	Now	StrComp
CBool	FreeFile	NPer	StrConv
CByte	Friend	NPV	Strict
CDate	Function	Null	String
CDbl	FV	Object	Structure
CDec	Get	Oct	Sub
ChDir	GetAllSettings	Off	Switch
ChDrive	GetAttr	On	SYD
Choose	GetException	Open	SyncLock
Chr	GetObject	Option	Tab
CInt	GetSetting	Optional	Tan
Class	GetType	Or	Text
Clear	GoTo	Overloads	Then
CLng	Handles	Overridable	Throw
Close	Hex	Overrides	TimeOfDay
Collection	Hour	ParamArray	Timer
Command	If	Pmt	TimeSerial

(续表)

Compare	Iif	PPmt	TimeValue
Const	Implements	Preserve	To
Cos	Imports	Print	Today
CreateObject	In	Private	Trim
CShort	Inherits	Property	Try
CSng	Input	Public	TypeName
CStr	InStr	Put	TypeOf
CurDir	Int	PV	UBound
Date	Integer	QBColor	UCase
DateAdd	Interface	Raise	Unicode
DateDiff	Ipmt	RaiseEvent	Unlock
DatePart	IRR	Randomize	Until
DateSerial	Is	Rate	Val
DateValue	IsArray	Read	Weekday
Day	IsDate	ReadOnly	While
DDB	IsDBNull	ReDim	Width
Decimal	IsNumeric	Remove	With
Declare	Item	RemoveHandler	WithEvents
Default	Kill	Rename	Write
Delegate	Lcase	Replace	WriteOnly
DeleteSetting	Left	Reset	Xor
Dim	Lib	Resume	Year
Dir	Line	Return	

## 2. 属性和方法的使用

类中出现混乱的一个方面是某个特定数量是用属性还是方法来表示。这没有硬性规定，但一般情况下，如果该对象的外观像一个变量，就应使用属性来表示它(属性详见第3章)，即：

- 客户端代码应能读取它的值，最好不要使用只写属性，例如，应使用 `SetPassword()` 方法，而不是 `Password` 只写属性。
- 读取该值不应花太长的时间。实际上，如果它是一个属性，通常表明读取过程花的时间相对较短。
- 读取该值不应有任何细微的和不希望负面效应。设置属性的值，不应有与该属性不直接相关的负面效应。设置对话框的宽度会改变该对话框在屏幕上的外观，这是可以的，因为它与有问题的属性相关。
- 可以按照任何顺序设置属性。尤其在设置属性时，最好不要因为还没有设置另一个相关的属性而抛出一个异常。例如，如果为了使用访问数据库的类，需要设置 `ConnectionString`、`UserName` 和 `Password`，应确保已经实现了该类，这样用户才能按照任何顺序设置它们。

- 顺序读取属性也应有相同的效果。如果属性的值可能会出现预料不到的改变，就应把它编写为一个方法。在监控汽车的运动的类中，把 `speed` 设置为属性就不合适，而应使用 `GetSpeed()` 方法；另一方面，应把 `Weight` 和 `EngineSize` 设置为属性，因为对于给定的对象，它们是不变的。

如果要编码的相关项满足上述所有条件，就把它设置为属性，否则就应使用方法。

### 3. 字段的用法

字段的用法非常简单。字段应总是私有的，但在某些情况下也可以把常量或只读字段设置为公有。原因是如果把字段设置为公有，就不利于在以后扩展或修改类。

遵循上面的规则就可以培养良好的编程习惯，而且这些规则应与面向对象编程的风格一起使用。

最后要记住以下有用的备注：**Microsoft** 在保持一致性方面相当谨慎，在编写 .NET 基类时遵循了它自己的规则。在编写 .NET 代码时应很好地遵循这些规则，对于基类来说，就是要弄清楚类、成员、名称空间的命名方式和类层次结构的工作方式等。类与基类之间的一致性有助于提高可读性和可维护性。

## 2.13 小结

本章介绍了一些 C# 基本语法，包括编写简单的 C# 程序需要掌握的内容。我们讲述了许多基础知识，但其中有许多是熟悉 C 风格语言(甚至 JavaScript)的开发人员能立即领悟的。

C# 语法与 C++/Java 语法非常类似，但仍存在一些细微区别。在许多领域，将这些语法与功能结合起来会提高编码速度，如高质量的字符串处理功能。C# 还有一个已定义的强类型系统，该系统基于值类型和引用类型的区别。第 3 章和第 4 章将介绍 C# 的面向对象编程特性。

# 第 3 章

## 对象和类型

本章内容:

- 类和结构的区别
- 类成员
- 按值和按引用传送参数
- 方法重载
- 构造函数和静态构造函数
- 只读字段
- 部分类
- 静态类
- Object 类, 其他类型都从该类派生而来

到目前为止, 我们介绍了组成 C#语言的主要模块, 包括变量、数据类型和程序流语句, 并简要介绍了一个只包含 Main()方法的完整小例子。但还没有介绍如何把这些内容组合在一起, 构成一个完整的程序, 其关键就在于对类的处理。这就是本章的主题。第 4 章将介绍继承以及与继承相关的特性。



本章将讨论与类相关的基本语法, 但假定您已经熟悉了使用类的基本原则, 例如, 知道构造函数或属性的含义, 因此本章主要阐述如何把这些原则应用于 C#代码。

### 3.1 类和结构

类和结构实际上都是创建对象的模板, 每个对象都包含数据, 并提供了处理和访问数据的方法。类定义了类的每个对象(称为实例)可以包含什么数据和功能。例如, 如果一个类表示一个顾客, 就可以定义字段 CustomerID、FirstName、LastName 和 Address, 以包含该顾客的信息。还可以定义处理在这些字段中存储的数据的功能。接着, 就可以实例化表示某个顾客的类的对象, 为这个实例设置相关字段的值, 并使用其功能。

```
class PhoneCustomer
{
    public const string DayOfSendingBill = "Monday";
```

```
public int CustomerID;
public string FirstName;
public string LastName;
}
```

结构与类的区别是它们在内存中的存储方式、访问方式(类是存储在堆(heap)上的引用类型,而结构是存储在栈(stack)上的值类型)和它们的一些特征(如结构不支持继承)。较小的数据类型使用结构可提高性能。但在语法上,结构与类非常相似,主要的区别是使用关键字 `struct` 代替 `class` 来声明结构。例如,如果希望所有的 `PhoneCustomer` 实例都分布在栈上,而不是分布在托管堆上,就可以编写下面的语句:

```
struct PhoneCustomerStruct
{
    public const string DayOfSendingBill = "Monday";
    public int CustomerID;
    public string FirstName;
    public string LastName;
}
```

对于类和结构,都使用关键字 `new` 来声明实例:这个关键字创建对象并对其进行初始化。在下面的例子中,类和结构的字段值都默认为 0:

```
PhoneCustomer myCustomer = new PhoneCustomer(); // works for a class
PhoneCustomerStruct myCustomer2 = new PhoneCustomerStruct();// works for a struct
```

在大多数情况下,类要比结构常用得多。因此,我们先讨论类,然后指出类和结构的区别,以及选择使用结构而不使用类的特殊原因。但除非特别说明,否则就可以假定用于类的代码也适用于结构。

## 3.2 类

类中的数据和函数称为类的成员。Microsoft 的正式术语对数据成员和函数成员进行了区分。除了这些成员外,类还可以包含嵌套的类型(如其他类)。成员的可访问性可以是 `public`、`protected`、`internal`、`protected`、`private` 或 `internal`。第 5 章将详细解释各种可访问性。

### 3.2.1 数据成员

数据成员是包含类的数据——字段、常量和事件的成员。数据成员可以是静态数据。类成员总是实例成员,除非用 `static` 进行显式的声明。

字段是与类相关的变量。前面的例子已经使用了 `PhoneCustomer` 类中的字段。

一旦实例化 `PhoneCustomer` 对象,就可以使用语法 `Object.FieldName` 来访问这些字段,如下例所示:

```
PhoneCustomer Customer1 = new PhoneCustomer();
Customer1.FirstName = "Simon";
```

常量与类的关联方式同变量与类的关联方式。使用 `const` 关键字来声明常量。如果把它声明为 `public`，就可以在类的外部访问它。

```
class PhoneCustomer
{
    public const string DayOfSendingBill = "Monday";
    public int CustomerID;
    public string FirstName;
    public string LastName;
}
```

事件是类的成员，在发生某些行为(如改变类的字段或属性，或者进行了某种形式的用户交互操作)时，它可以让对象通知调用方。客户可以包含所谓“事件处理程序”的代码来响应该事件。第8章将详细介绍事件。

### 3.2.2 函数成员

函数成员提供了操作类中数据的某些功能，包括方法、属性、构造函数和终结器(`finalizer`)、运算符以及索引器。

- 方法是与某个类相关的函数，与数据成员一样，函数成员默认为实例成员，使用 `static` 修饰符可以把方法定义为静态方法。
- 属性是可以从客户端访问的函数组，其访问方式与访问类的公共字段类似。C#为读写类中的属性提供了专用语法，所以不必使用那些名称中嵌有 `Get` 或 `Set` 的方法。因为属性的这种语法不同于一般函数的语法，在客户端代码中，虚拟的对象被当做实际的东西。
- 构造函数是在实例化对象时自动调用的特殊函数。它们必须与所属的类同名，且不能有返回类型。构造函数用于初始化字段的值。
- 终结器类似于构造函数，但是在 CLR 检测到不再需要某个对象时调用它。它们的名称与类相同，但前面有一个“~”符号。不可能预测什么时候调用终结器。第13章将介绍终结器。
- 运算符执行的最简单的操作就是加法和减法。在两个整数相加时，严格地说，就是对整数使用“+”运算符。C#还允许指定把已有的运算符应用于自己的类(运算符重载)。第7章将详细论述运算符。
- 索引器允许对象以数组或集合的方式进行索引。

#### 1. 方法

注意，正式的 C#术语区分函数和方法。在 C#术语中，“函数成员”不仅包含方法，而且也包含类或结构的一些非数据成员，如索引器、运算符、构造函数和析构函数等，甚至还有属性。这些都不是数据成员，字段、常量和事件才是数据成员。

##### (1) 方法的声明

在 C#中，方法的定义包括任意方法修饰符(如方法的可访问性)、返回值的类型，然后依次是方法名和输入参数的列表(用圆括号括起来)和方法体(用花括号括起来)。

```
[modifiers] return_type MethodName([parameters])
{
```

```
// Method body
}
```

每个参数都包括参数的类型名和在方法体中的引用名称。但如果方法有返回值，`return` 语句就必须与返回值一起使用，以指定出口点，例如：

```
public bool IsSquare(Rectangle rect)
{
    return (rect.Height == rect.Width);
}
```


这段代码使用了一个表示矩形的 .NET 基类 `System.Drawing.Rectangle`。

如果方法没有返回值，就把返回类型指定为 `void`，因为不能省略返回类型。如果方法不带参数，仍需要在方法名的后面包含一对空的圆括号 `()`。此时 `return` 语句就是可选的——当到达右花括号时，方法会自动返回。注意方法可以包含任意多条 `return` 语句：

```
public bool IsPositive(int value)
{
    if (value < 0)
        return false;
    return true;
}
```

## (2) 调用方法

在下面的例子中，`MathTest` 说明了类的定义和实例化、方法的定义和调用的语法。除了包含 `Main()` 方法的类之外，它还定义了类 `MathTest`，该类包含两个方法和一个字段。



可从 [wrox.com](http://wrox.com) 下载源代码

```
using System;

namespace Wrox
{
    class MainEntryPoint
    {
        static void Main()
        {
            // Try calling some static functions.
            Console.WriteLine("Pi is " + MathTest.GetPi());
            int x = MathTest.GetSquareOf(5);
            Console.WriteLine("Square of 5 is " + x);

            // Instantiate a MathTest object
            MathTest math = new MathTest(); // this is C#'s way of
                                           // instantiating a reference type

            // Call nonstatic methods
            math.value = 30;
            Console.WriteLine(
                "Value field of math variable contains " + math.value);
            Console.WriteLine("Square of 30 is " + math.GetSquare());
        }
    }
}
```



```
// Define a class named MathTest on which we will call a method
class MathTest
{
    public int value;

    public int GetSquare()
    {
        return value*value;
    }

    public static int GetSquareOf(int x)
    {
        return x*x;
    }

    public static double GetPi()
    {
        return 3.14159;
    }
}
```

代码段 MathTest.cs

运行 mathTest 示例，会得到如下结果：

```
Pi is 3.14159
Square of 5 is 25
Value field of math variable contains 30
Square of 30 is 900
```

从代码中可以看出，MathTest 类包含一个字段和一个方法，该字段包含一个数字，该方法计算该数字的平方。这个类还包含两个静态方法，一个返回 pi 的值，另一个计算作为参数传入的数字的平方。

这个类有一些功能并不是设计 C# 程序的好例子。例如，GetPi() 通常作为 const 字段来执行，而好的设计应使用目前还没有介绍的概念。

### (3) 给方法传递参数

参数可以通过引用或通过值传递给方法。在变量通过引用传递给方法时，被调用的方法得到的就是这个变量，所以在方法内部对变量进行的任何改变在方法退出后仍旧有效。而如果变量通过值传送给方法，被调用的方法得到的是变量的一个相同副本，也就是说，在方法退出后，对变量进行的修改会丢失。对于复杂的数据类型，按引用传递的效率更高，因为在按值传递时，必须复制大量的数据。

在 C# 中，除非特别说明，所有的参数都通过值来传递。但是，在理解引用类型的含义时需要注意。因为引用类型的变量只包含对象的引用，将要复制的正是这个引用，而不是对象本身，所以对底层对象的修改会保留下来。相反，值类型的对象包含的是实际数据，所以传递给方法的是数据本身的副本。例如，int 通过值传递给方法，对应方法对该 int 的值所做的任何改变都没有改变原 int 对象的值。但如果把数组或其他引用类型(如类)传递给方法，对应的方法就会使用该引用改变这个

数组中的值，而新值会反射在原始数组对象上。

下面的例子 `ParameterTest.cs` 说明了这一点：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
using System;
namespace Wrox
{
    class ParameterTest
    {
        static void SomeFunction(int[] ints, int i)
        {
            ints[0] = 100;
            i = 100;
        }
        public static int Main()
        {
            int i = 0;
            int[] ints = { 0, 1, 2, 4, 8 };
            // Display the original values.
            Console.WriteLine("i = " + i);
            Console.WriteLine("ints[0] = " + ints[0]);
            Console.WriteLine("Calling SomeFunction.");

            // After this method returns, ints will be changed,
            // but i will not.
            SomeFunction(ints, i);
            Console.WriteLine("i = " + i);
            Console.WriteLine("ints[0] = " + ints[0]);
            return 0;
        }
    }
}
```

代码段 `ParameterTest.cs`

结果如下：

```
ParameterTest.exe
i = 0
ints[0] = 0
Calling SomeFunction ...
i = 0
ints[0] = 100
```

注意，`i` 的值保持不变，而在 `ints` 中改变的值得在原始数组中也改变了。

注意字符串的行为方式有所不同，因为字符串是不可变的(如果改变字符串的值，就会创建一个全新的字符串)，所以字符串无法采用一般引用类型的行为方式。在方法调用中，对字符串所做的任何改变都不会影响原始字符串。这一点将在第 9 章详细讨论。

#### (4) `ref` 参数

如前所述，通过值传送变量是默认的，也可以迫使值参数通过引用传送给方法。为此，要使用

ref 关键字。如果把一个参数传递给方法，且这个方法的输入参数前带有 ref 关键字，则该方法对变量所做的任何改变都会影响原始对象的值：

```
static void SomeFunction(int[] ints, ref int i)
{
    ints[0] = 100;
    i = 100; // The change to i will persist after SomeFunction() exits.
}
```

在调用该方法时，还需要添加 ref 关键字：

```
SomeFunction(ints, ref i);
```

最后，C#仍要求对传递给方法的参数进行初始化，理解这一点也非常重要。在传递给方法之前，无论是按值传递，还是按引用传递，任何变量都必须初始化。

### (5) out 参数

在 C 风格的语言中，函数常常能从一个例程中输出多个值，这使用输出参数实现，只要把输出的值赋予通过引用传递给方法的变量即可。通常，变量通过引用传递的初值并不重要，这些值会被函数重写，函数甚至从来没有使用过它们。

如果可以在 C#中使用这种约定，就会非常方便。但 C#要求变量在被引用前必须用一个初值进行初始化。尽管在把输入变量传递给函数前，可以用没有意义的值初始化它们，因为函数将使用真实、有意义的值初始化它们，但是这样做是没有必要的，有时甚至会引起混乱。但有一种方法能够简化 C#编译器所坚持的输入参数的初始化。

编译器使用 out 关键字来初始化。在方法的输入参数前面加上 out 前缀时，传递给该方法的变量可以不初始化。该变量通过引用传递，所以在从被调用的方法中返回时，对应方法对该变量进行的任何改变都会保留下来。在调用该方法时，还需要使用 out 关键字，与在定义该方法时一样：

```
static void SomeFunction(out int i)
{
    i = 100;
}

public static int Main()
{
    int i; // note how i is declared but not initialized.
    SomeFunction(out i);
    Console.WriteLine(i);
    return 0;
}
```

### (6) 命名参数

参数一般需要按定义的顺序传送给方法。命名参数允许按任意顺序传递。所以下面的方法：

```
string FullName(string firstName, string lastName)
{
    return firstName + " " + lastName;
}
```

下面的方法调用会返回相同的全名：

```
FullName("John", "Doe");  
FullName(lastName: "Doe", firstName: "John");
```

如果方法有几个参数，就可以在同一个调用中混合使用位置参数和命名参数。

#### (7) 可选参数

参数也可以是可选的。必须为可选参数提供默认值。可选参数还必须是方法定义的最后一个参数。所以下面的方法声明是不正确的：

```
void TestMethod(int optionalNumber = 10, int notOptionalNumber)  
{  
    System.Console.WriteLine(optionalNumber + notOptionalNumber);  
}
```

要使这个方法正常工作，就必须在最后定义 `optionalNumber` 参数。

#### (8) 方法的重载

C#支持方法的重载——方法的几个版本有不同的签名(即，方法名相同，但参数的个数和/或类型不同)。为了重载方法，只需声明同名但参数个数或类型不同的方法即可：

```
class ResultDisplayer  
{  
    void DisplayResult(string result)  
    {  
        // implementation  
    }  
  
    void DisplayResult(int result)  
    {  
        // implementation  
    }  
}
```

如果不能使用可选参数，就可以使用方法重载来达到此目的：

```
class MyClass  
{  
    int DoSomething(int x) // want 2nd parameter with default value 10  
    {  
        DoSomething(x, 10);  
    }  
  
    int DoSomething(int x, int y)  
    {  
        // implementation  
    }  
}
```

在任何语言中，对于方法重载，如果调用了错误的重载方法，就有可能出现运行错误。第 4 章将讨论如何使代码避免这些错误。现在，知道 C#在重载方法的参数方面有一些小限制即可：

- 两个方法不能仅在返回类型上有区别。
- 两个方法不能仅根据参数是声明为 `ref` 还是 `out` 来区分。

## 2. 属性

属性(property)的概念是: 它是一个方法或一对方法, 在客户端代码看来, 它(们)是一个字段。例如 Windows 窗体的 `Height` 属性。假定有下面的代码:

```
// MainForm is of type System.Windows.Forms
mainForm.Height = 400;
```

执行这段代码时, 窗口的高度设置为 400, 因此窗口会在屏幕上重新设置大小。在语法上, 上面的代码类似于设置一个字段, 但实际上是调用了属性访问器, 它包含的代码重新设置了窗体的大小。

在 C# 中定义属性, 可以使用下面的语法:

```
public string SomeProperty
{
    get
    {
        return "This is the property value.";
    }
    set
    {
        // do whatever needs to be done to set the property.
    }
}
```

`get` 访问器不带任何参数, 且必须返回属性声明的类型。也不应为 `set` 访问器指定任何显式参数, 但编译器假定它带一个参数, 其类型也与属性相同, 并表示为 `value`。例如, 下面的代码包含一个属性 `Age`, 它设置了一个字段 `age`。在这个例子中, `age` 表示属性 `Age` 的后备变量。

```
private int age;

public int Age
{
    get
    {
        return age;
    }
    set
    {
        age = value;
    }
}
```

注意这里所用的命名约定。我们采用 C# 的区分大小写模式, 使用相同的名称, 但公有属性采用 Pascal 大小写形式命名, 并且如果存在一个等价的私有字段则它采用 camel 大小写形式命名。一些开发人员喜欢使用前缀为下划线的字段名, 如 `_foreName`, 这会为识别字段提供极大的便利。

### (1) 只读和只写属性

在属性定义中省略 `set` 访问器，就可以创建只读属性。因此，如下代码把 `Name` 变成只读属性：

```
private string name;

public string Name
{
    get
    {
        return Name;
    }
}
```

同样，在属性定义中省略 `get` 访问器，就可以创建只写属性。但是，这是不好的编程方式，因为这可能会使客户端代码的作者感到迷惑。一般情况下，如果要这么做，最好使用一个方法替代。

### (2) 属性的访问修饰符

C# 允许给属性的 `get` 和 `set` 访问器设置不同的访问修饰符，所以属性可以有公有的 `get` 访问器和私有或受保护的 `set` 访问器。这有助于控制属性的设置方式或时间。在下面的代码示例中，注意 `set` 访问器有一个私有访问修饰符，而 `get` 访问器没有任何访问修饰符。这表示 `get` 访问器具有属性的访问级别。在 `get` 和 `set` 访问器中，必须有一个具备属性的访问级别。如果 `get` 访问器的访问级别是 `protected`，就会产生一个编译错误，因为这会使两个访问器的访问级别都不是属性。

```
public string Name
{
    get
    {
        return _name;
    }
    private set
    {
        _name = value;
    }
}
```

### (3) 自动实现的属性

如果属性的 `set` 和 `get` 访问器中没有任何逻辑，就可以使用自动实现的属性。这种属性会自动实现后备成员变量。前面 `Age` 示例的代码如下：

```
public int Age {get; set;}
```

不需要声明 `private int age`。编译器会自动创建它。

使用自动实现的属性，就不能在属性设置中验证属性的有效性。所以在上面的例子中，不能检查是否设置了无效的年龄。但必须有两个访问器。尝试把该属性设置为只读属性，就会出错：

```
public int Age {get;}
```

但是，每个访问器的访问级别可以不同。因此，下面的代码是合法的：

```
public int Age {get; private set;}
```

#### (4) 内联

一些开发人员可能会担心,在上一节中,我们列举了许多情况,其中标准 C# 编码方式导致了大材小用,例如,通过属性访问字段,而不是直接访问字段。这些额外的函数调用是否会增加系统开销,导致性能下降?其实,不需要担心这种编程方式会在 C# 中带来性能损失。C# 代码会编译为 IL,然后在运行时 JIT 编译为本地可执行代码。JIT 编译器可生成高度优化的代码,并在适当的时候随意地内联代码(即,用内联代码来替代函数调用)。如果实现某个方法或属性仅是调用另一个方法,或返回一个字段,则该方法或属性肯定是内联的。但要注意,在何处内联代码完全由 CLR 决定。我们无法使用像 C++ 中 `inline` 这样的关键字来控制哪些方法是内联的。

### 3. 构造函数

声明基本构造函数的语法就是声明一个与包含的类同名的方法,但该方法没有返回类型:

```
public class MyClass
{
    public MyClass()
    {
    }
    // rest of class definition
}
```

没有必要给类提供构造函数,在本书的例子中没有提供这样的构造函数。一般情况下,如果没有提供任何构造函数,编译器会在后台创建一个默认的构造函数。这是一个非常基本的构造函数,它只能把所有的成员字段初始化为标准的默认值(例如,引用类型为 `空引用`,数值数据类型为 `0`,`bool` 为 `false`)。这通常就足够了,否则就需要编写自己的构造函数。

构造函数的重载遵循与其他方法相同的规则。换言之,可以为构造函数提供任意多的重载,只要它们的签名有明显的区别即可:

```
public MyClass() // zeroparameter constructor
{
    // construction code
}
public MyClass(int number) // another overload
{
    // construction code
}
```

但注意,如果提供了带参数的构造函数,编译器就不会自动提供默认的构造函数。只有在没有定义任何构造函数时,编译器才会自动提供默认的构造函数。在下面的例子中,因为定义了一个带单个参数的构造函数,编译器会假定这是可用的唯一构造函数,所以它不会隐式地提供其他构造函数:

```
public class MyNumber
{
    private int number;
    public MyNumber(int number)
    {
        this.number = number;
    }
}
```

上面的代码还说明，一般使用 `this` 关键字区分成员字段和同名的参数。如果试图使用无参数的构造函数实例化 `MyNumber` 对象，就会得到一个编译错误：

```
MyNumber numb = new MyNumber(); // causes compilation error
```

注意，可以把构造函数定义为 `private` 或 `protected`，这样不相关的类也不能访问它们：

```
public class MyNumber
{
    private int number;
    private MyNumber(int number) // another overload
    {
        this.number = number;
    }
}
```

这个例子没有为 `MyNumber` 定义任何公有的或受保护的构造函数。这就使 `MyNumber` 不能使用 `new` 运算符在外部代码中实例化(但可以在 `MyNumber` 中编写一个公有静态属性或方法，以实例化该类)。这在下面两种情况下是有用的：

- 类仅用作某些静态成员或属性的容器，因此永远不会实例化它
- 希望类仅通过调用某个静态成员函数来实例化(这就是所谓对象实例化的类工厂方法)

#### (1) 静态构造函数

C# 的一个新特征是也可以给类编写无参数的静态构造函数。这种构造函数只执行一次，而前面的构造函数是实例构造函数，只要创建类的对象，就会执行它。

```
class MyClass
{
    static MyClass()
    {
        // initialization code
    }
    // rest of class definition
}
```

编写静态构造函数的一个原因是，类有一些静态字段或属性，需要在第一次使用类之前，从外部源中初始化这些静态字段和属性。

.NET 运行库没有确保什么时候执行静态构造函数，所以不应把要求在某个特定时刻(例如，加载程序集时)执行的代码放在静态构造函数中。也不能预计不同类的静态构造函数按照什么顺序执行。但是，可以确保静态构造函数至多运行一次，即在代码引用类之前调用它。在 C# 中，通常在第一次调用类的任何成员之前执行静态构造函数。

注意，静态构造函数没有访问修饰符，其他 C# 代码从来不调用它，但在加载类时，总是由 .NET 运行库调用它，所以像 `public` 或 `private` 这样的访问修饰符就没有任何意义。出于同样原因，静态构造函数不能带任何参数，一个类也只能有一个静态构造函数。很显然，静态构造函数只能访问类的静态成员，不能访问类的实例成员。



注意,无参数的实例构造函数与静态构造函数可以在同一个类中同时定义。尽管参数列表相同,但这并不矛盾,因为在加载类时执行静态构造函数,而在创建实例时执行实例构造函数,所以何时执行哪个构造函数不会有冲突。

如果多个类都有静态构造函数,先执行哪个静态构造函数就不确定。此时静态构造函数中的代码不应依赖于其他静态构造函数的执行情况。另一方面,如果任何静态字段有默认值,就在调用静态构造函数之前指定它们。

下面用一个例子来说明静态构造函数的用法,该例子的思想基于包含用户首选项的程序(假定用户首选项存储在某个配置文件中)。为了简单起见,假定只有一个用户首选项——BackColor,它表示要在应用程序中使用的背景色。因为这里不想编写从外部数据源中读取数据的代码,所以假定该首选项在工作日的背景色是红色,在周末的背景色是绿色。程序仅在控制台窗口中显示首选项——但这足以说明静态构造函数是如何工作的。

```
namespace Wrox.ProCSharp.StaticConstructorSample
{
    public class UserPreferences
    {
        public static readonly Color BackColor;

        static UserPreferences()
        {
            DateTime now = DateTime.Now;
            if (now.DayOfWeek == DayOfWeek.Saturday
                || now.DayOfWeek == DayOfWeek.Sunday)
                BackColor = Color.Green;
            else
                BackColor = Color.Red;
        }

        private UserPreferences()
        {
        }
    }
}
```

这段代码说明了颜色首选项如何存储在静态变量中,该静态变量在静态构造函数中进行初始化。把这个字段声明为只读类型,这表示其值只能在构造函数中设置。本章后面将详细介绍只读字段。这段代码使用了 Microsoft 在 Framework 类库中支持的两个有用的结构 System.DateTime 和 System.Drawing.Color。DateTime 结构实现了静态属性 Now 和实例属性 DayOfWeek, Now 属性返回当前时间, DayOfWeek 属性计算出某个日期是星期几。Color(详见随书附赠光盘中的第 48 章)用于存储颜色,它实现了各种静态属性,如本例使用的 Red 和 Green,本例返回常用的颜色。为了使用 Color 结构,需要在编译时引用 System.Drawing.dll 程序集,且必须为 System.Drawing 名称空间添加一条 using 语句:

```
using System;
using System.Drawing;
```

用下面的代码测试静态构造函数:

```
class MainEntryPoint
{
    static void Main(string[] args)
    {
        Console.WriteLine("User-preferences: BackColor is: " +
            UserPreferences.BackColor.ToString());
    }
}
```

编译并运行这段代码，会得到如下结果：

```
User-preferences: BackColor is: Color [Red]
```

当然，如果在周末执行上述代码，颜色设置就是 **Green**。

## (2) 从构造函数中调用其他构造函数

有时，在一个类中有几个构造函数，以容纳某些可选参数，这些构造函数包含一些共同的代码。

例如，下面的情况：

```
class Car
{
    private string description;
    private uint nWheels;
    public Car(string description, uint nWheels)
    {
        this.description = description;
        this.nWheels = nWheels;
    }

    public Car(string description)
    {
        this.description = description;
        this.nWheels = 4;
    }
}
// etc.
```

这两个构造函数初始化了相同的字段，显然，最好把所有的代码放在一个地方。C#有一个特殊的语法，称为构造函数初始化器，可以实现此目的：

```
class Car
{
    private string description;
    private uint nWheels;

    public Car(string description, uint nWheels)
    {
        this.description = description;
        this.nWheels = nWheels;
    }

    public Car(string description): this(description, 4)
    {

```

```

}
// etc

```

这里, `this` 关键字仅调用参数最匹配的那个构造函数。注意, 构造函数初始化器在构造函数的函数体之前执行。现在假定运行下面的代码:

```
Car myCar = new Car("Proton Persona");
```

在本例中, 在带一个参数的构造函数的函数体执行之前, 先执行带两个参数的构造函数(但在本例中, 因为在带一个参数的构造函数的函数体中没有代码, 所以没有区别)。

C#构造函数初始化器可以包含对同一个类的另一个构造函数的调用(使用前面介绍的语法), 也可以包含对直接基类的构造函数的调用(使用相同的语法, 但应使用 `base` 关键字代替 `this`)。初始化器中不能有多个调用。

### 3.2.3 只读字段

常量的概念就是一个包含不能修改的值的变量, 常量是 C# 与大多数编程语言共有的。但是, 常量不必满足所有的要求。有时可能需要一些变量, 其值不应改变, 但在运行之前其值是未知的。C# 为这种情形提供了另一种类型的变量: 只读字段。

`readonly` 关键字比 `const` 灵活得多, 允许把一个字段设置为常量, 但还需要执行一些计算, 以确定它的初始值。其规则是在构造函数中给只读字段赋值, 但不能在其他地方赋值。只读字段还可以是一个实例字段, 而不是静态字段, 类的每个实例可以有不同的值。与 `const` 字段不同, 如果要把只读字段设置为静态, 就必须显式声明它。

如果有一个用于编辑文档的 MDI 程序, 因为要注册, 所以需要限制可以同时打开的文档数。现在假定要销售该软件的不同版本, 而且顾客可以升级他们的版本, 以便同时打开更多的文档。显然, 不能在源代码中对最大文档数进行硬编码, 而是需要一个字段表示这个最大文档数。这个字段必须是只读的——每次启动程序时, 从注册表键或其他文件存储中读取。代码如下所示:

```

public class DocumentEditor
{
    public static readonly uint MaxDocuments;

    static DocumentEditor()
    {
        MaxDocuments = DoSomethingToFindOutMaxNumber();
    }
}

```

在本例中, 字段是静态的, 因为每次运行程序的实例时, 只需存储最大文档数一次。这就是在静态构造函数中初始化它的原因。如果只读字段是一个实例字段, 就要在实例构造函数中初始化它。例如, 假定编辑的每个文档都有一个创建日期, 但不允许用户修改它(因为这会覆盖过去的日期)。注意, 该字段也是公有的, 我们不需要把只读字段设置为私有, 因为按照定义, 它们不能在外部修改(这条规则也适用于常量)。

如前所述, 日期用基类 `System.DateTime` 表示。下面的代码使用带有 3 个参数(年份、月份和月份中的日)的 `System.DateTime` 构造函数, 可以从 MSDN 文档中找到这个构造函数和其他 `DateTime`

构造函数的更多信息。

```
public class Document
{
    public readonly DateTime CreationDate;

    public Document()
    {
        // Read in creation date from file. Assume result is 1 Jan 2002
        // but in general this can be different for different instances
        // of the class
        CreationDate = new DateTime(2002, 1, 1);
    }
}
```

在上面的代码段中，`CreationDate` 和 `MaxDocuments` 的处理方式与任何其他字段相同，但因为它们是只读的，所以不能在构造函数外部赋值：

```
void SomeMethod()
{
    MaxDocuments = 10; // compilation error here. MaxDocuments is readonly
}
```

还要注意，在构造函数中不必给只读字段赋值。如果没有赋值，它的值就是其特定数据类型的默认值，或者在声明时给它初始化的值。这适用于只读的静态字段和实例字段。

### 3.3 匿名类型

第 2 章讨论了 `var` 关键字，它用于表示隐式类型化的变量。`var` 与 `new` 关键字一起使用时，可以创建匿名类型。匿名类型只是一个继承自 `Object` 且没有名称的类。该类的定义从初始化器中推断，类似于隐式类型化的变量。

如果需要一个对象包含某个人的姓氏、中间名和名字，则声明如下：

```
var captain = new {FirstName = "James", MiddleName = "T", LastName = "Kirk"};
```

这会生成一个包含 `FirstName`、`MiddleName` 和 `LastName` 属性的对象。如果创建另一个对象，如下所示：

```
var doctor = new {FirstName = "Leonard", MiddleName = "", LastName = "McCoy"};
```

`Captain` 和 `doctor` 的类型就相同。例如，可以设置 `captain = doctor`。

如果所设置的值来自于另一个对象，就可以简化初始化器。如果已经有一个包含 `FirstName`、`MiddleName` 和 `LastName` 属性的类，且有该类的一个实例(`person`)，`captain` 对象就可以初始化为：

```
var captain = new {person.FirstName, person.MiddleName, person.LastName};
```

`person` 对象的属性名应投射到新对象名 `captain`。所以 `captain` 对象应有 `FirstName`、`MiddleName` 和 `LastName` 属性。

这些新对象的类型名未知。编译器为类型“伪造”了一个名称，但只有编译器才能使用它。我们不能也不应使用新对象上的任何类型反射，因为这不会得到一致的结果。

### 3.4 结构

前面介绍了类如何封装程序中的对象，也介绍了如何将它们存储在堆中，通过这种方式可以在数据的生存期上获得很大的灵活性，但性能会有一些的损失。因为托管堆的优化，这种性能损失比较小。但是，有时仅需要一个小的数据结构。此时，类提供的功能多于我们需要的功能，由于性能原因，最好使用结构。看看下面的例子：

```
class Dimensions
{
    public double Length;
    public double Width;
}
```

上面的代码定义了类 `Dimensions`，它只存储了某一项的长度和宽度。假定编写一个布置家具的程序，让人们试着在计算机上重新布置家具，并存储每件家具的维度。使字段变为公共字段，就会违背编程规则，但我们实际上并不需要类的全部功能。现在只有两个数字，把它们当作一对来处理，要比单个处理方便一些。既不需要很多方法，也不需要从类中继承，也不希望.NET 运行库在堆中遇到麻烦和性能问题，只需存储两个 `double` 类型的数据即可。

为此，只需修改代码，用关键字 `struct` 代替 `class`，定义一个结构而不是类，如本章前面所述：

```
struct Dimensions
{
    public double Length;
    public double Width;
}
```

为结构定义函数与为类定义函数完全相同。下面的代码说明了结构的构造函数和属性：

```
struct Dimensions
{
    public double Length;
    public double Width;

    public Dimensions(double length, double width)
    {
        Length=length;
        Width=width;
    }

    public double Diagonal
    {
        get
        {
            return Math.Sqrt(Length*Length + Width*Width);
        }
    }
}
```

结构是值类型，不是引用类型。它们存储在栈中或存储为内联(`inline`)(如果它们是存储在堆中的另一个对象的一部分)，其生存期的限制与简单的数据类型一样。

- 结构不支持继承。
- 对于结构构造函数的工作方式有一些区别。尤其是编译器总是提供一个无参数的默认构造函数，它是不允许替换的。
- 使用结构，可以指定字段如何在内存中的布局(第 14 章在介绍属性时将详细论述这个问题)。

因为结构实际上是把数据项组合在一起，有时大多数或者全部字段都声明为 `public`。严格来说，这与编写 .NET 代码的规则相反——根据 Microsoft，字段(除了 `const` 字段之外)应总是私有的，并由公有属性封装。但是，对于简单的结构，许多开发人员都认为公有字段是可接受的编程方式。

下面几节将详细说明类和结构之间的区别。

### 3.4.1 结构是值类型

虽然结构是值类型，但在语法上常常可以把它们当作类来处理。例如，在上面的 `Dimensions` 类的定义中，可以编写下面的代码：

```
Dimensions point = new Dimensions();
point.Length = 3;
point.Width = 6;
```

注意，因为结构是值类型，所以 `new` 运算符与类和其他引用类型的工作方式不同。`new` 运算符并不分配堆中的内存，而是只调用相应的构造函数，根据传送给它的参数，初始化所有的字段。对于结构，可以编写下述完全合法的代码：

```
Dimensions point;
point.Length = 3;
point.Width = 6;
```

如果 `Dimensions` 是一个类，就会产生一个编译错误，因为 `point` 包含一个未初始化的引用——不指向任何地方的一个地址，所以不能给其字段设置值。但对于结构，变量声明实际上是为整个结构在栈中分配空间，所以就可以为它赋值了。但要注意下面的代码会产生一个编译错误，编译器会抱怨用户使用了未初始化的变量：

```
Dimensions point;
Double D = point.Length;
```

结构遵循其他数据类型都遵循的规则：在使用前所有的元素都必须进行初始化。在结构上调用 `new` 运算符，或者给所有的字段分别赋值，结构就完全初始化了。当然，如果结构定义为类的成员字段，在初始化包含的对象时，该结构会自动初始化为 0。

结构是会影响性能的值类型，但根据使用结构的方式，这种影响可能是正面的，也可能是负面的。正面的影响是为结构分配内存时，速度非常快，因为它们将内联或者保存在栈中。在结构超出了作用域被删除时，速度也很快。负面影响是，只要把结构作为参数来传递或者把一个结构赋予另

一个结构(如 A=B, 其中 A 和 B 是结构), 结构的所有内容就被复制, 而对于类, 则只复制引用。这样就会有性能损失, 根据结构的大小, 性能损失也不同。注意, 结构主要用于小的数据结构。但当把结构作为参数传递给方法时, 应把它作为 ref 参数传递, 以避免性能损失——此时只传递了结构在内存中的地址, 这样传递速度就与在类中的传递速度一样快了。但如果这样做, 就必须注意被调用的方法可以改变结构的值。

### 3.4.2 结构和继承

结构不是为继承设计的。这意味着: 它不能从一个结构中继承。唯一的例外是对应的结构(和 C# 中的其他类型一样)最终派生于类 System.Object。因此, 结构也可以访问 System.Object 的方法。在结构中, 甚至可以重写 System.Object 中的方法——如重写 ToString() 方法。结构的继承链是: 每个结构派生自 System.ValueType 类, System.ValueType 类又派生自 System.Object。ValueType 并没有给 Object 添加任何新成员, 但提供了一些更适合结构的实现方式。注意, 不能为结构提供其他基类: 每个结构都派生自 ValueType。

### 3.4.3 结构的构造函数

为结构定义构造函数的方式与为类定义构造函数的方式相同, 但不允许定义无参数的构造函数。这看起来似乎没有意义, 其原因隐藏在 .NET 运行库的实现方式中。下述情况非常少见: .NET 运行库不能调用用户提供的自定义无参数构造函数, 因此 Microsoft 采用一种非常简单的方式, 禁止在 C# 的结构内使用无参数的构造函数。

前面说过, 默认构造函数把数值字段都初始化为 0, 把引用类型字段初始化为 null, 且总是隐式地给出, 即使提供了其他带参数的构造函数, 也是如此。提供字段的初始值也不能绕过默认构造函数。下面的代码会产生编译错误:

```
struct Dimensions
{
    public double Length = 1; // error. Initial values not allowed
    public double Width = 2; // error. Initial values not allowed
}
```

当然, 如果 Dimensions 声明为一个类, 这段代码就不会有编译错误。

另外, 可以像类那样为结构提供 Close() 或 Dispose() 方法。

## 3.5 部分类

partial 关键字允许把类、结构或接口放在多个文件中。一般情况下, 一个类全部驻留在单个文件中。但有时, 多个开发人员需要访问同一个类, 或者某种类型的代码生成器生成了一个类的某部分, 所以把类放在多个文件中是有益的。

partial 关键字的用法是: 把 partial 放在 class、struct 或 interface 关键字的前面。在下面的例子中, TheBigClass 类驻留在两个不同的源文件 BigClassPart1.cs 和 BigClassPart2.cs 中:

```
//BigClassPart1.cs
partial class TheBigClass
{
    public void MethodOne()
    {
    }
}

//BigClassPart2.cs
partial class TheBigClass
{
    public void MethodTwo()
    {
    }
}
```

编译包含这两个源文件的项目时，会创建一个 `TheBigClass` 类，它有两个方法 `MethodOne()` 和 `MethodTwo()`。

如果声明类时使用了下面的关键字，这些关键字就必须应用于同一个类的所有部分：

- `public`
- `private`
- `protected`
- `internal`
- `abstract`
- `sealed`
- `new`
- 一般约束

在嵌套的类型中，只要 `partial` 关键字位于 `class` 关键字的前面，就可以嵌套部分类。在把部分类编译到类型中时，属性、XML 注释、接口、泛型类型的参数属性和成员会合并。有如下两个源文件：

```
//BigClassPart1.cs
[CustomAttribute]
partial class TheBigClass: TheBigBaseClass, IBigClass
{
    public void MethodOne()
    {
    }
}

//BigClassPart2.cs
[AnotherAttribute]
partial class TheBigClass: IOtherBigClass
{
    public void MethodTwo()
    {
    }
}
```



```
}

```

编译后, 等价的源文件变成:

```
[CustomAttribute]
[AnotherAttribute]
partial class TheBigClass: TheBigBaseClass, IBigClass, IOtherBigClass
{
    public void MethodOne()
    {
    }

    public void MethodTwo()
    {
    }
}
```

### 3.6 静态类

本章前面讨论了静态构造函数和它们可以如何初始化静态的成员变量。如果类只包含静态的方法和属性, 该类就是静态的。静态类在功能上与使用私有静态构造函数创建的类相同。不能创建静态类的实例。使用 `static` 关键字, 编译器可以检查用户是否不经意间给该类添加了实例成员。如果是, 就生成一个编译错误。这可以确保不创建静态类的实例。静态类的语法如下所示:

```
static class StaticUtilities
{
    public static void HelperMethod()
    {
    }
}
```

调用 `HelperMethod()` 不需要 `StaticUtilities` 类型的对象。使用类型名即可进行该调用:

```
StaticUtilities.HelperMethod();
```

### 3.7 Object 类

前面提到, 所有的.NET类都派生自 `System.Object`。实际上, 如果在定义类时没有指定基类, 编译器就会自动假定这个类派生自 `Object`。本章没有使用继承, 所以前面介绍的每个类都派生自 `System.Object` (如前所述, 对于结构, 这个派生是间接的: 结构总是派生自 `System.ValueType`, `System.ValueType` 又派生自 `System.Object`)。

其实际意义在于, 除了自己定义的方法和属性等外, 还可以访问为 `Object` 定义的许多公有和受保护的成员方法。这些方法可用于自己定义的所有其他类中。

### 3.7.1 System.Object()方法

下面将简要总结每个方法的作用，下一节详细论述 ToString()方法。

- ToString()方法：是获取对象的字符串表示的一种便捷方式。当只需要快速获取对象的内容，以进行调试时，就可以使用这个方法。在数据的格式化方面，它几乎没有提供选择：例如，在原则上日期可以表示为许多不同的格式，但 DateTime.ToString()没有在这方面提供任何选择。如果需要更复杂的字符串表示，例如，考虑用户的格式化首选项或文化(区域)，就应实现 IFormattable 接口(详见第 9 章)。
- GetHashCode()方法：如果对象放在名为映射(也称为散列表或字典)的数据结构中，就可以使用这个方法。处理这些结构的类使用该方法确定把对象放在结构的什么地方。如果希望把类用作字典的一个键，就需要重写 GetHashCode()方法。实现该方法重载的方式有一些相当严格的限制，这些将在第 10 章介绍字典时讨论。
- Equals()(两个版本)和 ReferenceEquals()方法：如果把 3 个用于比较对象相等性的不同方法组合起来，就说明 .NET Framework 在比较相等性方面有相当复杂的模式。这 3 个方法和比较运算符“=”在使用方式上有微妙的区别。而且，在重写带一个参数的虚 Equals()方法时也有一些限制，因为 System.Collections 名称空间中的一些基类要调用该方法，并希望它以特定的方式执行。第 7 章在介绍运算符时将探讨这些方法的使用。
- Finalize()方法：第 13 章将介绍这个方法，它最接近 C++风格的析构函数，在引用对象作为垃圾被回收以清理资源时调用它。Finalize()方法的 Object 实现方式实际上什么也没有做，因而被垃圾收集器忽略。如果对象拥有对未托管资源的引用，则在该对象被删除时，就需要删除这些引用，此时一般要重写 Finalize()。垃圾收集器不能直接删除这些对未托管资源的引用，因为它只负责托管的资源，于是它只能依赖用户提供的 Finalize()。
- GetType()方法：这个方法返回从 System.Type 派生的类的一个实例。这个对象可以提供对象成员所属类的更多信息，包括基本类型、方法、属性等。System.Type 还提供了 .NET 的反射技术的入口点。这个主题详见第 14 章。
- MemberwiseClone()方法：这是 System.Object 中唯一没有在本书的其他地方详细论述的方法。不需要讨论这个方法，因为它在概念上相当简单，它只复制对象，并返回对副本的一个引用(对于值类型，就是一个装箱的引用)。注意，得到的副本是一个浅表复制，即它复制了类中的所有值类型。如果类包含内嵌的引用，就只复制引用，而不复制引用的对象。这个方法受保护的，所以不能用于复制外部的对象。该方法不是虚方法，所以不能重写它的实现代码。

### 3.7.2 ToString()方法

第 2 章已经提到了 ToString()方法，它是快速获取对象的字符串表示的最便捷的方式。

例如：

```
int i = 50;
string str = i.ToString(); // returns "-50"
```

下面是另一个例子：

```
enum Colors {Red, Orange, Yellow};
// later on in code...
Colors favoriteColor = Colors.Orange;
string str = favoriteColor.ToString(); // returns "Orange"
```

`Object.ToString()`声明为虚方法，在这些例子中，实现该方法的代码都是为C#预定义数据类型重写的代码，以返回这些类型的正确字符串表示。`Colors`枚举是一个预定义的数据类型，它实际上实现为一个派生自 `System.Enum` 的结构，而 `System.Enum` 有一个相当智能的 `ToString()`重写方法，它处理用户定义的所有枚举。

如果不在自己定义的类中重写 `ToString()`，该类将只继承 `System.Object` 的实现方式——它显示类的名称。如果希望 `ToString()`返回一个字符串，其中包含类中对象的值信息，就需要重写它。下面用一个例子 `Money` 来说明这一点。在该例子中，定义一个非常简单的类 `Money`，它表示美元数。`Money` 只是 `decimal` 类的包装器，但它提供了一个 `ToString()`方法。注意，这个方法必须声明为 `override`，因为它将替代(重写)`Object`提供的 `ToString()`方法。第4章将详细讨论重写。该例子的完整代码如下所示(注意它还说明了如何使用属性封装字段)：

```
using System;

namespace Wrox
{
    class MainEntryPoint
    {
        static void Main(string[] args)
        {
            Money cash1 = new Money();
            cash1.Amount = 40M;
            Console.WriteLine("cash1.ToString() returns: " + cash1.ToString());
            Console.ReadLine();
        }
    }
}

public class Money
{
    private decimal amount;

    public decimal Amount
    {
        get
        {
            return amount;
        }
        set
        {
            amount = value;
        }
    }

    public override string ToString()
    {
        return "$" + Amount.ToString();
    }
}
```

这个例子仅说明了 C# 的语法特性。C# 已经有表示货币量的预定义类型 `decimal`。所以在现实生活中，不必编写这样的类来重复该功能，除非要给它添加其他各种方法。在许多情况下，由于格式化要求，也可以使用 `String.Format()` 方法(详见第 8 章)来表示货币字符串，而不是 `ToString()`。

在 `Main()` 方法中，先实例化一个 `Money` 对象，再调用 `ToString()`，执行该方法的重写版本。运行这段代码，会得到如下结果：

```
cash1.ToString() returns: $40
```

### 3.8 扩展方法

有许多扩展类的方式。如果有类的源代码，继承(如第 4 章所述)就是给对象添加功能的好方法。但如果没有源代码，该怎么办？此时可以使用扩展方法，它允许改变一个类，但不需要该类的源代码。

扩展方法是静态方法，它是类的一部分，但实际上没有放在类的源代码中。假定上例中的 `Money` 类需要一个方法 `AddToAmount(decimal amountToAdd)`。但是，由于某种原因，程序集最初的源代码不能直接修改。此时必须做的所有工作就是创建一个静态类，把方法 `AddToAmount()` 添加为一个静态方法。对应的代码如下：

```
namespace Wrox
{
    public static class MoneyExtension
    {
        public static void AddToAmount(this Money money, decimal amountToAdd)
        {
            money.Amount += amountToAdd;
        }
    }
}
```

注意 `AddToAmount()` 方法的参数。对于扩展方法，第一个参数是要扩展的类型，它放在 `this` 关键字的后面。这告诉编译器，这个方法是 `Money` 类型的一部分。在这个例子中，`Money` 是要扩展的类型。在扩展方法中，可以访问所扩展类型的所有公有方法和属性。

在主程序中，`AddToAmount()` 方法看起来像是另一个方法。它没有显示第一个参数，也不能对它进行任何处理。要使用新方法，需要执行如下调用，这与其他方法相同：

```
cash1.AddToAmount(10M);
```

即使扩展方法是静态的，也要使用标准的实例方法语法。注意这里使用 `cash1` 实例变量来调用 `AddToAmount()`，而没有使用类型名。

如果扩展方法与类中的某个方法同名，就从来不会调用扩展方法。类中已有的任何实例方法优先。

### 3.9 小结

本章介绍了 C# 中声明和处理对象的语法，论述了如何声明静态和实例字段、属性、方法和构造函数。还讨论了 C# 中新增的且其他语言的 OOP 模型中没有的新特性：例如，静态构造函数提供了初始化静态字段的方式，利用结构可以定义高性能的类型，不需要使用托管的堆。我们还阐述了 C# 中的所有类型最终都派生自类 `System.Object`，这说明所有的类型都开始于一组基本的实用方法，包括 `ToString()`。

本章多次提到了继承，第 4 章将介绍 C# 中的实现(implementation)继承和接口继承。

# 第 4 章

## 继 承

本章内容:

- 继承的类型
- 实现继承
- 访问修饰符
- 接口

第 3 章介绍了如何使用 C# 中的各个类,其重点是如何定义方法、属性、构造函数和单个类(或单个结构)中的其他成员。我们指出,所有的类最终都派生于 `System.Object` 类,但并没有说明如何创建继承类的层次结构。继承是本章的主题。我们将讨论 C# 和 .NET Framework 如何处理继承。

### 4.1 继承的类型

首先介绍 C# 在继承方面支持和不支持的功能。

#### 4.1.1 实现继承和接口继承

在面向对象的编程中,有两种截然不同的继承类型:实现继承和接口继承。

- **实现继承:**表示一个类型派生于一个基类型,它拥有该基类型的所有成员字段和函数。在实现继承中,派生类型采用基类型的每个函数的实现代码,除非在派生类型的定义中指定重写某个函数的实现代码。在需要给现有的类型添加功能,或许多相关的类型共享一组重要的公共功能时,这种类型的继承非常有用。
- **接口继承:**表示一个类型只继承了函数的签名,没有继承任何实现代码。在需要指定该类型具有某些可用的特性时,最好使用这种类型的继承。

C# 支持实现继承和接口继承。它们都内置于语言和架构中,因此可以根据应用程序的体系结构选择合适的继承。

#### 4.1.2 多重继承

一些语言(如 C++) 支持所谓的“多重继承”,即一个类派生自多个类。使用多重继承的优点是有争议的:一方面,毫无疑问,可以使用多重继承编写非常复杂、但很紧凑的代码,如 C++ ATL 库。

另一方面，使用多重实现继承的代码常常很难理解和调试(这也可以从 C++ ATL 库中看出)。如前所述，简化健壮代码的编写工作是开发 C# 的重要设计目标。因此，C# 不支持多重实现继承。而 C# 又允许类型派生自多个接口——多重接口继承。这说明，C# 类可以派生自另一个类和任意多个接口。更准确地说，因为 `System.Object` 是一个公共的基类，所以每个 C# 类(除了 `Object` 类之外)都有一个基类，还可以有任意多个基接口。

### 4.1.3 结构和类


第 3 章区分了结构(值类型)和类(引用类型)。使用结构的一个限制是结构不支持继承，但每个结构都自动派生自 `System.ValueType`。实际上还应更仔细一些：不能编码实现类型层次的结构，但结构可以实现接口。换言之，结构并不支持实现继承，但支持接口继承。事实上，定义结构和类可以总结为：

- 结构总是派生自 `System.ValueType`，它们还可以派生自任意多个接口。
- 类总是派生自用户选择的另一个类，它们还可以派生自任意多个接口。

## 4.2 实现继承

如果要声明派生自另一个类的一个类，就可以使用下面的语法：

```
class MyDerivedClass: MyBaseClass
{
    // functions and data members here
}
```

 这个语法非常类似于 C++ 和 Java 中的语法，但是，C++ 程序员习惯于使用公共和私有继承的概念，要注意 C# 不支持私有继承，因此在基类名上没有 `public` 或 `private` 限定符。支持私有继承只会大大增加语言的复杂性，实际上私有继承在 C++ 中也很少使用。

如果类(或结构)也派生自接口，则用逗号分隔列表中的基类和接口：

```
public class MyDerivedClass: MyBaseClass, IInterface1, IInterface2
{
    // etc.
}
```

对于结构，语法如下：

```
public struct MyDerivedStruct: IInterface1, IInterface2
{
    // etc.
}
```

如果在类定义中没有指定基类，C#编译器就假定 `System.Object` 是基类。因此下面的两段代码生成相同的结果：

```
class MyClass: Object // derives from System.Object
{
    // etc.
}
```

和

```
class MyClass // derives from System.Object
{
    // etc.
}
```

第二种形式比较常用，因为它较简单。

C#支持 `object` 关键字，它用作 `System.Object` 类的假名，所以也可以编写下面的代码：

```
class MyClass: object // derives from System.Object
{
    // etc.
}
```

如果要引用 `Object` 类，就可以使用 `object` 关键字，智能编辑器(如 Visual Studio)会识别它，因此便于编辑代码。

#### 4.2.1 虚方法

把一个基类函数声明为 `virtual`，就可以在任何派生类中重写该函数：

```
class MyBaseClass
{
    public virtual string VirtualMethod()
    {
        return "This method is virtual and defined in MyBaseClass";
    }
}
```

也可以把属性声明为 `virtual`。对于虚属性或重写属性，语法与非虚属性相同，但要在定义中添加关键字 `virtual`，其语法如下所示：

```
public virtual string ForeName
{
    get { return foreName;}
    set { foreName = value;}
}
private string foreName;
```

为了简单起见，下面的讨论将主要集中于方法，但其规则也适用于属性。

C#中虚函数的概念与标准 OOP 的概念相同：可以在派生类中重写虚函数。在调用方法时，会



调用该类对象的合适方法。在 C# 中，函数在默认情况下不是虚拟的，但(除了构造函数以外)可以显式地声明为 `virtual`。这遵循 C++ 的方式，即从性能的角度来看，除非显式指定，否则函数就不是虚拟的。而在 Java 中，所有的函数都是虚拟的。但 C# 的语法与 C++ 的语法不同，因为 C# 要求在派生类的函数重写另一个函数时，要使用 `override` 关键字显式声明：

```
class MyDerivedClass: MyBaseClass
{
    public override string VirtualMethod()
    {
        return " This method is an override defined in MyDerivedClass. " ;
    }
}
```

重写方法的语法避免了 C++ 中很容易发生的潜在运行错误：当派生类的方法签名无意中与基类版本略有差别时，该方法就不能重写基类的方法。在 C# 中，这会出现一个编译错误，因为编译器会认为函数已标记为 `override`，但没有重写其基类的方法。

成员字段和静态函数都不能声明为 `virtual`，因为这个概念只对类中的实例函数成员有意义。

## 4.2.2 隐藏方法

如果签名相同的方法在基类和派生类中都进行了声明，但该方法没有分别声明为 `virtual` 和 `override`，派生类方法就会隐藏基类方法。

在大多数情况下，是要重写方法，而不是隐藏方法，因为隐藏方法会造成对于给定类的实例调用错误方法的危险。但是，如下面的例子所示，C# 语法可以确保开发人员在编译时收到这个潜在错误的警告，从而使隐藏方法(如果这确实是用户的本意)更加安全。这也是类库开发人员得到的版本方面的好处。

假定有一个类 `HisBaseClass`：

```
class HisBaseClass
{
    // various members
}
```

在将来的某一刻，要编写一个派生类，用它给 `HisBaseClass` 添加某个功能，特别是要添加该基类中目前没有的方法——`MyGroovyMethod()`：

```
class MyDerivedClass: HisBaseClass
{
    public int MyGroovyMethod()
    {
        // some groovy implementation
        return 0;
    }
}
```

一年后，基类的编写者决定扩展基类的功能。为了保持一致，他也添加了一个名为

MyGroovyMethod()的方法，该方法的名称和签名与前面添加的方法相同，但并不完成相同的工作。在使用基类的新方法编译代码时，程序在应该调用哪个方法上就会有潜在的冲突。这在 C# 中完全合法，但因为 MyGroovyMethod() 与基类的 MyGroovyMethod() 不相关，运行这段代码就可能会产生意外的结果。C# 可以很好地处理这种冲突。

此时，编译时系统会发出警告。在 C# 中，要隐藏一个方法应使用 new 关键字声明，如下所示：

```
class MyDerivedClass: HisBaseClass,
{
    public new int MyGroovyMethod()
    {
        // some groovy implementation
        return 0;
    }
}
```

但是，新添加的 MyGroovyMethod() 没有声明为 new，所以编译器会认为它隐藏了基类的方法，但没有显式声明，因此系统会发出一个警告（这也适用于是否把 MyGroovyMethod() 声明为 virtual）。如果愿意，就可以给新方法重命名。最好这么做，因为这会避免许多冲突。但是，如果觉得重命名方法不可能（例如，已经针对其他公司把软件发布为一个库，所以无法修改方法的名称），则所有的已有客户端代码仍能正确运行，方法是选择新添加的 MyGroovyMethod()。这是因为访问这个方法的任何已有代码必须通过对 MyDerivedClass（或进一步派生的类）的引用进行选择。

已有的代码不能通过对 HisBaseClass 类的引用访问这个方法，因为在对 HisBaseClass 类的早期版本进行编译时，会产生一个编译错误。这个问题只会发生在将来编写的客户端代码上。C# 会发出一个警告，告诉用户在将来的代码中可能会出问题——用户应注意这个警告，不要试图在将来添加的代码中通过对 HisBaseClass 的引用调用新的 MyGroovyMethod() 方法，但所有已有的代码仍会正常工作。这是比较微妙的，但它很好地说明了 C# 如何处理类的不同版本。

### 4.2.3 调用函数的基类版本

C# 有一种特殊的语法用于从派生类中调用方法的基类版本：base.<MethodName>()。例如，假定派生类中的一个方法要返回基类的方法 90% 的返回值，就可以使用下面的语法：

```
class CustomerAccount
{
    public virtual decimal CalculatePrice()
    {
        // implementation
        return 0.0M;
    }
}
class GoldAccount: CustomerAccount
{
    public override decimal CalculatePrice()
    {
        return base.CalculatePrice() * 0.9M;
    }
}
```

}

注意，可以使用 `base.<MethodName>()` 语法调用基类中的任何方法，不必从同一个方法的重载中调用它。

#### 4.2.4 抽象类和抽象函数

C# 允许把类和函数声明为 `abstract`。抽象类不能实例化，而抽象函数不能直接实现，必须在非抽象的派生类中重写。显然，抽象函数本身也是虚拟的(尽管也不需要提供 `virtual` 关键字，实际上，如果提供了该关键字，就会产生一个语法错误)。如果类包含抽象函数，则该类也是抽象的，也必须声明为抽象的：

```
abstract class Building
{
    public abstract decimal CalculateHeatingCost(); // abstract method
}
```



C++ 开发人员还要注意术语上的细微差别：在 C++ 中，抽象函数常常描述为纯虚函数，而在 C# 中，仅使用抽象这个术语。

#### 4.2.5 密封类和密封方法

C# 允许把类和方法声明为 `sealed`。对于类，这表示不能继承该类；对于方法，这表示不能重写该方法。

```
sealed class FinalClass
{
    // etc
}
class DerivedClass: FinalClass // wrong. Will give compilation error
{
    // etc
}
```

在把类或方法标记为 `sealed` 时，最可能的情形是：如果要对库、类或自己编写的其他类作用域之外的类或方法进行操作，则重写某些功能会导致代码混乱。也可以因商业原因把类或方法标记为 `sealed`，以防第三方以违反授权协议的方式扩展该类。但一般情况下，在把类或成员标记为 `sealed` 时要小心，因为这么做会严重限制它的使用方式。即使认为它不能对继承自一个类或重写类的某个成员发挥作用，仍有可能在将来的某个时刻，有人会遇到我们没有预料到的情形，此时这么做就很有用。`.NET` 基类库大量使用了密封类，使希望从这些类中派生出自己的类的第三方开发人员无法访问这些类。例如，`string` 就是一个密封类。

把方法声明为 `sealed` 也可以实现类似的目的，但很少这么做。

```

class MyClass: MyClassBase
{
    public sealed override void FinalMethod()
    {
        // etc.
    }
}
class DerivedClass: MyClass
{
    public override void FinalMethod() // wrong. Will give compilation error
    {
    }
}

```

要在方法或属性上使用 `sealed` 关键字，必须先从基类上把它声明为要重写的方法或属性。如果基类上不希望有重写的方法或属性，就不要把它声明为 `virtual`。

#### 4.2.6 派生类的构造函数

第3章介绍了单个类的构造函数是如何工作的。这样，就产生了一个有趣的问题，在开始为层次结构中的类(这个类继承了其他也可能有自定义构造函数的类)定义自己的构造函数时，会发生什么情况？

假定没有为任何类定义任何显式的构造函数，这样编译器就会为所有的类提供默认的初始化构造函数，在后台会进行许多操作，但编译器可以很好地解决类的层次结构中的所有问题，每个类中的每个字段都会初始化为对应的默认值。但在添加了一个我们自己的构造函数后，就要通过派生类的层次结构高效地控制构造过程，因此必须确保构造过程顺利进行，不要出现不能按照层次结构进行构造的问题。

为什么派生类会有某些特殊的问题？原因是在创建派生类的实例时，实际上会有多个构造函数起作用。要实例化的类的构造函数本身不能初始化类，还必须调用基类中的构造函数。这就是为什么要通过层次结构进行构造的原因。

为了说明为什么必须调用基类的构造函数，下面是手机公司 `MortimerPhones` 开发的一个例子。这个例子包含一个抽象类 `GenericCustomer`，它表示顾客。还有一个(非抽象)类 `Nevermore60Customer`，它表示采用特定付费方式(称为 `Nevermore60` 付费方式)的顾客。所有的顾客都有一个名字，它由一个私有字段表示。在 `Nevermore60` 付费方式中，顾客前几分钟的电话费比较高，需要一个字段 `highCostMinutesUsed`，它详细说明了每个顾客该如何支付这些较高的电话费。抽象类 `GenericCustomer` 的定义如下所示：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

abstract class GenericCustomer
{
    private string name;
    // lots of other methods etc.
}
class Nevermore60Customer: GenericCustomer
{
    private uint highCostMinutesUsed;
}

```

```
// other methods etc.
```

代码段 MortimerPhones.cs

不要担心在这些类中实现的其他方法，因为这里仅考虑构造过程。如果下载了本章的示例代码，就会发现类的定义仅包含构造函数。

下面看看使用 `new` 运算符实例化 `Nevermore60Customer` 时，会发生什么情况：

```
GenericCustomer customer = new Nevermore60Customer();
```

显然，成员字段 `name` 和 `highCostMinutesUsed` 都必须在实例化 `customer` 时进行初始化。如果没有提供自己的构造函数，而是仅依赖默认的构造函数，那么 `name` 会初始化为 `null` 引用，`highCostMinutesUsed` 初始化为 `0`。下面详细讨论其过程。

`highCostMinutesUsed` 字段没有问题：编译器提供的默认 `Nevermore60Customer` 构造函数会把它初始化为 `0`。

那么 `name` 呢？看看类定义，显然，`Nevermore60Customer` 构造函数不能初始化这个值。字段 `name` 声明为 `private`，这意味着派生的类不能访问它。默认的 `Nevermore60Customer` 构造函数甚至不知道存在这个字段。唯一知道这个字段的代码项是 `GenericCustomer` 的其他成员，这意味着如果对 `name` 进行初始化，就必须在 `GenericCustomer` 的某个构造函数中进行。无论类层次结构有多大，这种情况都会一直延续到最终的基类 `System.Object` 上。

理解了上面的问题后，就可以明白实例化派生类时会发生什么样的情况了。假定默认的构造函数一直在使用：编译器首先找到它试图实例化的类的构造函数，在本例中是 `Nevermore60Customer`，这个默认 `Nevermore60Customer` 构造函数首先要做的是为其直接基类 `GenericCustomer` 运行默认构造函数，然后 `GenericCustomer` 构造函数为其直接基类 `System.Object` 运行默认构造函数，`System.Object` 没有任何基类，所以它的构造函数就执行，并把控制权返回给 `GenericCustomer` 构造函数。现在执行 `GenericCustomer` 构造函数，把 `name` 初始化为 `null`，再把控制权返回给 `Nevermore60Customer` 构造函数，接着执行这个构造函数，把 `highCostMinutesUsed` 初始化为 `0`，并退出。此时，`Nevermore60Customer` 实例就已经成功地构造和初始化了。

所有操作的最终结果是，构造函数的调用顺序是先调用 `System.Object`，再按照层次结构由上向下进行，直到到达编译器要实例化的类为止。还要注意在这个过程中，每个构造函数都初始化它自己的类中的字段。这是它的一般工作方式，在开始添加自己的构造函数时，也应尽可能遵循这条规则。

注意构造函数的执行顺序。总是最先调用的正是基类的构造函数。也就是说，派生类的构造函数可以在执行过程中调用它可以访问的任何基类方法、属性和任何其他成员，因为基类已经构造出来了，其字段也初始化了。这也意味着，如果派生类不喜欢初始化基类的方式，但要访问数据，就可以改变数据的初始值。但是，好的编程方式几乎总是应尽可能避免这种情况，让基类构造函数来处理其字段。

理解了构造过程后，就可以开始添加自己的构造函数了。

### 1. 在层次结构中添加无参数的构造函数

首先讨论最简单的情况，在层次结构中用一个无参数的构造函数来替换默认的构造函数后，看

看会发生什么情况。假定要把每个人的名字初始化为字符串"<no name>", 而不是 null 引用。就可以修改 `GenericCustomer` 中的代码, 如下所示:

```
public abstract class GenericCustomer
{
    private string name;
    public GenericCustomer()
    : base() // We could omit this line without affecting the compiled code.
    {
        name = "<no name>";
    }
}
```

添加这段代码后, 代码运行正常。`Nevermore60Customer` 仍有自己的默认构造函数, 所以上面描述的事件的顺序保持不变, 但编译器会使用自定义 `GenericCustomer` 构造函数, 而不是生成默认的构造函数, 所以 `name` 字段按照需要总是初始化为"<no name>"。

注意, 在定制的构造函数中, 在执行 `GenericCustomer` 构造函数前, 添加了一个对基类构造函数的调用, 使用的语法与前面解释如何让构造函数的不同重载版本互相调用时使用的语法相同。唯一的区别是, 这次使用的关键字是 `base`, 而不是 `this`, 表示这是基类的构造函数, 而不是要调用的当前类的构造函数。在 `base` 关键字后面的圆括号中没有参数, 这非常重要, 因为没有给基类构造函数传送任何参数, 所以编译器必须调用无参数的构造函数。其结果是编译器会插入要调用 `System.Object` 构造函数的代码, 这正好与默认情况相同。

实际上, 可以省略这行代码, 只加上为本章中大多数构造函数编写的代码:

```
public GenericCustomer()
{
    name = " < no name > ";
}
```

如果编译器没有在左花括号的前面找到对另一个构造函数的任何引用, 它就会假定我们要调用基类的构造函数——这符合默认构造函数的工作方式。

`base` 和 `this` 关键字是调用另一个构造函数时允许使用的唯一关键字, 其他关键字都会产生编译错误。还要注意只能指定唯一一个其他的构造函数。

到目前为止, 这段代码运行正常。但是, 要通过构造函数的层次结构把进度弄乱的最好方法是把构造函数声明为私有:

```
private GenericCustomer()
{
    name = "<no name>";
}
```

如果试图这样做, 就会产生一个有趣的编译错误, 如果不理解构造是如何按照层次结构由上而下的顺序工作的, 这个错误就会让人摸不着头脑。

```
'Wrox.ProCSharp.GenericCustomer.GenericCustomer()' is inaccessible due to its protection level
```

有趣的是, 该错误没有发生在 `GenericCustomer` 类中, 而是发生在 `Nevermore60Customer` 派生类

中。编译器试图为 `Nevermore60Customer` 生成默认的构造函数，但又做不到，因为默认的构造函数应调用无参数的 `GenericCustomer` 构造函数。将该构造函数声明为 `private`，它就不可能访问派生类了。如果为 `GenericCustomer` 提供一个带参数的构造函数，但同时没有提供一个无参数的构造函数，也会发生类似的错误。在本例中，编译器不能为 `GenericCustomer` 生成默认构造函数，所以当编译器试图为任何派生类生成默认构造函数时，它会再次发现它不能做到这一点，因为没有无参数的基类构造函数可调用。这个问题的解决方法是为派生类添加自己的构造函数——实际上不需要在这些构造函数中做任何工作，这样，编译器就不会为这些派生类生成任何默认构造函数了。

前面介绍了所有的理论知识，下面用一个例子来说明如何给类的层次结构添加构造函数。下一节为 `MortimerPhones` 示例添加带参数的构造函数。

## 2. 在层次结构中添加带参数的构造函数

首先是带一个参数的 `GenericCustomer` 构造函数，它仅在顾客提供其姓名时才实例化顾客：

```
abstract class GenericCustomer
{
    private string name;
    public GenericCustomer(string name)
    {
        this.name = name;
    }
}
```

到目前为止，代码正常运行，但刚才说过，在编译器试图为派生类创建默认构造函数时，会产生一个编译错误，因为编译器为 `Nevermore60Customer` 生成的默认构造函数会试图调用一个无参数的 `GenericCustomer` 构造函数，但 `GenericCustomer` 没有这样的构造函数。因此，需要为派生类提供一个构造函数，来避免这个编译错误：

```
class Nevermore60Customer: GenericCustomer
{
    private uint highCostMinutesUsed;
    public Nevermore60Customer(string name)
        : base(name)
    {
    }
}
```

现在，`Nevermore60Customer` 对象的实例化只有在提供了包含顾客姓名的字符串时才能进行，这正是我们需要的。有趣的是 `Nevermore60Customer` 构造函数对这个字符串所做的处理。它本身不能初始化 `name` 字段，因为它不能访问基类中的私有字段，但可以把顾客姓名传送给基类，以便 `GenericCustomer` 构造函数处理。具体方法是，把先执行的基类构造函数指定为把顾客姓名当作参数的构造函数。除此之外，它不需要执行任何操作。

下面讨论如果要处理不同的重载构造函数和一个类的层次结构，会发生什么情况。最终，假定 `Nevermore60` 的顾客通过朋友联系到 `MortimerPhones`，即 `MortimerPhones` 公司中有一个人是朋友，因此通过与朋友签约可以获得折扣。这表示在构造一个 `Nevermore60Customer` 时，还需要传递联系人的姓名。在现实生活中，构造函数必须利用该姓名去完成更复杂的工作，如处理折扣等，但这里只是把联系人的姓名存储到另一个字段中。

此时, `Nevermore60Customer` 的定义如下所示:

```
class Nevermore60Customer: GenericCustomer
{
    public Nevermore60Customer(string name, string referrerName)
    : base(name)
    {
        this.referrerName = referrerName;
    }

    private string referrerName;
    private uint highCostMinutesUsed;
}
```

该构造函数将姓名作为参数, 把它传递给 `GenericCustomer` 构造函数进行处理。 `referrerName` 是一个需要声明的变量, 这样构造函数才能在其主体中处理这个参数。

但是, 并不是所有的 `Nevermore60Customers` 都有联系人, 所以还需要有一个不需此参数的构造函数(或为它提供默认值的构造函数)。实际上, 我们指定如果没有联系人, `referrerName` 字段就设置为 "`<None>`", 使用如下带一个参数的构造函数:

```
public Nevermore60Customer(string name)
: this(name, "<None>")
{
}
```

这样就正确建立了所有的构造函数。执行下面的代码行时, 检查事件链很有益:

```
GenericCustomer customer = new Nevermore60Customer(cArabel Jones");
```

编译器认为它需要带一个字符串参数的构造函数, 所以它确认的构造函数就是刚才定义的最后—一个构造函数, 如下所示。

```
public Nevermore60Customer(string Name)
: this(Name, "<None>")
```

在实例化 `customer` 时, 就会调用这个构造函数。之后立即把控制权传递给对应的 `Nevermore60Customer` 构造函数, 该构造函数带两个参数, 分别是 "Arabel Jones" 和 "<None>". 在这个构造函数中, 把控制权依次传递给 `GenericCustomer` 构造函数, 该构造函数带有 1 个参数, 即字符串 "Arabel Jones". 然后这个构造函数把控制权传送给 `System.Object` 默认构造函数。现在才能执行这些构造函数, 首先执行 `System.Object` 构造函数。接着执行 `GenericCustomer` 构造函数, 它初始化 `name` 字段。然后带有两个参数的 `Nevermore60Customer` 构造函数得到控制权, 把联系人的姓名初始化为 "<None>". 最后, 执行 `Nevermore60Customer` 构造函数, 该构造函数带有 1 个参数——这个构造函数什么也不做。

这个过程非常简洁, 设计也很合理。每个构造函数都负责处理变量的初始化。在这个过程中, 正确地实例化了类, 以备使用。如果在为类编写自己的构造函数时遵循同样的规则, 就会发现, 即便是最复杂的类也可以顺利地初始化, 并且不会出现任何问题。



## 4.3 修饰符

前面已经遇到许多所谓的修饰符，即应用于类型或成员的关键字。修饰符可以指定方法的可见性，如 `public` 或 `private`；还可以指定一项的本质，如方法是 `virtual` 或 `abstract`。C# 有许多访问修饰符，下面讨论完整的修饰符列表。

### 4.3.1 可见性修饰符

表 4-1 中的修饰符确定了是否允许其他代码访问某一项。

表 4-1

修 饰 符	应 用 于	说 明
<code>public</code>	所有类型或成员	任何代码均可以访问该项
<code>protected</code>	类型和内嵌类型的所有成员	只有派生的类型能访问该项
<code>internal</code>	所有类型或成员	只能在包含它的程序集中访问该项
<code>private</code>	类型和内嵌类型的所有成员	只能在它所属的类型中访问该项
<code>protected internal</code>	类型和内嵌类型的所有成员	只能在包含它的程序集和派生类型的任何代码中访问该项

注意，类型定义可以是内部或公有的，这取决于是否希望在类型包含的程序集外部访问它：

```
public class MyClass
{
    // etc.
```

不能把类型定义为 `protected`、`private` 和 `protected internal`，因为这些修饰符对于包含在名称空间中的类型没有意义。因此这些修饰符只能应用于成员。但是，可以用这些修饰符定义嵌套的类型(即，包含在其他类型中的类型)，因为在这种情况下，类型也具有成员的状态。于是，下面的代码是合法的：

```
public class OuterClass
{
    protected class InnerClass
    {
        // etc.
    }
    // etc.
}
```

如果有嵌套的类型，则内部的类型总是可以访问外部类型的所有成员。所以，在上面的代码中，`InnerClass` 中的代码可以访问 `OuterClass` 的所有成员，甚至可以访问 `OuterClass` 的私有成员。

### 4.3.2 其他修饰符

表 4-2 中的修饰符可以应用于类型的成员，而且有不同的用途。在应用于类型时，其中的几个

修饰符也是有意义的。

表 4-2

修 饰 符	应 用 于	说 明
new	函数成员	成员用相同的签名隐藏继承的成员
static	所有成员	成员不作用于类的具体实例
virtual	仅函数成员	成员可以由派生类重写
abstract	仅函数成员	虚拟成员定义了成员的签名, 但没有提供实现代码
override	仅函数成员	成员重写了继承的虚拟或抽象成员
scaled	类、方法和属性	对于类, 不能继承自密封类。对于属性和方法, 成员重写已继承的虚拟成员, 但任何派生类中的任何成员都不能重写该成员。该修饰符必须与 <code>override</code> 一起使用
extern	仅静态[DllImport]方法	成员在外部用另一种语言实现

## 4.4 接口

如前所述, 如果一个类派生自一个接口, 声明这个类就会实现某些函数。并不是所有的面向对象语言都支持接口, 所以本节将详细介绍 C#接口的实现。

下面列出 Microsoft 预定义的一个接口 `System.IDisposable` 的完整定义。`IDisposable` 包含一个方法 `Dispose()`, 该方法由类实现, 用于清理代码:

```
public interface IDisposable
{
    void Dispose();
}
```

上面的代码说明, 声明接口在语法上与声明抽象类完全相同, 但不允许提供接口中任何成员的实现方式。一般情况下, 接口只能包含方法、属性、索引器和事件的声明。

不能实例化接口, 它只能包含其成员的签名。接口既不能有构造函数(如何构建不能实例化的对象?)也不能有字段(因为这隐含了某些内部的实现方式)。接口定义也不允许包含运算符重载, 尽管这不是因为声明它们在原则上有什么问题, 而是因为接口通常是公共协定, 包含运算符重载会引起一些与其他.NET 语言不兼容的问题, 如 Visual Basic .NET, 因为它不支持运算符重载。

在接口定义中还不允许声明关于成员的修饰符。接口成员总是公有的, 不能声明为虚拟或静态。如果需要, 就应由实现的类来声明, 因此最好实现执行的类来声明访问修饰符, 就像本节的代码那样。

例如, `IDisposable`。如果类希望声明为公有类型, 以便它实现方法 `Dispose()`, 该类就必须实现 `IDisposable`。在 C#中, 这表示该类派生自 `IDisposable` 类。

```
class SomeClass: IDisposable
{
    // This class MUST contain an implementation of the
    // IDisposable.Dispose() method, otherwise
```

```

// you get a compilation error.
public void Dispose()
{
    // implementation of Dispose() method
}
// rest of class
}

```

在这个例子中，如果 `SomeClass` 派生自 `IDisposable` 类，但不包含与 `IDisposable` 类中签名相同的 `Dispose()` 实现代码，就会得到一个编译错误，因为该类破坏了实现 `IDisposable` 的一致协定。当然，编译器允许类有一个不派生自 `IDisposable` 类的 `Dispose()` 方法。问题是其他代码无法识别出 `SomeClass` 类支持 `IDisposable` 特性。



`IDisposable` 是一个相当简单的接口，它只定义了一个方法。大多数接口都包含许多成员。

#### 4.4.1 定义和实现接口

下面开发一个遵循接口继承规范的小例子来说明如何定义和使用接口。这个例子建立在银行账户的基础上。假定编写代码，最终允许在银行账户之间进行计算机转账业务。许多公司可以实现银行账户，但它们都是彼此赞同表示银行账户的所有类都实现接口 `IBankAccount`。该接口包含一个用于存取款的方法和一个返回余额的属性。正是这个接口还允许外部代码识别由不同银行账户实现的各种银行账户类。我们的目的是允许银行账户彼此通信，以便在账户之间进行转账业务，但还没有介绍这个功能。

为了使例子简单一些，我们把本例子的所有代码都放在同一个源文件中，但实际上不同的银行账户类不仅会编译到不同的程序集中，而且这些程序集位于不同银行的不同机器上。但这些内容对我们的目的过于复杂了。为了保留一定的真实性，我们为不同的公司定义不同的名称空间。

首先，需要定义 `IBankAccount` 接口：

```

namespace Wrox.ProCSharp
{
    public interface IBankAccount
    {
        void PayIn(decimal amount);
        bool Withdraw(decimal amount);
        decimal Balance
        {
            get;
        }
    }
}

```

注意，接口的名称为 `IBankAccount`。接口名称通常上以字母 `I` 开头，以便知道这是一个接口。



如第2章所述,在大多数情况下,NET的用法规则不鼓励采用所谓的Hungarian表示法,在名称的前面加一个字母,表示所定义对象的类型。接口是Hungarian表示法推荐采用的几种名称之一。

现在可以编写表示银行账户的类了。这些类不必彼此相关,它们可以是完全不同的类。但它们都表示银行账户,因为它们都实现了IBankAccount接口。

下面是第一个类,一个由Royal Bank of Venus运行的存款账户:



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
namespace Wrox.ProCSharp.VenusBank
{
    public class SaverAccount: IBankAccount
    {
        private decimal balance;
        public void PayIn(decimal amount)
        {
            balance += amount;
        }
        public bool Withdraw(decimal amount)
        {
            if (balance >= amount)
            {
                balance -= amount;
                return true;
            }
            Console.WriteLine("Withdrawal attempt failed.");
            return false;
        }
        public decimal Balance
        {
            get
            {
                return balance;
            }
        }
        public override string ToString()
        {
            return String.Format("Venus Bank Saver: Balance = {0,6:C}", balance);
        }
    }
}
```

代码段 BankAccounts.cs

实现这个类的代码的作用一目了然。其中包含一个私有字段 `balance`, 当存款或取款时就调整这个字段。如果因为账户中的金额不足而取款失败, 就会显示一条错误消息。还要注意, 因为我们要使代码尽可能简单, 所以不实现额外的属性, 如账户持有人的姓名。在现实生活中, 这是最基本的

信息,但对于本例不必要这么复杂。

在这段代码中,唯一有趣的一行是类的声明:

```
public class SaverAccount: IBankAccount
```

`SaverAccount` 派生自一个接口 `IBankAccount`, 我们没有明确指出任何其他基类(当然这表示 `SaverAccount` 直接派生自 `System.Object`)。另外,从接口中派生完全独立于从类中派生。

`SaverAccount` 派生自 `IBankAccount`, 表示它获得了 `IBankAccount` 的所有成员,但接口实际上并不实现其方法,所以 `SaverAccount` 必须提供这些方法的所有实现代码。如果缺少实现代码,编译器就会产生错误。接口仅表示其成员的存在性,类负责确定这些成员是虚拟还是抽象的(但只有在类本身是抽象的,这些函数才能是抽象的)。在本例中,接口的任何函数不必是虚拟的。

为了说明不同的类如何实现相同的接口,下面假定 `Planetary Bank of Jupiter` 还实现一个类 `GoldAccount` 来表示其银行账户中的一个:

```
namespace Wrox.ProCSharp.JupiterBank
{
    public class GoldAccount: IBankAccount
    {
        // etc
    }
}
```

这里没有列出 `GoldAccount` 类的细节,因为在本例中它基本上与 `SaverAccount` 的实现代码相同。`GoldAccount` 与 `VenusAccount` 没有关系,它们只是碰巧实现相同的接口而已。

有了自己的类后,就可以测试它们了。首先需要一些 `using` 语句:

```
using System;
using Wrox.ProCSharp;
using Wrox.ProCSharp.VenusBank;
using Wrox.ProCSharp.JupiterBank;
```

然后需要一个 `Main()` 方法:

```
namespace Wrox.ProCSharp
{
    class MainEntryPoint
    {
        static void Main()
        {
            IBankAccount venusAccount = new SaverAccount();
            IBankAccount jupiterAccount = new GoldAccount();
            venusAccount.PayIn(200);
            venusAccount.Withdraw(100);
            Console.WriteLine(venusAccount.ToString());
            jupiterAccount.PayIn(500);
            jupiterAccount.Withdraw(600);
            jupiterAccount.Withdraw(100);
            Console.WriteLine(jupiterAccount.ToString());
        }
    }
}
```

这段代码(如果下载本例子, 就会发现它在 `BankAccounts.cs` 文件中)的执行结果如下:

```
C: > BankAccounts
Venus Bank Saver: Balance = £100.00
Withdrawal attempt failed.
Jupiter Bank Saver: Balance = £400.00
```

在这段代码中, 要点是把两个引用变量声明为 `IBankAccount` 引用的方式。这表示它们可以指向实现这个接口的任何类的任何实例。但我们只能通过这些引用调用接口的一部分方法——如果要调用由类实现的但在接口中的方法, 就需要把引用强制转换为合适的类型。在这段代码中, 我们调用了 `ToString()`(不是 `IBankAccount` 实现的), 但没有进行任何显式的强制转换, 这只是因为 `ToString()` 是一个 `System.Object` 方法, 因此 C# 编译器知道任何类都支持这个方法(换言之, 从任何接口到 `System.Object` 的数据类型强制转换是隐式的)。第 7 章将介绍强制转换的语法。

接口引用完全可以看做是类引用——但接口引用的强大之处在于, 它可以引用任何实现该接口的类。例如, 我们可以构造接口数组, 其中数组的每个元素都是不同的类:

```
IBankAccount[] accounts = new IBankAccount[2];
accounts[0] = new SaverAccount();
accounts[1] = new GoldAccount();
```

但注意, 如果编写了如下代码, 就会生成一个编译错误:

```
accounts[1] = new SomeOtherClass(); // SomeOtherClass does NOT implement
// IBankAccount: WRONG!!
```

这会导致一个如下所示的编译错误:

```
Cannot implicitly convert type 'Wrox.ProCSharp.SomeOtherClass' to
'Wrox.ProCSharp.IBankAccount'
```

#### 4.4.2 派生的接口

接口可以彼此继承, 其方式与类的继承方式相同。下面通过定义一个新的接口 `ITransferBankAccount` 来说明这个概念, 该接口的功能与 `IBankAccount` 相同, 只是又定义了一个方法, 把资金直接转到另一个账户上。

```
namespace Wrox.ProCSharp
{
    public interface ITransferBankAccount: IBankAccount
    {
        bool TransferTo(IBankAccount destination, decimal amount);
    }
}
```

因为 `ITransferBankAccount` 派生自 `IBankAccount`, 所以它拥有 `IBankAccount` 的所有成员和它自己的成员。这表示实现(派生自) `ITransferBankAccount` 的任何类都必须实现 `IBankAccount` 的所有方法

和在 `ITransferBankAccount` 中定义的新方法 `TransferTo()`。没有实现所有这些方法就会产生一个编译错误。

注意, `TransferTo()` 方法对于目标账户使用了 `IBankAccount` 接口引用。这说明了接口的用途: 在实现并调用这个方法时, 不必知道转账的对象类型, 只需知道该对象实现 `IBankAccount` 即可。

下面说明 `ITransferBankAccount`: 假定 `Planetary Bank of Jupiter` 还提供了一个当前账户。 `CurrentAccount` 类的大多数实现代码与 `SaverAccount` 和 `GoldAccount` 的实现代码相同(这仅是为了使例子更简单, 一般是不会这样的), 所以在下面的代码中, 我们仅突出显示了不同的地方:

```
public class CurrentAccount: ITransferBankAccount
{
    private decimal balance;
    public void PayIn(decimal amount)
    {
        balance += amount;
    }
    public bool Withdraw(decimal amount)
    {
        if (balance >= amount)
        {
            balance -= amount;
            return true;
        }
        Console.WriteLine("Withdrawal attempt failed.");
        return false;
    }
    public decimal Balance
    {
        get
        {
            return balance;
        }
    }
    public bool TransferTo(IBankAccount destination, decimal amount)
    {
        bool result;
        result = Withdraw(amount);
        if (result)
        {
            destination.PayIn(amount);
        }
        return result;
    }
    public override string ToString()
    {
        return String.Format("Jupiter Bank Current Account: Balance = {0,6:C}",
            balance);
    }
}
```

可以用下面的代码验证该类:



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
static void Main()
{
    IBankAccount venusAccount = new SaverAccount();
    ITransferBankAccount jupiterAccount = new CurrentAccount();
    venusAccount.PayIn(200);
    jupiterAccount.PayIn(500);
    jupiterAccount.TransferTo(venusAccount, 100);
    Console.WriteLine(venusAccount.ToString());
    Console.WriteLine(jupiterAccount.ToString());
}
```

代码段 CurrentAccounts.cs

这段代码(CurrentAccount.cs)的结果如下所示,可以验证,其中说明了正确的转账金额:

```
C: > CurrentAccount
Venus Bank Saver: Balance = £300.00
Jupiter Bank Current Account: Balance = £400.00
```

## 4.5 小结

本章介绍了如何在 C# 中进行继承代码。C# 支持多接口继承和单一实现继承,还提供了许多有用的语法结构,以使代码更健壮,如 `override` 关键字,它表示函数应在何时重写基类函数, `new` 关键字表示函数在何时隐藏基类函数,构造函数初始化器的硬性规则可以确保构造函数以健壮的方式进行交互操作。



# 第 5 章

## 泛 型

本章内容:

- 泛型概述
- 创建泛型类
- 泛型类的特性
- 泛型接口
- 泛型结构
- 泛型方法

.NET 自从 2.0 版本开始就支持泛型。泛型不仅是 C#编程语言的一部分,而且与程序集中的 IL(Intermediate Language, 中间语言)代码紧密地集成。有了泛型,就可以创建独立于被包含类型的类和方法了。我们不必给不同的类型编写功能相同的许多方法或类,只创建一个方法或类即可。

另一个减少代码的选项是使用 Object 类,但 Object 类不是类型安全的。泛型类使用泛型类型,并可以根据需要用特定的类型替换泛型类型。这就保证了类型安全性:如果某个类型不支持泛型类,编译器就会出现错误。

泛型不仅限于类,本章还将介绍用于接口和方法的泛型。用于委托的泛型参见第 8 章。

### 5.1 概述

泛型并不是一个全新的结构,其他语言中有类似的概念。例如,C++模板就与泛型相似。但是,C++模板和.NET 泛型之间有一个很大的区别:对于 C++模板,在用特定的类型实例化模板时,需要模板的源代码。相反,泛型不仅是 C#语言的一种结构,而且是 CLR 定义的。所以,即使泛型类是在 C# 中定义的,也可以在 Visual Basic 中用一个特定的类型实例化该泛型。

下面几节介绍泛型的优点和缺点,尤其是:

- 性能
- 类型安全性
- 二进制代码重用
- 代码的扩展
- 命名约定

### 5.1.1 性能

泛型的一个主要优点是性能。第 10 章介绍了 `System.Collections` 和 `System.Collections.Generic` 名称空间的泛型和非泛型集合类。对值类型使用非泛型集合类，在把值类型转换为引用类型，和把引用类型转换为值类型时，需要进行装箱和拆箱操作。



装箱和拆箱详见第 7 章，这里仅简要复习一下这些术语。

值类型存储在栈上，引用类型存储在堆上。C# 类是引用类型，结构是值类型。NET 很容易把值类型转换为引用类型，所以可以在需要对象(对象是引用类型)的任意地方使用值类型。例如，`int` 可以赋予一个对象。从值类型转换为引用类型称为装箱。如果方法需要把一个对象作为参数，同时传递一个值类型，装箱操作就会自动进行。另一方面，装箱的值类型可以使用拆箱操作转换为值类型。在拆箱时，需要使用类型强制转换运算符。

下面的例子显示了 `System.Collections` 名称空间中的 `ArrayList` 类。`ArrayList` 存储对象，`Add()` 方法定义为需要把一个对象作为参数，所以要装箱一个整数类型。在读取 `ArrayList` 中的值时，要进行拆箱，把对象转换为整数类型。可以使用类型强制转换运算符把 `ArrayList` 集合的第一个元素赋予变量 `i1`，在访问 `int` 类型的变量 `i2` 的 `foreach` 语句中，也要使用类型强制转换运算符：

```
var list = new ArrayList();
list.Add(44); // boxing — convert a value type to a reference type

int i1 = (int)list[0]; // unboxing — convert a reference type to
                      // a value type
foreach (int i2 in list)
{
    Console.WriteLine(i2); // unboxing
}
```

装箱和拆箱操作很容易使用，但性能损失比较大，遍历许多项时尤其如此。

`System.Collections.Generic` 名称空间中的 `List<T>` 类不使用对象，而是在使用时定义类型。在下面的例子中，`List<T>` 类的泛型类型定义为 `int`，所以 `int` 类型在 JIT 编译器动态生成的类中使用，不再进行装箱和拆箱操作：

```
var list = new List<int>();
list.Add(44); // no boxing — value types are stored in the List<int>

int i1 = list[0]; // no unboxing, no cast needed
foreach (int i2 in list)
{
    Console.WriteLine(i2);
}
```

## 5.1.2 类型安全

泛型的另一个特性是类型安全。与 `ArrayList` 类一样，如果使用对象，就可以在这个集合中添加任意类型。下面的例子在 `ArrayList` 类型的集合中添加一个整数、一个字符串和一个 `MyClass` 类型的对象：

```
var list = new ArrayList();
list.Add(44);
list.Add("mystring");
list.Add(new MyClass());
```

如果这个集合使用下面的 `foreach` 语句迭代，而该 `foreach` 语句使用整数元素来迭代，编译器就会编译这段代码。但并不是集合中的所有元素都可以强制转换为 `int`，所以会出现一个运行异常：

```
foreach (int i in list)
{
    Console.WriteLine(i);
}
```

错误应尽早发现。在泛型类 `List<T>` 中，泛型类型 `T` 定义了允许使用的类型。有了 `List<int>` 的定义，就只能把整数类型添加到集合中。编译器不会编译这段代码，因为 `Add()` 方法的参数无效：

```
var list = new List < int > ();
list.Add(44);
list.Add("mystring"); // compile time error
list.Add(new MyClass()); // compile time error
```

## 5.1.3 二进制代码的重用

泛型允许更好地重用二进制代码。泛型类可以定义一次，并且可以用许多不同的类型实例化。不需要像 C++ 模板那样访问源代码。

例如，`System.Collections.Generic` 名称空间中的 `List<T>` 类用一个 `int`、一个字符串和一个 `MyClass` 类型实例化：

```
var list = new List<int>();
list.Add(44);

var stringList = new List<string>();
stringList.Add("mystring");

var myClassList = new List<MyClass>();
myClassList.Add(new MyClass());
```

泛型类型可以在一种语言中定义，在任何其他 .NET 语言中使用。

## 5.1.4 代码的扩展

在用不同的特定类型实例化泛型时，会创建多少代码？

因为泛型类的定义会放在程序集中，所以用特定类型实例化泛型类不会在 IL 代码中复制这些

类。但是，在 JIT 编译器把泛型类编译为本地代码时，会给每个值类型创建一个新类。引用类型共享同一个本地类的所有相同的实现代码。这是因为引用类型在实例化的泛型类中只需要 4 个字节的内存地址(32 位系统)，就可以引用一个引用类型。值类型包含在实例化的泛型类的内存中，同时因为每个值类型对内存的要求都不同，所以要为每个值类型实例化一个新类。

### 5.1.5 命名约定

如果在程序中使用泛型，在区分泛型类型和非泛型类型时就会有一定的帮助。下面是泛型类型的命名规则：

- 泛型类型的名称用字母 T 作为前缀。
- 如果没有特殊的要求，泛型类型允许用任意类替代，且只使用了一个泛型类型，就可以用字符 T 作为泛型类型的名称。

```
public class List<T> { }

public class LinkedList<T> { }
```

- 如果泛型类型有特定的要求(例如，它必须实现一个接口或派生自基类)，或者使用了两个或多个泛型类型，就应给泛型类型使用描述性的名称：

```
public delegate void EventHandler<TEventArgs>(object sender, TEventArgs e);

public delegate TOutput Converter<TInput, TOutput>(TInput from);

public class SortedList<TKey, TValue> { }
```

## 5.2 创建泛型类

首先介绍一个一般的、非泛型的简化链表类，它可以包含任意类型的对象，以后再把这个类转化为泛型类。

在链表中，一个元素引用下一个元素。所以必须创建一个类，它将对象封装在链表中，并引用下一个对象。类 `LinkedListNode` 包含一个属性 `Value`，该属性用构造函数初始化。另外，`LinkedListNode` 类包含对链表中下一个元素和上一个元素的引用，这些元素都可以从属性中访问。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
public class LinkedListNode
{
    public LinkedListNode(object value)
    {
        this.Value = value;
    }

    public object Value { get; private set; }

    public LinkedListNode Next { get; internal set; }
    public LinkedListNode Prev { get; internal set; }
}
```

代码段 `LinkedListObjects/LinkedListNode.cs`

`LinkedList`类包含`LinkedListNode`类型的`first`和`last`属性,它们分别标记了链表的头尾。`AddLast()`方法在链表尾添加一个新元素。首先创建一个`LinkedListNode`类型的对象。如果链表是空的,`first`和`last`属性就设置为该新元素;否则,就把新元素添加为链表中的最后一个元素。通过实现`GetEnumerator()`方法时,可以用`foreach`语句遍历链表。`GetEnumerator()`方法使用`yield`语句创建一个枚举器类型。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
public class LinkedList: IEnumerable
{
    public LinkedListNode First { get; private set; }
    public LinkedListNode Last { get; private set; }

    public LinkedListNode AddLast(object node)
    {
        var newNode = new LinkedListNode(node);
        if (First == null)
        {
            First = newNode;
            newNode.Prev = Last;
            Last = First;
        }
        else
        {
            LinkedListNode previous = Last;
            Last.Next = newNode;
            Last = newNode;
            Last.Prev = previous;
        }
        return newNode;
    }

    public IEnumerator GetEnumerator()
    {
        LinkedListNode current = First;
        while (current != null)
        {
            yield return current.Value;
            current = current.Next;
        }
    }
}
```

代码段 `LinkedListObjects/LinkedListNode.cs`



yield 语句参见第 6 章。

现在可以对于任意类型使用`LinkedList`类了。在下面的代码段中,实例化了一个新`LinkedList`对象,添加了两个整数类型和一个字符串类型。整数类型要转换为一个对象,所以执行装箱操作,如

前面所述。通过 `foreach` 语句执行拆箱操作。在 `foreach` 语句中，链表中的元素被强制转换为整数，所以对于链表中的第 3 个元素，会发生一个运行异常，因为把它强制转换为 `int` 时会失败。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
var list1 = new LinkedList();
list1.AddLast(2);
list1.AddLast(4);
list1.AddLast("6");

foreach (int i in list1)
{
    Console.WriteLine(i);
}
```

代码段 `LinkedListObjects/Program.cs`

下面创建链表的泛型版本。泛型类的定义与一般类类似，只是要使用泛型类型声明。之后，泛型类型就可以在类中用作一个字段成员，或者方法的参数类型。`LinkedListNode` 类用一个泛型类型 `T` 声明。属性 `Value` 的类型是 `T`，而不是 `object`。构造函数也变为可以接受 `T` 类型的对象。也可以返回和设置泛型类型，所以属性 `Next` 和 `Prev` 的类型是 `LinkedListNode<T>`。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
public class LinkedListNode<T>
{
    public LinkedListNode(T value)
    {
        this.Value = value;
    }

    public T Value { get; private set; }
    public LinkedListNode<T> Next { get; internal set; }
    public LinkedListNode<T> Prev { get; internal set; }
}
```

代码段 `LinkedListSample/LinkedListNode.cs`

下面的代码把 `LinkedList` 类也改为泛型类。`LinkedList<T>` 包含 `LinkedListNode<T>` 元素。`LinkedList` 中的类型 `T` 定义了类型 `T` 的属性 `first` 和 `last`。`AddLast()` 方法现在接受类型 `T` 的参数，并实例化 `LinkedListNode<T>` 类型的对象。

除了 `IEnumerable` 接口，还有一个泛型版本 `IEnumerable<T>`。`IEnumerable<T>` 派生自 `IEnumerable`，添加了返回 `IEnumerator<T>` 的 `GetEnumerator()` 方法，`LinkedList<T>` 实现泛型接口 `IEnumerable<T>`。



枚举与接口 `IEnumerable` 和 `IEnumerator` 详见第 6 章。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
public class LinkedList<T> : IEnumerable<T>
{
    public LinkedListNode<T> First { get; private set; }
    public LinkedListNode<T> Last { get; private set; }

    public LinkedListNode<T> AddLast(T node)
    {
```

```

var newNode = new LinkedListNode(node);
if (First == null)
{
    First = newNode;
    newNode.Prev = Last;
    Last = First;
}
else
{
    LinklistNode previous = Last;
    Last.Next = newNode;
    Last = newNode;
    Last.Prev = previous;
}
return newNode;
}

public IEnumerator<T> GetEnumerator()
{
    LinkedListNode<T> current = First;

    while (current != null)
    {
        yield return current.Value;
        current = current.Next;
    }
}

IEnumerator IEnumerable.GetEnumerator()
{
    return GetEnumerator();
}
}

```

---

代码段 LinkedListSample/LinkedList.cs

使用泛型类 `LinkedList<T>`，可以用 `int` 类型实例化它，且无需装箱操作。如果不使用 `AddLast()` 方法传递 `int`，就会出现一个编译错误。使用泛型 `IEnumerable<T>`，`foreach` 语句也是类型安全的，如果 `foreach` 语句中的变量不是 `int`，就会出现一个编译错误。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

var list2 = new LinkedList<int>();
list2.AddLast(1);
list2.AddLast(3);
list2.AddLast(5);

foreach (int i in list2)
{
    Console.WriteLine(i);
}

```

---

代码段 LinkedListSample/Program.cs

同样，可以对于字符串类型使用泛型 `LinkedList<T>`，将字符串传递给 `AddLast()` 方法。

```

var list3 = new LinkedList<string>();
list3.AddLast("2");
list3.AddLast("four");
list3.AddLast("foo");

foreach (string s in list3)
{
    Console.WriteLine(s);
}

```



每个处理对象类型的类都可以有泛型实现方式。另外，如果类使用了层次结构，泛型就非常有助于消除类型强制转换操作。

## 5.3 泛型类的功能

在创建泛型类时，还需要一些其他 C# 关键字。例如，不能把 `null` 赋予泛型类型。此时，如下一节所述，可以使用 `default` 关键字。如果泛型类型不需要 `Object` 类的功能，但需要调用泛型类上的某些特定方法，就可以定义约束。

本节讨论如下主题：

- 默认值
- 约束
- 继承
- 静态成员

首先介绍一个使用泛型文档管理器的示例。文档管理器用于从队列中读写文档。先创建一个新的控制台项目 `DocumentManager`，并添加 `DocumentManager<T>` 类。`AddDocument()` 方法将一个文档添加到队列中。如果队列不为空，`IsDocumentAvailable` 只读属性就返回 `true`。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

using System;
using System.Collections.Generic;

namespace Wrox.ProCSharp.Generics
{
    public class DocumentManager<T>
    {
        private readonly Queue<T> documentQueue = new Queue<T>();

        public void AddDocument(T doc)
        {
            lock (this)
            {
                documentQueue.Enqueue(doc);
            }
        }
    }
}

```



```

public bool IsDocumentAvailable
{
    get { return documentQueue.Count > 0; }
}
}
}

```

代码段 DocumentManager/DocumentManager.cs

### 5.3.1 默认值

现在给 `DocumentManager<T>` 类添加一个 `GetDocument()` 方法。在这个方法中，应把类型 `T` 指定为 `null`。但是，不能把 `null` 赋予泛型类型。原因是泛型类型也可以实例化为值类型，而 `null` 只能用于引用类型。为了解决这个问题，可以使用 `default` 关键字。通过 `default` 关键字，将 `null` 赋予引用类型，将 `0` 赋予值类型。

```

public T GetDocument()
{
    T doc = default(T);
    lock (this)
    {
        doc = documentQueue.Dequeue();
    }
    return doc;
}
}

```



`default` 关键字根据上下文可以有多种含义。switch 语句使用 `default` 定义默认情况。在泛型中，根据泛型类型是引用类型还是值类型，泛型 `default` 用于将泛型类型初始化为 `null` 或 `0`。

### 5.3.2 约束

如果泛型类需要调用泛型类型中的方法，就必须添加约束。对于 `DocumentManager<T>`，文档的所有标题应在 `DisplayAllDocuments()` 方法中显示。`Document` 类实现带有 `Title` 和 `Content` 属性的 `IDocument` 接口：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

public interface IDocument
{
    string Title { get; set; }
    string Content { get; set; }
}

public class Document: IDocument
{
    public Document()
    {

```

```

    }

    public Document(string title, string content)
    {
        this.Title = title;
        this.Content = content;
    }

    public string Title { get; set; }
    public string Content { get; set; }
}

```

---

代码段 DocumentManager/Document.cs

要使用 `DocumentManager<T>` 类显示文档，可以将类型 `T` 强制转换为 `IDocument` 接口，以显示标题：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

public void DisplayAllDocuments()
{
    foreach (T doc in documentQueue)
    {
        Console.WriteLine(((IDocument)doc).Title);
    }
}

```

---

代码段 DocumentManager/DocumentManager.cs

问题是，如果类型 `T` 没有实现 `IDocument` 接口，这个类型强制转换就会导致一个运行异常。最好给 `DocumentManager<TDocument>` 类定义一个约束：`TDocument` 类型必须实现 `IDocument` 接口。为了在泛型类型的名称中指定该要求，将 `T` 改为 `TDocument`。 `where` 子句指定了实现 `IDocument` 接口的要求。

```

public class DocumentManager<TDocument>
    where TDocument: IDocument
{

```

这样就可以编写 `foreach` 语句，从而使类型 `TDocument` 包含属性 `Title`。 `Visual Studio IntelliSense` 和编译器都会提供这个支持。

```

    public void DisplayAllDocuments()
    {
        foreach (TDocument doc in documentQueue)
        {
            Console.WriteLine(doc.Title);
        }
    }
}

```

在 `Main()` 方法中，用 `Document` 类型实例化 `DocumentManager<T>` 类，而 `Document` 类型实现了需要的 `IDocument` 接口。接着添加和显示新文档，检索其中一个文档：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
static void Main()
{
    var dm = new DocumentManager<Document>();
    dm.AddDocument(new Document("Title A", "Sample A"));
    dm.AddDocument(new Document("Title B", "Sample B"));

    dm.DisplayAllDocuments();

    if (dm.IsDocumentAvailable)
    {
        Document d = dm.GetDocument();
        Console.WriteLine(d.Content);
    }
}
```

代码段 DocumentManager/Program.cs

DocumentManager 现在可以处理任何实现了 IDocument 接口的类。

在示例应用程序中，介绍了接口约束。泛型支持几种约束类型，如表 5-1 所示。

表 5-1

约 束	说 明
where T: struct	对于结构约束，类型 T 必须是值类型
where T: class	类约束指定类型 T 必须是引用类型
where T: IFoo	指定类型 T 必须实现接口 IFoo
where T: Foo	指定类型 T 必须派生自基类 Foo
where T: new()	这是一个构造函数约束，指定类型 T 必须有一个默认构造函数
where T1: T2	这个约束也可以指定，类型 T1 派生自泛型类型 T2。该约束也称为裸类型约束



只能为默认构造函数定义构造函数约束，不能为其他构造函数定义构造函数约束。

使用泛型类型还可以合并多个约束。where T: IFoo, new()约束和 MyClass<T>声明指定，类型 T 必须实现 IFoo 接口，且必须有一个默认构造函数。

```
public class MyClass<T>
    where T: IFoo, new()
{
    //...
```



在 C# 中，where 子句的一个重要限制是，不能定义必须由泛型类型实现的运算符。运算符不能在接口中定义。在 where 子句中，只能定义基类、接口和默认构造函数。

## 5.3.3 继承

前面创建的 `LinkedList<T>` 类实现了 `IEnumerable<out T>` 接口:

```
public class LinkedList<T> : IEnumerable<out T>
{
    //...
```

泛型类型可以实现泛型接口,也可以派生自一个类。泛型类可以派生自泛型基类:

```
public class Base<T>
{
}

public class Derived<T> : Base<T>
{
}
```

其要求是必须重复接口的泛型类型,或者必须指定基类的类型,如下例所示:

```
public class Base<T>
{
}

public class Derived<T> : Base<string>
{
}
```

于是,派生类可以是泛型类或非泛型类。例如,可以定义一个抽象的泛型基类,它在派生类中用一个具体的类型实现。这允许对特定类型执行特殊的操作:

```
public abstract class Calc<T>
{
    public abstract T Add(T x, T y);
    public abstract T Sub(T x, T y);
}

public class IntCalc: Calc<int>
{
    public override int Add(int x, int y)
    {
        return x + y;
    }

    public override int Sub(int x, int y)
    {
        return x - y;
    }
}
```

### 5.3.4 静态成员

泛型类的静态成员需要特别关注。泛型类的静态成员只能在类的一个实例中共享。下面看一个例子，其中 `StaticDemo<T>` 类包含静态字段 `x`：

```
public class StaticDemo<T>
{
    public static int x;
}
```

由于同时对一个 `string` 类型和一个 `int` 类型使用了 `StaticDemo<T>` 类，所以存在两组静态字段：

```
StaticDemo<string>.x = 4;
StaticDemo<int>.x = 5;
Console.WriteLine(StaticDemo<string>.x); // writes 4
```

## 5.4 泛型接口

使用泛型可以定义接口，在接口中定义的方法可以带泛型参数。在链表的示例中，就实现了 `IEnumerable<out T>` 接口，它定义了 `GetEnumerator()` 方法，以返回 `IEnumerator<out T>`。NET 为不同的情况提供了许多泛型接口，例如 `IComparable<T>`、`ICollection<T>` 和 `IExtensibleObject<T>`。同一个接口常常存在比较老的非泛型版本，例如，.NET 1.0 有基于对象的 `IComparable` 接口。`IComparable<in T>` 基于一个泛型类型：

```
public interface IComparable<in T>
{
    int CompareTo(T other);
}
```

比较老的非泛型接口 `IComparable` 需要一个带 `CompareTo()` 方法的对象。这需要强制转换为特定的类型，例如，`Person` 类要使用 `LastName` 属性，就需要使用 `CompareTo()` 方法：

```
public class Person: IComparable
{
    public int CompareTo(object obj)
    {
        Person other = obj as Person;
        return this.lastName.CompareTo(other.LastName);
    }
    //
```

实现泛型版本时，不再需要将 `object` 的类型强制转换为 `Person`：

```
public class Person: IComparable < Person >
{
    public int CompareTo(Person other)
    {
        return this.LastName.CompareTo(other.LastName);
    }
}
```

```

}
//...

```

### 5.4.1 协变和抗变

在.NET 4 之前,泛型接口是不变的。 .NET 4 通过协变和抗变为泛型接口和泛型委托添加了一个重要的扩展。协变和抗变指对参数和返回值的类型进行转换。例如,可以给一个需要 Shape 参数的方法传送 Rectangle 参数吗?下面用示例说明这些扩展的优点。

在.NET 中,参数类型是协变的。假定有 Shape 和 Rectangle 类, Rectangle 派生自 Shape 基类。声明 Display()方法是为了接受 Shape 类型的对象作为其参数:

```
public void Display(Shape o) { }
```

现在可以传递派生自 Shape 基类的任意对象。因为 Rectangle 派生自 Shape,所以 Rectangle 满足 Shape 的所有要求,编译器接受这个方法调用:

```
Rectangle r = new Rectangle { Width= 5, Height=2.5};
Display(r);
```

方法的返回类型是抗变的。当方法返回一个 Shape 时,不能把它赋予 Rectangle,因为 Shape 不一定总是 Rectangle。反过来是可行的:如果一个方法像 GetRectangle()方法那样返回一个 Rectangle,

```
public Rectangle GetRectangle();
```

就可以把结果赋予某个 Shape:

```
Shape s = GetRectangle();
```

在.NET Framework 4 版本之前,这种行为方式不适用于泛型。在 C# 4 中,扩展后的语言支持泛型接口和泛型委托的协变和抗变。下面开始定义 Shape 基类和 Rectangle 类:



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
public class Shape
{
    public double Width { get; set; }
    public double Height { get; set; }

    public override string ToString()
    {
        return String.Format("Width: {0}, Height: {1}", Width, Height);
    }
}
```

代码段 Variance/Shape.cs

```
public class Rectangle: Shape
{
}
```

代码段 Variance/Rectangle.cs

## 5.4.2 泛型接口的协变

如果泛型类型用 `out` 关键字标注，泛型接口就是协变的。这也意味着返回类型只能是 `T`。接口 `IIndex` 与类型 `T` 是协变的，并从一个只读索引器中返回这个类型：

```
public interface IIndex<out T>
{
    T this[int index] { get; }
    int Count { get; }
}
```

代码段 Variance/IIndex.cs



如果对接口 `IIndex` 使用了只读索引器，就把泛型类型 `T` 传递给方法，并从方法中检索这个类型。这不能通过协变来实现——泛型类型必须定义为不变的。不使用 `out` 和 `in` 标注，就可以把类型定义为不变的。

`IIndex<T>` 接口用 `RectangleCollection` 类来实现。`RectangleCollection` 类为泛型类型 `T` 定义了 `Rectangle`：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
public class RectangleCollection: IIndex<Rectangle>
{
    private Rectangle[] data = new Rectangle[3]
    {
        new Rectangle { Height=2, Width=5},
        new Rectangle { Height=3, Width=7},
        new Rectangle { Height=4.5, Width=2.9}
    };

    public static RectangleCollection GetRectangles()
    {
        return new RectangleCollection();
    }

    public Rectangle this[int index]
    {
        get
        {
            if (index < 0 || index > data.Length)
                throw new ArgumentOutOfRangeException("index");
            return data[index];
        }
    }

    public int Count
    {
        get
        {
```

```
return data.Length;
```

```
}
```

```
}
```

```
}
```

---

代码段 Variance/RectangleCollection.cs

`RectangleCollection.GetRectangle()`方法返回一个实现 `IIndex<Rectangle>`接口的 `RectangleCollection`类, 所以可以把返回值赋予 `IIndex<Rectangle>`类型的变量 `rectangle`。因为接口是协变的, 所以也可以把返回值赋予 `IIndex<Shape>`类型的变量。Shape 不需要 `Rectangle` 没有提供的内容。使用 `shapes` 变量, 就可以在 `for` 循环中使用接口中的索引器和 `Count` 属性:



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
static void Main()
{
    IIndex<Rectangle> rectangles = RectangleCollection.GetRectangles();
    IIndex<Shape> shapes = rectangles;

    for (int i = 0; i < shapes.Count; i++)
    {
        Console.WriteLine(shapes[i]);
    }
}
```

---

代码段 Variance/Program.cs

### 5.4.3 泛型接口的抗变

如果泛型类型用 `in` 关键字标注, 泛型接口就是抗变的。这样, 接口只能把泛型类型 `T` 用作其方法的输入:



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
public interface IDisplay<in T>
{
    void Show(T item);
}
```

---

代码段 Variance/IDisplay.cs

`ShapeDisplay` 类实现 `IDisplay<Shape>`, 并使用 `Shape` 对象作为输入参数:



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
public class ShapeDisplay: IDisplay<Shape>
{
    public void Show(Shape s)
    {
        Console.WriteLine("{0} Width: {1}, Height: {2}", s.GetType().Name,
            s.Width, s.Height);
    }
}
```

---

代码段 Variance/ShapeDisplay.cs

创建 `ShapeDisplay` 的一个新实例, 会返回 `IDisplay<Shape>`, 并把它赋予 `shapeDisplay` 变量。因为 `IDisplay<T>`是抗变的, 所以可以把结果赋予 `IDisplay<Rectangle>`, 其中 `Rectangle` 派生自 `Shape`。



这次接口的方法只能把泛型类型定义为输入，而 `Rectangle` 满足 `Shape` 的所有要求：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
static void Main()
{
    //...
    IDisplay<Shape> shapeDisplay = new ShapeDisplay();
    IDisplay<Rectangle> rectangleDisplay = shapeDisplay;
    rectangleDisplay.Show(rectangles[0]);
}
```

代码段 Variance/Program.cs

## 5.5 泛型结构

与类相似，结构也可以是泛型的。它们非常类似于泛型类，只是没有继承特性。本节介绍泛型结构 `Nullable<T>`，它由 .NET Framework 定义。

.NET Framework 中的一个泛型结构是 `Nullable<T>`。数据库中的数字和编程语言中的数字有显著不同的特征，因为数据库中的数字可以为空，而 C# 中的数字不能为空。`Int32` 是一个结构，而结构的实现同值类型，所以结构不能为空。这个问题不仅存在于在数据库中，也存在于把 XML 数据映射到 .NET 类型。

这种区别常常令人很头痛，映射数据也要多做许多辅助工作。一种解决方案是把数据库和 XML 文件中的数字映射为引用类型，因为引用类型可以为空值。但这也会在运行期间带来额外的系统开销。

使用 `Nullable<T>` 结构很容易解决这个问题。下面的代码段说明了如何定义 `Nullable<T>` 的一个简化版本。

结构 `Nullable<T>` 定义了一个约束：其中的泛型类型 `T` 必须是一个结构。把类定义为泛型类型后，就没有低系统开销这个优点了，而且因为类的对象可以为空，所以对类使用 `Nullable<T>` 类型是没有意义的。除了 `Nullable<T>` 定义的 `T` 类型之外，唯一的系统开销是 `hasValue` 布尔字段，它确定是设置对应的值，还是使之为空。除此之外，泛型结构还定义了只读属性 `HasValue` 和 `Value`，以及一些操作符重载。把 `Nullable<T>` 类型强制转换为 `T` 类型的操作符重载是显式定义的，因为当 `hasValue` 为 `false` 时，它会抛出一个异常。强制转换为 `Nullable<T>` 类型的操作符重载定义为隐式的，因为它总是能成功地转换：

```
public struct Nullable<T>
    where T: struct
{
    public Nullable(T value)
    {
        this.hasValue = true;
        this.value = value;
    }
    private bool hasValue;
    public bool HasValue
```

```
{
    get
    {
        return hasValue;
    }
}

private T value;
public T Value
{
    get
    {
        if (!hasValue)
        {
            throw new InvalidOperationException("no value");
        }
        return value;
    }
}

public static explicit operator T(Nullable<T> value)
{
    return value.Value;
}

public static implicit operator Nullable<T>(T value)
{
    return new Nullable<T>(value);
}

public override string ToString()
{
    if (!HasValue)
        return String.Empty;
    return this.value.ToString();
}
}
```

在这个例子中，`Nullable<T>`用 `Nullable<int>`实例化。变量 `x` 现在可以用作一个 `int`，进行赋值或使用运算符执行一些计算。这是因为强制转换了 `Nullable<T>`类型的运算符。但是，`x` 还可以为空。`Nullable<T>`的 `HasValue` 和 `Value` 属性可以检查是否有一个值，该值是否可以访问：

```
Nullable<int> x;
x = 4;
x += 3;
if (x.HasValue)
{
    int y = x.Value;
}
x = null;
```

因为可空类型使用得非常频繁，所以 C# 有一种特殊的语法，它用于定义可空类型的变量。定义

这类变量时，不使用泛型结构的语法，而使用“?”运算符。在下面的例子中，变量 x1 和 x2 都是可空的 int 类型的实例：

```
Nullable<int> x1;
int? x2;
```

可空类型可以与 null 和数字比较，如上所示。这里，x 的值与 null 比较，如果 x 不是 null，它就与小于 0 的值比较：

```
int? x = GetNullableType();
if (x == null)
{
    Console.WriteLine("x is null");
}
else if (x < 0)
{
    Console.WriteLine("x is smaller than 0");
}
```

知道了 Nullable<T>是如何定义的之后，下面就使用可空类型。可空类型还可以与算术运算符一起使用。变量 x3 是变量 x1 和 x2 的和。如果这两个可空变量中任何一个的值是 null，它们的和就是 null。

```
int? x1 = GetNullableType();
int? x2 = GetNullableType();
int? x3 = x1 + x2;
```



这里调用的 GetNullableType() 只是一个占位符，它对于任何方法都返回一个可空的 int。为了进行测试，简单起见，可以使实现的 GetNullableType() 返回 null 或返回任意整数。

非可空类型可以转换为可空类型。从非可空类型转换为可空类型时，在不需要强制类型转换的地方可以进行隐式转换。这种转换总是成功的：

```
int y1 = 4;
int? x1 = y1;
```

但从可空类型转换为非可空类型可能会失败。如果可空类型的值是 null，并且把 null 值赋予非可空类型，就会抛出 InvalidOperationException 类型的异常。这就是需要类型强制转换运算符进行显式转换的原因：

```
int? x1 = GetNullableType();
int y1 = (int)x1;
```

如果不进行显式类型转换，还可以使用合并运算符(coalescing operator)从可空类型转换为非可空类型。合并运算符的语法是“??”，为转换定义了一个默认值，以防可空类型的值是 null。这里，如

果 `x1` 是 `null`, `y1` 的值就是 0。

```
int? x1 = GetNullableType();
int y1 = x1 ?? 0;
```

## 5.6 泛型方法

除了定义泛型类之外,还可以定义泛型方法。在泛型方法中,泛型类型用方法声明来定义。泛型方法可以在非泛型类中定义。

`Swap<T>()`方法把 `T` 定义为泛型类型,该泛型类型用于两个参数和一个变量 `temp`:

```
void Swap<T>(ref T x, ref T y)
{
    T temp;
    temp = x;
    x = y;
    y = temp;
}
```

把泛型类型赋予方法调用,就可以调用泛型方法:

```
int i = 4;
int j = 5;
Swap<int>(ref i, ref j);
```

但是,因为 C#编译器会通过调用 `Swap()`方法来获取参数的类型,所以不需要把泛型类型赋予方法调用。泛型方法可以像非泛型方法那样调用:

```
int i = 4;
int j = 5;
Swap(ref i, ref j);
```

### 5.6.1 泛型方法示例

下面的例子使用泛型方法累加集合中的所有元素。为了说明泛型方法的功能,下面使用包含 `Name` 和 `Balance` 属性的 `Account` 类:



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
public class Account
{
    public string Name { get; private set; }
    public decimal Balance { get; private set; }

    public Account(string name, Decimal balance)
    {
        this.Name = name;
        this.Balance = balance;
    }
}
```

代码段 `GenericMethods/Account.cs`

其中应累加余额的所有账户操作都添加到 List<Account>类型的账户列表中:



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
var accounts = new List < Account > ()
{
    new Account("Christian", 1500),
    new Account("Stephanie", 2200),
    new Account("Angela", 1800)
};
```

代码段 GenericMethods/Program.cs

累加所有 Account 对象的传统方式是用 foreach 语句遍历所有的 Account 对象,如下所示。foreach 语句使用 IEnumerable 接口迭代集合的元素,所以 AccumulateSimple()方法的参数是 IEnumerable 类型。foreach 语句处理实现 IEnumerable 接口的每个对象。这样,AccumulateSimple()方法就可以用于所有实现 IEnumerable<Account>接口的集合类。在这个方法的实现代码中,直接访问 Account 对象的 Balance 属性:



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
public static class Algorithm
{
    public static decimal AccumulateSimple(IEnumerable<Account> source)
    {
        decimal sum = 0;
        foreach (Account a in source)
        {
            sum += a.Balance;
        }
        return sum;
    }
}
```

代码段 GenericMethods/Algorithm.cs

Accumulate()方法的调用方式如下:

```
decimal amount = Algorithm.AccumulateSimple(accounts);
```

## 5.6.2 带约束的泛型方法

第一个实现代码的问题是,它只能用于 Account 对象。使用泛型方法就可以避免这个问题。

Accumulate()方法的第二个版本接受实现了 IAccount 接口的任意类型。如前面的泛型类所述,泛型类型可以用 where 子句来限制。用于泛型类的这个子句也可以用于泛型方法。Accumulate()方法的参数改为 IEnumerable<T>。IEnumerable<T>是泛型集合类实现的泛型接口。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
public static decimal Accumulate<TAccount> (IEnumerable<TAccount> source)
    where TAccount: IAccount
{
    decimal sum = 0;
    foreach (TAccount a in source)
```

```

    {
        sum += a.Balance;
    }
    return sum;
}

```

---

代码段 GenericMethods/Algorithm.cs

重构的 Account 类现在为实现接口 IAccount:



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

public class Account: Iaccount
{
    //...
}

```

---

代码段 GenericMethods/Account.cs

IAccount 接口定义了只读属性 Balance 和 Name:



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

public interface IAccount
{
    decimal Balance { get; }
    string Name { get; }
}

```

---

代码段 GenericMethods/IAccount.cs

将 Account 类型定义为泛型类型参数, 就可以调用新的 Accumulate()方法:



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

decimal amount = Algorithm.Accumulate<Account>(accounts);

```

---

代码段 GenericMethods/Program.cs

因为编译器会从方法的参数类型中自动推断出泛型类型参数, 所以以如下方式调用 Accumulate()方法是有效的:

```

decimal amount = Algorithm.Accumulate(accounts);

```

### 5.6.3 带委托的泛型方法

泛型类型实现 IAccount 接口的要求过于严格。下面的示例提示了, 如何通过传递一个泛型委托来修改 Accumulate()方法。第 8 章详细介绍了如何使用泛型委托, 以及如何使用 Lambda 表达式。

这个 Accumulate()方法使用两个泛型参数 T1 和 T2。第一个参数 T1 用于实现了 IEnumerable<T1> 参数的集合, 第二个参数使用泛型委托 Func<T1, T2, TResult>。其中, 第 2 个和第 3 个泛型参数都是 T2 类型。需要传递的方法有两个输入参数(T1 和 T2)和一个 T2 类型的返回值:



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

public static T2 Accumulate<T1, T2>(IEnumerable<T1> source,
                                   Func<T1, T2, T2> action)
{
    T2 sum = default(T2);
    foreach (T1 item in source)

```

```

    {
        sum = action(item, sum);
    }
    return sum;
}

```

---

代码段 GenericMethods/Algorithm.cs

在调用这个方法时，需要指定泛型参数类型，因为编译器不能自动推断出该类型。对于方法的第一个参数，所赋予的 `accounts` 集合是 `IEnumerable<Account>` 类型。对于第二个参数，使用一个 Lambda 表达式来定义 `Account` 和 `decimal` 类型的两个参数，返回一个小数。对于每一项通过 `Accumulate()` 方法调用这个 Lambda 表达式：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

decimal amount = Algorithm.Accumulate<Account, decimal>(
    accounts, (item, sum) => sum += item.Balance);

```

---

代码段 GenericMethods/Program.cs

不要为这种语法伤脑筋。该示例仅说明了扩展 `Accumulate()` 方法的可能方式。第 8 章详细介绍了 Lambda 表达式。

#### 5.6.4 泛型方法规范

泛型方法可以重载，为特定的类型定义规范。这也适用于带泛型参数的方法。`Foo()` 方法定义了两个版本，第 1 个版本接受一个泛型参数，第 2 个版本是用于 `int` 参数的专用版本。在编译期间，会使用最佳匹配。如果传递了一个 `int`，就选择带 `int` 参数的方法。对于任何其他参数类型，编译器会选择方法的泛型版本：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

public class MethodOverloads
{
    public void Foo<T> (T obj)
    {
        Console.WriteLine("Foo<T> (T obj), obj type: {0}", obj.GetType().Name);
    }

    public void Foo(int x)
    {
        Console.WriteLine("Foo(int x)");
    }

    public void Bar<T>(T obj)
    {
        Foo(obj);
    }
}

```

---

代码段 Specialization/Program.cs

`Foo()` 方法现在可以通过任意参数类型来调用。下面的示例代码给该方法传递了一个 `int` 和一个 `string`：



```
static void Main()
{
    var test = new MethodOverloads();
    test.Foo(33);
    test.Foo("abc");
}
```

代码段 GenericMethods/Program.cs

运行该程序，可以从输出中看出选择了最佳匹配的方法：

```
Foo(int x)
Foo<T>(T obj), obj type: String
```

需要注意的是，所调用的方法是在编译期间定义的，而不是运行期间。这很容易举例说明：添加一个调用 `Foo()` 方法的 `Bar()` 泛型方法，并传递泛型参数值：

```
public class MethodOverloads
{
    // ...

    public void Bar<T>(T obj)
    {
        Foo(obj);
    }
}
```

`Main()` 方法现在改为调用传递一个 `int` 值的 `Bar()` 方法：

```
static void Main()
{
    var test = new MethodOverloads();
    test.Bar(44);
}
```

从控制台的输出可以看出，`Bar()` 方法选择了泛型 `Foo()` 方法，而不是用 `int` 参数重载的 `Foo()` 方法。原因是编译器是在编译期间选择 `Bar()` 方法调用的 `Foo()` 方法。由于 `Bar()` 方法定义了一个泛型参数，而且泛型 `Foo()` 方法匹配这个类型，所以调用了 `Foo()` 方法。在运行期间给 `Bar()` 方法传递一个 `int` 值不会改变这一点。

```
Foo<T>(T obj), obj type: Int32
```

## 5.7 小结

本章介绍了 CLR 中一个非常重要的特性：泛型。通过泛型类可以创建独立于类型的类，泛型方法是独立于类型的方法。接口、结构和委托也可以用泛型的方式创建。泛型引入了一种新的编程方式。我们介绍了如何实现相应的算法(尤其是操作和谓词)以用于不同的类，而且它们都是类型安全的。泛型委托可以去除集合中的算法。

本书还将探讨泛型的更多特性和用法。第 8 章介绍了常常实现为泛型的委托，第 10 章论述了泛型集合类，第 11 章讨论了泛型扩展方法。

下一章说明如何对于数组使用泛型方法。



# 第 6 章

## 数 组

本章内容:

- 简单数组
- 多维数组
- 锯齿数组
- Array 类
- 作为参数的数组
- 枚举
- 元组
- 结构比较

如果需要使用同一类型的多个对象,就可以使用集合(参见第 10 章)和数组。C#用特殊的记号声明、初始化和使用数组。Array 类在后台发挥作用,它为数组中元素的排序和过滤提供了几个方法。使用枚举器,可以迭代数组中的所有元素。

.NET 4 还引入了一个新类型 Tuple,它用于合并不同类型的多个对象。详细内容参见 6.7 节。

### 6.1 简单数组

如果需要使用同一类型的多个对象,就可以使用数组。数组是一种数据结构,它可以包含同一类型的多个元素。

#### 6.1.1 数组的声明

在声明数组时,应先定义数组中元素的类型,其后是一对空方括号和一个变量名。例如,下面声明了一个包含整型元素的数组:

```
int[] myArray;
```

#### 6.1.2 数组的初始化

声明了数组后,就必须为数组分配内存,以保存数组的所有元素。数组是引用类型,所以必须给它分配堆上的内存。为此,应使用 new 运算符,指定数组中元素的类型和数量来初始化数组的变量。下面

指定了数组的大小。

```
myArray = new int[4];
```



值类型和引用类型请参见第 3 章。

在声明和初始化数组后，变量 `myArray` 就引用了 4 个整型值，它们位于托管堆上，如图 6-1 所示。

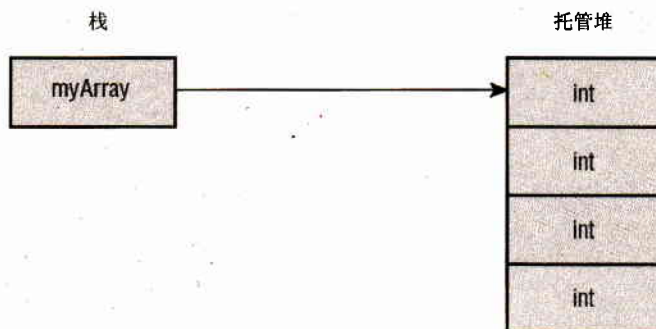


图 6-1



在指定了数组的大小后，如果不复制数组中的所有元素，就不能重新设置数组的大小。如果事先不知道数组中应包含多少个元素，就可以使用集合。集合请参见第 10 章。

除了两个语句中声明和初始化数组之外，还可以在一个语句中声明和初始化数组：

```
int[] myArray = new int[4];
```

还可以使用数组初始化器为数组的每个元素赋值。数组初始化器只能在声明数组变量时使用，不能在声明数组之后使用。

```
int[] myArray = new int[4] {4, 7, 11, 2};
```

如果用花括号初始化数组，则还可以不指定数组的大小，因为编译器会自动统计元素的个数：

```
int[] myArray = new int[] {4, 7, 11, 2};
```

使用 C# 编译器还有一种更简化的形式。使用花括号可以同时声明和初始化数组，编译器生成的代码与前面的例子相同：

```
int[] myArray = {4, 7, 11, 2};
```

### 6.1.3 访问数组元素

在声明和初始化数组后，就可以使用索引器访问其中的元素了。数组只支持有整型参数的索引器。

通过索引器传递元素编号，就可以访问数组。索引器总是以 0 开头，表示第一个元素。可以传递给索引器的最大值是元素个数减 1，因为索引从 0 开始。在下面的例子中，数组 `myArray` 用 4 个整型值声明和初始化。用索引器对应的值 0、1、2 和 3 就可以访问该数组中的元素。

```
int[] myArray = new int[] {4, 7, 11, 2};
int v1 = myArray[0]; // read first element
int v2 = myArray[1]; // read second element
myArray[3] = 44;    // change fourth element
```



如果使用错误的索引器值(其中不存在对应的元素)，就会抛出 `IndexOutOfRangeException` 类型的异常。

如果不知道数组中的元素个数，则可以在 `for` 语句中使用 `Length` 属性：

```
for (int i = 0; i < myArray.Length; i++)
{
    Console.WriteLine(myArray[i]);
}
```

除了使用 `for` 语句迭代数组中的所有元素之外，还可以使用 `foreach` 语句：

```
foreach (var val in myArray)
{
    Console.WriteLine(val);
}
```



`foreach` 语句利用了本章后面讨论的 `IEnumerable` 和 `IEnumerator` 接口。

### 6.1.4 使用引用类型

除了能声明预定义类型的数组，还可以声明自定义类型的数组。下面用 `Person` 类来说明，这个类有自动实现的属性 `Firstname` 和 `Lastname`，以及从 `Object` 类重写的 `ToString()` 方法：



```
public class Person
{
    public string FirstName { get; set; }
    public string LastName { get; set; }

    public override string ToString()
    {
        return String.Format("{0} {1}", FirstName, LastName);
    }
}
```

代码段 `Sample1/Person.cs`

声明一个包含两个 `Person` 元素的数组与声明一个 `int` 数组类似:

```
Person[] myPersons = new Person[2];
```

但是必须注意, 如果数组中的元素是引用类型, 就必须为每个数组元素分配内存。若使用了数组中未分配内存的元素, 就会抛出 `NullReferenceException` 类型的异常。



第 15 章介绍了错误和异常的详细内容。

使用从 0 开始的索引器, 可以为数组的每个元素分配内存:

```
myPersons[0] = new Person { FirstName="Ayrton", LastName="Senna" };
myPersons[1] = new Person { FirstName="Michael", LastName="Schumacher" };
```

图 6-2 显示了 `Person` 数组中的对象在托管堆中的情况。`myPersons` 是存储在栈上的一个变量, 该变量引用了存储在托管堆上的 `Person` 元素对应的数组。这个数组有足够容纳两个引用的空间。数组中的每一项都引用了一个 `Person` 对象, 而这些 `Person` 对象也存储在托管堆上。

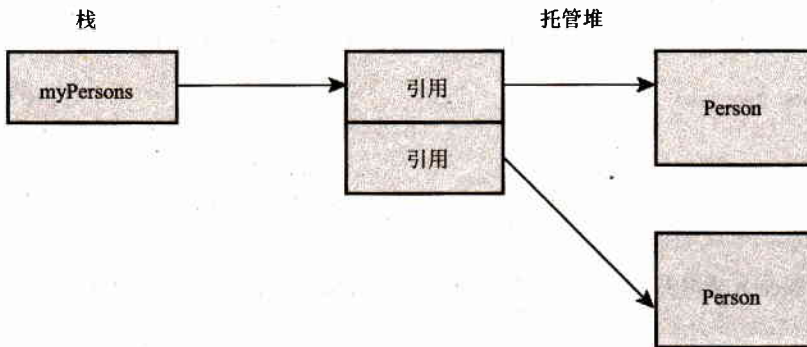


图 6-2

与 `int` 类型一样, 也可以对自定义类型使用数组初始化器:

```
Person[] myPersons2 =
{
    new Person { FirstName="Ayrton", LastName="Senna"},
    new Person { FirstName="Michael", LastName="Schumacher"}
};
```

## 6.2 多维数组

一般数组(也称为一维数组)用一个整数来索引。多维数组用两个或多个整数来索引。

图 6-3 是二维数组的数学表示法, 该数组有 3 行 3 列。第 1 行的值是 1、2 和 3, 第 3 行的值是 7、8 和 9。

$$a = \begin{bmatrix} 1, 2, 3 \\ 4, 5, 6 \\ 7, 8, 9 \end{bmatrix}$$

图 6-3

在 C# 中声明这个二维数组, 需要在方括号中加上一个逗号。数组在初始化时应

指定每一维的大小(也称为阶)。接着,就可以使用两个整数作为索引器来访问数组中的元素:



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
int[,] twodim = new int[3, 3];
twodim[0, 0] = 1;
twodim[0, 1] = 2;
twodim[0, 2] = 3;
twodim[1, 0] = 4;
twodim[1, 1] = 5;
twodim[1, 2] = 6;
twodim[2, 0] = 7;
twodim[2, 1] = 8;
twodim[2, 2] = 9;
```

代码段 Sample1/Program.cs



声明数组之后,就不能修改其阶数了。

如果事先知道元素的值,则也可以使用数组索引器来初始化二维数组。在初始化数组时,使用一个外层的花括号,每一行用包含在外层花括号中的内层花括号来初始化。

```
int[,] twodim = {
    {1, 2, 3},
    {4, 5, 6},
    {7, 8, 9}
};
```



使用数组初始化器时,必须初始化数组的每个元素,不能遗漏任何元素。

在花括号中使用两个逗号,就可以声明一个三维数组:

```
int[, ,] threedim = {
    { { 1, 2 }, { 3, 4 } },
    { { 5, 6 }, { 7, 8 } },
    { { 9, 10 }, { 11, 12 } }
};

Console.WriteLine(threedim[0, 1, 1]);
```

## 6.3 锯齿数组

二维数组的大小对应于一个矩形,如对应的元素个数为 $3 \times 3$ 。而锯齿数组的大小设置比较灵活,在锯齿数组中,每一行都可以有不同的尺寸。

图 6-4 比较了有 $3 \times 3$ 个元素的二维数组和锯齿数组。图 6-4 中的锯齿数组有 3 行,第 1 行有两个元

素，第 2 行有 6 个元素，第 3 行有 3 个元素。

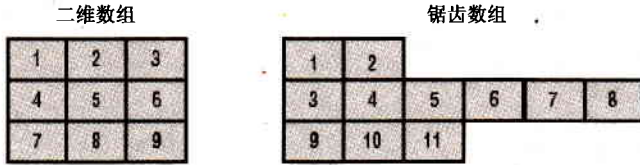


图 6-4

在声明锯齿数组时，要依次放置左右括号。在初始化锯齿数组时，只在第 1 对方括号中设置该数组包含的行数。定义各行中元素个数的第 2 个方括号设置为空，因为这类数组的每一行包含不同的元素个数。之后，为每一行指定行中的元素个数：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
int[][] jagged = new int[3][];
jagged[0] = new int[2] { 1, 2 };
jagged[1] = new int[6] { 3, 4, 5, 6, 7, 8 };
jagged[2] = new int[3] { 9, 10, 11 };
```

代码段 Sample1/Program.cs

迭代锯齿数组中所有元素的代码可以放在嵌套的 for 循环中。在外层的 for 循环中迭代每一行，在内层的 for 循环中迭代一行中的每个元素：

```
for (int row = 0; row < jagged.Length; row++)
{
    for (int element = 0; element < jagged[row].Length; element++)
    {
        Console.WriteLine("row: {0}, element: {1}, value: {2}",
            row, element, jagged[row][element]);
    }
}
```

该迭代结果显示了所有的行和每一行中的各个元素：

```
row: 0, element: 0, value: 1
row: 0, element: 1, value: 2
row: 1, element: 0, value: 3
row: 1, element: 1, value: 4
row: 1, element: 2, value: 5
row: 1, element: 3, value: 6
row: 1, element: 4, value: 7
row: 1, element: 5, value: 8
row: 2, element: 0, value: 9
row: 2, element: 1, value: 10
row: 2, element: 2, value: 11
```

## 6.4 Array 类

用方括号声明数组是 C# 中使用 Array 类的表示法。在后台使用 C# 语法，会创建一个派生自抽象基

类 `Array` 的新类。这样，就可以使用 `Array` 类为每个 C# 数组定义的方法和属性了。例如，前面就使用了 `Length` 属性，或者使用 `foreach` 语句迭代数组。其实这是使用了 `Array` 类中的 `GetEnumerator()` 方法。

`Array` 类实现的其他属性有 `LongLength` 和 `Rank`。如果数组包含的元素个数超出了整数的取值范围，就可以使用 `LongLength` 属性来获得元素个数。使用 `Rank` 属性可以获得数组的维数。

下面通过了解不同的功能来看看 `Array` 类的其他成员。

### 6.4.1 创建数组

`Array` 类是一个抽象类，所以不能使用构造函数来创建数组。但除了可以使用 C# 语法创建数组实例之外，还可以使用静态方法 `CreateInstance()` 创建数组。如果事先不知道元素的类型，该静态方法就非常有用，因为类型可以作为 `Type` 对象传递给 `CreateInstance()` 方法。

下面的例子说明了如何创建类型为 `int`、大小为 5 的数组。`CreateInstance()` 方法的第 1 个参数应是元素的类型，第 2 个参数定义数组的大小。可以用 `SetValue()` 方法设置对应元素的值，用 `GetValue()` 方法读取对应元素的值：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
Array intArray1 = Array.CreateInstance(typeof(int), 5);
for (int i = 0; i < 5; i++)
{
    intArray1.SetValue(33, i);
}

for (int i = 0; i < 5; i++)
{
    Console.WriteLine(intArray1.GetValue(i));
}
```

代码段 Sample1/Program.cs

还可以将已创建的数组强制转换成声明为 `int[]` 的数组：

```
int[] intArray2 = (int[])intArray1;
```

`CreateInstance()` 方法有许多重载版本，可以创建多维数组和不基于 0 的数组。下面的例子就创建了一个包含  $2 \times 3$  个元素的二维数组。第一维基于 1，第二维基于 10：

```
int[] lengths = { 2, 3 };
int[] lowerBounds = { 1, 10 };
Array racers = Array.CreateInstance(typeof(Person), lengths, lowerBounds);
```

`SetValue()` 方法设置数组的元素，其参数是每一维的索引：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
racers.SetValue(new Person
{
    FirstName = "Alain",
    LastName = "Prost"
}, 1, 10);
racers.SetValue(new Person
{
```

```
        FirstName = "Emerson",
        LastName = "Fittipaldi"
    }, 1, 11);
racers.SetValue(new Person
{
    FirstName = "Ayrton",
    LastName = "Senna"
}, 1, 12);
racers.SetValue(new Person
{
    FirstName = "Ralf",
    LastName = "Schumacher"
}, 2, 10);
racers.SetValue(new Person
{
    FirstName = "Fernando",
    LastName = "Alonso"
}, 2, 11);
racers.SetValue(new Person
{
    FirstName = "Jenson",
    LastName = "Button"
}, 2, 12);
```

代码段 Sample1/Program.cs

尽管数组不是基于 0，但可以用一般的 C# 表示法将它赋予一个变量。只需注意不要超出边界即可：

```
Person[,] racers2 = (Person[,])racers;
Person first = racers2[1, 10];
Person last = racers2[2, 12];
```

## 6.4.2 复制数组

因为数组是引用类型，所以将一个数组变量赋予另一个数组变量，就会得到两个引用同一数组的变量。而复制数组，会使数组实现 `ICloneable` 接口。这个接口定义的 `Clone()` 方法会创建数组的浅表副本。

如果数组的元素是值类型，以下代码段就会复制所有值，如图 6-5 所示：

```
int[] intArray1 = {1, 2};
int[] intArray2 = (int[])intArray1.Clone();
```

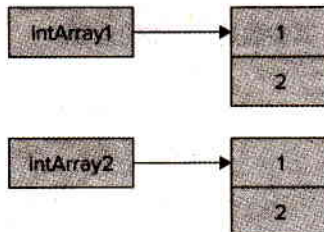


图 6-5



如果数组包含引用类型，则不复制元素，而只复制引用。图 6-6 显示了变量 `beatles` 和 `beatlesClone`，其中 `beatlesClone` 通过从 `beatles` 中调用 `Clone()` 方法来创建。`beatles` 和 `beatlesClone` 引用的 `Person` 对象是相同的。如果修改 `beatlesClone` 中一个元素的属性，就会改变 `beatles` 中的对应对象。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
Person[] beatles = {
    new Person { FirstName="John", LastName="Lennon" },
    new Person { FirstName="Paul", LastName="McCartney" }
};
Person[] beatlesClone = (Person[])beatles.Clone();
```

代码段 Sample1/Program.cs

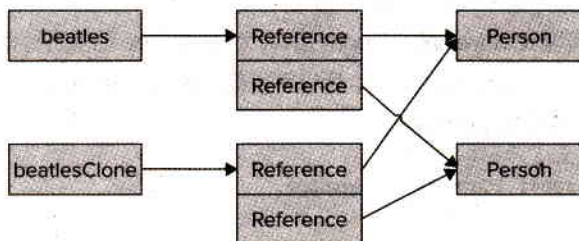


图 6-6

除了使用 `Clone()` 方法之外，还可以使用 `Array.Copy()` 方法创建浅表副本。但 `Clone()` 方法和 `Copy()` 方法有一个重要区别：`Clone()` 方法会创建一个新数组，而 `Copy()` 方法必须传递阶数相同且有足够元素的已有数组。



如果需要包含引用类型的数组的深层副本，就必须迭代数组并创建新对象。

### 6.4.3 排序

`Array` 类使用 `QuickSort` 算法对数组中元素的进行排序。`Sort()` 方法需要数组中的元素实现 `IComparable` 接口。因为简单类型(如 `System.String` 和 `System.Int32`)实现 `IComparable` 接口，所以可以对包含这些类型的元素排序。

在示例程序中，数组 `name` 包含 `string` 类型的元素，这个数组可以排序。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
string[] names = {
    "Christina Aguilera",
    "Shakira",
    "Beyonce",
    "Gwen Stefani"
};

Array.Sort(names);

foreach (var name in names)
{
    Console.WriteLine(name);
}
```

该应用程序的输出是排好序的数组:

```
Beyonce
Christina Aguilera
Gwen Stefani
Shakira
```

如果对数组使用自定义类,就必须实现 `IComparable` 接口。这个接口只定义了一个方法 `CompareTo()`,如果要比较的对象相等,该方法就返回 0。如果该实例应排在参数对象的前面,该方法就返回小于 0 的值。如果该实例应排在参数对象的后面,该方法就返回大于 0 的值。

修改 `Person` 类,使之实现 `IComparable<Person>` 接口。对 `LastName` 的值进行比较。`LastName` 是 `string` 类型,而 `String` 类已经实现了 `IComparable` 接口,所以可以使用 `String` 类中 `CompareTo()` 方法的实现代码。如果 `LastName` 的值相同,就比较 `FirstName`:



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
public class Person: IComparable<Person>
{
    public int CompareTo(Person other)
    {
        if (other == null) throw new ArgumentNullException("other");

        int result = this.LastName.CompareTo(
            other.LastName);
        if (result == 0)
        {
            result = this.FirstName.CompareTo(
                other.FirstName);
        }
        return result;
    }
    //...
```

现在可以按照姓氏对 `Person` 对象对应的数组排序:



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
Person[] persons = {
    new Person { FirstName="Damon", LastName="Hill" },
    new Person { FirstName="Niki", LastName="Lauda" },
    new Person { FirstName="Ayrton", LastName="Senna" },
    new Person { FirstName="Graham", LastName="Hill" }
};

Array.Sort(persons);
foreach (var p in persons)
{
    Console.WriteLine(p);
}
```

使用 `Person` 类的排序功能，会得到按姓氏排序的姓名：

```
Damon Hill
Graham Hill
Niki Lauda
Ayrton Senna
```

如果 `Person` 对象的排序方式与上述不同，或者不能修改在数组中用作元素的类，就可以实现 `IComparer` 接口或 `IComparer<T>` 接口。这两个接口定义了方法 `Compare()`。要比较的类必须实现这两个接口之一。`IComparer` 接口独立于要比较的类。这就是 `Compare()` 方法定义了两个要比较的参数的原因。其返回值与 `IComparable` 接口的 `CompareTo()` 方法类似。

类 `PersonComparer` 实现了 `IComparer<Person>` 接口，可以按照 `firstName` 或 `lastName` 对 `Person` 对象排序。枚举 `PersonCompareType` 定义了可用于 `PersonComparer` 的排序选项：`FirstName` 和 `LastName`。排序方式由 `PersonComparer` 类的构造函数定义，在该构造函数中设置了一个 `PersonCompareType` 值。实现 `Compare()` 方法时用一个 `switch` 语句指定是按 `FirstName` 还是 `LastName` 排序。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
public enum PersonCompareType
{
    FirstName,
    LastName
}

public class PersonComparer: IComparer<Person>
{
    private PersonCompareType compareType;

    public PersonComparer(PersonCompareType compareType)
    {
        this.compareType = compareType;
    }

    public int Compare(Person x, Person y)
    {
        if (x == null) throw new ArgumentNullException("x");
        if (y == null) throw new ArgumentNullException("y");

        switch (compareType)
        {
            case PersonCompareType.FirstName:
                return x.FirstName.CompareTo(y.FirstName);
            case PersonCompareType.LastName:
                return x.LastName.CompareTo(y.LastName);
            default:
                throw new ArgumentException(
                    "unexpected compare type");
        }
    }
}
```

代码段 `SortingSample/PersonComparer.cs`

现在, 可以将一个 `PersonComparer` 对象传递给 `Array.Sort()` 方法的第 2 个参数。下面按名字对 `persons` 数组排序:



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
Array.Sort (persons,
            new PersonComparer (PersonCompareType.FirstName));
foreach (var p in persons)
{
    Console.WriteLine (p);
}
```

代码段 `SortingSample/Program.cs`

`persons` 数组现在按名字排序:

```
Ayrton Senna
Damon Hill
Graham Hill
Niki Lauda
```



`Array` 类还提供了 `Sort` 方法, 它需要将一个委托作为参数。这个参数可以传递给方法, 从而比较两个对象, 而不需要依赖 `IComparable` 或 `IComparer` 接口。第 8 章将介绍如何使用委托。

## 6.5 数组作为参数

数组可以作为参数传递给方法, 也可以从方法中返回。要返回一个数组, 只需把数组声明为返回类型, 如下面的方法 `GetPerson()` 所示:



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
static Person[] GetPersons ()
{
    return new Person[] {
        new Person { FirstName="Damon", LastName="Hill" },
        new Person { FirstName="Niki", LastName="Lauda" },
        new Person { FirstName="Ayrton", LastName="Senna" },
        new Person { FirstName="Graham", LastName="Hill" }
    };
}
```

代码段 `SortingSample/Program.cs`

要把数组传递给方法, 应把数组声明为参数, 如下面的 `DisplayPerson()` 方法所示:

```
static void DisplayPersons (Person[] persons)
{
    //...
```

### 6.5.1 数组协变

数组支持协变。这表示数组可以声明为基类，其派生类型的元素可以赋予数组元素。

例如，可以声明一个 `object[]` 类型的参数，给它传递一个 `Person[]`：

```
static void DisplayArray(object[] data)
{
    //...
}
```



数组协变只能用于引用类型，不能用于值类型。

数组协变有一个问题，它只能通过运行时异常来解决。如果把 `Person` 数组赋予 `object` 数组，`object` 数组就可以使用派生自 `object` 的任何元素。例如，编译器允许把字符串传递给数组元素。但因为 `object` 数组引用 `Person` 数组，所以会出现一个运行时异常。

### 6.5.2 ArraySegment<T>

结构 `ArraySegment<T>` 表示数组的一段。如果某方法应返回数组的一部分，或者给某方法传递数组的一部分，就可以使用数组段。通过 `ArraySegment<T>` 可以只传递一个参数，而不是用 3 个参数传递数组、偏移量和元素个数。在这个结构中，关于数组段的信息(偏移量和元素个数)包含在结构的成员中。

`SumOfSegments()` 方法提取一组 `ArraySegment<int>` 元素，计算该数组段定义的所有整数之和，并返回整数和：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
static int SumOfSegments(ArraySegment<int>[] segments)
{
    int sum = 0;
    foreach (var segment in segments)
    {
        for (int i = segment.Offset; i < segment.Offset +
            segment.Count; i++)
        {
            sum += segment.Array[i];
        }
    }
    return sum;
}
```

代码段 `ArraySegmentSample/Program.cs`

使用这个方法时，传递了一个数组段。第一个数组元素从 `ar1` 的第一个元素开始，引用了 3 个元素；第二个数组元素从 `ar2` 的第 4 个元素开始，引用了 3 个元素：

```
int[] ar1 = { 1, 4, 5, 11, 13, 18 };
int[] ar2 = { 3, 4, 5, 18, 21, 27, 33 };
```

```
var segments = new ArraySegment<int> [2]
{
    new ArraySegment<int> (ar1, 0, 3),
    new ArraySegment<int> (ar2, 3, 3)
};
var sum = SumOfSegments (segments);
```



数组段不复制原数组的元素，但原数组可以通过 `ArraySegment<T>` 访问。如果数组段中的元素改变了，这些变化就会反映到原数组中。

## 6.6 枚举

在 `foreach` 语句中使用枚举，可以迭代集合(参见第 10 章)中的元素，且无需知道集合中的元素个数。`foreach` 语句使用了一个枚举器。图 6-7 显示了调用 `foreach` 方法的客户端和集合之间的关系。数组或集合实现带 `GetEnumerator()` 方法的 `IEnumerable` 接口。`GetEnumerator()` 方法返回一个实现 `IEnumerable` 接口的枚举。接着，`foreach` 语句就可以使用 `IEnumerable` 接口迭代集合了。

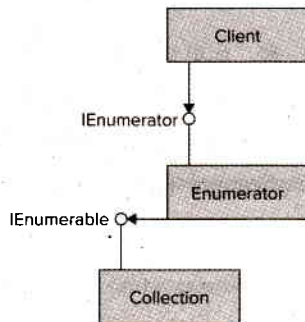


图 6-7



`GetEnumerator()` 方法用 `IEnumerable` 接口定义。`foreach` 语句并不真的需要在集合类中实现这个接口。有一个名为 `GetEnumerator()` 的方法，它返回实现了 `IEnumerable` 接口的对象就足够了。

### 6.6.1 IEnumerable 接口

`foreach` 语句使用 `IEnumerable` 接口的方法和属性，迭代集合中的所有元素。为此，`IEnumerable` 定义了 `Current` 属性，来返回光标所在的元素，该接口的 `MoveNext()` 方法移动到集合的下一个元素上，如果有这个元素，该方法就返回 `true`。如果集合不再有更多的元素，该方法就返回 `false`。

这个接口的泛型版本 `IEnumerable<T>` 派生自接口 `IDisposable`，因此定义了 `Dispose()` 方法，来清理枚举器占用的资源。



**IEnumerator** 接口还定义了 **Reset()** 方法，以与 COM 交互操作。许多 .NET 枚举器通过抛出 **NotSupportedException** 类型的异常，来实现这个方法。

## 6.6.2 foreach 语句

C# 的 **foreach** 语句不会解析为 IL 代码中的 **foreach** 语句。C# 编译器会把 **foreach** 语句转换为 **IEnumerable** 接口的方法和属性。下面是一条简单的 **foreach** 语句，它迭代 **persons** 数组中的所有元素，并逐个显示它们：

```
foreach (var p in persons)
{
    Console.WriteLine(p);
}
```

**foreach** 语句会解析为下面的代码段。首先，调用 **GetEnumerator()** 方法，获得数组的一个枚举器。在 **while** 循环中——只要 **MoveNext()** 返回 **true**——就用 **Current** 属性访问数组中的元素：

```
IEnumerator<Person> enumerator = persons.GetEnumerator();
while (enumerator.MoveNext())
{
    Person p = enumerator.Current;
    Console.WriteLine(p);
}
```

## 6.6.3 yield 语句

自 C# 的第 1 个版本以来，使用 **foreach** 语句可以轻松地迭代集合。在 C# 1.0 中，创建枚举器仍需要做大量的工作。C# 2.0 添加了 **yield** 语句，以便于创建枚举器。**yield return** 语句返回集合的一个元素，并移动到下一个元素上。**yield break** 可停止迭代。

下一个例子是用 **yield return** 语句实现一个简单集合的代码。**HelloCollection** 类包含 **GetEnumerator()** 方法。该方法的实现代码包含两条 **yield return** 语句，它们分别返回字符串 **Hello** 和 **World**。




可从  
wrox.com  
下载源代码

```
using System;
using System.Collections;

namespace Wrox.ProCSharp.Arrays
{
    public class HelloCollection
    {
        public IEnumerator<string> GetEnumerator()
        {
            yield return "Hello";
            yield return "World";
        }
    }
}
```

代码段 `YieldDemo/Program.cs`

 包含 `yield` 语句的方法或属性也称为迭代块。迭代块必须声明为返回 `IEnumerator` 或 `IEnumerable` 接口, 或者这些接口的泛型版本。这个块可以包含多条 `yield return` 语句或 `yield break` 语句, 但不能包含 `return` 语句。

现在可以用 `foreach` 语句迭代集合了:

```
public void HelloWorld()
{
    var helloCollection = new HelloCollection();
    foreach (var s in helloCollection)
    {
        Console.WriteLine(s);
    }
}
```

使用迭代块, 编译器会生成一个 `yield` 类型, 其中包含一个状态机, 如下面的代码段所示。 `yield` 类型实现 `IEnumerator` 和 `IDisposable` 接口的属性和方法。在下面的例子中, 可以把 `yield` 类型看作内部类 `Enumerator`。外部类的 `GetEnumerator()` 方法实例化并返回一个新的 `yield` 类型。在 `yield` 类型中, 变量 `state` 定义了迭代的当前位置, 每次调用 `MoveNext()` 时, 当前位置都会改变。 `MoveNext()` 封装了迭代块的代码, 并设置了 `current` 变量的值, 从而使 `Current` 属性根据位置返回一个对象。

```
public class HelloCollection
{
    public IEnumerator GetEnumerator()
    {
        return new Enumerator(0);
    }

    public class Enumerator: IEnumerator<string>, IEnumerator, IDisposable
    {
        private int state;
        private string current;

        public Enumerator(int state)
        {
            this.state = state;
        }

        bool System.Collections.IEnumerator.MoveNext()
        {
            switch (state)
            {
                case 0:
                    current = "Hello";
                    state = 1;
                    return true;
                case 1:
            }
        }
    }
}
```



```

        current = "World";
        state = 2;
        return true;
    case 2:
        break;
    }

    return false;
}

void System.Collections.IEnumerator.Reset()
{
    throw new NotSupportedException();
}

string System.Collections.Generic.IEnumerator < string > .Current
{
    get
    {
        return current;
    }
}
object System.Collections.IEnumerator.Current
{
    get
    {
        return current;
    }
}

void IDisposable.Dispose()
{
}
}
}

```



yield 语句会生成一个枚举器，而不仅仅生成一个包含的项的列表。这个枚举器通过 foreach 语句调用。从 foreach 中依次访问每一项时，就会访问枚举器。这样就可以迭代大量的数据，而无需一次把所有的数据都读入内存。

### 1. 迭代集合的不同方式

在下面这个比 Hello World 示例略大但比较真实的示例中，可以使用 yield return 语句，以不同方式迭代集合的类。类 MusicTitles 可以用默认方式通过 GetEnumerator() 方法迭代标题，用 Reverse() 方法逆序迭代标题，用 Subset() 方法迭代子集：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
public class MusicTitles
{
    string[] names = { "Tubular Bells", "Hergest Ridge", "Ommadawn",
                      "Platinum" };

    public IEnumerator<string> GetEnumerator()
    {
        for (int i = 0; i < 4; i++)
        {
            yield return names[i];
        }
    }

    public IEnumerable<string> Reverse()
    {
        for (int i = 3; i >= 0; i -- )
        {
            yield return names[i];
        }
    }

    public IEnumerable<string> Subset(int index, int length)
    {
        for (int i = index; i < index + length; i++)
        {
            yield return names[i];
        }
    }
}
```

代码段 YieldDemo/Program.cs



类支持的默认迭代是定义为返回 `IEnumerator` 的 `GetEnumerator()` 方法。命名的迭代返回 `IEnumerable`。

迭代字符串数组的客户端代码先使用 `GetEnumerator()` 方法，该方法不必在代码中编写，因为这是默认使用的方法。然后逆序迭代标题，最后将索引和要迭代的项数传递给 `Subset()` 方法，来迭代子集：

```
var titles = new MusicTitles();
foreach (var title in titles)
{
    Console.WriteLine(title);
}
Console.WriteLine();

Console.WriteLine("reverse");
foreach (var title in titles.Reverse())
{
    Console.WriteLine(title);
}
```

```

Console.WriteLine();

Console.WriteLine("subset");
foreach (var title in titles.Subset(2, 2))
{
    Console.WriteLine(title);
}

```

## 2. 用 yield return 返回枚举器

使用 yield 语句还可以完成更复杂的任务，例如，从 yield return 中返回枚举器。

在 TicTacToe 游戏中有 9 个域，玩家轮流在这些域中放置一个“十”字或一个圆。这些移动操作由 GameMoves 类模拟。方法 Cross() 和 Circle() 是创建迭代类型的迭代块。变量 cross 和 circle 在 GameMoves 类的构造函数中设置为 Cross() 和 Circle() 方法。这些字段不设置为调用的方法，而是设置为用迭代块定义的迭代类型。在 Cross() 迭代块中，将移动操作的信息写到控制台上，并递增移动次数。如果移动次数大于 8，就用 yield break 停止迭代；否则，就在每次迭代中返回 yield 类型 circle 的枚举对象。Circle() 迭代块非常类似于 Cross() 迭代块，只是它在每次迭代中返回 cross 迭代器类型。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

public class GameMoves
{
    private IEnumerator cross;
    private IEnumerator circle;

    public GameMoves()
    {
        cross = Cross();
        circle = Circle();
    }

    private int move = 0;
    const int MaxMoves = 9;

    public IEnumerator Cross()
    {
        while (true)
        {
            Console.WriteLine("Cross, move {0}", move);
            if (++move >= MaxMoves)
                yield break;
            yield return circle;
        }
    }

    public IEnumerator Circle()
    {
        while (true)
        {
            Console.WriteLine("Circle, move {0}", move);
            if (++move >= MaxMoves)
                yield break;
            yield return cross;
        }
    }
}

```

代码段 YieldDemo/GameMoves.cs

在客户端程序中，可以以如下方式使用 `GameMoves` 类。将枚举器设置为由 `game.Cross()` 返回的枚举器类型，以设置第一次移动。在 `while` 循环中，调用 `enumerator.MoveNext()`。第一次调用 `enumerator.MoveNext()` 时，会调用 `Cross()` 方法，`Cross()` 方法使用 `yield` 语句返回另一个枚举器。返回的值可以用 `Current` 属性访问，并设置为 `enumerator` 变量，用于下一次循环：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
var game = new GameMoves();
IEnumerator enumerator = game.Cross();
while (enumerator.MoveNext())
{
    enumerator = enumerator.Current as IEnumerator;
}
```

代码段 YieldDemo/Program.cs

这个程序的输出会显示交替移动的情况，直到最后一次移动：

```
Cross, move 0
Circle, move 1
Cross, move 2
Circle, move 3
Cross, move 4
Circle, move 5
Cross, move 6
Circle, move 7
Cross, move 8
```

## 6.7 元组

数组合并了相同类型的对象，而元组合并了不同类型的对象。元组起源于函数编程语言(如 F#)，在这些语言中频繁使用元组。在 .NET 4 中，元组可通过 `NET Framework` 用于所有的 .NET 语言。

.NET 4 定义了 8 个泛型 `Tuple` 类和一个静态 `Tuple` 类，它们用作元组的工厂。这里的不同泛型 `Tuple` 类支持不同数量的元素。例如，`Tuple<T1>` 包含一个元素，`Tuple<T1, T2>` 包含两个元素，以此类推。

方法 `Divide()` 返回包含两个成员的元组 `Tuple<int, int>`。泛型类的参数定义了成员的类型，它们都是整数。元组用静态 `Tuple` 类的静态 `Create()` 方法创建。`Create()` 方法的泛型参数定义了要实例化的元组类型。新建的元组用 `result` 和 `remainder` 变量初始化，返回这两个变量相除的结果：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
public static Tuple<int, int> Divide(int dividend, int divisor)
{
    int result = dividend / divisor;
    int remainder = dividend % divisor;

    return Tuple.Create<int, int> (result, remainder);
}
```

下面的代码说明了 `Divide()` 方法的调用。可以用属性 `Item1` 和 `Item2` 访问元组的项:

```
var result = Divide(5, 2);
Console.WriteLine("result of division: {0}, remainder: {1}",
    result.Item1, result.Item2);
```

如果元组包含的项超过 8 个, 就可以使用带 8 个参数的 `Tuple` 类定义。最后一个模板参数是 `TRest`, 表示必须给它传递一个元组。这样, 就可以创建带任意个参数的元组了。

下面说明这个功能:

```
public class Tuple<T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7, TRest>
```

其中, 最后一个模板参数是一个元组类型, 所以可以创建带任意多项的元组:

```
var tuple = Tuple.Create<string, string, string, int, int, int, double,
    Tuple<int, int>>(
    "Stephanie", "Alina", "Nagel", 2009, 6, 2, 1.37,
    Tuple.Create<int, int> (52, 3490));
```

## 6.8 结构比较

数组和元组都实现接口 `IStructuralEquatable` 和 `IStructuralComparable`。这两个接口都是 .NET 4 新增的, 不仅可以比较引用, 还可以比较内容。这些接口都是显式实现的, 所以在使用时需要把数组和元组强制转换为这个接口。`IStructuralEquatable` 接口用于比较两个元组或数组是否有相同的内容, `IStructuralComparable` 接口用于给元组或数组排序。

对于说明 `IStructuralEquatable` 接口的示例, 使用实现 `IEquatable` 接口的 `Person` 类。`Iequatable` 接口定义了一个强类型化的 `Equals()` 方法, 以比较 `FirstName` 和 `LastName` 属性的值:



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
public class Person: IEquatable<Person>
{
    public int Id { get; private set; }
    public string FirstName { get; set; }
    public string LastName { get; set; }

    public override string ToString()
    {
        return String.Format("{0}, {1} {2}", Id, FirstName, LastName);
    }

    public override bool Equals(object obj)
    {
        if (obj == null) throw new ArgumentNullException("obj");
        return Equals(obj as Person);
    }

    public override int GetHashCode()
```

```

    {
        return Id.GetHashCode();
    }

    public bool Equals(Person other)
    {
        if (other == null) throw new ArgumentNullException("other");

        return this.Id == other.Id && this.FirstName == other.FirstName &&
            this.LastName == other.LastName;
    }
}

```

---

代码段 StructuralComparison/Person.cs

现在创建了两个包含 `Person` 项的数组。这两个数组通过变量名 `janet` 包含相同的 `Person` 对象，和两个内容不同的不同 `Person` 对象。比较运算符 “`!=`” 返回 `true`，因为这其实是两个变量 `persons1` 和 `persons2` 引用的两个不同数组。因为 `Array` 类没有重写带一个参数的 `Equals()` 方法，所以用 “`=`” 运算符比较引用也会得到相同的结果，即这两个变量不相同：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

var janet = new Person { FirstName = "Janet", LastName = "Jackson" };
Person[] persons1 = {
    new Person
    {
        FirstName = "Michael",
        LastName = "Jackson"
    },
    janet
};
Person[] persons2 = {
    new Person
    {
        FirstName = "Michael",
        LastName = "Jackson"
    },
    janet
};

if (persons1 != persons2)
    Console.WriteLine("not the same reference");

```

---

代码段 StructuralComparison/Program.cs

对于 `IStructuralEquatable` 接口定义的 `Equals()` 方法，它的第一个参数是 `object` 类型，第二个参数是 `IEqualityComparer` 类型。调用这个方法时，通过传递一个实现了 `IEqualityComparer<T>` 的对象，就可以定义如何进行比较。通过 `EqualityComparer<T>` 类完成 `IEqualityComparer` 的一个默认实现。这个实现检查该类型是否实现了 `IEquatable` 接口，并调用 `IEquatable.Equals()` 方法。如果该类型没有实现 `IEquatable`，就调用 `Object` 基类中的 `Equals()` 方法进行比较。

`Person` 实现 `IEquatable<Person>`，在此过程中比较对象的内容，而数组的确包含相同的内容：

```

if ((persons1 as IStructuralEquatable).Equals(persons2,

```

```

        EqualityComparer<Person>.Default))
    {
        Console.WriteLine("the same content");
    }
}

```

下面看看如何对元组执行相同的操作。这里创建了两个内容相同的元组实例。当然，因为引用 t1 和 t2 引用了两个不同的对象，所以比较运算符 “!=” 返回 true:

```

var t1 = Tuple.Create<int, string>(1, "Stephanie");
var t2 = Tuple.Create<int, string>(1, "Stephanie");
if (t1 != t2)
    Console.WriteLine("not the same reference to the tuple");

```

`Tuple<>` 类提供了两个 `Equals()` 方法：一个重写了 `Object` 基类中的 `Equals()` 方法，并把 `object` 作为参数，第二个由 `IStructuralEqualityComparer` 接口定义，并把 `object` 和 `IEqualityComparer` 作为参数。可以给第一个方法传送另一个元组，如下所示。这个方法使用 `EqualityComparer<object>.Default` 获取一个 `ObjectEqualityComparer<object>`，以进行比较。这样，就会调用 `Object.Equals()` 方法比较元组的每一项。如果每一项都返回 true，`Equals()` 方法的最终结果就是 true，这里因为 `int` 和 `string` 值都相同，所以返回 true:

```

if (t1.Equals(t2))
    Console.WriteLine("the same content");

```

还可以使用类 `TupleComparer` 创建一个自定义的 `IEqualityComparer`，如下所示。这个类实现了 `IEqualityComparer` 接口的两个方法 `Equals()` 和 `GetHashCode()`:



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

class TupleComparer: IEqualityComparer
{
    public new bool Equals(object x, object y)
    {
        return x.Equals(y);
    }

    public int GetHashCode(object obj)
    {
        return obj.GetHashCode();
    }
}

```

代码段 StructuralComparison/Program.cs



实现 `IEqualityComparer` 接口的 `Equals()` 方法需要 `new` 修饰符或者隐式实现的接口，因为基类 `Object` 也定义了带两个参数的静态 `Equals()` 方法。

使用 `TupleComparer`，给 `Tuple<T1, T2>` 类的 `Equals()` 方法传递一个新实例。`Tuple` 类的 `Equals()` 方法为要比较的每一项调用 `TupleComparer` 的 `Equals()` 方法。所以，对于 `Tuple<T1, T2>` 类，要调用两次 `TupleComparer`，以检查所有项是否相等:

```

if (t1.Equals(t2, new TupleComparer()))

```

```
Console.WriteLine("equals using TupleComparer");
```

## 6.9 小结

本章介绍了创建和使用简单数组、多维数组和锯齿数组的 C# 表示法。C# 数组在后台使用 `Array` 类，这样就可以用数组变量调用这个类的属性和方法。

我们还探讨了如何使用 `IComparable` 和 `IComparer` 接口给数组中的元素排序，描述了如何使用和创建枚举器、`IEnumerable` 和 `IEnumerator` 接口，以及 `yield` 语句。最后介绍了 .NET 4 的一个新特性——元组。

下一章介绍运算符和强制类型转换。



# 第 7 章

## 运算符和类型强制转换

本章内容:

- C#中的运算符
- 处理引用类型和值类型时相等的含义
- 基本数据类型之间的数据转换
- 使用装箱技术把值类型转换为引用类型
- 通过类型强制转换在引用类型之间转换
- 重载标准的运算符以支持自定义类型
- 给自定义类型添加类型强制转换运算符

前几章介绍了使用 C#编写程序所需要的大部分知识。本章将首先讨论基本语言元素,接着论述 C#语言的扩展功能。

### 7.1 运算符

C 和 C++开发人员应很熟悉大多数 C#运算符,这里为新程序员和 Visual Basic 开发人员介绍最重要的运算符,并揭示 C#中的一些新变化。

C#支持表 7-1 中的运算符。

表 7-1

类 别	运 算 符
算术运算符	+ - * / %
逻辑运算符	&   ^ ~ &&    !
字符串连接运算符	+
增量和减量运算符	++ --
移位运算符	<< >>
比较运算符	= != <> <= >=
赋值运算符	= += -= *= /= %= &=  = ^= <<= >>=
成员访问运算符(用于对象和结构)	.
索引运算符(用于数组和索引器)	[]
类型转换运算符	()

(续表)

类 别	运 算 符
条件运算符(三元运算符)	?:
委托连接和删除运算符(见第 8 章)	+ -
对象创建运算符	new
类型信息运算符	sizeof is typeof as
溢出异常控制运算符	checked unchecked
间接寻址运算符	[]
名称空间别名限定符(见第 2 章)	::
空合并运算符	??

如表 7-2 所示, 有 4 个运算符(sizeof、\*、->和&)只能用于不安全的代码(这些代码忽略了 C# 的类型安全性检查), 这些不安全的代码见第 13 章的讨论。还要注意, sizeof 运算符在早期版本的 .NET Framework 1.0 和 1.1 中使用, 它需要不安全模式。自从 .NET Framework 2.0 版本以来, 就不需要这个运算符了。

表 7-2

类 别	运 算 符
运算符关键字	sizeof(仅用于 .NET Framework 1.0 和 1.1)
运算符	*, ->, &

使用 C# 运算符的一个最大缺点是, 与 C 风格的语言一样, 对于赋值(=)和比较(==)运算 C# 使用不同的运算符。例如, 下述语句表示“x 等于 3”:

```
x = 3;
```

如果要比较 x 和另一个值, 就需要使用两个等号(==):

```
if (x == 3)
{
}
```

C# 非常严格的类型安全规则防止出现常见的 C 错误, 也就是在逻辑语句中使用赋值运算符代替比较运算符。在 C# 中, 下述语句会产生一个编译错误:

```
if (x = 3)
{
}
```

习惯使用与字符(&)来连接字符串的 Visual Basic 程序员必须改变这个习惯。在 C# 中, 使用加号(+)连接字符串, 而“&”符号表示两个不同整数值的按位 AND 运算。“|”符号则在两个整数之间执行按位 OR 运算。Visual Basic 程序员可能还没有使用过取模(%)运算符, 它返回除运算的余数, 例如, 如果 x 等于 7, 则 x % 5 会返回 2。

在 C# 中很少会用到指针, 因此也很少用到间接寻址运算符(->)。使用它们的唯一场合是在不安全的代码块中, 因为只有在此 C# 才允许使用指针。指针和不安全的代码见第 13 章。

## 7.1.1 运算符的简化操作

表 7-3 列出了 C# 中的全部简化赋值运算符。

表 7-3

运算符的简化操作	等价于
<code>x++, ++x</code>	<code>x = x + 1</code>
<code>x--, --x</code>	<code>x = x - 1</code>
<code>x += y</code>	<code>x = x + y</code>
<code>x -= y</code>	<code>x = x - y</code>
<code>x *= y</code>	<code>x = x * y</code>
<code>x /= y</code>	<code>x = x / y</code>
<code>x %= y</code>	<code>x = x % y</code>
<code>x &gt;&gt;= y</code>	<code>x = x &gt;&gt; y</code>
<code>x &lt;&lt;= y</code>	<code>x = x &lt;&lt; y</code>
<code>x &amp;= y</code>	<code>x = x &amp; y</code>
<code>x  = y</code>	<code>x = x   y</code>

为什么用两个例子来说明“++”增量和“--”减量运算符？把运算符放在表达式的前面称为前置，把运算符放在表达式的后面称为后置。要点是注意它们的行为方式有所不同。

增量或减量运算符可以作用于整个表达式，也可以作用于表达式的内部。当 `x++` 和 `++x` 单独占一行时，它们的作用是相同的，对应于语句 `x = x + 1`。但当它们用于较长的表达式的内部时，把运算符放在前面(`++x`)会在计算表达式之前递增 `x`，换言之，递增了 `x` 后，在表达式中使用新值进行计算。而把运算符放在后面(`x++`)会在计算表达式之后递增 `x`——使用 `x` 的原始值计算表达式。下面的例子使用“++”增量运算符说明了它们的区别：

```
int x = 5;
if (++x == 6) // true — x is incremented to 6 before the evaluation
{
    Console.WriteLine("This will execute");
}

if (x++ == 7) // false — x is incremented to 7 after the evaluation
{
    Console.WriteLine("This won't");
}
```

判断第一个 `if` 条件得到 `true`，因为在计算表达式之前，`x` 从 5 递增为 6。第二条 `if` 语句中的条件为 `false`，因为在计算完整个表达式(`x == 6`)后，`x` 才递增为 7。

前置运算符 `--x` 和后置运算符 `x--` 与此类似，但它们是递减，而不是递增。

其他简化运算符，如 `+=` 和 `-=` 需要两个操作数，通过对第 1 个操作数执行算术、逻辑或按位运算，从而改变第一个操作数的值。例如，下面两行代码是等价的：

```
x += 5;
```

```
x = x + 5;
```

下面介绍在 C# 代码中频繁使用的基本运算符和类型强制转换运算符。

## 1. 条件运算符

条件运算符(?:)也称为三元运算符,是 `if...else` 结构的简化形式。其名称的出处是它带有 3 个操作数。它首先判断一个条件,如果条件为真,就返回一个值;如果条件为假,则返回另一个值。其语法如下:

```
condition ? true_value: false_value
```

其中 `condition` 是要判断的布尔表达式, `true_value` 是 `condition` 为 `true` 时返回的值, `false_value` 是 `condition` 为 `false` 时返回的值。

恰当地使用三元运算符,可以使程序非常简洁。它特别适合于给被调用的函数提供两个参数中的一个。使用它可以把布尔值转换为字符串值 `true` 或 `false`。它也很适合于显示正确的单数形式或复数形式,例如:

```
int x = 1;
string s = x + " ";
s += (x == 1 ? "man": "men");
Console.WriteLine(s);
```

如果 `x` 等于 1,这段代码就显示 1 man;如果 `x` 等于其他数,就显示其正确的复数形式。但要注意,如果结果需要本地化为不同的语言中,就必须编写更复杂的例程,以考虑到不同语言的不同语法。

## 2. checked 和 unchecked 运算符

考虑下面的代码:

```
byte b = 255;
b++;
Console.WriteLine(b.ToString());
```

`byte` 数据类型只能包含 0~255 的数,所以递增 `b` 的值会导致溢出。CLR 如何处理这个溢出取决于许多因素,包括编译器选项,所以只要有未预料到的溢出风险,就需要用某种方式确保得到我们想要的结果。

为此,C#提供了 `checked` 和 `unchecked` 运算符。如果把一个代码块标记为 `checked`,CLR 就会执行溢出检查,如果发生溢出,就抛出 `OverflowException` 异常。下面修改代码,使之包含 `checked` 运算符:

```
byte b = 255;
checked
{
    b++;
}
Console.WriteLine(b.ToString());
```

运行这段代码,就会得到一条错误信息:

```
Unhandled Exception: System.OverflowException: Arithmetic operation resulted in an
overflow at Wrox.ProCSharp.Basics.OverflowTest.Main(String[] args)
```



用/checked 编译器选项进行编译, 就可以检查程序中所有未标记代码中的溢出。

如果要禁止溢出检查, 则可以把代码标记为 `unchecked`:

```
byte b = 255;
unchecked
{
    b++;
}
Console.WriteLine(b.ToString());
```

在本例中, 不会抛出异常, 但会丢失数据——因为 `byte` 数据类型不能包含 256, 溢出的位会丢弃, 所以 `b` 变量得到的值是 0。

注意, `unchecked` 是默认行为。只有在需要把几行未检查的代码放在一个显式地标记为 `checked` 的大代码块中, 才需要显式地使用 `unchecked` 关键字。

### 3. is 运算符

`is` 运算符可以检查对象是否与特定的类型兼容。“兼容”表示对象或者该类型, 或者派生自该类型。例如, 要检查变量是否与 `object` 类型兼容, 可以使用下面的代码:

```
int i = 10;
if (i is object)
{
    Console.WriteLine("i is an object");
}
```

`int` 和所有 C# 数据类型一样, 也从 `object` 继承而来; 表达式 `i is object` 将为 `true`, 并显示相应的消息。

### 4. as 运算符

`as` 运算符用于执行引用类型的显式类型转换。如果要转换的类型与指定的类型兼容, 转换就会成功进行; 如果类型不兼容, `as` 运算符就会返回 `null` 值。如下面的代码所示, 如果 `object` 引用实际上不引用 `string` 实例, 把 `object` 引用转换为 `string` 就会返回 `null`:

```
object o1 = "Some String";
object o2 = 5;

string s1 = o1 as string; // s1 = "Some String"
string s2 = o2 as string; // s2 = null
```

`as` 运算符允许在一步中进行安全的类型转换, 不需要先使用 `is` 运算符测试类型, 再执行转换。

### 5. sizeof 运算符

使用 `sizeof` 运算符可以确定栈中值类型需要的长度(单位是字节):

```
Console.WriteLine(sizeof(int));
```

其结果是显示数字 4，因为 `int` 有 4 个字节。

如果对于复杂类型(和非基元类型)使用 `sizeof` 运算符，就需要把代码放在 `unsafe` 块中，如下所示：

```
unsafe
{
    Console.WriteLine(sizeof(Customer));
}
```

第 13 章将详细论述不安全的代码。

## 6. typeof 运算符

`typeof` 运算符返回一个表示特定类型的 `System.Type` 对象。例如，`typeof(string)` 返回表示 `System.String` 类型的 `Type` 对象。在使用反射技术动态地查找对象的相关信息时，这个运算符很有用。第 14 章将介绍反射。

## 7. 可空类型和运算符

对于布尔类型，可以给它指定 `true` 或 `false` 值。但是，要把该类型的值定义为 `undefined`，该怎么办？此时使用可空类型可以给应用程序提供一个独特的值。如果在程序中使用可空类型，就必须考虑 `null` 值在与各种运算符一起使用时的影响。通常可空类型与一元或二元运算符一起使用时，如果其中一个操作数或两个操作数都是 `null`，其结果就是 `null`。例如：

```
int? a = null;
int? b = a + 4; // b = null
int? c = a * 5; // c = null
```

但是在比较可空类型时，只要有一个操作数是 `null`，比较的结果就是 `false`。即不能因为一个条件是 `false`，就认为该条件的对立面是 `true`，这在使用非可空类型的程序中很常见。例如：

```
int? a = null;
int? b = -5;

if (a >= b)
    Console.WriteLine("a >= b");
else
    Console.WriteLine("a < b");
```

 **null** 值的可能性表示，不能随意合并表达式中的可空类型和非可空类型，详见 7.2.1 节的内容。

## 8. 空合并运算符

空合并运算符(`??`)提供了一种快捷方式，可以在处理可空类型和引用类型时表示 `null` 可能的值。这个运算符放在两个操作数之间，第一个操作数必须是一个可空类型或引用类型；第二个操作数必须与第一个操作数的类型相同，或者可以隐含地转换为第一个操作数的类型。空合并运算符的计算如下：

- 如果第一个操作数不是 `null`，整个表达式就等于第一个操作数的值。

- 如果第一个操作数是 `null`，整个表达式就等于第二个操作数的值。

例如：

```
int? a = null;
int b;

b = a ?? 10; // b has the value 10
a = 3;
b = a ?? 10; // b has the value 3
```

如果第二个操作数不能隐含地转换为第一个操作数的类型，就生成一个编译错误。

## 7.1.2 运算符的优先级

表 7-4 显示了 C# 运算符的优先级。表 7-4 顶部的运算符有最高的优先级(即在包含多个运算符的表达式中，最先计算该运算符)：

表 7-4

组	运算符
初级运算符	<code>() . [] x++ x-- new typeof sizeof checked unchecked</code>
一元运算符	<code>+ - ! ~ ++x --x</code> 和数据类型强制转换
乘/除运算符	<code>* / %</code>
加/减运算符	<code>+ -</code>
移位运算符	<code>&lt;&lt; &gt;&gt;</code>
关系运算符	<code>&lt; &gt; &lt;= &gt;= is as</code>
比较运算符	<code>== !=</code>
按位 AND 运算符	<code>&amp;</code>
按位 XOR 运算符	<code>^</code>
按位 OR 运算符	<code> </code>
布尔 AND 运算符	<code>&amp;&amp;</code>
布尔 OR 运算符	<code>  </code>
条件运算符	<code>?:</code>
赋值运算符	<code>= += -= *= /= %= &amp;=  = ^= &lt;&lt;= &gt;&gt;= &gt;&gt;&gt;=</code>



在复杂的表达式中，应避免利用运算符优先级来生成正确的结果。使用圆括号指定运算符的执行顺序，可以使代码更整洁，避免出现潜在的冲突。

## 7.2 类型的安全性

第 1 章提到中间语言(IL)可以对其代码强制实现强类型安全性。强类型化支持 .NET 提供的许多服务，包括安全性和语言的交互性。因为 C# 这种语言会编译为 IL，所以 C# 也是强类型的。此外，这说明数据类型并不总是无缝地可互换的。本节将介绍基元类型之间的转换。



C#也支持不同引用类型之间的转换, 在与其他类型相互转换时还允许定义所创建的数据类型的行为方式。本章稍后将详细讨论这两个主题。

另一方面, 泛型可以避免对一些常见的情形进行类型转换, 详见第 5 章和第 10 章。

## 7.2.1 类型转换

我们常常需要把数据从一种类型转换为另一种类型。考虑下面的代码:

```
byte value1 = 10;
byte value2 = 23;
byte total;
total = value1 + value2;
Console.WriteLine(total);
```

在试图编译这些代码时, 会得到一条错误消息:

```
Cannot implicitly convert type 'int' to 'byte'
```

问题是, 我们把两个 `byte` 型数据加在一起时, 应返回 `int` 型结果, 而不是另一个 `byte`。这是因为 `byte` 包含的数据只能为 8 位, 所以把两个 `byte` 型数据加在一起, 很容易得到不能存储在单个字节中的值。如果要把结果存储在一个 `byte` 变量中, 就必须把它转换回一个 `byte`。C#支持两种转换方式: 隐式转换和显式转换。

### 1. 隐式转换

只要能保证值不会发生任何变化, 类型转换就可以自动(隐式)进行。这就是前面代码失败的原因: 试图从 `int` 转换为 `byte`, 而可能丢失了 3 个字节的数据。编译器不会告诉我们该怎么做, 除非我们明确告诉它这就是我们希望的! 如果在 `long` 型变量中而不是 `byte` 型变量中存储结果, 就不会有问题了:

```
byte value1 = 10;
byte value2 = 23;
long total; // this will compile fine
total = value1 + value2;
Console.WriteLine(total);
```

这是因为 `long` 型变量包含的数据字节比 `byte` 类型多, 所以没有丢失数据的危险。在这些情况下, 编译器会很顺利地转换, 我们也不需要显式提出要求。

表 7-5 列出了 C#支持的隐式类型转换。

表 7-5

源类型	目的类型
<code>sbyte</code>	<code>short</code> , <code>int</code> , <code>long</code> , <code>float</code> , <code>double</code> , <code>decimal</code> , <code>BigInteger</code>
<code>byte</code>	<code>short</code> , <code>ushort</code> , <code>int</code> , <code>uint</code> , <code>long</code> , <code>ulong</code> , <code>float</code> , <code>double</code> , <code>decimal</code> , <code>BigInteger</code>
<code>short</code>	<code>int</code> , <code>long</code> , <code>float</code> , <code>double</code> , <code>decimal</code> , <code>BigInteger</code>



(续表)

源类型	目的类型
ushort	int、uint、long、ulong、float、double、decimal、BigInteger
int	long、float、double、decimal、BigInteger
uint	long、ulong、float、double、decimal、BigInteger
long、ulong	float、double、decimal、BigInteger
float	double、BigInteger
char	ushort、int、uint、long、ulong、float、double、decimal、BigInteger

注意，只能从较小的整数类型隐式地转换为较大的整数类型，不能从较大的整数类型隐式地转换为较小的整数类型。也可以在整数和浮点数之间转换，然而，其规则略有不同。尽管可以在相同大小的类型之间转换，如 int/uint 转换为 float，long/ulong 转换为 double，但是也可以从 long/ulong 转换回 float。这样做可能会丢失 4 个字节的数据，但这仅表示得到的 float 值比使用 double 得到的值精度低，编译器认为这是一种可以接受的错误，而其值的大小不会受到影响。无符号的变量可以转换为有符号的变量，只要无符号的变量值的大小在有符号的变量的范围之内即可。

在隐式地转换值类型时，可空类型需要考虑其他因素：

- 可空类型隐式地转换为其他可空类型，应遵循表 7-5 中非可空类型的转换规则。即 int? 隐式地转换为 long?、float?、double? 和 decimal?。
- 非可空类型隐式地转换为可空类型也遵循表 7-5 中的转换规则，即 int 隐式地转换为 long?、float?、double? 和 decimal?。
- 可空类型不能隐式地转换为非可空类型，此时必须进行显式转换，如下一节所述。这是因为可空类型的值可以是 null，但非可空类型不能表示这个值。

## 2. 显式转换

有许多场合不能隐式地转换类型，否则编译器会报告错误。下面是不能进行隐式转换的一些场合：

- int 转换为 short —— 会丢失数据。
- int 转换为 uint —— 会丢失数据。
- uint 转换为 int —— 会丢失数据。
- float 转换为 int —— 会丢失小数点后面的所有数据。
- 任何数字类型转换为 char —— 会丢失数据。
- decimal 转换为任何数字类型 —— 因为 decimal 类型的内部结构不同于整数和浮点数。
- int? 转换为 int —— 可空类型的值可以是 null。

但是，可以使用 cast 显式地执行这些转换。在把一种类型强制转换为另一种类型时，要有意地迫使编译器进行转换。类型强制转换的一般语法如下：

```
long val = 30000;
int i = (int)val;    // A valid cast. The maximum int is 2147483647
```

这表示，把强制转换的目标类型名放在要转换的值之前的圆括号中。对于熟悉 C 的程序员，这是类型强制转换的典型语法。对于熟悉 C++ 类型强制转换关键字(如 `static_cast`)的程序员，这些关键字在 C# 中不存在，必须使用 C 风格的旧语法。

这种类型强制转换是一种比较危险的操作，即使在从 `long` 转换为 `int` 这样简单的类型强制转换过程中，如果原来 `long` 的值比 `int` 的最大值还大，就会出问题：

```
long val = 3000000000;
int i = (int)val;          // An invalid cast. The maximum int is 2147483647
```

在本例中，不会报告错误，也得不到期望的结果。如果运行上面的代码，输出结果存储在 `i` 中，则其值为：

```
-1294967296
```

最好假定显式转换强制转换不会给出希望的结果。如前所述，C# 提供了一个 `checked` 运算符，使用它可以测试操作是否会导致算术溢出。使用 `checked` 运算符可以检查类型强制转换是否安全，如果不安全，就会迫使运行库抛出一个溢出异常：

```
long val = 3000000000;
int i = checked((int)val);
```

记住，所有的显式类型强制转换都可能不安全，在应用程序中应包含这样的代码，处理可能失败的类型强制转换。第 15 章将使用 `try` 和 `catch` 语句引入结构化异常处理。

使用类型强制转换可以把大多数基元数据类型从一种类型转换为另一种类型。例如，给 `price` 加上 0.5，再把结果强制转换为 `int`：

```
double price = 25.30;
int approximatePrice = (int)(price + 0.5);
```

这么做的代价是把价格四舍五入为最接近的美元数。但在这个转换过程中，小数点后面的所有数据都会丢失。因此，如果要使用这个修改过的价格进行更多的计算，最好不要使用这种转换；如果要输出全部计算完或部分计算完的近似值，且不希望用小数点后面的多位数据去麻烦用户，这种转换就很好。

下面的例子说明了把无符号整数转换为 `char` 时，会发生的情况：

```
ushort c = 43;
char symbol = (char)c;
Console.WriteLine(symbol);
```

结果是 ASCII 码为 43 的字符，即“+”号。可以尝试数字类型(包括 `char`)之间的任何转换，这种转换是可行的，例如，把 `decimal` 转换为 `char`，或把 `char` 转换为 `decimal`。

值类型之间的转换并不仅限于孤立的变量。还可以把类型为 `double` 的数组元素转换为类型为 `int` 的结构成员变量：

```
struct Item Details
{
    public string Description;
    public int ApproxPrice;
```

```

}

//...

double[] Prices = { 25.30, 26.20, 27.40, 30.00 };

ItemDetails id;
id.Description = "Hello there." ;
id.ApproxPrice = (int) (Prices[0] + 0.5);

```

要把一个可空类型转换为非可空类型，或转换为另一个可空类型，其中可能会丢失数据，就必须使用显式的类型强制转换。甚至在底层基本类型相同的元素之间进行转换时，也要使用显式的类型强制转换，例如，`int?`转换为`int`，或`float?`转换为`float`。这是因为可空类型的值可以是`null`，非可空类型不能表示这个值。只要可以在两种等价的非可空类型之间进行显式的类型强制转换，对应可空类型之间显式的类型强制转换就可以进行。但如果从可空类型强制转换为非可空类型，且变量的值是`null`，就会抛出`InvalidOperationException`异常。例如：

```

int? a = null;
int b = (int)a;    // Will throw exception

```

小心地使用显式的类型强制转换，就可以把简单值类型的任何实例转换为几乎任何其他类型。但在进行显式的类型转换时有一些限制，就值类型来说，只能在数字、`char`类型和`enum`类型之间转换。不能直接把布尔型强制转换为其他类型，也不能把其他类型转换为布尔型。

如果需要在数字和字符串之间转换，就可以使用.NET类库中提供的一些方法。`Object`类实现了一个`ToString()`方法，该方法在所有的.NET预定义类型中都进行了重写，并返回对象的字符串表示：

```

int i = 10;
string s = i.ToString();

```

同样，如果需要分析一个字符串，以检索一个数字或布尔值，就可以使用所有预定义值类型都支持的`Parse()`方法：

```

string s = "100" ;
int i = int.Parse(s);
Console.WriteLine(i + 50);    // Add 50 to prove it is really an int

```

注意，如果不能转换字符串(例如，要把字符串`Hello`转换为一个整数)，`Parse()`方法就会通过抛出一个异常注册一个错误。第15章将介绍异常。

## 7.2.2 装箱和拆箱

第2章介绍了所有类型，包括简单的预定义类型(如`int`和`char`)和复杂类型(如从`object`类型中派生的类和结构)。下面可以像处理对象那样处理面值：

```

string s = 10.ToString();

```

但是，C#数据类型可以分为在栈上分配内存的值类型和在堆上分配内存的引用类型。如果`int`不过是栈上一个4字节的值，该如何在它上面调用方法？

C#的实现方式是通过一个有点魔术性的方式，即装箱(`boxing`)。装箱和拆箱(`unboxing`)可以把值类型转换为引用类型，并把引用类型转换回值类型。这包含在7.5节中，因为这是基本的操作，即

把值强制转换为 `object` 类型。装箱用于描述把一个值类型转换为引用类型。运行库会为堆上的对象创建一个临时的引用类型“箱子”。

该转换可以隐式地进行，如上面的例子所述。还可以显式地进行转换：

```
int myIntNumber = 20;
object myObject = myIntNumber;
```

拆箱用于描述相反的过程，其中以前装箱的值类型强制转换回值类型。这里使用术语“强制转换”，是因为这种转换是显式进行的。其语法类似于前面的显式类型转换：

```
int myIntNumber = 20;
object myObject = myIntNumber;           // Box the int
int mySecondNumber = (int)myObject;     // Unbox it back into an int
```

只能对以前装箱的变量进行拆箱。当 `myObject` 不是装箱后的 `int` 型时，如果执行最后一行代码，就会在运行期间抛出一个异常。

这里有一个警告。在拆箱时，必须非常小心，确保得到的值变量有足够的空间存储拆箱的值中的所有字节。例如，C#的 `int` 只有 32 位，所以把 `long` 值(64 位)拆箱为 `int` 时，会导致一个 `InvalidCastException` 异常：

```
long myLongNumber = 333333423;
object myObject = (object)myLongNumber;
int myIntNumber = (int)myObject;
```

## 7.3 比较对象的相等性

在讨论了运算符并简要介绍了相等运算符后，就应考虑在处理类和结构的实例时，“相等”意味着什么。理解对象相等的机制对逻辑表达式的编程非常重要，另外，对实现运算符重载和类型强制转换也非常重要，本章后面将讨论运算符重载。

对象相等的机制有所不同，这取决于比较的是引用类型(类的实例)的比较还是值类型(基元数据类型，结构或枚举的实例)。下面分别介绍引用类型和值类型的相等性。

### 7.3.1 比较引用类型的相等性

`System.Object` 定义了 3 个不同的方法，来比较对象的相等性：`ReferenceEquals()`和两个版本的 `Equals()`。再加上比较运算符(==)，实际上有 4 种进行比较相等性的方式。这些方法有一些细微的区别，下面就介绍这些方法。

#### 1. ReferenceEquals()方法

`ReferenceEquals()`是一个静态方法，测试两个引用是否引用类的同一个实例，特别是两个引用是否包含内存中的相同地址。作为静态方法，它不能重写，所以 `System.Object` 的实现代码保持不变。如果提供的两个引用引用同一个对象实例，则 `ReferenceEquals()`总是返回 `true`；否则就返回 `false`。但是它认为 `null` 等于 `null`：

```
SomeClass x, y;
```

```

x = new SomeClass();
y = new SomeClass();
bool B1 = ReferenceEquals(null, null); // returns true
bool B2 = ReferenceEquals(null, x); // returns false
bool B3 = ReferenceEquals(x, y); // returns false because x and y
// point to different objects

```

## 2. 虚拟的 Equals()方法

Equals()虚拟版本的 System.Object 实现代码也可以比较引用。但因为这个方法是虚拟的，所以可以在自己的类中重写它，从而按值来比较对象。特别是如果希望类的实例用作字典中的键，就需要重写这个方法，以比较相关值。否则，根据重写 Object.GetHashCode()的方式，包含对象的字典类要么不工作，要么工作的效率非常低。在重写 Equals()方法时要注意，重写的代码不会抛出异常。同理，这是因为如果抛出异常，字典类就会出问题，一些在内部调用这个方法的.NET 基类也可能出问题。

## 3. 静态的 Equals()方法

Equals()的静态版本与其虚拟实例版本的作用相同，其区别是静态版本带有两个参数，并对它们进行相等性比较。这个方法可以处理两个对象中有一个是 null 的情况，因此，如果一个对象可能是 null，这个方法就可以抛出异常，提供额外的保护。静态重载版本首先要检查它传递的引用是否为 null。如果它们都是 null，就返回 true(因为 null 与 null 相等)。如果只有一个引用是 null，它就返回 false。如果两个引用实际上引用了某个对象，它就调用 Equals()的虚拟实例版本。这表示在重写 Equals()的实例版本时，其效果相当于也重写了静态版本。

## 4. 比较运算符(==)

最好将比较运算符看作严格的值比较和严格的引用比较之间的中间选项。在大多数情况下，下面的代码表示正在比较引用：

```
bool b = (x == y); // x, y object references
```

但是，如果把一些类看作值，其含义就会比较直观，这是可以接受的。在这些情况下，最好重写比较运算符，以执行值的比较。后面将讨论运算符的重载，但它的一个明显例子是 System.String 类，Microsoft 重写了这个运算符，以比较字符串的内容，而不比较它们的引用。

### 7.3.2 比较值类型的相等性

在比较值类型的相等性时，采用与引用类型相同的规则：ReferenceEquals()用于比较引用，Equals()用于比较值，比较运算符可以看作一个中间项。但最大的区别是值类型需要装箱，才能把它们转换为引用，进而才能对它们执行方法。另外，Microsoft 已经在 System.ValueType 类中重载了实例方法 Equals()，以便对值类型进行合适的相等性测试。如果调用 sA.Equals(sB)，其中 sA 和 sB 是某个结构的实例，则根据 sA 和 sB 是否在其所有的字段中包含相同的值，而返回 true 或 false。另一方面，在默认情况下，不能对自己的结构重载“=”运算符。在表达式中使用(sA == sB)会导致一个编译错误，除非在有问题的代码中为结构提供了“=”的重载版本。

另外，ReferenceEquals()在应用于值类型时，它总是返回 false，因为为了调用这个方法，值类型

需要装箱到对象中。即使使用下面的代码：

```
bool b = ReferenceEquals(v,v); // v is a variable of some value type
```

也会返回 `false`，因为在转换每个参数时，`v` 都会被单独装箱，这意味着会得到不同的引用。出于上述原因，调用 `ReferenceEquals()` 来比较值类型实际上没有什么意义，所以不能调用它。

尽管 `System.ValueType` 提供的 `Equals()` 的默认重写版本肯定足以应付绝大多数自定义的结构，但仍可以针对自己的结构再次重写它，以提高性能。另外，如果值类型包含作为字段的引用类型，就需要重写 `Equals()`，以便为这些字段提供合适的语义，因为 `Equals()` 的默认重写版本仅比较它们的地址。

## 7.4 运算符重载

本节将介绍为类或结构定义的另一种类型的成员：运算符重载。

C++ 开发人员应很熟悉运算符重载。但是，因为这个概念对 `Java` 和 `Visual Basic` 开发人员是全新的，所以这里要解释一下。C++ 开发人员可以直接跳到主要的运算符重载示例上。

运算符重载的关键是在对象上不能总是只调用方法或属性，有时还需要做一些其他工作，例如，对数值进行相加、相乘或逻辑操作(如比较对象)等。假定已经定义了一个表示数学矩阵的类。在数学领域中，矩阵可以相加和相乘，就像数字一样。所以可以编写下面的代码：

```
Matrix a, b, c;
// assume a, b and c have been initialized
Matrix d = c * (a + b);
```

通过重载运算符，就可以告诉编译器，“+”和“\*”对 `Matrix` 对象进行什么操作，以编写上面的代码。如果用不支持运算符重载的语言编写代码，就必须定义一个方法，以执行这些操作。结果肯定不太直观，可能如下所示。

```
Matrix d = c.Multiply(a.Add(b));
```

学习到现在，像“+”和“\*”这样的运算符只能用于预定义的数据类型，原因很简单：编译器知道所有常见的运算符对于这些数据类型的含义。例如，它知道如何把两个 `long` 加起来，或者如何对两个 `double` 执行相除操作，并生成合适的中间语言代码。但在定义自己的类或结构时，必须告诉编译器：什么方法可以调用，每个实例存储了什么字段等所有信息。同样，如果要对自定义的类使用运算符，就必须告诉编译器相关的运算符在这个类的上下文中的含义。此时就要定义运算符的重载。

要强调的另一个问题是重载不仅仅限于算术运算符。还需要考虑比较运算符 `==`、`<`、`>`、`!=`、`>=` 和 `<=`。例如，语句 `if(a==b)`。对于类，这个语句在默认状态下会比较引用 `a` 和 `b`。检测这两个引用是否指向内存中的同一个地址，而不是检测两个实例实际上是否包含相同的数据。对于 `string` 类，这种操作就会重写，于是比较字符串实际上就是比较每个字符串的内容。可以对自己的类进行这样的操作。对于结构，“`==`”运算符在默认状态下不做任何工作。试图比较两个结构，看看它们是否相等，就会产生一个编译错误，除非显式地重载了“`==`”，告诉编译器如何进行比较。

在许多情况下，重载运算符允许生成可读性更高、更直观的代码，包括：

- 在数学领域中，几乎包括所有的数学对象：坐标、矢量、矩阵、张量和函数等。如果编写一个程序执行某些数学或物理建模，就肯定会用类表示这些对象。
- 图形程序在计算屏幕上的位置时，也使用数学或相关的坐标对象。
- 表示大量金钱的类(例如，在财务程序中)。
- 字处理或文本分析程序也有表示语句、子句等的类，可以使用运算符合并语句(这是字符串连接的一种比较复杂的版本)。

但是，也有许多类型与运算符重载并不相关。不恰当地使用运算符重载，会使使用类型的代码很难理解。例如，把两个 `DateTime` 对象相乘，在概念上没有任何意义。

### 7.4.1 运算符的工作方式

为了解运算符是如何重载的，考虑一下在编译器遇到运算符时会发生什么情况很有用。用加法运算符(+)作为例子，假定编译器处理下面的代码：

```
int myInteger = 3;
uint myUnsignedInt = 2;
double myDouble = 4.0;
long myLong = myInteger + myUnsignedInt;
double myOtherDouble = myDouble + myInteger;
```

会发生什么情况：

```
long myLong = myInteger + myUnsignedInt;
```

编译器知道它需要把两个整数加起来，并把结果赋予一个 `long` 型变量。调用一个方法把数字加在一起时，表达式 `myInteger + myUnsignedInt` 是一种非常直观和方便的语法。该方法接受两个参数 `myInteger` 和 `myUnsignedInt`，并返回它们的和。所以编译器完成的任务与任何方法调用一样——它会根据参数类型查找最匹配的“+”运算符重载，这里是带两个整数参数的“+”运算符重载。与一般的重载方法一样，预定义的返回类型不会因为编译器所调用方法的哪个版本而影响编译器的选择。在本例中调用的重载方法接受两个 `int` 参数，返回一个 `int`，这个返回值随后会转换为一个 `long`。

下一行代码让编译器使用“+”运算符的另一个重载版本：

```
double myOtherDouble = myDouble + myInteger;
```

在这个例子中，参数是一个 `double` 类型的数据和一个 `int` 类型的数据，但“+”运算符没有带这种复合参数的重载形式，所以编译器认为，最匹配的“+”运算符重载是把两个 `double` 作为其参数的版本，并隐式地把 `int` 强制转换为 `double`。把两个 `double` 加在一起与把两个整数加在一起完全不同，浮点数存储为一个尾数和一个指数。把它们加在一起要按位移动一个 `double` 的尾数，从而使两个指数有相同的值，然后把尾数加起来，移动所得尾数的位，调整其指数，保证答案有尽可能高的精度。

现在，看看如果编译器遇到下面的代码，会发生什么：

```
Vector vect1, vect2, vect3;
// initialize vect1 and vect2
vect3 = vect1 + vect2;
vect1 = vect1 * 2;
```

其中, `Vector` 是结构, 稍后再定义它。编译器知道它需要把两个 `Vector` 实例加起来, 即 `vect1` 和 `vect2`。它会查找“+”运算符的重载, 重载的“+”运算符把两个 `Vector` 实例作为参数。

如果编译器找到这样的重载版本, 它就调用该运算符的实现代码。如果找不到, 它就要看看有没有可以用作最佳匹配的其他“+”运算符的重载, 例如某个运算符重载对应的两个参数是其他数据类型, 但可以隐式地转换为 `Vector` 实例。如果编译器找不到合适的运算符重载, 就会产生一个编译错误, 就像找不到其他方法调用的合适重载版本一样。

## 7.4.2 运算符重载的示例: `Vector` 结构

本节将开发一个结构 `Vector`, 来说明运算符重载, 这个 `Vector` 结构表示一个三维矢量。如果数学不是你的强项, 不必担心, 我们会使这个例子尽可能简单。三维矢量只是 3 个 (`double`) 数字的一个集合, 说明物体和原点之间的距离, 表示数字的变量是 `x`、`y` 和 `z`, `x` 表示物体与原点在 `x` 方向上的距离, `y` 表示它与原点在 `y` 方向上的距离, `z` 表示高度。把这 3 个数字组合起来, 就得到总距离。例如, 如果 `x=3.0`, `y=3.0`, `z=1.0`, 一般可以写作 `(3.0, 3.0, 1.0)`, 表示物体与原点在 `x` 方向上的距离是 3 个单位, 与原点在 `y` 方向上的距离是 3 个单位, 高度为 1 个单位。

矢量可以与矢量或数字相加或相乘。在这里我们使用术语“标量”, 它是数字的数学用语——在 C# 中, 就是一个 `double`。相加的作用很明显。如果先移动 `(3.0, 3.0, 1.0)` 矢量对应的距离, 再移动 `(2.0, -4.0, -4.0)` 矢量对应的距离, 总移动量就是把这两个矢量加起来。矢量的相加指把每个坐标轴对应的元素分别相加, 因此得到 `(5.0, -1.0, -3.0)`。此时, 数学表达式总是写成 `c=a+b`, 其中 `a` 和 `b` 是矢量, `c` 是结果矢量。这与使用 `Vector` 结构的方式一样。



这个例子将作为一个结构来开发, 而不是类, 但这并不重要。运算符重载用于结构和类时, 其工作方式是一样的。

下面是 `Vector` 的定义——包含成员字段、构造函数和重写的一个 `ToString()` 方法, 以便轻松地查看 `Vector` 的内容, 最后是运算符重载:



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
namespace Wrox.ProCSharp.OOCSharp
{
    struct Vector
    {
        public double x, y, z;

        public Vector(double x, double y, double z)
        {
            this.x = x;
            this.y = y;
            this.z = z;
        }

        public Vector(Vector rhs)
        {
            x = rhs.x;
            y = rhs.y;
            z = rhs.z;
        }
    }
}
```



```
public override string ToString()
{
    return "(" + x + ", " + y + ", " + z + ")";
}
```

代码下载 [VectorStruct solution](#)

这里提供了两个构造函数，通过传递每个元素的值，或者提供另一个复制其值的 `Vector`，来指定矢量的初始值。第二个构造函数带一个 `Vector` 参数，它通常称为复制构造函数，因为它们允许通过复制另一个实例来初始化一个类或结构实例。注意，为了简单起见，把字段设置为 `public`。也可以把它们设置为 `private`，编写相应的属性来访问它们，这样做不会改变这个程序的功能，只是代码会复杂一些。

下面是 `Vector` 结构的有趣部分——为“+”运算符提供支持的运算符重载：

```
public static Vector operator + (Vector lhs, Vector rhs)
{
    Vector result = new Vector(lhs);
    result.x += rhs.x;
    result.y += rhs.y;
    result.z += rhs.z;

    return result;
}
}
```

运算符重载的声明方式与方法相同，但 `operator` 关键字告诉编译器，它实际上是一个自定义的运算符重载，后面是相关运算符的实际符号，在本例中就是“+”。返回类型是在使用这个运算符时获得的类型。在本例中，把两个矢量加起来会得到另一个矢量，所以返回类型也是 `Vector`。对于这个“+”运算符重载，返回类型与包含的类一样，但这种情况并不是必需的，在本示例中稍后将看到。两个参数就是要操作的对象。对于二元运算符(它带两个参数)，如“+”和“-”运算符，第一个参数是运算符左边的值，第二个参数是运算符右边的值。



一般把运算符左边的参数命名为 `lhs`，运算符右边的参数命名为 `rhs`。

C#要求所有的运算符重载都声明为 `public` 和 `static`，这表示它们与它们的类或结构相关联，而不是与某个特定实例相关联，所以运算符重载的代码体不能访问非静态类成员，也不能访问 `this` 标识符；这是可以的，因为参数提供了运算符执行其任务所需要知道的所有输入数据。

前面介绍了声明运算符“+”的语法，下面看看运算符内部的情况：

```
{
    Vector result = new Vector(lhs);
    result.x += rhs.x;
    result.y += rhs.y;
    result.z += rhs.z;

    return result;
}
```

这部分代码与声明方法的代码完全相同，显然，它返回一个矢量，其中包含前面定义的 lhs 和 rhs 的和，即把 x、y 和 z 成员分别相加。

下面需要编写一些简单的代码来测试 Vector 结构：

```
static void Main()
{
    Vector vect1, vect2, vect3;

    vect1 = new Vector(3.0, 3.0, 1.0);
    vect2 = new Vector(2.0, -4.0, -4.0);
    vect3 = vect1 + vect2;

    Console.WriteLine( " vect1 = " + vect1.ToString());
    Console.WriteLine( " vect2 = " + vect2.ToString());
    Console.WriteLine( " vect3 = " + vect3.ToString());
}
```

把这些代码另存为 Vectors.cs，编译并运行它，结果如下：

```
vect1 = ( 3, 3, 1 )
vect2 = ( 2, -4, -4 )
vect3 = ( 5, -1, -3 )
```

### 1. 添加更多的重载

矢量除了可以相加之外，还可以相乘、相减和比较它们的值。本节通过添加几个运算符重载，扩展了这个 Vector 例子。这并不是一个功能齐全的真实 Vector 类型，但足以说明运算符重载的其他方面了。首先要重载乘法运算符，以支持标量和矢量的相乘以及矢量和矢量的相乘。

矢量乘以标量只意味着矢量的元素分别与标量相乘，例如， $2 \times (1.0, 2.5, 2.0)$  就等于  $(2.0, 5.0, 4.0)$ 。相关的运算符重载如下所示：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
public static Vector operator * (double lhs, Vector rhs)
{
    return new Vector(lhs * rhs.x, lhs * rhs.y, lhs * rhs.z);
}
```

[代码下载 VectorStructMoreOverloads.sn](#)

但这还不够，如果 a 和 b 声明为 Vector 类型，就可以编写下面的代码：

```
b = 2 * a;
```

编译器会隐式地把整数 2 转换为 double 类型，以匹配运算符重载的签名。但不能编译下面的代码：

```
b = a * 2;
```

编译器处理运算符重载的方式和方法重载是一样的。它会查看给定运算符的所有可用重载，找到与之最匹配的那个运算符重载。上面的语句要求第一个参数是 Vector，第二个参数是整数，或者可以隐式转换为整数的其他数据类型。我们没有提供这样一个重载。有一个运算符重载，其参数依次是一个 double 和一个 Vector，但编译器不能交换参数的顺序，所以这是不行的。还需要显式地定义

一个运算符重载，其参数依次是一个 `Vector` 和一个 `double`，有两种方式可以实现这样的运算符重载。第一种方式对矢量乘法进行分解，和处理所有运算符的方式一样，显式执行矢量相乘操作：

```
public static Vector operator * (Vector lhs, double rhs)
{
    return new Vector(rhs * lhs.x, rhs * lhs.y, rhs * lhs.z);
}
```

假定已经编写了实现相乘操作的代码，最好重用该代码：

```
public static Vector operator * (Vector lhs, double rhs)
{
    return rhs * lhs;
}
```

这段代码会告诉编译器，如果有 `Vector` 和 `double` 的相乘操作，编译器就颠倒参数的顺序，调用另一个运算符重载。本章的示例代码使用第 2 个版本，因为它看起来比较简洁同时阐述了该行为的思想。利用这个版本可以编写出可维护性更好的代码，因为不需要复制代码，就可在两个独立的重载中执行相乘操作。

下一个要重载的乘法运算符支持矢量相乘。在数学上，矢量相乘有两种方式，但这里我们感兴趣的是点积或内积，其结果实际上是一个标量。这就是我们介绍这个例子的原因，所以算术运算符不必返回与定义它们的类相同的类型。

在数学术语中，如果有两个矢量  $(x, y, z)$  和  $(X, Y, Z)$ ，其内积就定义为  $x \cdot X + y \cdot Y + z \cdot Z$  的值。两个矢量这样相乘很奇怪，但这实际上很有用，因为它可以用于计算各种其他的数。当然，如果要使用 `Direct3D` 或 `DirectDraw` 编写代码来显示复杂的 3D 图形，那么在计算对象放在屏幕上的什么位置时，中间常常需要编写代码来计算矢量的内积。这里我们关心的是使用 `Vector` 编写出 `double X = a · b`，其中 `a` 和 `b` 是两个矢量对象，并计算出它们的点积。相关的运算符重载如下所示：

```
public static double operator * (Vector lhs, Vector rhs)
{
    return lhs.x * rhs.x + lhs.y * rhs.y + lhs.z * rhs.z;
}
```

理解了算术运算符后，就可以用一个简单的测试方法来检验它们是否能正常运行：

```
static void Main()
{
    // stuff to demonstrate arithmetic operations
    Vector vect1, vect2, vect3;
    vect1 = new Vector(1.0, 1.5, 2.0);
    vect2 = new Vector(0.0, 0.0, -10.0);

    vect3 = vect1 + vect2;

    Console.WriteLine("vect1 = " + vect1);
    Console.WriteLine("vect2 = " + vect2);
    Console.WriteLine("vect3 = vect1 + vect2 = " + vect3);
    Console.WriteLine("2 * vect3 = " + 2 * vect3);
    vect3 += vect2;

    Console.WriteLine("vect3+=vect2 gives " + vect3);
}
```

```

vect3 = vect1 * 2;

Console.WriteLine("Setting vect3=vect1 * 2 gives " + vect3);

double dot = vect1 * vect3;

Console.WriteLine("vect1 * vect3 = " + dot);
}

```

运行代码(Vectors2.cs), 得到如下所示的结果:

## VECTORS2

```

vect1 = ( 1, 1.5, 2 )
vect2 = ( 0, 0, -10 )
vect3 = vect1 + vect2 = ( 1, 1.5, -8 )
2*vect3 = ( 2, 3, -16 )
vect3 += vect2 gives ( 1, 1.5, -18 )
Setting vect3 = vect1 * 2 gives ( 2, 3, 4 )
vect1 * vect3 = 14.5

```

这说明, 运算符重载会给出正确的结果, 但如果仔细看看测试代码, 就会惊奇地注意到, 实际上它使用的是没有重载的运算符——相加赋值运算符(+=):

```

vect3 += vect2;

Console.WriteLine( "vect3 += vect2 gives" + vect3);

```

虽然“+=”一般用作单个运算符, 但实际上它对应的操作分为两步: 相加和赋值。与 C++ 语言不同, C# 不允许重载“=”运算符, 但如果重载“+”运算符, 编译器就会自动使用“+”运算符的重载来执行“+=”运算符的操作。-=、&=、\*=和/=等所有赋值运算符也遵循此规则。

## 2. 比较运算符的重载

本章前面介绍过, C# 中有 6 个比较运算符, 它们分为 3 对:

- ==和!=
- >和<
- >=和<=

C# 语言要求成对重载比较运算符。即, 如果重载了“=”, 也就必须重载“!="; 否则会产生编译错误。另外, 比较运算符必须返回布尔类型的值。这是它们与算术运算符的根本区别。例如, 两个数相加或相减的结果, 理论上取决于数的类型。已经看到两个 Vector 对象的相乘会得到一个标量。另一个例子是 .NET 基类 System.DateTime, 两个 DateTime 实例相减, 得到的结果不是一个 DateTime, 而是一个 System.TimeSpan 实例。相比之下, 如果比较运算得到的不是布尔类型的值, 就没有任何意义。



在重载“=”和“!="时, 还必须重载从 System.Object 中继承的 Equals() 和 GetHashCode() 方法, 否则会产生一个编译警告。原因是 Equals() 方法应实现与“=”运算符相同类型的相等逻辑。

除了这些区别外，重载比较运算符所遵循的规则与重载算术运算符相同。但比较两个数并不像想象的那么简单。例如，如果只比较两个对象引用，就是比较存储对象的内存地址。比较运算符很少进行这样的比较，所以必须编写代码重载运算符，比较对象的值，并返回相应的布尔结果。下面对 Vector 结构重载 “=” 和 “!=” 运算符。首先是实现 “=” 重载的代码：

```
public static bool operator == (Vector lhs, Vector rhs)
{
    if (lhs.x == rhs.x && lhs.y == rhs.y && lhs.z == rhs.z)
        return true;
    else
        return false;
}
```

这种方式仅根据矢量元素的值，来对它们进行相等性比较。对于大多数结构，这就是我们希望的，但在某些情况下，可能需要仔细考虑相等的含义。例如，如果有嵌入的类，那么是应比较引用是否指向同一个对象(浅度比较)，还是应比较对象的值是否相等(深度比较)？

浅度比较是比较对象是否指向内存中的同一个位置，而深度比较是比较对象的值和属性是否相等。应根据具体情况进行相等检查，从而有助于确定要验证什么。



不要通过调用从 System.Object 中继承的 Equals() 方法的实例版本，来重载比较运算符。如果这么做，在 objA 是 null 时判断(objA=objB)，就会产生一个异常，因为 .NET 运行库会试图判断 null.Equals(objB)。采用其他方法(重写 Equals() 方法以调用比较运算符)比较安全。

还需要重载运算符 “!=”，采用的方式如下：

```
public static bool operator != (Vector lhs, Vector rhs)
{
    return !(lhs == rhs);
}
```

像往常一样，用一些测试代码检查重写方法的工作情况。这次定义 3 个 Vector 对象，并进行比较：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
static void Main()
{
    Vector vect1, vect2, vect3;

    vect1 = new Vector(3.0, 3.0, -10.0);
    vect2 = new Vector(3.0, 3.0, -10.0);
    vect3 = new Vector(2.0, 3.0, 6.0);

    Console.WriteLine("vect1==vect2 returns " + (vect1==vect2));
    Console.WriteLine("vect1==vect3 returns " + (vect1==vect3));
    Console.WriteLine("vect2==vect3 returns " + (vect2==vect3));

    Console.WriteLine();

    Console.WriteLine("vect1!=vect2 returns " + (vect1!=vect2));
    Console.WriteLine("vect1!=vect3 returns " + (vect1!=vect3));
    Console.WriteLine("vect2!=vect3 returns " + (vect2!=vect3));
}
```

编译这些代码(代码下载中的 Vectors3.cs 示例), 会得到以下编译器警告, 因为我们没有为 Vector 重写 Equals()。对于本例, 这并不重要, 所以忽略它。

```
Microsoft (R) Visual C# 2010 Compiler version 4.0.21006.1
for Microsoft (R) .NET Framework version 4.0
Copyright (C) Microsoft Corporation. All rights reserved.

Vectors3.cs(5,11): warning CS0660: 'Wrox.ProCSharp.OOCSharp.Vector' defines
operator == or operator != but does not override Object.Equals(object o)
Vectors3.cs(5,11): warning CS0661: 'Wrox.ProCSharp.OOCSharp.Vector' defines
operator == or operator != but does not override Object.GetHashCode()
```

在命令行上运行该示例, 生成如下结果:

**VECTORS3**

```
vect1==vect2 returns True
vect1==vect3 returns False
vect2==vect3 returns False

vect1!=vect2 returns False
vect1!=vect3 returns True
vect2!=vect3 returns True
```

**3. 可以重载的运算符**

并不是所有的运算符都可以重载。可以重载的运算符如表 7-6 所示。

表 7-6

类 别	运 算 符	限 制
算术二元运算符	+, *, /, -, %	无
算术一元运算符	+, -, ++, --	无
按位二元运算符	&,  , ^, <<, >>	无
按位一元运算符	!, ~, true, false	true 和 false 运算符必须成对重载
比较运算符	==, !=, >=, <, <=, >	必须成对重载
赋值运算符	+=, -=, *=, /=, >>=, <<=, %=, &=,  =, ^=	不能显式地重载这些运算符, 在重写单个运算符 (如+, -, %等)时, 它们会被隐式地重写
索引运算符	[]	不能直接重载索引运算符。第 2 章介绍的索引器成员类型允许在类和结构上支持索引运算符。
数据类型转换运算符	()	不能直接重载类型强制转换运算符。用户定义的类型强制转换(本章的后面介绍)允许定义定制的类型强制转换行为

## 7.5 用户定义的类型强制转换

本章前面介绍了如何在预定义的数据类型之间转换数值，这通过类型强制转换过程来完成。C# 允许进行两种不同数据类型的强制转换：隐式强制转换和显式强制转换。

显式强制转换要在代码中显式地标记强制转换，其方法是在圆括号中写出目标数据类型：

```
int I = 3;
long l = I;           // implicit
short s = (short)I;  // explicit
```

对于预定义的数据类型，当类型强制转换可能失败或丢失某些数据时，需要显式强制转换。例如：

- 把 `int` 转换为 `short` 时，因为 `short` 可能不够大，不能包含对应 `int` 的数值。
- 把有符号的数据类型转换为无符号的数据类型时，如果有符号的变量包含一个负值，就会得到不正确的结果。
- 把浮点数转换为整数数据类型时，数字的小数部分会丢失。
- 把可空类型转换为非可空类型时，`null` 值会导致异常。

此时应在代码中进行显式强制转换，告诉编译器你知道这会有丢失数据的危险，因此编写代码时要把这种可能性考虑在内。

C# 允许定义自己的数据类型(结构和类)，这意味着需要某些工具支持在自定义的数据类型之间进行类型强制转换。方法是把类型强制转换运算符定义为相关类的一个成员运算符，类型强制转换运算符必须标记为隐式或显式，以说明希望如何使用它。我们应遵循与预定义的类型强制转换相同的规则，如果知道无论在源变量中存储什么值，类型强制转换总是安全的，就可以把它定义为隐式强制转换。然而，如果某些数值可能会出错，如丢失数据或抛出异常，就应把数据类型转换定义为显式强制转换。



如果源数据值会使类型强制转换失败，或者可能会抛出异常，就应把任何自定义类型强制转换定义为显式强制转换。

定义类型强制转换的语法类似于本章前面介绍的重载运算符。这并不是偶然的，类型强制转换在某种情况下可以看作是一种运算符，其作用是从源类型转换为目标类型。为了说明这种语法，下面的代码是从本节后面介绍的结构 `Currency` 示例中节选的：

```
public static implicit operator float (Currency value)
{
    // processing
}
```

运算符的返回类型定义了类型强制转换操作的目标类型，它有一个参数，即要转换的源对象。这里定义的类型强制转换可以隐式地把 `Currency` 型的值转换为 `float` 型。注意，如果数据类型转换声明为隐式，编译器就可以隐式或显式地使用这个转换。如果数据类型转换声明为显式，编译器就只能显式地使用它。与其他运算符重载一样，类型强制转换必须同时声明为 `public` 和 `static`。



C++开发人员应注意，这种情况与 C++中的用法不同，在 C++中，类型强制转换针对于类的实例成员。

### 7.5.1 实现用户定义的类型强制转换

本节将在示例 SimpleCurrency(和往常一样，其代码可以下载)中介绍隐式和显式的用户定义的类型强制转换的用法。在这个示例中，定义一个结构 Currency，它包含一个正的 USD(\$)金额。C#为此提供了 decimal 类型，但如果要进行比较复杂的财务处理，仍可以编写自己的结构和类来表示相应的金额，在这样的类上实现特定的方法。



类型强制转换的语法对于结构和类是一样的。本示例定义了一个结构，但如果把 Currency 声明为类，也是可以的。

首先，Currency 结构的定义如下所示。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
struct Currency
{
    public uint Dollars;
    public ushort Cents;

    public Currency(uint dollars, ushort cents)
    {
        this.Dollars = dollars;
        this.Cents = cents;
    }

    public override string ToString()
    {
        return string.Format( " ${0}.{1, - 2:00} ", Dollars,Cents);
    }
}
```

代码段 SimpleCurrency/Program.cs

Dollars 和 Cents 字段使用无符号的数据类型，可以确保 Currency 实例只能包含正值。这样限制，是为了在后面说明显式强制转换的一些要点。可以像这样使用一个类来存储公司员工的薪水信息。人们的薪水不会是负值！为了使类比较简单，我们把字段声明为 public，但通常应把它们声明为 private，并为 Dollars 和 Cents 字段定义相应的属性。

下面先假定要把 Currency 实例转换为 float 值，其中 float 值的整数部分表示美元。换言之，应编写下面的代码：

```
Currency balance = new Currency(10,50);
float f = balance; // We want f to be set to 10.5
```

为此，需要定义一种类型强制转换。给 Currency 的定义添加下述代码：

```
public static implicit operator float (Currency value)
{
    return value.Dollars + (value.Cents/100.0f);
}
```



这种类型强制转换是隐式的。在本例中这是一个合理的选择，因为在 Currency 的定义中，可以存储在 Currency 中的值也都可以存储在 float 中。在这种强制转换中，不应出现任何错误。



这里有一点欺骗性：实际上，当把 uint 转换为 float 时，精确度是降低，但 Microsoft 认为这种错误并不重要，因此把从 uint 到 float 的强制转换都当做隐式转换。

但是，如果把 float 型转换为 Currency 型，就不能保证转换肯定成功了；float 型可以存储负值，而 Currency 实例不能，float 型存储的数值的数量级要比 Currency 型的(uint) Dollars 字段大得多。所以，如果 float 值包含一个不合适的值，把它转换为 Currency 型就会得到意想不到的结果。因此，从 float 型转换到 Currency 型就应定义为显式转换。下面是我们的第一次尝试，这次不会得到正确的结果，但有助于解释原因：

```
public static explicit operator Currency (float value)
{
    uint dollars = (uint)value;
    ushort cents = (ushort)((value - dollars) * 100);
    return new Currency(dollars, cents);
}
```

下面的代码可以成功编译：

```
float amount = 45.63f;
Currency amount2 = (Currency)amount;
```

但是，下面的代码会抛出一个编译错误，因为它试图隐式地使用一个显式的类型强制转换：

```
float amount = 45.63f;
Currency amount2 = amount; // wrong
```

把数据类型强制转换声明为显式，就是警告开发人员要小心，因为可能会丢失数据。但这不是我们希望的 Currency 结构的行为方式。下面编写一个测试程序，并运行该示例。其中有一个 Main() 方法，它实例化了一个 Currency 结构，并试图进行几个转换。在这段代码的开头，以两种不同的方式计算 balance 的值(因为要使用它们来说明后面的内容)：

```
static void Main()
{
    try
    {
        Currency balance = new Currency(50, 35);

        Console.WriteLine(balance);
        Console.WriteLine("balance is" + balance);
        Console.WriteLine("balance is (using ToString())" + balance.ToString());

        float balance2 = balance;

        Console.WriteLine("After converting to float, =" + balance2);

        balance = (Currency) balance2;
```

```

Console.WriteLine("After converting back to Currency, =" + balance);
Console.WriteLine("Now attempt to convert out of range value of" +
    "- $50.50 to a Currency:");

checked
{
    balance = (Currency) (- 50.50);
    Console.WriteLine("Result is" + balance.ToString());
}
}
catch(Exception e)
{
    Console.WriteLine("Exception occurred:" + e.Message);
}
}

```

注意，所有的代码都放在一个 `try` 块中，来捕获在类型强制转换过程中发生的任何异常。在 `checked` 块中还添加了把超出范围的值转换为 `Currency` 的测试代码，试图捕获负值。运行这段代码，得到如下所示的结果：

### **SIMPLECURRENCY**

```

50.35
Balance is $50.35
Balance is (using ToString()) $50.35
After converting to float, = 50.35
After converting back to Currency, = $50.34
Now attempt to convert out of range value of - $100.00 to a Currency:
Result is $4294967246.00

```

这个结果表示代码并没有像我们希望的那样工作。首先，从 `float` 转换回 `Currency` 得到一个错误的结果 `$50.34`，而不是 `$50.35`。其次，在试图转换明显超出范围的值时，没有生成异常。

第一个问题是由舍入错误引起的。如果类型强制转换用于把 `float` 转换为 `uint`，计算机就会截去多余的数字，而不是四舍五入它。计算机以二进制方式存储数字，而不是十进制，小数部分 `0.35` 不能用二进制小数来精确表示(像  $1/3$  这样的分数不能精确地表示为十进制小数，它应等于循环小数 `0.3333`)。所以，计算机最后存储了一个略小于 `0.35` 的值，它可以用二进制格式精确地表示。将该数字乘以 `100`，就会得到一个小于 `35` 的数字，它截去了 `34` 美分。显然在本例中，这种由截去引起的错误是很严重的，避免该错误的方式是确保在数字转换过程中执行智能的四舍五入操作。幸运的是，`Microsoft` 编写了一个类 `System.Convert` 来完成该任务。`System.Convert` 对象包含大量的静态方法来完成各种数字转换，我们需要使用的是 `Convert.ToUInt16()`。注意，在使用 `System.Convert` 类的方法时会造成额外的性能损失，所以只应在需要时才使用它们。

下面看看为什么没有抛出期望的溢出异常。此处的问题是溢出异常实际发生的位置根本不在 `Main()` 例程中——它是在强制转换运算符的代码中发生的，该代码在 `Main()` 方法中调用，而且没有标记为 `checked`。

其解决方法是确保类型强制转换本身也在 `checked` 环境下进行。进行了这两个修改后，修订后的转换代码如下所示。

```

public static explicit operator Currency (float value)

```

```

checked
{
    uint dollars = (uint)value;
    ushort cents = Convert.ToUInt16((value - dollars) * 100);
    return new Currency(dollars, cents);
}
}

```

注意，使用 `Convert.ToUInt16()` 计算数字的美分部分，如上所示，但没有使用它计算数字的美元部分。在计算美元值时不需要使用 `System.Convert`，因为在此我们希望截去 `float` 值。

值得注意的是，`System.Convert` 类的方法还执行它们自己的溢出检查。因此对于本例的情况，不需要把对 `Convert.ToUInt16()` 的调用放在 `checked` 环境下。但把 `value` 显式地强制转换为美元值仍需要 `checked` 环境。

这里没有给出这个新的 `checked` 强制转换的结果，因为在本节后面还要对 `SimpleCurrency` 示例进行一些修改。

如果定义了一种使用非常频繁的类型强制转换，其性能也非常好，就可以不进行任何错误检查。如果对用户定义的强制转换和没有检查的错误进行了清晰的说明，这也是一种合法的解决方案。

### 1. 类之间的类型强制转换

`Currency` 示例仅涉及与 `float` (一种预定义的数据类型) 来回转换的类。但类型转换不一定会涉及任何简单的数据类型。定义不同结构或类的实例之间的类型强制转换是完全合法的，但有两个限制：

- 如果某个类派生自另一个类，就不能定义这两个类之间的类型强制转换 (这些类型的类型转换已经存在)。
- 类型强制转换必须在源数据类型或目标数据类型的内部定义。

要说明这些要求，假定有如图 7-1 所示的类层次结构。

换言之，类 `C` 和 `D` 间接派生于 `A`。在这种情况下，在 `A`、`B`、`C` 或 `D` 之间唯一的自定义类型强制转换就是类 `C` 和 `D` 之间的转换，因为这些类并没有互相派生。这段代码如下所示 (假定希望类型强制转换是显式的，这是在用户定义的类之间定义类型强制转换的通常情况)：

```

public static explicit operator D(C value)
{
    // and so on
}
public static explicit operator C(D value)
{

```

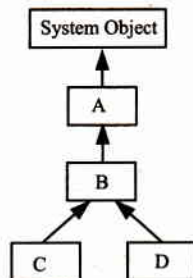


图 7-1

```
// and so on
}
```

对于这些类型强制转换，可以选择放置定义的地方——在 C 的类定义内部，或者在 D 的类定义内部，但不能在其他地方定义。C# 要求把类型强制转换的定义放在源类(或结构)或目标类(或结构)的内部。它的副作用是不能定义两个类之间的类型强制转换，除非至少可以编辑其中一个类的源代码。这是因为，这样可以防止第三方把类型强制转换引入类中。

一旦在一个类的内部定义了类型强制转换，就不能在另一个类中定义相同的类型强制转换。显然，对于每一种转换只能有一种类型强制转换，否则编译器就不知道该选择哪个类型强制转换了。

## 2. 基类和派生类之间的类型强制转换

要了解这些类型强制转换是如何工作的，首先看看源和目标的数据类型都是引用类型的情况。考虑两个类 `MyBase` 和 `MyDerived`，其中 `MyDerived` 直接或间接派生自 `MyBase`。

首先是从 `MyDerived` 到 `MyBase` 的转换，代码如下(假定可以使用构造函数)：

```
MyDerived derivedObject = new MyDerived();
MyBase baseCopy = derivedObject;
```

在本例中，是从 `MyDerived` 隐式地强制转换为 `MyBase`。这是可行的，因为对类型 `MyBase` 的任何引用都可以引用 `MyBase` 类的对象或派生自 `MyBase` 的对象。在 OO 编程中，派生类的实例实际上是基类的实例，但加上了一些额外的信息。在基类上定义的所有函数和字段也都在派生类上定义了。

下面看看另一种方式，编写下面的代码：

```
MyBase derivedObject = new MyDerived();
MyBase baseObject = new MyBase();
MyDerived derivedCopy1 = (MyDerived) derivedObject; // OK
MyDerived derivedCopy2 = (MyDerived) baseObject; // Throws exception
```

上面的代码都是合法的 C# 代码(从句法的角度来看，它是合法的)，它说明了把基类强制转换为派生类。但是，在执行时最后一条语句会抛出一个异常。在进行类型强制转换时，会检查被引用的对象。因为基类引用原则上可以引用一个派生类的实例，所以这个对象可能是要强制转换的派生类的一个实例。如果是这样，强制转换就会成功，派生的引用被设置为引用这个对象。但如果有问题对象不是派生类(或者派生于这个类的其他类)的一个实例，强制转换就会失败，并抛出一个异常。

注意，编译器已经提供了基类和派生类之间的强制转换，这种转换实际上并没有对有问题对象进行任何数据转换。如果要进行的转换是合法的，它们也仅是把新引用设置为对对象的引用。这些强制转换在本质上与用户定义的强制转换不同。例如，在前面的 `SimpleCurrency` 示例中，我们定义了 `Currency` 结构和 `float` 数之间的强制转换。在 `float` 到 `Currency` 的强制转换中，实际上实例化了一个新的 `Currency` 结构，并用要求的值初始化它。在基类和派生类之间的预定义强制转换则不是这样。如果实际上要把 `MyBase` 实例转换为真实的 `MyDerived` 对象，该对象的值根据 `MyBase` 实例的内容来确定，就不能使用类型强制转换语法。最合适的选项通常是定义一个派生类的构造函数，它以基类的实例作为参数，让这个构造函数完成相关的初始化：

```
class DerivedClass: BaseClass
{
```

```
public DerivedClass(BaseClass rhs)
{
    // initialize object from the Base instance
}
// etc.
```

### 3. 装箱和拆箱数据类型强制转换

前面主要讨论了基类和派生类之间的数据类型强制转换，其中，基类和派生类都是引用类型。类似的规则也适用于强制转换值类型，尽管在转换值类型时，不可能仅仅复制引用，还必须复制一些数据。

当然，不能从结构或基元值类型中派生。所以基本结构和派生结构之间的强制转换总是基元类型或结构与 `System.Object` 之间的转换(理论上可以在结构和 `System.ValueType` 之间进行强制转换，但一般很少这么做)。

从结构(或基本类型)到 `object` 的强制转换总是一种隐式的强制转换，因为这种的强制转换是从派生类型到基本类型的转换，即第2章简要介绍的装箱过程。例如，`Currency` 结构：

```
Currency balance = new Currency(40,0);
object baseCopy = balance;
```

在执行上述隐式的强制转换时，`balance` 的内容被复制到堆上，放在一个装箱的对象上，`BaseCopy` 对象引用被设置为该对象。实际上在后台发生的情况是：在最初定义 `Currency` 结构时，`.NET Framework` 隐式地提供另一个(隐藏的)类，即装箱的 `Currency` 类，它包含与 `Currency` 结构相同的所有字段，但它是一个引用类型，存储在堆上。无论定义的这个值类型是一个结构，还是一个枚举，定义它时都存在类似的装箱引用类型，对应于所有的基元值类型，如 `int`、`double` 和 `uint` 等。不能也不必在源代码中直接通过编程访问某些装箱类，但在把一个值类型强制转换为 `object` 时，它们是在后台工作的对象。在隐式地把 `Currency` 转换为 `object` 时，会实例化一个装箱的 `Currency` 实例，并用 `Currency` 结构中的所有数据进行初始化。在上面的代码中，`baseCopy` 对象引用的就是这个已装箱的 `Currency` 实例。通过这种方式，就可以实现从派生类型到基本类型的强制转换，并且，值类型的语法与引用类型的语法一样。

强制转换的另一种方式称为拆箱。与在基本引用类型和派生引用类型之间的强制转换一样，这是一种显式的强制转换，因为如果要强制转换的对象不是正确的类型，就会抛出一个异常：

```
object derivedObject = new Currency(40,0);
object baseObject = new object();
Currency derivedCopy1 = (Currency)derivedObject;           // OK
Currency derivedCopy2 = (Currency)baseObject;             // Exception thrown
```

上述代码的工作方式与前面的引用类型中的代码一样。把 `derivedObject` 强制转换为 `Currency` 会成功进行，因为 `derivedObject` 实际上引用的是装箱 `Currency` 实例——强制转换的过程是把已装箱的 `Currency` 对象的字段复制到一个新的 `Currency` 结构中。第二种强制转换会失败，因为 `baseObject` 没有引用已装箱的 `Currency` 对象。

在使用装箱和拆箱时，这两个过程都把数据复制到新装箱或拆箱的对象上，理解这一点非常重要。这样，例如，对装箱对象的操作就不会影响原始值类型的内容。

## 7.5.2 多重类型强制转换

在定义类型强制转换时必须考虑的一个问题是，如果在进行要求的数据类型转换时，C#编译器没有可用的直接强制转换方式，C#编译器就会寻找一种转换方式，把几种强制转换合并起来。例如，在 `Currency` 结构中，假定编译器遇到下面几行代码：

```
Currency balance = new Currency(10,50);
long amount = (long)balance;
double amountD = balance;
```

首先初始化一个 `Currency` 实例，再把它转换为一个 `long` 数。问题是不能定义这样的强制转换。但是，这段代码仍可以编译成功。因为编译器知道我们已经定义一个从 `Currency` 到 `float` 的隐式强制转换，而且它知道如何显式地从 `float` 强制转换为 `long`。所以它会把这行代码编译为中间语言(IL)代码，IL 代码首先把 `balance` 转换为 `float`，再把结果转换为 `long`。把 `balance` 转换为 `double` 型时，在上述代码的最后一行中也是这样。因为从 `Currency` 到 `float` 的强制转换和从 `float` 到 `double` 的预定义强制转换都是隐式的，所以可以在编写代码时把这种转换当作一种隐式转换。如果要显式地指定强制转换过程，则可以编写如下代码：

```
Currency balance = new Currency(10,50);
long amount = (long)(float)balance;
double amountD = (double)(float)balance;
```

但是，在大多数情况下，这会使代码变得比较复杂，因此是不必要的。相比之下，下面的代码会产生一个编译错误：

```
Currency balance = new Currency(10,50);
long amount = balance;
```

原因是编译器可以找到的最佳匹配的转换仍是首先转换为 `float`，再转换为 `long`。但从 `float` 到 `long` 的转换需要显式地指定。

并非所有这些转换都会带来太多的麻烦。毕竟转换的规则非常直观，主要是为了防止在开发人员不知情的情况下丢失数据。但是，在定义类型强制转换时如果不小心，编译器就有可能指定一条导致不期望的结果的路径。例如，假定编写 `Currency` 结构的其他小组成员要把一个 `uint` 转换为 `Currency`，其中该 `uint` 中包含了美分的总数(美分不是美元，因为我们不希望丢掉美元的小数部分)。为此应编写如下代码来实现强制转换：

```
public static implicit operator Currency (uint value)
{
    return new Currency(value/100u, (ushort)(value%100));
} // Do not do this!
```

注意，在这段代码中，第一个 100 后面的 `u` 可以确保把 `value/100u` 解释为一个 `uint` 数。如果写成 `value/100`，编译器就会把它解释为一个 `int` 型的值，而不是 `uint` 型的值。

在这段代码中清楚地标注了“不要这么做”。下面说明其原因。看看下面的代码段，它把包含 350 的一个 `uint` 转换为一个 `Currency`，再转换回 `uint`。那么在执行完这段代码后，`bal2` 中又将包含什么？

```
uint bal = 350;
Currency balance = bal;
```

```
uint bal2 = (uint)balance;
```

答案不是 350, 而是 3! 而且这是符合逻辑的。我们把 350 隐式地转换为 Currency, 得到的结果是 `balance.Dollars = 3, balance.Cents = 50`。然后编译器进行通常的操作, 为转换回 `uint` 指定最佳路径。`balance` 最终会被隐式地转换为 `float` 型(其值为 3.5), 然后显式地转换为 `uint` 型, 其值为 3。

当然, 在其他示例中, 转换为另一种数据类型后, 再转换回来有时会丢失数据。例如, 把包含 5.8 的 `float` 数转换为 `int` 数, 再转换回 `float` 数, 会丢失数字中的小数部分, 得到 5, 但原则上丢失数字的小数部分和一个整数被大于 100 的数整除的情况略有区别。Currency 现在成了一种相当危险的类, 它会对整数进行一些奇怪的操作。

问题是, 在转换过程中如何解释整数存在冲突。从 Currency 到 `float` 的强制转换会把整数 1 解释为 1 美元, 但从 `uint` 到 Currency 的强制转换会把这个整数解释为 1 美分, 这是很糟糕的一个示例。如果希望类易于使用, 就应确保所有的强制转换都按一种互相兼容的方式执行, 即这些转换直观上应得到相同的结果。在本例中, 显然要重新编写从 `uint` 到 Currency 的强制转换, 把整数 1 解释为 1 美元:

```
public static implicit operator Currency (uint value)
{
    return new Currency(value, 0);
}
```

偶尔也会觉得这种新的转换方式可能根本不需要。但实际上这种转换方式可能非常有用。没有这种强制转换, 编译器在执行从 `uint` 到 Currency 的转换时, 就只能通过 `float` 来进行。此时直接转换的效率要高得多, 所以进行这种额外的转换强制会提高性能, 但需要确保它的结果与通过 `float` 进行转换得到的结果相同。在其他情况下, 也可以为不同的预定义数据类型分别定义强制转换, 让更多的转换隐式地执行, 而不是显式地执行, 但本例不是这样。

测试这种强制转换是否兼容, 应确定无论使用什么转换路径, 它是否都能得到相同的结果(而不是像在从 `float` 到 `int` 的转换过程中那样丢失数据)。Currency 类就是一个很好的示例。看看下面的代码:

```
Currency balance = new Currency(50, 35);
ulong bal = (ulong) balance;
```

目前, 编译器只能采用一种方式来完成这个转换: 把 Currency 隐式地转换为 `float`, 再显式地转换为 `ulong`。从 `float` 到 `ulong` 的转换需要显式转换, 本例就显式指定了这个转换, 所以编译是成功的。

但假定要添加另一种强制转换, 从 Currency 隐式地转换为 `uint`, 就需要修改 Currency 结构, 添加从 `uint` 到 Currency 的强制转换和从 Currency 到 `uint` 的强制转换。这段代码可以作为 SimpleCurrency2 示例:

```
public static implicit operator Currency (uint value)
{
    return new Currency(value, 0);
}

public static implicit operator uint (Currency value)
{
    return value.Dollars;
}
```

现在, 编译器从 Currency 转换到 `ulong` 可以使用另一条路径: 先从 Currency 隐式地转换为 `uint`,

再隐式地转换为 `ulong`。该采用哪条路径？C#有一些严格的规则(本书不详细讨论这些规则，读者可参阅 MSDN 文档)，告诉编译器如何确定哪条是最佳路径。但最好自己设计类型强制转换，让所有的转换路径都得到相同的结果(但没有精确度的损失)，此时编译器选择哪条路径就不重要了(在本例中，编译器会选择 `Currency`→`uint`→`ulong` 路径，而不是 `Currency`→`float`→`ulong` 路径)。

为了测试 `SimpleCurrency2` 示例，给 `SimpleCurrency` 的测试程序添加如下代码：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
try
{
    Currency balance = new Currency(50,35);
    Console.WriteLine(balance);
    Console.WriteLine("balance is" + balance);
    Console.WriteLine("balance is (using ToString())" + balance.ToString());

    uint balance3 = (uint) balance;

    Console.WriteLine("Converting to uint gives" + balance3);
}
```

代码段 SimpleCurrency2/Program.cs

运行这个示例，得到如下所示的结果：

### SIMPLECURRENCY2

```
50
balance is $50.35
balance is (using ToString()) $50.35
Converting to uint gives 50
After converting to float, = 50.35
After converting back to Currency, = $50.34
Now attempt to convert out of range value of - $50.50 to a Currency:
Result is $4294967246.00
```

这个结果显示了到 `uint` 的转换是成功的，但在转换过程中丢失了 `Currency` 的美分部分(小数部分)。把负的 `float` 类型强制转换为 `Currency` 也产生了预料中的溢出异常，因为 `float` 到 `Currency` 的强制转换本身定义了一个 `checked` 环境。

但是，这个输出结果也说明了进行强制转换时最后一个要注意的潜在问题：结果的第一行没有正确显示余额，显示了 50，而不是 \$50.35。在下面的代码中：

```
Console.WriteLine(balance);
Console.WriteLine(" balance is " + balance);
Console.WriteLine(" balance is (using ToString()) " + balance.ToString());
```

只有最后两行把 `Currency` 正确地显示为一个字符串。这是为什么？问题是在把类型强制转换和方法重载合并起来时，会出现另一个不希望的错误源。下面用倒序的方式解释这段代码。

第 3 行的 `Console.WriteLine()` 语句显式地调用 `Currency.ToString()` 方法，以确保 `Currency` 显示为一个字符串。第 2 行代码没有这么做。字符串 "balance is" 传递给 `Console.WriteLine()`，告诉编译器这个参数应解释为字符串。因此要隐式地调用 `Currency.ToString()` 方法。

但第 1 行的 `Console.WriteLine()` 方法只把原始 `Currency` 结构传递给 `Console.WriteLine()`。目前 `Console.WriteLine()` 有许多重载版本，但它们的参数都不是 `Currency` 结构。所以编译器会到处搜索，



看看它能把 Currency 强制转换为什么，为了与 Console.WriteLine() 的一个重载方法匹配。如上所示，Console.WriteLine() 的一个重载方法可以快速而高效地显示 uint，且其参数是一个 uint。因此应把 Currency 隐式地强制转换为 uint。

实际上，Console.WriteLine() 有另一个重载方法，它的参数是一个 double 数，结果显示该 double 数的值。如果仔细看看第一个 SimpleCurrency 示例的结果，就会发现该结果的第 1 行就是使用这个重载方法把 Currency 显示为一个 double 数。在这个示例中，没有直接把 Currency 强制转换为 uint，所以编译器选择 Currency→float→double 作为可用于 Console.WriteLine() 重载方法首选的强制转换方式。但在 SimpleCurrency2 中可以直接强制转换为 uint，所以编译器会选择该路径。

结论是：如果方法调用带有多个重载方法，并要给该方法传送参数，而该参数的数据类型不匹配任何重载方法，就可以迫使编译器确定使用哪些强制转换方式进行数据转换，从而决定使用哪个重载方法(并进行相应的数据转换)。当然，编译器总是按逻辑和严格的规则来工作，但结果可能并不是我们所期望的。如果存在任何疑问，最好指定显式地使用哪种强制转换。

## 7.6 小结

本章介绍了 C# 提供的标准运算符，描述了对象的相等机制，讨论了编译器如何把一种标准数据类型转换为另一种标准数据类型。还阐述了如何使用运算符重载在自己的数据类型上实现自定义运算符。最后，学习了运算符重载的一种特殊类型，即类型强制转换运算符，它允许用户指定如何将自定义类型的实例转换为其他数据类型。

# 第 8 章

## 委托、Lambda 表达式和事件

本章内容:

- 委托
- Lambda 表达式
- 事件

委托是寻址方法的.NET 版本。在 C++中, 函数指针只不过是一个指向内存位置的指针, 它不是类型安全的。我们无法判断这个指针实际指向什么, 像参数和返回类型等项就更无从知晓了。而.NET 委托完全不同, 委托是类型安全的类, 它定义了返回类型和参数的类型。委托类不仅包含对方法的引用, 也可以包含对多个方法的引用。

Lambda 表达式与委托直接相关。当参数是委托类型时, 就可以使用 Lambda 表达式实现委托引用的方法。

本章学习委托和 Lambda 表达式的基础知识, 说明如何通过 Lambda 表达式实现委托调用, 并阐述.NET 如何将委托用作实现事件的方式。

### 8.1 委托

当要把方法传送给其他方法时, 需要使用委托。要了解它们的含义, 可以看看下面一行代码:

```
int i = int.Parse("99");
```

我们习惯于把数据作为参数传递给方法, 如上面的例子所示。所以, 给方法传递另一个方法听起来有点奇怪。而有时某个方法执行的操作并不是针对数据进行的, 而是要对另一个方法进行操作。更麻烦的是, 在编译时我们不知道第二个方法是什么, 这个信息只能在运行时得到, 所以需要把第二个方法作为参数传递给第一个方法。这听起来很令人迷惑, 下面用几个示例来说明:

**启动线程和任务**——在 C#中, 可以告诉计算机并行运行某些新的执行序列同时运行当前的任务。这种序列就称为线程, 在其中一个基类 `System.Threading.Thread` 的一个实例上使用方法 `Start()`, 就可以启动一个线程。如果要告诉计算机启动一个新的执行序列, 就必须说明要在哪里启动该序列。必须为计算机提供开始启动的方法的细节, 即 `Thread` 类的构造函数必须带有一个参数, 该参数定义了线程调用的方法。

**通用库类**——许多库包含执行各种标准任务的代码。这些库通常可以自我包含。这样在编写库时, 就会知道任务该如何执行。但是有时在任务中还包含子任务, 只有使用该库的客户端代码才

知道如何执行这些子任务。例如，编写一个类，它带有一个对象数组，并把它们按升序排列。但是，排序的部分过程会涉及重复使用数组中的两个对象，比较它们，看看哪一个应放在前面。如果要编写的类必须能对任何对象数组排序，就无法提前告诉计算机应如何比较对象。处理类中对象数组的客户端代码也必须告诉类如何比较要排序的特定对象。换言之，客户端代码必须给类传递某个可以调用并且进行这种比较的合适方法的细节。

- 事件——一般是通知代码发生了什么事情。GUI 编程主要处理事件。在引发事件时，运行库需要知道应执行哪个方法。这就需要把处理事件的方法作为一个参数传递给委托的。这些将在本章后面讨论。

在 C 和 C++ 中，只能提取函数的地址，并作为一个参数传递它。C 没有类型安全性。可以把任何函数传递给需要函数指针的方法。但是，这种直接方法不仅会导致一些关于类型安全性的问题，而且没有意识到：在进行面向对象编程时，几乎没有方法是孤立存在的，而是在调用方法前通常需要与类实例相关联。所以 .NET Framework 在语法上不允许使用这种直接方法。如果要传递方法，就必须把方法的细节封装在一种新类型的对象中，即委托。委托只是一种特殊类型的对象，其特殊之处在于，我们以前定义的所有对象都包含数据，而委托包含的只是一个或多个方法的地址。

### 8.1.1 声明委托

在 C# 中使用一个类时，分两个阶段。首先，需要定义这个类，即告诉编译器这个类由什么字段和方法组成。然后(除非只使用静态方法)，实例化类的一个对象。使用委托时，也需要经过这两个步骤。首先必须定义要使用的委托，对于委托，定义它就是告诉编译器这种类型的委托表示哪种类型的方法。然后，必须创建该委托的一个或多个实例。编译器在后台将创建表示该委托的一个类。

定义委托的语法如下：

```
delegate void IntMethodInvoker(int x);
```

在这个示例中，定义了一个委托 `IntMethodInvoker`，并指定该委托的每个实例都可以包含一个方法的引用，该方法带有一个 `int` 参数，并返回 `void`。理解委托的一个要点是它们的类型安全性非常高。在定义委托时，必须给出它所表示的方法的签名和返回类型等全部细节。



理解委托的一种好方式是把委托当作这样一件事情，它给方法的签名和返回类型指定名称。

假定要定义一个委托 `TwoLongsOp`，该委托表示的方法有两个 `long` 型参数，返回类型为 `double`。可以编写如下代码：

```
delegate double TwoLongsOp(long first, long second);
```

或者要定义一个委托，它表示的方法不带参数，返回一个 `string` 型的值，可以编写如下代码：

```
delegate string GetAString();
```

其语法类似于方法的定义，但没有方法体，定义的前面要加上关键字 `delegate`。因为定义委托基本上是定义一个新类，所以可以在定义类的任何相同地方定义委托，也就是说，可以在另一个类的内

部定义，也可以在任何类的外部定义，还可以在名称空间中把委托定义为顶层对象。根据定义的可见性，和委托的作用域，可以在委托的定义上应用任意常见的访问修饰符：`public`、`private`、`protected` 等：

```
public delegate string GetAString();
```



实际上，“定义一个委托”是指“定义一个新类”。委托实现为派生自基类 `System.MulticastDelegate` 的类，`System.MulticastDelegate` 又派生自基类 `System.Delegate`。C#编译器能识别这个类，会使用其委托语法，因此我们不需要了解这个类的具体执行情况。这是 C#与基类共同合作，使编程更易完成的另一个范例。

定义好委托后，就可以创建它的一个实例，从而用它存储特定方法的细节。



但是，在术语方面有一个问题。类有两个不同的术语：“类”表示较广义的定义，“对象”表示类的实例。但委托只有一个术语。在创建委托的实例时，所创建的委托的实例仍称为委托。必须从上下文中确定委托的确切含义。

### 8.1.2 使用委托

下面的代码段说明了如何使用委托。这是在 `int` 上调用 `ToString()` 方法的一种相当冗长的方式：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
private delegate string GetAString();

static void Main()
{
    int x = 40;
    GetAString firstStringMethod = new GetAString(x.ToString());
    Console.WriteLine("String is {0}", firstStringMethod());
    // With firstStringMethod initialized to x.ToString(),
    // the above statement is equivalent to saying
    // Console.WriteLine("String is {0}", x.ToString());
}
```

代码段 `GetAStringDemo/Program.cs`

在这段代码中，实例化了类型为 `GetAString` 的一个委托，并对它进行初始化，使它引用整型变量 `x` 的 `ToString()` 方法。在 C#中，委托在语法上总是接受一个参数的构造函数，这个参数就是委托引用的方法。这个方法必须匹配最初定义委托时的签名。所以在这个示例中，如果用不带参数并返回一个字符串的方法来初始化 `firstStringMethod` 变量，就会产生一个编译错误。注意，因为 `int.ToString()` 是一个实例方法(不是静态方法)，所以需要指定实例(`x`)和方法名来正确地初始化委托。

下一行代码使用这个委托来显示字符串。在任何代码中，都应提供委托实例的名称，后面的圆括号中应包含调用该委托中的方法时使用的任何等效参数。所以在上面的代码中，`Console.WriteLine()` 语句完全等价于注释语句中的代码行。

实际上，给委托实例提供圆括号与调用委托类的 `Invoke()` 方法完全相同。因为 `firstStringMethod` 是委

托类型的一个变量，所以 C# 编译器会用 `firstStringMethod.Invoke()` 代替 `firstStringMethod()`。

```
firstStringMethod();
firstStringMethod.Invoke();
```

为了减少输入量，只要需要委托实例，就可以只传送地址的名称。这称为委托推断。只要编译器可以把委托实例解析为特定的类型，这个 C# 特性就是有效的。下面的示例用 `GetString` 委托的一个新实例初始化 `GetString` 类型的 `firstStringMethod` 变量：

```
GetString firstStringMethod = new GetString(x.ToString);
```

只要用变量 `x` 把方法名传送给变量 `firstStringMethod`，就可以编写出作用相同的代码：

```
GetString firstStringMethod = x.ToString;
```

C# 编译器创建的代码是一样的。由于编译器会用 `firstStringMethod` 检测需要的委托类型，因此它创建 `GetString` 委托类型的一个实例，用对象 `x` 把方法的地址传送给构造函数。



调用上述方法名时输入形式不能为 `x.ToString()` (不要输入圆括号)，也不能把它传给委托变量。输入圆括号调用一个方法。调用 `x.ToString()` 方法会返回一个不能赋予委托变量的字符串对象。只能把方法的地址赋予委托变量。

委托推断可以在需要委托实例的任何地方使用。委托推断也可以用于事件，因为事件基于委托 (参见本章后面的内容)。

委托的一个特征是它们的类型是安全的，可以确保被调用的方法的签名是正确的。但有趣的是，它们不关心在什么类型的对象上调用该方法，甚至不考虑该方法是静态方法，还是实例方法。



给定委托的实例可以引用任何类型的任何对象上的实例方法或静态方法——只要方法的签名匹配于委托的签名即可。

为了说明这一点，扩展上面的代码，让它使用 `firstStringMethod` 委托在另一个对象上调用其他两个方法，其中一个实例方法，另一个是静态方法。为此，使用本章前面定义的 `Currency` 结构。`Currency` 结构有自己的 `ToString()` 重载方法和一个与 `GetCurrencyUnit()` 的签名相同的静态方法。这样，就可以用同一个委托变量调用这些方法了：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
struct Currency
{
    public uint Dollars;
    public ushort Cents;

    public Currency(uint dollars, ushort cents)
    {
        this.Dollars = dollars;
        this.Cents = cents;
    }
}
```

```

public override string ToString()
{
    return string.Format("${0}.{1,2:00}", Dollars,Cents);
}

public static string GetCurrencyUnit()
{
    return "Dollar";
}

public static explicit operator Currency (float value)
{
    checked
    {
        uint dollars = (uint)value;
        ushort cents = (ushort)((value-dollars)*100);
        return new Currency(dollars, cents);
    }
}

public static implicit operator float (Currency value)
{
    return value.Dollars + (value.Cents/100.0f);
}

public static implicit operator Currency (uint value)
{
    return new Currency(value, 0);
}

public static implicit operator uint (Currency value)
{
    return value.Dollars;
}
}

```

---

代码段 GetAStringDemo/Currency.cs

下面就可以使用 `GetAString` 实例，代码如下所示：

```

private delegate string GetAString();

static void Main()
{
    int x = 40;
    GetAString firstStringMethod = x.ToString;
    Console.WriteLine("String is {0}", firstStringMethod());

    Currency balance = new Currency(34, 50);

    // firstStringMethod references an instance method
    firstStringMethod = balance.ToString;
    Console.WriteLine("String is {0}", firstStringMethod());

    // firstStringMethod references a static method
    firstStringMethod = new GetAString(Currency.GetCurrencyUnit);
    Console.WriteLine("String is {0}", firstStringMethod());
}

```

```
    }
```

这段代码说明了如何通过委托来调用方法，然后重新给委托指定在类的不同实例上引用的不同方法，甚至可以指定静态方法，或者在类的不同类型的实例上引用的方法，只要每个方法的签名匹配委托定义即可。

运行应用程序，会得到委托引用的不同方法的输出结果：

```
String is 40
String is $34.50
String is Dollar
```

但是，我们实际上还没有说明把一个委托传递给另一个方法的具体过程，也没有得到任何特别有用的结果。调用 `int` 和 `Currency` 对象的 `ToString()` 的方法要比使用委托直观得多！但是，在真正领会到委托的用处前，需要用一个相当复杂的示例来说明委托的本质。下面就是两个委托的示例。第一个示例仅使用委托来调用两个不同的操作。它说明了如何把委托传递给方法，如何使用委托数组，但这仍没有很好地说明：没有委托，就不能完成很多工作。第二个示例就复杂得了，它有一个类 `BubbleSorter`，该类实现一个方法，按照升序排列一个对象数组。没有委托是很难编写出这个类。

### 8.1.3 简单的委托示例

在这个示例中，定义一个类 `MathOperations`，它有两个静态方法，对 `double` 类型的值执行两个操作，然后使用该委托调用这些方法。这个数学类如下所示：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
class MathOperations
{
    public static double MultiplyByTwo(double value)
    {
        return value * 2;
    }

    public static double Square(double value)
    {
        return value * value;
    }
}
```

代码段 `SimpleDelegate/MathOperations.cs`

下面调用这些方法：

```
using System;

namespace Wrox.ProCSharp.Delegates
{
    delegate double DoubleOp(double x);

    class Program
    {
        static void Main()
        {
            DoubleOp[] operations =
            {
                MathOperations.MultiplyByTwo,
```

```

        MathOperations.Square
    };

    for (int i=0; i < operations.Length; i++)
    {
        Console.WriteLine("Using operations[{0}]:", i);
        ProcessAndDisplayNumber(operations[i], 2.0);
        ProcessAndDisplayNumber(operations[i], 7.94);
        ProcessAndDisplayNumber(operations[i], 1.414);
        Console.WriteLine();
    }
}

static void ProcessAndDisplayNumber(DoubleOp action, double value)
{
    double result = action(value);
    Console.WriteLine(
        "Value is {0}, result of operation is {1}", value, result);
}
}
}

```

代码段 SimpleDelegate/Program.cs

在这段代码中，实例化了一个委托数组 `DoubleOp` (记住，一旦定义了委托类，基本上就可以实例化它的实例，就像处理一般的类那样——所以把一些委托的实例放在数组中是可以的)。该数组的每个元素都初始化为由 `MathsOperations` 类实现的不同操作。然后遍历这个数组，把每个操作应用到 3 个不同的值上。这说明了使用委托的一种方式——把方法组合到一个数组中来使用，这样就可以在循环中调用不同的方法了。

这段代码的关键一行是把每个委托传递给 `ProcessAndDisplayNumber()` 方法，例如：

```
ProcessAndDisplayNumber(operations[i], 2.0);
```

其中传递了委托名，但不带任何参数。假定 `operations[i]` 是一个委托，其语法是：

- `operations[i]` 表示“这个委托”。换言之，就是委托表示的方法。
- `operations[i](2.0)` 表示“实际上调用这个方法，参数放在圆括号中”。

`ProcessAndDisplayNumber()` 方法定义为把一个委托作为其第一个参数：

```
static void ProcessAndDisplayNumber(DoubleOp action, double value)
```

然后，在这个方法中，调用：

```
double result = action(value);
```

这实际上是调用 `action` 委托实例封装的方法，其返回结果存储在 `result` 中。运行这个示例，得到如下所示的结果：

```

SimpleDelegate
Using operations[0]:
Value is 2, result of operation is 4
Value is 7.94, result of operation is 15.88
Value is 1.414, result of operation is 2.828

```



```

Using operations[1]:
Value is 2, result of operation is 4
Value is 7.94, result of operation is 63.0436
Value is 1.414, result of operation is 1.999396

```

### 8.1.4 Action<T>和 Func<T>委托

除了为每个参数和返回类型定义一个新委托类型之外，还可以使用 `Action<T>` 和 `Func<T>` 委托。泛型 `Action<T>` 委托表示引用一个 `void` 返回类型的方法。因为这个委托类存在不同的变体，所以可以传递至多 16 种不同的参数类型。没有泛型参数的 `Action` 类可调用没有参数的方法。`Action<in T>` 调用带一个参数的方法，`Action<in T1, in T2>` 调用带两个参数的方法，`Action<in T1, in T2, in T3, in T4, in T5, in T6, in T7, in T8>` 调用带 8 个参数的方法。

`Func<T>` 委托可以以类似的方式使用。`Func<T>` 允许调用带返回类型的方法。与 `Action<T>` 类似，`Func<T>` 也定义了不同的变体，至多也可以传递 16 个参数类型和一个返回类型。`Func<out TResult>` 委托类型可以调用带返回类型且无参数的方法，`Func<in T, out TResult>` 调用带一个参数的方法，`Func<in T1, in T2, in T3, in T4, out TResult>` 调用带 4 个参数的方法。

上一节的示例声明了一个委托，其参数是 `double` 类型，返回类型是 `double`：

```
delegate double DoubleOp(double x);
```

除了声明自定义委托 `DoubleOp` 之外，还可以使用 `Func<in T, out TResult>` 委托。可以声明一个该委托类型的变量，或者该委托类型的数组，如下所示：

```

Func <double, double>[] operations =
{
    MathOperations.MultiplyByTwo,
    MathOperations.Square
};

```

使用它，并将 `ProcessAndDisplayNumber()` 方法作为参数：

```

static void ProcessAndDisplayNumber(Func<double, double>action,
    double value)
{
    double result = action(value);
    Console.WriteLine(
        "Value is {0}, result of operation is {1}", value, result);
}

```

### 8.1.5 BubbleSorter 示例

下面的示例将说明委托的真正用途。我们要编写一个类 `BubbleSorter`，它实现一个静态方法 `Sort()`，这个方法的一个参数是一个对象数组，把该数组按照升序重新排列。例如，假定传递给它的是 `int` 数组：`{0, 5, 6, 2, 1}`，则返回的结果应是 `{0, 1, 2, 5, 6}`。

冒泡排序算法非常著名，是一种简单的排序方法。它适合于小组数字，因为对于大量的数字（超过 10 个），还有更高效的算法。冒泡排序算法重复遍历数组，比较每一对数字，按照需要交换它们的位置，从而把最大的数字逐步移动到数组的最后。对于给 `int` 排序，进行冒泡排序的方法如下所示：

```

bool swapped = true;
do

```

```

    {
        swapped = false;
        for (int i = 0; i < sortArray.Length-1; i++)
        {
            if (sortArray[i] < sortArray[i+1]) // problem with this test
            {
                int temp = sortArray[i];
                sortArray[i] = sortArray[i + 1];
                sortArray[i + 1] = temp;
                swapped = true;
            }
        }
    } while (swapped);
}

```

它非常适合于 `int`，但我们希望 `Sort()` 方法能给任何对象排序。换言之，如果某段客户端代码包含 `Currency` 结构数组或自定义的其他类和结构，就需要对该数组排序。这样，上面代码中的 `if(sortArray[j] < sortArray[i])` 就有问题了，因为它需要比较数组中的两个对象，看看哪一个更大。可以对 `int` 进行这样的比较，但如何对没有实现“<”运算符的新类进行比较？答案是能识别该类的客户端代码必须在委托中传递一个封装的方法，这个方法可以进行比较。另外，不给 `temp` 变量使用 `int` 类型，而使用泛型类型就可以实现泛型方法 `Sort()`。

对于接受类型 `T` 的泛型方法 `Sort<T>()`，需要一个比较方法，其两个参数的类型是 `T`，`if` 比较的返回类型是布尔类型。这个方法可以从 `Func<T1, T2, TResult>` 委托中引用，其中 `T1` 和 `T2` 的类型相同：`Func<T, T, bool>`。

给 `Sort<T>` 方法指定下述签名：

```
static public void Sort <T> (IList<T> sortArray, Func<T, T, bool> comparison)
```

这个方法的文档说明，`comparison` 必须引用一个方法，该方法带有两个参数，如果第一个参数的值“小于”第二个参数，就返回 `true`。

设置完毕后，下面定义 `BubbleSorter` 类：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

class BubbleSorter
{
    static public void Sort<T> (IList<T> sortArray, Func<T, T, bool> comparison)
    {
        bool swapped = true;
        do
        {
            swapped = false;
            for (int i = 0; i < sortArray.Count-1; i++)
            {
                if (comparison(sortArray[i+1], sortArray[i]))
                {
                    T temp = sortArray[i];
                    sortArray[i] = sortArray[i + 1];
                    sortArray[i + 1] = temp;
                    swapped = true;
                }
            }
        } while (swapped);
    }
}

```

为了使用这个类,需要定义另一个类,从而建立要排序的数组。在本例中,假定 Mortimer Phones 移动电话公司有一个员工列表,要根据他们的薪水进行排序。每个员工分别由类 `Employee` 的一个实例表示,如下所示:



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
class Employee
{
    public Employee(string name, decimal salary)
    {
        this.Name = name;
        this.Salary = salary;
    }

    public string Name { get; private set; }
    public decimal Salary { get; private set; }

    public override string ToString()
    {
        return string.Format("{0}, {1:C}", Name, Salary);
    }

    public static bool CompareSalary(Employee e1, Employee e2)
    {
        return e1.Salary < e2.Salary;
    }
}
```

注意,为了匹配 `Func<T, T, bool>` 委托的签名,在这个类中必须定义 `CompareSalary`, 它的参数是两个 `Employee` 引用,并返回一个布尔值。在实现比较的代码中,根据薪水进行比较。

下面编写一些客户端代码,完成排序:



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
using System;

namespace Wrox.ProCSharp.Delegates
{
    class Program
    {
        static void Main()
        {
            Employee[] employees =
            {
                new Employee("Bugs Bunny", 20000),
                new Employee("Elmer Fudd", 10000),
                new Employee("Daffy Duck", 25000),
                new Employee("Wile Coyote", 1000000.38m),
                new Employee("Foghorn Leghorn", 23000),
                new Employee("RoadRunner", 50000)
            };
            BubbleSorter.Sort(employees, Employee.CompareSalary);

            foreach (var employee in employees)
```

```

        Console.WriteLine(employee);
    }
}

```

代码段 BubbleSorter/Program.cs

运行这段代码，正确显示按照薪水排列的 Employee，如下所示：

```

BubbleSorter
Elmer Fudd, $10,000.00
Bugs Bunny, $20,000.00
Foghorn Leghorn, $23,000.00
Daffy Duck, $25,000.00
RoadRunner, $50,000.00
Wile Coyote, $1,000,000.38

```

### 8.1.6 多播委托

前面使用的每个委托都只包含一个方法调用。调用委托的次数与调用方法的次数相同。如果要调用多个方法，就需要多次显式调用这个委托。但是，委托也可以包含多个方法。这种委托称为多播委托。如果调用多播委托，就可以按顺序连续调用多个方法。为此，委托的签名就必须返回 void；否则，就只能得到委托调用的最后一个方法的结果。

可以使用返回类型为 void 的 Action<double>委托：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

class Program
{
    static void Main()
    {
        Action<double>operations = MathOperations.MultiplyByTwo;
        operations += MathOperations.Square;
    }
}

```

代码段 MulticastDelegates/Program.cs

在前面的示例中，因为要存储对两个方法的引用，所以实例化了一个委托数组。而这里只是在同一个多播委托中添加两个操作。多播委托可以识别运算符“+”和“+=”。另外，还可以扩展上述代码中的最后两行，如下所示：

```

Action<double>operation1 = MathOperations.MultiplyByTwo;
Action<double>operation2 = MathOperations.Square;
Action<double>operations = operation1 + operation2;

```

多播委托还识别运算符“-”和“-=”，以从委托中删除方法调用。



根据后面的内容，多播委托实际上是一个派生自 System.MulticastDelegate 的类，System.MulticastDelegate 又派生自基类 System.Delegate。System.MulticastDelegate 的其他成员允许把多个方法调用链接为一个列表。

为了说明多播委托的用法，下面把 SimpleDelegate 示例转换为一个新示例 MulticastDelegate。现在需

要委托引用返回 void 的方法，就应重写 `MathOperations` 类中的方法，从而让它们显示其结果，而不是返回它们：



```
class MathOperations
{
    public static void MultiplyByTwo(double value)
    {
        double result = value * 2;
        Console.WriteLine("Multiplying by 2: {0} gives {1}", value, result);
    }

    public static void Square(double value)
    {
        double result = value * value;
        Console.WriteLine("Squaring: {0} gives {1}", value, result);
    }
}
```

代码段 `MulticastDelegates/MathOperations.cs`

为了适应这个改变，也必须重写 `ProcessAndDisplayNumber()` 方法：

```
static void ProcessAndDisplayNumber(Action<double>action, double value)
{
    Console.WriteLine();
    Console.WriteLine("ProcessAndDisplayNumber called with value = {0}", value);
    action(value);
}
```

下面测试多播委托，其代码如下：

```
static void Main()
{
    Action<double>operations = MathOperations.MultiplyByTwo;
    operations += MathOperations.Square;

    ProcessAndDisplayNumber(operations, 2.0);
    ProcessAndDisplayNumber(operations, 7.94);
    ProcessAndDisplayNumber(operations, 1.414);
    Console.WriteLine();
}
```

现在，每次调用 `ProcessAndDisplayNumber()` 方法时，都会显示一条消息，说明它已经被调用。然后，下面的语句会按顺序调用 `action` 委托实例中的每个方法：

```
action(value);
```

运行这段代码，得到如下所示的结果：

```
MulticastDelegate
ProcessAndDisplayNumber called with value = 2
Multiplying by 2: 2 gives 4
Squaring: 2 gives 4

ProcessAndDisplayNumber called with value = 7.94
```

```

Multiplying by 2: 7.94 gives 15.88
Squaring: 7.94 gives 63.0436

ProcessAndDisplayNumber called with value = 1.414
Multiplying by 2: 1.414 gives 2.828
Squaring: 1.414 gives 1.999396

```

如果正在使用多播委托，就应知道对同一个委托调用方法链的顺序并未正式定义。因此应避免编写依赖于以特定顺序调用方法的代码。

通过一个委托调用多个方法还可能导致一个大问题。多播委托包含一个逐个调用的委托集合。如果通过委托调用的其中一个方法抛出一个异常，整个迭代就会停止。下面是 `MulticastIteration` 示例。其中定义了一个简单的委托 `Action`，它没有参数并返回 `void`。这个委托打算调用 `One()` 和 `Two()` 方法，这两个方法满足委托的参数和返回类型要求。注意 `One()` 方法抛出了一个异常：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

using System;

namespace Wrox.ProCSharp.Delegates
{
    class Program
    {
        static void One()
        {
            Console.WriteLine("One");
            throw new Exception("Error in one");
        }

        static void Two()
        {
            Console.WriteLine("Two");
        }
    }
}

```

代码段 `MulticastDelegateWithIteration/Program.cs`

在 `Main()` 方法中，创建了委托 `d1`，它引用方法 `One()`，接着把 `Two()` 方法的地址添加到同一个委托中。调用 `d1` 委托，就可以调用这两个方法。在 `try/catch` 块中捕获异常：

```

static void Main()
{
    Action d1 = One;
    d1 += Two;

    try
    {
        d1();
    }
    catch (Exception)
    {
        Console.WriteLine("Exception caught");
    }
}

```

委托只调用了第一个方法。因为第一个方法抛出了一个异常，所以委托的迭代会停止，不再调

用 Two()方法。没有指定当调用方法的顺序时, 结果会有所不同。

```
One
Exception Caught
```



错误和异常详见第 15 章。

在这种情况下, 为了避免这个问题, 应自己迭代方法列表。Delegate 类定义 GetInvocationList() 方法, 它返回一个 Delegate 对象数组。现在可以使用这个委托调用与委托直接相关的方法, 捕获异常, 并继续下一次迭代。

```
static void Main()
{
    Action d1 = One;
    d1 += Two;

    Delegate[] delegates = d1.GetInvocationList();
    foreach (Action d in delegates)
    {
        try
        {
            d();
        }
        catch (Exception)
        {
            Console.WriteLine("Exception caught");
        }
    }
}
```

修改了代码后运行应用程序, 会看到在捕获了异常后, 将继续迭代下一个方法。

```
One
Exception caught
Two
```

### 8.1.7 匿名方法

到目前为止, 要想使委托工作, 方法必须已经存在(即委托是用它将调用的方法的相同签名定义的)。但还有另外一种使用委托的方式: 即通过匿名方法。匿名方法是用作委托的参数的一段代码。

用匿名方法定义委托的语法与前面的定义并没有区别。但在实例化委托时, 就有区别了。下面是一个非常简单的控制台应用程序, 它说明了如何使用匿名方法:



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
using System;

namespace Wrox.ProCSharp.Delegates
{
    class Program
    {
        static void Main()
        {
```

```

string mid = ", middle part,";

Func<string, string>anonDel = delegate(string param)
{
    param += mid;
    param += " and this was added to the string.";
    return param;
};
Console.WriteLine(anonDel("Start of string"));

```

代码段 AnonymousMethods/Program.cs

`Func<string, string>`委托接受一个字符串参数，返回一个字符串。`anonDel` 是这种委托类型的变量。不是把方法名赋予这个变量，而是使用一段简单的代码：它前面是关键字 `delegate`，后面是一个字符串参数：

可以看出，该代码块使用方法级的字符串变量 `mid`，该变量是在匿名方法的外部定义的，并把它添加到要传递的参数中。接着代码返回该字符串值。在调用委托时，把一个字符串作为参数传递，将返回的字符串输出到控制台上。

匿名方法的优点是减少了要编写的代码。不必定义仅由委托使用的方法。在为事件定义委托时，这是非常显然的(本章后面探讨事件)。这有助于降低代码的复杂性，尤其是定义了好几个事件时，代码会显得比较简单。使用匿名方法时，代码执行得不太快。编译器仍定义了一个方法，该方法只有一个自动指定的名称，我们不需要知道这个名称。

在使用匿名方法时，必须遵循两条规则。在匿名方法中不能使用跳转语句(`break`、`goto` 或 `continue`)跳到该匿名方法的外部，反之亦然：匿名方法外部的跳转语句不能跳到该匿名方法的内部。

在匿名方法内部不能访问不安全的代码。另外，也不能访问在匿名方法外部使用的 `ref` 和 `out` 参数。但可以使用在匿名方法外部定义的其他变量。

如果需要用匿名方法多次编写同一个功能，就不要使用匿名方法。在本示例中，除了复制代码，编写一个指定的方法比较好，因为该方法只需编写一次，以后可通过名称引用它。

从 C# 3.0 开始，可以使用 Lambda 表达式替代匿名方法。

## 8.2 Lambda 表达式

自 C# 3.0 开始，就可以使用一种新语法把实现代码赋予委托：Lambda 表达式。只要有委托参数类型的地方，就可以使用 Lambda 表达式。前面使用匿名方法的例子可以改为使用 Lambda 表达式：



Lambda 表达式的语法比匿名方法简单。如果所调用的方法有参数，且不需要参数，匿名方法的语法就比较简单，因为这样不需要提供参数。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

using System;

namespace Wrox.ProCSharp.Delegates
{

```



```

class Program
{
    static void Main()
    {
        string mid = ", middle part,";

        Func<string, string>lambda = param =>
        {
            param += mid;
            param += " and this was added to the string.";
            return param;
        };

        Console.WriteLine(lambda("Start of string"));
    }
}

```

代码段 LambdaExpressions/Program.cs

Lambda 运算符 “=>” 的左边列出了需要的参数。Lambda 运算符的右边定义了赋予 lambda 变量的方法的实现代码。

### 8.2.1 参数

Lambda 表达式有几种定义参数的方式。如果只有一个参数，只写出参数名就足够了。下面的 Lambda 表达式使用了参数 s。因为委托类型定义了一个 string 参数，所以 s 的类型就是 string。实现代码调用 String.Format() 方法来返回一个字符串，在调用该委托时，就把字符串写到控制台上：

```

Func<string, string>oneParam = s => String.Format(
    "change uppercase {0}", s.ToUpper());
Console.WriteLine(oneParam("test"));

```

如果委托使用多个参数，就把参数名放在花括号中。这里参数 x 和 y 的类型是 double，由 Func<double, double, double> 委托定义：

```

Func<double, double, double> twoParams = (x, y) => x * y;
Console.WriteLine(twoParams(3, 2));

```

为了方便，可以在花括号中给变量名添加参数类型：

```

Func<double, double, double> twoParamsWithTypes =
    (double x, double y) => x * y;
Console.WriteLine(twoParamsWithTypes(4, 2));

```

### 8.2.2 多行代码

如果 Lambda 表达式只有一条语句，在方法块内就不需要花括号和 return 语句，因为编译器会添加一条隐式的 return 语句。

```

Func<double, double> square = x => x * x;

```

添加花括号、return 语句和分号是完全合法的，通常这比不添加这些符号更容易阅读：

```

Func<double, double> square = x = >

```

```

    {
        return x * x;
    }

```

但是，如果在 Lambda 表达式的实现代码中需要多条语句，就必须添加花括号和 return 语句：

```

Func<string, string> lambda = param =>
{
    param += mid;
    param += " and this was added to the string.";
    return param;
};

```

### 8.2.3 Lambda 表达式外部的变量

通过 Lambda 表达式可以访问 Lambda 表达式块外部的变量。这是一个非常好的功能，但如果未正确使用，也会非常危险。

在下面的示例中，Func<int, int>类型的 Lambda 表达式需要一个 int 参数，返回一个 int。该 Lambda 表达式的参数用变量 x 定义。实现代码还访问了 Lambda 表达式外部的变量 someVal。只要不认为在调用 f 时，Lambda 表达式创建了一个以后使用的新方法，这似乎没有什么问题。看看这个代码块，调用 f 的返回值应是 x 加 5 的结果，但似乎不是这样：

```

int someVal = 5;
Func<int, int> f = x => x + someVal;

```

假定以后要修改变量 someVal，于是调用 Lambda 表达式时，会使用 someVal 的新值。调用 f(3) 的结果是 10：

```

someVal = 7;
Console.WriteLine(f(3));

```

特别是，通过另一个线程调用 Lambda 表达式时，我们可能不知道进行了这个调用，也不知道外部变量的当前值是什么。

现在我们也可能会奇怪，如何在 Lambda 表达式的内部访问 Lambda 表达式外部的变量。为了解释这一点，看看编译器在定义 Lambda 表达式时做了什么。对于 Lambda 表达式  $x \Rightarrow x + \text{someVal}$ ，编译器会创建一个匿名类，它有一个构造函数来传递外部变量。该构造函数取决于从外部传递进来的变量个数。对于这个简单的例子，构造函数接受一个 int。匿名类包含一个匿名方法，其实现代码、参数和返回类型由 Lambda 表达式定义：

```

public class AnonymousClass
{
    private int someVal;
    public AnonymousClass(int someVal)
    {
        this.someVal = someVal;
    }
    public int AnonymousMethod(int x)
    {
        return x + someVal;
    }
}

```

使用 Lambda 表达式并调用该方法，会创建匿名类的一个实例，并传递调用该方法时变量的值。



Lambda 表达式可以用于类型是一个委托的任意地方。类型是 Expression 或 Expression<T>时，也可以使用 Lambda 表达式。此时编译器会创建一个表达式树，详见第 11 章。

## 8.3 事件

事件基于委托，为委托提供了一种发布/订阅机制。在架构内到处都能看到事件。在 Windows 应用程序中，Button 类提供了 Click 事件。这类事件就是委托。触发 Click 事件时调用的处理程序方法需要定义，其参数由委托类型定义。

在本节的示例代码中，事件用于连接 CarDealer 类和 Consumer 类。CarDealer 类提供了一个新车到达时触发的事件。Consumer 类订阅该事件，以获得新车到达的通知。

### 8.3.1 事件发布程序

从 CarDealer 类开始，它基于事件提供一个订阅。CarDealer 类用 event 关键字定义了类型为 EventHandler<CarInfoEventArgs>的 NewCarInfo 事件。在 NewCar()方法中，触发 NewCarInfo 事件：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
using System;

namespace Wrox.ProCSharp.Delegates
{
    public class CarInfoEventArgs: EventArgs
    {
        public CarInfoEventArgs(string car)
        {
            this.Car = car;
        }

        public string Car { get; private set; }
    }

    public class CarDealer
    {
        public event EventHandler<CarInfoEventArgs> NewCarInfo;

        public void NewCar(string car)
        {
            Console.WriteLine("CarDealer, new car {0}", car);
            if (NewCarInfo != null)
            {
                NewCarInfo(this, new CarInfoEventArgs(car));
            }
        }
    }
}
```

代码段 EventsSample/CarDealer.cs

CarDealer 类提供了 EventHandler<CarInfoEventArgs> 类型的 NewCarInfo 事件。作为一个约定，事件一般使用带两个参数的方法，其中第一个参数是一个对象，包含事件的发送者，第二个参数提供了事件的相关信息。第二个参数随不同的事件类型而不同。NET 1.0 为所有不同数据类型的事件定义了几百个委托。有了泛型委托 EventHandler<T> 后，这就不再需要委托了。EventHandler<TEventArgs> 定义了一个处理程序，它返回 void，接受两个参数。对于 EventHandler<TEventArgs>，第一个参数必须是 object 类型，第二个参数是 T 类型。EventHandler<TEventArgs> 还定义了一个关于 T 的约束：它必须派生自基类 EventArgs，CarInfoEventArgs 就派生自基类 EventArgs：

```
public event EventHandler<CarInfoEventArgs> NewCarInfo;
```

委托 EventHandler<TEventArgs> 的定义如下：

```
public delegate void EventHandler<TEventArgs> (object sender, TEventArgs e)
    where TEventArgs: EventArgs
```

在一行上定义事件是 C# 的简化记法。编译器会创建一个 EventHandler<CarInfoEventArgs> 委托类型的变量，并添加方法，以便从委托中订阅和取消订阅。该简化记法的较长形式如下所示。这非常类似于自动属性和完整属性之间的关系。对于事件，使用 add 和 remove 关键字添加和删除委托的处理程序：

```
private delegate EventHandler<CarInfoEventArgs> newCarInfo;
public event EventHandler<CarInfoEventArgs> NewCarInfo
{
    add
    {
        newCarInfo += value;
    }
    remove
    {
        newCarInfo -= value;
    }
}
```



如果不仅仅需要添加和删除事件处理程序，定义事件的长记法就很有用，例如，需要为多个线程访问添加同步操作。WPF 控件使用长记法给事件添加冒泡和隧道功能。事件的冒泡和隧道详见第 27 章。

CarDealer 类在 NewCar 方法中触发事件。使用 NewCarInfo 和花括号可以调用给事件订阅的所有处理程序。注意与多播委托一样，方法的调用顺序无法保证。为了更多地控制处理程序的调用，可以使用 Delegate 类的 GetInvocationList() 方法，访问委托列表中的每一项，并独立地调用每个方法，如上所示。

在触发事件之前，需要检查委托 NewCarInfo 是否不为空。如果没有订阅处理程序，委托就是空。

```
public void NewCar(string car)
{
    Console.WriteLine("CarDealer, new car {0}", car);
    if (NewCarInfo != null)
```

```

    {
        NewCarInfo(this, new CarInfoEventArgs(car));
    }
}

```

### 8.3.2 事件侦听器

`Consumer` 类用作事件侦听器。这个类订阅了 `CarDealer` 类的事件,并定义了 `NewCarIsHere` 方法,该方法满足 `EventHandler<CarInfoEventArgs>` 委托的要求,其参数类型是 `object` 和 `CarInfoEventArgs`:



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

using System;

namespace Wrox.ProCSharp.Delegates
{
    public class Consumer
    {
        private string name;

        public Consumer(string name)
        {
            this.name = name;
        }

        public void NewCarIsHere(object sender, CarInfoEventArgs e)
        {
            Console.WriteLine("{0}: car {1} is new", name, e.Car);
        }
    }
}

```

代码段 EventsSample/Consumer.cs

现在需要连接事件发布程序和订阅器。为此使用 `CarDealer` 类的 `NewCarInfo` 事件,通过 “+=” 创建一个订阅。消费者 `michael`(变量)订阅了事件,接着消费者 `nick`(变量)也订阅了事件,然后 `michael`(变量)通过 “-=” 取消了订阅。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

namespace Wrox.ProCSharp.Delegates
{
    class Program
    {
        static void Main()
        {
            var dealer = new CarDealer();

            var michael = new Consumer("Michael");
            dealer.NewCarInfo += michael.NewCarIsHere;

            dealer.NewCar("Mercedes");

            var nick = new Consumer("Nick");
            dealer.NewCarInfo += nick.NewCarIsHere;

            dealer.NewCar("Ferrari");

            dealer.NewCarInfo -= michael.NewCarIsHere;

            dealer.NewCar("Toyota");
        }
    }
}

```

代码段 EventsSample/Program.cs

运行应用程序，一辆 Mercedes 到达，Michael 得到了通知。因为之后 Nick 也注册了该订阅，所以 Michael 和 Nick 都获得了新 Ferrari 的通知。接着 Michael 取消了订阅，所以只有 Nick 获得了 Toyota 的通知。

```
CarDealer, new car Mercedes
Michael: car Mercedes is new
CarDealer, new car Ferrari
Michael: car Ferrari is new
Nick: car Ferrari is new
CarDealer, new car Toyota
Nick: car Toyota is new
```

### 8.3.3 弱事件

通过事件，直接连接到发布程序和侦听器。但垃圾回收有一个问题。例如，如果侦听器不再直接引用，发布程序就仍有一个引用。垃圾回收器不能清空侦听器占用的内存，因为发布程序仍保有一个引用，会针对侦听器触发事件。

这种强连接可以通过弱事件模式来解决，即使用 `WeakEventManager` 作为发布程序和侦听器之间的中介。

前面的示例把 `CarDealer` 作为发布程序，把 `Consumer` 作为侦听器，下一节将修改这个示例，以使用弱事件模式。

#### 1. 弱事件管理器

要使用弱事件，需要创建一个派生自 `WeakEventManager` 类的类。`WeakEventManager` 类在程序集 `WindowsBase` 的名称空间 `System.Windows` 中定义。

`WeekCarInfoEventManager` 类是弱事件管理器类，它管理 `NewCarInfo` 事件的发布程序和侦听器之间的连接。因为这个类实现了单一模式，所以只创建一个实例。静态属性 `CurrentManager` 创建了一个 `WeekCarInfoEventManager` 类型的对象(如果它不存在)，并返回对该对象的引用。`WeekCarInfoEventManager.CurrentManager` 用于访问 `WeekCarInfoEventManager` 类中的单一对象。

对于弱事件模式，弱事件管理器类需要静态方法 `AddListener()` 和 `StopListening()`。侦听器使用这些方法连接发布程序，和断开与发布程序的连接，而不是直接使用发布程序中的事件。侦听器还需要实现稍后介绍的接口 `IWeekEventListener`。通过 `AddListener()` 和 `Remove Listener()` 方法，调用 `WeakEventManager` 基类中的方法，来添加和删除侦听器。

对于 `WeekCarInfoEventManager` 类，还需要重写基类的 `StartListening()` 和 `StopListening()` 方法。添加第一个侦听器时调用 `StartListening()` 方法，删除最后一个侦听器时调用 `StopListening()` 方法。`StartListening()` 方法和 `StopListening()` 方法从弱事件管理器中订阅和取消订阅一个方法，以侦听发布程序中的事件。如果弱事件管理器类需要连接到不同的发布程序类型上，就可以在源对象中检查类型信息，之后进行类型强制转换。接着使用基类的 `DeliverEvent()` 方法，把事件传递给侦听器。`DeliverEvent()` 方法在侦听器中调用 `IWeekEventListener` 接口中的 `ReceiveWeekEvent()` 方法：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
using system. Windows
namespace Wrox.ProCSharp.Delegates
{
    public class WeakCarInfoEventManager: WeakEventManager
    {
        public static void AddListener(object source, IWeakEventListener listener)
        {
            CurrentManager.ProtectedAddListener(source, listener);
        }

        public static void RemoveListener(object source,
            IWeakEventListener listener)
        {
            CurrentManager.ProtectedRemoveListener(source, listener);
        }

        public static WeakCarInfoEventManager CurrentManager
        {
            get
            {
                WeakCarInfoEventManager manager =
                    GetCurrentManager(typeof(WeakCarInfoEventManager))
                    as WeakCarInfoEventManager;
                if (manager == null)
                {
                    manager = new WeakCarInfoEventManager();
                    SetCurrentManager(typeof(WeakCarInfoEventManager), manager);
                }
                return manager;
            }
        }

        protected override void StartListening(object source)
        {
            (source as CarDealer).NewCarInfo += CarDealer_NewCarInfo;
        }

        void CarDealer_NewCarInfo(object sender, CarInfoEventArgs e)
        {
            DeliverEvent(sender, e);
        }

        protected override void StopListening(object source)
        {
            (source as CarDealer).NewCarInfo -= CarDealer_NewCarInfo;
        }
    }
}
```

代码段 WeakEventsSample/WeakCarInfoEventManager.cs



WPF 使用弱事件模式和事件管理器类 `CollectionChangedEventManager`、`CurrentChangedEventManager`、`CurrentChangingEventManager`、`PropertyChangedEventManager`、`DataChangedEventManager` 和 `LostFocusEventManager`。

对于发布程序类 `CarDealer`，不需要做任何修改，其实现代码与前面相同。

## 2. 事件侦听器

侦听器需要改为实现 `IWeakEventListener` 接口。这个接口定义了 `ReceiveWeakEvent()` 方法，触发事件时，从弱事件管理器中调用这个方法。在该方法的实现代码中，应从触发的事件中调用 `NewCarIsHere()` 方法。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
using System;
using System.Windows;

namespace Wrox.ProCSharp.Delegates
{
    public class Consumer : IWeakEventListener
    {
        private string name;

        public Consumer(string name)
        {
            this.name = name;
        }

        public void NewCarIsHere(object sender, CarInfoEventArgs e)
        {
            Console.WriteLine("{0}: car {1} is new", name, e.Car);
        }

        bool IWeakEventListener.ReceiveWeakEvent(Type managerType, object sender,
            EventArgs e)
        {
            NewCarIsHere(sender, e as CarInfoEventArgs);
            return true;
        }
    }
}
```

代码段 `WeakEventsSample/Consumer.cs`

在 `Main` 方法中，连接发布程序和侦听器，该连接现在使用 `WeakCarInfoEventManager` 类的 `AddListener()` 和 `RemoveListener()` 静态方法。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
static void Main()
{
    var dealer = new CarDealer();

    var michael = new Consumer("Michael");
    WeakCarInfoEventManager.AddListener(dealer, michael);

    dealer.NewCar("Mercedes");

    var nick = new Consumer("Nick");
    WeakCarInfoEventManager.AddListener(dealer, nick);

    dealer.NewCar("Ferrari");

    WeakCarInfoEventManager.RemoveListener(dealer, michael);
}
```



```
dealer.NewCar("Toyota");  
}
```

代码段 WeakEventsSample/Program.cs

实现了弱事件模式后，发布程序和侦听器就不再强连接了。当不再引用侦听器时，它就会被垃圾回收。

## 8.4 小结

本章介绍了委托、Lambda 表达式和事件的基本知识，解释了如何声明委托，如何给委托列表添加方法，如何实现通过委托和 Lambda 表达式调用的方法，并讨论了声明事件处理程序来响应事件的过程，以及如何创建自定义事件，使用引发事件的模式。

.NET 开发人员将大量使用委托和事件，特别是在开发 Windows 应用程序时。事件是 .NET 开发人员监控应用程序执行时出现的各种 Windows 消息的方式，否则就必须监控 WndProc，捕获 WM\_MOUSEBUTTONDOWN 消息，而不是获取按钮的鼠标 Click 事件。

在设计大型应用程序时，使用委托和事件可以减少依赖性和层的耦合，并能开发出具有更高重用性的组件。

Lambda 表达式是委托的 C# 语言特性。通过它们可以减少需要编写的代码量。Lambda 表达式不仅仅用于委托，详见第 11 章。

下一章介绍字符串和正则表达式。

# 第 9 章

## 字符串和正则表达式

本章内容:

- 创建字符串
- 格式化表达式
- 正则表达式

从本书前面开始,我们一直在使用字符串,但可能没有意识到,在 C# 中 `string` 关键字的映射实际上指向 .NET 基类 `System.String`。`System.String` 是一个功能非常强大且用途非常广泛的基类,但它不是 .NET 库中唯一与字符串相关的类。本章首先复习一下 `System.String` 的特性,再介绍如何使用其他的 .NET 库类来处理字符串,特别是 `System.Text` 和 `System.Text.Regular Expressions` 名称空间中的类。本章主要介绍下述内容:

- **创建字符串**——如果多次修改一个字符串,例如,在显示字符串或将其传递给其他方法或应用程序前,创建一个较长的字符串,`String` 类就会变得效率低下。对于这种情况,应使用另一个类 `System.Text.StringBuilder`,因为它是专门为这种情况设计的。
- **格式化表达式**——这些格式化表达式将用于后面几章中的 `Console.WriteLine()` 方法。格式化表达式使用两个有效的接口 `IFormatProvider` 和 `IFormattable` 来处理。在自己的类上实现这两个接口,实际上就可以定义自己的格式化序列,这样, `Console.WriteLine()` 和类似的类就可以以指定的方式显示类的值。
- **正则表达式**——.NET 还提供了一些非常复杂的类来识别字符串,或从长字符串中提取满足某些复杂条件的子字符串。例如,找出字符串中所有重复出现的某个字符或一组字符,或者找出以 `s` 开头且至少包含一个 `n` 的所有单词,或者找出遵循雇员 ID 或社会安全号码结构的字符串。虽然可以使用 `String` 类,编写方法来完成这类处理,但这类方法编写起来比较繁琐。而使用 `System.Text.RegularExpressions` 名称空间中的类就比较简单, `System.Text.RegularExpressions` 专门用于完成这类处理。

### 9.1 System.String 类

在介绍其他字符串类之前,先快速复习一下 `String` 类中一些可用的方法。

`System.String` 是一个类,专门用于存储字符串,允许对字符串进行许多操作。由于这种数据类型非常重要,C# 提供了它自己的关键字和相关的语法,以便于使用这个类来轻松地处理字符串。

使用运算符重载可以连接字符串：

```
string message1 = "Hello"; // returns "Hello"
message1 += ", There"; // returns "Hello, There"
string message2 = message1 + "!"; // returns "Hello, There!"
```

C#还允许使用类似于索引器的语法来提取指定的字符：

```
string message = "Hello";
char char4 = message[4]; // returns 'o'. Note the string is zero-indexed
```

这个类可以完成许多常见的任务，如替换字符、删除空白和把字母变成大写形式等。可用的方法如表 9-1 所示。

表 9-1

方 法	作 用
Compare	比较字符串的内容，考虑文化背景(区域)，判断某些字符是否相等
CompareOrdinal	与 Compare 一样，但不考虑文化背景
Concat	把多个字符串实例合并为一个实例
CopyTo	把特定数量的字符从选定的下标复制到数组的一个全新实例中
Format	格式化包含各种值的字符串和如何格式化每个值的说明符
IndexOf	定位字符串中第一次出现某个给定子字符串或字符的位置
IndexOfAny	定位字符串中第一次出现某个字符或一组字符的位置
Insert	把一个字符串实例插入到另一个字符串实例的指定索引处
Join	合并字符串数组，创建一个新字符串
LastIndexOf	与 IndexOf 一样，但定位最后一次出现的位置
LastIndexOfAny	与 IndexOfAny 一样，但定位最后一次出现的位置
PadLeft	在字符串的左侧，通过添加指定的重复字符填充字符串
PadRight	在字符串的右侧，通过添加指定的重复字符填充字符串
Replace	用另一个字符或子字符串替换字符串中给定的字符或子字符串
Split	在出现给定字符的地方，把字符串拆分为一个子字符串数组
Substring	在字符串中检索给定位置的子字符串
ToLower	把字符串转换为小写形式
ToUpper	把字符串转换为大写形式
Trim	删除首尾的空白



表 9-1 并不完整，但可以让您明白字符串所提供的功能。

### 9.1.1 创建字符串

如上所述，string 类是一个功能非常强大的类，它实现许多很有用的方法。但是，string 类存在一个

问题：重复修改给定的字符串，效率会很低，它实际上是一个不可变的数据类型，一旦对字符串对象进行了初始化，该字符串对象就不能改变了。表面上修改字符串内容的方法和运算符实际上创建一个新字符串，根据需要，可以把旧字符串的内容复制到新字符串中。例如，下面的代码：

```
string greetingText = "Hello from all the guys at Wrox Press. ";
greetingText += "We do hope you enjoy this book as much as we enjoyed writing it.";
```

在执行这段代码时，首先，创建一个 `System.String` 类型的对象，并把它初始化为文本“Hello from all the guys at Wrox Press. ”。注意句号后面有一个空格。此时.NET 运行库会为该字符串分配足够的内存来保存这个文本(39 个字符)，再设置变量 `greetingText`，来表示这个字符串实例。

从语法上看，下一行代码是把更多的文本添加到字符串中。实际上并非如此，而是创建一个新字符串实例，给它分配足够的内存，以存储合并的文本(共 103 个字符)。把最初的文本“Hello from all the people at Wrox Press. ”复制到这个新字符串中，再加上额外的文本“We do hope you enjoy this book as much as we enjoyed writing it.”。然后更新存储在变量 `greetingText` 中的地址，使变量正确地指向新的字符串对象。现在没有引用旧的字符串对象——不再有变量引用它，下一次垃圾收集器清理应用程序中所有未使用的对象时，就会删除它。

这本身还不坏，但假定要对这个字符串编码，在字母表中，用 ASCII 码靠后的字符替代其中的每个字母(标点符号除外)，作为非常简单的加密模式的一部分。这就会把该字符串变成“Ifmmp gspn bmm uif hvst bu Xspy Qsftt. Xf ep ipqf zpv fokpz uijt cppl bt nvdi bt xf fokpzfe xsjujoh ju.”。完成这个任务有好几种方式，但最简单、最高效的一种(假定只使用 `String` 类)是使用 `String.Replace()` 方法，该方法把字符串中指定的子字符串用另一个子字符串代替。使用 `Replace()`，对文本进行编码的代码如下所示：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
string greetingText = "Hello from all the guys at Wrox Press. ";
greetingText += "We do hope you enjoy this book as much as we enjoyed writing it.";

for(int i = 'z'; i >= 'a'; i--)
{
    char old1 = (char)i;
    char new1 = (char)(i+1);
    greetingText = greetingText.Replace(old1, new1);
}

for(int i = 'Z'; i >= 'A'; i--)
{
    char old1 = (char)i;
    char new1 = (char)(i+1);
    greetingText = greetingText.Replace(old1, new1);
}

Console.WriteLine("Encoded:\n" + greetingText);
```

代码段 StringEncoder.cs



为了简单起见，这段代码没有把 Z 换成 A，也没有把 z 换成 a。这些字符分别编码为 “[” 和 “{”。

在本示例中，`Replace()`方法以一种智能的方式工作，在某种程度上，它并没有创建一个新字符串，除非它实际上要对旧字符串进行某些改变。原来的字符串包含 23 个不同的小写字母，和 3 个不同的大写字母。所以 `Replace()`就分配一个新字符串，共 26 次，每个新字符串都包含 103 个字符。因此加密过程需要在堆上有一个总共能存储 2678 个字符的字符串对象，最终将等待被垃圾收集！显然，如果使用字符串频繁进行文字处理，应用程序就会遇到严重的性能问题。

为了解决这类问题，Microsoft 提供了 `System.Text.StringBuilder` 类。`StringBuilder` 类不像 `String` 类那样能够支持非常多的方法。在 `StringBuilder` 类上可以进行的处理仅限于替换和追加或删除字符串中的文本。但是，它的工作方式非常高效。

在使用 `String` 类构造一个字符串时，要给它分配足够的内存来保存字符串。然而，`StringBuilder` 类通常分配的内存会比它需要的更多。开发人员可以选择指定 `StringBuilder` 要分配多少内存，但如果没有指定，在默认情况下就根据初始化 `StringBuilder` 实例时的字符串长度来确定内存的大小。`StringBuilder` 类有两个主要的属性：

- `Length` 指定字符串的实际长度；
- `Capacity` 指定字符串在分配的内存中的最大长度。

对字符串的修改就在赋予 `StringBuilder` 实例的内存块中进行，这就大大提高了追加子字符串和替换单个字符的效率。删除或插入子字符串仍然效率低下，因为这需要移动随后的字符串。只有执行扩展字符串容量的操作，才需要给字符串分配新内存，才可能移动包含的整个字符串。在添加额外的容量时，从经验来看，如果 `StringBuilder` 类检测到容量超出，且容量没有设置新值，就会使自己的容量翻倍。

例如，如果使用 `StringBuilder` 对象构造最初的欢迎字符串，就可以编写下面的代码：

```
StringBuilder greetingBuilder =
    new StringBuilder("Hello from all the guys at Wrox Press. ", 150);
greetingBuilder.AppendFormat("We do hope you enjoy this book as much as we enjoyed writing
    it");
```



为了使用 `StringBuilder` 类，需要在代码中引用 `System.Text` 类。

在这段代码中，为 `StringBuilder` 类设置的初始容量是 150。最好把容量设置为字符串可能的最大长度，确保 `StringBuilder` 类不需要重新分配内存，因为其容量足够用了。该容量默认设置为 16。理论上，可以设置尽可能大的数字，足够给该容量传送一个 `int`，但如果实际上给字符串分配 20 亿个字符的空间(这是 `StringBuilder` 实例理论上允许拥有的最大空间)，系统就可能会没有足够的内存。

执行上面的代码时，它首先创建一个 `StringBuilder` 对象，如图 9-1 所示。

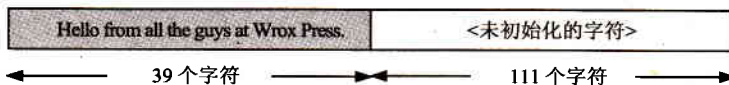


图 9-1

然后，在调用 `AppendFormat()`方法时，其他文本就放在空的空间中，不需要分配更多的内存。但是，多次替换文本才能获得使用 `StringBuilder` 类所带来的高效性能。例如，如果要以前面的方式

加密文本，就可以执行整个加密过程，无须分配更多的内存：

```
StringBuilder greetingBuilder =
    new StringBuilder("Hello from all the guys at Wrox Press. ", 150);
greetingBuilder.AppendFormat("We do hope you enjoy this book as much as we " + "enjoyed
    writing it");

Console.WriteLine("Not Encoded:\n" + greetingBuilder);

for(int i = 'z'; i >='a'; i--)
{
    char old1 = (char)i;
    char new1 = (char)(i+1);
    greetingBuilder = greetingBuilder.Replace(old1, new1);
}

for(int i = 'Z'; i >='A'; i--)
{
    char old1 = (char)i;
    char new1 = (char)(i+1);
    greetingBuilder = greetingBuilder.Replace(old1, new1);
}

Console.WriteLine("Encoded:\n" + greetingBuilder);
```

这段代码使用了 `StringBuilder.Replace()` 方法，它的功能与 `String.Replace()` 一样，但不需要在过程中复制字符串。在上述代码中，为存储字符串而分配的总存储单元是 150 个字符，用于 `StringBuilder` 实例以及在最后一条 `Console.WriteLine()` 语句中执行字符串操作期间分配的内存。

一般，使用 `StringBuilder` 类可以执行字符串的任何操作，使用 `String` 类可以存储字符串或显示最终结果。

### 9.1.2 StringBuilder 成员

前面介绍了 `StringBuilder` 类的一个构造函数，它的参数是一个初始字符串及该字符串的容量。`StringBuilder` 类还有几个其他的构造函数，例如，可以只提供一个字符串：

```
StringBuilder sb = new StringBuilder("Hello");
```

或者用给定的容量创建一个空的 `StringBuilder` 类：

```
StringBuilder sb = new StringBuilder(20);
```

除了前面介绍的 `Length` 和 `Capacity` 属性外，还有一个只读属性 `MaxCapacity`，它表示对给定的 `StringBuilder` 实例的容量限制。在默认情况下，这由 `int.MaxValue` 给定(大约 20 亿，如前所述)。但在构造 `StringBuilder` 对象时，也可以把这个值设置为较低的值：

```
// This will both set initial capacity to 100, but the max will be 500.
// Hence, this StringBuilder can never grow to more than 500 characters,
// otherwise it will raise exception if you try to do that.
StringBuilder sb = new StringBuilder(100, 500);
```

还可以随时显式地设置容量，但如果把这个值设置为小于字符串的当前长度，或者超出了最大容量的某个值，就会抛出一个异常：

```
StringBuilder sb = new StringBuilder("Hello");
sb.Capacity = 100;
```

StringBuilder 类主要的方法如表 9-2 所示。

表 9-2

名 称	作 用
Append()	给当前字符串追加一个字符串
AppendFormat()	追加特定格式的字符串
Insert()	在当前字符串中插入一个子字符串
Remove()	从当前字符串中删除字符
Replace()	在当前字符串中, 用某个字全部替换另一个字符, 或者用当前字符串中的一个子字符串全部替换另一个字符串
ToString()	返回当前强制转换为 System.String 对象的字符串(在 System.Object 中被重写)

其中一些方法还有几种格式的重载方法。



AppendFormat()方法实际上会在最终调用 Console.WriteLine()方法时调用, 它负责确定所有像{0:D}的格式化表达式应使用什么表达式替代。下一节讨论这个问题。

不能把 StringBuilder 强制转换为 String(隐式转换和显式转换都不行)。如果要把 StringBuilder 的内容输出为 String, 唯一的方式就是使用 ToString()方法。

前面介绍了 StringBuilder 类, 说明了使用它提高性能的一些方式。注意, 这个类并不总能提高性能。StringBuilder 类基本上应在处理多个字符串时使用。但如果只是连接两个字符串, 使用 System.String 类会比较好。

### 9.1.3 格式字符串

在前面的代码示例中编写了许多类和结构, 对这些类和结构实现 ToString()方法, 都是为了显示给定变量的内容。但是, 用户常常希望以各种可能的方式显示变量的内容, 在不同的文化或地区背景中有不同的格式。NET 基类 System.DateTime 就是最明显的一个示例: 可以把日期显示为 10 June 2010、10 Jun 2010、6/10/10(美国)、10/6/10(英国)或 10.06.2010(德国)。

同样, 在第 7 章中编写的 Vector 结构实现了 Vector.ToString()方法, 这是为了以(4, 56, 8)格式显示矢量。编写矢量另一个非常常用的方式类似  $4i + 56j + 8k$ 。如果要使类的用户友好性比较高, 就需要使用某些工具以用户希望的方式显示它们的字符串表示。NET 运行库定义了一种标准方式: 使用 IFormattable 接口。本节的主题就是说明如何把这个重要特性添加到类和结构上。

在显示一个变量时, 常常需要指定它的格式, 其中经常调用 Console.WriteLine()方法。因此, 本节把这个方法作为示例, 但这里的讨论适用于格式字符串的大多数情况。例如, 如果要在列表框或文本框中显示一个变量的值, 一般就使用 String.Format()方法来获得该变量的适当字符串表示, 但用于请求所需格式的格式说明符与传递给 Console.WriteLine()方法的格式相同。因此本节把 Console.WriteLine()方法作为一个示例来说明。首先看看在为基元类型提供格式字符串时会发生什么, 再看看如何把自己

的类和结构的格式说明符添加到过程中。

第2章在 `Console.WriteLine()` 和 `Console.WriteLine()` 方法中使用了格式字符串：

```
double d = 13.45;
int i = 45;
Console.WriteLine("The double is {0,10:E} and the int contains {1}", d, i);
```

格式字符串本身大都由要显示的文本组成，但只要要有要格式化的变量，它在参数列表中的下标就必须放在花括号中。在花括号中还可以有与该项的格式相关的其他信息。例如，可以包含：

- 该项的字符串表示要占用的字符数，这个信息的前面应有一个逗号。负值表示该项应左对齐，正值表示该项应右对齐。如果该项占用的字符数比给定的多，其内容就会完整地显示出来。
- 格式说明符也可以显示出来。它的前面应有一个冒号，表示应如何格式化该项。例如，把一个数字格式化为货币，或者以科学计数法显示。

第2章简要介绍了数字类型的常见格式说明符，表9-3再次引用该表。

表 9-3

格式说明符	应用	含义	示例
C	数字类型	专用场合的货币值	\$4834.50 (USA) £4834.50 (UK)
D	只用于整数类型	一般的整数	4834
E	数字类型	科学计数法	4.834E+003
F	数字类型	小数点后的位数固定	4384.50
G	数字类型	一般的数字	4384.5
N	数字类型	通常是专用场合的数字格式	4,384.50 (UK/USA) 4 384,50 (欧洲大陆)
P	数字类型	百分比计数法	432,000.00%
X	只用于整数类型	十六进制格式	1120 (如果要显示 0x1120, 就需要写上 0x)

如果要在整数上加上前导0，就可以将格式说明符0重复尽可能多的次数。例如，格式说明符0000会把3显示为0003，99显示为0099。

这里不能给出完整的列表，因为其他数据类型有自己的格式说明符。本节的主要目的是说明如何为自己的类定义格式说明符。

### 1. 字符串的格式化

为了说明如何格式化字符串，看看执行下面的语句会得到什么结果：

```
Console.WriteLine("The double is {0,10:E} and the int contains {1}", d, i);
```

`Console.WriteLine()`方法只是把参数的完整列表传送给静态方法 `String.Format()`。如果要在字符串中以其他方式格式化这些值，例如显示在一个文本框中，则也可以调用这个方法。实现带有3个



参数的 `WriteLine()` 重载方法的代码如下:

```
// Likely implementation of Console.WriteLine()

public void WriteLine(string format, object arg0, object arg1)
{
    this.WriteLine(string.Format(this.FormatProvider, format,
        new object[] {arg0, arg1}));
}
```

上面的代码依次调用了带有 1 个参数的重载方法 `WriteLine()`，仅显示了传递过来的字符串的内容，没有对它进行进一步的格式化。

`String.Format()` 方法现在需要用对应对象的合适字符串表示来替换每个格式说明符，构造最终的字符串。但是，如前所述，对于这个构建字符串的过程，需要 `StringBuilder` 实例，而不是 `String` 实例。在这个示例中，`StringBuilder` 实例是用字符串的第一部分(即文本 “The double is”)创建和初始化的。然后调用 `StringBuilder.AppendFormat()` 方法，传递第一个格式说明符 “{0,10:E}” 和相应的对象 `double`，把这个对象的字符串表示添加到构造好的字符串对象中，这个过程会继续重复调用 `StringBuilder.Append()` 和 `StringBuilder.AppendFormat()` 方法，直到得到了全部格式化好的字符串为止。

下面的内容比较有趣。`StringBuilder.AppendFormat()` 方法需要指出如何格式化对象，它首先检查对象，确定它是否实现 `System` 名称空间中的接口 `IFormattable`。只要试着把这个对象强制转换为接口，看看强制转换是否成功即可，或者使用 C# 的关键字 `is` 实现此测试。如果测试失败，`AppendFormat()` 方法就会调用对象的 `ToString()` 方法，所有的对象都从 `System.Object` 类继承了这个方法或重写了该方法。在前面给出的编写各种类和结构的示例中，执行过程都是这样，因为目前编写的类都没有实现这个接口。这就是在前面的章节中，`Object.ToString()` 的重写方法允许在 `Console.WriteLine()` 语句中显示结构和类(如 `Vector`)的原因。

但是，所有预定义的基元数字类型都实现这个接口，对于这些类型，特别是这个示例中的 `double` 和 `int`，就不会调用继承自 `System.Object` 类的基本 `ToString()` 方法。为了理解这个过程，需要了解 `IFormattable` 接口。

`IFormattable` 接口只定义了一个方法，该方法也命名为 `ToString()`，它带有两个参数，这与 `System.Object` 版本的 `ToString()` 方法不同，它不带参数。下面是 `IFormattable` 接口的定义：

```
interface IFormattable
{
    string ToString(string format, IFormatProvider formatProvider);
}
```

这个 `ToString()` 重载方法的第一个参数是一个字符串，它指定要求的格式。换言之，它是字符串的说明符部分，该部分放在字符串的 {} 中，该参数最初传递给 `Console.WriteLine()` 或 `String.Format()` 方法。例如，在本例中，最初的语句如下：

```
Console.WriteLine("The double is {0,10:E} and the int contains {1}", d, i);
```

在判断第一个说明符 {0,10:E} 时，在 `double` 变量 `d` 上调用这个重载方法，传递给它的第一个参数是 `E`。`StringBuilder.AppendFormat()` 方法传递的总是显示在原始字符串的合适格式说明符内冒号后面的文本。

本书不讨论 `ToString()` 方法的第 2 个参数，它是实现 `IFormatProvider` 接口的对象引用。这个接口

提供了 `ToString()` 接口在格式化对象时需要考虑的更多信息——一般包括文化背景信息(.NET 文化背景类似于 Windows 时区; 如果格式化货币或日期, 就需要这些信息)。如果直接从源代码中调用这个 `ToString()` 重载方法, 就需要提供这样一个对象。但 `StringBuilder.AppendFormat()` 方法为这个参数传递一个空值。如果 `formatProvider` 为空, `ToString()` 方法就要使用系统设置中指定的文化背景信息。

现在回过头来看看本例。第一个要格式化的项是一个 `double` 类, 对此要求使用指数计数法, 格式说明符为 `E`。如前所述, `StringBuilder.AppendFormat()` 方法会确保该 `double` 数的确实现 `IFormattable` 接口, 因此要调用带有两个参数的 `ToString()` 重载方法, 其第一个参数是字符串“`E`”, 第二个参数为空。现在该 `double` 数的这个方法在实现接口时, 会考虑要求的格式和当前的文化背景, 以合适的格式返回 `double` 的字符串表示。`StringBuilder.AppendFormat()` 方法则按照需要在返回的字符串中添加前导空格, 使之共有 10 个字符。

下一个要格式化的对象是 `int`, 它不需要任何特殊的格式(格式说明符是 `{1}`)。由于没有格式要求, 因此 `StringBuilder.AppendFormat()` 方法会给该格式化字符串传递一个空引用, 并适当地响应带有两个参数的 `int.ToString()` 重载方法。因为没有特殊的格式要求, 所以也可以调用不带参数的 `ToString()` 方法。

整个字符串格式化过程如图 9-2 所示。

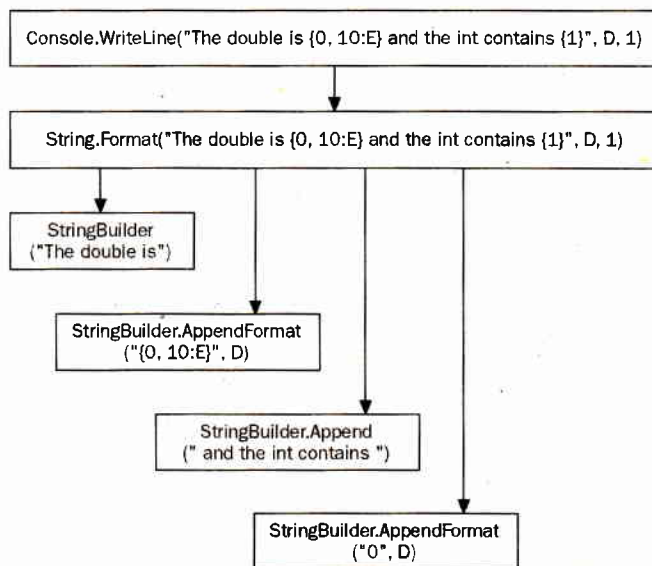


图 9-2

## 2. FormattableVector 示例

前面介绍了如何构造格式字符串, 下面扩展第 7 章的 `Vector` 示例, 以多种方式格式化矢量。这个示例的代码可以从 [www.wrox.com](http://www.wrox.com) 或者本书附赠光盘中找到, 文件名是 `FormattableVector.cs`。只要理解了所涉及的规则, 实际编写代码就相当简单了。我们只需要实现 `IFormattable` 接口, 提供由该接口定义的 `ToString()` 重载方法的实现代码即可。

要支持的格式说明符如下:

- `N` 应解释为一个请求, 以提供一个数字, 即矢量的模, 它是其成员的平方和, 在数学上等于 `Vector` 的长度的平方, 通常放在两个竖杠的中间: `||34.5||`。

- VE 应解释为以科学计数法显示每个成员的一个请求，如说明符 E 应用于 double，就可以表示为(2.3E+01, 4.5E+02, 1.0E+00)。
- IJK 应解释为以格式 23i + 450j + 1k 显示矢量的一个请求。
- 其他内容应仅返回 Vector 的默认表示方法(23, 450, 1.0)。

为了简单起见，显示矢量时我们不以 IJK 和科学计数法的格式实现任何选项，而是以不区分大小写的方式来测试说明符，允许使用 ijk 而不是 IJK。注意，使用什么字符串表示格式说明符完全取决于用户。

为此，首先修改 Vector 结构的声明，使之实现 IFormattable 接口：

```
struct Vector: IFormattable
{
    public double x, y, z;

    // Beginning part of Vector
```

下面添加带有两个参数的 ToString()重载方法的实现代码：

```
public string ToString(string format, IFormatProvider formatProvider)
{
    if (format == null)
    {
        return ToString();
    }

    string formatUpper = format.ToUpper();

    switch (formatUpper)
    {
        case "N":
            return "| | " + Norm().ToString() + " | |";
        case "VE":
            return String.Format("{0:E}, {1:E}, {2:E} ", x, y, z);
        case "IJK":
            StringBuilder sb = new StringBuilder(x.ToString(), 30);
            sb.AppendFormat(" i + ");
            sb.AppendFormat(y.ToString());
            sb.AppendFormat(" j + ");
            sb.AppendFormat(z.ToString());
            sb.AppendFormat(" k");
            return sb.ToString();
        default:
            return ToString();
    }
}
```

这就是我们要编写的代码。注意在调用任何方法前，应防止使用格式字符串为空的参数。我们希望这个方法尽可能健壮。因为所有基元类型的格式说明符都不区分大小写，所以其他开发人员也希望使用我们的类。对于格式说明符 VE，需要把每个成员格式化为科学计数法，所以再次使用 String.Format()方法。字段 x、y 和 z 都是 double 类型。对于 IJK 格式说明符，把几个子字符串添加到字符串中，因此使用 StringBuilder 对象来提高性能。

为了完整起见，也可以再次使用前面开发的无参数的 ToString()重载方法：

```

public override string ToString()
{
    return "( " + x + ", " + y + ", " + z + " )";
}

```

最后，需要添加一个 `Norm()` 方法，计算矢量的平方(模)，因为在开发 `Vector` 结构时，实际上没有提供这个方法：

```

public double Norm()
{
    return x*x + y*y + z*z;
}

```

下面用一些合适的测试代码测试可格式化的矢量：

```

static void Main()
{
    Vector v1 = new Vector(1,32,5);
    Vector v2 = new Vector(845.4, 54.3, -7.8);
    Console.WriteLine("\nIn IJK format,\nv1 is {0,30:IJK}\nv2 is {1,30:IJK}", v1, v2);
    Console.WriteLine("\nIn default format,\nv1 is {0,30}\nv2 is {1,30}", v1, v2);
    Console.WriteLine("\nIn VE format\nv1 is {0,30:VE}\nv2 is {1,30:VE}", v1, v2);
    Console.WriteLine("\nNorms are:\nv1 is {0,20:N}\nv2 is {1,20:N}", v1, v2);
}

```

运行这个示例的结果如下所示：

```

FormattableVector
In IJK format,
v1 is 1 i + 32 j + 5 k
v2 is 845.4 i + 54.3 j + -7.8 k

In default format,
v1 is ( 1, 32, 5 )
v2 is ( 845.4, 54.3, -7.8 )

In VE format
v1 is ( 1.000000E+000, 3.200000E+001, 5.000000E+000 )
v2 is ( 8.454000E+002, 5.430000E+001, -7.800000E+000 )

Norms are:
v1 is || 1050 ||
v2 is || 717710.49 ||

```

这说明了选用的自定义格式说明符是正确的。

## 9.2 正则表达式

正则表达式作为小型技术领域的一部分在各种程序中都有着难以置信的作用，但开发人员几乎很少使用它。正则表达式可以看作一种有特定功能的小型编程语言：在大的字符串表达式中定位一个子字符串。它不是一种新技术，最初它是在 UNIX 环境中开发的，与 Perl 编程语言一起使用得比较多。Microsoft 把它移植到 Windows 中，到目前为止它在脚本语言中用得比较多。但 System.

`Text.RegularExpressions` 名称空间中的许多 .NET 类都支持正则表达式。 .NET Framework 的各个部分也使用正则表达式。例如，在 ASP.NET 验证服务器的控件中就使用了正则表达式。

对于不太熟悉正则表达式语言的读者，本节将主要解释正则表达式和相关的 .NET 类。如果您很熟悉正则表达式，就可以跳过本节，选择学习 .NET 基类的引用。注意，.NET 正则表达式引擎用于兼容 Perl 5 的正则表达式，但它有一些新功能。

## 9.2.1 正则表达式概述

正则表达式语言是一种专门用于字符串处理的语言。它包含两个功能：

- 一组用于标识字符类型的转义代码。您可能很熟悉 DOS 表达式中的 \* 字符表示任意子字符串(例如，DOS 命令 `Dir Re*` 会列出名称以 `Re` 开头的文件)。正则表达式使用与 \* 类似的许多序列来表示“任意一个字符”、“一个单词的中断”和“一个可选的字符”等。
- 一个系统，在搜索操作中，它把子字符串和中间结果的各个部分组合起来。

使用正则表达式，可以对字符串执行许多复杂而高级的操作，例如：

- 识别(可以是标记或删除)字符串中所有重复的单词，例如，把“`The computer books books`”转换为“`The computer books`”。
- 把所有单词都转换为标题格式，例如，把“`this is a Title`”转换为“`This Is A Title`”。
- 把长于 3 个字符的所有单词都转换为标题格式，例如，把“`this is a Title`”转换为“`This is a Title`”。
- 确保句子有正确的大写形式。
- 区分 URI 的各个元素(例如，`http://www.wrox.com`，提取出协议、计算机名和文件名等)。

当然，这些都是可以在 C# 中用 `System.String` 和 `System.Text.StringBuilder` 的各种方法执行的任务。但是，在一些情况下，还需要编写相当多的 C# 代码。如果使用正则表达式，这些代码一般可以压缩为几行。实际上，是实例化了一个对象 `System.Text.RegularExpressions.RegEx`(甚至更简单，调用静态的 `RegEx()` 方法)，给它传递要处理的字符串和一个正则表达式(这是一个字符串，它包含用正则表达式语言编写的指令)，就可以了。

正则表达式字符串初看起来像是一般的字符串，但其中包含了转义序列和有特定含义的其他字符。例如，序列 `b` 表示一个字的开头和结尾(字的边界)，如果要表示正在查找以字符 `th` 开头的字，就可以编写正则表达式 `\bth`(即字边界是序列 `t-h`)。如果要搜索所有以 `th` 结尾的单词，就可以编写 `th\b`(字边界是序列 `t-h`)。但是，正则表达式要比这复杂得多，包括可以在搜索操作中找到存储部分文本的工具性程序。本节仅简要介绍正则表达式的功能。



正则表达式的更多信息可参阅图书 *Beginning Regular Expressions*(ISBN: 979-0-7645-7489-4)。

假定应用程序需要把 US 电话号码转换为国际格式。在美国，电话号码的格式为 314-123-1234，常常写作(314)123-1234。在把这个国家格式转换为国际格式时，必须在电话号码的前面加上 +1(美国的国家代码)，并给区号加上圆括号：+1(314) 123-1234。在查找和替换时，这并不复杂，但如果要使用 `String` 类完成这个转换，就需要编写一些代码(这表示，必须使用 `System.String` 类的方法来编写代码)，而正则表达式语言可以构造一个短的字符串来表达上述含义。

所以，本节只有一个非常简单的示例，我们只考虑如何查找字符串中的某些子字符串，无须考虑如何修改它们。

## 9.2.2 RegularExpressionsPlayaround 示例

下面将开发一个小示例 `RegularExpressionsPlayaround`，通过实现并显示一些搜索的结果，说明正则表达式的一些功能，以及如何在 C# 中使用 .NET 正则表达式引擎。将在这个示例文档中使用的文本是引自 Wrox 出版社另一本有关 ASP.NET 的书籍 *Professional ASP.NET 4: in C# and VB* (2010 年出版, ISBN: 978-7-4705-0220-4):



```
const string myText =
@"This comprehensive compendium provides a broad and thorough
investigation of all aspects of programming with ASP.NET. Entirely
revised and updated for the fourth release of .NET, this book will give
you the information you need to master ASP.NET and build a dynamic,
successful, enterprise Web application.";
```

代码段 `RegularExpressionsPlayaround.cs`



如果不考虑换行，则上面的代码是合法的 C# 代码——它说明了前缀为 @ 符号的逐字字符串的实用程序。

我们把这个文本称为输入字符串。为了说明 .NET 类的正则表达式，我们先进行一次纯文本的搜索，这次搜索不带任何转义序列或正则表达式命令。假定要查找所有的字符串 `ion`，把这个搜索字符串称为模式。使用正则表达式和上面声明的变量 `Text`，编写出下面的代码：

```
const string pattern = "ion";
MatchCollection myMatches = Regex.Matches(myText, pattern,
    RegexOptions.IgnoreCase |
    RegexOptions.ExplicitCapture);

foreach (Match nextMatch in myMatches)
{
    Console.WriteLine(nextMatch.Index);
}
```

在这段代码中，使用了 `System.Text.RegularExpressions` 名称空间中 `Regex` 类的静态方法 `Matches()`。这个方法的参数是一些输入文本、一个模式和 `RegexOptions` 枚举中的一组可选标志。在本例中，指定所有的搜索都不应区分大小写。另一个标记 `ExplicitCapture` 改变了收集匹配的方式，对于本例，这样可以使搜索的效率更高，其原因详见后面的内容(尽管它还有这里没有探讨的其他用法)。 `Matches()` 方法返回 `MatchCollection` 对象的引用。匹配是一个技术术语，表示在表达式中查找模式实例的结果，用 `System.Text.RegularExpressions.Match` 类来表示它。因此，我们返回一个包含所有匹配的 `MatchCollection`，每个匹配都用一个 `Match` 对象来表示。在上面的代码中，只是在集合中迭代，并使用 `Match` 类的 `Index` 属性，`Match` 类返回输入文本中匹配所在的索引。运行这段代码将得到 3 个匹配。表 9-4 描述了 `RegexOptions` 枚举的一些选项。

表 9-4

成员名	说明
CultureInvariant	指定忽略字符串的文化背景
ExplicitCapture	修改收集匹配的方式, 方法是确保把显式指定的匹配作为有效的搜索结果
IgnoreCase	忽略输入字符串的大小写
IgnorePatternWhitespace	在字符串中删除未转义的空白, 使注释用英镑符号或短横线符号指定
Multiline	修改字符^和\$, 把它们应用于每一行的开头和结尾, 而不仅仅应用于整个字符串的开头和结尾
RightToLeft	从右到左地读取输入字符串, 而不是从左到右地读取(适合于一些亚洲语言或其他以这种方式读取的语言)
Singleline	指定句点的含义(.), 它原来表示单行模式, 现在改为匹配每个字符

到目前为止, 在前面的示例中, 除了一些新的.NET 基类外, 其他内容都不是新的。但正则表达式的功能主要取决于模式字符串。原因是模式字符串不必仅包含纯文本。如前所述, 它还可以包含元字符和转义序列, 其中元字符是给出命令的特定字符, 而转义序列的工作方式与 C# 的转义序列相同, 它们都是以反斜杠(\)开头的字符, 且具有特殊的含义。

例如, 假定要查找以 `n` 开头的字, 那么可以使用转义序列 `\b`, 它表示一个字的边界(字的边界是以字母数字表中的某个字符开头, 或者后面是一个空白字符或标点符号)。可以编写如下代码:

```
const string pattern = @"\bn";
MatchCollection myMatches = Regex.Matches(myText, pattern,
    RegexOptions.IgnoreCase |
    RegexOptions.ExplicitCapture);
```

注意字符串前面的符号@。要在运行时把 `\b` 传递给.NET 正则表达式引擎, 反斜杠(\)不应被 C# 编译器解释为转义序列。如果要查找以序列 `ion` 结尾的字, 就可以使用下面的代码:

```
const string pattern = @"ion\b";
```

如果要查找以字母 `a` 开头, 以序列 `ion` 结尾的所有字(在本例中它仅有一个匹配的字 `application`), 就必须在上面的代码中添加一些内容。显然, 我们需要一个以 `ba` 开头, 以 `ion\b` 结尾的模式, 但中间的内容怎么办? 需要告诉应用程序在 `a` 和 `ion` 中间的内容可以是任意长度的字符, 只要这些字符不是空白即可。实际上, 正确的模式如下所示。

```
const string pattern = @"\ba\S*ion\b";
```

使用正则表达式要习惯的一点是, 对像这样怪异的字符序列见怪不怪。但这个序列的工作是非常逻辑化的。转义序列 `S` 表示任何不是空白字符的字符。\*称为限定符, 其含义是前面的字符可以重复任意次, 包括 0 次。序列 `S*` 表示任意个不是空白字符的字符。因此, 上面的模式匹配以 `a` 开头以 `ion` 结尾的任何单个单词。

表 9-5 是可以使用的一些主要的特定字符或转义序列, 但这个表并不完整, 完整的列表请参考 MSDN 文档。

表 9-5

符 号	含 义	示 例	匹配的示例
^	输入文本的开头	^B	B, 但只能是文本中的第一个字符
\$	输入文本的结尾	X\$	X, 但只能是文本中的最后一个字符
.	除了换行符(\n)以外的所有单个字符	i.ation	isation、ization
*	可以重复 0 次或多次的前导字符	ra*t	rt、rat、raat 和 raaat 等
+	可以重复 1 次或多次的前导字符	ra+t	rat、raat 和 raaat 等(但不能是 rt)
?	可以重复 0 次或 1 次的前导字符	ra?t	只有 rt 和 rat 匹配
\s	任何空白字符	\sa	[space]a、\ta、\na (t 和 n 与 C# 中的 t 和 n 含义相同)
\S	任何不是空白的字符	\SF	aF、rF、cF, 但不能是\rf
\b	字边界	ion\b	以 ion 结尾的任何字
\B	不是字边界的任意位置	\BX\B	字中间的任何 X

如果要搜索其中一个元字符, 就可以通过带有反斜杠的相应转义字符来表示。例如, “.” (一个句点) 表示除了换行字符以外的任何单个字符, 而 “\.” 表示一个点。

可以把替换的字符放在方括号中, 请求匹配包含这些字符。例如, [1c] 表示字符可以是 1 或 c。如果要搜索 map 或 man, 就可以使用序列 ma[np]。在方括号中, 也可以指定一个范围, 例如[a-z] 表示所有的小写字母, [A-E] 表示 A~E 之间的所有大写字母(包括字母 A 和 E), [0-9] 表示一个数字。如果要搜索一个整数(该序列只包含 0~9 的字符), 就可以编写[0-9]+



使用 “+” 字符表示至少要有这样一个数字, 但可以有多个数字, 所以 9、83 和 854 等都是匹配的。

### 9.2.3 显示结果

本节编写一个示例 RegularExpressionsPlayaround, 看看正则表达式的工作方式。

该示例的核心是一个方法 WriteMatches(), 它把 MatchCollection 中的所有匹配以比较详细的格式显示出来。对于每个匹配结果, 它都会显示该匹配在输入字符串中的索引、匹配的字符串和一个略长的字符串, 其中包含匹配结果和输入文本中至多 10 个外围字符, 其中至多有 5 个字符放在匹配结果的前面, 至多 5 个字符放在匹配结果的后面(如果匹配结果的位置在输入文本的开头或结尾 5 个字符内, 则结果中匹配字符串前后的字符就会少于 5 个)。换言之, 如果要匹配的单词是 messaging, 靠近输入文本末尾的匹配结果应是 “and messaging of d”, 匹配结果的前后各有 5 个字符, 但位于输入文本的最后一个字 data 上的匹配结果就应是 “g of data” —— 匹配结果的后面只有一个字符。因为在该字符的后面是字符串的结尾。这个长字符串可以更清楚地表明正则表达式是在什么地方方找到匹配结果的:

```
static void WriteMatches(string text, MatchCollection matches)
```



```

Console.WriteLine("Original text was: \n\n" + text + "\n");
Console.WriteLine("No. of matches: " + matches.Count);

foreach (Match nextMatch in matches)
{
    int index = nextMatch.Index;
    string result = nextMatch.ToString();
    int charsBefore = (index < 5) ? index : 5;
    int fromEnd = text.Length-index-result.Length;
    int charsAfter = (fromEnd < 5) ? fromEnd : 5;
    int charsToDisplay = charsBefore + charsAfter + result.Length;

    Console.WriteLine("Index: {0}, \tString: {1}, \t{2}",
        index, result,
        text.Substring(index-charsBefore, charsToDisplay));
}
}

```

在这个方法中，处理过程是确定在较长的子字符串中有多少个字符可以显示，而无需超出输入文本的开头或结尾。注意在 `Match` 对象上使用了另一个属性 `Value`，它包含标识该匹配的字符串。而且，`RegularExpressionsPlayaround` 只包含名为 `Find1`、`Find2` 等的方法，这些方法根据本节中的示例执行某些搜索操作。例如，`Find2` 查找以 `a` 开头的任意字符串：

```

static void Find2()
{
    string text = @"This comprehensive compendium provides a broad and thorough
        investigation of all aspects of programming with ASP.NET. Entirely revised and
        updated for the 3.5 Release of .NET, this book will give you the information
        you need to master ASP.NET and build a dynamic, successful, enterprise Web
        application.";
    string pattern = @"\ba";
    MatchCollection matches = Regex.Matches(text, pattern,
        RegexOptions.IgnoreCase);
    WriteMatches(text, matches);
}

```

下面是一个简单的 `Main()` 方法，可以编辑它从而选择一个 `Find<n>()` 方法：

```

static void Main()
{
    Find1();
    Console.ReadLine();
}

```

这段代码还需要使用 `RegularExpressions` 名称空间：

```

using System;
using System.Text.RegularExpressions;

```

运行带有 `Find2()` 方法的示例，得到如下所示的结果：

```

RegularExpressionsPlayaround
Original text was:

```

This comprehensive compendium provides a broad and thorough investigation of all aspects of programming with ASP.NET. Entirely revised and updated for the 3.5 Release of .NET, this book will give you the information you need to master ASP.NET and build a dynamic, successful, enterprise Web application.

No. of matches: 1

Index: 291, String: application, Web application.

### 9.2.4 匹配、组合和捕获

正则表达式的一个很好的特性是可以把字符组合起来,其工作方式与C#中的复合语句一样。在C#中,可以把任意数量的语句放在花括号中,把它们组合在一起。其结果就像一个复合语句那样。在正则表达式模式中,也可以把任何字符组合起来(包括元字符和转义序列),像处理单个字符那样处理它们。唯一的区别是要使用圆括号,而不是花括号,得到的序列称为一组。

例如,模式(an)+定位任意重复的序列an。限定符“+”只应用于它前面的一个字符,但因为我们把字符组合起来了,所以它现在把重复的an作为一个单元来对待。这意味着,如果(an)+应用于输入文本bananas came to Europe late in the annals of history上,就会从bananas中识别出anan。另一方面,如果使用an+,则程序将从annals中选择ann,从bananas中选择出两个分开的an序列。表达式(an)+可以识别出an、anan、ananan等,而表达式an+可以识别出an、ann、annn等。



在上面的示例中,为什么(an)+从banana中选择的是anan,而没有把其中一个an作为一个匹配结果?因为匹配结果是不能重叠的。如果有可能重叠,在默认情况下就选择最长的匹配。

但是,组的功能要比这强大得多。在默认情况下,把模式的一部分组合为一组时,就要求正则表达式引擎按照该组来匹配,或按照整个模式来匹配。换言之,可以把组当作一个要匹配和返回的模式,如果要把字符串分解为各个部分,这种模式就非常有效。

例如,URI的格式是<protocol>://<address>[:<port>],其中端口是可选的。它的一个示例是http://www.wrox.com:4355。假定要从一个URI中提取协议、地址和端口,而且不管URI的后面是否直接有空白(但没有标点符号),那么可以使用下面的表达式:

```
\b(\S+)://([^\:]+)(?:\:(\S+))?\b
```

该表达式的工作方式如下:首先,前导\b序列和尾随\b序列确保只需要考虑完全是字的文本部分。在这个文本部分中,第一组(\S+)://会识别一个或多个不是空白的字符,其后是://。在HTTP URI的开头会识别出http://。花括号表示把http存储为一组。后面的序列([^\:]+)则在上述URI中识别字符串www.wrox.com,该组在遇到词的结尾(结束\b)时或标记另一组的冒号(:)时结束。

下一个组识别端口(本例是:4355)。后面的“?”表示该组在匹配过程中是可选的,如果没有:xxxx,就不会妨碍匹配的标记。这非常重要,因为端口号在URI中一般不指定,实际上,在大多数情况下,URI是没有端口号的。但是,事情会比较复杂。我们希望指定冒号可以出现,也可以不出现,但不希望把这个冒号也存储在组中。为此,可以嵌套两组:内部(\S+)组识别冒号后面的内容(本例中是4355)。外面组包含内部组,内部组的前面是一个冒号,该组又在序列“?:”的后面。这个序列表示该组不应保存(只需要保存4355,不需要保存:4355)。不要把这两个冒号混淆了,第一个冒号是序列

“?:”的一部分，表示不保存该组，第二个冒号是要搜索的文本。

在下面的字符串上运行该模式，得到的匹配是 `http://www.wrox.com`。

```
Hey I've just found this amazing URI at  
http:// what was it --oh. yes http://www.wrox.com
```

在这个匹配过程中，找到了刚才提及的 3 组，还有第 4 组表示匹配本身。理论上，每个组都可以选择 0 次、1 次或多次匹配。单个的匹配就称为捕获。在第一组(S+)中，有一个捕获 `http`，第二组也有一个捕获 `www.wrox.com`，但第 3 组没有捕获，因为在这个 URI 中没有端口号。

注意，该字符串包含第二个 `http://`。虽然它匹配第一组，但它不会被该搜索过程捕获，因为整个搜索表达式不匹配于这部分文本。

虽然前面没有介绍使用组和捕获的任何 C# 示例，但下面提到的 .NET 类 `RegularExpressions` 就通过 `Group` 类和 `Capture` 类支持组和捕获。`GroupCollection` 类和 `CaptureCollection` 类分别表示组和捕获的集合，`Match` 类提供一个 `Groups` 属性，它返回相应的 `GroupCollection` 对象。`Group` 类也相应地实现一个 `Captures` 属性，该属性返回 `CaptureCollection` 对象。这些对象之间的关系如图 9-3 所示。

也许只希望把一些字符组合起来后，而不是每次都会返回一个 `Group` 对象。如果只是希望把一些字符组合起来，作为搜索模式的一部分，实例化对象就会浪费相当大的系统开销。对于单个组，可以以字符序列“?:”开头，禁止实例化对象，就像 URI 示例那样。而对于所有组，可以在 `Regex.Matches()` 方法上指定 `RegexOptions.ExplicitCaptures` 标志，如同前面的示例那样。

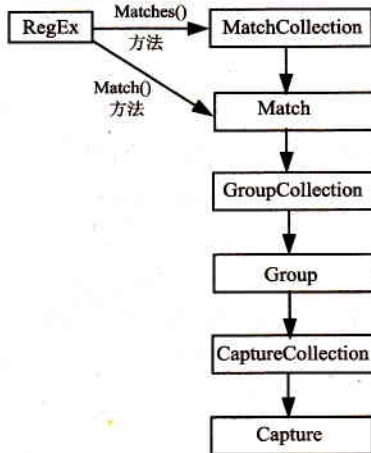


图 9-3

### 9.3 小结

在使用 .NET Framework 时，可用的数据类型相当多。在应用程序(特别是关注数据提交和检索的应用程序)中，最常用的一种类型就是 `String` 数据类型。`String` 非常重要，这也是本书用一整章的篇幅介绍如何在应用程序中使用和处理 `String` 数据类型的原因。

过去在使用字符串时，常常需要通过连接来分解字符串。而在 .NET Framework 中，可以使用 `StringBuilder` 类完成许多这类任务，而且性能更好。

最后，使用正则表达式进行高级的字符串处理是搜索和验证字符串的一种最佳工具。

# 第 10 章

## 集 合

### 本章内容:

- 理解集合接口和类型
- 使用列表、队列和栈
- 使用链表和有序列表
- 使用字典和集
- 使用位数组和位矢量
- 评估性能

第 6 章介绍了数组和 `Array` 类实现的接口。数组的大小是固定的。如果元素个数是动态的，就应使用集合类。

`List<T>`是与数组相当的集合类。还有其他类型的集合：队列、栈、链表和字典。



.NET Framework 1.0 包含非泛型集合类，如 `ArrayList` 和 `HashTable`。CLR 2.0 添加了对泛型类和泛型集合类的支持。本章的重点是新一组的集合类，而忽略旧集合类，因为旧集合类很少需要在新应用程序中使用。

## 10.1 集合接口和类型

大多数集合类都可在 `System.Collections` 和 `System.Collections.Generic` 名称空间中找到。泛型集合类位于 `System.Collections.Generic` 名称空间中；专用于特定类型的集合类位于 `System.Collections.Specialized` 名称空间中。线程安全的集合类位于 `System.Collections.Concurrent` 名称空间中。

当然，组合集合类还有其他方式。集合可以根据集合类实现的接口组合为列表、集合和字典。



接口 `IEnumerable` 和 `IEnumerator` 的内容详见第 6 章。

集合和列表实现的接口如表 10-1 所示。

表 10-1

接 口	说 明
IEnumerable<T>	如果将 foreach 语句用于集合, 就需要 IEnumerable 接口。这个接口定义了方法 GetEnumerator(), 它返回一个实现了 IEnumerator 接口的枚举
ICollection<T>	ICollection<T>接口由泛型集合类实现。使用这个接口可以获得集合中的元素个数(Count 属性), 把集合复制到数组中(CopyTo()方法), 还可以从集合中添加和删除元素(Add(), Remove(), Clear())
IList<T>	IList<T>接口用于可通过位置访问其中的元素列表, 这个接口定义了一个索引器, 可以在集合的指定位置插入或删除某些项(Insert()和 RemoveAt()方法)。IList<T>接口派生自 ICollection<T>接口
ISet<T>	ISet<T>接口是 .NET 4 中新增的。实现这个接口的集允许合并不同的集, 获得两个集的交集, 检查两个集是否重叠。ISet<T>接口派生自 ICollection<T>接口
IDictionary<TKey, TValue>	IDictionary<TKey, TValue>接口由包含键和值的泛型集合类实现。使用这个接口可以访问所有的键和值, 使用键类型的索引器可以访问某些项, 还可以添加或删除某些项
ILookup<TKey, TValue>	ILookup<TKey, TValue>接口类似于 IDictionary<TKey, TValue>接口, 实现该接口的集合有键和值, 且可以通过一个键包含多个值
IComparer<T>	接口 IComparer<T>由比较器实现, 通过 Compare()方法给集合中的元素排序
IEqualityComparer<T>	接口 IEqualityComparer<T>由一个比较器实现, 该比较器可用于字典中的键。使用这个接口, 可以对对象进行相等性比较。在 .NET 4 中, 这个接口也由数组和元组实现
IProducerConsumerCollection<T>	IProducerConsumerCollection<T>接口是 .NET 4 中新增的, 它支持新的线程安全的集合类

## 10.2 列表

.NET Framework 为动态列表提供了泛型类 List<T>。这个类实现了 IList、ICollection、IEnumerable、IList<T>、ICollection<T>和 IEnumerable<T>接口。

下面的例子将 Racer 类中的成员用作要添加到集合中的元素, 以表示一级方程式的一位赛车手。这个类有 5 个属性: Id、Firstname、Lastname、Country 和 Wins 的次数。在该类的构造函数中, 可以传递赛手的姓名和获胜次数, 以设置成员。重写 ToString()方法是为了返回赛手的姓名。Racer 类也实现了泛型接口 IComparable<T>, 为 Racer 类中的元素排序, 还实现了 IFormattable 接口。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
[Serializable]
public class Racer: IComparable < Racer > , IFormattable
{
    public int Id { get; private set; }
    public string FirstName { get; set; }
    public string LastName { get; set; }
    public string Country { get; set; }
    public int Wins { get; set; }
    public Racer(int id, string firstName, string lastName,
                string country = null, int wins = 0)
    {
        this.Id = id;
    }
}
```

```
        this.FirstName = firstName;
        this.LastName = lastName;
        this.Country = country;
        this.Wins = wins;
    }

    public override string ToString()
    {
        return String.Format("{0} {1}", FirstName, LastName);
    }

    public string ToString(string format, IFormatProvider formatProvider)
    {
        if (format == null) format = "N";
        switch (format.ToUpper())
        {
            case "N": // name
                return ToString();
            case "F": // first name
                return FirstName;
            case "L": // last name
                return LastName;
            case "W": // Wins
                return String.Format("{0}, Wins: {1}", ToString(), Wins);
            case "C": // Country
                return String.Format("{0}, Country: {1}", ToString(), Country);
            case "A": // All
                return String.Format("{0}, {1} Wins: {2}", ToString(), Country,
                    Wins);
            default:
                throw new FormatException(String.Format(formatProvider,
                    "Format {0} is not supported", format));
        }
    }

    public string ToString(string format)
    {
        return ToString(format, null);
    }

    public int CompareTo(Racer other)
    {
        int compare = this.LastName.CompareTo(other.LastName);
        if (compare == 0)
            return this.FirstName.CompareTo(other.FirstName);
        return compare;
    }
}
```

---

代码段 ListSamples/Racer.cs

### 10.2.1 创建列表

调用默认的构造函数，就可以创建列表对象。在泛型类 `List<T>` 中，必须为声明为列表的值指定类型。下面的代码说明了如何声明一个包含 `int` 的 `List<T>` 泛型类和一个包含 `Racer` 元素的列表。

`ArrayList` 是一个非泛型列表，它可以将任意 `Object` 类型作为其元素。

使用默认的构造函数创建一个空列表。元素添加到列表中后，列表的容量就会扩大为可接纳 4 个元素。如果添加了第 5 个元素，列表的大小就重新设置为包含 8 个元素。如果 8 个元素还不够，列表的大小就重新设置为包含 16 个元素。每次都会将列表的容量重新设置为原来的 2 倍。

```
var intList = new List<int>();
var racers = new List<Racer>();
```

如果列表的容量改变了，整个集合就要重新分配到一个新的内存块中。在 `List<T>` 泛型类的实现代码中，使用了一个 `T` 类型的数组。通过重新分配内存，创建一个新数组，`Array.Copy()` 方法将旧数组中的元素复制到新数组中。为节省时间，如果事先知道列表中元素的个数，就可以用构造函数定义其容量。下面创建了一个容量为 10 个元素的集合。如果该容量不足以容纳要添加的元素，就把集合的大小重新设置为包含 20 或 40 个元素，每次都是原来的 2 倍。

```
List<int> intList = new List<int>(10);
```

使用 `Capacity` 属性可以获取和设置集合的容量。

```
intList.Capacity = 20;
```

容量与集合中元素的个数不同。集合中的元素个数可以用 `Count` 属性读取。当然，容量总是大于或等于元素个数。只要不把元素添加到列表中，元素个数就是 0。

```
Console.WriteLine(intList.Count);
```

如果已经将元素添加到列表中，且不希望添加更多的元素，就可以调用 `TrimExcess()` 方法，去除不需要的容量。但是，因为重新定位需要时间，所以如果元素个数超过了容量的 90%，`TrimExcess()` 方法就什么也不做。

```
intList.TrimExcess();
```

## 1. 集合初始值设定项

还可以使用集合初始值设定项给集合赋值。集合初始值设定项的语法类似于第 6 章介绍的数组初始值设定项。使用集合初始值设定项，可以在初始化集合时，在花括号中给集合赋值：

```
var intList = new List<int>() {1, 2};
var stringList = new List<string>() {"one", "two"};
```



集合初始值设定项没有反映在已编译的程序集的 IL 代码中。编译器会把集合初始值设定项变成对于初始值设定项列表中的每一项调用 `Add()` 方法。

## 2. 添加元素

使用 `Add()` 方法可以给列表添加元素，如下所示。实例化的泛型类型定义了 `Add()` 方法的参数类型：

```
var intList = new List<int>();
```

```

intList.Add(1);
intList.Add(2);

var stringList = new List<string>();
stringList.Add("one");
stringList.Add("two");

```

把 `racers` 变量定义为 `List<Racer>` 类型。使用 `new` 运算符创建相同类型的一个新对象。因为类 `List<T>` 用具体类 `Racer` 来实例化，所以现在只有 `Racer` 对象可以用 `Add()` 方法添加。在下面的示例代码中，创建了 5 个一级方程式赛车手，并把它们添加到集合中。前 3 个用集合初始值设定项添加，后两个通过显式调用 `Add()` 方法来添加。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

var graham = new Racer(7, "Graham", "Hill", "UK", 14);
var emerson = new Racer(13, "Emerson", "Fittipaldi", "Brazil", 14);
var mario = new Racer(16, "Mario", "Andretti", "USA", 12);

var racers = new List<Racer>(20) {graham, emerson, mario};

racers.Add(new Racer(24, "Michael", "Schumacher", "Germany", 91));
racers.Add(new Racer(27, "Mika", "Hakkinen", "Finland", 20));

```

代码段 ListSamples/Program.cs

使用 `List<T>` 类的 `AddRange()` 方法，可以一次给集合添加多个元素。因为 `AddRange()` 方法的参数是 `IEnumerable<T>` 类型的对象，所以也可以传递一个数组，如下所示：

```

racers.AddRange(new Racer[] {
    new Racer(14, "Niki", "Lauda", "Austria", 25),
    new Racer(21, "Alain", "Prost", "France", 51)});

```



集合初始值设定项只能在声明集合时使用。`AddRange()` 方法则可以在初始化集合后调用。

如果在实例化列表时知道集合的元素个数，您也可以将实现 `IEnumerable<T>` 类型的任意对象传递给类的构造函数。这非常类似于 `AddRange()` 方法：

```

var racers =
    new List<Racer>(new Racer[] {
        new Racer(12, "Jochen", "Rindt", "Austria", 6),
        new Racer(22, "Ayrton", "Senna", "Brazil", 41) });

```

### 3. 插入元素

使用 `Insert()` 方法可以在指定位置插入元素：

```

racers.Insert(3, new Racer(6, "Phil", "Hill", "USA", 3));

```

方法 `InsertRange()` 提供了插入大量元素的功能，类似于前面的 `AddRange()` 方法。

如果索引集大于集合中的元素个数，就抛出 `ArgumentOutOfRangeException` 类型的异常。



#### 4. 访问元素

实现了 `IList` 和 `IList<T>` 接口的所有类都提供了一个索引器，所以可以使用索引器，方法是通过传送元素号来访问元素。第一个元素可以用索引值 0 来访问。指定 `racers[3]`，可以访问列表中的第 4 个元素：

```
Racer r1 = racers[3];
```

可以用 `Count` 属性确定元素个数，再使用 `for` 循环遍历集合中的每个元素，并使用索引器访问每一项：

```
for (int i = 0; i < racers.Count; i++)
{
    Console.WriteLine(racers[i]);
}
```

可以通过索引访问的集合类有 `ArrayList`、`StringCollection` 和 `List<T>`。

因为 `List<T>` 集合类实现了 `IEnumerable` 接口，所以也可以使用 `foreach` 语句遍历集合中的元素。

```
foreach (Racer r in racers)
{
    Console.WriteLine(r);
}
```

编译器解析 `foreach` 语句时，利用了 `IEnumerable` 和 `IEnumerator` 接口，参见第 6 章。

除了使用 `foreach` 语句之外，`List<T>` 类还提供了 `ForEach()` 方法，该方法用 `Action<T>` 参数声明。

```
public void ForEach(Action<T> action);
```

实现 `ForEach()` 方法的代码如下。`ForEach()` 方法遍历集合中的每一项，调用作为每一项的参数传递的方法。

```
public class List<T> : IList<T>
{
    private T[] items;

    //...

    public void ForEach(Action<T> action)
    {
        if (action == null) throw new ArgumentNullException("action");

        foreach (T item in items)
        {
            action(item);
        }
    }
}
```

```

    }
    //...
}

```

为了给 `ForEach()` 方法传递一个方法，`Action<T>` 声明为一个委托，该委托定义了一个返回类型为 `void`、参数为 `T` 的方法。

```
public delegate void Action<T> (T obj);
```

在 `Racer` 项的列表中，`ForEach()` 方法的处理程序必须声明为以 `Racer` 对象作为参数，返回类型是 `void`。

```
public void ActionHandler(Racer obj);
```

因为 `Console.WriteLine()` 方法的一个重载版本将 `Object` 作为参数，所以可以将这个方法的地址传送给 `ForEach()` 方法，把该集合的每个赛手写入控制台：

```
racers.ForEach(Console.WriteLine);
```

也可以编写一个 `Lambda` 表达式，它将 `Racer` 对象作为参数，其实现代码使用了 `Console.WriteLine()` 方法。这里，格式 `A` 由 `IFormattable` 接口的 `ToString()` 方法用于显示赛手的所有信息：

```
racers.ForEach(r => Console.WriteLine("{0:A}", r));
```



Lambda 表达式详见第 8 章。

## 5. 删除元素

删除元素时，可以利用索引，也可以传递要删除的元素。下面的代码通过把 3 传递给 `RemoveAt()` 方法，删除第 4 个元素：

```
racers.RemoveAt(3);
```

也可以直接将 `Racer` 对象传递给 `Remove()` 方法，来删除这个元素。按索引删除比较快，因为必须在集合中搜索要删除的元素。`Remove()` 方法先在集合中搜索，用 `IndexOf()` 方法获取元素的索引，再使用该索引删除元素。`IndexOf()` 方法先检查元素类型是否实现了 `IEquatable<T>` 接口。如果是，就调用这个接口的 `Equals()` 方法，确定集合中的元素是否等于传递给 `Equals()` 方法的元素。如果没有实现这个接口，就使用 `Object` 类的 `Equals()` 方法比较这些元素。`Object` 类中 `Equals()` 方法的默认实现代码对值类型进行按位比较，对引用类型只比较其引用。



第 7 章介绍了如何重写 `Equals()` 方法。

这里从集合中删除了变量 `graham` 引用的赛手。变量 `graham` 是前面在填充集合时创建的。因为 `IEquatable<T>` 接口和 `Object.Equals()` 方法都没有在 `Racer` 类中重写，所以不能用要删除元素的内容相

同创建一个新对象，再把它传递给 `Remove()` 方法。

```
if (!racers.Remove(gham))
{
    Console.WriteLine(
        "object not found in collection");
}
```

`RemoveRange()` 方法可以从集合中删除许多元素。它的第一个参数指定了开始删除的元素索引，第二个参数指定了要删除的元素个数。

```
int index = 3;
int count = 5;
racers.RemoveRange(index, count);
```

要从集合中删除有指定特性的所有元素，可以使用 `RemoveAll()` 方法。这个方法在搜索元素时使用下面将讨论的 `Predicate<T>` 参数。要删除集合中的所有元素，可以使用 `ICollection<T>` 接口定义的 `Clear()` 方法。

## 6. 搜索

有不同的方式在集合中搜索元素。可以获得要查找的元素的索引，或者搜索元素本身。可以使用的方法有 `IndexOf()`、`LastIndexOf()`、`FindIndex()`、`FindLastIndex()`、`Find()` 和 `FindLast()`。如果只检查元素是否存在，`List<T>` 类就提供了 `Exists()` 方法。

`IndexOf()` 方法需要将一个对象作为参数，如果在集合中找到该元素，这个方法就返回该元素的索引。如果没有找到该元素，就返回 -1。`IndexOf()` 方法使用 `IEquatable<T>` 接口来比较元素。

```
int index1 = racers.IndexOf(mario);
```

使用 `IndexOf()` 方法，还可以指定不需要搜索整个集合，但必须指定从哪个索引开始搜索以及比较时要迭代的元素个数。

除了使用 `IndexOf()` 方法搜索指定的元素之外，还可以搜索有某个特性的元素，该特性可以用 `FindIndex()` 方法来定义。`FindIndex()` 方法需要一个 `Predicate` 类型的参数：

```
public int FindIndex(Predicate<T> match);
```

`Predicate<T>` 类型是一个委托，该委托返回一个布尔值，并且需要把类型 `T` 作为参数。这个委托的用法与 `ForEach()` 方法中的 `Action` 委托类似。如果 `Predicate<T>` 委托返回 `true`，就表示有一个匹配元素，并且找到了相应的元素。如果它返回 `false`，就表示没有找到元素，搜索将继续。

```
public delegate bool Predicate<T>(T obj);
```

在 `List<T>` 类中，把 `Racer` 对象作为类型 `T`，所以可以将一个方法(该方法将类型 `Racer` 定义为一个参数且返回一个布尔值)的地址传递给 `FindIndex()` 方法。查找指定国家的第一个车手时，可以创建如下所示的 `FindCountry` 类。`FindCountryPredicate()` 方法的签名和返回类型通过 `Predicate<T>` 委托定义。`Find()` 方法使用变量 `country` 搜索用 `FindCountry` 类的构造函数定义的某个国家。

```
public class FindCountry
{
```

```

public FindCountry(string country)
{
    this.country = country;
}
private string country;

public bool FindCountryPredicate(Racer racer)
{
    if (racer == null) throw new ArgumentNullException("racer");

    return racer.Country == country;
}
}

```

使用 `FindIndex()` 方法可以创建 `FindCountry()` 方法的一个新实例，把表示一个国家的字符串传递给构造函数，再传递 `Find()` 方法的地址。`FindIndex()` 方法成功完成后，`index2` 就包含集合中赛手的 `Country` 属性设置为 `Finland` 的第一项的索引。

```

int index2 = racers.FindIndex(new FindCountry("Finland").
    FindCountryPredicate);

```

除了用处理程序方法创建类之外，还可以在这里创建 `Lambda` 表达式。结果与前面完全相同。现在 `Lambda` 表达式定义了实现代码，来搜索 `Country` 属性设置为 `Finland` 的元素。

```

int index3 = racers.FindIndex(r => r.Country == "Finland");

```

与 `IndexOf()` 方法类似，使用 `FindIndex()` 方法也可以指定搜索开始的索引和要遍历的元素个数。为了从集合中的最后一个元素开始向前搜索某个索引，可以使用 `FindLastIndex()` 方法。

`FindIndex()` 方法返回所查找元素的索引。除了获得索引之外，还可以直接获得集合中的元素。`Find()` 方法需要一个 `Predicate<T>` 类型的参数，这与 `FindIndex()` 方法类似。下面的 `Find()` 方法搜索列表中 `Firstname` 属性设置为 `Niki` 的第一个赛手。当然，也可以实现 `FindLast()` 方法，查找与 `Predicate<T>` 类型匹配的最后一项。

```

Racer racer = racers.Find(r => r.FirstName == "Niki");

```

要获得与 `Predicate<T>` 类型匹配的所有项，而不是一项，可以使用 `FindAll()` 方法。`FindAll()` 方法使用的 `Predicate<T>` 委托与 `Find()` 和 `FindIndex()` 方法相同。`FindAll()` 方法在找到第一项后，不会停止搜索，而是继续迭代集合中的每一项，并返回 `Predicate<T>` 类型是 `true` 的所有项。

这里调用了 `FindAll()` 方法，返回 `Wins` 属性设置为大于 20 的整数的所有 `racer` 项。从 `bigWinners` 列表中引用所有赢得 20 多场比赛的赛手。

```

List<Racer> bigWinners = racers.FindAll(r => r.Wins > 20);

```

用 `foreach` 语句遍历 `bigWinners` 变量，结果如下：

```

foreach (Racer r in bigWinners)
{
    Console.WriteLine("{0:A}", r);
}
Michael Schumacher, Germany Wins: 91
Niki Lauda, Austria Wins: 25

```

Alain Prost, France Wins: 51

这个结果没有排序，但这是下一步要做的工作。

## 7. 排序

List<T>类可以使用 Sort()方法对元素排序。Sort()方法使用快速排序算法，比较所有的元素，直到整个列表排好序为止。

Sort()方法使用了几个重载的方法。可以传递给它的参数有泛型委托 Comparison<T>和泛型接口 IComparer<T>，以及包含泛型接口 IComparer<T>的一个范围值。

```
public void List<T> .Sort();
public void List<T> .Sort(Comparison<T>);
public void List<T> .Sort(IComparer<T>);
public void List<T> .Sort(Int32, Int32, IComparer<T>);
```

只有集合中的元素实现了 IComparable 接口，才能使用不带参数的 Sort()方法。

Racer 类实现了 IComparable<T>接口，可以按姓氏对赛手排序：

```
racers.Sort();
racers.ForEach(Console.WriteLine);
```

如果需要按照元素类型不默认支持的方式排序，就应使用其他技术，例如传递一个实现了 IComparer<T>接口的对象。

RacerComparer 类为 Racer 类型实现了接口 IComparer<T>。这个类允许按名字、姓氏、国籍或获胜次数排序。排序的种类用内部枚举类型 CompareType 定义。CompareType 枚举类型用 RacerComparer 类的构造函数设置。IComparer<Racer>接口定义了排序所需的 Compare()方法。在这个方法的实现代码中，使用了 string 和 int 类型的 CompareTo()方法。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
public class RacerComparer: IComparer<Racer>
{
    public enum CompareType
    {
        FirstName,
        LastName,
        Country,
        Wins
    }

    private CompareType compareType;
    public RacerComparer(CompareType compareType)
    {
        this.compareType = compareType;
    }

    public int Compare(Racer x, Racer y)
    {
        if (x == null) throw new ArgumentNullException("x");
        if (y == null) throw new ArgumentNullException("y");

        int result;
        switch (compareType)
```

```

    case CompareType.FirstName:
        return x.FirstName.CompareTo(y.FirstName);
    case CompareType.LastName:
        return x.LastName.CompareTo(y.LastName);
    case CompareType.Country:
        if ((result = x.Country.CompareTo(y.Country)) == 0)
            return x.LastName.CompareTo(y.LastName);
        else
            return result;
    case CompareType.Wins:
        return x.Wins.CompareTo(y.Wins);
    default:
        throw new ArgumentException("Invalid Compare Type");
}
}
}

```

代码段 ListSamples/RacerComparer.cs

现在，可以对 `RacerComparer` 类的一个实例使用 `Sort()` 方法。传递枚举 `RacerComparer.CompareType.Country`，按属性 `Country` 对集合排序：

```

racers.Sort(new RacerComparer(RacerComparer.CompareType.Country));
racers.ForEach(Console.WriteLine);

```

排序的另一种方式是使用重载的 `Sort()` 方法，该方法需要一个 `Comparison<T>` 委托：

```

public void List<T> .Sort(Comparison<T>);

```

`Comparison<T>` 是一个方法的委托，该方法有两个 `T` 类型的参数，返回类型为 `int`。如果参数值相等，该方法就必须返回 `0`。如果第一个参数比第二个小，它就必须返回一个小于 `0` 的值；否则，必须返回一个大于 `0` 的值。

```

public delegate int Comparison < T > (T x, T y);

```

现在可以把一个 `Lambda` 表达式传递给 `Sort()` 方法，按获胜次数排序。两个参数的类型是 `Racer`，在其实现代码中，使用 `int` 类型的 `CompareTo()` 方法比较 `Wins` 属性。在实现代码中，因为以逆序方式使用 `r2` 和 `r1`，所以获胜次数以降序方式排序。调用方法之后，完整的赛手列表就按赛手的获胜次数排序。

```

racers.Sort((r1, r2) => r2.Wins.CompareTo(r1.Wins));

```

也可以调用 `Reverse()` 方法，逆转整个集合的顺序。

## 8. 类型转换

使用 `List<T>` 类的 `ConvertAll<TOutput>()` 方法，可以把所有类型的集合转换为另一种类型。`ConvertAll<TOutput>()` 方法使用一个 `Converter` 委托，该委托的定义如下：

```

public sealed delegate TOutput Converter<TInput, TOutput>(TInput from);

```

泛型类型 `TInput` 和 `TOutput` 用于转换。`TInput` 是委托方法的参数，`TOutput` 是返回类型。

在这个例子中，所有的 `Racer` 类型都应转换为 `Person` 类型。`Racer` 类型包含姓氏、名字、国籍和获胜次数，而 `Person` 类型只包含名字。为了进行转换，可以忽略赛手的国籍和获胜次数，但姓名必须转换：

```
[Serializable]
public class Person
{
    private string name;

    public Person(string name)
    {
        this.name = name;
    }

    public override string ToString()
    {
        return name;
    }
}
```

转换时调用了 `racers.ConvertAll<Person>()` 方法。这个方法的参数定义为一个 `Lambda` 表达式，其参数的类型是 `Racer`，返回类型是 `Person`。在 `Lambda` 表达式的实现代码中，创建并返回了一个新的 `Person` 对象。对于 `Person` 对象，把 `Firstname` 和 `Lastname` 传递给构造函数：

```
List<Person> persons =
    racers.ConvertAll<Person>(
        r => new Person(r.FirstName + " " + r.LastName));
```

转换的结果是一个列表，其中包含转换过的 `Person` 对象：类型为 `List<Person>` 的 `persons` 列表。

## 10.2.2 只读集合

创建集合后，它们就是可读写的。当然，集合必须是可读写的，否则就不能给它们填充值了。但是，在填充完集合后，可以创建只读集合。`List<T>` 集合的 `AsReadOnly()` 方法返回 `ReadOnlyCollection<T>` 类型的对象。`ReadOnlyCollection<T>` 类实现的接口与 `List<T>` 集合相同，但所有修改集合的方法和属性都抛出 `NotSupportedException` 异常。

## 10.3 队列

队列是其元素以先进先出(FIFO)的方式来处理的集合。先放入队列中的元素会先读取。队列的例子有在机场排的队列、人力资源部中等待处理求职信的队列和打印队列中等待处理的打印任务，以及按循环方式等待 CPU 处理的线程。另外，还常常有元素根据其优先级来处理的队列。例如，在机场的队列中，商务舱乘客的处理要优先于经济舱的乘客。这里可以使用多个队列，一个队列对应一个优先级。在机场，这很常见，因为商务舱乘客和经济舱乘客有不同的登记队列。打印队列和线程也是这样。可以为一组队列建立一个数组，数组中的一项代表一个优先级。在每个数组项中都有一个队列，其中按照 FIFO 的方式进行处理。

本章的后面将使用链表的另一种实现方式，来定义优先级列表。

队列使用 `System.Collections.Generic` 名称空间中的泛型类 `Queue<T>` 实现。在内部，`Queue<T>` 类使用 `T` 类型的数组，这类似于 `List<T>` 类型。它实现 `ICollection` 和 `IEnumerable<T>` 接口，但没有实现 `ICollection<T>` 接口，因为这个接口定义的 `Add()` 和 `Remove()` 方法不能用于队列。

因为 `Queue<T>` 类没有实现  `IList<T>` 接口，所以不能用索引器访问队列。队列只允许在队列中添加元素，该元素会放在队列的尾部(使用 `Enqueue()` 方法)，从队列的头部获取元素(使用 `Dequeue()` 方法)。

图 10-1 显示了队列的元素。`Enqueue()` 方法在队列的一端添加元素，`Dequeue()` 方法在队列的另一端读取和删除元素。用 `Dequeue()` 方法读取元素，将同时从队列中删除该元素。再次调用 `Dequeue()` 方法，会删除队列中的下一项。

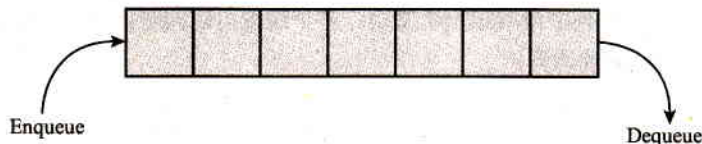


图 10-1

`Queue<T>` 类的方法如表 10-2 所示。

表 10-2

Queue<T>类的成员	说 明
Count	Count 属性返回队列中的元素个数
Enqueue()	Enqueue() 方法在队列一端添加一个元素
Dequeue()	Dequeue() 方法在队列的头部读取和删除一个元素。如果在调用 Dequeue() 方法时，队列中不再有元素，就抛出一个 <code>InvalidOperationException</code> 类型的异常
Peek()	Peek() 方法从在队列的头部读取一个元素，但不删除它
TrimExcess()	TrimExcess() 方法重新设置队列的容量。Dequeue() 方法从队列中删除元素，但它不会重新设置队列的容量。要从队列的头部去除空元素，应使用 TrimExcess() 方法

在创建队列时，可以使用与 `List<T>` 类型类似的构造函数。虽然默认的构造函数会创建一个空队列，但也可以使用构造函数指定容量。在把元素添加到队列中时，如果没有定义容量，容量就会递增，从而包含 4、8、16 和 32 个元素。类似于 `List<T>` 类，队列的容量也总是根据需要成倍增加。非泛型类 `Queue` 的默认构造函数与此不同，它会创建一个包含 32 项的空数组。使用构造函数的重载版本，还可以将实现了 `IEnumerable<T>` 接口的其他集合复制到队列中。

下面的文档管理应用程序示例说明了 `Queue<T>` 类的用法。使用一个线程将文档添加到队列中，用另一个线程从队列中读取文档，并处理它们。

存储在队列中的项是 `Document` 类型。`Document` 类定义了标题和内容：





可从  
wrox.com  
下载源代码

```
public class Document
{
    public string Title { get; private set; }
    public string Content { get; private set; }

    public Document(string title, string content)
    {
        this.Title = title;
        this.Content = content;
    }
}
```

代码段 QueueSample/Document.cs

`DocumentManager` 类是 `Queue<T>` 类外面的一层。`DocumentManager` 类定义了如何处理文档：用 `AddDocument()` 方法将文档添加到队列中，用 `GetDocument()` 方法从队列中获得文档。

在 `AddDocument()` 方法中，用 `Enqueue()` 方法把文档添加到队列的尾部。在 `GetDocument()` 方法中，用 `Dequeue()` 方法从队列中读取第一个文档。多个线程可以同时访问 `DocumentManager` 类，所以用 `lock` 语句锁定对队列的访问。



线程和 `lock` 语句参见第 20 章。

`IsDocumentAvailable` 是一个只读类型的布尔属性，如果队列中还有文档，它就返回 `true`，否则返回 `false`。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
public class DocumentManager
{
    private readonly Queue<Document> documentQueue = new Queue<Document>();

    public void AddDocument(Document doc)
    {
        lock (this)
        {
            documentQueue.Enqueue(doc);
        }
    }

    public Document GetDocument()
    {
        Document doc = null;
        lock (this)
        {
            doc = documentQueue.Dequeue();
        }
        return doc;
    }

    public bool IsDocumentAvailable
    {
        get
        {
            return documentQueue.Count > 0;
        }
    }
}
```

---

 代码段 QueueSample/DocumentManager.cs
 

---

`ProcessDocuments` 类在一个单独的线程中处理队列中的文档。能从外部访问的唯一方法是 `Start()`。在 `Start()` 方法中，实例化了一个新线程。创建一个 `ProcessDocuments` 对象，来启动线程，定义 `Run()` 方法作为线程的启动方法。`ThreadStart` 是一个委托，它引用了由线程启动的方法。在创建 `Thread` 对象后，就调用 `Thread.Start()` 方法来启动线程。

使用 `ProcessDocuments` 类的 `Run()` 方法定义一个无限循环。在这个循环中，使用属性 `IsDocumentAvailable` 确定队列中是否还有文档。如果队列中还有文档，就从 `DocumentManager` 类中提取文档并处理。这里的处理仅是把信息写入控制台。在真正的应用程序中，文档可以写入文件、数据库，或通过网络发送。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
<public class ProcessDocuments
{
    public static void Start(DocumentManager dm)
    {
        new Thread(new ProcessDocuments(dm).Run).Start();
    }

    protected ProcessDocuments(DocumentManager dm)
    {
        documentManager = dm;
    }

    private DocumentManager documentManager;

    protected void Run()
    {
        while (true)
        {
            if (documentManager.IsDocumentAvailable)
            {
                Document doc = documentManager.GetDocument();
                Console.WriteLine("Processing document {0}", doc.Title);
            }
            Thread.Sleep(new Random().Next(20));
        }
    }
}
```

---

 代码段 QueueSample/ProcessDocuments.cs
 

---

在应用程序的 `Main()` 方法中，实例化一个 `DocumentManager` 对象，启动文档处理线程。接着创建 1000 个文档，并添加到 `DocumentManager` 对象中：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
class Program
{
    static void Main()
    {
        var dm = new DocumentManager();
```

```
ProcessDocuments.Start(dm);

// Create documents and add them to the DocumentManager
for (int i = 0; i < 1000; i++)
{
    Document doc = new Document("Doc " + i.ToString(), "content");
    dm.AddDocument(doc);
    Console.WriteLine("Added document {0}", doc.Title);
    Thread.Sleep(new Random().Next(20));
}
}
```

代码段 QueueSample/Program.cs

在启动应用程序时，会在队列中添加和删除文档，输出如下所示：

```
Added document Doc 279
Processing document Doc 236
Added document Doc 280
Processing document Doc 237
Added document Doc 281
Processing document Doc 238
Processing document Doc 239
Processing document Doc 240
Processing document Doc 241
Added document Doc 282
Processing document Doc 242
Added document Doc 283
Processing document Doc 243
```

完成示例应用程序中描述的任务的真实程序可以处理用 Web 服务接收到的文档。

## 10.4 栈

栈是与队列非常类似的另一个容器，只是要使用不同的方法访问栈。最后添加到栈中的元素会最先读取。栈是一个后进先出(LIFO)的容器。

图 10-2 表示一个栈，用 Push()方法在栈中添加元素，用 Pop()方法获取最近添加的元素。

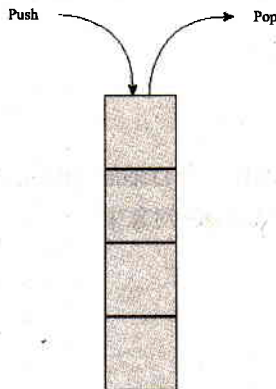


图 10-2

与 `Queue<T>` 类相同, `Stack<T>` 类实现 `IEnumerable<T>` 和 `ICollection` 接口。  
`Stack<T>` 类的成员如表 10-3 所示。

表 10-3

Stack<T>类的成员	说 明
Count	返回栈中的元素个数
Push()	在栈顶添加一个元素
Pop()	从栈顶删除一个元素, 并返回该元素。如果栈是空的, 就抛出 <code>InvalidOperationException</code> 异常
Peek()	返回栈顶的元素, 但不删除它
Contains()	确定某个元素是否在栈中, 如果是, 就返回 <code>true</code>

在下面的例子中, 使用 `Push()` 方法把 3 个元素添加到栈中。在 `foreach` 方法中, 使用 `IEnumerable` 接口迭代所有的元素。栈的枚举器不会删除元素, 它只会逐个返回元素。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
var alphabet = new Stack<char>();
alphabet.Push('A');
alphabet.Push('B');
alphabet.Push('C');

foreach (char item in alphabet)
{
    Console.Write(item);
}
Console.WriteLine();
```

代码段 `StackSample/Program.cs`

因为元素的读取顺序是从最后一个添加到栈中的元素开始到第一个元素, 所以得到的结果如下:

CBA

用枚举器读取元素不会改变元素的状态。使用 `Pop()` 方法会从栈中读取每个元素, 然后删除它们。这样, 就可以使用 `while` 循环迭代集合, 检查 `Count` 属性, 确定栈中是否还有元素:

```
var alphabet = new Stack<char>();
alphabet.Push('A');
alphabet.Push('B');
alphabet.Push('C');

Console.Write("First iteration: ");
foreach (char item in alphabet)
{
    Console.Write(item);
}
Console.WriteLine();

Console.Write("Second iteration: ");
while (alphabet.Count > 0)
{
    Console.Write(alphabet.Pop());
}
```

```
Console.WriteLine();
```

结果是两个 CBA，每次迭代对应一个 CBA。在第二次迭代后，栈变空，因为第二次迭代使用了 Pop()方法：

```
First iteration: CBA
Second iteration: CBA
```

## 10.5 链表

LinkedList<T>是一个双向链表，其元素指向它前面和后面的元素，如图 10-3 所示。

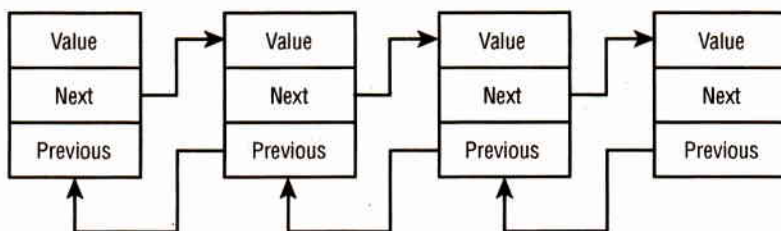


图 10-3

链表的优点是，如果将元素插入列表的中间位置，使用链表就会非常快。在插入一个元素时，只需修改上一个元素的 Next 引用和下一个元素的 Previous 引用，使它们引用所插入的元素。在 List<T>类中，插入一个元素时，需要移动该元素后面的所有元素。

当然，链表也有缺点。链表的元素只能一个接一个地访问，这需要较长的时间来查找位于链表中间或尾部的元素。

链表不仅能在列表中存储元素。存储元素时，链表还必须存储每个元素存储下一个元素和上一个元素的信息。这就是 LinkedList<T>包含 LinkedListNode<T>类型的元素的原因。使用 LinkedListNode<T>类，可以获得列表中的下一个元素和上一个元素。LinkedListNode<T>定义了属性 List、Next、Previous 和 Value。List 属性返回与节点相关的 LinkedList<T>对象，Next 和 Previous 属性用于遍历链表，访问当前节点之后和之前的节点。Value 返回与节点相关的元素，其类型是 T。

LinkedList<T>类定义的成员可以访问链表中的第一个和最后一个元素(First 和 Last)、在指定位置插入元素(AddAfter()、AddBefore()、AddFirst()和 AddLast()方法)，删除指定位置的元素(Remove()、RemoveFirst()和 RemoveLast()方法)、从链表的开头(Find()方法)或结尾(FindLast()方法)开始搜索元素。

示例应用程序使用了一个链表和一个列表。链表包含文档，这与上一个队列例子相同，但文档有一个额外的优先级。在链表中，文档按照优先级来排序。如果多个文档的优先级相同，这些元素就按照文档的插入时间来排序。

图 10-4 描述了示例应用程序中的集合。LinkedList<Document>是一个包含所有 Document 对象的链表，该图显示了文档的标题和优先级。标题指出了文档添加到链表中的时间。第一个添加的文档的标题是“One”。第二个添加的文档的标题是“Two”，依此类推。可以看出，文档 One 和 Four 有相同的优先级 8，因为 One 在 Four 之前添加，所以 One 放在链表的前面。

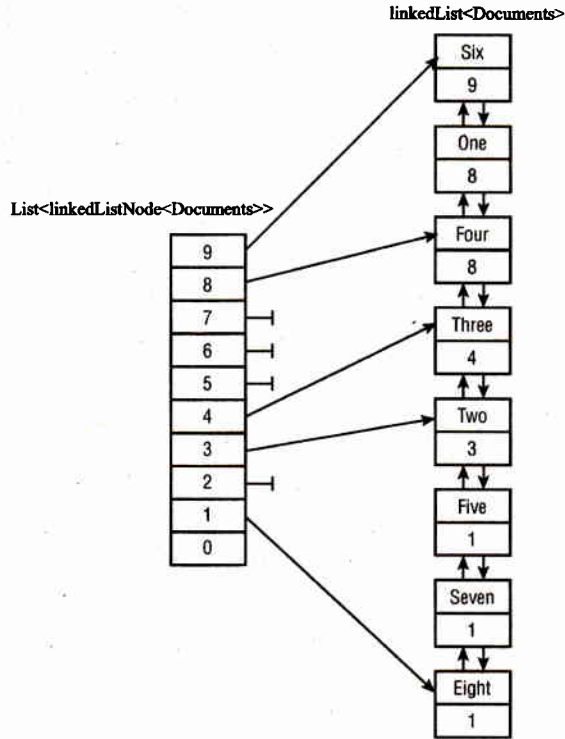


图 10-4

在链表中添加新文档时，它们应放在优先级相同的最后一个文档后面。集合 `LinkedList<Document>` 包含 `LinkedListNode<Document>` 类型的元素。`LinkedListNode<T>` 类添加 `Next` 和 `Previous` 属性，使搜索过程能从一个节点移动到下一个节点上。要引用这类元素，应把 `List<T>` 定义为 `List<LinkedListNode<Document>>`。为了快速访问每个优先级的最后一个文档，集合 `List<LinkedListNode>` 应最多包含 10 个元素，每个元素分别引用每个优先级的最后一个文档。在后面的讨论中，对每个优先级的最后一个文档的引用称为优先级节点。

在上面的例子中，`Document` 类扩展为包含优先级。优先级用类的构造函数设置：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
public class Document
{
    public string Title { get; private set; }
    public string Content { get; private set; }
    public byte Priority { get; private set; }

    public Document(string title, string content, byte priority = 0)
    {
        this.Title = title;
        this.Content = content;
        this.Priority = priority;
    }
}
```

代码段 `LinkedListSample/Document.cs`

解决方案的核心是 `PriorityDocumentManager` 类。这个类很容易使用。在这个类的公共接口中，

可以把新的 Document 元素添加到链表中，可以检索第一个文档，为了便于测试，它还提供了一个方法，在元素链接到链表中时，该方法可以显示集合中的所有元素。

PriorityDocumentManager 类包含两个集合。LinkedList<Document>类型的集合包含所有的文档。List<LinkedListNode<Document>>类型的集合包含最多 10 个元素的引用，它们是添加指定优先级的新文档的入口点。这两个集合变量都用 PriorityDocumentManager 类的构造函数来初始化。列表集合也用 null 初始化：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
public class PriorityDocumentManager
{
    private readonly LinkedList<Document> documentList;
    // priorities 0.9
    private readonly List<LinkedListNode<Document>> priorityNodes;

    public PriorityDocumentManager()
    {
        documentList = new LinkedList<Document>();

        priorityNodes = new List<LinkedListNode<Document>>(10);
        for (int i = 0; i < 10; i++)
        {
            priorityNodes.Add(new LinkedListNode<Document>(null));
        }
    }
}
```

代码段 LinkedListSample/PriorityDocumentManager.cs

在类的公共接口中，有一个 AddDocument() 方法。AddDocument() 方法只调用私有方法 AddDocumentToPriorityNode()。把实现代码放在另一个方法中的原因是，AddDocumentToPriorityNode() 方法可以递归调用，如后面所示。

```
public void AddDocument(Document d)
{
    if (d == null) throw new ArgumentNullException("d");

    AddDocumentToPriorityNode(d, d.Priority);
}
```

在 AddDocumentToPriorityNode() 方法的实现代码中，第一个操作是检查优先级是否在允许的优先级范围内。这里允许的范围是 0~9。如果传送了错误的值，就会抛出一个 ArgumentException 类型的异常。

接着检查是否已经有一个优先级节点与所传送的优先级相同。如果在列表集合中没有这样的优先级节点，就递归调用 AddDocumentToPriorityNode() 方法，递减优先级值，检查是否有低一级的优先级节点。

如果优先级节点的优先级值与所传送的优先级值不同，也没有比该优先级值更低的优先级节点，就可以调用 AddLast() 方法，将文档安全地添加到链表的末尾。另外，链表节点由负责指定文档优先级的优先级节点引用。

如果存在这样的优先级节点，就可以在链表中找到插入文档的位置。这里必须区分是存在指定优先级值的优先级节点，还是存在以较低的优先级值引用文档的优先级节点。对于第一种情况，可

以把新文档插入由优先级节点引用的位置后面。因为优先级节点总是引用指定优先级值的最后一个文档，所以必须设置优先级节点的引用。如果引用文档的优先级节点有较低的优先级值，情况就会比较复杂。这里新文档必须插入优先级值与优先级节点相同的所有文档的前面。为了找到优先级值相同的第一个文档，要通过一个 while 循环，使用 Previous 属性遍历所有的链表节点，直到找到一个优先级值不同的链表节点为止。这样，就找到了必须插入文档的位置，并可以设置优先级节点。

```
private void AddDocumentToPriorityNode(Document doc, int priority)
{
    if (priority > 9 || priority < 0)
        throw new ArgumentException("Priority must be between 0 and 9");

    if (priorityNodes[priority].Value == null)
    {
        --priority;
        if (priority >= 0)
        {
            // check for the next lower priority
            AddDocumentToPriorityNode(doc, priority);
        }
        else // now no priority node exists with the same priority or lower
            // add the new document to the end
        {
            documentList.AddLast(doc);
            priorityNodes[doc.Priority] = documentList.Last;
        }
        return;
    }
    else // a priority node exists
    {
        LinkedListNode<Document> prioNode = priorityNodes[priority];
        if (priority == doc.Priority)
            // priority node with the same priority exists
        {
            documentList.AddAfter(prioNode, doc);

            // set the priority node to the last document with the same priority
            priorityNodes[doc.Priority] = prioNode.Next;
        }
        else // only priority node with a lower priority exists
        {
            // get the first node of the lower priority
            LinkedListNode<Document> firstPrioNode = prioNode;

            while (firstPrioNode.Previous != null &&
                firstPrioNode.Previous.Value.Priority == prioNode.Value.Priority)
            {
                firstPrioNode = prioNode.Previous;
                prioNode = firstPrioNode;
            }

            documentList.AddBefore(firstPrioNode, doc);

            // set the priority node to the new value
            priorityNodes[doc.Priority] = firstPrioNode.Previous;
        }
    }
}
```



现在还剩下一个简单的方法没有讨论。DisplayAllNodes()方法只是在一个 foreach 循环中，把每个文档的优先级和标题显示在控制台上。

GetDocument()方法从链表中返回第一个文档(优先级最高的文档)，并从链表中删除它：

```

public void DisplayAllNodes()
{
    foreach (Document doc in documentList)
    {
        Console.WriteLine("priority: {0}, title {1}", doc.Priority, doc.Title);
    }
}

// returns the document with the highest priority
// (that's first in the linked list)
public Document GetDocument()
{
    Document doc = documentList.First.Value;
    documentList.RemoveFirst();
    return doc;
}
}

```

在 Main()方法中，PriorityDocumentManager 类用于说明其功能。在链表中添加 8 个优先级不同的新文档，再显示整个链表：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

static void Main()
{
    PriorityDocumentManager pdm = new PriorityDocumentManager();
    pdm.AddDocument(new Document("one", "Sample", 8));
    pdm.AddDocument(new Document("two", "Sample", 3));
    pdm.AddDocument(new Document("three", "Sample", 4));
    pdm.AddDocument(new Document("four", "Sample", 8));
    pdm.AddDocument(new Document("five", "Sample", 1));
    pdm.AddDocument(new Document("six", "Sample", 9));
    pdm.AddDocument(new Document("seven", "Sample", 1));
    pdm.AddDocument(new Document("eight", "Sample", 1));

    pdm.DisplayAllNodes();
}

```

代码段 `LinkedListSample/Program.cs`

在处理好的结果中，文档先按优先级排序，再按添加文档的时间排序：

```

priority: 9, title six
priority: 8, title one
priority: 8, title four
priority: 4, title three
priority: 3, title two
priority: 1, title five
priority: 1, title seven
priority: 1, title eight

```

## 10.6 有序列表

如果需要基于键对所需集合排序, 就可以使用 `SortedList<TKey, TValue>` 类。这个类按照键给元素排序。这个集合中的值和键都可以使用任意类型。

下面的例子创建了一个有序列表, 其中键和值都是 `string` 类型。默认的构造函数创建了一个空列表, 再用 `Add()` 方法添加两本书。使用重载的构造函数, 可以定义列表的容量, 传递实现了 `IComparer<TKey>` 接口的对象, 该接口用于给列表中的元素排序。

`Add()` 方法的第一个参数是键(书名), 第二个参数是值(ISBN 号)。除了使用 `Add()` 方法之外, 还可以使用索引器将元素添加到列表中。索引器需要把键作为索引参数。如果键已存在, `Add()` 方法就抛出一个 `ArgumentException` 类型的异常。如果索引器使用相同的键, 就用新值替代旧值。



`SortedList<TKey, TValue>` 类只允许每个键有一个对应的值, 如果需要每个键对应多个值, 就可以使用 `Lookup<TKey, TElement>` 类。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
var books = new SortedList<string, string>();
books.Add("C# 2008 Wrox Box", "978-0-470-047205-7");
books.Add("Professional ASP.NET MVC 1.0", "978-0-470-38461-9");

books["Beginning Visual C# 2008"] = "978-0-470-19135-4";
books["Professional C# 2008"] = "978-0-470-19137-6";
```

代码段 [SortedListSample/Program.cs](#)

可以使用 `foreach` 语句遍历该列表。枚举器返回的元素是 `KeyValuePair<TKey, TValue>` 类型, 其中包含了键和值。键可以用 `Key` 属性访问, 值可以用 `Value` 属性访问。

```
foreach (KeyValuePair<string, string > book in books)
{
    Console.WriteLine("{0}; {1}", book.Key, book.Value);
}
```

迭代语句会按键的顺序显示书名和 ISBN 号:

```
Beginning Visual C# 2008, 978-0-470-19135-4
C# 2008 Wrox Box, 978-0-470-047205-7
Professional ASP.NET MVC 1.0, 978-0-470-38461-9
Professional C# 2008, 978-0-470-19137-6
```

也可以使用 `Values` 和 `Keys` 属性访问值和键。因为 `Values` 属性返回 `ICollection<TValue>`, `Keys` 属性返回 `ICollection<TKey>`, 所以可以通过 `foreach` 语句使用这些属性:

```
foreach (string isbn in books.Values)
{
    Console.WriteLine(isbn);
}

foreach (string title in books.Keys)
```

```
{
    Console.WriteLine(title);
}
```

第一个循环显示值，第二个循环显示键：

```
978-0-470-19135-4
978-0-470-047205-7
978-0-470-38461-9
978-0-470-19137-6
Beginning Visual C# 2008
C# 2008 Wrox Box
Professional ASP.NET MVC 1.0
Professional C# 2008
```

如果尝试使用索引器访问一个元素，但所传递的键不存在，就会抛出一个 `KeyNotFoundException` 类型的异常。为了避免这个异常，可以使用 `ContainsKey()` 方法，如果所传递的键存在于集合中，这个方法就返回 `true`，也可以调用 `TryGetValue()` 方法，该方法尝试获得指定键的值。如果指定键对应的值不存在，该方法就不会抛出异常。

```
string isbn;
string title = "Professional C# 7.0";
if (!books.TryGetValue(title, out isbn))
{
    Console.WriteLine("{0} not found", title);
}
```

## 10.7 字典

字典表示一种非常复杂的数据结构，这种数据结构允许按照某个键来访问元素。字典也称为映射或散列表。字典的主要特性是能根据键快速查找值。也可以自由添加和删除元素，这有点像 `List<T>` 类，但没有在内存中移动后续元素的性能开销。

图 10-5 是字典的一个简化表示。其中 `employee-id` (如 B4711) 是添加到字典中的键。键会转换为一个散列。利用散列创建一个数字，它将索引和值关联起来。然后索引包含一个到值的链接。该图做了简化处理，因为一个索引项可以关联多个值，索引可以存储为一个树形结构。

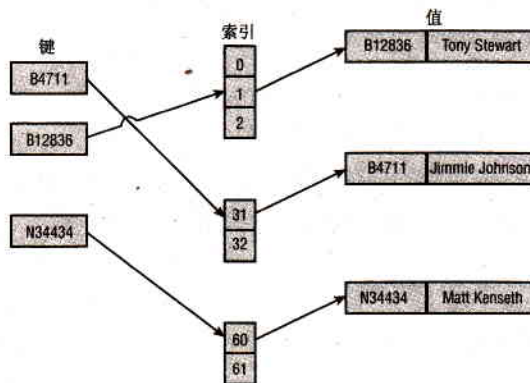


图 10-5

.NET Framework 提供了几个字典类。可以使用的最主要的类是 `Dictionary<TKey, TValue>`。

### 10.7.1 键的类型

用作字典中键的类型必须重写 `Object` 类的 `GetHashCode()` 方法。只要字典类需要确定元素的位置，它就要调用 `GetHashCode()` 方法。`GetHashCode()` 方法返回的 `int` 由字典用于计算在对应位置放置元素的索引。这里不介绍这个算法。我们只需知道，它涉及素数，所以字典的容量是一个素数。

`GetHashCode()` 方法的实现代码必须满足如下要求：

- 相同的对象应总是返回相同的值。
- 不同的对象可以返回相同的值。
- 它应执行得比较快，计算的开销不大。
- 它不能抛出异常。
- 它应至少使用一个实例字段。
- 散列代码值应平均分布在 `int` 可以存储的整个数字范围上。
- 散列代码最好在对象的生存期中不发生变化。



字典的性能取决于 `GetHashCode()` 方法的实现代码。

为什么要使散列代码值平均分布在整数的取值范围内？如果两个键返回的散列代码值会得到相同的索引，字典类就必须寻找最近的可用空闲位置来存储第二个数据项，这需要进行一定的搜索，以便以后检索这一项。显然这会降低性能，如果在排序的时候许多键都有相同的索引，这类冲突就更可能出现。根据 Microsoft 的部分算法的工作方式，当计算出来的散列代码值平均分布在 `int.MinValue` 和 `int.MaxValue` 之间时，这种风险会降低到最小。

除了实现 `GetHashCode()` 方法之外，键类型还必须实现 `IEquatable<T>.Equals()` 方法，或重写 `Object` 类的 `Equals()` 方法。因为不同的键对象可能返回相同的散列代码，所以字典使用 `Equals()` 方法来比较键。字典检查两个键 A 和 B 是否相等，并调用 `A.Equals(B)` 方法。这表示必须确保下述条件总是成立：



如果 `A.Equals(B)` 方法返回 `true`，则 `A.GetHashCode()` 和 `B.GetHashCode()` 方法必须总是返回相同的散列代码。

这似乎有点奇怪，但它非常重要。如果设计出某种重写这些方法的方式，使上面的条件并不总是成立，把这个类的实例用作键的字典就不能正常工作，而是会发生有趣的事情。例如，把一个对象放在字典中后，就再也检索不到它，或者试图检索某项，却返回了错误的项。



因此，如果为 `Equals()` 方法提供了重写版本，但没有提供 `GetHashCode()` 方法的重写版本，C# 编译器就会显示一个编译警告。

对于 `System.Object`，这个条件为 `true`，因为 `Equals()` 方法只是比较引用，`GetHashCode()` 方法实

实际上返回一个仅基于对象地址的散列代码。这说明，如果散列表基于一个键，而该键没有重写这些方法，这个散列表就能正常工作。但是，这么做的问题是，只有对象完全相同，键才被认为是相等的。也就是说，把一个对象放在字典中时，必须将它与该键的引用关联起来。也不能在以后用相同的值实例化另一个键对象。如果没有重写 Equals()方法和 GetHashCode()方法，在字典中使用类型时就不太方便。

另外，System.String 实现了 IEquatable 接口，并重载了 GetHashCode()方法。Equals()方法提供了值的比较，GetHashCode()方法根据字符串的值返回一个散列代码。因此，在字典中把字符串用作键非常方便。

数字类型(如 Int32)也实现 IEquatable 接口，并重载 GetHashCode()方法。但是这些类型返回的哈希代码只映射到值上。如果希望用作键的数字本身没有分布在可能的整数值范围内，把整数用作键就不能满足键值的平均分布规则，于是不能获得最佳的性能。Int32 并不适合在字典中使用。

如果需要使用的键类型没有实现 IEquatable 接口，并根据存储在字典中的键值重载 GetHashCode()方法，就可以创建一个实现 IEqualityComparer<T>接口的比较器。IEqualityComparer<T>接口定义了 GetHashCode()和 Equals()方法，并将传递的对象作为参数，因此可以提供与对象类型不同的实现方式。Dictionary<TKey, TValue>构造函数的一个重载版本允许传递一个实现了 IEqualityComparer<T>接口的对象。如果把这个对象赋予字典，该类就用于生成散列代码并比较键。

## 10.7.2 字典示例

字典示例程序建立了一个员工字典。该字典用 EmployeeId 对象来索引，存储在字典中的每个数据项都是一个 Employee 对象，该对象存储员工的详细数据。

实现 EmployeeId 结构是为了定义了字典中使用的键，该结构的成员是表示员工的一个前缀字符和一个数字。这两个变量都是只读的，只能在构造函数中初始化。字典中的键不应改变，这是必须保证的。在构造函数中填充字段。重载 ToString()方法是为了获得员工 ID 的字符串表示。与键类型的要求一样，EmployeeId 结构也要实现 IEquatable 接口，并重载 GetHashCode()方法。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
[Serializable]
public class EmployeeIdException : Exception
{
    public EmployeeIdException(string message) : base(message) { }
}

[Serializable]
public struct EmployeeId : IEquatable<EmployeeId>
{
    private readonly char prefix;
    private readonly int number;

    public EmployeeId(string id)
    {
        if (id == null) throw new ArgumentNullException("id");

        prefix = (id.ToUpper())[0];
        int numLength = id.Length - 1;
        try
        {
            number = int.Parse(id.Substring(1, numLength > 6 ? 6 : numLength));
        }
    }
}
```

```

    }
    catch (FormatException)
    {
        throw new EmployeeIdException("Invalid EmployeeId format");
    }
}

public override string ToString()
{
    return prefix.ToString() + string.Format("{0,6:000000}", number);
}

public override int GetHashCode()
{
    return (number ^ number << 16) * 0x15051505;
}

public bool Equals(EmployeeId other)
{
    if (other == null) return false;

    return (prefix == other.prefix && number == other.number);
}

public override bool Equals(object obj)
{
    return Equals((EmployeeId)obj);
}

public static bool operator ==(EmployeeId left, EmployeeId right)
{
    return left.Equals(right);
}

public static bool operator !=(EmployeeId left, EmployeeId right)
{
    return !(left == right);
}
}

```

代码段 DictionarySample/EmployeeId.cs

由 `IEquatable<T>` 接口定义的 `Equals()` 方法比较两个 `EmployeeId` 对象的值，如果这两个值相同，它就返回 `true`。除了实现 `IEquatable<T>` 接口中的 `Equals()` 方法之外，还可以重写 `Object` 类中的 `Equals()` 方法。

```

public bool Equals(EmployeeId other)
{
    if (other == null) return false;
    return (prefix == other.prefix && number == other.number);
}

```

由于数字是可变的，因此员工可以取 1~190000 的一个值。这并没有填满整数取值范围。`GetHashCode()` 方法使用的算法将数字向左移动 16 位，再与原来的数字进行异或操作，最后将结果乘以十六进制数 15 051 505。散列代码在整数取值区域上的分布相当均匀：

```

public override int GetHashCode()

```

```
{
    return (number ^ number << 16) * 0x15051505;
}
```



在 Internet 上,有许多更复杂的算法,它们能使散列代码在整数取值范围上更好地分布。也可以使用字符串的 GetHashCode()方法来返回一个散列。

Employee 类是一个简单的实体类,该实体类包含员工的姓名、薪水和 ID。构造函数初始化所有值,ToString()方法返回一个实例的字符串表示。ToString()方法的实现代码使用格式化字符串创建字符串表示,以提高性能。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
[Serializable]
public class Employee
{
    private string name;
    private decimal salary;
    private readonly EmployeeId id;

    public Employee(EmployeeId id, string name, decimal salary)
    {
        this.id = id;
        this.name = name;
        this.salary = salary;
    }

    public override string ToString()
    {
        return String.Format("{0}: {1, -20} {2:C}",
            id.ToString(), name, salary);
    }
}
```

代码段 DictionarySample/Employee.cs

在示例程序的 Main()方法中,创建一个新的 Dictionary<TKey, TValue>实例,其中键是 EmployeeId 类型,值是 Employee 类型。构造函数指定了 31 个元素的容量。注意容量一般是素数。但如果指定了一个不是素数的值,也不需要担心。Dictionary<TKey, TValue>类会使用传递给构造函数的整数后面紧接着的一个素数,来指定容量。用 Add()方法创建员工对象和 ID,并添加到字典中。除了 Add()方法外,还可以使用索引器,将键和值添加到字典中,如员工 Dale 和 Jeff 所示:



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
static void Main()
{
    var employees = new Dictionary<EmployeeId, Employee>(31);

    var idKyle = new EmployeeId("T3755");
    var kyle = new Employee(idKyle, "Kyle Bush", 5443890.00m);
    employees.Add(idKyle, kyle);
    Console.WriteLine(kyle);

    var idCarl = new EmployeeId("F3547");
    var carl = new Employee(idCarl, "Carl Edwards", 5597120.00m);
    employees.Add(idCarl, carl);
    Console.WriteLine(carl);
}
```

```

var idJimmie = new EmployeeId("C3386");
var jimmie = new Employee(idJimmie, "Jimmie Johnson", 5024710.00m);
employees.Add(idJimmie, jimmie);
Console.WriteLine(jimmie);

var idDale = new EmployeeId("C3323");
var dale = new Employee(idDale, "Dale Earnhardt Jr.", 3522740.00m);
employees[idDale] = dale;
Console.WriteLine(dale);

var idJeff = new EmployeeId("C3234");
var jeff = new Employee(idJeff, "Jeff Burton", 3879540.00m);
employees[idJeff] = jeff;
Console.WriteLine(jeff);

```

代码段 DictionarySample/Program.cs

将数据项添加到字典中后，在 `while` 循环中读取字典中的员工。让用户输入一个员工号，把该号码存储在变量 `userInput` 中。用户输入 `X` 即可退出应用程序。如果输入的键在字典中，就使用 `Dictionary<TKey, TValue>` 类的 `TryGetValue()` 方法检查它。如果找到了该键，`TryGetValue()` 方法就返回 `true`；否则返回 `false`。如果找到了与键关联的值，该值就存储在 `employee` 变量中，并把该值写入控制台。



也可以使用 `Dictionary<TKey, TValue>` 类的索引器替代 `TryGetValue()` 方法，来访问存储在字典中的值。但是，如果没有找到键，索引器会抛出一个 `KeyNotFoundException` 类型的异常。

```

while (true)
{
    Console.Write("Enter employee id (X to exit) > ");
    var userInput = Console.ReadLine();
    userInput = userInput.ToUpper();
    if (userInput == "X") break;

    EmployeeId id;
    try
    {
        id = new EmployeeId(userInput);

        Employee employee;
        if (!employees.TryGetValue(id, out employee))
        {
            Console.WriteLine("Employee with id {0} does not exist",
                               id);
        }
        else
        {
            Console.WriteLine(employee);
        }
    }
    catch (EmployeeIdException ex)
    {

```



```
Console.WriteLine(ex.Message);
```

运行应用程序，得到如下输出：

```
Enter employee id (X to exit) > C3386
C003386: Jimmie Johnson ? 5.024.710,00
Enter employee id (X to exit) > F3547
F003547: Carl Edwards ? 5.597.120,00
Enter employee id (X to exit) > X
Press any key to continue ...
```

### 10.7.3 Lookup 类

`Dictionary<TKey, TValue>` 类支持每个键关联一个值。`Lookup<TKey, TElement>` 类非常类似于 `Dictionary<TKey, TValue>` 类，但把键映射到一个值集上。这个类在程序集 `System.Core` 中实现，用 `System.Linq` 名称空间定义。

`Lookup<TKey, TElement>` 类不能像一般的字典那样创建，而必须调用 `ToLookup()` 方法，该方法返回一个 `Lookup<TKey, TElement>` 对象。`ToLookup()` 方法是一个扩展方法，它可以用于实现了 `IEnumerable<T>` 接口的所有类。在下面的例子中，填充了一个 `Racer` 对象列表。因为 `List<T>` 类实现了 `IEnumerable<T>` 接口，所以可以在赛车手列表上调用 `ToLookup()` 方法。这个方法需要一个 `Func<TSource, TKey>` 类型的委托，`Func<TSource, TKey>` 类型定义了键的选择器。这里使用 Lambda 表达式 `r => r.Country`，根据国家来选择赛车手。`foreach` 循环只使用索引器访问来自澳大利亚的赛车手。



扩展方法详见第 11 章，Lambda 表达式参见第 8 章。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
var racers = new List<Racer>();
racers.Add(new Racer("Jacques", "Villeneuve", "Canada", 11));
racers.Add(new Racer("Alan", "Jones", "Australia", 12));
racers.Add(new Racer("Jackie", "Stewart", "United Kingdom", 27));
racers.Add(new Racer("James", "Hunt", "United Kingdom", 10));
racers.Add(new Racer("Jack", "Brabham", "Australia", 14));

var lookupRacers = racers.ToLookup(r => r.Country);

foreach (Racer r in lookupRacers["Australia"])
{
    Console.WriteLine(r);
}
```

代码段 `LookupSample/Program.cs`

结果显示了来自澳大利亚的赛车手：

```
Alan Jones
Jack Brabham
```

### 10.7.4 有序字典

`SortedDictionary<TKey, TValue>`类是一个二叉搜索树，其中的元素根据键来排序。该键类型必须实现 `IComparable<TKey>` 接口。如果键的类型不能排序，则还可以创建一个实现了 `IComparer<TKey>` 接口的比较器，将比较器用作有序字典的构造函数的一个参数。

`SortedDictionary<TKey, TValue>`类和 `SortedList<TKey, TValue>`类的功能类似。但因为 `SortedList<TKey, TValue>`实现为一个基于数组的列表，而 `SortedDictionary<TKey, TValue>`类实现为一个字典，所以它们有不同的特征。

- `SortedList<TKey, TValue>`类使用的内存比 `SortedDictionary<TKey, TValue>`类少。
- `SortedDictionary<TKey, TValue>`类的元素插入和删除速度比较快。
- 在用已排好序的数据填充集合时，若不需要修改容量，`SortedList<TKey, TValue>`类就比较快。



`SortedList` 类使用的内存比 `SortedDictionary` 类少，但 `SortedDictionary` 类在插入和删除未排序的数据时比较快。

## 10.8 集

包含不重复元素的集合称为“集(set)”。.NET 4 包含两个集(`HashSet<T>`和 `SortedSet<T>`)，它们都实现 `ISet<T>`接口。`HashSet<T>`集包含不重复元素的无序列表，`SortedSet<T>`集包含不重复元素的有序列表。

`ISet<T>`接口提供的方法可以创建合集、交集，或者给出一个集是另一个集的超集或子集的信息。

在示例代码中，创建了 3 个字符串类型的新集，并用一级方程式汽车填充它们。`HashSet<T>`集实现 `ICollection<T>`接口。但是在该类中，`Add()`方法是显式实现的，还提供了另一个 `Add()`方法。`Add()`方法的区别是返回类型，它返回一个布尔值，说明是否添加了元素。如果该元素已经在集中，就不添加它，并返回 `false`。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
var companyTeams = new HashSet<string>()
    { "Ferrari", "McLaren", "Toyota", "BMW", "Renault" };
var traditionalTeams = new HashSet<string>()
    { "Ferrari", "McLaren" };
var privateTeams = new HashSet<string>()
    { "Red Bull", "Toro Rosso", "Force India", "Brawn GP" };

if (privateTeams.Add("Williams"))
    Console.WriteLine("Williams added");
if (!companyTeams.Add("McLaren"))
    Console.WriteLine("McLaren was already in this set");
```

代码段 SetSample/Program.cs

两个 `Add()`方法的输出写到控制台上：

```
Williams added
McLaren was already in this set
```

`IsSubsetOf()`和 `IsSupersetOf()`方法比较集和实现了 `IEnumerable<T>`接口的集合,并返回一个布尔结果。这里, `IsSubsetOf()`方法验证 `traditionalTeams` 集合中的每个元素是否都包含在 `companyTeams` 集合方法中, `IsSupersetOf()`方法验证 `traditionalTeams` 集合是否有与 `companyTeams` 集合比较的额外元素。

```
if (traditionalTeams.IsSubsetOf(companyTeams))
{
    Console.WriteLine("traditionalTeams is subset of companyTeams");
}

if (companyTeams.IsSupersetOf(traditionalTeams))
{
    Console.WriteLine("companyTeams is a superset of traditionalTeams");
}
```

这个验证的结果如下:

```
traditionalTeams is a subset of companyTeams
companyTeams is a superset of traditionalTeams
```

`Williams` 也是一个传统队,因此这个队添加到 `traditionalTeams` 集合中:

```
traditionalTeams.Add("Williams");
if (privateTeams.Overlaps(traditionalTeams))
{
    Console.WriteLine("At least one team is the same with the " +
        "traditional and private teams");
}
```

因为有一个重叠,所以结果如下:

```
At least one team is the same with the traditional and private teams.
```

调用 `UnionWith()`方法,把引用新 `SortedSet<string>`的变量 `allTeams` 填充为 `companyTeams`、`PrivateTeams` 和 `traditionalTeams` 的合集:

```
var allTeams = new SortedSet<string>(companyTeams);
allTeams.UnionWith(privateTeams);
allTeams.UnionWith(traditionalTeams);

Console.WriteLine();
Console.WriteLine("all teams");
foreach (var team in allTeams)
{
    Console.WriteLine(team);
}
```

这里返回所有队,但每个队都只列出一次,因为集只包含唯一值。因为容器是 `SortedSet<string>`,所以结果是有序的:

```
BMW
Brawn GP
Ferrari
Force India
McLaren
```

```

Red Bull
Renault
Toro Rosso
Toyota
Williams

```

ExceptWith()方法从 allTeams 集中删除所有私有队:

```

allTeams.ExceptWith(privateTeams);
Console.WriteLine();
Console.WriteLine("no private team left");
foreach (var team in allTeams)
{
    Console.WriteLine(team);
}

```

集合中的其他元素不包含私有队:

```

BMW
Ferrari
McLaren
Renault
Toyota

```

## 10.9 可观察的集合

如果需要集合中的元素何时删除或添加的信息,就可以使用 `ObservableCollection<T>`类。这个类是为 WPF 定义的,这样 UI 就可以得知集合的变化,因此这个类在程序集 `WindowsBase` 中定义,同时用户需要引用这个程序集。这个类的名称空间是 `System.Collections.ObjectModel`。

`ObservableCollection<T>`类派生自 `Collection<T>`基类,该基类可用于创建自定义集合,并在内部使用 `List<T>`类。重写基类中的虚方法 `SetItem()`和 `RemoveItem()`,以触发 `CollectionChanged`事件。这个类的用户可以使用 `INotifyCollectionChanged`接口注册这个事件。

下面的示例说明了 `ObservableCollection<string>()`方法的用法,其中给 `CollectionChanged`事件注册了 `Data_CollectionChanged()`方法。把两项添加到末尾,再插入一项,并删除一项:



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

var data = new ObservableCollection<string>();
data.CollectionChanged += Data_CollectionChanged;
data.Add("One");
data.Add("Two");
data.Insert(1, "Three");
data.Remove("One");

```

代码段 `ObservableCollectionSample/Program.cs`

`Data_CollectionChanged()`方法接收 `NotifyCollectionChangedEventArgs`,其中包含了集合的变化信息。`Action`属性给出了是否添加或删除一项的信息。对于删除的项,会设置 `OldItems`属性,列出删除的项。对于添加的项,则设置 `NewItems`属性,列出新增的项。

```

static void Data_CollectionChanged(object sender,
    NotifyCollectionChangedEventArgs e)

```

```

    Console.WriteLine("action: {0}", e.Action.ToString());

    if (e.OldItems != null)
    {
        Console.WriteLine("starting index for old item(s): {0}",
            e.OldStartingIndex);
        Console.WriteLine("old item(s):");
        foreach (var item in e.OldItems)
        {
            Console.WriteLine(item);
        }
    }
    if (e.NewItems != null)
    {
        Console.WriteLine("starting index for new item(s): {0}",
            e.NewStartingIndex);
        Console.WriteLine("new item(s): ");
        foreach (var item in e.NewItems)
        {
            Console.WriteLine(item);
        }
    }
    Console.WriteLine();
}

```

运行应用程序，输出如下所示。先在集合中添加 **One** 和 **Two** 项，因此显示的 **Add** 动作的索引是 0 和 1。第 3 项 **Three** 插入在位置 1 上，所以显示的 **Add** 动作的索引是 1。最后删除 **One** 项，显示的 **Remove** 动作的索引是 0：

```

action: Add
starting index for new item(s): 0
new item(s):
One

action: Add
starting index for new item(s): 1
new item(s):
Two

action: Add
starting index for new item(s): 1
new item(s):
Three

action: Remove
starting index for old item(s): 0
old item(s):
One

```

## 10.10 位数组

如果需要处理的数字有许多位，就可以使用 **BitArray** 类和 **BitVector32** 结构。**BitArray** 类位于名

称空间 `System.Collections` 中, `BitVector32` 结构位于名称空间 `System.Collections.Specialized` 中。这两种类型最重要的区别是, `BitArray` 类可以重新设置大小, 如果事先不知道需要的位数, 就可以使用 `BitArray` 类, 它可以包含非常多的位。 `BitVector32` 结构是基于栈的, 因此比较快。 `BitVector32` 结构仅包含 32 位, 它们存储在一个整数中。

### 10.10.1 BitArray 类

`BitArray` 类是一个引用类型, 它包含一个 `int` 数组, 其中每 32 位使用一个新整数。这个类的成员如表 10-4 所示。

表 10-4

BitArray 类的成员	说 明
Count、Length	Count 和 Length 属性的 get 访问器返回数组中的位数。使用 Length 属性还可以定义新的数组大小, 重新设置集合的大小
Item、Get()、Set()	可以使用索引器读写数组中的位。索引器是布尔类型。除了使用索引器之外, 还可以使用 Get() 和 Set() 方法访问数组中的位
SetAll()	根据传送给该方法的参数, SetAll() 方法设置所有位的值
Not()	Not() 方法对数组中所有位的值取反
And()、Or()、Xor()	使用 And()、Or() 和 Xor() 方法, 可以合并两个 BitArray 对象。And() 方法执行二元 AND, 只有两个输入数组的位都设置为 1, 结果位才是 1。Or() 方法执行二元 OR, 只要有一个输入数组的位设置为 1, 结果位就是 1。Xor() 方法是异或操作, 只有一个输入数组的位设置为 1, 结果位才是 1

辅助方法 `DisplayBits()` 遍历 `BitArray`, 根据位的设置情况, 在控制台上显示 1 或 0:



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
static void DisplayBits(BitArray bits)
{
    foreach (bool bit in bits)
    {
        Console.Write(bit ? 1: 0);
    }
}
```

代码段 `BitArraySample/Program.cs`

说明 `BitArray` 类的示例创建了一个包含 8 位的数组, 其索引是 0~7。 `SetAll()` 方法把这 8 位都设置为 `true`。接着 `Set()` 方法把对应于 1 的位设置为 `false`。除了 `Set()` 方法之外, 还可以使用索引器, 例如下面的第 5 个和第 7 个索引:

```
var bits1 = new BitArray(8);
bits1.SetAll(true);
bits1.Set(1, false);
bits1[5] = false;
bits1[7] = false;
Console.Write("initialized: ");
DisplayBits(bits1);
```

```
Console.WriteLine();
```

这是初始化位的显示结果:

```
initialized: 10111010
```

Not()方法会对 BitArray 类的位取反:

```
Console.Write(" not ");
DisplayBits(bits1);
bits1.Not();
Console.Write(" = ");
DisplayBits(bits1);
Console.WriteLine();
```

Not()方法的结果是对所有的位取反。如果某位是 true, 执行 Not()方法的结果就是 false, 反之亦然。

```
not 10111010 = 01000101
```

这里创建了一个新的 BitArray 类。在构造函数中, 因为使用变量 bits1 初始化数组, 所以新数组与旧数组有相同的值。接着把第 0、1 和 4 位的值设置为不同的值。在使用 Or()方法之前, 显示位数组 bits1 和 bits2。Or()方法将改变 bits1 的值:

```
var bits2 = new BitArray(bits1);
bits2[0] = true;
bits2[1] = false;
bits2[4] = true;
DisplayBits(bits1);
Console.Write(" or ");
DisplayBits(bits2);
Console.Write(" = ");
bits1.Or(bits2);
DisplayBits(bits1);
Console.WriteLine();
```

使用 Or()方法时, 从两个输入数组中提取设置位。结果是, 如果某位在第一个或第二个数组中设置为 true, 该位在执行 Or()方法后就是 true:

```
01000101 or 10001101 = 11001101
```

下面使用 And()方法作用于位数组 bits1 和 bits2:

```
DisplayBits(bits2);
Console.Write(" and ");
DisplayBits(bits1);
Console.Write(" = ");
bits2.And(bits1);
DisplayBits(bits2);
Console.WriteLine();
```

And()方法只把在两个输入数组中都设置为 true 的位设置为 true:

```
10001101 and 11001101 = 10001101
```

最后使用 Xor()方法进行异或操作:

```

DisplayBits(bits1);
Console.Write(" xor ");
DisplayBits(bits2);
bits1.Xor(bits2);
Console.Write(" = ");
DisplayBits(bits1);
Console.WriteLine();

```

使用 `Xor()` 方法, 只有一个(不能是两个)输入数组的位设置为 1, 结果位才是 1。

```
11001101 xor 10001101 = 01000000
```

### 10.10.2 BitVector32 结构

如果事先知道需要的位数, 就可以使用 `BitVector32` 结构替代 `BitArray` 类。`BitVector32` 结构效率较高, 因为它是一个值类型, 在整数栈上存储位。一个整数可以存储 32 位。如果需要更多的位, 就可以使用多个 `BitVector32` 值或 `BitArray` 类。`BitArray` 类可以根据需要增大, 但 `BitVector32` 结构不能。

表 10-5 列出了 `BitVector32` 结构中 with `BitArray` 类完全不同的成员。

表 10-5

BitVector32 结构的成员	说 明
<code>Data</code>	<code>Data</code> 属性把 <code>BitVector32</code> 结构中的数据返回为整数
<code>Item</code>	<code>BitVector32</code> 的值可以使用索引器设置。索引器是重载的——可以使用掩码或 <code>BitVector32.Section</code> 类型的片断来获取和设置值
<code>CreateMask()</code>	这是一个静态方法, 用于为访问 <code>BitVector32</code> 结构中的特定位创建掩码
<code>CreateSection()</code>	这是一个静态方法, 用于创建 32 位中的几个片断

示例代码用默认构造函数创建了一个 `BitVector32` 结构, 其中所有的 32 位都初始化为 `false`。接着创建掩码, 以访问位矢量中的位。对 `CreateMask()` 方法的第一个调用创建了用来访问第一位的一个掩码。接着调用 `CreateMask()` 方法, 将 `bit1` 设置为 1。再次调用 `CreateMask()` 方法, 把第一个掩码作为参数传递给 `CreateMask()` 方法, 返回用来访问第二位(它是 2)的一个掩码。接着, 将 `bit3` 设置为 4, 以访问位编号 3。`bit4` 的值是 8, 以访问位编号 4。

然后, 使用掩码和索引器访问位矢量中的位, 并相应地设置字段:



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

var bits1 = new BitVector32();
int bit1 = BitVector32.CreateMask();
int bit2 = BitVector32.CreateMask(bit1);
int bit3 = BitVector32.CreateMask(bit2);
int bit4 = BitVector32.CreateMask(bit3);
int bit5 = BitVector32.CreateMask(bit4);
bits1[bit1] = true;
bits1[bit2] = false;
bits1[bit3] = true;
bits1[bit4] = true;
bits1[bit5] = true;
Console.WriteLine(bits1);

```

代码段 `BitArraySample/Program.cs`

`BitVector32` 结构有一个重写的 `ToString()` 方法, 它不仅显示类名, 还显示 1 或 0, 来说明位是否



设置了，如下所示：

```
BitVector32{000000000000000000000000000011101}
```

除了用 `CreateMask()`方法创建掩码之外，还可以自己定义掩码，也可以一次设置多位。十六进制值 `abcdef` 与二进制值 `1010 1011 1100 1101 1110 1111` 相同。用这个值定义的所有位都设置了：

```
bits1[0xabcdef] = true;
Console.WriteLine(bits1);
```

在输出中可以验证设置的位：

```
BitVector32{00000000101010111100110111101111}
```

把 32 位分别放在不同的片断中非常有用。例如，IPv4 地址定义为一个 4 字节的数，该数存储在一个整数中。可以定义 4 个片断，把这个整数拆分开。在多播 IP 消息中，使用了几个 32 位的值。其中一个 32 位的值放在这些片断中：16 位表示源号，8 位表示查询器的查询内部码，3 位表示查询器的健壮变量，1 位表示抑制标志，还有 4 个保留位。也可以定义自己的位含义，以节省内存。

下面的例子模拟接收到值 `0x79abcdef`，把这个值传送给 `BitVector32` 结构的构造函数，从而相应地设置位：

```
int received = 0x79abcdef;

BitVector32 bits2 = new BitVector32(received);
Console.WriteLine(bits2);
```

在控制台上显示了初始化的位：

```
BitVector32{01111001101010111100110111101111}
```

接着创建 6 个片断。第一个片断需要 12 位，由十六进制值 `0xfff` 定义(设置了 12 位)。片断 B 需要 8 位，片断 C 需要 4 位，片断 D 和 E 需要 3 位，片断 F 需要两位。第一次调用 `CreateSection()`方法只是接收 `0xfff`，为最前面的 12 位分配内存。第二次调用 `CreateSection()`方法时，将第一个片断作为参数传递，从而使下一个片断从第一个片断的结尾处开始。`CreateSection()`方法返回一个 `BitVector32.Section` 类型的值，该类型包含了该片断的偏移量和掩码。

```
// sections: FF EEE DDD CCCC BBBBBBBB
// AAAAAAAAAA
BitVector32.Section sectionA = BitVector32.CreateSection(0xfff);
BitVector32.Section sectionB = BitVector32.CreateSection(0xff, sectionA);
BitVector32.Section sectionC = BitVector32.CreateSection(0xf, sectionB);
BitVector32.Section sectionD = BitVector32.CreateSection(0x7, sectionC);
BitVector32.Section sectionE = BitVector32.CreateSection(0x7, sectionD);
BitVector32.Section sectionF = BitVector32.CreateSection(0x3, sectionE);
```

把一个 `BitVector32.Section` 类型的值传递给 `BitVector32` 结构的索引器，会返回一个 `int`，它映射到位置矢量的片断上。这里使用一个帮助方法 `IntToBinaryString()`，获得该 `int` 数的字符串表示：

```
Console.WriteLine("Section A: {0}",
    IntToBinaryString(bits2[sectionA], true));
Console.WriteLine("Section B: {0}",
    IntToBinaryString(bits2[sectionB], true));
Console.WriteLine("Section C: {0}",
```

```

        IntToBinaryString(bits2[sectionC], true));
Console.WriteLine("Section D: {0}",
    IntToBinaryString(bits2[sectionD], true));
Console.WriteLine("Section E: {0}",
    IntToBinaryString(bits2[sectionE], true));
Console.WriteLine("Section F: {0}",
    IntToBinaryString(bits2[sectionF], true));

```

`IntToBinaryString()`方法接收整数中的位，并返回一个包含 0 和 1 的字符串表示。在实现代码中遍历整数的 32 位。在迭代过程中，如果该位设置为 1，就在 `StringBuilder` 的后面追加 1，否则，就追加 0。在循环中，移动一位，以检查是否设置了下一位。

```

static string IntToBinaryString(int bits, bool removeTrailingZero)
{
    var sb = new StringBuilder(32);

    for (int i = 0; i < 32; i++)
    {
        if ((bits & 0x80000000) != 0)
        {
            sb.Append("1");
        }
        else
        {
            sb.Append("0");
        }
        bits = bits << 1;
    }

    string s = sb.ToString();
    if (removeTrailingZero)
    {
        return s.TrimStart('0');
    }
    else
    {
        return s;
    }
}

```

结果显示了片断 A~F 的位表示，现在可以用传递给位矢量的值来验证：

```

Section A: 110111101111
Section B: 10111100
Section C: 1010
Section D: 1
Section E: 111
Section F: 1

```

## 10.11 并发集合

.NET 4 包含的新名称空间 `System.Collections.Concurrent` 有几个线程安全的集合类。线程安全的集合可防止多个线程以相互冲突的方式访问集合。

为了对集合进行线程安全的访问，定义了 `IProducerConsumerCollection<T>` 接口。这个接口中最重要的是 `TryAdd()` 和 `TryTake()`。`TryAdd()` 方法尝试给集合添加一项，但如果集合禁止添加项，这个操作就可能失败。为了给出相关信息，`TryAdd()` 方法返回一个布尔值，以说明操作是成功还是失败。`TryTake()` 方法也以这种方式工作，以通知调用者操作是成功还是失败，并在操作成功时返回集合中的项。下面列出了 `System.Collections.Concurrent` 名称空间中的类及其功能：

- `ConcurrentQueue<T>` —— 这个集合类用一种免锁定的算法实现，使用在内部合并到一个链表中的 32 项数组。访问队列元素的方法有 `Enqueue()`、`TryDequeue()` 和 `TryPeek()`。这些方法的命名非常类似于前面 `Queue<T>` 类的方法，只是给可能调用失败的方法加上了前缀 `Try`。因为这个类实现了 `IProducerConsumerCollection<T>` 接口，所以 `TryAdd()` 和 `TryTake()` 方法仅调用 `Enqueue()` 和 `TryDequeue()` 方法。
- `ConcurrentStack<T>` —— 非常类似于 `ConcurrentQueue<T>` 类，只是带有另外的元素访问方法。`ConcurrentStack<T>` 类定义了 `Push()`、`PushRange()`、`TryPeek()`、`TryPop()` 和 `TryPopRange()` 方法。在内部这个类使用其元素的链表。
- `ConcurrentBag<T>` —— 该类没有定义添加或提取项的任何顺序。这个类使用一个把线程映射到内部使用的数组上的概念，因此尝试减少锁定。访问元素的方法有 `Add()`、`TryPeek()` 和 `TryTake()`。
- `ConcurrentDictionary<TKey, TValue>` —— 这是一个线程安全的键值集合。`TryAdd()`、`TryGetValue()`、`TryRemove()` 和 `TryUpdate()` 方法以非阻塞的方式访问成员。因为元素基于键和值，所以 `ConcurrentDictionary<TKey, TValue>` 没有实现 `IProducerConsumerCollection<T>`。
- `ConcurrentXXX` —— 这些集合是线程安全的，如果某个动作不适用于线程的当前状态，它们就返回 `false`。在继续之前，总是需要确认添加或提取元素是否成功。不能相信集合会完成任务。
- `BlockingCollection<T>` —— 这个集合在可以添加或提取元素之前，会阻塞线程并一直等待。`BlockingCollection<T>` 集合提供了一个接口，以使用 `Add()` 和 `Take()` 方法来添加和删除元素。这些方法会阻塞线程，一直等到任务可以执行为止。

`Add()` 方法有一个重载版本，其中可以给该重载版本传递一个 `CancellationToken` 令牌。这个令牌允许取消被阻塞的调用。

如果不希望线程无限期地等待下去，且不希望从外部取消调用，就可以使用 `TryAdd()` 和 `TryTake()` 方法，在这些方法中，也可以指定一个超时值，它表示在调用失败之前应阻塞线程和等待的最长时间。

- `BlockingCollection<T>` —— 这是对实现了 `IProducerConsumerCollection<T>` 接口的任意类的修饰器，它默认使用 `ConcurrentQueue<T>` 类。还可以给构造函数传递任何其他实现了 `IProducerConsumerCollection<T>` 接口的类。

下面的代码示例简单演示了使用 `BlockingCollection<T>` 类和多个线程的过程。一个线程是生成器，它使用 `Add()` 方法给集合写入元素，另一个线程是使用者，它使用 `Take()` 方法从集合中提取元素：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
var sharedCollection = new BlockingCollection<int>();
var events = new ManualResetEventSlim[2];
var waits = new WaitHandle[2];
for (int i = 0; i < 2; i++)
{
```

```

        events[i] = new ManualResetEventSlim(false);
        waits[i] = events[i].WaitHandle;
    }

    var producer = new Thread(obj =>
    {
        var state =
            (Tuple<BlockingCollection<int>, ManualResetEventSlim>)obj;
        var coll = state.Item1;
        var ev = state.Item2;
        var r = new Random();

        for (int i = 0; i < 300; i++)
        {
            coll.Add(r.Next(3000));
        }
        ev.Set();
    });
    producer.Start(
        Tuple.Create<BlockingCollection<int>, ManualResetEventSlim>(
            sharedCollection, events[0]));

    var consumer = new Thread(obj =>
    {
        var state =
            (Tuple<BlockingCollection<int>, ManualResetEventSlim>)obj;
        var coll = state.Item1;
        var ev = state.Item2;

        for (int i = 0; i < 300; i++)
        {
            int result = coll.Take();
        }
        ev.Set();
    });
    consumer.Start(
        Tuple.Create<BlockingCollection<int>, ManualResetEventSlim >(
            sharedCollection, events[1]));

    if (!WaitHandle.WaitAll(waits))
        Console.WriteLine("wait failed");
    else
        Console.WriteLine("reading/writing finished");

```

代码段 ConcurrentSample/Program.cs



一旦可以使用多个线程，使用并发集合就非常有趣。它与 `CancellationToken` 令牌  
的用法参见第 20 章。下一章也介绍了如何使用并发集合和平行 LINQ。

## 10.12 性能

许多集合类都提供了相同的功能，例如，`SortedList` 类与 `SortedDictionary` 类的功能几乎完全相

同。但是，其性能常常有很大区别。一个集合使用的内存少，另一个集合的元素检索速度快。在 MSDN 文档中，集合的方法常常有性能提示，给出了以大 O 记号表示的操作时间：

```
O(1)
O(log n)
O(n)
```

O(1)表示无论集合中有多少数据项，这个操作需要的时间都不变。例如，ArrayList 类的 Add() 方法就具有 O(1)行为。无论列表中有多少个元素，在列表末尾添加一个新元素的时间都相同。Count 属性会给出元素个数，所以很容易找到列表末尾。

O(n)表示对于集合中的每个元素，需要增加的时间量都相同。如果需要重新给集合分配内存，ArrayList 类的 Add()方法就是一个 O(n)操作。改变容量，需要复制列表，复制的时间随元素的增加而线性增加。

O(log n)表示操作需要的时间随集合中元素的增加而增加，但每个元素需要增加的时间不是线性的，而是呈对数曲线。在集合中执行插入操作时，SortedDictionary<TKey,TValue>集合类具有 O(log n) 行为，而 SortedList<TKey,TValue>集合类具有 O(n)行为。这里 SortedDictionary <TKey,TValue>集合类要快得多，因为它在树形结构中插入元素的效率比列表高得多。

表 10-7 列出了集合类及其执行不同操作的性能，例如添加、插入和删除元素。使用这个表可以选择性能最佳的集合类。左列是集合类，Add 列给出了在集合中添加元素所需的时间。List<T>和 HashSet<T>类把 Add 方法定义为在集合中添加元素。其他集合类用不同的方法把元素添加到集合中。例如 Stack<T>类定义了 Push()方法，Queue<T>类定义了 Enqueue()方法。这些信息也列在表中。

如果单元格中有多个大 O 值，表示若集合需要重置大小，该操作就需要一定的时间。例如，在 List<T>类中，添加元素的时间是 O(1)。如果集合的容量不够大，需要重置大小，重置大小需要的时间长度就是 O(n)。集合越大，重置大小操作的时间就越长。最好避免重置集合的大小，而应把集合的容量设置为一个可以包含所有元素的值。

如果单元格的内容是 na(not applicatable)，就表示这个操作不能应用于这种集合类型。

表 10-16

集 合	Add	Insert	Remove	Item	Sort	Find
List<T>	如果集合必须重置大小，就是 O(1)或 O(n)	O(n)	O(n)	O(1)	O(n log n)，最坏的情况是 O(n ^ 2)	O(n)
Stack<T>	Push()，如果栈必须重置大小，就是 O(1)或 O(n)	na	Pop()、O(1)	na	na	na
Queue<T>	Enqueue()，如果队列必须重置大小，就是 O(1)或 O(n)	na	Dequeue()、O(1)	na	na	na
HashSet<T>	如果集必须重置大小，就是 O(1)或 O(n)	Add() O(1)或 O(n)	O(1)	na	na	na
LinkedList<T>	AddLast()、O(1)	AddAfter() O(1)	O(1)	na	na	O(n)
Dictionary <TKey, TValue>	O(1)或 O(n)	na	O(1)	O(1)	na	na

(续表)

集 合	Add	Insert	Remove	Item	Sort	Find
SortedDictionary <TKey, TValue>	$O(\log n)$	na	$O(\log n)$	$O(\log n)$	na	na
SortedList <TKey, TValue>	无序数据为 $O(n)$ ; 如果必须重置大小就是 $O(n)$ ; 到列表的尾部就是 $O(\log n)$	na	$O(n)$	读写是 $O(\log n)$ ; 如果键在列表中, 就是 $O(\log n)$ ; 如果键不在列表中, 就是 $O(n)$	na	na

### 10.13 小结

本章介绍了如何处理不同类型的集合。数组的大小是固定的, 但可以使用列表作为动态增长的集合。队列以先进先出的方式访问元素, 栈以后进先出的方式访问元素。链表可以快速插入和删除元素, 但搜索操作比较慢。通过键和值可以使用字典, 它的搜索和插入操作比较快。集用于唯一项, 可以是无序的(`HashSet<T>`), 也可以是有序的(`SortedSet<T>`)。ObservableCollection<T>类提供了在列表中的元素发生变化时触发的事件。

本章还介绍了许多接口和类及其在集合访问和排序上的用法。探讨了一些特殊的集合, 如 BitArray 和 BitVector32, 它们为处理带有位的集合进行了优化。

第 11 章将详细介绍 LINQ。

# 第 11 章

## LINQ

本章内容:

- 用 List<T> 在对象上执行传统查询
- 扩展方法
- LINQ 查询操作符
- 平行 LINQ
- 表达式树

语言集查询(Language Integrated Query, LINQ)集成了 C#编程语言中的查询语法,可以用相同的语法访问不同的数据源。LINQ 提供了不同数据源的抽象层,所以可以使用相同的语法。

本章介绍 LINQ 的核心功能和 C#中支持新特性的语言扩展。



读完本章后,在数据库中使用 LINQ 的内容可查阅第 31 章,查询 XML 数据的内容可参见第 33 章。

### 11.1 LINQ 概述

在介绍 LINQ 的特性之前,本节先介绍一个简单的 LINQ 查询。C#提供了转换为方法调用的集成查询语言。本节会说明这个转换的过程,以便用户使用 LINQ 的全部功能。

#### 11.1.1 列表和实体

本章的 LINQ 查询在一个包含 1950~2008 年一级方程式锦标赛的集合上进行。这些数据需要使用实体类和列表来准备。

对于实体,定义类型 Racer。Racer 定义了几个属性和一个重载的 ToString()方法,该方法以字符串格式显示赛手。这个类实现了 IFormattable 接口,以支持格式字符串的不同变体,这个类还实现了 IComparable<Racer>接口,它根据 Lastname 为一组赛手排序。为了执行更高级的查询,Racer 类不仅包含单值属性,如 Firstname、Lastname、Wins、Country 和 Starts,还包含多值属性,如 Cars 和 Years。Years 属性列出了赛手获得冠军的年份。一些赛手曾多次获得冠军。Cars 属性用于列出赛手在获得冠军的年份中使用的所有车型。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

using System;
using System.Text;

namespace Wrox.ProCSharp.LINQ
{
    [Serializable]
    public class Racer: IComparable<Racer>, IFormattable
    {
        public Racer(string firstName = null, string lastName = null,
            string country = null, int starts = 0, int wins = 0,
            IEnumerable<int> years = null, IEnumerable<string> cars = null)
        {
            this.FirstName = firstName;
            this.LastName = lastName;
            this.Country = country;
                this.Starts = starts;
            this.Wins = wins;
            var yearsList = new List<int>();
            foreach (var year in years)
            {
                yearsList.Add(year);
            }
            this.Years = yearsList.ToArray();
            var carList = new List<string>();
            foreach (var car in cars)
            {
                carList.Add(car);
            }
            this.Cars = carList.ToArray();
        }

        public string FirstName {get; set;}
        public string LastName {get; set;}
        public int Wins {get; set;}
        public string Country {get; set;}
        public int Starts {get; set;}
        public string[] Cars { get; private set; }
        public int[] Years { get; private set; }

        public override string ToString()
        {
            return String.Format("{0} {1}", FirstName, LastName);
        }

        public int CompareTo(Racer other)
        {
            if (other == null) throw new ArgumentNullException("other");
            return this.LastName.CompareTo(other.LastName);
        }

        public string ToString(string format)
        {
            return ToString(format, null);
        }

        public string ToString(string format, IFormatProvider formatProvider)

```



```

    {
        switch (format)
        {
            case null:
            case "N":
                return ToString();
            case "F":
                return FirstName;
            case "L":
                return LastName;
            case "C":
                return Country;
            case "S":
                return Starts.ToString();
            case "W":
                return Wins.ToString();
            case "A":
                return String.Format("{0} {1}, {2}; starts: {3}, wins: {4}",
                    FirstName, LastName, Country, Starts, Wins);
            default:
                throw new FormatException(String.Format(
                    "Format {0} not supported", format));
        }
    }
}

```

代码段 DataLib/Racer.cs

第二个实体类是 `Team`。这个类仅包含车队冠军的名字和获得冠军的年份：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

[Serializable]
public class Team
{
    public Team(string name, params int[] years)
    {
        this.Name = name;
        this.Years = years;
    }
    public string Name { get; private set; }
    public int[] Years { get; private set; }
}

```

代码段 DataLib/Team.cs

`Formula1` 类在 `GetChampions()` 方法中返回一组赛车手。这个列表包含了 1950~2008 年之间的所有一级方程式冠军。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

using System.Collections.Generic;

namespace Wrox.ProCSharp.LINQ
{
    public static class Formula1
    {
        private static List<Racer> racers;
    }
}

```

```

public static IList<Racer> GetChampions()
{
    if (racers == null)
    {
        racers = new List<Racer>(40);
        racers.Add(new Racer("Nino", "Farina", "Italy", 33, 5,
            new int[] { 1950 },
            new string[] { "Alfa Romeo" }));
        racers.Add(new Racer("Alberto", "Ascari", "Italy", 32, 10,
            new int[] { 1952, 1953 },
            new string[] { "Ferrari" }));
        racers.Add(new Racer("Juan Manuel", "Fangio", "Argentina", 51, 24,
            new int[] { 1951, 1954, 1955, 1956, 1957 },
            new string[] { "Alfa Romeo", "Maserati",
                "Mercedes", "Ferrari" }));
        racers.Add(new Racer("Mike", "Hawthorn", "UK", 45, 3,
            new int[] { 1958 },
            new string[] { "Ferrari" }));
        racers.Add(new Racer("Phil", "Hill", "USA", 48, 3,
            new int[] { 1961 },
            new string[] { "Ferrari" }));
        racers.Add(new Racer("John", "Surtees", "UK", 111, 6,
            new int[] { 1964 },
            new string[] { "Ferrari" }));
        racers.Add(new Racer("Jim", "Clark", "UK", 72, 25,
            new int[] { 1963, 1965 },
            new string[] { "Lotus" }));
        racers.Add(new Racer("Jack", "Brabham", "Australia", 125, 14,
            new int[] { 1959, 1960, 1966 },
            new string[] { "Cooper", "Brabham" }));
        racers.Add(new Racer("Denny", "Hulme", "New Zealand", 112, 8,
            new int[] { 1967 },
            new string[] { "Brabham" }));
        racers.Add(new Racer("Graham", "Hill", "UK", 176, 14,
            new int[] { 1962, 1968 },
            new string[] { "BRM", "Lotus" }));
        racers.Add(new Racer("Jochen", "Rindt", "Austria", 60, 6,
            new int[] { 1970 },
            new string[] { "Lotus" }));
        racers.Add(new Racer("Jackie", "Stewart", "UK", 99, 27,
            new int[] { 1969, 1971, 1973 },
            new string[] { "Matra", "Tyrrell" }));

        //...
    }
    return racers;
}
}
}

```

代码段 DataLib/Formulal.cs

对于后面在多个列表中执行的查询，`GetConstructorChampions()`方法返回所有的车队冠军的列表。车队冠军是从 1958 年开始设立的。

```

private static List<Team> teams;
public static IList<Team> GetConstructorChampions()

```

```

    if (teams == null)
    {
        teams = new List<Team>()
        {
            new Team("Vanwall", 1958),
            new Team("Cooper", 1959, 1960),
            new Team("Ferrari", 1961, 1964, 1975, 1976, 1977, 1979, 1982,
                1983, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2007, 2008),
            new Team("BRM", 1962),
            new Team("Lotus", 1963, 1965, 1968, 1970, 1972, 1973, 1978),
            new Team("Brabham", 1966, 1967),
            new Team("Matra", 1969),
            new Team("Tyrrell", 1971),
            new Team("McLaren", 1974, 1984, 1985, 1988, 1989, 1990, 1991,
                1998),
            new Team("Williams", 1980, 1981, 1986, 1987, 1992, 1993, 1994,
                1996, 1997),
            new Team("Benetton", 1995),
            new Team("Renault", 2005, 2006 )
        };
    }
    return teams;
}

```

### 11.1.2 LINQ 查询

使用这些准备好的列表和实体，进行 LINQ 查询，例如查询来自巴西的所有世界冠军，并按照夺冠次数排序。为此可以使用 `List<T>` 类的方法，如 `FindAll()` 和 `Sort()` 方法。而使用 LINQ 的语法非常简单：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

private static void LinqQuery()
{
    var query = from r in Formula1.GetChampions()
                where r.Country == "Brazil"
                orderby r.Wins descending
                select r;

    foreach (Racer r in query)
    {
        Console.WriteLine("{0:A}", r);
    }
}

```

代码段 LINQIntro/Program.cs

这个查询的结果显示了来自巴西的所有世界冠军，并排好序：

```

Ayrton Senna, Brazil; starts: 161, wins: 41
Nelson Piquet, Brazil; starts: 204, wins: 23
Emerson Fittipaldi, Brazil; starts: 143, wins: 14

```

语句

```

from r in Formula1.GetChampions()
where r.Country == "Brazil"

```

```
orderby r.Wins descending
select r;
```

是一个 LINQ 查询，子句 `from`、`where`、`orderby`、`descending` 和 `select` 都是这个查询中预定义的关键字。

查询表达式必须以 `from` 子句开头，以 `select` 或 `group` 子句结束。在这两个子句之间，可以使用 `where`、`orderby`、`join`、`let` 和其他 `from` 子句。



变量 `query` 只指定了 LINQ 查询。该查询不是通过这个赋值语句执行的，只要使用 `foreach` 循环访问查询，该查询就会执行。详见 11.1.5 节的内容。

### 11.1.3 扩展方法

编译器会修改 LINQ 查询，以调用方法。LINQ 为 `IEnumerable<T>` 接口提供了各种扩展方法，以使用户在实现了该接口的任意集合上使用 LINQ 查询。

扩展方法可以将方法写入最初没有提供该方法的类中。还可以把方法添加到实现某个特定接口的任何类中，这样多个类就可以使用相同的实现代码。

例如，`String` 类没有 `Foo()` 方法。`String` 类是密封的，所以不能从这个类中继承。但可以执行一个扩展方法，如下所示：

```
public static class StringExtension
{
    public static void Foo(this string s)
    {
        Console.WriteLine("Foo invoked for {0}", s);
    }
}
```

扩展方法在静态类中声明，定义为一个静态方法，其中第一个参数定义了它扩展的类型。`Foo()` 方法扩展了 `String` 类，因为它的第一个参数定义为 `String` 类型。为了区分扩展方法和一般的静态方法，扩展方法还需要对第一个参数使用 `this` 关键字。

现在就可以使用带 `string` 类型的 `Foo()` 方法了：

```
string s = "Hello";
s.Foo();
```

结果在控制台上显示 `Foo invoked for Hello`，因为 `Hello` 是传递给 `Foo()` 方法的字符串。

也许这看起来违反了面向对象的规则，因为给一个类型定义了新方法，但没有改变该类型或派生自它的类型。但实际上并非如此。扩展方法不能访问它扩展的类型的私有成员。调用扩展方法只是调用静态方法的一种新语法。对于字符串，可以用如下方式调用 `Foo()` 方法，获得相同的结果：

```
string s = "Hello";
StringExtension.Foo(s);
```

要调用静态方法，应在类名的后面加上方法名。扩展方法是调用静态方法的另一种方式。不必提供定义了静态方法的类名，相反，调用静态方法是因为它带的参数类型。只需导入包含该类的名

称空间，就可以将 `Foo()` 扩展方法放在 `String` 类的作用域中。

定义 LINQ 扩展方法的一个类是 `System.Linq` 名称空间中的 `Enumerable`。只需导入这个名称空间，就打开了这个类的扩展方法的作用域。下面列出了 `Where()` 扩展方法的实现代码。`Where()` 扩展方法的第一个参数包含了 `this` 关键字，其类型是 `IEnumerable<T>`。这样，`Where()` 方法就可以用于实现了 `IEnumerable<T>` 的每个类型。例如数组和 `List<T>` 类实现了 `IEnumerable<T>` 接口。第二个参数是一个 `Func<T,bool>` 委托，它引用了一个返回布尔值、参数类型为 `T` 的方法。这个谓词在实现代码中调用，检查 `IEnumerable<T>` 源中的项是否应放在目标集合中。如果委托引用了该方法，`yield return` 语句就将源中的项返回给目标。

```
public static IEnumerable<TSource> Where<TSource>(
    this IEnumerable<TSource> source,
    Func<TSource, bool> predicate)
{
    foreach (TSource item in source)
        if (predicate(item))
            yield return item;
}
```

因为 `Where()` 作为一个泛型方法实现，所以它可以用于包含在集合中的任意类型。实现了 `IEnumerable<T>` 接口的任意集合都支持它。



这里的扩展方法在 `System.Core` 程序集的 `System.Linq` 名称空间中定义。

现在就可以使用 `Enumerable` 类中的扩展方法 `Where()`、`OrderByDescending()` 和 `Select()`。这些方法都返回 `IEnumerable<TSource>`，所以可以使用前面的结果依次调用这些方法。通过扩展方法的参数，使用定义了委托参数的实现代码的匿名方法。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
static void ExtensionMethods()
{
    var champions = new List<Racer>(Formulal.GetChampions());
    IEnumerable<Racer> brazilChampions =
        champions.Where(r => r.Country == "Brazil").
            OrderByDescending(r => r.Wins).
            Select(r => r);

    foreach (Racer r in brazilChampions)
    {
        Console.WriteLine("{0:A}", r);
    }
}
```

代码段 LINQIntro/Program.cs

### 11.1.4 推迟查询的执行

在运行期间定义查询表达式时，查询就不会运行。查询会在迭代数据项时运行。

再看看扩展方法 `Where()`。它使用 `yield return` 语句返回谓词为 `true` 的元素。因为使用了 `yield return` 语句，所以编译器会创建一个枚举器，在访问枚举中的项后，就返回它们。

```
public static IEnumerable<T> Where<T> (this IEnumerable<T> source,
Func<T, bool> predicate)
{
    foreach (T item in source)
        if (predicate(item))
            yield return item;
}
```

这是一个非常有趣也非常重要的结果。在下面的例子中，创建了 `String` 元素的一个集合，用名称 `arr` 填充它。接着定义一个查询，从集合中找出以字母 `J` 开头的所有名称。集合也应是排好序的。在定义查询时，不会进行迭代。相反，迭代在 `foreach` 语句中进行，在其中迭代所有的项。集合中只有一个元素 `Juan` 满足 `where` 表达式的要求，即以字母 `J` 开头。迭代完成后，将 `Juan` 写入控制台。之后在集合中添加 4 个新名称，再次进行迭代。

```
var names = new List<string> { "Nino", "Alberto", "Juan", "Mike", "Phil" };

var namesWithJ = from n in names
                 where n.StartsWith("J")
                 orderby n
                 select n;

Console.WriteLine("First iteration");
foreach (string name in namesWithJ)
{
    Console.WriteLine(name);
}
Console.WriteLine();

names.Add("John");
names.Add("Jim");
names.Add("Jack");
names.Add("Denny");

Console.WriteLine("Second iteration");
foreach (string name in namesWithJ)
{
    Console.WriteLine(name);
}
```

因为迭代在查询定义时不会进行，而是在执行每个 `foreach` 语句时进行，所以可以看到其中的变化，如应用程序的结果所示：

```
First iteration
Juan

Second iteration
Jack
Jim
John
Juan
```

当然，还必须注意，每次在迭代中使用查询时，都会调用扩展方法。在大多数情况下，这是非常有效的，因为我们可以检测出源数据中的变化。但是在一些情况下，这是不可行的。调用扩展方法 `ToArray()`、`ToEnumerable()`、`ToList()` 等可以改变这个操作。在示例中，`ToList` 遍历集合，返回一

个实现了 `IList<string>` 的集合。之后对返回的列表遍历两次，在两次迭代之间，数据源得到了新名称。

```
var names = new List<string>
    { "Nino", "Alberto", "Juan", "Mike", "Phil" };
var namesWithJ = (from n in names
    where n.StartsWith("J")
    orderby n
    select n).ToList();

Console.WriteLine("First iteration");
foreach (string name in namesWithJ)
{
    Console.WriteLine(name);
}
Console.WriteLine();

names.Add("John");
names.Add("Jim");
names.Add("Jack");
names.Add("Denny");

Console.WriteLine("Second iteration");
foreach (string name in namesWithJ)
{
    Console.WriteLine(name);
}
```

在结果中可以看到，在两次迭代之间输出保持不变，但集合中的值改变了：

```
First iteration
Juan

Second iteration
Juan
```

## 11.2 标准的查询操作符

`Where`、`OrderByDescending` 和 `Select` 只是 LINQ 的几个查询操作符。LINQ 查询为最常用的操作符定义了一个声明语法。还有许多查询操作符可用于 `Enumerable` 类。

表 11-1 列出了 LINQ 定义的标准查询操作符。

表 11-1

标准查询操作符	说 明
<code>Where OfType&lt;TResult&gt;</code>	筛选操作符定义了返回元素的条件。在 <code>Where</code> 查询操作符中，可以使用谓词，例如 <code>Lambda</code> 表达式定义的谓词，来返回布尔值。 <code>OfType&lt;TResult&gt;</code> 根据类型筛选元素，只返回 <code>TResult</code> 类型的元素
<code>Select</code> 和 <code>SelectMany</code>	投射操作符用于把对象转换为另一个类型的新对象。 <code>Select</code> 和 <code>SelectMany</code> 定义了根据选择器函数选择结果值的投射

(续表)

标准查询操作符	说 明
OrderBy、ThenBy、 OrderByDescending、 ThenByDescending、 Reverse	排序操作符改变所返回的元素的顺序。OrderBy 按升序排序，OrderByDescending 按降序排序。如果第一次排序的结果很类似，就可以使用 ThenBy 和 ThenByDescending 操作符进行第二次排序。Reverse 反转集合中元素的顺序
Join、GroupJoin	连接运算符用于合并不直接相关的集合。使用 Join 操作符，可以根据键选择器函数连接两个集合，这类似于 SQL 中的 JOIN。GroupJoin 操作符连接两个集合，组合其结果
GroupBy、ToLookup	组合运算符把数据放在组中。GroupBy 操作符组合有公共键的元素。ToLookup 通过创建一个一对多字典，来组合元素
Any、All、Contains	如果元素序列满足指定的条件，量词操作符就返回布尔值。Any、All 和 Contains 都是限定符操作符。Any 确定集合中是否有满足谓词函数的元素；All 确定集合中的所有元素是否都满足谓词函数；Contains 检查某个元素是否在集合中。这些操作符都返回一个布尔值
Take、Skip、 TakeWhile SkipWhile	分区操作符返回集合的一个子集。Take、Skip、TakeWhile 和 SkipWhile 都是分区操作符。使用它们可以得到部分结果。使用 Take 必须指定要从集合中提取的元素个数；Skip 跳过指定的元素个数，提取其他元素；TakeWhile 提取条件为真的元素
Distinct、Union Intersect、Except、Zip	Set 操作符返回一个集合。Distinct 从集合中删除重复的元素。除了 Distinct 之外，其他 Set 操作符都需要两个集合。Union 返回出现在其中一个集合中的唯一元素。Intersect 返回两个集合中都有的元素。Except 返回只出现在一个集合中的元素。Zip 是 .NET 4 新增的，它把两个集合合并为一个
First、FirstOrDefault、 Last、LastOrDefault、 ElementAt、 ElementAtOrDefault、 Single、SingleOrDefault	这些元素操作符仅返回一个元素。First 返回第一个满足条件的元素。FirstOrDefault 类似于 First，但如果没有找到满足条件的元素，就返回类型的默认值。Last 返回最后一个满足条件的元素。ElementAt 指定了要返回的元素的位置。Single 只返回一个满足条件的元素。如果有多个元素都满足条件，就抛出一个异常
Count、Sum、Min、 Max、Average、 Aggregate	聚合操作符计算集合的一个值。利用这些聚合操作符，可以计算所有值的总和、所有元素的个数、值最大和最小的元素，以及平均值等
ToArray、ToEnumerable ToList、ToDictionary Cast<TResult>	这些转换操作符将集合转换为数组；IEnumerable、IList、IDictionary 等
Empty、Range、 Repeat	这些生成操作符返回一个新集合。使用 Empty 时集合是空的；Range 返回一系列数字；Repeat 返回一个始终重复一个值的集合

下面是使用这些操作符的一些例子。



### 11.2.1 筛选

下面介绍一些查询的示例。

使用 Where 子句，可以合并多个表达式。例如，找出赢得至少 15 场比赛的巴西和奥地利车手。传递给 where 子句的表达式结果类型应是布尔类型：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
var racers = from r in Formula1.GetChampions()
             where r.Wins > 15 &&
                (r.Country == "Brazil" || r.Country == "Austria")
             select r;
foreach (var r in racers)
{
    Console.WriteLine("{0:A}", r);
}
```

代码段 Enumerablesample/Program.cs

用这个 LINQ 查询启动程序，会返回 Niki Lauda、Nelson Piquet 和 Ayrton Senna，如下：

```
Niki Lauda, Austria, Starts: 173, Wins: 25
Nelson Piquet, Brazil, Starts: 204, Wins: 23
Ayrton Senna, Brazil, Starts: 161, Wins: 41
```

并不是所有的查询都可以用 LINQ 查询完成。也不是所有的扩展方法都映射到 LINQ 查询子句上。高级查询需要使用扩展方法。为了更好地理解带扩展方法的复杂查询，最好看看简单的查询是如何映射的。使用扩展方法 Where() 和 Select()，会生成与前面 LINQ 查询非常类似的结果：

```
var racers = Formula1.GetChampions().
    Where(r => r.Wins > 15 &&
        (r.Country == "Brazil" || r.Country == "Austria")).
    Select(r => r);
```

### 11.2.2 用索引筛选

不能使用 LINQ 查询的一个例子是 Where() 方法的重载。在 Where() 方法的重载中，可以传递第二个参数——索引。索引是筛选器返回的每个结果的计数器。可以在表达式中使用这个索引，执行基于索引的计算。下面的代码由 Where() 扩展方法调用，它使用索引返回姓氏以 A 开头、索引为偶数的车手：

```
var racers = Formula1.GetChampions().
    Where((r, index) => r.LastName.StartsWith("A") && index % 2 != 0);
foreach (var r in racers)
{
    Console.WriteLine("{0:A}", r);
}
```

姓氏以 A 开头的车手有 Alberto Ascari、Mario Andretti 和 Fernando Alonso。因为 Mario Andretti 的索引是奇数，所以他不在结果中：

```
Alberto Ascari, Italy; starts: 32, wins: 10
Fernando Alonso, Spain; starts: 132, wins: 21
```

### 11.2.3 类型筛选

为了进行基于类型的筛选，可以使用 `OfType()` 扩展方法。这里数组数据包含 `string` 和 `int` 对象。使用 `OfType()` 扩展方法，把 `string` 类传送给泛型参数，就从集合中仅返回字符串：

```
object[] data = { "one", 2, 3, "four", "five", 6 };
var query = data.OfType<string>();
foreach (var s in query)
{
    Console.WriteLine(s);
}
```

运行这段代码，就会显示字符串 `one`、`four` 和 `five`。

```
one
four
five
```

### 11.2.4 复合的 from 子句

如果需要根据对象的一个成员进行筛选，而该成员本身是一个系列，就可以使用复合的 `from` 子句。`Racer` 类定义了一个属性 `Cars`，其中 `Cars` 是一个字符串数组。要筛选驾驶法拉利的所有冠军，可以使用如下所示的 LINQ 查询。第一个 `from` 子句访问从 `Formylal.GetChampions()` 方法返回的 `Racer` 对象，第二个 `from` 子句访问 `Racer` 类的 `Cars` 属性，以返回所有 `string` 类型的赛车。接着在 `Where` 子句中使用这些赛车筛选驾驶法拉利的所有冠军。

```
var ferrariDrivers = from r in Formylal.GetChampions()
                    from c in r.Cars
                    where c == "Ferrari"
                    orderby r.LastName
                    select r.FirstName + " " + r.LastName;
```

这个查询的结果显示了驾驶法拉利的所有一级方程式冠军：

```
Alberto Ascari
Juan Manuel Fangio
Mike Hawthorn
Phil Hill
Niki Lauda
Kimi Räikkönen
Jody Scheckter
Michael Schumacher
John Surtees
```

C# 编译器把复合的 `from` 子句和 LINQ 查询转换为 `SelectMany()` 扩展方法。`SelectMany()` 方法可用于迭代序列的序列。示例中 `SelectMany()` 方法的重载版本如下所示：

```
public static IEnumerable<TResult> SelectMany<TSource, TCollection, TResult> (
    this IEnumerable<TSource> source,
    Func<TSource,
    IEnumerable<TCollection>> collectionSelector,
    Func<TSource, TCollection, TResult>
    resultSelector);
```

第一个参数是隐式参数，它从 `GetChampions()` 方法中接收 `Racer` 对象序列。第二个参数是 `collectionSelector` 委托，其中定义了内部序列。在 `Lambda` 表达式 `r => r.Cars` 中，应返回赛车集合。第三个参数是一个委托，现在为每个赛车调用该委托，接收 `Racer` 和 `Car` 对象。`Lambda` 表达式创建了一个匿名类型，它有 `Racer` 和 `Car` 属性。这个 `SelectMany()` 方法的结果是摊平了赛手和赛车的层次结构，为每辆赛车返回匿名类型的一个新对象集合。

这个新集合传递给 `Where()` 方法，筛选出驾驶法拉利的赛手。最后，调用 `OrderBy()` 和 `Select()` 方法：

```
var ferrariDrivers = Formula1.GetChampions().
    SelectMany(
        r => r.Cars,
        (r, c) => new { Racer = r, Car = c }).
    Where(r => r.Car == "Ferrari").
    OrderBy(r => r.Racer.LastName).
    Select(r => r.Racer.FirstName + " " + r.Racer.LastName);
```

把 `SelectMany()` 泛型方法解析为这里使用的类型，所解析的类型如下所示。在这个例子中，数据源是 `Racer` 类型，所筛选的集合是一个 `string` 数组，当然所返回的匿名类型的名称是未知的，这里显示为 `TResult`：

```
public static IEnumerable<TResult> SelectMany <Racer, string, TResult> (
    this IEnumerable <Racer> source,
    Func<Racer, IEnumerable<string>> collectionSelector,
    Func<Racer, string, TResult> resultSelector);
```

查询仅从 LINQ 查询转换为扩展方法，所以结果与前面的相同。

## 11.2.5 排序

要对序列排序，前面使用了 `orderby` 子句。下面复习一下前面使用 `orderby descending` 子句的例子。其中赛手按照赢得比赛的次数进行降序排序，赢得比赛的次数用关键字选择器指定：



```
var racers = from r in Formula1.GetChampions()
    where r.Country == "Brazil"
    orderby r.Wins descending
    select r;
```

代码段 `EnumerableSample/Program.cs`

`orderby` 子句解析为 `OrderBy()` 方法，`orderby descending` 子句解析为 `OrderByDescending()` 方法：

```
var racers = Formula1.GetChampions().
    Where(r => r.Country == "Brazil").
    OrderByDescending(r => r.Wins).
    Select(r => r);
```

`OrderBy()` 和 `OrderByDescending()` 方法返回 `IOrderEnumerable<TSource>`。这个接口派生自 `IEnumerable<TSource>` 接口，但包含一个额外的方法 `CreateOrderedEnumerable<TSource>()`。这个方法用于进一步给序列排序。如果根据关键字选择器来排序，其中有两项相同，就可以使用 `ThenBy()` 和 `ThenByDescending()` 方法继续排序。这两个方法需要 `IOrderEnumerable<TSource>` 接口才能工作，

但也返回这个接口。所以，可以添加任意多个 `ThenBy()` 和 `ThenByDescending()` 方法，对集合排序。

使用 LINQ 查询时，只需把所有用于排序的不同关键字(用逗号分隔开)添加到 `orderby` 子句中。这里，所有的赛车手先按照国家排序，再按照姓氏排序，最后按照名字排序。添加到 LINQ 查询结果中的 `Take()` 扩展方法用于提取前 10 个结果：

```
var racers = (from r in Formulal.GetChampions()
             orderby r.Country, r.LastName, r.FirstName
             select r).Take(10);
```

排序后的结果如下：

```
Argentina: Fangio, Juan Manuel
Australia: Brabham, Jack
Australia: Jones, Alan
Austria: Lauda, Niki
Austria: Rindt, Jochen
Brazil: Fittipaldi, Emerson
Brazil: Piquet, Nelson
Brazil: Senna, Ayrton
Canada: Villeneuve, Jacques
Finland: Hakkinen, Mika
```

使用 `OrderBy()` 和 `ThenBy()` 方法可以执行相同的操作：

```
var racers = Formulal.GetChampions().
    OrderBy(r => r.Country).
    ThenBy(r => r.LastName).
    ThenBy(r => r.FirstName).
    Take(10);
```

## 11.2.6 分组

要根据一个关键字值对查询结果分组，可以使用 `group` 子句。现在一级方程式冠军应按照国家分组，并列出一个国家的冠军数。子句 `group r by r.Country into g` 根据 `Country` 属性组合所有的赛车手，并定义一个新的标识符 `g`，它以后用于访问分组的结果信息。`group` 子句的结果根据应用到分组结果上的扩展方法 `Count()` 来排序，如果冠军数相同，就根据关键字来排序，该关键字是国家，因为这是分组所使用的关键字。`where` 子句根据至少有两项的分组来筛选结果，`select` 子句创建一个带 `Country` 和 `Count` 属性的匿名类型。

```
var countries = from r in Formulal.GetChampions()
               group r by r.Country into g
               orderby g.Count() descending, g.Key
               where g.Count() >= 2
               select new {
                   Country = g.Key,
                   Count = g.Count()
               };

foreach (var item in countries)
{
    Console.WriteLine("{0, -10} {1}", item.Country, item.Count);
}
```

结果显示了带 Country 和 Count 属性的对象集合:

```
UK 9
Brazil 3
Australia 2
Austria 2
Finland 2
Italy 2
USA 2
```

要用扩展方法执行相同的操作, 应把 groupby 子句解析为 GroupBy() 方法。在 GroupBy() 方法的声明中, 注意它返回实现了 IGrouping 接口的枚举对象。IGrouping 接口定义了 Key 属性, 所以在定义了对这个方法的调用后, 可以访问分组的关键字:

```
public static IEnumerable<IGrouping<TKey, TSource>> GroupBy<TSource, TKey> (
    this IEnumerable<TSource> source, Func<TSource, TKey> keySelector);
```

把子句 group r by r.Country into g 解析为 GroupBy(r => r.Country), 返回分组序列。分组序列首先用 OrderByDescending() 方法排序, 再用 ThenBy() 方法排序。接着调用 Where() 和 Select() 方法。

```
var countries = Formula1.GetChampions().
    GroupBy(r => r.Country).
    OrderByDescending(g => g.Count()).
    ThenBy(g => g.Key).
    Where(g => g.Count() >= 2).
    Select(g => new { Country = g.Key,
                    Count = g.Count() });
```

### 11.2.7 对嵌套的对象分组

如果分组的对象应包含嵌套的序列, 就可以改变 select 子句创建的匿名类型。在下面的例子中, 所返回的国家不仅应包含国家名和赛手数量这两个属性, 还应包含赛手名序列。这个序列用一个赋予 Racers 属性的 from/in 内部子句指定, 内部的 from 子句使用分组标识符 g 获得该分组中的所有赛手, 用姓氏对它们排序, 再根据姓名创建一个新字符串:



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
var countries = from r in Formula1.GetChampions()
                group r by r.Country into g
                orderby g.Count() descending, g.Key
                where g.Count() >= 2
                select new
                {
                    Country = g.Key,
                    Count = g.Count(),
                    Racers = from rl in g
                            orderby rl.LastName
                            select rl.FirstName + " " + rl.LastName
                };

foreach (var item in countries)
{
    Console.WriteLine("{0, -10} {1}", item.Country, item.Count);
    foreach (var name in item.Racers)
    {
        Console.WriteLine("{0}; ", name);
    }
}
```

```

    }
    Console.WriteLine();
}

```

代码段 EnumerableSample/Program.cs

结果应列出某个国家的所有冠军：

```

UK 9
Jim Clark; Lewis Hamilton; Mike Hawthorn; Graham Hill; Damon Hill; James Hunt;
Nigel Mansell; Jackie Stewart; John Surtees;
Brazil 3
Emerson Fittipaldi; Nelson Piquet; Ayrton Senna;
Australia 2
Jack Brabham; Alan Jones;
Austria 2
Niki Lauda; Jochen Rindt;
Finland 3
Mika Hakkinen; Kimi Räikkönen; Keke Rosberg;
Italy 2
Alberto Ascari; Nino Farina;
USA 2
Mario Andretti; Phil Hill;

```

## 11.2.8 连接

使用 `join` 子句可以根据特定的条件合并两个数据源，但之前要获得两个要连接的列表。在一级方程式比赛中，有赛手冠军和车队冠军。赛手从 `GetChampions()` 方法中返回，车队从 `GetConstructorChampions()` 方法中返回。现在要获得一个年份列表，列出每年的赛手冠军和车队冠军。

为此，先定义两个查询，用于查询赛手和车队：

```

var racers = from r in Formula1.GetChampions()
             from y in r.Years
             where y > 2003
             select new
             {
                 Year = y,
                 Name = r.FirstName + " " + r.LastName
             };

var teams = from t in
            Formula1.GetConstructorChampions()
            from y in t.Years
            where y > 2003
            select new
            {
                Year = y,
                Name = t.Name
            };

```

有了这两个查询，再通过子句 `join t in teams on r.Year equals t.Year`，根据赛手获得冠军的年份和车队获得冠军的年份进行连接。`select` 子句定义了一个新的匿名类型，它包含 `Year`、`Racer` 和 `Team` 属性。

```

var racersAndTeams =
    from r in racers
    join t in teams on r.Year equals t.Year
    select new
    {
        Year = r.Year,
        Racer = r.Name,
        Team = t.Name
    };
Console.WriteLine("Year Champion " + "Constructor Title");
foreach (var item in racersAndTeams)
{
    Console.WriteLine("{0}: {1,-20} {2}",
        item.Year, item.Racer, item.Team);
}

```

当然，也可以把它们合并为一个 LINQ 查询，但这只是一种尝试：

```

int year = 2003;
var racersAndTeams =
    from r in
        from rl in Formula1.GetChampions()
        from yr in rl.Years
        where yr > year
        select new
        {
            Year = yr,
            Name = rl.FirstName + " " + rl.LastName
        }
    join t in
        from tl in
            Formula1.GetConstructorChampions()
        from yt in tl.Years
        where yt > year
        select new
        {
            Year = yt,
            Name = tl.Name
        }
    on r.Year equals t.Year
    select new
    {
        Year = r.Year,
        Racer = r.Name,
        Team = t.Name
    };

```

结果显示了匿名类型中的数据：

Year Champion	Constructor Title
2004 Michael Schumacher	Ferrari
2005 Fernando Alonso	Renault
2006 Fernando Alonso	Renault
2007 Kimi Räikkönen	Ferrari
2008 Lewis Hamilton	Ferrari

## 11.2.9 集合操作

扩展方法 `Distinct()`、`Union()`、`Intersect()` 和 `Except()` 都是集合操作。下面创建一个驾驶法拉利的 F1 方程式冠军序列和驾驶迈凯轮的 F1 方程式冠军序列，然后确定是否有驾驶法拉利和迈凯轮的冠军。当然，这里可以使用 `Intersect()` 扩展方法。

首先获得所有驾驶法拉利的冠军。这只是一个简单的 LINQ 查询，其中使用复合的 `from` 子句访问 `Cars` 属性，该属性返回一个字符串对象序列。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
var ferrariDrivers = from r in
                    Formula1.GetChampions()
                    from c in r.Cars
                    where c == "Ferrari"
                    orderby r.LastName

                    select r;
```

代码段 `EnumerableSample/Program.cs`

现在建立另一个基本相同的查询，但 `where` 子句的参数不同，以获得所有驾驶迈凯轮的冠军。最好不要再次编写相同的查询。而可以创建一个方法，其中给它传递参数 `car`：

```
private static IEnumerable<Racer>GetRacersByCar(string car)
{
    return from r in Formula1.GetChampions()
           from c in r.Cars
           where c == car
           orderby r.LastName
           select r;
}
```

但是，因为该方法不需要在其他地方使用，所以应定义一个委托类型的变量来保存 LINQ 查询。`racerByCar` 变量必须是一个委托类型，该委托类型需要一个字符串参数，并返回 `IEnumerable<Racer>`，类似于前面实现的方法。为此，定义了几个泛型委托 `Func<>`，所以不需要声明自己的委托。把一个 Lambda 表达式赋予 `racerByCar` 变量。Lambda 表达式的左边定义了一个 `car` 变量，其类型是 `Func` 委托(字符串)的第一个泛型参数。右边定义了 LINQ 查询，它使用该参数和 `where` 子句：

```
Func<string, IEnumerable<Racer>> racersByCar =
    car => from r in Formula1.GetChampions()
           from c in r.Cars
           where c == car
           orderby r.LastName
           select r;
```

现在可以使用 `Intersect()` 扩展方法，获得驾驶法拉利和迈凯轮的所有冠军：

```
Console.WriteLine("World champion with Ferrari and McLaren");
foreach (var racer in racersByCar("Ferrari").Intersect(
    racersByCar("McLaren")))
{
    Console.WriteLine(racer);
}
```



结果只有一个赛手 Niki Lauda:

```
World champion with Ferrari and McLaren
Niki Lauda
```



集合操作通过调用实体类的 `GetHashCode()` 和 `Equals()` 方法来比较对象。对于自定义比较，还可以传递一个实现了 `IEqualityComparer<T>` 接口的对象。在这里的示例中，`GetChampions()` 方法总是返回相同的对象，因此默认的比较操作是有效的。

### 11.2.10 合并

`Zip()` 方法是 .NET 4 新增的，允许用一个谓词函数把两个相关的序列合并为一个。

首先，创建两个相关的序列，它们使用相同的筛选(意大利国家)和排序方法。对于合并，这很重要，因为第一个集合中的第一项会与第二个集合中的第一项合并，第一个集合中的第二项会与第二个集合中的第二项合并，以此类推。如果两个序列的项数不同，`Zip()` 方法就在到达较小集合的末尾时停止。

第一个集合中的元素有一个 `Name` 属性，第二个集合中的元素有 `LastName` 和 `Starts` 两个属性。

在 `racerNames` 集合上使用 `Zip()` 方法，需要把第二个集合(`racerNamesAndStarts`)作为第一个参数。第二个参数的类型是 `Func<TFirst, TSecond, TResult>`。这个参数实现为一个 `Lambda` 表达式，它通过参数 `first` 接收第一个集合的元素，通过参数 `second` 接收第二个集合的元素。其实现代码创建并返回一个字符串，该字符串包含第一个集合中元素的 `Name` 属性和第二个集合中元素的 `Starts` 属性：

```
var racerNames = from r in Formula1.GetChampions()
                 where r.Country == "Italy"
                 orderby r.Wins descending
                 select new
                 {
                     Name = r.FirstName + " " + r.LastName
                 };

var racerNamesAndStarts = from r in Formula1.GetChampions()
                          where r.Country == "Italy"
                          orderby r.Wins descending
                          select new
                          {
                              LastName = r.LastName,
                              Starts = r.Starts
                          };

var racers = racerNames.Zip(racerNamesAndStarts,
    (first, second) => first.Name + ", starts: " + second.Starts);
foreach (var r in racers)
{
    Console.WriteLine(r);
}
```

这个合并的结果是：

```
Alberto Ascari, starts: 32
```

Nino Farina, starts: 33

### 11.2.11 分区

扩展方法 `Take()` 和 `Skip()` 等的分区操作可用于分页，例如显示 5×5 个车手。

在下面的 LINQ 查询中，把扩展方法 `Take()` 和 `Skip()` 添加到查询的最后。`Skip()` 方法先忽略根据页面大小和实际页数计算出的项数，再使用 `Take()` 方法根据页面大小提取一定数量的项：

```
int pageSize = 5;

int numberPages = (int)Math.Ceiling(Formula1.GetChampions().Count() /
    (double)pageSize);

for (int page = 0; page < numberPages; page++)
{
    Console.WriteLine("Page {0}", page);

    var racers =
        (from r in Formula1.GetChampions()
         orderby r.LastName
         select r.FirstName + " " + r.LastName)
        .Skip(page * pageSize).Take(pageSize);

    foreach (var name in racers)
    {
        Console.WriteLine(name);
    }
    Console.WriteLine();
}
```

下面输出了前 3 页：

```
Page 0
Fernando Alonso
Mario Andretti
Alberto Ascari
Jack Brabham
Jim Clark

Page 1
Juan Manuel Fangio
Nino Farina
Emerson Fittipaldi
Mika Hakkinen
Lewis Hamilton

Page 2
Mike Hawthorn
Phil Hill
Graham Hill
Damon Hill
Denny Hulme
```

分页在 Windows 或 Web 应用程序中非常有用，可以只给用户显示一部分数据。



这个分页机制的一个要点是，因为查询会在每个页面上执行，所以改变底层的数据会影响结果。在继续执行分页操作时，会显示新对象。根据不同的情况，这对于应用程序可能有利。如果这个操作是不需要的，就可以只对原来的数据源分页，然后使用映射到原始数据上的缓存。

使用 `TakeWhile()` 和 `SkipWhile()` 扩展方法，还可以传递一个谓词，根据谓词的结果提取或跳过某些项。

### 11.2.12 聚合操作符

聚合操作符(如 `Count()`、`Sum()`、`Min()`、`Max()`、`Average()` 和 `Aggregate()`)不返回一个序列，而返回一个值。

`Count()` 扩展方法返回集合中的项数。下面的 `Count()` 方法应用于 `Racer` 的 `Years` 属性，来筛选赛车手，只返回获得冠军次数超过 3 次的赛车手：

```
var query = from r in Formula1.GetChampions()
            where r.Years.Count() > 3
            orderby r.Years.Count() descending
            select new
            {
                Name = r.FirstName + " " + r.LastName,
                TimesChampion = r.Years.Count()
            };

foreach (var r in query)
{
    Console.WriteLine("{0} {1}", r.Name, r.TimesChampion);
}
```

结果如下：

```
Michael Schumacher 7
Juan Manuel Fangio 5
Alain Prost 4
```

`Sum()` 方法汇总序列中的所有数字，返回这些数字的和。下面的 `Sum()` 方法用于计算一个国家赢得比赛的总次数。首先根据国家对手分组，再在新创建的匿名类型中，把 `Wins` 属性赋予某个国家赢得比赛的总次数。

```
var countries =
    (from c in
     from r in Formula1.GetChampions()
     group r by r.Country into c
     select new
     {
         Country = c.Key,
         Wins = (from r1 in c
                 select r1.Wins).Sum()
     })
```

```

        orderby c.Wins descending, c.Country
        select c).Take(5);

    foreach (var country in countries)
    {
        Console.WriteLine("{0} {1}", country.Country, country.Wins);
    }

```

根据获得一级方程式冠军的次数，最成功的国家是：

```

UK 147
Germany 91
Brazil 78
France 51
Finland 42

```

方法 `Min()`、`Max()`、`Average()` 和 `Aggregate()` 的使用方式与 `Count()` 和 `Sum()` 相同。`Min()` 方法返回集合中的最小值，`Max()` 方法返回集合中的最大值，`Average()` 方法计算集合中的平均值。对于 `Aggregate()` 方法，可以传递一个 Lambda 表达式，该表达式对所有的值进行聚合。

### 11.2.13 转换

本章前面提到，查询可以推迟到访问数据项时再执行。在迭代中使用查询时，查询会执行。而使用转换操作符会立即执行查询，把查询结果放在数组、列表或字典中。

在下面的例子中，调用 `ToList()` 扩展方法，立即执行查询，得到的结果放在 `List<T>` 类中：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

List<Racer> racers =
    (from r in Formula1.GetChampions()
     where r.Starts > 150
     orderby r.Starts descending
     select r).ToList();

foreach (var racer in racers)
{
    Console.WriteLine("{0} {0:S}", racer);
}

```

代码段 `EnumerableSample/Program.cs`

把返回的对象放在列表中并没有这么简单。例如，对于集合类中从赛车到赛手的快速访问，可以使用新类 `Lookup<TKey, TElement>`。



**Dictionary<TKey, TValue>** 类只支持一个键对应一个值。在 `System.Linq` 名称空间的类 `Lookup<TKey, TElement>` 类中，一个键可以对应多个值。这些类详见第 10 章。

使用复合的 `from` 查询，可以摊平赛手和赛车序列，创建带有 `Car` 和 `Racer` 属性的匿名类型。在返回的 `Lookup` 对象中，键的类型应是表示汽车的 `string`，值的类型应是 `Racer`。为了进行这个选择，可以给 `ToLookup()` 方法的一个重载版本传递一个键和一个元素选择器。键选择器引用 `Car` 属性，元素选择器引用 `Racer` 属性。

```
var racers = (from r in Formula1.GetChampions())
```

```

        from c in r.Cars
        select new
        {
            Car = c,
            Racer = r
        }).ToLookup(cr => cr.Car, cr => cr.Racer);
    if (racers.Contains("Williams"))
    {
        foreach (var williamsRacer in
            racers["Williams"])
        {
            Console.WriteLine(williamsRacer);
        }
    }
}

```

用 Lookup 类的索引器访问的所有 Williams 冠军如下:

```

Alan Jones
Keke Rosberg
Nigel Mansell
Alain Prost
Damon Hill
Jacques Villeneuve

```

如果需要在非类型化的集合上(如 ArrayList)使用 LINQ 查询,就可以使用 Cast()方法。在下面的例子中,基于 Object 类型的 ArrayList 集合用 Racer 对象填充。为了定义强类型化的查询,可以使用 Cast()方法。

```

var list = new System.Collections.ArrayList(Formula1.GetChampions()
    as System.Collections.ICollection);

var query = from r in list.Cast<Racer>()
            where r.Country == "USA"
            orderby r.Wins descending
            select r;
foreach (var racer in query)
{
    Console.WriteLine("{0:A}", racer);
}

```

#### 11.2.14 生成操作符

生成操作符 Range()、Empty()和 Repeat()不是扩展方法,而是返回序列的正常静态方法。在 LINQ to Objects 中,这些方法可用于 Enumerable 类。

有时需要填充一个范围的数字,此时就应使用 Range()方法。这个方法把第一个参数作为起始值,把第二个参数作为要填充的项数。

```

var values = Enumerable.Range(1, 20);
foreach (var item in values)
{
    Console.Write("{0} ", item);
}
Console.WriteLine();

```

当然，结果如下所示：

```
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
```



**Range()**方法不返回填充了所定义值的集合，这个方法与其他方法一样，也推迟执行查询，并返回一个 **RangeEnumerator**，其中只有一条 **yield return** 语句，来递增值。

可以把该结果与其他扩展方法合并起来，获得另一个结果，例如，使用 **Select()**扩展方法：

```
var values = Enumerable.Range(1, 20).Select(n => n * 3);
```

**Empty()**方法返回一个不返回值的迭代器，它可以用于需要一个集合的参数，其中可以给参数传递空集合。

**Repeat()**方法返回一个迭代器，该迭代器把同一个值重复特定的次数。

## 11.3 并行 LINQ

.NET 4 在 **System.Linq** 名称空间中包含一个新类 **ParallelEnumerable**，可以分解查询的工作使其分布在多个线程上。尽管 **Enumerable** 类给 **IEnumerable<T>** 接口定义了扩展方法，但 **ParallelEnumerable** 类的大多数扩展方法是 **ParallelQuery<TSource>** 类的扩展。一个重要的例外是 **AsParallel()** 方法，它扩展了 **IEnumerable<TSource>** 接口，返回 **ParallelQuery<TSource>** 类，所以正常的集合类可以以平行方式查询。

### 11.3.1 并行查询

为了说明并行 LINQ，需要一个大型集合。对于可以放在 CPU 的缓存中的小集合，并行 LINQ 看不出效果。在下面的代码中，用随机值填充一个大型的 **int** 数组：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
const int arraySize = 100000000;
var data = new int[arraySize];
var r = new Random();
for (int i = 0; i < arraySize; i++)
{
    data[i] = r.Next(40);
}
```

代码段 **ParallelLinqSample/Program.cs**

现在可以使用 LINQ 查询筛选数据，获取所筛选数据的总和。该查询用 **where** 子句定义了一个筛选器，仅汇总对应值小于 20 的项，接着调用聚合函数 **Sum()** 方法。与前面的 LINQ 查询的唯一区别是，这次调用了 **AsParallel()** 方法。

```
var sum = (from x in data.AsParallel()
           where x < 20
           select x).Sum();
```

与前面的 LINQ 查询一样，编译器会修改语法，以调用 **AsParallel()**、**Where()**、**Select()** 和 **Sum()**

方法。AsParallel()方法用 ParallelEnumerable 类定义，以扩展 IEnumerable<T>接口，所以可以对简单的数组调用它。AsParallel()方法返回 ParallelQuery<TSource>。因为返回的类型，所以编译器选择的 Where()方法是 ParallelEnumerable.Where()，而不是 Enumerable.Where()。在下面的代码中，Select()和 Sum()方法也来自 ParallelEnumerable 类。与 Enumerable 类的实现代码相反，对于 ParallelEnumerable 类，查询是分区的，以便多个线程可以同时处理该查询。数组可以分为多个部分，其中每个部分由不同的线程处理，以筛选其余项。完成分区的工作后，就需要合并，获得所有部分的总和。

```
var sum = data.AsParallel().Where(x => x < 20).Select(x => x).Sum();
```

运行这行代码会启动任务管理器，这样就可以看出系统的所有 CPU 都在忙碌。如果删除 AsParallel()方法，就不可能使用多个 CPU。当然，如果系统上没有多个 CPU，就不会看到并行版本带来的改进。

### 11.3.2 分区器

AsParallel()方法不仅扩展了 IEnumerable<T>接口，还扩展了 Partitioner 类。通过它，可以影响要创建的分区。

Partitioner 类用 System.Collection.Concurrent 名称空间定义，并且有不同的变体。Create()方法接受实现了 IList<T>类的数组或对象。根据这一点，以及类型的参数 loadBalance 和该方法的一些重载版本，会返回一个不同的 Partitioner 类型。对于数组，.NET 4 包含派生自抽象基类 OrderablePartitioner<TSource> 的 DynamicPartitionerForArray<TSource> 类和 StaticPartitionerForArray<TSource>类。

修改 11.3.1 节中的代码，手工创建一个分区器，而不是使用默认的分器：

```
var sum = (from x in Partitioner.Create(data, true).AsParallel()
           where x < 20
           select x).Sum();
```

也可以调用 WithExecutionMode()和 WithDegreeOfParallelism()方法，来影响并行机制。对于 WithExecutionMode()方法可以传递 ParallelExecutionMode 的一个 Default 值或者 ForceParallelism 值。默认情况下，并行 LINQ 避免使用系统开销很高的并行机制。对于 WithDegreeOfParallelism()方法，可以传递一个整数，以指定应并行运行的最大任务数。

### 11.3.3 取消

.NET 4 提供了一种标准方式，来取消长时间运行的任务，这也适用于并行 LINQ。

要取消长时间运行的查询，可以给查询添加 WithCancellation()方法，并传递一个 CancellationToken 令牌作为参数。CancellationToken 令牌从 CancellationTokenSource 类中创建。该查询在单独的线程中运行，在该线程中，捕获一个 OperationCanceledException 类型的异常。如果取消了查询，就触发这个异常。在主线程中，调用 CancellationTokenSource 类的 Cancel()方法可以取消任务。

```
var cts = new CancellationTokenSource();


new Thread(() =>
{
    try
    {
```

```

        var sum = (from x in data.AsParallel().
                    WithCancellation(cts.Token)
                    where x < 80
                    select x).Sum();
        Console.WriteLine("query finished, sum: {0}", sum);
    }
    catch (OperationCanceledException ex)
    {
        Console.WriteLine(ex.Message);
    }
    }).Start();

    Console.WriteLine("query started");
    Console.Write("cancel? ");
    int input = Console.Read();
    if (input == 'Y' || input == 'y')
    {
        // cancel!
        cts.Cancel();
    }
}

```

 关于取消和 Cancellation Token 令牌的内容详见第 20 章。

## 11.4 表达式树

在 LINQ to Objects 中，扩展方法需要将一个委托类型作为参数，这样就可以将 Lambda 表达式赋予参数。Lambda 表达式也可以赋予 Expression<T>类型的参数。C#编译器根据类型给 Lambda 表达式定义不同的行为。如果类型是 Expression<T>，编译器就从 Lambda 表达式中创建一个表达式树，并存储在程序集中。这样，就可以在运行期间分析表达式树，并进行优化，以便于查询数据源。

下面看看一个前面使用的查询表达式：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

var brazilRacers = from r in racers
                    where r.Country == "Brazil"
                    orderby r.Wins
                    select r;

```

代码段 ExpressionTreeSample/Program.cs

这个查询表达式使用了扩展方法 Where()、OrderBy()和 Select()。Enumerable 类定义了 Where() 扩展方法，并将委托类型 Func<T,bool>作为参数谓词。

```

public static IEnumerable<TSource>Where<TSource>(this IEnumerable<TSource>source,
        Func<TSource, bool>predicate);

```

这样，就把 Lambda 表达式赋予谓词。这里 Lambda 表达式类似于前面介绍的匿名方法。

```

Func<Racer, bool>predicate = r => r.Country == "Brazil";

```

Enumerable 类不是唯一一个定义了扩展方法 Where()的类。Queryable<T>类也定义了 Where()扩



展方法。这个类对 `Where()` 扩展方法的定义是不同的:

```
public static IQueryable<TSource>Where<TSource>(this IQueryable<TSource> source,
    Expression<Func<TSource, bool>> predicate);
```

其中, 把 Lambda 表达式赋予类型 `Expression<T>`, 该类型的操作是不同的:

```
Expression<Func<Racer, bool>> predicate = r => r.Country == "Brazil";
```

除了使用委托之外, 编译器还会把表达式树放在程序集中。表达式树可以在运行期间读取。表达式树从派生自抽象基类 `Expression` 的类中构建。`Expression` 类与 `Expression<T>` 不同。继承自 `Expression` 类的表达式类有 `BinaryExpression`、`ConstantExpression`、`InvocationExpression`、`LambdaExpression`、`NewExpression`、`NewArrayExpression`、`TernaryExpression` 和 `UnaryExpression` 等。编译器会从 Lambda 表达式中创建表达式树。

例如, Lambda 表达式 `r.Country == "Brazil"` 使用了 `ParameterExpression`、`MemberExpression`、`ConstantExpression` 和 `MethodCallExpression`, 来创建一个表达式树, 并将该树存储在程序集中。之后在运行期间使用这个树, 创建一个用于底层数据源的优化查询。

`DisplayTree()` 方法在控制台上图形化地显示表达式树。其中传递了一个 `Expression` 对象, 并根据表达式的类型, 把表达式的一些信息写到控制台上。根据表达式的类型, 递归地调用 `DisplayTree()` 方法。



在这个方法中, 没有处理所有的表达式类型, 只处理了在下一个示例表达式中使用的类型:

```
private static void DisplayTree(int indent, string message,
    Expression expression)
{
    string output = String.Format("{0} {1} ! NodeType: {2}; Expr: {3} ",
        ".PadLeft(indent, '>')", message, expression.NodeType, expression);

    indent++;
    switch (expression.NodeType)
    {
        case ExpressionType.Lambda:
            Console.WriteLine(output);
            LambdaExpression lambdaExpr = (LambdaExpression)expression;
            foreach (var parameter in lambdaExpr.Parameters)
            {
                DisplayTree(indent, "Parameter", parameter);
            }
            DisplayTree(indent, "Body", lambdaExpr.Body);
            break;
        case ExpressionType.Constant:
            ConstantExpression constExpr = (ConstantExpression)expression;
            Console.WriteLine("{0} Const Value: {1}", output, constExpr.Value);
            break;
        case ExpressionType.Parameter:
            ParameterExpression paramExpr = (ParameterExpression)expression;
```

```

        Console.WriteLine("{0} Param Type: {1}", output,
                          paramExpr.Type.Name);
        break;
    case ExpressionType.Equal:
    case ExpressionType.AndAlso:
    case ExpressionType.GreaterThan:
        BinaryExpression binExpr = (BinaryExpression)expression;
        if (binExpr.Method != null)
        {
            Console.WriteLine("{0} Method: {1}.", output,
                              binExpr.Method.Name);
        }
        else
        {
            Console.WriteLine(output);
        }
        DisplayTree(indent, "Left", binExpr.Left);
        DisplayTree(indent, "Right", binExpr.Right);
        break;
    case ExpressionType.MemberAccess:
        MemberExpression memberExpr = (MemberExpression)expression;
        Console.WriteLine("{0} Member Name: {1}, Type: {2}", output,
                          memberExpr.Member.Name, memberExpr.Type.Name);
        DisplayTree(indent, "Member Expr", memberExpr.Expression);
        break;
    default:
        Console.WriteLine();
        Console.WriteLine("{0} {1}", expression.NodeType,
                          expression.Type.Name);
        break;
    }
}

```

前面已经介绍了用于显示表达式树的表达式。这是一个 Lambda 表达式，它有一个 `Racer` 参数，表达式体提取赢得比赛次数超过 6 次的巴西车手：

```

Expression<Func<Racer, bool>> expression =
    r => r.Country == "Brazil" && r.Wins > 6;

DisplayTree(0, "Lambda", expression);

```

下面看看结果。Lambda 表达式包含一个 `Parameter` 和一个 `AndAlso` 节点类型。`AndAlso` 节点类型的左边是一个 `Equal` 节点类型，右边是一个 `GreaterThan` 节点类型。`Equal` 节点类型的左边是 `MemberAccess` 节点类型，右边是 `Constant` 节点类型。

```

Lambda! NodeType: Lambda; Expr: r => ((r.Country == "Brazil")
  AndAlso (r.Wins > 6))
> Parameter! NodeType: Parameter; Expr: r Param Type: Racer
> Body! NodeType: AndAlso; Expr: ((r.Country == "Brazil")
  AndAlso (r.Wins > 6))
>> Left! NodeType: Equal; Expr: (r.Country == "Brazil") Method: op_Equality
>>> Left! NodeType: MemberAccess; Expr: r.Country
  Member Name: Country, Type: String
>>>> Member Expr! NodeType: Parameter; Expr: r Param Type: Racer

```

```

> > > Right! NodeType: Constant; Expr: "Brazil" Const Value: Brazil
> > Right! NodeType: GreaterThan; Expr: (r.Wins > 6)
> > > Left! NodeType: MemberAccess; Expr: r.Wins Member Name: Wins, Type: Int32
> > > > Member Expr! NodeType: Parameter; Expr: r Param Type: Racer
> > > Right! NodeType: Constant; Expr: 6 Const Value: 6

```

使用 `Expression<T>` 类型的一个例子是 ADO.NET Entity Framework 和 LINQ to SQL。这些技术用 `Expression<T>` 参数定义了扩展方法。这样，访问数据库的 LINQ 提供程序就可以读取表达式，创建一个运行期间优化的查询，从数据库中获取数据。

## 11.5 LINQ 提供程序

.NET 4 包含几个 LINQ 提供程序。LINQ 提供程序为特定的数据源实现了标准的查询操作符。LINQ 提供程序也许会实现比 LINQ 定义的更多扩展方法，但至少要实现标准操作符。LINQ to XML 不仅实现了专门用于 XML 的方法，还实现了其他方法，例如，`System.Xml.Linq` 名称空间中的 `Extensions` 类定义的 `Elements()`、`Descendants()` 和 `Ancestors()` 方法。

LINQ 提供程序的实现方案是根据名称空间和第一个参数的类型来选择的。实现扩展方法的类的名称空间必须是开放的，否则扩展类就不在作用域内。在 LINQ to Objects 中定义的 `Where()` 方法的参数和在 LINQ to SQL 中定义的 `Where()` 的方法参数不同。

LINQ to Objects 中的 `Where()` 方法用 `Enumerable` 类定义：

```

public static IEnumerable<TSource> Where<TSource> (this IEnumerable<TSource> source,
    Func<TSource, bool> predicate);

```

在 `System.Linq` 名称空间中，还有另一个类实现了操作符 `Where`。这个实现代码由 LINQ to SQL 使用。这些实现代码在 `Queryable` 类中可以找到：

```

public static IQueryable<TSource> Where<TSource> (this IQueryable<TSource> source,
    Expression<Func< TSource, bool>> predicate);

```

这两个类都在 `System.Linq` 名称空间的 `System.Core` 程序集中实现。那么，它是如何定义的？使用了什么方法？无论是用 `Func<TSource, bool>` 参数传递，还是用 `Expression<Func<TSource, bool>>` 参数传递，`Lambda` 表达式都相同。只是编译器的行为不同，它根据 `source` 参数来选择。编译器根据其参数选择最匹配的方法。在 ADO.NET Entity Framework 中定义的 `ObjectContext` 类的 `CreateQuery<T>()` 方法返回一个实现了 `IQueryable<TSource>` 接口的 `ObjectQuery<T>` 对象，因此 Entity Framework 使用类 `Queryable` 类的 `Where()` 方法。

## 11.6 小结

本章讨论了 LINQ 查询和查询所基于的语言结构，如扩展方法和 `Lambda` 表达式，还列出了各种 LINQ 查询操作符，它们不仅用于筛选数据源，给数据源排序，还用于执行分区、分组、转换、连接等操作。

使用并行 LINQ 可以轻松地并行化运行时间较长的查询。

另一个重要的概念是表达式树。表达式树允许在运行期间构建对数据源的查询，因为表达式树存储在程序集中。表达式树的用法详见第 31 章。LINQ 是一个非常深奥的主题，更多的信息可查阅第 31 章和第 33 章。还可以下载其他第三方提供程序，例如，LINQ to MySQL、LINQ to Amazon、LINQ to Flickr、LINQ to LDAP 和 LINQ to SharePoint。无论使用什么数据源，都可以通过 LINQ 使用相同的查询语法。

# 第 12 章

## 动态语言扩展

本章内容:

- 理解 Dynamic Language Runtime
- dynamic 类型
- DLR ScriptRuntime
- DynamicObject
- ExpandoObject

随着 Ruby、Python 等语言的成长, JavaScript 的使用主要集中在动态编程方面。在 .NET Framework 的以前版本中, var 关键字和匿名方法开辟出 C# 的“动态编程”路径。在版本 4 中,增加了 dynamic 类型。尽管 C# 仍是一种静态的类型化语言,但这些新增内容给它提供了一些开发人员期望的动态功能。

本章介绍 dynamic 类型及其使用规则,并讨论 DynamicObject 的实现方式和使用方式。

### 12.1 DLR

C# 4 的动态功能是 Dynamic Language Runtime(动态语言运行时, DLR)的一部分。DLR 是添加到 CLR 的一系列服务,它允许添加动态语言,如 Ruby 和 Python,并使 C# 具备和这些动态语言相同的某些动态功能。

在 CodePlex 网站上有一个开源的 DLR 版本,这个版本也包含在 .NET 4 Framework 中,还增加了对语言实现程序的一些支持。

在 .NET Framework 中,DLR 位于 System.Dynamic 名称空间和 System.Runtime.CompilerServices- Services 名称空间的几个类中。

IronRuby 和 IronPython 是 Ruby 和 Python 语言的开源版本,它们使用 DLR。Silverlight 也使用 DLR。通过包含 DLR,可以给应用程序添加脚本编辑功能。脚本运行库允许给脚本传入变量和从脚本传出变量。

### 12.2 dynamic 类型

dynamic 类型允许编写忽略编译期间的类型检查的代码。编译器假定,给 dynamic 类型的对象

定义的任何操作都是有效的。如果该操作无效，则在代码运行之前不会检测该错误，如下面的示例所示：

```
class Program
{
    static void Main(string[] args)
    {
        var staticPerson = new Person();
        dynamic dynamicPerson = new Person();
        staticPerson.GetFullName("John", "Smith");
        dynamicPerson.GetFullName("John", "Smith");
    }
}

class Person
{
    public string FirstName { get; set; }
    public string LastName { get; set; }
    public string GetFullName()
    {
        return string.Concat(FirstName, " ", LastName);
    }
}
```

这个示例没有编译，因为它调用了 `staticPerson.GetFullName()` 方法。因为 `Person` 对象上的方法不接受两个参数，所以编译器会提示出错。如果注释掉该行代码，这个示例就会编译。如果执行它，就会发生一个运行错误。所抛出的异常是 `RuntimeBinderException` 异常。`RuntimeBinder` 对象会在运行时判断该调用，确定 `Person` 类是否支持被调用的方法。这将在本章后面讨论。

与 `var` 关键字不同，定义为 `dynamic` 的对象可以在运行期间改变其类型。注意在使用 `var` 关键字时，对象类型的确定会延迟。类型一旦确定，就不能改变。动态对象的类型可以改变，而且可以改变多次，这不同于把对象的类型强制转换为另一种类型。在强制转换对象的类型时，是用另一种兼容的类型创建一个新对象。例如，不能把 `int` 强制转换为 `Person` 对象。在下面的示例中，如果对象是动态对象，就可以把它从 `int` 变成 `Person` 类型：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
dynamic dyn;

dyn = 100;
Console.WriteLine(dyn.GetType());
Console.WriteLine(dyn);

dyn = "This is a string";
Console.WriteLine(dyn.GetType());
Console.WriteLine(dyn);

dyn = new Person() { FirstName = "Bugs", LastName = "Bunny" };
Console.WriteLine(dyn.GetType());
Console.WriteLine("{0} {1}", dyn.FirstName, dyn.LastName);
```

代码段 `Dynamic\Program.cs`

执行这段代码可以看出，`dyn` 对象的类型实际上从 `System.Int32` 变成 `System.String`，再变成 `Person`。如果 `dyn` 声明为 `int` 或 `string`，这段代码就不会编译。

对于 `dynamic` 类型有两个限制。动态对象不支持扩展方法，匿名函数(Lambda 表达式)也不能用作动态方法调用的参数，因此 LINQ 不能用于动态对象。大多数 LINQ 调用都是扩展方法，而 Lambda 表达式用作这些扩展方法的参数。

## 后台上的动态操作

在后台，这些是如何发生的？C#仍是一种静态的类型化语言，这一点没有改变。看看使用 `dynamic` 类型生成的 IL(中间语言)。

首先，看看下面的示例 C#代码：

```
using System;

namespace DeCompile
{
    class Program
    {
        static void Main(string[] args)
        {
            StaticClass staticObject = new StaticClass();
            DynamicClass dynamicObject = new DynamicClass();
            Console.WriteLine(staticObject.IntValue);
            Console.WriteLine(dynamicObject.DynValue);
            Console.ReadLine();
        }
    }

    class StaticClass
    {
        public int IntValue = 100;
    }

    class DynamicClass
    {
        public dynamic DynValue = 100;
    }
}
```

其中有两个类 `StaticClass` 和 `DynamicClass`。`StaticClass` 类有唯一一个返回 `int` 的字段。`DynamicClass` 有唯一一个返回 `dynamic` 对象的字段。`Main()`方法仅创建了这些对象，并输出方法返回的值。该示例非常简单。

现在注释掉 `Main()`方法中对 `DynamicClass` 类的引用：

```
static void Main(string[] args)
{
    StaticClass staticObject = new StaticClass();
    //DynamicClass dynamicObject = new DynamicClass();
    Console.WriteLine(staticObject.IntValue);
    //Console.WriteLine(dynamicObject.DynValue);
    Console.ReadLine();
}
```

使用 `ildasm` 工具(参见第 18 章)，可以看到对于 `Main()`方法生成的 IL：

```
.method private hidebysig static void Main(string[] args) cil managed
{
    .entrypoint
    // Code size 26 (0x1a)
    .maxstack 1
    .locals init ([0] class DeCompile.StaticClass staticObject)
    IL_0000: nop
    IL_0001: newobj instance void DeCompile.StaticClass::.ctor()
    IL_0006: stloc.0
    IL_0007: ldloc.0
    IL_0008: ldfld int32 DeCompile.StaticClass::IntValue
    IL_000d: call void [mscorlib]System.Console::WriteLine(int32)
    IL_0012: nop
    IL_0013: call string [mscorlib]System.Console::ReadLine()
    IL_0018: pop
    IL_0019: ret
} // end of method Program::Main
```

这里不讨论 IL 的细节，只看看这段代码，就可以看出其作用。第 0001 行调用了 `StaticClass` 构造函数，第 0008 行调用了 `StaticClass` 类的 `IntValue` 字段。下一行输出了其值。

现在注释掉对 `StaticClass` 类的引用，取消 `DynamicClass` 引用的注释：

```
static void Main(string[] args)
{
    //StaticClass staticObject = new StaticClass();
    DynamicClass dynamicObject = new DynamicClass();
    Console.WriteLine(staticObject.IntValue);
    //Console.WriteLine(dynamicObject.DynValue);
    Console.ReadLine();
}
```

再次编译应用程序，下面是生成的 IL：

```
.method private hidebysig static void Main(string[] args) cil managed
{
    .entrypoint
    // Code size 121 (0x79)
    .maxstack 9
    .locals init ([0] class DeCompile.DynamicClass dynamicObject,
                 [1] class [Microsoft.CSharp]Microsoft.CSharp.
                    RuntimeBinder.CSharpArgumentInfo[] CS$0$0000)
    IL_0000: nop
    IL_0001: newobj instance void DeCompile.DynamicClass::.ctor()
    IL_0006: stloc.0
    IL_0007: ldsmfld class [System.Core]System.Runtime.CompilerServices.CallSite`1
        <class [mscorlib]
System.Action`3 < class
[System.Core]System.Runtime.CompilerServices.CallSite,class [mscorlib]
System.Type,object >> DeCompile.Program/'<Main> o__SiteContainer0'::'<>p__Site1'
    IL_000c: brtrue.s IL_004d
    IL_000e: ldc.i4.0
    IL_000f: ldstr "WriteLine"
    IL_0014: ldtoken DeCompile.Program
    IL_0019: call class [mscorlib]System.Type::GetTypeFromHandle
(valuetype [mscorlib]System.RuntimeTypeHandle)
```



```

IL_001e: ldnull
IL_001f: ldc.i4.2
IL_0020: newarr [Microsoft.CSharp]Microsoft.CSharp.RuntimeBinder.
CSharpArgumentInfo
IL_0025: stloc.1
IL_0026: ldloc.1
IL_0027: ldc.i4.0
IL_0028: ldc.i4.s 33
IL_002a: ldnull
IL_002b: newobj instance void [Microsoft.CSharp]Microsoft.CSharp.RuntimeBinder
.CSharpArgumentInfo::.ctor (valuetype [Microsoft.CSharp]Microsoft.CSharp.
RuntimeBinder.CSharpArgumentInfoFlags, string)
IL_0030: stelem.ref
IL_0031: ldloc.1
IL_0032: ldc.i4.1
IL_0033: ldc.i4.0
IL_0034: ldnull
IL_0035: newobj instance void [Microsoft.CSharp]Microsoft.
CSharp.RuntimeBinder.CSharpArgumentInfo::.ctor (valuetype
[Microsoft.CSharp]Microsoft.CSharp.RuntimeBinder.
CSharpArgumentInfoFlags,
string)

IL_003a: stelem.ref
IL_003b: ldloc.1
IL_003c: newobj instance void [Microsoft.CSharp]Microsoft.CSharp
RuntimeBinder.CSharpInvokeMemberBinder::.ctor (valuetype
Microsoft.CSharp) Microsoft.CSharp.RuntimeBinder.CSharpCallFlags,
string,

class [mscorlib]System.Type,

class [mscorlib]System.Collections.Generic.IEnumerable`1
<class [mscorlib]System.Type> ,

class [mscorlib]System.Collections.Generic.IEnumerable`1
<class [Microsoft.CSharp]Microsoft.CSharp.RuntimeBinder. CSharpArgumentInfo>)
IL_0041: call class [System.Core]System.Runtime.CompilerServices. CallSite`1
<!0> class [System.Core]System.Runtime.CompilerServices.CallSite`1
<class [mscorlib]System.Action`3
<class [System.Core]System.Runtime.CompilerServices.CallSite,
class [mscorlib]System.Type,object>> ::Create(class [System.Core]
System.Runtime.CompilerServices.CallSiteBinder)
IL_0046: stsfld class [System.Core]System.Runtime. CompilerServices.CallSite`1
<class [mscorlib]System.Action`3
<class [System.Core]System.Runtime.CompilerServices.CallSite,
class [mscorlib]System.Type,object>> DeCompile.Program/'<Main>
o__SiteContainer0'::'<>p__Site1'
IL_004b: br.s IL_004d
IL_004d: ldsfld class [System.Core]System.Runtime. CompilerServices.CallSite`1
<class [mscorlib]System.Action`3
<class [System.Core]System.Runtime.CompilerServices.CallSite,
class [mscorlib]System.Type,object >> DeCompile.Program/'<Main>
o__SiteContainer0'::' <>p__Site1'
IL_0052: ldfld !0 class [System.Core]System.Runtime.
CompilerServices.CallSite`1

```

```

<class [mscorlib]System.Action`3
<class [System.Core]System.Runtime.CompilerServices.CallSite,
class [mscorlib]System.Type,object>>:Target
  IL_0057: ldsfld class [System.Core]System.Runtime.CompilerServices.CallSite`1
<class [mscorlib]System.Action`3
<class [System.Core]System.Runtime.CompilerServices.CallSite,
class [mscorlib]System.Type,object>> DeCompile.Program/'<Main>
  o _SiteContainer0': '<p _Site1'
  IL_005c: ldtoken [mscorlib]System.Console
  IL_0061: call class [mscorlib]System.Type
    [mscorlib]System.Type::GetTypeFromHandle
(valuetype [mscorlib]System.RuntimeTypeHandle)
  IL_0066: ldloc.0
  IL_0067: ldfld object DeCompile.DynamicClass::DynValue
  IL_006c: callvirt instance void class [mscorlib]System.Action`3
    <class [System.Core]System.Runtime.CompilerServices.CallSite, class
    [mscorlib]System.Type,object>::Invoke(!0,!1,!2)
  IL_0071: nop
  IL_0072: call string [mscorlib]System.Console::ReadLine()
  IL_0077: pop
  IL_0078: ret
} // end of method Program::Main

```

显然，C#编译器做了许多工作，以支持动态类型。在生成的代码中，会看到对 `System.Runtime.CompilerServices.CallSite` 类和 `System.Runtime.CompilerServices.CallSiteBinder` 类的引用。

`CallSite` 是在运行期间处理查找操作的类型。在运行期间调用动态对象时，必须找到该对象，看看其成员是否存在。`CallSite` 会缓存这个信息，这样查找操作就不需要重复执行。没有这个过程，循环结构的性能就有问题。

`CallSite` 完成了成员查找操作后，就调用 `CallSiteBinder()` 方法。它从 `CallSite` 中提取信息，并生成表达式树，来表示绑定器绑定的操作。

显然这需要做许多工作。优化非常复杂的操作时要格外小心。显然，使用 `dynamic` 类型是有用的，但它是有代价的。

## 12.3 包含 DLR ScriptRuntime

假定能给应用程序添加脚本编辑功能，并给脚本传入数值和从脚本传出数值，使应用程序可以利用脚本完成工作。这些都是应用程序中包含 DLR 的 `ScriptRuntime` 而提供的功能。目前，`IronRuby`、`IronPython` 和 `JavaScript` 都支持包含在应用程序中的脚本语言。

有了 `ScriptRuntime`，就可以执行存储在文件中的代码段或完整的脚本。可以选择合适的语言引擎，或者让 DLR 确定使用什么引擎。脚本可以在自己的应用程序域或者在当前的应用程序域中创建。不仅可以给脚本传入数值并从脚本中传出数值，还可以在脚本中调用在动态对象上创建的方法。

这种灵活性为包含 `ScriptRuntime` 提供了无数种用法。下面的示例说明了使用 `ScriptRuntime` 的一种方式。假定有一个购物车应用程序，它的一个要求是根据某种标准计算折扣。这些折扣常常随着新销售策略的启动和完成而变化。处理这个要求有许多方式，本例将说明如何使用 `ScriptRuntime` 和少量 Python 脚本达到这个要求。

为了简单起见,本例是一个 Windows 客户端应用程序。它也可以是一个大型 Web 应用程序或任何其他应用程序的一部分。图 12-1 显示了这个应用程序的样例屏幕。

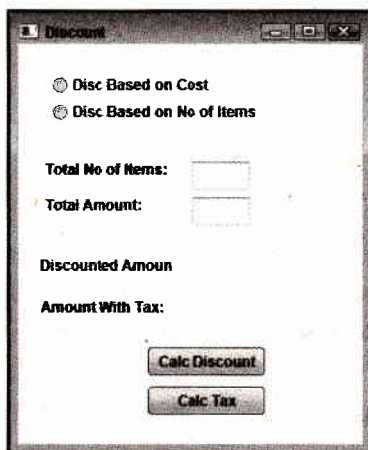


图 12-1

该应用程序提取所购买的物品数量和物品的总价,并根据所选的单选按钮使用某个折扣。在实际的应用程序中,系统使用略微复杂的方式确定要使用的折扣,但对于本例,单选按钮就足够了。

下面是计算折扣的代码:



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
private void button1_Click(object sender, RoutedEventArgs e)
{
    string scriptToUse;
    if (CostRadioButton.IsChecked.Value)
    {
        scriptToUse = "AmountDisc.py";
    }
    else
    {
        scriptToUse = "CountDisc.py";
    }
    ScriptRuntime scriptRuntime = ScriptRuntime.CreateFromConfiguration();
    ScriptEngine pythEng = scriptRuntime.GetEngine("Python");
    ScriptSource source = pythEng.CreateScriptSourceFromFile(scriptToUse);
    ScriptScope scope = pythEng.CreateScope();
    scope.SetVariable("prodCount", Convert.ToInt32(totalItems.Text));
    scope.SetVariable("amt", Convert.ToDecimal(totalAmt.Text));
    source.Execute(scope);
    label5.Content = scope.GetVariable("retAmt").ToString();
}
```

代码段 Window1.xaml.cs

第一部分仅确定要应用折扣的脚本 AmountDisc.py 或 CountDisc.py。AmountDisc.py 根据购买的金额计算折扣。

```
discAmt = .25
retAmt = amt
if amt > 25.00:
    retAmt = amt-(amt * discAmt)
```

能打折的最低购买金额是\$25.00。如果购买金额小于这个值，就不计算折扣，否则就使用 2.5% 的折扣率。

CountDisc.py 根据购买的物品数量计算折扣：

```
discCount = 5
discAmt = .1
retAmt = amt
if prodCount > discCount:
    retAmt = amt - (amt * discAmt)
```

在这个 Python 脚本中，购买的物品数量必须大于 5，才能给总价应用 10% 的折扣率。

下一部分是启动 ScriptRuntime 环境。这需要执行 4 个特定的步骤：创建 ScriptRuntime 对象、设置合适的 ScriptEngine 和创建 ScriptSource，以及创建 ScriptScope。

ScriptRuntime 对象是起点，也是包含 ScriptRuntime 的基础。它拥有包含环境的全局状态。ScriptRuntime 对象使用 CreateFromConfiguration() 静态方法创建。app.config 如下所示：

```
<configuration>
  <configSections>
    <section
      name="microsoft.scripting"
      type="Microsoft.Scripting.Hosting.Configuration.Section,
        Microsoft.Scripting,
        Version=0.9.6.10,
        Culture=neutral,
        PublicKeyToken=null"
      requirePermission="false" />
  </configSections>

  <microsoft.scripting>
    <languages>
      <language
        names="IronPython;Python;py"
        extensions=".py"
        displayName="IronPython 2.6 Alpha"
        type="IronPython.Runtime.PythonContext,
          IronPython,
          Version=2.6.0.1,
          Culture=neutral,
          PublicKeyToken=null" />
    </languages>
  </microsoft.scripting>
</configuration>
```

这段代码定义了“microsoft.scripting”的一部分，设置了 IronPython 语言引擎的几个属性。

接着，从 ScriptRuntime 中获取一个对 ScriptEngine 的引用。在本例中，指定需要 Python 引擎，但 ScriptRuntime 可以自己确定这一点，因为脚本的扩展名是 py。

ScriptEngine 完成了执行脚本代码的工作。执行文件或代码段中的脚本有几种方法。ScriptEngine 还提供了 ScriptSource 和 ScriptScope。

ScriptSource 对象允许访问脚本，它表示脚本的源代码。有了它，就可以操作脚本的源代码。从磁盘上加载它，逐行解析它，甚至把脚本编译到 CompiledCode 对象中。如果多次执行同一个脚本，

这就很方便。

`ScriptScope` 对象实际上是一个名称空间。要给脚本传入值或从脚本传出值，应把一个变量绑定到 `ScriptScope` 上。本例调用 `SetVariable` 方法给 Python 脚本传入 `prodCount` 变量和 `amt` 变量。它们是 `totalItems` 文本框和 `totalAmt` 文本框中的值。计算出来的折扣使用 `GetVariable()` 方法从脚本中检索。在本例中，`retAmt` 变量包含了我们需要的值。

在 `CalcTax` 按钮中，调用了 Python 对象上的方法。`CalcTax.py` 脚本是一个非常简单的方法，它接受一个输入值，加上 7.5% 的税，再返回新值。代码如下：

```
def CalcTax(amount):
    return amount * 1.075
```

下面是调用 `CalcTax()` 方法的 C# 代码：

```
private void button2_Click(object sender, RoutedEventArgs e)
{
    ScriptRuntime scriptRuntime = ScriptRuntime.CreateFromConfiguration();
    dynamic calcRate = scriptRuntime.UseFile("CalcTax.py");
    label6.Content = calcRate.CalcTax(Convert.ToDecimal(label5.Content)).ToString();
}
```

这是一个非常简单的过程。这里再次使用与前面相同的配置设置创建了 `ScriptRuntime` 对象。`calcRate` 是一个 `ScriptScope` 对象，它定义为动态对象，以便轻松地调用 `CalcTax()` 方法。这是使用动态类型简化编程工作的一个示例。

## 12.4 DynamicObject 和 ExpandoObject

如果要创建自己的动态对象，该怎么办？这有两种方法：从 `DynamicObject` 中派生，或者使用 `ExpandoObject`。使用 `DynamicObject` 需要做的工作较多，因为必须重写几个方法。`ExpandoObject` 是一个可立即使用的密封类。

### 12.4.1 DynamicObject

考虑一个表示人的对象。一般应定义名字、中间名和姓氏等属性。现在假定要在运行期间构建这个对象，且系统事先不知道该对象有什么属性或该对象可能支持什么方法。此时就可以使用基于 `DynamicObject` 的对象。需要这类功能的场合几乎没有，但到目前为止，C# 语言还没有提供该功能。

先看看 `DynamicObject`：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
class WroxDynamicObject : DynamicObject
{
    Dictionary<string, object> _dynamicData = new Dictionary<string, object>();
    public override bool TryGetMember(GetMemberBinder binder, out object result)
    {
        bool success = false;
        result = null;
        if (_dynamicData.ContainsKey(binder.Name))
        {
```

```

        result = _dynamicData[binder.Name];
        success = true;
    }
    else
    {
        result = "Property Not Found!";
        success = false;
    }
    return success;
}

public override bool TrySetMember(SetMemberBinder binder, object value)
{
    _dynamicData[binder.Name] = value;
    return true;
}

public override bool TryInvokeMember(InvokeMemberBinder binder,
                                     object[] args,
                                     out object result)
{
    dynamic method = _dynamicData[binder.Name];
    result = method((DateTime)args[0]);
    return result != null;
}
}

```

代码段 `DynamicProgram.cs`

在这个示例中，重写了 3 个方法 `TrySetMember()`、`TryGetMember()` 和 `TryInvokeMember()`。

`TrySetMember()` 方法给对象添加了新方法、属性或字段。本例把成员信息存储在一个 `Dictionary` 对象中。传送给 `TrySetMember()` 方法的 `SetMemberBinder` 对象包含 `Name` 属性，它用于标识 `Dictionary` 中的元素。

`TryGetMember()` 方法根据 `GetMemberBinder` 对象的 `Name` 属性检索存储在 `Dictionary` 中的对象。这些方法如何使用？下面的代码使用了刚才新建的动态对象：

```

dynamic wroxDyn = new WroxDynamicObject();
wroxDyn.FirstName = "Bugs";
wroxDyn.LastName = "Bunny";
Console.WriteLine(wroxDyn.GetType());
Console.WriteLine("{0} {1}", wroxDyn.FirstName, wroxDyn.LastName);

```

看起来很简单，但在哪里调用了重写的方法？正是 `.NET Framework` 帮助完成了调用。`DynamicObject` 处理了绑定，我们只需引用 `FirstName` 和 `LastName` 属性即可，就好像它们一直存在一样。

如何添加方法？这很简单。可以使用上例中的 `WroxDynamicObject`，给它添加 `GetTomorrowDate()` 方法，该方法接受一个 `DateTime` 对象为参数，返回表示第二天的日期字符串。代码如下：

```

dynamic wroxDyn = new WroxDynamicObject();
Func<DateTime, string> GetTomorrow = today => today.AddDays(1).ToShortDateString();
wroxDyn.GetTomorrowDate = GetTomorrow;
Console.WriteLine("Tomorrow is {0}", wroxDyn.GetTomorrowDate(DateTime.Now));

```

这段代码使用 `Func<T, TResult>` 创建了委托 `GetTomorrow`。该委托表示的方法调用了 `AddDays`，给传入的 `Date` 加上一天，返回得到的日期字符串。接着把委托设置为 `wroxDyn` 对象上的 `GetTomorrowDate()` 方法。最后一行调用新方法，并传递今天的日期。

动态功能再次发挥了作用，对象上有了一个有效的方法。

## 12.4.2 ExpandableObject

`ExpandableObject` 的工作方式类似于上一节创建的 `WroxDynamicObject`，区别是不必重写方法，如下面的代码示例所示：

```
static void DoExpando()
{
    dynamic expObj = new ExpandableObject();
    expObj.FirstName = "Daffy";
    expObj.LastName = "Duck";
    Console.WriteLine(expObj.FirstName + " " + expObj.LastName);
    Func<DateTime, string>GetTomorrow = today => today.AddDays(1).ToShortDateString();
    expObj.GetTomorrowDate = GetTomorrow;
    Console.WriteLine("Tomorrow is {0}", expObj.GetTomorrowDate(DateTime.Now));

    expObj.Friends = new List<Person>();
    expObj.Friends.Add(new Person() { FirstName = "Bob", LastName = "Jones" });
    expObj.Friends.Add(new Person() { FirstName = "Robert", LastName = "Jones" });
    expObj.Friends.Add(new Person() { FirstName = "Bobby", LastName = "Jones" });

    foreach (Person friend in expObj.Friends)
    {
        Console.WriteLine(friend.FirstName + " " + friend.LastName);
    }
}
```

注意这段代码与前面的代码几乎完全相同，也添加了 `FirstName` 和 `LastName` 属性，以及 `GetTomorrow` 函数，但它还多做了一件事——把一个 `Person` 对象集合添加为对象的一个属性。

初看起来，这似乎与使用 `dynamic` 类型没有区别。但其中有两个微妙的区别非常重要。第一，不能仅创建 `dynamic` 类型的空对象。必须把 `dynamic` 类型赋予某个对象，例如，下面的代码是无效的：

```
dynamic dynObj;
dynObj.FirstName = "Joe";
```

与前面的示例一样，此时可以使用 `ExpandableObject`。

第二，因为 `dynamic` 类型必须赋予某个对象，所以如果执行 `GetType` 调用，它就会报告赋予了 `dynamic` 类型的对象类型。所以如果把它赋予 `int`，`GetType` 就报告它是一个 `int`。这不适用于 `ExpandableObject` 或派生自 `DynamicObject` 的对象。

如果需要控制动态对象中属性的添加和访问，则使该对象派生自 `DynamicObject` 是最佳选择。使用 `DynamicObject`，可以重写几个方法，准确地控制对象与运行库的交互方式。而对于其他情况，就应使用 `dynamic` 类型或 `ExpandableObject`。

## 12.5 小结

本章介绍了如何使用新的 `dynamic` 类型。还讨论了编译器在遇到 `dynamic` 类型时会做什么。我们探讨了 `Dynamic Language Runtime`，可以把它包含在简单的应用程序中。并通过 Python 使用 DLR，执行 Python 脚本，传入传出脚本要使用的值。最后，通过从 `DynamicObject` 派生一个类，创建了自己的动态类型。

动态开发越来越流行，它允许执行在静态的类型化语言中很难实现的操作。`dynamic` 类型和 DLR 允许 C# 程序员使用某些动态功能。



# 第 13 章

## 内存管理和指针

本章内容:

- 运行库在栈和堆上分配空间
- 垃圾回收
- 使用析构函数和 `System.IDisposable` 接口来释放非托管的资源
- C#中使用指针的语法
- 使用指针实现基于栈的高性能数组

本章介绍内存管理和内存访问的各个方面。尽管运行库负责为程序员处理大部分内存管理工作，但程序员仍必须理解内存管理的工作原理，了解如何高效地处理非托管的资源。

如果很好地理解了内存管理和 C#提供的指针功能，也就能很好地集成 C#代码和原来的代码，并能在非常注重性能的系统高效地处理内存。

### 13.1 后台内存管理

C#编程的一个优点是程序员不需要担心具体的内存管理，垃圾回收器会自动处理所有的内存清理工作。用户可以得到像 C++语言那样的效率，而不需要考虑像在 C++中那样内存管理工作的复杂性。虽然不必手动管理内存，但仍需理解后台发生的事情。理解程序在后台如何处理内存有助于提高应用程序的速度和性能。本节要介绍给变量分配内存时在计算机的内存中发生的情况。



本节不详细介绍许多主题的相关内容。您应把这一节看作是一般过程的简化向导，而不是实现的确切说明。

#### 13.1.1 值数据类型

Windows 使用一个系统：虚拟寻址系统，该系统把程序可用的内存地址映射到硬件内存中的实际地址上，这些任务完全由 Windows 在后台管理。其实际结果是 32 位处理器上的每个进程都可以使用 4GB 的内存——无论计算机上实际有多少硬盘空间(在 64 位处理器上，这个数字会更大)。这个 4GB 的内存实际上包含了程序的所有部分，包括可执行代码、代码加载的所有 DLL，以及程序运行时使用的所有变量的内容。这个 4GB 的内存称为虚拟地址空间，或虚拟内存。为了方便起见，本章将

它简称为内存。

4GB 中的每个存储单元都是从 0 开始往上排序的。要访问存储在内存的某个空间中的一个值，就需要提供表示该存储单元的数字。在任何复杂的高级语言中，如 C#、VB、C++ 和 Java，编译器负责把人们可以理解的变量名转换为处理器可以理解的内存地址。

在进程的虚拟内存中，有一个区域称为栈。栈存储不是对象成员的值数据类型。另外，在调用一个方法时，也使用栈存储传递给方法的所有参数的副本。为了理解栈的工作原理，需要注意在 C# 中变量的作用域。如果变量 a 在变量 b 之前进入作用域，b 就会首先超出作用域。下面的代码：

```
{
    int a;
    // do something
    {
        int b;
        // do something else
    }
}
```

首先声明 a。在内部代码块中声明了 b。然后内部代码块终止，b 就超出作用域，最后 a 超出作用域。所以 b 的生存期完全包含在 a 的生存期中。在释放变量时，其顺序总是与给它们分配内存的顺序相反，这就是栈的工作方式。

还要注意，b 在另一个代码块中(通过另一对嵌套的花括号来定义)。因此，它包含在另一个作用域中。这称为块作用域或结构作用域。

我们不知道栈具体在地址空间的什么地方，这些信息在进行 C# 开发是不需要知道的。栈指针(操作系统维护的一个变量)表示栈中下一个空闲存储单元的地址。程序第一次开始运行时，栈指针指向为栈保留的内存块末尾。栈实际上是向下填充的，即从高内存地址向低内存地址填充。当数据入栈后，栈指针就会随之调整，以始终指向下一个空闲存储单元。这种情况如图 13-1 所示。在该图中，显示了栈指针 800 000(十六进制的 0xC3500)，下一个空闲存储单元是地址 799 999。

下面的代码会告诉编译器，需要一些存储空间以存储一个整数和一个双精度浮点数，这些存储单元分别称为 nRacingCars 和 engineSize，声明每个变量的代码行表示开始请求访问这个变量，在其中声明变量闭合花括号中的代码块标识这两个变量超出作用域的地方：

```
{
    int nRacingCars = 10;
    double engineSize = 3000.0;
    // do calculations;
}
```

假定使用如图 13-1 所示的栈。nRacingCars 变量进入作用域，赋值为 10，这个值放在存储单元 799 996~799 999 上，这 4 个字节就在栈指针所指空间的下面。有 4 个字节是因为存储 int 要使用 4 个字节。为了容纳该 int，应从栈指针对应的值中减去 4，所以它现在指向位置 799 996，即下一个空闲单元(799 995)。



图 13-1

下一行代码声明变量 `engineSize`(这是一个 `double`)，把它初始化为 3 000.0。一个 `double` 数要占用 8 个字节，所以值 3 000.0 放在栈上的存储单元 799 988~799 995 上，栈指针对应的值减去 8，再次指向栈上的下一个空闲单元。

当 `engineSize` 超出作用域时，计算机就知道不再需要这个变量了。因为变量的生存期总是嵌套的，当 `engineSize` 在作用域中时，无论发生什么情况，都可以保证栈指针总是会指向存储 `engineSize` 的空间。为了从内存中删除这个变量，应给栈指针对应的值递增 8，现在它指向 `engineSize` 末尾紧接着的空间。此处就是放置闭合花括号的地方。当 `nRacingCars` 也超出作用域时，栈指针对应的值就再次递增 4。从栈中删除 `engineSize` 和 `nRacingCars` 之后，此时如果在作用域中又放入另一个变量，从 799 999 开始的存储单元就会被覆盖，这些空间以前是存储 `nRacingCars` 的。

如果编译器遇到 `int i, j` 这样的代码行，则这两个变量进入作用域的顺序是不确定的。两个变量是同时声明的，也是同时超出作用域的。此时，变量以什么顺序从内存中删除就不重要了。编译器在内部会确保先放在内存中的那个变量后删除，这样就能保证该规则不会与变量的生存期冲突。

### 13.1.2 引用数据类型

尽管栈有非常高的性能，但对于所有的变量它还是不太灵活。变量的生存期必须嵌套，在许多情况下，这种要求都过于苛刻。通常我们希望使用一个方法分配内存，来存储一些数据，并在方法退出后的很长一段时间内数据仍是可用的。只要是用 `new` 运算符来请求分配存储空间，就存在这种可能性——例如对于所有的引用类型。此时就要使用托管堆。

如果读者以前编写过需要管理低级内存的 C++ 代码，就会很熟悉堆(heap)。托管堆和 C++ 使用的堆不同，它在垃圾回收器的控制下工作，与传统的堆相比有很显著的优势。

托管堆(简称为堆)是处理器的可用 4GB 中的另一个内存区域。要了解堆的工作原理和如何为引用数据类型分配内存，看看下面的代码：

```
void DoWork()
{
    Customer arabel;
    arabel = new Customer();
    Customer otherCustomer2 = new EnhancedCustomer();
}
```

在这段代码中，假定存在两个类 `Customer` 和 `EnhancedCustomer`。`EnhancedCustomer` 类扩展了 `Customer` 类。

首先，声明一个 `Customer` 引用 `arabel`，在栈上给这个引用分配存储空间，但这仅是一个引用，而不是实际的 `Customer` 对象。`arabel` 引用占用 4 个字节的内存，足够包含在其中存储 `Customer` 对象的地址(需要 4 个字节把 0~4GB 之间的内存地址表示为一个整数)。

然后看下一行代码：

```
arabel = new Customer();
```

这行代码完成了以下操作：首先，它分配堆上的内存，以存储 `Customer` 对象(一个真正的对象，不只是一个地址)。然后把变量 `arabel` 的值设置为分配给新 `Customer` 对象的内存地址(它还调用合适的 `Customer()` 构造函数初始化类实例中的字段，但此处我们不必担心这部分)。

`Customer` 实例没有放在栈中，而是放在堆中。在这个例子中，现在还不知道一个 `Customer` 对

象占用多少字节，但为了讨论方便，假定是 32 个字节。这 32 个字节包含了 `Customer` 实例的字段，和 .NET 用于识别和管理其类实例的一些信息。

为了在堆上找到存储新 `Customer` 对象的一个存储位置，.NET 运行库在堆中搜索，选取第一个未使用的且包含 32 个字节的连续块。为了讨论方便，假定其地址是 200 000，`arabel` 引用占用栈中的 799 996~799 999 位置。这表示在实例化 `arabel` 对象前，内存的内容应如图 13-2 所示。

给 `Customer` 对象分配空间后，内存的内容应如图 13-3 所示。注意，与栈不同，堆上的内存是向上分配的，所以空闲空间在已用空间的上面。



图 13-2



图 13-3

下一行代码声明了一个 `Customer` 引用，并实例化一个 `Customer` 对象。在这个例子中，需要在栈上为 `otherCustomer2` 引用分配空间，同时，也需要在堆上的一行单码中为 `mrJones` 对象分配空间：

```
Customer otherCustomer2 = new EnhancedCustomer();
```

该行把栈上的 4 个字节分配给 `otherCustomer2` 引用，它存储在 799 992~799 995 位置上，而 `otherCustomer2` 对象在堆上从 200 032 开始向上分配空间。

从这个例子可以看出，建立引用变量的过程要比建立值变量的过程更复杂，且不能避免性能的系统开销。实际上，我们对这个过程进行了过分的简化，因为 .NET 运行库需要保存堆的状态信息，在堆中添加新数据时，这些信息也需要更新。尽管有这些性能开销，但仍有一种机制，在给变量分配内存时，不会受到栈的限制。把一个引用变量的值赋予另一个相同类型的变量，就有两个引用内存中同一对象的变量了。当一个引用变量超出作用域时，它会从栈中删除，如上一节所述，但引用对象的数据仍保留在堆中，一直到程序终止，或垃圾回收器删除它为止，而只有在该数据不再被任何变量引用时，它才会被删除。

这就是引用数据类型的强大之处，在 C# 代码中广泛使用了这个特性。这说明，我们可以对数据的生存期进行非常强大的控制，因为只要保持对数据的引用，该数据就肯定存在于堆上。

### 13.1.3 垃圾回收

由上面的讨论和图 13-2 和图 13-3 可以看出，托管堆的工作方式非常类似于栈，在某种程度上，对象会在内存中一个挨一个地放置，这样就很容易使用指向下一个空闲存储单元的堆指针，来确定下一个对象的位置。在堆上添加更多的对象时，也容易调整。但这比较复杂，因为基于堆的对象的生存期与引用它们的基于栈的变量的作用域不匹配。

在垃圾回收器运行时，它会从堆中删除不再引用的所有对象。在完成删除操作后，堆会立即把对象分散开来，与已经释放的内存混合在一起，如图 13-4 所示。

如果托管的堆也是这样，在其上给新对象分配内存就成为一个很难处理的过程，运行库必须搜索整个堆，才能找到足够大的内存块来存储每个新对象。但是，垃圾回收器不会让堆处于这种状态。只要它释放了能释放的所有对象，就会把其他对象移动回堆的端部，再次形成一个连续的内存块。因此，堆可以继续像栈那样确定在什么地方存储新对象。当然，在移动对象时，这些对象的所有引用都需要用正确的新地址来更新，但垃圾回收器也会处理更新问题。

垃圾回收器的这个压缩操作是托管的堆与非托管的旧堆的区别所在。使用托管的堆，就只需要读取堆指针的值即可，而不需遍历地址的链表，来查找一个地方来放置新数据。因此，在.NET 下实例化对象要快得多。有趣的是，访问它们也比较快，因为对象会压缩到堆上相同的内存区域，这样需要交换的页面较少。Microsoft 相信，尽管垃圾回收器需要做一些工作，压缩堆，修改它移动的所有对象引用，致使性能降低，但这些性能会得到更多弥补。

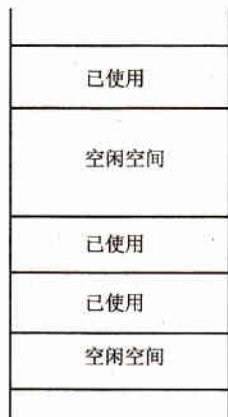


图 13-4



一般情况下，垃圾收集器在.NET 运行库认为需要它时运行。可以调用 `System.GC.Collect()` 方法，强迫垃圾回收器在代码的某个地方运行，`System.GC` 类是一个表示垃圾回收器的 .NET 类，`Collect()` 方法初始化垃圾回收器。但是，GC 类适用的场合很少，例如，代码中有大量的对象刚刚取消引用，就适合调用垃圾收集器。但是，垃圾回收器的逻辑不能保证在一次垃圾收集过程中，所有未引用的对象都从堆中删除。

垃圾回收器运行时，它实际上会降低应用程序的性能，因为在垃圾回收器完成其任务之前，应用程序不可能继续运行。使用.NET 垃圾回收器可以减小这个问题的影响，因为它是一个世代 (generational) 垃圾回收器。

创建对象时，会把这些对象放在托管堆上。堆的第一部分称为第 0 代。创建新对象时，会把它们移动到堆的这个部分中。因此，这里驻留了最新的对象。

对象会继续放在这个部分，直到第一个对象集合在垃圾回收的过程中生成。这个清理过程之后仍保留的对象会被压缩，然后移动到堆的下一部分上或世代部分——第 1 代对应的部分。

此时，第 0 代对应的部分为空，所有的新对象都再次放在这一部分上。在垃圾回收过程中遗留下来的旧对象放在第 1 代对应的部分上。老对象的这种移动会再次发生。接着重复下一次回收过程。这意味着，第 1 代中在垃圾回收过程中遗留下来的对象会移动到堆的第 2 代，位于第 0 代的对象会移动到第 1 代，第 0 代仍用于放置新对象。



有趣的是，在给对象分配内存空间时，如果超出了第 0 代对应的部分的容量，或者调用了 `GC.Collect()` 方法，就会进行垃圾回收。

这个过程极大地提高了应用程序的性能。一般而言，最新的对象通常是可以回收的对象，而且

可能也会回收大量比较新的对象。如果这些对象在堆中的位置是相邻的，垃圾回收过程就会更快。另外，相关的对象相邻放置也会使程序执行得更快。

在 .NET 中，垃圾回收提高性能的另一个领域是架构处理堆上较大对象的方式。在 .NET 下，较大对象有自己的托管堆，称为大对象堆。使用大于 85 000 个字节的对象时，它们就会放在这个特殊的堆上，而不是主堆上。NET 应用程序不知道两者的区别，因为这是自动完成的。其原因是在堆上压缩大对象是比较昂贵的，因此驻留在大对象堆上的对象不执行压缩过程。

## 13.2 释放非托管的资源

垃圾回收器的出现意味着，通常不需要担心不再需要的对象，只要让这些对象的所有引用都超出作用域，并允许垃圾回收器在需要时释放内存即可。但是，垃圾回收器不知道如何释放非托管的资源(例如文件句柄、网络连接和数据库连接)。托管类在封装对非托管资源的直接或间接引用时，需要制定专门的规则，确保非托管的资源在回收类的一个实例时释放。

在定义一个类时，可以使用两种机制来自动释放非托管的资源。这些机制常常放在一起实现，因为每种机制都为问题提供了略有不同的解决方法。这两种机制是：

- 声明一个析构函数(或终结器)，作为类的一个成员
- 在类中实现 System.IDisposable 接口

下面依次讨论这两种机制，然后介绍如何同时实现它们，以获得最佳的效果。

### 13.2.1 析构函数

前面介绍了构造函数可以指定必须在创建类的实例时进行的某些操作。相反，在垃圾回收器销毁对象之前，也可以调用析构函数。由于执行这个操作，因此析构函数初看起来似乎是放置释放非托管资源、执行一般清理操作的代码的最佳地方。但是，事情并不是如此简单。



在讨论 C# 中的析构函数时，在底层的 .NET 体系结构中，这些函数称为终结器 (finalizer)。在 C# 中定义析构函数时，编译器发送给程序集的实际上是 Finalize() 方法。它不会影响源代码，但如果需要查看程序集的内容，就应知道这个事实。

C++ 开发人员应很熟悉析构函数的语法。它看起来类似于一个方法，与包含的类同名，但有一个前缀波浪形符(~)。它没有返回类型，不带参数，没有访问修饰符。下面是一个例子：

```
class MyClass
{
    ~MyClass()
    {
        // destructor implementation
    }
}
```

C# 编译器在编译析构函数时，它会隐式地把析构函数的代码编译为等价于 Finalize() 方法的代码，从而确保执行父类的 Finalize() 方法。下面列出了等价于编译器为 ~MyClass() 析构函数生成的 IL 的 C# 代码：

```
protected override void Finalize()
{
    try
    {
        // destructor implementation
    }
    finally
    {
        base.Finalize();
    }
}
```

如上所示，在~MyClass()析构函数中实现的代码封装在 Finalize()方法的一个 try 块中。对父类的 Finalize()方法的调用放在 finally 块中，确保该调用的执行。第 15 章会讨论 try 块和 finally 块。

有经验的 C++开发人员大量使用了析构函数，有时不仅用于清理资源，还提供调试信息或执行其他任务。C#析构函数要比 C++析构函数的使用少得多。与 C++析构函数相比，C#析构函数的问题是它们的不确定性。在销毁 C++对象时，其析构函数会立即运行。但由于使用 C#时垃圾回收器的工作方式，无法确定 C#对象的析构函数何时执行。所以，不能在析构函数中放置需要在某一时刻运行的代码，也不应使用能以任意顺序对不同类的实例调用的析构函数。如果对象占用了宝贵而重要的资源，应尽快释放这些资源，此时就不能等待垃圾回收器来释放了。

另一个问题是 C#析构函数的实现会延迟对象最终从内存中删除的时间。没有析构函数的对象会在垃圾回收器的一次处理中从内存中删除，但有析构函数的对象需要两次处理才能销毁：第一次调用析构函数时，没有删除对象，第二次调用才真正删除对象。另外，运行库使用一个线程来执行所有对象的 Finalize()方法。如果频繁使用析构函数，而且使用它们执行长时间的清理任务，对性能的影响就会非常显著。

### 13.2.2 IDisposable 接口

在 C#中，推荐使用 System.IDisposable 接口替代析构函数。IDisposable 接口定义了一种模式(具有语言级的支持)，该模式为释放非托管的资源提供了确定的机制，并避免产生析构函数固有的与垃圾回收器相关的问题。IDisposable 接口声明了一个 Dispose()方法，它不带参数，返回 void，MyClass 类的 Dispose()方法的实现代码如下：

```
class MyClass: IDisposable
{
    public void Dispose()
    {
        // implementation
    }
}
```

Dispose()方法的实现代码显式地释放由对象直接使用的非托管资源，并在所有也实现 IDisposable 接口的封装对象上调用 Dispose()方法。这样，Dispose()方法为何时释放非托管资源提供了精确的控制。

假定有一个 ResourceGobbler 类，它依赖于使用某些外部资源，且实现 IDisposable 接口。如果要实例化这个类的实例，使用它，然后释放它，就可以使用下面的代码：

```
ResourceGobbler theInstance = new ResourceGobbler();

// do your processing

theInstance.Dispose();
```

但是，如果在处理过程中出现异常，这段代码就没有释放 `theInstance` 使用的资源，所以应使用 `try` 块(详见第 15 章)，编写下面的代码：

```
ResourceGobbler theInstance = null;

try
{
    theInstance = new ResourceGobbler();
    // do your processing
}
finally
{
    if (theInstance != null)
    {
        theInstance.Dispose();
    }
}
```

即使在处理过程中出现了异常，这个版本也可以确保总是在 `theInstance` 上调用 `Dispose()` 方法，总是释放 `theInstance` 使用的任意资源。但是，如果总是要重复这样的结构，代码就很容易被混淆。C# 提供了一种语法，可以确保在实现 `IDisposable` 接口的对象的引用超出作用域时，在该对象上自动调用 `Dispose()` 方法。该语法使用了 `using` 关键字来完成这一工作——该关键字在完全不同的环境下，它与名称空间没有关系。下面的代码生成与 `try` 块等价的 IL 代码：

```
using (ResourceGobbler theInstance = new ResourceGobbler())
{
    // do your processing
}
```

`using` 语句的后面是一对圆括号，其中是引用变量的声明和实例化，该语句使变量放在随后的语句块中。另外，在变量超出作用域时，即使出现异常，也会自动调用其 `Dispose()` 方法。然而，如果已经使用 `try` 块来捕获其他异常，就会比较清晰，如果避免使用 `using` 语句，仅在已有的 `try` 块的 `finally` 子句中调用 `Dispose()` 方法，还可以避免进行额外的代码缩进。



对于某些类，使用 `Close()` 方法要比 `Dispose()` 方法更富有逻辑性，例如，在处理文件或数据库连接时就是这样。在这些情况下，常常实现 `IDisposable` 接口，再实现一个独立的 `Close()` 方法，`Close()` 方法只调用 `Dispose()` 方法。这种方法在类的使用上比较清晰，还支持 C# 提供的 `using` 语句。

### 13.2.3 实现 `IDisposable` 接口和析构函数

前面的章节讨论了类所使用的释放非托管资源的两种方式：



从上述代码可以看出, `Dispose()`方法有第二个 `protected` 重载方法, 它带一个布尔参数, 这是真正完成清理工作的方法。`Dispose(bool)`方法由析构函数和 `IDisposable.Dispose()`方法调用。这种方式的重点是确保所有的清理代码都放在一个地方。

传递给 `Dispose(bool)`方法的参数表示 `Dispose(bool)`方法是由析构函数调用, 还是由 `IDisposable.Dispose()`方法调用——`Dispose(bool)`方法不应从代码的其他地方调用, 其原因是:

- 如果使用者调用 `IDisposable.Dispose()`方法, 该使用者就指定应清理所有与该对象相关的资源, 包括托管和非托管的资源。
- 如果调用了析构函数, 原则上所有的资源仍需要清理。但是在这种情况下, 析构函数必须由垃圾回收器调用, 而且用户不应试图访问其他托管的对象, 因为我们不再能确定它们的状态了。在这种情况下, 最好清理已知的非托管资源, 希望任何引用的托管对象还有析构函数, 这些析构函数执行自己的清理过程。

`isDisposed` 成员变量表示对象是否已被清理, 并确保不试图多次清理成员变量。它还允许在执行实例方法之前测试对象是否已清理, 如 `SomeMethod()`方法所示。这个简单的方法不是线程安全的, 需要调用者确保在同一时刻只有一个线程调用方法。要求使用者进行同步是一个合理的假定, 在整个 .NET 类库中(例如, 在集合类中)反复使用了这个假定。第 20 章将讨论线程和同步。

最后, `IDisposable.Dispose()`方法包含一个对 `System.GC.SuppressFinalize()`方法的调用。GC 类表示垃圾回收器, `SuppressFinalize()`方法则告诉垃圾回收器有一个类不再需要调用其析构函数了。因为 `Dispose()`方法已经完成了所有需要的清理工作, 所以析构函数不需要做任何工作。调用 `SuppressFinalize()`方法就意味着垃圾回收器认为这个对象根本没有析构函数。

## 13.3 不安全的代码

如前面的章节所述, C#非常擅长于对开发人员隐藏大部分基本内存管理, 因为它使用了垃圾回收器和引用。但是, 有时需要直接访问内存。例如, 由于性能问题, 要在外部(非.NET 环境)的 DLL 中访问一个函数, 该函数需要把一个指针当作参数来传递(许多 Windows API 函数就是这样)。本节将论述 C#直接访问内存的内容的功能。

### 13.3.1 用指针直接访问内存

下面把指针当作一个新论题来介绍, 而实际上, 指针并不是新东西。因为在代码中可以自由使用引用, 而引用就是一个类型安全的指针。前面已经介绍了表示对象和数组的变量实际上存储相应数据(引用)的内存地址。指针只是一个以与引用相同的方式存储地址的变量。其区别是 C#不允许直接在引用变量中包含的地址。有了引用后, 从语法上看, 变量就可以存储引用的实际内容。

C#引用主要用于使 C#语言易于使用, 防止用户无意中执行某些破坏内存中内容的操作。另一方面, 使用指针, 就可以访问实际内存地址, 执行新类型的操作。例如, 给地址加上 4 个字节, 就可以查看甚至修改存储在新地址中的数据。

下面是使用指针的两个主要原因:

- **向后兼容性**——尽管 .NET 运行库提供了许多工具，但仍可以调用本地的 Windows API 函数。对于某些操作这可能是完成任务的唯一方式。这些 API 函数都是用 C 语言编写的，通常要求把指针作为其参数。但在许多情况下，还可以使用 `DllImport` 声明，以避免使用指针，例如，使用 `System.IntPtr` 类。
- **性能**——在一些情况下，速度是最重要的，而指针可以提供最优性能。假定用户知道自己在做什么，就可以确保以最高效的方式访问或处理数据。但是，注意在代码的其他区域中，不使用指针，也可以对性能进行必要的改进。请使用代码配置文件，查找代码中的瓶颈，代码配置文件随 VS 一起安装。

但是，这种低级的内存访问也是有代价的。使用指针的语法比引用类型的语法更复杂。而且，指针使用起来比较困难，需要非常高的编程技巧和很强的能力，仔细考虑代码所完成的逻辑操作，才能成功地使用指针。如果不仔细，使用指针就很容易在程序中引入细微的、难以查找的错误。例如，很容易重写其他变量，导致栈溢出，访问某些没有存储变量的内存区域，甚至重写 .NET 运行库所需要的代码信息，因而使程序崩溃。

另外，如果使用指针，就必须授予代码运行库的代码访问安全机制的高级别信任，否则就不能执行它。在默认的代码访问安全策略中，只有代码运行在本地计算机上，这才是可能的。如果代码必须运行在远程地点，如 Internet，用户就必须给代码授予额外的许可，代码才能工作。除非用户信任您和代码，否则他们不会授予这些许可，第 21 章将讨论代码访问安全性。

尽管有这些问题，但指针在编写高效的代码时是一种非常强大和灵活的工具



这里强烈建议不要使用指针，因为如果使用指针，代码不仅难以编写和调试，而且无法通过 CLR 施加的内存类型安全检查(详见第 1 章)。

### 1. 用 `unsafe` 关键字编写不安全的代码

因为使用指针会带来相关的风险，所以 C# 只允许在特别标记的代码块中使用指针。标记代码所用的关键字是 `unsafe`。下面的代码把一个方法标记为 `unsafe`：

```
unsafe int GetSomeNumber()
{
    // code that can use pointers
}
```

任何方法都可以标记为 `unsafe`——无论该方法是否应用了其他修饰符(例如，静态方法、虚方法等)。在这种方法中，`unsafe` 修饰符还会应用到方法的参数上，允许把指针用作参数。还可以把整个类或结构标记为 `unsafe`，这表示假设所有的成员都是不安全的：

```
unsafe class MyClass
{
    // any method in this class can now use pointers
}
```

同样，可以把成员标记为 `unsafe`：

```
class MyClass
{
    unsafe int* pX; // declaration of a pointer field in a class
}
```

也可以把方法中的一块代码标记为 `unsafe`:

```
void MyMethod()
{
    // code that doesn't use pointers
    unsafe
    {
        // unsafe code that uses pointers here
    }
    // more 'safe' code that doesn't use pointers
}
```

但要注意，不能把局部变量本身标记为 `unsafe`:

```
int MyMethod()
{
    unsafe int *pX; // WRONG
}
```

如果要使用不安全的局部变量，就需要在不安全的方法或语句块中声明和使用它。在使用指针前还有一步要完成。C#编译器会拒绝不安全的代码，除非告诉编译器代码包含不安全的代码块。标记所用的关键字是 `unsafe`。因此，要编译包含不安全代码块的文件 `MySource.cs`(假定没有其他编译器选项)，就要使用下述命令：

```
csc /unsafe MySource.cs
```

或者

```
csc -unsafe MySource.cs
```



如果使用 Visual Studio 2005、2008 或 2010，就可以在项目属性窗口的 Build 选项卡中找到编译不安全代码的选项。

## 2. 指针的语法

把代码块标记为 `unsafe` 后，就可以使用下面的语法声明指针：

```
int* pWidth, pHeight;
double* pResult;
byte*[] pFlags;
```

这段代码声明了 4 个变量，`pWidth` 和 `pHeight` 是整数指针，`pResult` 是 `double` 型指针，`pFlags` 是字节型的数组指针。我们常常在指针变量名的前面使用前缀 `p` 来表示这些变量是指针。在变量声明中，符号 `*` 表示声明一个指针，换言之，就是存储特定类型的变量的地址。



C++开发人员应注意，C++与C#中的语法差异。C#语句中的“`int* pX, pY;`”对应于C++语句中的“`int *pX, *pY;`”。在C#中，\*符号与类型相关，而与变量名无关。

声明了指针类型的变量后，就可以用与一般变量相同的方式使用它们，但首先需要学习另外两个运算符：

- `&`表示“取地址”，并把一个值数据类型转换为指针，例如，`int`转换为`*int`。这个运算符称为寻址运算符。
- `*`表示“获取地址的内容”，把一个指针转换为值数据类型(例如，`*float`转换为`float`)。这个运算符称为“间接寻址运算符”(有时称为“取消引用运算符”)。

从这些定义中可以看出，`&`和`*`的作用是相反的。



假设符号`&`和`*`也表示按位 AND(`&`)和乘法(`*`)运算符，那么如何以这种方式使用它们？答案是在实际使用时它们是不会混淆的，用户和编译器总是知道在什么情况下这两个符号有什么含义，因为按照新指针的定义，这些符号总是以一元运算符的形式出现——它们只作用于一个变量，并出现在代码中变量的前面。另一方面，按位 AND 和乘法运算符是二元运算符，它们需要两个操作数。

下面的代码说明了如何使用这些运算符：

```
int x = 10;
int* pX, pY;
pX = & x;
pY = pX;
*pY = 20;
```

首先声明一个整数 `x`，其值是 10。接着声明两个整数指针 `pX` 和 `pY`。然后把 `pX` 设置为指向 `x`(换言之，把 `pX` 的内容设置为 `x` 的地址)。然后把 `pX` 的值赋予 `pY`，所以 `pY` 也指向 `x`。最后，在语句 `*pY = 20` 中，把值 20 赋予 `pY` 指向的地址包含的内容。实际上是把 `x` 的内容改为 20，因为 `pY` 指向 `x`。注意在这里，变量 `pY` 和 `x` 之间没有任何关系。只是此时 `pY` 碰巧指向存储 `x` 的存储单元而已。

要进一步理解这个过程，假定 `x` 存储在栈的存储单元 `0x12F8C4~0x12F8C7` 中(十进制就是 1243332~1243335，即有 4 个存储单元，因为一个 `int` 占用 4 个字节)。因为栈向下分配内存，所以变量 `pX` 存储在 `0x12F8C0~0x12F8C3` 的位置上，`pY` 存储在 `0x12F8BC~0x12F8BF` 的位置上。注意，`pX` 和 `pY` 也分别占用 4 个字节。这不是因为一个 `int` 占用 4 个字节，而是因为在 32 位处理器上，需要用 4 个字节存储一个地址。利用这些地址，在执行完上述代码后，栈应如图 13-5 所示。

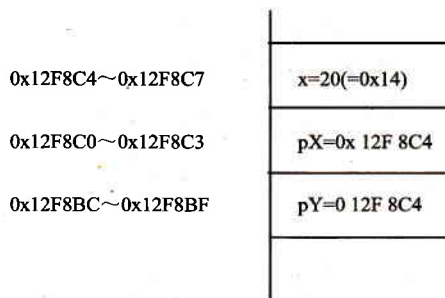


图 13-5



这个示例使用 `int` 来说明该过程，其中 `int` 存储在 32 位处理器中栈的连续空间上，但并不是所有的数据类型都会存储在连续的空间中。原因是 32 位处理器最擅长于在 4 个字节的内存块中检索数据。这种计算机上的内存会分解为 4 个字节的块，在 Windows 上，每个块有时称为 `DWORD`，因为这是 32 位无符号 `int` 数在 .NET 出现之前的名字。这是从内存中获取 `DWORD` 的最高效的方式——跨越 `DWORD` 边界存储数据通常会降低硬件的性能。因此，.NET 运行库通常会给某些数据类型填充一些空间，使它们占用的内存是 4 的倍数。例如，`short` 数据占用两个字节，但如果把一个 `short` 放在栈中，栈指针仍会向下移动 4 个字节，而不是两个字节，这样，下一个存储在栈中的变量就仍从 `DWORD` 的边界开始存储。

可以把指针声明为任意一种值类型——即任何预定义的类型 `uint`、`int` 和 `byte` 等，也可以声明为一个结构。但是不能把指针声明为一个类或数组，因为这么做会使垃圾回收器出现问题。为了正常工作，垃圾回收器需要知道在堆上创建了什么类的实例，它们在什么地方。但如果代码开始使用指针处理类，就很容易破坏堆中 .NET 运行库为垃圾回收器维护的与类相关的信息。在这里，垃圾回收器可以访问的任何数据类型称为托管类型，而指针只能声明为非托管类型，因为垃圾回收器不能处理它们。

### 3. 将指针强制转换为整数类型

由于指针实际上存储了一个表示地址的整数，因此任何指针中的地址都可以和任何整数类型之间相互转换。指针到整数类型的转换必须是显式指定的，隐式的转换是不允许的。例如，编写下面的代码是合法的：

```
int x = 10;
int* pX, pY;
pX = &x;
pY = pX;
*pY = 20;
uint y = (uint)pX;
int* pD = (int*)y;
```

把指针 `pX` 中包含的地址强制转换为一个 `uint`，存储在变量 `y` 中。接着把 `y` 强制转换回一个 `int*`，存储在新变量 `pD` 中。因此 `pD` 也指向 `x` 的值。

把指针的值强制转换为整数类型的主要目的是显示它。虽然 `Console.WriteLine()` 和 `Console.WriteLine()` 方法没有带指针的重载方法，但是必须把强制指针的值转换为整数类型，这两个方法才能接受和显示它们：

```
Console.WriteLine("Address is " + pX); // wrong -- will give a
// compilation error
Console.WriteLine("Address is " + (uint)pX); // OK
```

可以把一个指针强制转换为任何整数类型，但是，因为在 32 位系统上，一个地址占用 4 个字节，把指针强制转换为除了 `uint`、`long` 或 `ulong` 之外的数据类型，肯定会导致溢出错误(`int` 数也可能导致这个问题，因为它的取值范围是 -20 亿~20 亿，而地址的取值范围是 0~40 亿)。C# 是用于 64 位

处理器的，一个地址占用 8 个字节。因此在这样的系统上，把指针强制转换为非 `ulong` 类型，就可能导致溢出错误。还要注意，`checked` 关键字不能用于涉及指针的转换。对于这种转换，即使在设置 `checked` 的情况下，发生溢出时也不会抛出异常。.NET 运行库假定，如果使用指针，就知道自己要做什么，不必担心可能出现的溢出。

#### 4. 指针类型之间的强制转换

也可以在指向不同类型的指针之间进行显式的转换。例如：

```
byte aByte = 8;
byte* pByte = &aByte;
double* pDouble = (double*)pByte;
```

这是一段合法的代码，但如果要执行这段代码，就要小心了。在上面的示例中，如果要查找指针 `pDouble` 指向的 `double` 值，就会查找包含 1 个字节(`aByte`)的内存，和一些其他内存，并把它当作包含一个 `double` 值的内存区域来对待——这不会得到一个有意义的值。但是，可以在类型之间转换，实现 `Union` 类型的等价形式，或者把指针强制转换为其他类型，例如把指针转换为 `sbyte`，检查内存的单个字节。

#### 5. void 指针

如果要维护一个指针，但不希望指定它指向的数据类型，就可以把指针声明为 `void`：

```
int* pointerToInt;
void* pointerToVoid;
pointerToVoid = (void*)pointerToInt;
```

`void` 指针的主要用途是调用需要 `void*` 参数的 API 函数。在 C# 语言中，使用 `void` 指针的情况并不是很多。特殊情况下，如果试图使用 `*` 运算符取消引用 `void` 指针，编译器就会标记一个错误。

#### 6. 指针算术的运算

可以给指针加减整数。但是，编译器很智能，知道如何执行这个操作。例如，假定有一个 `int` 指针，要在其值上加 1。编译器会假定我们要查找 `int` 后面的存储单元，因此会给该值加上 4 个字节，即加上一个 `int` 占用的字节数。如果这是一个 `double` 指针，加 1 就表示在指针的值上加 8 个字节，即一个 `double` 占用的字节数。只有指针指向 `byte` 或 `sbyte`(都是 1 个字节)时，才会给该指针的值加上 1。

可以对指针使用运算符 `+`、`-`、`+=`、`-=`、`++` 和 `--`，这些运算符右边的变量必须是 `long` 或 `ulong` 类型。



不允许对 `void` 指针执行算术运算。

例如，假定有如下定义：

```
uint u = 3;
byte b = 8;
double d = 10.0;
```

```
uint * pUInt= & u;      // size of a uint is 4
byte * pByte = & b;    // size of a byte is 1
double * pDouble = & d; // size of a double is 8
```

下面假定这些指针指向的地址是:

- pUInt: 1243332
- pByte: 1243328
- pDouble: 1243320

执行这段代码后:

```
++pUInt;      // adds (1*4) = 4 bytes to pUInt
pByte -- 3;   // subtracts (3*1) = 3 bytes from pByte
double* pDouble2 = pDouble + 4; // pDouble2 = pDouble + 32 bytes (4*8 bytes)
```

指针应包含的内容是:

- pUInt: 1243336
- pByte: 1243325
- pDouble2: 1243352



给类型为 T 的指针加上数值 X, 其中指针的值为 P, 则得到的结果是  $P + X * (\text{sizeof}(T))$ 。



使用这条规则时要小心。如果给定类型的连续值存储在连续的存储单元中, 指针加法就允许在存储单元之间移动指针。但如果类型是 byte 或 char, 其总字节数不是 4 的倍数, 连续值就不是默认地存储在连续的存储单元中。

如果两个指针都指向相同的数据类型, 则也可以把一个指针从另一个指针中减去。此时, 结果是一个 long, 其值是指针值的差被该数据类型所占用的字节数整除的结果:

```
double* pD1 = (double*)1243324; // note that it is perfectly valid to
                                // initialize a pointer like this.
double* pD2 = (double*)1243300;
long L = pD1-pD2;                // gives the result 3 (=24/sizeof(double))
```

## 7. sizeof 运算符

这一节将介绍如何确定各种数据类型的大小。如果需要在代码中使用某种类型的大小, 就可以使用 sizeof 运算符, 它的参数是数据类型的名称, 返回该类型占用的字节数。例如:

```
int x = sizeof(double);
```

这将设置 x 的值为 8。

使用 sizeof 的优点是不必在代码中硬编码数据类型的大小, 使代码的移植性更强。对于预定义的数据类型, sizeof 返回表 13-1 所示的值。

表 13-1

<code>sizeof(sbyte) = 1;</code>	<code>sizeof(byte) = 1;</code>
<code>sizeof(short) = 2;</code>	<code>sizeof(ushort) = 2;</code>
<code>sizeof(int) = 4;</code>	<code>sizeof(uint) = 4;</code>
<code>sizeof(long) = 8;</code>	<code>sizeof(ulong) = 8;</code>
<code>sizeof(char) = 2;</code>	<code>sizeof(float) = 4;</code>
<code>sizeof(double) = 8;</code>	<code>sizeof(bool) = 1;</code>

也可以对自己定义的结构使用 `sizeof`，但此时得到的结果取决于结构中的字段类型。不能对类使用 `sizeof`。

### 8. 结构指针：指针成员访问运算符

结构指针的工作方式与预定义值类型的指针的工作方式完全相同。但是这有一个条件：结构不能包含任何引用类型，这是因为前面介绍的一个限制——指针不能指向任何引用类型。为了避免这种情况，如果创建一个指针，它指向包含任何引用类型的任何结构，编译器就会标记一个错误。

假定定义了如下结构：

```
struct MyStruct
{
    public long X;
    public float F;
}
```

就可以给它定义一个指针：

```
MyStruct* pStruct;
```

然后对其进行初始化：

```
MyStruct Struct = new MyStruct();
pStruct = & Struct;
```

也可以通过指针访问结构的成员值：

```
(* pStruct).X = 4;
(* pStruct).F = 3.4f;
```

但是，这个语法有点复杂。因此，C#定义了另一个运算符，用一种比较简单的语法，通过指针访问结构的成员，它称为指针成员访问运算符，其符号是一个短划线，后跟一个大于号，它看起来像一个箭头：`->`。



C++开发人员认识指针成员访问运算符。因为 C++ 使用这个符号完成相同的任务。



使用这个指针成员访问运算符，上述代码可以重写为：

```
pStruct->X = 4;
pStruct->F = 3.4f;
```

也可以直接把合适类型的指针设置为指向结构中的一个字段：

```
long* pL = &(Struct.X);
float* pF = &(Struct.F);
```

或者

```
long* pL = &(pStruct-> X);
float* pF = &(pStruct-> F);
```

## 9. 类成员指针

前面说过，不能创建指向类的指针，这是因为垃圾回收器不维护关于指针的任何信息，只维护关于引用的信息，因此创建指向类的指针会使垃圾回收器不能正常工作。

但是，大多数类都包含值类型的成员，可以为这些值类型成员创建指针，但这需要一种特殊的语法。例如，假定把上面示例中的结构重写为类：

```
class MyClass
{
    public long X;
    public float F;
}
```

然后就可以为它的字段 X 和 F 创建指针了，方法与前面一样。但这么做会产生一个编译错误：

```
MyClass myObject = new MyClass();
long* pL = &(myObject.X); // wrong -- compilation error
float* pF = &(myObject.F); // wrong -- compilation error
```

尽管 X 和 F 都是非托管类型，但它们嵌入在一个对象中，这个对象存储在堆上。在垃圾回收的过程中，垃圾回收器会把 MyObject 移动到内存的一个新单元上，这样，pL 和 pF 就会指向错误的存储地址。由于存在这个问题，因此编译器不允许以这种方式把托管类型的成员的地址分配给指针。

解决这个问题的方法是使用 **fixed** 关键字，它会告诉垃圾回收器，可能有引用某些对象的成员的指针，所以这些实例不能移动。如果要声明一个指针，则使用 **fixed** 的语法如下所示：

```
MyClass myObject = new MyClass();
fixed (long* pObject = &(myObject.X))
{
    // do something
}
```

在关键字 **fixed** 后面的圆括号中，定义和初始化指针变量。这个指针变量(在本例中是 pObject)的作用域是花括号标识的 **fixed** 块。这样，垃圾回收器就知道，在执行 **fixed** 块中的代码时，不能移动 myObject 对象。

如果要声明多个这样的指针，可以在同一个代码块前放置多条 **fixed** 语句：

```

MyClass myObject = new MyClass();
fixed (long* pX = &(myObject.X))
fixed (float* pF = &(myObject.F))
{
    // do something
}

```

如果要在不同的阶段固定几个指针，就可以嵌套整个 `fixed` 块：

```

MyClass myObject = new MyClass();
fixed (long* pX = &(myObject.X))
{
    // do something with pX
    fixed (float* pF = &(myObject.F))
    {
        // do something else with pF
    }
}

```

如果这些变量的类型相同，就也可以在同一条 `fixed` 块中初始化多个变量：

```

MyClass myObject = new MyClass();
MyClass myObject2 = new MyClass();
fixed (long* pX = &(myObject.X), pX2 = &(myObject2.X))
{
    // etc.
}

```

在上述情况中，是否声明不同的指针，让它们指向相同或不同对象中的字段，或者指向与类实例无关的静态字段，这一点并不重要。

### 13.3.2 指针示例: PointerPlayground

下面给出一个使用指针的示例: `PointerPlayground`。它执行一些简单的指针操作，显示结果，还允许查看内存中发生的情况，并确定变量存储在什么地方：



可从  
wtox.com  
下载源代码

```

using System;

namespace PointerPlayground
{
    class MainEntryPoint
    {
        static unsafe void Main()
        {
            int x=10;
            short y = -1;
            byte y2 = 4;
            double z = 1.5;
            int* pX = &x;
            short* pY = &y;
            double* pZ = &z;

            Console.WriteLine(
                "Address of x is 0x{0:X}, size is {1}, value is {2}",
                (uint) &x, sizeof(int), x);
        }
    }
}

```

```

Console.WriteLine(
    "Address of y is 0x{0:X}, size is {1}, value is {2}",
    (uint) &y, sizeof(short), y);
Console.WriteLine(
    "Address of y2 is 0x{0:X}, size is {1}, value is {2}",
    (uint) &y2, sizeof(byte), y2);
Console.WriteLine(
    "Address of z is 0x{0:X}, size is {1}, value is {2}",
    (uint) &z, sizeof(double), z);
Console.WriteLine(
    "Address of pX= &x is 0x{0:X}, size is {1}, value is 0x{2:X}",
    (uint) &pX, sizeof(int*), (uint)pX);
Console.WriteLine(
    "Address of pY= &y is 0x{0:X}, size is {1}, value is 0x{2:X}",
    (uint) &pY, sizeof(short*), (uint)pY);
Console.WriteLine(
    "Address of pZ= &z is 0x{0:X}, size is {1}, value is 0x{2:X}",
    (uint) &pZ, sizeof(double*), (uint)pZ);

*pX = 20;
Console.WriteLine("After setting *pX, x = {0}", x);
Console.WriteLine(" *pX = {0}", *pX);

pZ = (double*)pX;
Console.WriteLine("x treated as a double = {0}", *pZ);

Console.ReadLine();
}
}

```

代码段 PointerPlayground/Program.cs

这段代码声明了 4 个值变量：

- `int x`
- `short y`
- `byte y2`
- `double z`

它还声明了指向其中 3 个值的指针：`pX`、`pY` 和 `pZ`。

然后显示这 3 个变量的值，以及它们的大小和地址。注意在获取 `pX`、`pY` 和 `pZ` 的地址时，我们查看的是指针的指针，即值的地址的地址！还要注意，与显示地址的常见方式一致，在 `Console.WriteLine()` 命令中使用 `{0:X}` 格式说明符，确保该内存地址以十六进制格式显示。

最后，使用指针 `pX` 把 `x` 的值改为 20，执行一些指针类型强制转换，如果把 `x` 的内容当作 `double` 类型，就会得到无意义的结果。

编译并运行这段代码，得到下面的结果，其中列出了用 `/unsafe` 标志进行编译和不用 `/unsafe` 标志进行编译的结果：

```

csc PointerPlayground.cs
Microsoft (R) Visual C# 2010 Compiler version 4.0.21006.1
Copyright (C) Microsoft Corporation. All rights reserved.

PointerPlayground.cs(7,26): error CS0227: Unsafe code may only appear if

```

```

compiling with /unsafe

csc /unsafe PointerPlayground.cs
Microsoft (R) Visual C# 2010 Compiler version 4.0.21006.1
Copyright (C) Microsoft Corporation. All rights reserved.

PointerPlayground
Address of x is 0x12F4B0, size is 4, value is 10
Address of y is 0x12F4AC, size is 2, value is -1
Address of y2 is 0x12F4A8, size is 1, value is 4
Address of z is 0x12F4A0, size is 8, value is 1.5
Address of pX= &x is 0x12F49C, size is 4, value is 0x12F4B0
Address of pY= &y is 0x12F498, size is 4, value is 0x12F4AC
Address of pZ= &z is 0x12F494, size is 4, value is 0x12F4A0
After setting *pX, x = 20
*pX = 20
x treated as a double = 2.86965129997082E-308

```

检查这些结果，可以证实 13.1 节描述的栈操作，即栈向下给变量分配内存。注意，这还证实了栈中的内存块总是按照 4 个字节的倍数进行分配。例如，y 是一个 short 数(其大小为 2 字节)，其地址是 1 242 284(十进制)，表示为该变量分配的存储单元是 1 242 284~1 242 287。如果.NET 运行库严格地逐个排列变量，则 y 应只占用两个存储单元，即 1 242 284 和 1 242 285。

下一个示例 `PointerPlayground2` 介绍指针的算术，以及结构指针和类成员指针。开始时，定义一个结构 `CurrencyStruct`，它把货币值表示为美元和美分，再定义一个等价的类 `CurrencyClass`：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

internal struct CurrencyStruct
{
    public long Dollars;
    public byte Cents;

    public override string ToString()
    {
        return "$" + Dollars + "." + Cents;
    }
}

internal class CurrencyClass
{
    public long Dollars;
    public byte Cents;

    public override string ToString()
    {
        return "$" + Dollars + "." + Cents;
    }
}

```

代码段 `PointerPlayground.sln`

定义好结构和类后，就可以对它们应用指针了。下面的代码是一个新的示例。这段代码比较长，我们对此将做详细讲解。首先显示 `CurrencyStruct` 结构的字节数，创建它的两个实例和一些指针，然后使用 `pAmount` 指针初始化一个 `CurrencyStruct` 结构 `amount1` 的成员，显示变量的地址：

```

public static unsafe void Main()
{

```

```

Console.WriteLine(
    "Size of CurrencyStruct struct is " + sizeof(CurrencyStruct));
CurrencyStruct amount1, amount2;
CurrencyStruct* pAmount = & amount1;
long* pDollars = & (pAmount->Dollars);
byte* pCents = & (pAmount->Cents);
Console.WriteLine("Address of amount1 is 0x{0:X}", (uint)&amount1);
Console.WriteLine("Address of amount2 is 0x{0:X}", (uint)&amount2);
Console.WriteLine("Address of pAmount is 0x{0:X}", (uint)&pAmount);
Console.WriteLine("Address of pDollars is 0x{0:X}", (uint)&pDollars);
Console.WriteLine("Address of pCents is 0x{0:X}", (uint)&pCents);
pAmount->Dollars = 20;
* pCents = 50;
Console.WriteLine("amount1 contains " + amount1);

```

现在根据栈的工作方式，执行一些指针操作。因为变量是按顺序声明的，所以 `amount2` 存储在 `amount1` 后面的地址中，`sizeof(CurrencyStruct)` 运算符返回 16 (见后面的屏幕输出)，所以 `CurrencyStruct` 结构占用的字节数是 4 的倍数。在递减了 `Currency` 指针后，它就指向 `amount2`：

```

--pAmount;    // this should get it to point to amount2
Console.WriteLine("amount2 has address 0x{0:X} and contains {1}",
    (uint)pAmount, * pAmount);

```

在调用 `Console.WriteLine()` 语句时，它显示了 `amount2` 的内容，但还没有对它进行初始化。显示出来的东西就是随机的垃圾——在执行该示例前内存中存储在该单元中的内容。但这有一个要点：一般情况下，C# 编译器会禁止使用未初始化的变量，但在开始使用指针时，就很容易绕过许多通常的编译检查。此时我们这么做，是因为编译器无法知道我们实际上要显示的是 `amount2` 的内容。因为知道了栈的工作方式，所以可以说出递减 `pAmount` 的结果是什么。使用指针算法，可以访问编译器通常禁止访问的各种变量和存储单元，因此指针算法是不安全的。

接下来在 `pCents` 指针上进行指针运算。`pCents` 指针目前指向 `amount1.Cents`，但此处的目的是使用指针算法让它指向 `amount2.Cents`，而不是直接告诉编译器我们要做什么。为此，需要从 `pCents` 指针所包含的地址中减去 `sizeof(Currency)`：

```

// do some clever casting to get pCents to point to cents
// inside amount2
CurrencyStruct* pTempCurrency = (CurrencyStruct*)pCents;
pCents = (byte*) ( --pTempCurrency );
Console.WriteLine("Address of pCents is now 0x{0:X}", (uint)&pCents);

```

最后，使用 `fixed` 关键字创建一些指向类实例中字段的指针，使用这些指针设置这个实例的值。注意，这也是我们第一次查看存储在堆中(而不是栈)的项的地址：

```

Console.WriteLine("\nNow with classes");
// now try it out with classes
CurrencyClass amount3 = new CurrencyClass();

fixed(long* pDollars2 = &(amount3.Dollars))
fixed(byte* pCents2 = &(amount3.Cents))
{
    Console.WriteLine(
        "amount3.Dollars has address 0x{0:X}", (uint)pDollars2);
}

```

```

Console.WriteLine(
    "amount3.Cents has address 0x{0:X}", (uint) pCents2);
*pDollars2 = -100;
Console.WriteLine("amount3 contains " + amount3);
}

```

编译并运行这段代码，得到如下所示的结果：

```

csc /unsafe PointerPlayground2.cs
Microsoft (R) Visual C# 2010 Compiler version 4.0.21006.1
Copyright (C) Microsoft Corporation. All rights reserved.

PointerPlayground2
Size of CurrencyStruct struct is 16
Address of amount1 is 0x12F4A4
Address of amount2 is 0x12F494
Address of pAmount is 0x12F490
Address of pDollars is 0x12F48C
Address of pCents is 0x12F488
amount1 contains $20.50
amount2 has address 0x12F494 and contains $0.0
Address of pCents is now 0x12F488

Now with classes
amount3.Dollars has address 0xA64414
amount3.Cents has address 0xA6441C
amount3 contains $-100.0

```

注意在这个结果中，显示了未初始化的 `amount2` 的值，`CurrencyStruct` 结构的字节数是 16，大于其字段的字节数(一个 `long` 数占用 8 个字节，加上 1 个字节等于 9 个字节)。

### 13.3.3 使用指针优化性能

前面用许多篇幅介绍了使用指针可以完成的各种任务，但在前面的示例中，仅是处理内存，让有兴趣的人们了解实际上发生了什么事，并没有帮助人们编写出更好的代码！本节将应用我们对指针的理解，用一个示例来说明使用指针可以大大提高性能。

#### 1. 创建基于栈的数组

本节将探讨指针的一个主要应用领域：在栈中创建高性能、低系统开销的数组。第 2 章介绍了 C# 如何支持数组的处理。C# 很容易使用一维数组和矩形或锯齿形多维数组，但有一个缺点：这些数组实际上都是对象，它们是 `System.Array` 的实例。因此数组存储在堆上，这会增加系统开销。有时，我们希望创建一个使用时间比较短的高性能数组，不希望有引用对象的系统开销。而使用指针就可以做到，但指针只对于一维数组比较简单。

为了创建一个高性能的数组，需要使用另一个关键字：`stackalloc`。`stackalloc` 命令指示 .NET 运行库在栈上分配一定量的内存。在调用 `stackalloc` 命令时，需要为它提供两条信息：

- 要存储的数据类型
- 需要存储的数据项数

例如，要分配足够的内存，以存储 10 个 `decimal` 数据项，可以编写下面的代码：

```
decimal * pDecimals = stackalloc decimal[10];
```

注意，这条命令只分配栈内存。它不会试图把内存初始化为任何默认值，这正好符合我们的目的。因为要创建一个高性能的数组，给它不必要地初始化相应值会降低性能。

同样，要存储 20 个 double 数据项，可以编写下面的代码：

```
double* pDoubles = stackalloc double[20];
```

虽然这行代码指定把变量的个数存储为一个常数，但它等于在运行时计算的一个数字。所以可以把上面的示例写为：

```
int size;  
size = 20; // or some other value calculated at run-time  
double * pDoubles = stackalloc double[size];
```

从这些代码段中可以看出，stackalloc 的语法有点不寻常。它的后面紧跟要存储的数据类型名(该数据类型必须是一个值类型)，之后把需要的项数放在方括号中。分配的字节数是项数乘以 sizeof(数据类型)。在这里，使用方括号表示这是一个数组。如果给 20 个 double 数分配存储单元，就得到了一个有 20 个元素的 double 数组，最简单的数组类型是逐个存储元素的内存块，如图 13-6 所示。



图 13-6

在图 13-6 中，显示了 stackalloc 返回的指针，stackalloc 总是返回分配数据类型的指针，它指向新分配内存块的顶部。要使用这个内存块，可以取消对已返回指针的引用。例如，给 20 个 double 数分配内存后，把第一个元素(数组的元素 0)设置为 3.0，可以编写下面的代码：

```
double* pDoubles = stackalloc double [20];  
*pDoubles = 3.0;
```

要访问数组的下一个元素，可以使用指针算法。如前所述，如果给一个指针加 1，它的值就会增加它指向的数据类型的字节数。在本例中，就会把指针指向已分配的内存块中的下一个空闲存储单元。因此可以把数组的第二个元素(元素编号为 1)设置为 8.4：

```
double* pDoubles = stackalloc double [20];  
*pDoubles = 3.0;  
*(pDoubles+1) = 8.4;
```

同样，可以用表达式\*(pDoubles+X)访问数组中下标为 X 的元素。

这样，就得到一种访问数组中元素的方式，但对于一般目的，使用这种语法过于复杂。C#为此定义了另一种语法。对指针应用方括号时，C#为方括号提供了一种非常精确的含义。如果变量 p 是任意指针类型，X 是一个整数，表达式 p[X]就被编译器解释为\*(p+X)，这适用于所有的指针，不仅仅是用 stackalloc 初始化的指针。利用这个简捷的记号，就可以用一种非常方便的语法访问数组。实际上，访问基于栈的一维数组所使用的语法与访问基于堆的、由 System.Array 类表示的数组完全相同：

```
double* pDoubles = stackalloc double [20];
pDoubles[0] = 3.0; // pDoubles[0] is the same as *pDoubles
pDoubles[1] = 8.4; // pDoubles[1] is the same as *(pDoubles+1)
```



把数组的语法应用于指针并不是新东西。自从开发出 C 和 C++ 语言以来，它就是这两种语言的基础部分。实际上，C++ 开发人员会把这里用 `stackalloc` 获得的、基于栈的数组完全等同于传统的基于栈的 C 和 C++ 数组。这种语法和指针与数组的链接方式是 C 语言在 20 世纪 70 年代后期流行起来的原因之一，也是指针的使用成为 C 和 C++ 中一种流行的编程技巧的主要原因。

尽管高性能的数组可以用与一般 C# 数组相同的方式访问，但需要注意：在 C# 中，下面的代码会抛出一个异常：

```
double[] myDoubleArray = new double [20];
myDoubleArray[50] = 3.0;
```

抛出异常的原因是：使用越界的下标来访问数组：下标是 50，而允许的最大下标是 19。但是，如果使用 `stackalloc` 声明了一个等价的数组，对数组进行边界检查时，这个数组中就没有封装任何对象，因此下面的代码不会抛出异常：

```
double* pDoubles = stackalloc double [20];
pDoubles[50] = 3.0;
```

在这段代码中，我们分配了足够的内存来存储 20 个 `double` 类型的数。接着把 `sizeof(double)` 存储单元的起始位置设置为该存储单元的起始位置加上  $50 * \text{sizeof}(\text{double})$  个存储单元，来保存双精度值 3.0。但这个存储单元超出了刚才为 `double` 数分配的内存区域。谁也不知道这个地址存储了什么数据。最好是只使用某个当前未使用的内存，但所重写的存储单元也有可能是在栈上用于存储其他变量，或者是某个正在执行的方法的返回地址。因此，使用指针获得高性能的同时，也会付出一些代价：需要确保自己知道在做什么，否则就会抛出非常古怪的运行错误。

## 2. QuickArray 示例

下面用一个 `stackalloc` 示例 `QuickArray` 来结束关于指针的讨论。在这个示例中，程序仅要求用户提供为数组分配的元素数。然后代码使用 `stackalloc` 给 `long` 型数组分配一定的存储单元。这个数组的元素是从 0 开始的整数的平方，结果显示在控制台上：

```
using System;

namespace QuickArray
{
    internal class Program
    {
        private static unsafe void Main()
        {
            Console.WriteLine("How big an array do you want? \n > ");
            string userInput = Console.ReadLine();
            uint size = uint.Parse(userInput);
```



```
long * pArray = stackalloc long[(int) size];
for (int i = 0; i < size; i++)
{
    pArray[i] = i * i;
}

for (int i = 0; i < size; i++)
{
    Console.WriteLine("Element {0} = {1}", i, * (pArray + i));
}

Console.ReadLine();
}
}
```

运行这个示例，得到如图 13-7 所示的结果：

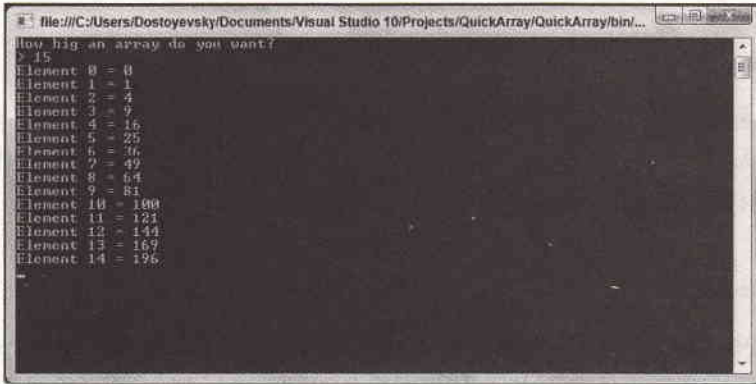


图 13-7

### 13.4 小结

要想成为真正优秀的 C#程序员，必须牢固掌握存储单元和垃圾回收的工作原理。本章描述了 CLR 管理以及在堆和栈上分配内存的方式，讨论了如何编写正确地释放非托管资源的类，并介绍如何在 C#中使用指针，这些都是很难理解的高级主题，初学者常常不能正确实现。

本章为第 15 章的错误处理和第 20 章的何时使用线程打下了基础。下一章介绍 C#中的反射技术。

# 第 14 章

## 反 射

本章内容:

- 使用自定义特性
- 在运行期间使用反射检查这些元数据
- 从支持反射的类中构建访问点

本章讨论自定义特性和反射。自定义特性允许把自定义元数据与程序元素关联起来。这些元数据是在编译过程中创建的，并嵌入到程序集中。反射是一个普通术语，它描述了在运行过程中检查和处理程序元素的功能。例如，反射允许完成以下任务：

- 枚举类型的成员
- 实例化新对象
- 执行对象的成员
- 查找类型的信息
- 查找程序集的信息
- 检查应用于某种类型的自定义特性
- 创建和编译新程序集

这个列表列出了许多功能，包括.NET Framework 类库提供的一些最强大、最复杂的功能。但本章不可能介绍反射的所有功能，仅讨论最常用的功能。

为了说明自定义特性和反射，我们将开发一个示例，说明公司如何定期升级软件，自动记录升级的信息。在这个示例中，要定义几个自定义特性，表示程序元素最后修改的日期，以及发生了什么变化。然后使用反射开发一个应用程序，它在程序集中查找这些特性，自动显示软件自某个给定日期以来升级的所有信息。

本章要讨论的另一个示例是一个应用程序，该程序从数据库中读取信息或把信息写入数据库，并使用自定义特性，把类和属性标记为对应的数据库表和列。然后在运行期间从程序集中读取这些特性，使程序可以自动从数据库的相应位置检索或写入数据，无需为每个表或每一列编写特定的逻辑。

### 14.1 自定义特性

前面介绍了如何在程序的各个数据项上定义特性。这些特性都是 Microsoft 定义好的，作为.NET Framework 类库的一部分，许多特性都得到了 C#编译器的支持。对于这些特殊的特性，编译器可以以特殊的方式定制编译过程，例如，可以根据 StructLayout 特性中的信息在内存中布置结构。

.NET Framework 也允许用户定义自己的特性。显然，这些特性不会影响编译过程，因为编译器不能识别它们，但这些特性在应用于程序元素时，可以在编译好的程序集中用作元数据。

这些元数据在文档说明中非常有用。但是，使自定义特性非常强大的因素是使用反射，代码可以读取这些元数据，使用它们在运行期间作出决策，也就是说，自定义特性可以直接影响代码运行的方式。例如，自定义特性可以用于支持对自定义许可类进行声明性的代码访问安全检查，把信息与程序元素关联起来，程序元素由测试工具使用，或者在开发可扩展的架构时，允许加载插件或模块。

### 14.1.1 编写自定义特性

为了理解编写自定义特性的方式，应了解一下在编译器遇到代码中某个应用了自定义特性的元素时，该如何处理。以数据库为例，假定有一个 C# 属性声明，如下所示。

```
[FieldName("SocialSecurityNumber")]
public string SocialSecurityNumber
{
    get {
        // etc.
```

当 C# 编译器发现这个属性(property)应用了一个 `FieldName` 特性时，首先会把字符串 `Attribute` 追加到这个名称的后面，形成一个组合名称 `FieldNameAttribute`，然后在其搜索路径的所有名称空间(即在 `using` 语句中提及的名称空间)中搜索有指定名称的类。但要注意，如果用一个特性标记数据项，而该特性的名称以字符串 `Attribute` 结尾，编译器就不会把该字符串加到组合名称中，而是不修改该特性名。因此，上面的代码等价于：

```
[FieldNameAttribute("SocialSecurityNumber")]
public string SocialSecurityNumber
{
    get {
        // etc.
```

编译器会找到含有该名称的类，且这个类直接或间接派生自 `System.Attribute`。编译器还认为这个类包含控制特性用法的信息。特别是属性类需要指定：

- 特性可以应用到哪些类型的程序元素上(类、结构、属性和方法等)
- 它是否可以多次应用到同一个程序元素上
- 特性在应用到类或接口上时，是否由派生类和接口继承
- 这个特性有哪些必选和可选参数

如果编译器找不到对应的特性类，或者找到一个这样的特性类，但使用特性的方式与特性类中的信息不匹配，编译器就会产生一个编译错误。例如，如果特性类指定该特性只能应用于类，但我们把它应用到结构定义上，就会产生一个编译错误。

继续上面的示例，假定定义了一个 `FieldName` 特性：

```
[AttributeUsage(AttributeTargets.Property,
    AllowMultiple=false,
    Inherited=false)]
public class FieldNameAttribute: Attribute
{
    private string name;
```

```

public FieldNameAttribute(string name)
{
    this.name = name;
}
}

```

下面几节讨论这个定义中的每个元素。

### 1. AttributeUsage 特性

要注意的第一个问题是特性(attribute)类本身用一个特性——System.AttributeUsage 特性来标记。这是 Microsoft 定义的一个特性, C#编译器为它提供了特殊的支持(您可能认为 AttributeUsage 根本不是一个属性, 它更像一个元特性, 因为它只能应用到其他特性上, 不能应用到类上)。AttributeUsage 主要用于标识自定义特性可以应用到哪些类型的程序元素上。这些信息由它的第一个参数给出, 该参数是必选的, 其类型是枚举类型 AttributeTargets。在上面的示例中, 指定 FieldName 特性只能应用到属性(property)上——这是因为我们在前面的代码段中把它应用到属性上。AttributeTargets 枚举的成员如下:

- All
- Assembly
- Class
- Constructor
- Delegate
- Enum
- Event
- Field
- GenericParameter(仅.NET 2.0 及更高版本提供)
- Interface
- Method
- Module
- Parameter
- Property
- ReturnValue
- Struct

这个列表列出了可以应用该特性的所有程序元素。注意在把特性应用到程序元素上时, 应把特性放在元素前面的方括号中。但是, 在上面的列表中, 有两个值不对应于任何程序元素: Assembly 和 Module。特性可以应用到整个程序集或模块中, 而不是应用到代码中的一个元素上, 在这种情况下, 这个特性可以放在源代码的任何地方, 但需要用关键字 assembly 或 module 作为前缀:

```

[assembly:SomeAssemblyAttribute(Parameters)]
[module:SomeAssemblyAttribute(Parameters)]

```

在指定自定义特性的有效目标元素时, 可以使用按位 OR 运算符把这些值组合起来。例如, 如果指定 FieldName 特性可以同时应用到属性和字段上, 可以编写下面的代码:

```
[AttributeUsage(AttributeTargets.Property | AttributeTargets.Field,
AllowMultiple=false,
Inherited=false)]
public class FieldNameAttribute: Attribute
```

也可以使用 `AttributeTargets.All` 指定自定义特性可以应用到所有类型的程序元素上。`AttributeUsage` 特性还包含另外两个参数: `AllowMultiple` 和 `Inherited`。它们用不同的语法来指定: `<ParameterName>=<ParameterValue>`, 而不是只给出这些参数的值。这些参数是可选的, 根据需要, 可以忽略它们。

`AllowMultiple` 参数表示一个特性是否可以多次应用到同一项上, 这里把它设置为 `false`, 表示如果编译器遇到下述代码, 就会产生一个错误:

```
[FieldName("SocialSecurityNumber")]
[FieldName("NationalInsuranceNumber")]
public string SocialSecurityNumber
{
    // etc.
```

如果把 `Inherited` 参数设置为 `true`, 就表示应用到类或接口上的特性也可以自动应用到所有派生的类或接口上。如果特性应用到方法或属性上, 它就可以自动应用到该方法或属性等的重写版本上。

## 2. 指定特性参数

下面介绍如何指定自定义特性接受的参数。在编译器遇到下述语句时:

```
[FieldName("SocialSecurityNumber")]
public string SocialSecurityNumber
{
    // etc.
```

编译器会检查传递给特性的参数(在本例中, 是一个字符串), 并查找该特性中带这些参数的构造函数。如果编译器找到一个这样的构造函数, 编译器就会把指定的元数据传递给程序集。如果编译器找不到, 就生成一个编译错误。如后面所述, 反射会从程序集中读取元数据(属性), 并实例化它们表示的特性类。因此, 编译器需要确保存在这样的构造函数, 才能在运行期间实例化指定的特性。

在本例中, 仅为 `FieldNameAttribute` 类提供了一个构造函数, 而这个构造函数有一个字符串参数。因此, 在把 `FieldName` 特性应用到一个属性上时, 必须为它提供一个字符串参数, 如上面的代码所示。

如果可以选择特性提供的参数类型, 就可以提供构造函数的不同重载方法, 尽管一般是仅提供一个构造函数, 使用属性来定义任何其他可选参数, 下面将介绍可选参数。

## 3. 指定特性的可选参数

在 `AttributeUsage` 特性中, 可以使用另一种语法, 把可选参数添加到特性中。这种语法指定可选参数的名称和值, 它通过特性类中的公共属性或字段起作用。例如, 假定修改 `SocialSecurityNumber` 属性的定义, 如下所示:

```
[FieldName("SocialSecurityNumber", Comment="This is the primary key field")]
public string SocialSecurityNumber
{
    // etc.
```

在本例中，编译器识别第二个参数的语法<ParameterName>=<ParameterValue>，并且不会把这个参数传递给 `FieldNameAttribute` 类的构造函数，而是查找一个有该名称的公共属性或字段(最好不要使用公共字段，所以一般情况下要使用特性)，编译器可以用这个属性设置第二个参数的值。如果希望上面的代码工作，就必须给 `FieldNameAttribute` 类添加一些代码：

```
[AttributeUsage(AttributeTargets.Property,
    AllowMultiple=false,
    Inherited=false)]
public class FieldNameAttribute: Attribute
{
    private string comment;
    public string Comment
    {
        get
        {
            return comment;
        }
        set
        {
            comment = value;
        }
    }
    // etc
}
```

### 14.1.2 自定义特性示例：WhatsNewAttributes

本节开始编写前面描述过的示例 `WhatsNewAttributes`，该示例提供了一个特性，表示最后一次修改程序元素的时间。这个示例比前面所有的示例都复杂，因为它包含 3 个不同的程序集：

- `WhatsNewAttributes` 程序集，它包含特性的定义。
- `VectorClass` 程序集，它包含所应用的特性的代码。
- `LookUpWhatsNew` 程序集，它包含显示已改变的数据项详细信息的项目。

其中，只有 `LookUpWhatsNew` 程序集是目前为止使用的一个控制台应用程序，其余两个程序集都是库，它们都包含类的定义，但都没有程序的入口点。对于 `VectorClass` 程序集，我们使用了 `VectorAsCollection` 示例，但从中删除了入口点和测试代码类，只剩下 `Vector` 类。这些类详见本章后面的内容。

在命令行上编译，以此管理 3 个相关的程序集要求较高的技巧。尽管分别给出编译这 3 个源文件的命令，但也可以编辑代码示例(可以从 Wrox 网站 [www.wrox.com](http://www.wrox.com) 上下载)，作为一个组合的 Visual Studio 解决方案，详见第 16 章。下载的文件包含所需的 Visual Studio 2010 解决方案文件。

#### 1. WhatsNewAttributes 库程序集

首先从核心的 `WhatsNewAttributes` 程序集开始。其源代码包含在 `WhatsNewAttributes.cs` 文件中，该文件位于本章示例代码中 `WhatsNewAttributes` 解决方案的 `WhatsNewAttributes` 项目中。编译的语法

非常简单：在命令行上，给编译器提供 `target:library` 标记即可。要编译 `WhatsNewAttributes` 程序集，输入：

```
csc /target:library WhatsNewAttributes.cs
```

`WhatsNewAttributes.cs` 文件定义了两个特性类 `LastModifiedAttribute` 和 `SupportsWhatsNewAttribute`。`LastModifiedAttribute` 特性可以用于标记最后一次修改数据项的时间，它有两个必选参数（这两个参数传递给构造函数）：修改的日期和包含描述修改信息的字符串。它还有一个可选参数 `issues`（表示存在一个公共属性），它可以用来描述该数据项的任何重要问题。

在现实生活中，或许想把特性应用到任何对象上。为了使代码比较简单，这里仅允许将它应用于类和方法，并允许它多次应用到同一项上（`AllowMultiple=true`），因为可以多次修改某一项，每次修改都需要用一个不同的特性实例来标记。

`SupportsWhatsNew` 是一个较小的类，它表示不带任何参数的特性。这个特性是一个程序集的特性，它用于把程序集标记为通过 `LastModifiedAttribute` 维护的文档。这样，以后查看这个程序集的程序会知道，它读取的程序集是我们使用自动文档过程生成的那个程序集。这部分示例的完整源代码如下所示：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
using System;

namespace WhatsNewAttributes
{
    [AttributeUsage(
        AttributeTargets.Class | AttributeTargets.Method,
        AllowMultiple=true, Inherited=false)]
    public class LastModifiedAttribute: Attribute
    {
        private readonly DateTime _dateModified;
        private readonly string _changes;

        public LastModifiedAttribute(string dateModified, string changes)
        {
            dateModified = DateTime.Parse(dateModified);
            changes = changes;
        }

        public DateTime DateModified
        {
            get { return dateModified; }
        }

        public string Changes
        {
            get { return changes; }
        }

        public string Issues { get; set; }
    }

    [AttributeUsage(AttributeTargets.Assembly)]
    public class SupportsWhatsNewAttribute: Attribute
    {
    }
}
```

从上面的描述可以看出，上面的代码非常简单。但要注意，不必将 `set` 访问器提供给 `Changes` 和 `DateModified` 属性，不需要这些访问器是因为，在构造函数中这些参数都设置为必选参数。需要 `get` 访问器，是为了以后可以读取这些特性的值。

## 2. VectorClass 程序集

本节就使用这些特性，我们用前面的 `VectorAsCollection` 示例的修订版本来说明。注意这里需要引用刚才创建的 `WhatsNewAttributes` 库，还需要使用 `using` 语句指定相应的名称空间，这样编译器才能识别这些特性：

```
using System;
using System.Collections;
using System.Text;
using WhatsNewAttributes;

[assembly: SupportsWhatsNew]
```

在这段代码中，添加了一行用 `SupportsWhatsNew` 特性标记程序集本身的代码。

下面考虑 `Vector` 类的代码。我们并不是真的要修改这个类中的某些主要内容，只是添加两个 `LastModified` 特性，以标记出本章对 `Vector` 类进行的操作。把 `Vector` 定义为一个类，而不是结构，以简化后面显示特性所编写的代码(在 `VectorAsCollection` 示例中，`Vector` 是一个结构，但其枚举器是一个类。于是，在查看程序集时，这个示例的下一迭代必须同时考虑类和结构。这会使例子比较复杂)。

```
namespace VectorClass
{
    [LastModified("14 Feb 2010", "IEnumerable interface implemented " +
        "So Vector can now be treated as a collection")]
    [LastModified("10 Feb 2010", "IFormattable interface implemented " +
        "So Vector now responds to format specifiers N and VE")]
    class Vector: IFormattable, IEnumerable
    {
        public double x, y, z;

        public Vector(double x, double y, double z)
        {
            this.x = x;
            this.y = y;
            this.z = z;
        }

        [LastModified("10 Feb 2010",
            "Method added in order to provide formatting support")]
        public string ToString(string format, IFormatProvider formatProvider)
        {
            if (format == null)
            {
                return ToString();
            }
        }
    }
}
```



再把包含的 `VectorEnumerator` 类标记为 `new`:

```
[LastModified("14 Feb 2010",
             "Class created as part of collection support for Vector")]
private class VectorEnumerator: IEnumerator
{
```

为了在命令行上编译这段代码，应输入下面的命令：

```
csc /target:library /reference:WhatsNewAttributes.dll VectorClass.cs
```

上面是这个示例的代码。目前还不能运行它，因为我们只有两个库。在描述了反射的工作原理后，就介绍这个示例的最后一部分，从中可以查看和显示这些特性。

## 14.2 反射

本节先介绍 `System.Type` 类，通过这个类可以访问关于任何数据类型的信息。然后简要介绍 `System.Reflection.Assembly` 类，它可以用于访问给定程序集的相关信息，或者把这个程序集加载到程序中。最后把本节的代码和上一节的代码结合起来，完成 `WhatsNewAttributes` 示例。

### 14.2.1 `System.Type` 类

这里使用 `Type` 类只为了存储类型的引用：

```
Type t = typeof(double);
```

我们以前把 `Type` 看作一个类，但它实际上是一个抽象的基类。只要实例化了一个 `Type` 对象，实际上就实例化了 `Type` 的一个派生类。尽管一般情况下派生类只提供各种 `Type` 方法和属性的不同重载，但是这些方法和属性返回对应数据类型的正确数据，`Type` 有与每种数据类型对应的派生类。它们一般不添加新的方法或属性。通常，获取指向任何给定类型的 `Type` 引用有 3 种常用方式：

- 使用 C# 的 `typeof` 运算符，如上述代码所示。这个运算符的参数是类型的名称(但不放在引号中)。
- 使用 `GetType()` 方法，所有的类都会从 `System.Object` 继承这个方法。

```
double d = 10;
Type t = d.GetType();
```

在一个变量上调用 `GetType()` 方法，而不是把类型的名称作为其参数。但要注意，返回的 `Type` 对象仍只与该数据类型相关：它不包含与该类型的实例相关的任何信息。如果引用了一个对象，但不能确保该对象实际上是哪个类的实例，这个方法就很有用。

- 还可以调用 `Type` 类的静态方法 `GetType()`：

```
Type t = Type.GetType("System.Double");
```

`Type` 是许多反射功能的入口。它实现许多方法和属性，这里不可能列出所有的方法和属性，而主要介绍如何使用这个类。注意，可用的属性都是只读的：可以使用 `Type` 确定数据的类型，

但不能使用它修改该类型！

### 1. Type 的属性

由 Type 实现的属性可以分为下述 3 类：

- 许多属性都可以获取包含与类相关的各种名称的字符串，如表 14-1 所示。

表 14-1

属 性	返 回 值
Name	数据类型名
FullName	数据类型的完全限定名(包括名称空间名)
Namespace	在其中定义数据类型的名称空间名

- 属性还可以进一步获取 Type 对象的引用，这些引用表示相关的类，如表 14-2 所示。

表 14-2

属 性	返回对应的 Type 引用
BaseType	该 Type 的直接基本类型
UnderlyingSystemType	该 Type 在 .NET 运行库中映射到的类型(某些 .NET 基类实际上映射到由 IL 识别的特定预定义类型)

- 许多布尔属性表示这种类型是一个类，还是一个枚举等。这些特性包括 IsAbstract、IsArray、IsClass、IsEnum、IsInterface、IsPointer、IsPrimitive(一种预定义的基元数据类型)、IsPublic、IsSealed 和 IsValueType。例如，使用一种基元数据类型：

```
Type intType = typeof(int);
Console.WriteLine(intType.IsAbstract);    // writes false
Console.WriteLine(intType.IsClass);       // writes false
Console.WriteLine(intType.IsEnum);       // writes false
Console.WriteLine(intType.IsPrimitive);   // writes true
Console.WriteLine(intType.IsValueType);   // writes true
```

或者使用 Vector 类：

```
Type vecType = typeof(Vector);
Console.WriteLine(vecType.IsAbstract);    // writes false
Console.WriteLine(vecType.IsClass);       // writes true
Console.WriteLine(vecType.IsEnum);       // writes false
Console.WriteLine(vecType.IsPrimitive);   // writes false
Console.WriteLine(vecType.IsValueType);   // writes false
```

也可以获取在其中定义该类型的程序集的引用，该引用作为 System.Reflection.Assembly 类的实例的一个引用来返回：

```
Type t = typeof (Vector);
Assembly containingAssembly = new Assembly(t);
```

## 2. 方法

`System.Type` 的大多数方法都用于获取对应数据类型的成员信息：构造函数、属性、方法和事件等。它有许多方法，但它们都有相同的模式。例如，有两个方法可以获取数据类型的方法的细节信息：`GetMethod()`和 `GetMethods()`。`GetMethod()`方法返回 `System.Reflection.MethodInfo` 对象的一个引用，其中包含一个方法的细节信息。`GetMethods()`返回这种引用的一个数组。其区别是 `GetMethods()`方法返回所有方法的细节信息；而 `GetMethod()`方法返回一个方法的细节信息，其中该方法包含特定的参数列表。这两个方法都有重载方法，重载方法有一个附加的参数，即 `BindingFlags` 枚举值，该值表示应返回哪些成员，例如，返回公有成员、实例成员和静态成员等。

例如，`GetMethods()`最简单的一个重载方法不带参数，返回数据类型所有公共方法的信息：

```
Type t = typeof(double);
MethodInfo[] methods = t.GetMethods();
foreach (MethodInfo nextMethod in methods)
{
    // etc.
}
```

`Type` 的成员方法如表 14-3 所示，遵循同一个模式。

表 14-3

返回的对象类型	方法(名称为复数形式的方法返回一个数组)
ConstructorInfo	GetConstructor(), GetConstructors()
EventInfo	GetEvent(), GetEvents()
FieldInfo	GetField(), GetFields()
InterfaceInfo	GetInterface(), GetInterfaces()
MemberInfo	GetMember(), GetMembers()
MethodInfo	GetMethod(), GetMethods()
PropertyInfo	GetProperty(), GetProperties()

`GetMember()`和 `GetMembers()`方法返回数据类型的任何成员或所有成员的详细信息，不管这些成员是构造函数、属性和方法等。

## 14.2.2 TypeView 示例

下面用一个短小的示例 `TypeView` 来说明 `Type` 类的一些功能，这个示例可以用来列出数据类型的的所有成员。本例主要说明对于 `double` 型 `TypeView` 的用法，也可以修改该样例中的一行代码，使用其他的数据类型。`TypeView` 提供的信息要比在控制台窗口中显示的信息多得多，所以我们将打破常规，在一个消息框中显示这些信息。对于一个 `double` 数运行 `TypeView` 示例，结果如图 14-1 所示。

该消息框显示了数据类型的名称、全名和名称空间，以及底层类型和基类的名称。然后，它迭代该数据类型的的所有公有实例成员，显

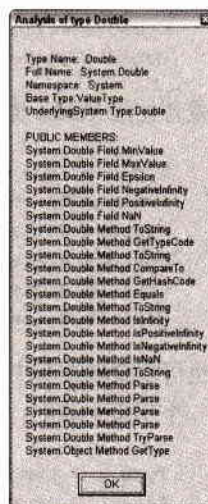


图 14-1

示所声明类型的每个成员、成员的类型(方法、字段等)以及成员的名称。声明类型是实际声明类型成员的类的名称(例如,如果在 `System.Double` 中定义或重载它,该声明类型就是 `System.Double`,如果成员继承自某个基类,该声明类型就是相关基类的名称)。

`TypeView` 不会显示方法的签名,因为我们是通过 `MemberInfo` 对象获取所有公有实例成员的详细信息,参数的相关信息不能通过 `MemberInfo` 对象来获得。为了获取该信息,需要引用 `MemberInfo` 和其他更特殊的对象,即需要分别获取每一种类型的成员的详细信息。

`TypeView` 会显示所有公有实例成员的详细信息,但对于 `double` 类型,仅定义了字段和方法。对于本示例,把 `TypeView` 编译为一个控制台应用程序,可以从控制台应用程序中显示消息框。但是,使用消息框就意味着需要引用基类程序集 `System.Windows.Forms.dll`,它包含 `System.Windows.Forms` 名称空间中的类,在这个名称空间中,定义了我们需要的 `MessageBox` 类。下面列出 `TypeView` 的代码。开始时需要添加几条 `using` 语句:

```
using System;
using System.Reflection;
using System.Text;
using System.Windows.Forms;
```

需要 `System.Text` 的原因是我们使用 `StringBuilder` 对象构建在消息框中显示的文本,以及消息框本身的 `System.Windows.Forms`。全部代码都放在 `MainClass` 一个类中,这个类包含两个静态方法和一个静态字段,`StringBuilder` 的一个实例叫作 `OutputText`,`OutputText` 用于创建在消息框中显示的文本。`Main()`方法和类的声明如下所示:

```
class MainClass
{
    static StringBuilder OutputText = new StringBuilder();

    static void Main()
    {
        // modify this line to retrieve details of any
        // other data type
        Type t = typeof(double);

        AnalyzeType(t);
        MessageBox.Show(OutputText.ToString(), "Analysis of type "
            + t.Name);

        Console.ReadLine();
    }
}
```

实现的 `Main()`方法首先声明一个 `Type` 对象,来表示我们选择的数据类型,再调用方法 `AnalyzeType()`,`AnalyzeType()`方法从 `Type` 对象中提取信息,并使用该信息构建输出文本。最后在消息框中显示输出。使用 `MessageBox` 类非常直观:只需调用其静态方法 `Show()`,给它传递两个字符串,两个字符串分别为消息框中的文本和标题。这些都由 `AnalyzeType()`方法来完成:

```
static void AnalyzeType(Type t)
{
    AddToOutput("Type Name: " + t.Name);
    AddToOutput("Full Name: " + t.FullName);
    AddToOutput("Namespace: " + t.Namespace);
}
```

```

Type tBase = t.BaseType;

if (tBase != null)
{
    AddToOutput("Base Type:" + tBase.Name);
}

Type tUnderlyingSystem = t.UnderlyingSystemType;

if (tUnderlyingSystem != null)
{
    AddToOutput("UnderlyingSystem Type:" + tUnderlyingSystem.Name);
}

AddToOutput("\nPUBLIC MEMBERS:");
MemberInfo [] Members = t.GetMembers();

foreach (MemberInfo NextMember in Members)
{
    AddToOutput(NextMember.DeclaringType + " " +
        NextMember.MemberType + " " + NextMember.Name);
}
}

```

实现 `AnalyzaType()` 方法，仅需调用 `Type` 对象的各种属性，就可以获得我们需要的类型名称的相关信息，再调用 `GetMembers()` 方法，获得一个 `MemberInfo` 对象数组，该数组用于显示每个成员的信息。注意这里使用了一个辅助方法 `AddToOutput()`，该方法创建要在消息框中显示的文本：

```

static void AddToOutput(string Text)
{
    OutputText.Append("\n" + Text);
}

```

使用下面的命令编译 `TypeView` 程序集：

```
csc /reference:System.Windows.Forms.dll Program.cs
```

### 14.2.3 Assembly 类

`Assembly` 类在 `System.Reflection` 名称空间中定义，它允许访问给定程序集的元数据，它也包含可以加载和执行程序集(假定该程序集是可执行的)的方法。与 `Type` 类一样，`Assembly` 类包含非常多的方法和属性，这里不可能逐一论述。下面仅介绍完成 `WhatsNewAttributes` 示例所需要的方法和属性。

在使用 `Assembly` 实例做一些工作前，需要把相应的程序集加载到正在运行的进程中。为此，可以使用静态成员 `Assembly.Load()` 或 `Assembly.LoadFrom()`。这两个方法的区别是 `Load()` 方法的参数是程序集的名称，运行库会在各个位置上搜索该程序集，试图找到该程序集，这些位置包括本地目录和全局程序集缓存。而 `LoadFrom()` 方法的参数是程序集的完整路径名，它不会在其他位置搜索该程序集：

```

Assembly assembly1 = Assembly.Load("SomeAssembly");
Assembly assembly2 = Assembly.LoadFrom
    ("C:\My Projects\Software\SomeOtherAssembly");

```

这两个方法都有许多其他重载版本，它们提供了其他安全信息。加载了一个程序集后，就可以使用它的各种属性进行查询，例如，查找它的全名：

```
string name = assembly1.FullName;
```

### 1. 查找在程序集中定义的类型

`Assembly` 类的一个功能是它可以获得在相应程序集中定义的所有类型的详细信息，只要调用 `Assembly.GetTypes()` 方法，它就可以返回一个包含所有类型的详细信息的 `System.Type` 引用数组，然后就可以按照上一节的方式处理这些 `Type` 引用了：

```
Type[] types = theAssembly.GetTypes();
foreach (Type definedType in types)
{
    DoSomethingWith(definedType);
}
```

### 2. 查找自定义特性

用于查找在程序集或类型中定义了什么自定义特性的方法取决于与该特性相关的对象类型。如果要确定程序集从整体上关联了什么自定义特性，就需要调用 `Attribute` 类的一个静态方法 `GetCustomAttributes()`，给它传递程序集的引用：

```
Attribute[] definedAttributes =
    Attribute.GetCustomAttributes(assembly1);
// assembly1 is an Assembly object
```



这是相当重要的。以前您可能想知道，在定义自定义特性时，为什么必须费尽周折为它们编写类，以及为什么 Microsoft 没有更简单的语法。答案就在于此。自定义特性确实与对象一样，加载了程序集后，就可以读取这些特性对象，查看它们的属性，调用它们的方法。

`GetCustomAttributes()` 方法用于获取程序集的特性，它有两个重载方法：如果在调用它时，除了程序集的引用外，没有指定其他参数，该方法就会返回为这个程序集定义的所有自定义特性。当然，也可以通过指定第二个参数来调用它，第二个参数是表示感兴趣的特性类的一个 `Type` 对象，在这种情况下，`GetCustomAttributes()` 方法就返回一个数组，该数组包含指定类型的所有特性。

注意，所有特性都作为一般的 `Attribute` 引用来获取。如果要调用为自定义特性定义的任何方法或属性，就需要把这些引用显式转换为相关的自定义特性类。调用 `Assembly.GetCustomAttributes()` 的另一个重载方法，可以获得与给定数据类型相关的自定义特性的详细信息，这次传递的是一个 `Type` 引用，它描述了要获取的任何相关特性的类型。另一方面，如果要获得与方法、构造函数和字段等相关的特性，就需要调用 `GetCustomAttributes()` 方法，该方法是 `MethodInfo`、`ConstructorInfo` 和 `FieldInfo` 等类的一个成员。

如果只需要给定类型的一个特性，就可以调用 `GetCustomAttribute()` 方法，它返回一个 `Attribute` 对象。在 `WhatsNewAttributes` 示例中使用 `GetCustomAttribute()` 方法，是为了确定程序集中是否有

SupportsWhatsNew 特性。为此，调用 GetCustomAttributes() 方法，传递对 WhatsNewAttributes 程序集的一个引用和 SupportWhatsNewAttribute 特性的类型。如果有这个特性，就返回一个 Attribute 实例。如果在程序集中没有定义任何实例，就返回 null。如果找到两个或多个实例，GetCustomAttributes() 方法就抛出一个 System.Reflection.AmbiguousMatchException 异常：

```
Attribute supportsAttribute =
    Attribute.GetCustomAttributes(assembly1,
        typeof(SupportsWhatsNewAttribute));
```

#### 14.2.4 完成 WhatsNewAttributes 示例

现在已经有足够的知识来完成 WhatsNewAttributes 示例了。为该示例中的最后一个程序集 LookUpWhatsNew 编写源代码，这部分应用程序是一个控制台应用程序，它需要引用其他两个程序集 WhatsNewAttributes 和 VectorClass。这是一个命令行应用程序，但仍可以像前面的 TypeView 示例那样在消息框中显示结果，因为结果是许多文本，所以不能显示在一个控制台窗口屏幕截图中。

这个文件的名称为 LookUpWhatsNew.cs，编译它的命令是：

```
csc /reference:WhatsNewAttributes.dll /reference:VectorClass.dll LookUpWhatsNew.cs
```

在这个文件的源代码中，首先指定要使用的名称空间 System.Text，因为需要再次使用一个 StringBuilder 对象：

```
using System;
using System.Reflection;
using System.Windows.Forms;
using System.Text;
using WhatsNewAttributes;

namespace LookUpWhatsNew
{
```

WhatsNewChecker 类包含主程序入口点和其他方法。我们定义的所有方法都在这个类中，它还有两个静态字段：outputText 和 backDateTo。outputText 字段包含在准备阶段创建的文本，这个文本要写到消息框中，backDateTo 字段存储了选择的日期——自从该日期以来进行的所有修改都要显示出来。一般情况下，需要显示一个对话框，让用户选择这个日期，但我们不想编写这种代码，以免转移读者的注意力。因此，把 backDateTo 字段硬编码为日期 2010 年 2 月 1 日。在下载这段代码时，很容易修改这个日期：

```
internal class WhatsNewChecker
{
    private static readonly StringBuilder outputText = new StringBuilder(1000);
    private static DateTime backDateTo = new DateTime(2010, 2, 1);

    static void Main()
    {
        Assembly theAssembly = Assembly.Load("VectorClass");
        Attribute supportsAttribute =
            Attribute.GetCustomAttribute(
                theAssembly, typeof(SupportsWhatsNewAttribute));
        string name = theAssembly.FullName;
```

```

        AddToMessage("Assembly: " + name);

        if (supportsAttribute == null)
        {
            AddToMessage(
                "This assembly does not support WhatsNew attributes");
            return;
        }
        else
        {
            AddToMessage("Defined Types:");
        }

        Type[] types = theAssembly.GetTypes();

        foreach (Type definedType in types)
            DisplayTypeInfo(definedType);

        MessageBox.Show(outputText.ToString(),
            "What\'s New since " + backDateTo.ToLongDateString());
        Console.ReadLine();
    }
}

```

**Main()**方法首先加载 **VectorClass** 程序集，验证它是否真的用 **SupportsWhatsNew** 特性标记。我们知道，**VectorClass** 程序集应用了 **SupportsWhatsNew** 特性，虽然才编译了该程序集，但进行这种检查还是必要的，因为用户可能希望检查这个程序集。

验证了这个程序集后，使用 **Assembly.GetTypes()**方法获得一个数组，其中包括在该程序集中定义的所有类型，然后在这个数组中遍历它们。对每种类型调用一个方法——**DisplayTypeInfo()**，它给 **outputText** 字段添加相关的文本，包括 **LastModifiedAttribute** 类的任何实例的详细信息。最后，显示带有完整文本的消息框。**DisplayTypeInfo()**方法如下所示：

```

private static void DisplayTypeInfo(Type type)
{
    // make sure we only pick out classes
    if (!(type.IsClass))
    {
        return;
    }

    AddToMessage("\n\nclass " + type.Name);

    Attribute [] attribs = Attribute.GetCustomAttributes(type);

    if (attribs.Length == 0)
    {
        AddToMessage("No changes to this class\n");
    }
    else
    {
        foreach (Attribute attrib in attribs)
        {
            WriteAttributeInfo(attrib);
        }
    }
}

```



```
MethodInfo [] methods = type.GetMethods();
AddToMessage("CHANGES TO METHODS OF THIS CLASS:");

foreach (MethodInfo nextMethod in methods)
{
    object [] attribs2 =
        nextMethod.GetCustomAttributes(
            typeof(LastModifiedAttribute), false);

    if (attribs2 != null)
    {
        AddToMessage(
            nextMethod.ReturnType + " " + nextMethod.Name + "()");
        foreach (Attribute nextAttrib in attribs2)
        {
            WriteAttributeInfo(nextAttrib);
        }
    }
}
}
```

注意，在这个方法中，首先应检查所传递的 `Type` 引用是否表示一个类。因为，为了简化代码，指定 `LastModified` 特性只能应用于类或成员方法，如果该引用不是类(它可能是一个结构、委托或枚举)，那么进行任何处理都是浪费时间。

接着使用 `Attribute.GetCustomAttributes()` 方法确定这个类是否有相关的 `LastModifiedAttribute` 实例。如果有，就使用辅助方法 `WriteAttributeInfo()` 把它们的详细信息添加到输出文本中。

最后使用 `Type.GetMethods()` 方法遍历这种数据类型的所有成员方法，然后对每个方法进行相同的处理(类似于对类执行的操作)：检查每个方法是否有相关的 `LastModifiedAttribute` 实例，如果有，就用 `WriteAttributeInfo()` 方法显示它们。

下面的代码显示了 `WriteAttributeInfo()` 方法，它负责确定为给定的 `LastModifiedAttribute` 实例显示什么文本，注意因为这个方法的参数是一个 `Attribute` 引用，所以需要先把该引用强制转换为 `LastModifiedAttribute` 引用。之后，就可以使用最初为这个特性定义的属性获取其参数。在把该特性添加到要显示的文本中之前，应检查特性的日期是否是最近的：

```
private static void WriteAttributeInfo(Attribute attrib)
{
    LastModifiedAttribute lastModifiedAttrib =
        attrib as LastModifiedAttribute;

    if (lastModifiedAttrib == null)
    {
        return;
    }

    // check that date is in range
    DateTime modifiedDate = lastModifiedAttrib.DateModified;

    if (modifiedDate < backDateTo)
    {
        return;
    }
}
```

```

AddToMessage(" MODIFIED: " +
    modifiedDate.ToLongDateString() + ":");
AddToMessage(" " + lastModifiedAttrib.Changes);

if (lastModifiedAttrib.Issues != null)
{
    AddToMessage(" Outstanding issues:" +
        lastModifiedAttrib.Issues);
}
}
}

```

最后，是辅助方法 AddToMessage():

```

static void AddToMessage(string message)
{
    outputText.Append("\n" + message);
}
}
}

```

运行这段代码，得到如图 14-2 所示的结果。

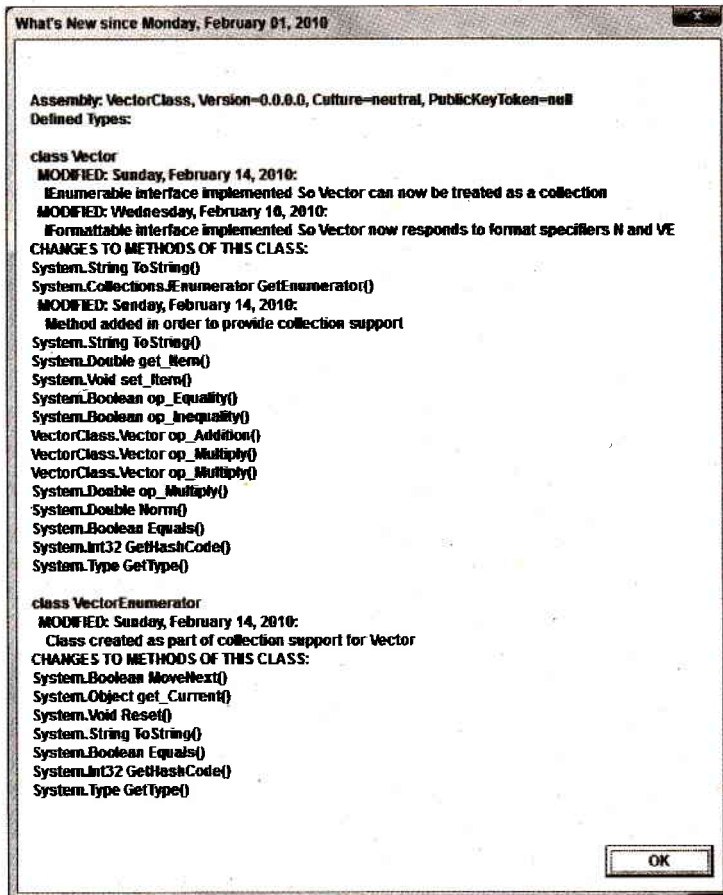


图 14-2

注意，在列出 VectorClass 程序集中定义的类型时，实际上选择了两个类：Vector 类和内嵌的

VectorEnumerator 类。还要注意，这段代码把 backDateTo 日期硬编码为 2 月 1 日，实际上选择的是日期为 2 月 14 日的特性(添加集合支持的时间)，而不是 2 月 10 日(添加 IFormattable 接口的时间)。

### 14.3 小结

本章没有介绍反射的全部内容，反射需要一整本书来讨论。我们只介绍了 Type 和 Assembly 类，它们是访问反射所提供的扩展功能的主要入口点。

另外，本章还探讨了反射的一个常用方面：自定义特性，它比其他方面更常用。介绍了如何定义和应用自己的自定义特性，以及如何在运行期间检索自定义特性的信息。

第 15 章介绍异常和结构化的异常处理。

# 第 15 章

## 错误和异常

本章内容:

- 异常类
- 使用 try...catch...finally 捕获异常
- 创建用户定义的异常

错误的出现并不总是编写应用程序的人的原因,有时应用程序会因为应用程序的最终用户引发或运行代码的环境而发生错误。无论如何,我们都应相应地预测应用程序和代码中出现的错误。

.NET Framework 改进了处理错误的方式。C#处理错误的机制可以为每种错误提供自定义处理方式,并把识别错误的代码与处理错误的代码分离开来。

学习完本章后,您将很好地掌握 C#应用程序中的高级异常处理技术。

无论编码技术有多好,程序都必须能处理可能出现的任何错误。例如,在一些复杂的代码处理过程中,代码没有读取文件的许可,或者在发送网络请求时,网络可能会中断。在这种异常情况下,方法只返回相应的错误代码通常是不够的——可能方法调用嵌套了 15 级或者 20 级,此时,程序需要跳过所有的 15 或 20 级方法调用,才能完全退出任务,并采取相应的应对措施。C#语言提供了处理这种情形的最佳工具,称为异常处理机制。



Java 和 C++开发人员会比较熟悉异常的规则,因为这些语言处理错误的方式与 C#相似。C++开发人员会留意异常是因为 C++可能会因此而降低性能,但在 C#中就不是这样。在 C#代码中使用异常一般不影响性能。Visual Basic 开发人员会发现,在 C#中处理异常非常类似于在 Visual Basic 中使用异常(除了语法不同)。

### 15.1 异常类

在 C#中,当出现某个特殊的异常错误条件时,就会创建(或抛出)一个异常对象。这个对象包含有助于跟踪问题的信息。我们可以创建自己的异常类(详见后面的内容),但.NET 提供了许多预定义的异常类。

本节将简要介绍在.NET 基类库中可用的一些异常。Microsoft 在.NET 中定义了大量的异常类,这里不可能提供详尽的列表。在图 15-1 类的层次结构图显示了其中的一些类,它们给出了大致的模式。

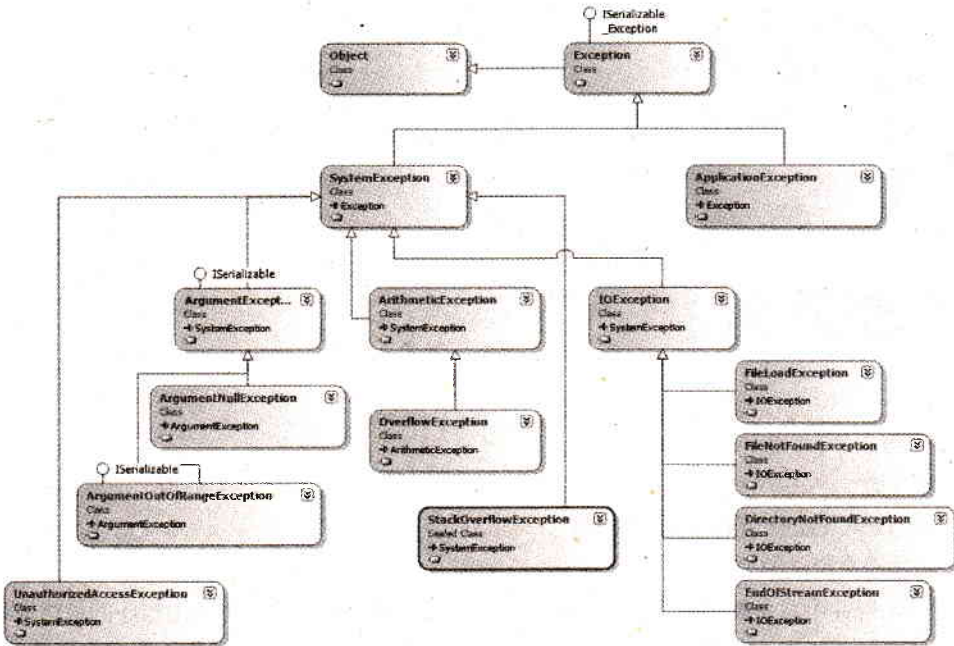


图 15-1

图 15-1 中的所有类都在 System 名称空间中，但 IOException 类和派生于 IOException 的类除外，它们在 System.IO 名称空间中。System.IO 名称空间处理文件数据的读写。一般情况下，异常没有特定的名称空间，异常类应放在生成异常的类所在的名称空间中，因此与 IO 相关的异常就在 System.IO 名称空间中。在许多基类名称空间中都有异常类。

对于 .NET 类，一般的异常类 System.Exception 派生自 System.Object，通常不在代码中抛出 System.Exception 泛型对象，因为它们无法确定错误情况的本质。

在该层次结构中两个重要的类，它们派生自 System.Exception 类：

- System.SystemException—— 该类用于通常由 .NET 运行库抛出的异常，或者有着非常一般的本质并且可以由几乎所有的应用程序抛出的异常。例如，如果 .NET 运行库检测到栈已满，它就会抛出 StackOverflowException 异常。另一方面，如果检测到调用方法时参数不正确，就可以在自己的代码中选择抛出 ArgumentException 异常或其子类异常。System.SystemException 异常的子类包括表示致命错误和非致命错误的异常。
- System.ApplicationException—— 这个类非常重要，因为它是第三方定义的异常基类。如果自己定义的任何异常覆盖了应用程序独有的错误情况，就应使它们直接或间接派生自 System.ApplicationException 异常。

其他可能用到的异常类包括：

- StackOverflowException—— 如果分配给栈的内存区域已满，就会抛出这个异常。如果一个方法连续地递归调用它自己，就可能发生栈溢出。这一般是一个致命错误，因为它禁止应用程序执行除了中断以外的其他任务。在这种情况下，甚至也不可能执行 finally 块，通常用户自己不能处理像这样的错误，而应退出应用程序。
- EndOfStreamException—— 这个异常通常是因为读到文件末尾而抛出的。第 24 章解释流，流表示数据源之间的数据流。

- **OverflowException**——如果要在 checked 环境下把包含值 -40 的 int 类型数据强制转换为 uint 数据，就会抛出这个异常。

我们不打算讨论图 15-1 中的其他异常类。

异常类的层次结构并不多见，因为其中的大多数类并没有给它们的基类添加任何功能。但是在处理异常时，添加继承类的一般原因是更准确地指定错误，所以不需要重写方法或添加新方法(尽管常常要添加额外的属性，以包含有关错误情况的额外信息)。例如，当传递了不正确的参数值时，可给方法调用使用 **ArgumentException** 基类，**ArgumentNullException** 异常类派生于 **ArgumentException** 异常类，它专门用于处理所传递的参数值是 **Null** 的情况。

## 15.2 捕获异常

.NET Framework 提供了大量的预定义基类异常对象，如何在代码中使用它们捕获错误情况？为了在 C# 代码中处理可能的错误情况，一般要把程序的相关部分分成 3 种不同类型的代码块：

- **try** 块包含的代码组成了程序的正常操作部分，但这部分程序可能遇到某些严重的错误。
- **catch** 块包含的代码处理各种错误情况，这些错误是执行 **try** 块中的代码时遇到的。这个块还可以用于记录错误。
- **finally** 块包含的代码清理资源或执行通常要在 **try** 块或 **catch** 块末尾执行的其他操作。无论是否抛出异常，都会执行 **finally** 块，理解这一点非常重要。因为 **finally** 块包含了应总是执行的清理代码，如果在 **finally** 块中放置了 **return** 语句，编译器就会标记一个错误。例如，使用 **finally** 块时，可以关闭在 **try** 块中打开的连接。**finally** 块是完全可选的。如果不需要清理代码(如删除对象或关闭已打开的对象)，就不需要包含此块。

那么，这些块是如何组合在一起捕获错误情况的？下面就是其步骤：

- (1) 执行的程序流进入 **try** 块。
- (2) 如果在 **try** 块中没有错误发生，在块中就会正常执行操作。当程序流到达 **try** 块末尾后，如果存在一个 **finally** 块，程序流就会自动进入 **finally** 块(第(5)步)。但如果在 **try** 块中程序流检测到一个错误，程序流就会跳转到 **catch** 块(下一步)。
- (3) 在 **catch** 块中处理错误。
- (4) 在 **catch** 块执行完后，如果存在一个 **finally** 块，程序流就会自动进入 **finally** 块：
- (5) 执行 **finally** 块(如果存在)。

用于完成这些任务的 C# 语法如下所示：

```
try
{
    // code for normal execution
}
catch
{
    // error handling
}
finally
{
    // clean up
}
```

实际上，上面的代码还有几种变体：

- 可以省略 `finally` 块，因为它是可选的
- 可以提供任意多个 `catch` 块，处理不同类型的错误。但不应包含过多的 `catch` 块，以防降低应用程序的性能。
- 可以一起省略 `catch` 块——此时，该语法应不是标识异常，而是一种确保程序流在离开 `try` 块后执行 `finally` 块中的代码的方式。如果在 `try` 块中有几个出口点，这很有用。

这看起来很不错，实际上是有问题的。如果运行 `try` 块中的代码，则程序流如何在错误发生时切换到 `catch` 块？如果检测到一个错误，代码就执行一定的操作，称为“抛出一个异常”；换言之，它实例化一个异常对象类，并抛出这个异常：

```
throw new OverflowException();
```

这里实例化了 `OverflowException` 类的一个异常对象。只要计算机在 `try` 块中遇到一条 `throw` 语句，就会立即查找与这个 `try` 块对应的 `catch` 块。如果有多个与 `try` 块对应的 `catch` 块，计算机就会查找与 `catch` 块对应的异常类，确定正确的 `catch` 块。例如，当抛出一个 `OverflowException` 异常对象时，执行的程序流就会跳转到下面的 `catch` 块：

```
catch (OverflowException ex)
{
    // exception handling here
}
```

换言之，计算机查找的 `catch` 块应表示同一个类(或基类)中匹配的异常类实例。

有了这些额外的信息，就可以扩展刚才介绍的 `try` 块。为了讨论方便，假定可能在 `try` 块中发生两个严重错误：溢出和数组超出范围。假定代码包含两个布尔变量 `Overflow` 和 `OutOfBounds`，它们分别表示这两种错误情况是否存在。我们知道，存在表示溢出的预定义溢出异常类 `OverflowException`；同样，存在预定义的 `IndexOutOfRangeException` 异常类，用于处理超出范围的数组。

现在，`try` 块如下所示：

```
try
{
    // code for normal execution

    if (Overflow == true)
    {
        throw new OverflowException();
    }

    // more processing

    if (OutOfBounds == true)
    {
        throw new IndexOutOfRangeException();
    }

    // otherwise continue normal execution
}
catch (OverflowException ex)
```

```

{
    // error handling for the overflow error condition
}
catch (IndexOutOfRangeException ex)
{
    // error handling for the index out of range error condition
}
finally
{
    // clean up
}

```

我们得到的 `try` 块看起来并不比 Visual Basic 6 中的 `On Error GoTo` 语句强多少,但可以更清晰地将不同的代码段分开。实际上, C# 的错误处理有一个更强大、更灵活的机制。

这是因为 `throw` 语句可以嵌套在 `try` 块的几个方法调用中,甚至在程序流进入其他方法时,也会继续执行同一个 `try` 块。如果计算机遇到一条 `throw` 语句,就会立即退出栈上所有的方法调用,查找 `try` 块的结尾和合适的 `catch` 块的开头,此时,中间方法调用中的所有局部变量都会超出作用域。`try...catch` 结构最适合于本节开头描述的场所:错误发生在一个方法调用中,而该方法调用可能嵌套了 15 或 20 级,这些处理操作会立即停止。

从上面的论述可以看出, `try` 块在控制执行的程序流上有重要的作用。但是,异常是用于处理异常情况的,这是其名称的由来。不应该用异常来控制退出 `do...while` 循环的时间。

### 15.2.1 实现多个 catch 块

要了解 `try...catch...finally` 块是如何工作的,最简单的方式是用两个示例来说明。第一个示例是 `SimpleExceptions`。它多次要求用户输入一个数字,然后显示这个数字。为了便于解释这个示例,假定该数字必须在 0~5 之间,否则程序就不能对该数字进行正确的处理。所以,如果用户输入超出该范围的数字,程序就抛出一个异常。

程序会继续要求用户输入更多数字,直到用户不再输入任何内容,按回车键为止。



这段代码没有说明何时使用异常处理。前面已经提及,异常用于处理异常情况。用户总是输入一些无聊的东西,所以这种情况不会真正发生。正常情况下,程序会处理不正确的用户输入,方法是进行即时检查,如果有问题,就要求用户重新输入。但是,在一个要求几分钟内读懂的小示例中生成异常是比较困难的,为了描述异常是如何工作的,后面将使用更真实的示例。

`SimpleExceptions` 的代码如下所示:



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

using System;

namespace Wrox.ProCSharp.AdvancedCSharp
{
    public class MainEntryPoint
    {
        public static void Main()
        {
            while (true)
            {

```



```
try
{
    string userInput;

    Console.Write("Input a number between 0 and 5." +
        "(or just hit return to exit)> ");
    userInput = Console.ReadLine();

    if (userInput == "")
    {
        break;
    }

    int index = Convert.ToInt32(userInput);

    if (index < 0 || index > 5)
    {
        throw new IndexOutOfRangeException(
            "You typed in " + userInput);
    }

    Console.WriteLine("Your number was " + index);
}
catch (IndexOutOfRangeException ex)
{
    Console.WriteLine("Exception: " +
        "Number should be between 0 and 5. {0}", ex.Message);
}
catch (Exception ex)
{
    Console.WriteLine(
        "An exception was thrown. Message was: {0}", ex.Message);
}
finally
{
    Console.WriteLine("Thank you");
}
```

代码段 SimpleExceptions.cs

这段代码的核心是一个 `while` 循环，它连续使用 `Console.ReadLine()` 方法以请求用户输入。`ReadLine()` 方法返回一个字符串，所以程序首先要用 `System.Convert.ToInt32()` 方法把它转换为 `int` 型。`System.Convert` 类包含执行数据转换的各种有用方法，并提供了 `int.Parse()` 方法的一个替代方法。一般情况下，`System.Convert` 类包含执行各种类型转换的方法，C# 编译器把 `int` 解析为 `System.Int32` 基类的实例。

值得注意的是，传递给 `catch` 块的参数只能用于该 `catch` 块。这就是为什么在上面的代码中，能在后续的 `catch` 块中使用相同的参数名 `ex` 的原因。

在上面的代码中，我们也检查一个空字符串，因为该空字符串是退出 `while` 循环的条件。注意这里用 `break` 语句退出 `try` 块和 `while` 循环——这是有效的。当然，当程序流退出 `try` 块时，会执行 `finally` 块中的 `Console.WriteLine()` 语句。尽管这里仅显示一句问候，仍需要关闭文件句柄，调用各种对象的 `Dispose()` 方法，以执行清理工作。一旦计算机退出了 `finally` 块，它就会继续执行下一条语句，如果没有 `finally` 块，该语句也会执行。在本例中，我们返回 `while` 循环的开头，再次进入 `try` 块(除非执行 `while` 循环中 `break` 语句的结果是进入 `finally` 块，此时就会退出 `while` 循环)。

下面看看异常情况：

```
if (index < 0 || index > 5)
{
    throw new IndexOutOfRangeException("You typed in " + userInput);
}
```

在抛出一个异常时，需要选择要抛出的异常类型。可以使用 `System.Exception` 异常类，但这个类是一个基类，最好不要把这个类的实例当作一个异常抛出，因为它没有包含关于错误的任何信息。而 .NET Framework 包含了许多派生自 `System.Exception` 异常类的其他异常类，每个类都对应于一种特定类型的异常情况，也可以定义自己的异常类。在抛出一个匹配特定错误情况的类的实例时，应提供尽可能多的异常信息。在本例中，`System.IndexOutOfRangeException` 异常类是最佳选择。`IndexOutOfRangeException` 异常类有几个重载的构造函数，我们选择的一个重载，其参数是一个描述错误的字符串。另外，也可以选择派生自己的自定义异常对象，它描述该应用程序环境中的错误情况。

假定用户这次输入了一个不在 0~5 范围内的数字，`if` 语句就会检测到一个错误，并实例化和抛出一个 `IndexOutOfRangeException` 异常对象。计算机会立即退出 `try` 块，并查找处理 `IndexOutOfRangeException` 异常的 `catch` 块。它遇到的第一个 `catch` 块如下所示：

```
catch (IndexOutOfRangeException ex)
{
    Console.WriteLine(
        "Exception: Number should be between 0 and 5. {0}", ex.Message);
}
```

由于这个 `catch` 块带合适类的一个参数，因此它就会传递给异常实例，并执行。在本例中，是显示错误信息和 `Exception.Message` 属性(它对应于给 `IndexOutOfRangeException` 异常类的构造函数传递的字符串)。执行了这个 `catch` 块后，控制权就切换到 `finally` 块，就好像没有发生过任何异常。

注意，本例还提供了另一个 `catch` 块：

```
catch (Exception ex)
{
    Console.WriteLine("An exception was thrown. Message was: {0}", ex.Message);
}
```

如果没有在前面的 `catch` 块中捕获到这类异常，则这个 `catch` 块也能处理 `IndexOutOfRangeException` 异常。基类的一个引用也可以指派生自它的类的所有实例，所有的异常都派生自 `System.Exception` 异常类。那么为什么不执行这个 `catch` 块？答案是计算机只执行它在可用的 `catch` 块列表中的第一个合适的 `catch` 块。但为什么还要编写第二个 `catch` 块？不仅 `try` 块包含这段代码，还有另外 3 个方法调用 `Console.ReadLine()`、`Console.Write()` 和 `Convert.ToInt32()` 也包含这段代码，它们是 `System` 名

称空间中的方法。这 3 个方法都可能抛出异常。

如果输入的内容不是数字,如 `a` 或 `hello`, `Convert.ToInt32()` 方法就会抛出 `System.FormatException` 类的一个异常,表示传递给 `ToInt32()` 方法的字符串对应的格式不能转换为 `int`。此时,计算机跟踪这个方法调用,查找可以处理该异常的处理程序。第一个 `catch` 块带一个 `IndexOutOfRangeException` 异常,不能处理这种异常。计算机接着查看第二个 `catch` 块,显然它可以处理这类异常,因为 `FormatException` 异常类派生于 `Exception` 异常类,所以把 `FormatException` 异常类的实例作为参数传递给它。

该示例的这种结构是非常典型的多 `catch` 块结构。最先编写的 `catch` 块用于处理非常特殊的错误情况,接着是比较一般的块,它们可以处理任何错误,我们没有为它们编写特定的错误处理程序。实际上, `catch` 块的顺序很重要,如果以相反的顺序编写这两个块,代码就不会编译,因为第二个 `catch` 块是不会执行的(`Exception catch` 块会捕获所有异常)。因此,最上面的 `catch` 块应用于最特殊的异常情况,最后是最一般的 `catch` 块。

前面分析了该示例的代码,现在可以运行它。下面的输出说明了不同的输入会得到不同的结果,并说明抛出了 `IndexOutOfRangeException` 异常和 `FormatException` 异常:

```
SimpleExceptions
Input a number between 0 and 5 (or just hit return to exit)>4
Your number was 4
Thank you
Input a number between 0 and 5 (or just hit return to exit)>0
Your number was 0
Thank you
Input a number between 0 and 5 (or just hit return to exit)>10
Exception: Number should be between 0 and 5. You typed in 10
Thank you
Input a number between 0 and 5 (or just hit return to exit)> hello
An exception was thrown. Message was: Input string was not in a correct format.
Thank you
Input a number between 0 and 5 (or just hit return to exit)>
Thank you
```

### 15.2.2 在其他代码中捕获异常

上面的示例说明了两个异常的处理。一个是 `IndexOutOfRangeException` 异常,它由我们自己的代码抛出,另一个是 `FormatException` 异常,它由一个基类抛出。如果检测到错误,或者某个方法因传递的参数有误而被错误调用,库中的代码就常常会抛出一个异常。但库中的代码很少捕获这样的异常。应由客户端代码来决定如何处理这些问题。

在调试时,异常经常从基类库中抛出,调试的过程在某种程度上是确定异常抛出的原因,并消除导致错误发生的缘由。主要目标是确保代码在发布后,异常只发生在非常罕见的情况下,如果可能,应在代码中以适当的方式处理它。

### 15.2.3 System.Exception 属性

本示例只使用了异常对象的一个 `Message` 属性。在 `System.Exception` 异常类中还有许多其他属性,如表 15-1 所示。

表 15-1

属 性	说 明
Data	这个属性可以给异常添加键/值语句, 以提供关于异常的额外信息
HelpLink	链接到一个帮助文件上, 以提供关于该异常的更多信息
InnerException	如果此异常是在 catch 块中抛出的, 它就会包含把代码发送到 catch 块中的异常对象
Message	描述错误情况的文本
Source	导致异常的应用程序名或对象名
StackTrace	栈上方法调用的详细信息, 它有助于跟踪抛出异常的方法
TargetSite	描述抛出异常的方法的 .NET 反射对象

在这些属性中, 如果可以进行栈跟踪, StackTrace 和 TargetSite 属性由 .NET 运行库自动提供。Source 属性总是由 .NET 运行库填充为抛出异常的程序集的名称(但可以在代码中修改该属性, 提供更专门的信息), Data、Message、HelpLink 和 InnerException 属性必须在抛出异常的代码中填充, 方法是在抛出异常前设置这些属性。例如, 抛出异常的代码如下所示:

```

if (ErrorCondition == true)
{
    Exception myException = new ClassMyException("Help!!!!");
    myException.Source = "My Application Name";
    myException.HelpLink = "MyHelpFile.txt";
    myException.Data["ErrorDate"] = DateTime.Now;
    myException.Data.Add("AdditionalInfo", "Contact Bill from the Blue Team");
    throw myException;
}

```

其中 ClassMyException 是抛出的异常类的名称。注意所有异常类的名称通常以 Exception 结尾。Data 属性可以用两种方式设置。

## 15.2.4 没有处理异常时所发生的情况

有时抛出了一个异常后, 代码中没有 catch 块能处理这类异常。前面的 SimpleExceptions 示例就说明了这种情况。例如, 假定忽略 FormatException 异常和通用的 catch 块, 只有捕获 IndexOutOfRangeException 异常的块。此时, 如果抛出一个 FormatException 异常, 会发生什么情况呢?

答案是 .NET 运行库会捕获它。本节后面将介绍如何嵌套 try 块——实际上在本示例中, 就有一个在后台处理的嵌套的 try 块。 .NET 运行库把整个程序放在另一个更大的 try 块中, 对于每个 .NET 程序它都会这么做。这个 try 块有一个 catch 处理程序, 它可以捕获任何类型的异常。如果出现代码没有处理的异常, 程序流就会退出程序, 由 .NET 运行库中的 catch 块捕获它。但是, 事与愿违。代码的执行会立即终止, 并给用户显示一个对话框, 说明代码没有处理异常, 并给出 .NET 运行库能检索到的关于异常的详细信息。至少异常会被捕获, 这就是第 2 章在 Vector 示例程序抛出一个异常时发生的情况。

一般情况下, 如果编写一个可执行程序, 就应捕获尽可能多的异常, 并以合理的方式处理它们。如果编写一个库, 最好不要捕获异常(除非某个特殊异常表示在代码中可以处理的情况), 但要假定调用代码可以处理它们。当然, 用户可能不想捕获 Microsoft 预定义的任何异常, 而是抛出自己的异

常对象，该异常对象给客户端代码提供更特定的信息。

### 15.2.5 嵌套的 try 块

异常的一个特性是 try 块可以嵌套，如下所示：

```
try
{
    // Point A
    try
    {
        // Point B
    }
    catch
    {
        // Point C
    }
    finally
    {
        // clean up
    }
    // Point D
}
catch
{
    // error handling
}
finally
{
    // clean up
}
```

在上面的代码中，每个 try 块都只有一个 catch 块，但可以把多个 catch 块连接在一起。下面详细讨论嵌套的 try 块如何工作。

如果抛出的异常在外层的 try 块中，但在内层 try 块的外部(标记为 A 点和 D 点的代码块)，这种情况就与前面介绍的情况没有任何区别：异常由外层的 catch 块捕获，并执行外层的 finally 块，或者执行 finally 块，由 .NET 运行库处理异常。

如果异常是在内层 try 块(标记为 B 点的代码块)中抛出的，且有一个合适的内层 catch 块处理该异常，这又是我们熟悉的情况：在内层处理异常，执行内层的 finally 块，之后继续执行外层的 try 块(标记为 D 点的代码块)。

现在假定异常是在代码块的内层 try 块中抛出的，但内层的 catch 块中没有合适的处理程序。这时会像通常一样执行内层的 finally 块，但接着 .NET 运行库必须退出内层的 try 块，才能搜索到合适的处理程序。下一个要搜索的区域显然是外层的 catch 块。如果系统在这里找到一个处理程序，就会执行该处理程序，再执行外层的 finally 块。如果没有找到合适的处理程序，就会继续搜索。在这里，执行的是外层的 finally 块，因为没有更多的 catch 块，所以控制权会转移到 .NET 运行库。注意，任何时候不会执行外层 try 块中 D 点后面的代码。

如果异常是在 C 点抛出的，就更有趣了。如果程序执行到 C 点中，它就必须处理在 B 点抛出的异常。在 catch 块中抛出另一个异常很正常。此时，异常的处理就跟它是在外层 try 块中抛出的一

样，程序流会立即退出内层的 `catch` 块，执行内层的 `finally` 块，系统在外层的 `catch` 块中搜索处理程序。同样，如果在内层的 `finally` 块中抛出一个异常，搜索会在外层的 `catch` 块开始，控制权会立即转移到最匹配的处理程序。



在 `catch` 块和 `finally` 块中抛出异常是完全合理的。

尽管本例只有两个 `try` 块，但无论嵌套了多少个 `try` 块，规则都是一样的。在每个阶段中，.NET 运行库顺序执行 `try` 块，查找合适的处理程序。在每个阶段中，当退出 `catch` 块后，就会执行对应 `finally` 块中的任何清理代码，但不执行 `finally` 块外部的代码，直到找到合适的 `catch` 处理程序，并执行为止。

`try` 块的嵌套也可能发生在方法之间。例如，如果方法 A 调用了 `try` 块中的方法 B，那么方法 B 也包含一个 `try` 块。

前面说明了嵌套的 `try` 块的工作方式。下一个问题显然是为什么要这么做？这有两个原因：

- 为了修改所抛出的异常的类型。
- 为了能够在代码的不同地方处理不同类型的异常。

### 1. 修改异常的类型

当最初抛出的异常不足以说明问题时，修改异常的类型就非常重要。通常的情况是抛出的异常（可能由 .NET 运行库抛出）是一种相当低级的异常，说明发生溢出（`OverflowException` 异常）或传递给方法的参数不正确（派生于 `ArgumentException` 异常类的一个类）。但是，由于抛出异常的环境，我们知道这暴露了一些底层的问题（例如，因为刚才读取的文件包含了不正确的数据，才发生了溢出异常）。此时处理程序对于第一个异常所能做的最佳处理就是抛出另一个异常，以便更准确地说明这个问题，从而让另一个 `catch` 块更恰当地处理它。也可以通过一个由 `System.Exception` 异常类实现的 `InnerException` 属性来处理最初的异常。`InnerException` 属性只包含另一个抛出的相关异常的引用——最终的处理程序例程需要这些额外信息。

当然，还应指出，异常可能在 `catch` 块中抛出。例如，可以从某个配置文件中读取数据，这个文件包含处理错误的详细指令——结果可能是这个文件不存在。

### 2. 在不同的地方处理不同的异常

嵌套 `try` 块的第二个原因是不同类型的异常可以在代码的不同地方处理。例如，在循环中，可能会发生各种异常。其中一些异常比较严重，需要退出整个循环，而另外一些则不太严重，只需退出这次迭代，进入循环的下一迭代即可。在循环的内部有一个 `try` 块就可以处理不太严重的异常，再在循环外面用一个外层的 `try` 块来处理比较严重的错误。在下面的异常示例中，将解释具体的操作情况。

## 15.3 用户定义的异常类

下面介绍有关异常的第二个示例，这个示例叫作 `SolicitColdCall`，它包含两个嵌套的 `try` 块，说

明了如何定义自定义异常类，再从 `try` 块中抛出另一个异常。

这个示例假定一家销售公司希望有更多的客户。该公司的销售部门打算给一些人打电话，希望他们成为自己的客户。用销售行业的行话来讲，就是“陌生电话”。为此，应有一个文本文件存储这些陌生人的姓名，该文件应有良好的格式，其中第一行包含文件中的人数，后面的行包含这些人的姓名。换言之，正确的格式如下所示。

```
4
George Washington
Benedict Arnold
John Adams
Thomas Jefferson
```

这个示例的目的是在屏幕上显示这些人的姓名(由销售人员读取)，这就是为什么只把姓名放在文件中，但没有电话号码的原因。

程序要求用户输入文件的名称，然后读取文件，并显示其中的人名。这听起来是一个很简单的任务，但也会出现两个错误，需要退出整个过程：

- 用户可能输入不存在的文件名。这作为 `FileNotFoundException` 异常来捕获。
- 文件的格式可能不正确，这里可能有两个问题。首先，文件的第一行不是整数。第二，文件中可能没有第一行指定的那么多人名。这两种情况都需要在一个自定义异常中处理，我们已经专门为此编写了 `ColdCallFileFormatException` 异常。

还会有其他问题，虽然不致于退出整个过程，但需要删除某个人名，继续处理文件中的下一个人名(因此这需要在内层的 `try` 块中处理)。一些人是工业间谍，为销售公司的竞争对手工作，显然，我们不希望让这些通过一个偶然的电话知道我们要做的工作。因此应确定哪些人是工业间谍，搜索条件是他们的姓名以 B 开头。这些人应在第一次准备数据文件时从文件中删除，但万一使工业间谍混入，就需要检查文件中的每个姓名，如果检测到一个工业间谍，就应抛出一个 `SalesSpyFoundException` 异常，当然，这是另一个自定义异常对象。

最后，编写一个类 `ColdCallFileReader` 来实现这个示例，该类维护与 `cold-call` 文件的连接，并从中检索数据。我们将以非常安全的方式编写这个类，如果其方法调用不正确，就会抛出异常。例如，如果在文件打开前，调用了读取文件的方法，就会抛出一个异常。为此，我们编写了另一个异常类 `UnexpectedException`。

### 15.3.1 捕获用户定义的异常

首先是 `SolicitColdCall` 示例的 `Main()` 方法，它捕获用户定义的异常。注意，下面要调用 `System.IO` 名称空间和 `System` 名称空间中的文件处理类。

```
using System;
using System.IO;

namespace Wrox.ProCSharp.AdvancedCSharp
{
    class MainEntryPoint
    {
        static void Main()
        {
            Console.Write("Please type in the name of the file " +
```

```

        "containing the names of the people to be cold called > ");
string fileName = Console.ReadLine();
ColdCallFileReader peopleToRing = new ColdCallFileReader();

try
{
    peopleToRing.Open(fileName);
    for (int i=0; i<peopleToRing.NPeopleToRing; i++)
    {
        peopleToRing.ProcessNextPerson();
    }
    Console.WriteLine("All callers processed correctly");
}
catch(FileNotFoundException)
{
    Console.WriteLine("The file {0} does not exist", fileName);
}
catch(ColdCallFileFormatException ex)
{
    Console.WriteLine(
        "The file {0} appears to have been corrupted", fileName);
    Console.WriteLine("Details of problem are: {0}", ex.Message);
    if (ex.InnerException != null)
    {
        Console.WriteLine(
            "Inner exception was: {0}", ex.InnerException.Message);
    }
}
catch(Exception ex)
{
    Console.WriteLine("Exception occurred:\n" + ex.Message);
}
finally
{
    peopleToRing.Dispose();
}
Console.ReadLine();
}
}

```

这段代码基本上只是一个循环，用来处理文件中的人名。开始时，先让用户输入文件名，再实例化 `ColdCallFileReader` 类的一个对象，这个类稍后定义，正是这个类负责处理文件中数据的读取。注意是在第一个 `try` 块的外部读取文件——这是因为这里实例化的变量需要在后面的 `catch` 块和 `finally` 块中使用，如果在 `try` 块中声明它们，它们在 `try` 块的闭合花括号处就超出了作用域，这会导致异常。

在 `try` 块中打开文件(使用 `ColdCallFileReader.Open()` 方法)，并循环处理其中的所有人名。`ColdCallFileReader.ProcessNextPerson()` 方法会读取并显示文件中的下一个人名，而 `ColdCallFileReader.NpeopleToRing` 属性则说明文件中应有多少个人名(通过读取文件的第一行来获得)。有 3 个 `catch` 块，其中两个分别用于处理 `FileNotFoundException` 和 `ColdCallFileFormatException` 异常，第 3 个则用于处理任何其他 .NET 异常。

在 `FileNotFoundException` 异常中，我们会为它显示一条消息，注意在这个 `catch` 块中，根本不



会使用异常实例，原因是这个 `catch` 块用于说明应用程序的用户友好性。异常对象一般会包含技术信息，这些技术信息对开发人员很有用，但对于最终用户来说则没有什么用，所以本例将创建一条更简单的消息。

对于 `ColdCallFormatException` 异常的处理程序，则执行相反的操作，说明了如何提供更完整的技术信息，包括内层异常的细节(如果存在内层异常)。

最后，如果捕获到其他一般异常，就显示一条用户友好消息，而不是让这些异常由 .NET 运行库处理。注意我们选择不处理派生自 `System.Exception` 异常类的某些异常，因为不直接调用非 .NET 的代码。

`finally` 块清理资源。在本例中，这是指关闭已打开的任何文件。`ColdCallFileReader.Dispose()` 方法完成了这个任务。

### 15.3.2 抛出用户定义的异常

下面看看处理文件读取，以及(可能)抛出用户定义的异常类 `ColdCallFileReader` 的定义。因为这个类维护一个外部文件连接，所以需要确保它根据第 4 章有关释放对象的规则，正确地释放它。这个类派生自 `IDisposable` 类。

首先声明一些变量：

```
class ColdCallFileReader: IDisposable
{
    FileStream fs;
    StreamReader sr;
    uint nPeopleToRing;
    bool isDisposed = false;
    bool isOpen = false;
```

`FileStream` 和 `StreamReader` 都在 `System.IO` 名称空间中，它们都是用于读取文件的基类。`FileStream` 基类主要用于连接文件，`StreamReader` 基类则专门用于读取文本文件，并实现 `StreamReader()` 方法，该方法读取文件中的一行文本。第 29 章在深入讨论文件处理时将讨论 `StreamReader` 基类。

`isDisposed` 字段表示是否调用了 `Dispose()` 方法，我们选择实现 `ColdCallFileReader` 异常，这样，一旦调用了 `Dispose()` 方法，就不能重新打开文件连接，重新使用对象了。`isOpen` 字段也用于错误检查——在本例中，检查 `StreamReader` 基类是否连接到打开的文件上。

打开文件和读取第一行的过程——告诉我们文件中有多少个人名——由 `Open()` 方法来处理：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
public void Open(string fileName)
{
    if (isDisposed)
        throw new ObjectDisposedException("peopleToRing");

    fs = new FileStream(fileName, FileMode.Open);
    sr = new StreamReader(fs);

    try
    {
        string firstLine = sr.ReadLine();
        nPeopleToRing = uint.Parse(firstLine);
        isOpen = true;
```

```

    }
    catch (FormatException ex)
    {
        throw new ColdCallFileFormatException(
            "First line isn't an integer", ex);
    }
}

```

代码段 SolicitColdCall.cs

与 `ColdCallFileReader` 异常类的所有其他方法一样，该方法首先检查在删除对象后，客户端代码是否不正确地调用了它，如果是，就抛出一个预定义的 `ObjectDisposedException` 异常对象。`Open()` 方法也会检查 `isDisposed` 字段，看看是否已调用 `Dispose()` 方法。因为调用 `Dispose()` 方法会告诉调用者现在已经处理完对象，所以，如果已经调用了 `Dispose()` 方法，就说明有一个试图打开新文件连接的错误。

接着，这个方法包含前两个内层的 `try` 块，其目的是捕获因为文件的第一行没有包含一个整数而抛出的任何错误。如果出现这个问题，.NET 运行库就抛出一个 `FormatException` 异常，该异常捕获并转换为一个更有意义的异常，这个更有意义的异常表示 `cold-call` 文件的格式有问题。注意 `System.FormatException` 异常表示与基本数据类型相关的格式问题，而不是与文件有关，所以在本例中它不是传递回主调例程的一个特别有用的异常。新抛出的异常会被最外层的 `try` 块捕获。因为这里不需要清理资源，所以不需要 `finally` 块。

如果一切正常，就把 `isOpen` 字段设置为 `true`，表示现在有一个有效的文件连接，可以从中读取数据。

`ProcessNextPerson()` 方法也包含一个内层 `try` 块：

```

public void ProcessNextPerson()
{
    if (isDisposed)
    {
        throw new ObjectDisposedException("peopleToRing");
    }

    if (!isOpen)
    {
        throw new UnexpectedException(
            "Attempted to access coldcall file that is not open");
    }

    try {
        string name;
        name = sr.ReadLine();
        if (name == null)
            throw new ColdCallFileFormatException("Not enough names");
        if (name[0] == 'B')
        {
            throw new SalesSpyFoundException(name);
        }
        Console.WriteLine(name);
    }
    catch (SalesSpyFoundException ex)

```

```
    {  
        Console.WriteLine(ex.Message);  
    }  
  
    finally  
    {  
    }  
}
```

这里可能存在两个与文件相关的错误(假定实际上有一个打开的文件连接, `ProcessNextPerson()` 方法会先进行检查)。第一, 读取下一个人名时, 可能发现这是一个工业间谍。如果发生这种情况, 在这个方法中就使用第一个 `catch` 块捕获异常。因为这个异常已经在循环中被捕获, 所以程序流会继续在程序的 `Main()` 方法中执行, 处理文件中的下一个人名。

如果读取下一个人名, 发现已经到达文件的末尾, 也会发生错误。`StreamReader` 对象的 `ReadLine()` 方法的工作方式是: 如果到达文件末尾, 它就会返回一个 `null`, 而不是抛出一个异常。所以, 如果找到一个 `null` 字符串, 就说明文件的格式不正确, 因为文件的第一行中的数字要比文件中的实际人数多。如果发生这种错误, 就抛出一个 `ColdCallFileFormatException` 异常, 它由外层的异常处理程序捕获(使程序终止执行)。

同样, 这里不需要 `finally` 块, 因为没有要清理的资源, 但这次要放置一个空的 `finally` 块, 表示在这里可以完成用户希望完成的任务。

这个示例就要完成了。`ColdCallFileReader` 异常类还有另外两个成员: `NPeopleToRing` 属性返回文件中假定的人数, `Dispose()` 方法可以关闭已打开的文件。注意 `Dispose()` 方法仅返回它是否被调用——这是实现该方法的推荐方式。它还检查在关闭前是否有一个文件流要关闭。这个例子说明了防御编码技术, 这正是所要实现的:

```
public uint NPeopleToRing  
{  
    get  
    {  
        if (isDisposed)  
        {  
            throw new ObjectDisposedException("peopleToRing");  
        }  
  
        if (!isOpen)  
        {  
            throw new UnexpectedException(  
                "Attempted to access cold-call file that is not open");  
        }  
  
        return nPeopleToRing;  
    }  
}  
  
public void Dispose()  
{  
    if (isDisposed)  
    {  
        return;  
    }  
}
```

```

isDisposed = true;
isOpen = false;

if (fs != null)
{
    fs.Close();
    fs = null;
}
}

```

### 15.3.3 定义用户定义的异常类

最后，需要定义 3 个异常类。定义自己的异常非常简单，因为几乎不需要添加任何额外的方法。只需实现构造函数，确保基类的构造函数正确调用即可。下面是实现 `SalesSpyFoundException` 异常类的完整代码：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

class SalesSpyFoundException: ApplicationException
{
    public SalesSpyFoundException(string spyName)
    : base("Sales spy found, with name " + spyName)
    {
    }

    public SalesSpyFoundException(
        string spyName, Exception innerException)
    : base(
        "Sales spy found with name " + spyName, innerException)
    {
    }
}

```

代码段 `SolicitColdCall.cs`

注意，这个类派生自 `ApplicationException` 异常类，正是我们期望的自定义异常。实际上，如果要更正式地创建它，可以把它放在一个中间类中，例如 `ColdCallFileException` 异常类，它派生于 `ApplicationException` 异常类，再从这个类派生出两个异常类，并确保处理代码可以很好地控制哪个异常处理程序处理哪个异常即可。但为了使这个示例比较简单，就不这么做了。

在 `SalesSpyFoundException` 异常类中，处理的内容要多一些。假定传送给它的构造函数的信息仅是找到的间谍名，从而把这个字符串转换为含义更明确的错误信息。我们还提供了两个构造函数，其中一个构造函数的参数只是一条消息，另一个构造函数的参数是一个内层异常。在定义自己的异常类时，至少把这两个构造函数都包括进来（尽管以后将不能在示例中使用 `SalesSpyFoundException` 异常类的第 2 个构造函数）。

对于 `ColdCallFileFormatException` 异常类，规则是一样的，但不必对消息进行任何处理：

```

class ColdCallFileFormatException: ApplicationException
{
    public ColdCallFileFormatException(string message)
    : base(message)
    {
    }

    public ColdCallFileFormatException(

```

```

        string message, Exception innerException)
        : base(message, innerException)
        {
        }
    }
}

```

最后是 `UnexpectedException` 异常类, 它看起来与 `ColdCallFormatException` 异常类是一样的:

```

class UnexpectedException: ApplicationException
{
    public UnexpectedException(string message)
    : base(message)
    {
    }

    public UnexpectedException(string message, Exception innerException)
    : base(message, innerException)
    {
    }
}

```

下面准备测试该程序。首先, 使用 `people.txt` 文件, 其内容已经在前面列出了。

```

4
George Washington
Benedict Arnold
John Adams
Thomas Jefferson

```

它有 4 个名字(与文件中第一行给出的数字匹配), 包括一个间谍。接着, 使用下面的 `people2.txt` 文件, 它有一个明显的格式错误:

```

49
George Washington
Benedict Arnold
John Adams
Thomas Jefferson

```

最后, 尝试该例子, 但指定一个不存在的文件名 `people3.txt`, 对这 3 个文件名运行程序 3 次, 得到的结果如下:

```

SolicitColdCall
Please type in the name of the file containing the names of the people to be cold
called > people.txt
George Washington
Sales spy found, with name Benedict Arnold
John Adams
Thomas Jefferson
All callers processed correctly

SolicitColdCall
Please type in the name of the file containing the names of the people to be cold
called > people2.txt
George Washington
Sales spy found, with name Benedict Arnold

```

```
John Adams
Thomas Jefferson
The file people2.txt appears to have been corrupted.
Details of the problem are: Not enough names
```

```
SolicitColdCall
Please type in the name of the file containing the names of the people to be cold
called > people3.txt
The file people3.txt does not exist.
```

最后，这个应用程序说明了处理程序中可能存在的错误和异常的许多不同方式。

## 15.4 小结

本章介绍了 C# 通过异常处理错误情况的多种机制，我们不仅可以输出代码中的一般错误代码，还可以用指定的方式处理最特殊的错误情况。有时一些错误情况是通过 .NET Framework 本身提供的，有时则需要编写自己的错误情况，如本章的例子所示。在这两种情况下，都可以采用许多方式来保护应用程序的工作流，使之不出现不必要和危险的错误。

下一章将利用前面学习的许多内容，在 .NET 开发人员的 IDE——Visual Studio 2010 中实践这些内容。

## 第 II 部分

# Visual Studio

---

- 第 16 章 Visual Studio 2010
- 第 17 章 部署

# 第 16 章

## Visual Studio 2010

### 本章内容:

- 使用 Visual Studio 2010
- 使用 Visual Studio 2010 的重构功能
- Visual Studio 2010 的多目标功能
- 使用 WPF、WCF、WF 等新技术

至此我们已经熟悉了 C# 语言, 下面开始学习本书的应用部分, 这部分将介绍如何使用 C# 编写各种应用程序。在此之前, 需要了解如何使用 Visual Studio 以及 .NET 环境提供的一些功能来编写程序。

本章将介绍在 .NET 环境中编程的真正含义, 讨论 Visual Studio, 这是主要的开发环境, 在该环境中可以编写、编译、调试和优化 C# 程序。本章还提供编写良好的应用程序的规则。Visual Studio 是用于编写 Web 窗体、Windows 窗体、Windows Presentation Foundation(WPF) 应用程序、Silverlight 应用程序、XML Web 服务等的主要 IDE。关于 Windows 窗体及用户界面代码的编写方式详见第 39 章。

本章还介绍构建面向 .NET Framework 4 的应用程序的步骤。使用 Visual Studio 2010 可以间接编写最新的应用程序类型, 例如 Windows Presentation Foundation(WPF)、Windows Communication Foundation(WCF) 和 Windows Workflow Foundation(WF)。

### 16.1 使用 Visual Studio 2010

Visual Studio 2010 是一个完全集成的开发环境, 用于编写、调试代码, 尽可能简单地把代码编译为程序集进行发布。实际上, Visual Studio 提供了一个非常专业的多文档界面应用程序, 在该应用程序中可以进行与开发代码相关的任何操作, 它提供了:

- **文本编辑器**——在文本编辑器中, 可以编写 C# 代码(以及 Visual Basic 2010 和 VC++ 代码)。这个文本编辑器相当复杂, 例如, 在输入语句时, 它可以自动布局代码, 方法是缩进代码行、匹配代码块的左右花括号、提供彩色编码的关键字等。在输入语句时, 它还能执行一些语法检查, 它给可能产生编译错误的代码加上下划线, 这也称为设计期间的调试。它还提供了 IntelliSense 功能。在开始输入时, IntelliSense 会自动显示类名、字段名或方法名。在开始输入方法的参数时, IntelliSense 也会显示可用的重载方法的参数列表。图 16-1 显示了这个 IntelliSense 功能, 此时操作的是一个 .NET 基类 ListBox。





当 IntelliSense 列表框因某种原因不可见时，请按快捷键 Ctrl+Space，可以在需要时打开 IntelliSense 列表框。

- **设计视图编辑器**——它可以在项目中放置用户界面和数据访问控件。此时，Visual Studio 会自动在源文件中添加必要的 C#代码，在项目中实例化这些控件(在.NET 中，所有的控件实际上都是特定基类的实例)。
- **辅助窗口**——它们可以查看和修改项目的各个方面。例如，这些窗口可以显示源代码中的类以及 Windows 窗体和 Web 窗体类中的可用属性(和它们的初始值)。也可以使用这些窗口指定编译选项，如代码需要引用哪些程序集。

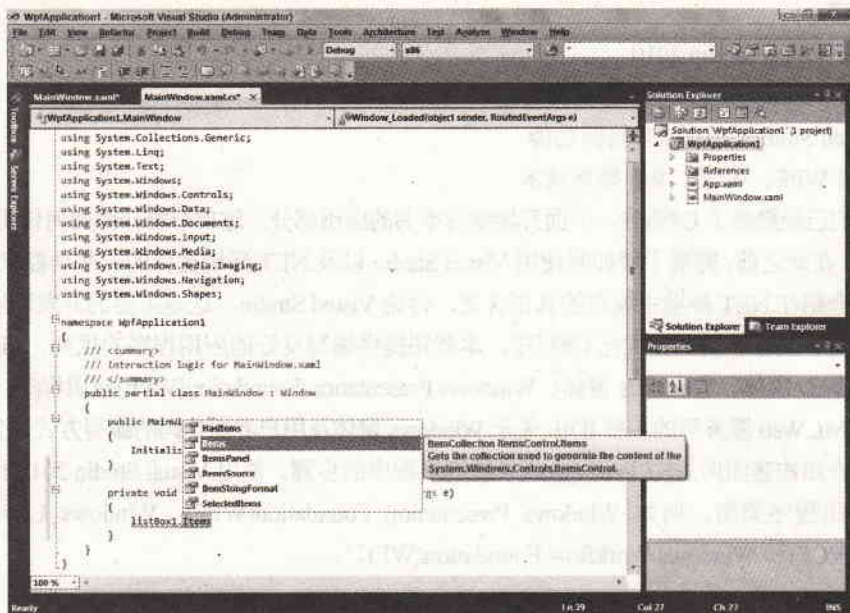


图 16-1

- **能够在环境中编译**——可以只选择一个菜单选项编译项目，而不必在命令行上运行 C#编译器。Visual Studio 会调用 C#编译器，把所有的相关命令行参数传递给编译器，例如，要引用哪个程序集和要生成什么类型的程序集(例如，可执行文件或库.dll)。根据需要，Visual Studio 还可以直接运行编译好的可执行文件，用户可以查看这些文件的运行情况是否正常，甚至可以选择不同的编译配置，例如，编译为发布版本或调试版本。
- **集成的调试器**——代码在第一次运行时，一般不会正确运行。也许在第二次、第三次才能正确运行。Visual Studio 无缝地链接到一个调试器上，可以在该调试环境中设置断点并监控变量。
- **集成的 MSDN 帮助**——Visual Studio 可以在 IDE 中访问 MSDN 文档。例如，在文本编辑器中，如果不能确定某个关键字的含义，可以选择它，按 F1 键，Visual Studio 就打开 MSDN，显示相关的主题。同样，如果不知道某个编译错误是什么意思，可以选择错误消息，按 F1 键，打开相关文档，系统就会显示该错误信息。

- **访问其他程序**——Visual Studio 还能访问许多其他实用程序来查看和修改计算机或网络的一些内容，而无需退出开发环境。利用这些工具，可以检查正在运行的服务和数据库连接，直接查询 SQL Server 表，甚至打开 Internet Explorer 窗口，浏览 Web。

当然，如果用户很熟悉 C++ 或 Visual Basic，就应很熟悉 Visual Studio 6 版本的 IDE，上面列出的许多特性将不是什么新内容了。Visual Studio 把以前在所有 Visual Studio 6 开发环境中可以使用的所有特性都组合起来，无论用户以前在 Visual Studio 6 中使用什么语言，在 Visual Studio 中都会发现一些新增功能。例如，在旧的 Visual Basic 环境中，不能分别编译调试版本和发布版本。另一方面，如果用户有 C++ 编程经验，现在开始使用 C#，就可以获得许多数据访问支持，还可以通过单击把控件拖放到应用程序上，这些功能 Visual Basic 开发人员已经使用很久了，而在 C# 中将是新增功能。



对于有 C++ 编程经验的人，Visual Studio 2010 去除了 Visual Studio 6 中的两个功能：编辑并继续调试和集成的探查器。Visual Studio 2010 也不包含功能完善的探查器应用程序。但在 System.Diagnostics 名称空间中有许多 .NET 类能帮助进行配置。perfmon 配置工具可以在命令行上使用（仅输入 perfmon），它有许多与 .NET 相关的新性能监视器。

无论用户有什么编程背景，都会发现，与 Visual Studio 6 相比，Visual Studio 2010 开发环境已经有了整体上的改进，包括增加一些新功能，一个跨语言的 IDE 和与 .NET 的集成。菜单和工具栏有一些新选项，许多选项都是 Visual Studio 6 已有的，但进行了重命名。所以，用户需要花一些时间熟悉 Visual Studio 2010 的布局和命令。

Visual Studio 2008 和 Visual Studio 2010 的区别仅限于 Visual Studio 2010 中几个新增的特性。在 Visual Studio 2010 中，最大的变化是整个编辑器在 .NET Framework 4 上进行了重构，使用了 Microsoft Extensibility Framework (MEF) 和 WPF。Visual Studio 2010 包含可以面向 .NET Framework 的特定版本（包括 .NET Framework 2.0、3.0、3.5 或 4），JavaScript IntelliSense 支持和使用 CSS 的新功能。还可以构建 ASP.NET AJAX 应用程序和使用出自 Microsoft 的最新技术的应用程序，包括 WCF、WF 和 WPF。

在安装 Visual Studio 2010 时，会注意到一个最大的变化：这个重新构建的 IDE 与 .NET Framework 4 一起工作。实际上，在安装 Visual Studio 2010 时，如果还没有安装 .NET Framework 4，系统就会自动安装它。与 Visual Studio 2005/2008 一样，这个新的 IDE (Visual Studio 2010) 不能与 .NET Framework 1.0 或 1.1 一起工作，如果仍要开发 1.0 或 1.1 版本的应用程序，就应在计算机上分别安装 Visual Studio 2002 或 2003。安装 Visual Studio 2010 时，会安装 Visual Studio 的一个完整的新副本，但不会升级原来的 Visual Studio 2002、2003、2005 或 2008 IDE。根据需要，Visual Studio 的这 4 个版本可以在计算机上并行运行。

如果试图使用 Visual Studio 2010 打开 Visual Studio 2002 和 2008 之间的项目，IDE 就会发出警告：如果继续，就会弹出 Visual Studio Conversion Wizard 窗口（如图 16-2 所示），将该项目升级到 Visual Studio 2010。



图 16-2

升级向导从 Visual Studio 2003 迁移到 Visual Studio 2010 时进行了巨大的改进。在备份之前，这个向导可以对解决方案进行备份复制(如图 16-3 所示)，还可以备份源控件中包含的解决方案。

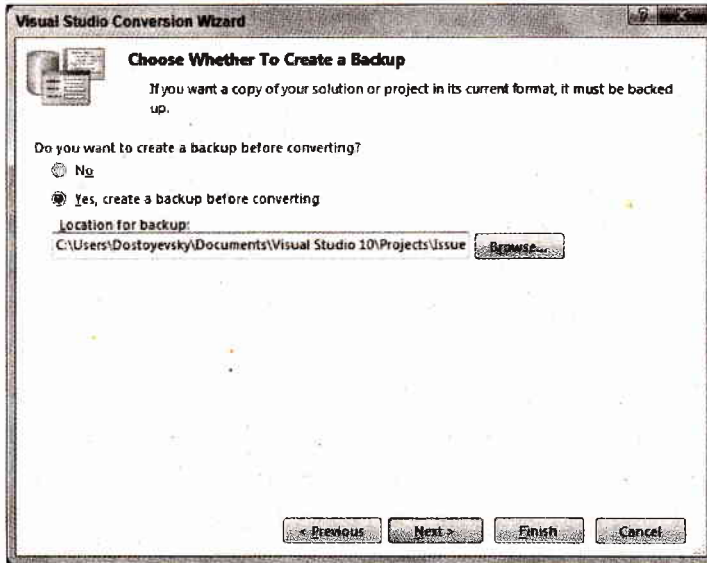


图 16-3

还可以在转换过程的最后一步生成一个转换报告。这个报告可以在 Visual Studio 的文档窗口中直接查看，如图 16-4 所示(进行了一个简单的转换)。

因为本书适合于专业人员使用，所以不会详细介绍 Visual Studio 2010 中的每个功能和菜单项。用户应自己熟悉该 IDE。介绍 Visual Studio 的主要目的是让用户熟悉构建和调试 C#应用程序所涉及的概念，这样才能更好地使用 Visual Studio 2010。图 16-5 显示了 Visual Studio 2010 的外观(注意，Visual Studio 的外观是高度可定制的，在启动该开发环境时，看到的可能是位置或内容不同的窗口)。

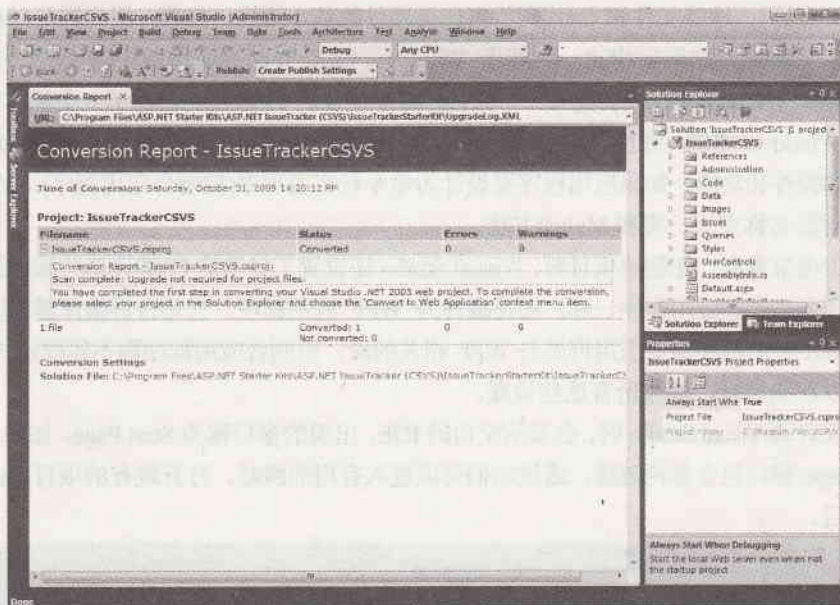


图 16-4

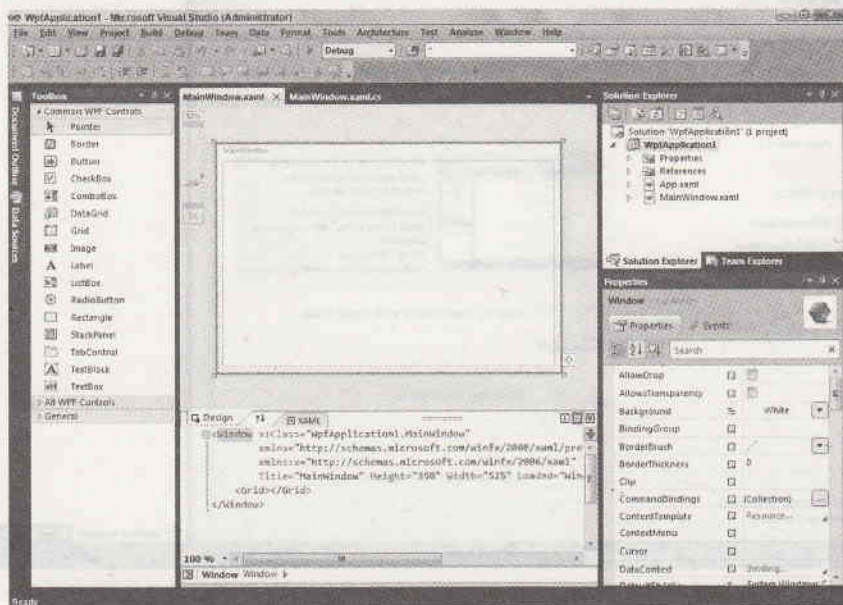


图 16-5

下面几节将创建、编写和调试项目，查看 Visual Studio 在每个阶段所能完成的操作。

### 16.1.1 创建项目

安装好 Visual Studio 2010 后，就可以开始编写第一个项目了。在 Visual Studio 中，很少从一个空白文件开始，从头输入 C# 代码，就像本书前面的章节那样(当然，如果确实要从头开始编写代码，或者创建一个包含许多项目的解决方案，该 IDE 也提供了空应用程序项目选项)。

编写项目的方式一般是先告诉 Visual Studio 要创建什么类型的项目，然后 Visual Studio 会自动

生成文件和 C# 代码，这些文件和 C# 代码给出该类项目的基本架构。接着，用户就可以在其中添加自己的代码了。例如，如果要构建一个基于 Windows GUI 界面的应用程序(在 .NET 中，这称为 Windows 窗体)，Visual Studio 就会建立一个文件，其中包含的 C# 源代码创建了一个基本窗体。这个窗体可以与 Windows 通信，并接收事件。它还可以最大化、最小化或重新设置大小，用户只需在其中添加需要的控件和功能。如果应用程序要设计为命令行实用程序(控制台应用程序)，Visual Studio 就会提供基本的名称空间、类和 Main() 方法。

最后一步也很重要，在创建项目时，Visual Studio 还设置了提供给 C# 编译器的编译选项——表示项目是编译为命令行应用程序、库，还是编译为 WPF 应用程序。它还告诉编译器需要引用的基类库(WPF GUI 应用程序需要引用许多与 WPF 相关的库，控制台应用程序则不需要)。当然如果必要，用户可以在编辑时，修改所有这些设置。

在第一次启动 Visual Studio 时，会显示空白的 IDE，出现的窗口称为 Start Page，如图 16-6 所示。这个 Start Page 窗口包含各种链接，通过它们可以进入有用的网站，打开现有的项目，或者同时启动一个新项目。

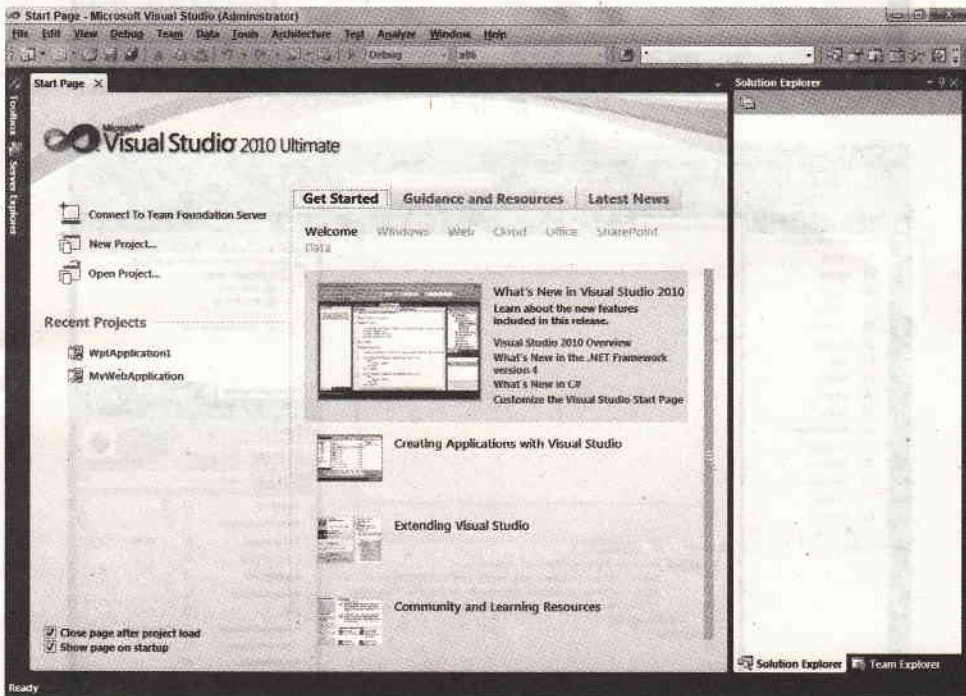


图 16-6

图 16-6 显示了使用 Visual Studio 2010 打开的 Start Page 类型的窗口，其中有一个最近编辑的项目列表。单击其中的一个项目就可以打开它。

### 1. 选择项目类型

创建新项目时，可以从 Visual Studio 的菜单中选择 File | New Project 命令，打开 New Project 对话框，如图 16-7 所示，其中给出了可以创建的各种项目。

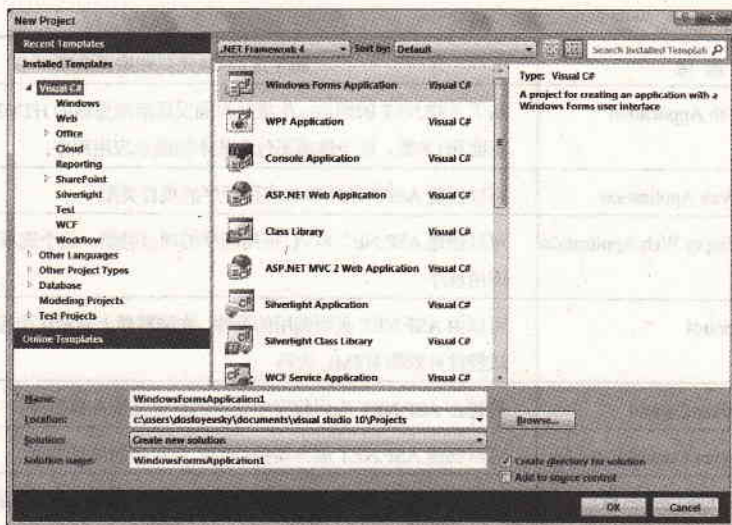


图 16-7

使用该对话框，可以选择 Visual Studio 为用户生成的某种初始架构文件和代码、编译选项，以及编译代码所使用的编译器：C# 2010、Visual Basic 2010 或 C++ 2010 编译器。从这里可以立即看出，Microsoft 为 .NET 提供了多种语言集成。本例选择了 C# 控制台应用程序。



这里不打算介绍不同类型的项目的所有选项。在 C++ 方面，Visual Studio 可以创建所有旧的 C++ 项目类型——MFC 应用程序、ATL 项目等。在 Visual Basic 2008 方面，选项有一些变化，例如，可以创建 Visual Basic 命令行应用程序(控制台应用程序)、.NET 组件(类库)或者 Windows 窗体控件(Windows 窗体控件库)等，但不能创建基于 COM 的旧风格的控件(.NET 控件可以取代这种 ActiveX 控件)。

表 16-1 列出了 Visual C# Projects 下所有可用的选项。注意，在 Other Projects 选项下还有一些比较专业的 C# 模板项目。

表 16-1

如果选择	将生成的 C# 代码和编译选项
Windows Forms Application	响应事件的基本空窗体
Class Library	可以由其他代码调用的 .NET 类
WPF Application	响应事件的基本空窗体。这个项目类型类似于 Windows Forms Application 项目类型(Windows Forms)，这个 Windows Application 项目类型允许构建基于 XAML 的智能客户解决方案
WPF Browser Application	类似于 WPF 的 Windows Application，但这个变体类型可以构建面向浏览器的基于 XAML 的应用程序
ASP.NET Web Application	基于 ASP.NET 的网站；生成从页面发送到浏览器的 HTML 响应的 ASP.NET 页面和 C# 类。这个选项包含一个基本的演示应用程序

(续表)

如果选择	将生成的 C#代码和编译选项
Empty ASP.NET Web Application	基于 ASP.NET 的网站: 生成从页面发送给浏览器的 HTML 响应的 ASP.NET 页面和 C#类。这个选项不包含基本的演示应用程序
ASP.NET MVC 2 Web Application	可以创建 ASP.NET MVC 应用程序的项目类型
ASP.NET MVC 2 Empty Web Application	可以创建 ASP.NET MVC 应用程序的项目类型。这个选项不包含基本的演示应用程序
ASP.NET Server Control	可以由 ASP.NET 页面调用的控件, 在浏览器上显示这个控件时, 可生成给出该控件外观的 HTML 代码
ASP.NET AJAX Server Control	构建在 ASP.NET 应用程序中使用的自定义服务器控件
ASP.NET AJAX Server Control Extender	可以创建 ASP.NET 服务器控件的扩展程序的项目类型
ASP.NET Dynamic Data Linq to SQL Web Application	可以构建通过 Linq to SQL 使用 ASP.NET Dynamic Data 的 ASP.NET 的项目类型
ASP.NET Dynamic Data Entities Web Application	可以构建通过 Linq to Entities 使用 ASP.NET Dynamic Data 的 ASP.NET 的项目类型
Silverlight Application	可以构建 Silverlight 应用程序的项目类型
Silverlight Navigation Application	可以构建 Silverlight 应用程序的项目类型, 这个应用程序以一个核心 Silverlight 应用程序作为开始, 可以根据自己的需要进行扩展
Silverlight Class Library	可以创建 Silverlight 类库的项目类型
WPF Custom Control Library	可以在 WPF 应用程序中使用的自定义控件
WPF User Control Library	用 WPF 建立的用户自定义控件库
Windows Forms Control Library	用于创建在 Windows Forms 应用程序中使用的控件的项目
Syndication Service Library	允许构建和提供联合服务的 WCF 项目
Console Application	在命令行提示符上或控制台窗口中运行的应用程序
WCF Service Application	用于 WCF 服务的项目类型
Windows Service	在 Windows 操作系统的后台上运行的服务
Enable Windows Azure Tools	可以加载基于 Azure 的工具, 以集成计算解决方案
Reports Application	用于创建带有 Windows 用户界面和报表的项目
Crystal Reports Application	该项目用于创建带有 Windows 用户界面和水晶报表示例的 C#应用程序
Activity Designer Library	为使用 Windows Workflow 提供 Activity Designer 模板的项目
Activity Library	提供空白的 Workflow Activity Library 的项目。这个项目可以创建活动库, 以后在工作流中重用于构建块
Workflow Console Application	提供与 Windows Workflow 一起使用的基本控制台应用程序的项目
WCF Service Library	这个项目可以创建 WCF 服务类库(.dll), 其端点通过 XML 配置文件来控制
WCF Workflow Service Application	可以创建基于 WCF 的分布式通信应用程序, 该应用程序使用 Windows Workflow
Office	这组项目可以构建面向 Microsoft Office(Word、Excel、PowerPoint、InfoPath、Outlook、Visio 和 SharePoint)的应用程序或插件

如前所述，这并不是 .NET Framework 4 项目的完整列表，但这是一个很好的开始。这个项目列表增加了许多内容，主要是面向 WPF、WCF 和 WF 的最新项目。本书后面的章节将介绍这些新功能。请参阅第 35 章、第 43 章和第 44 章。

还要注意，可以使用新的项目模板，因为可以通过 New Project 对话框在线搜索模板。

## 2. 回顾新建的控制台项目

在上述对话框中选择 Console Application 选项，单击 OK 按钮，Visual Studio 就会提供几个文件，包括一个源代码文件 Program.cs，其中包含了最初的架构代码。图 16-8 显示了 Visual Studio 编写的代码。

可以看出，这是一个 C# 程序，但它实际上没有做任何工作，只是包含了任何 C# 可执行程序所必需的基本项：一个名称空间和一个包含 Main() 方法的类，其中 Main() 方法是程序的入口点(严格来说，名称空间是不必要的，但不声明名称空间是一种不好的编程习惯)。按 F5 键，或者选择 Debug 菜单中的 Start，这段代码就可以编译和运行。在这样做之前，在程序中添加一行代码，让应用程序完成某些工作：

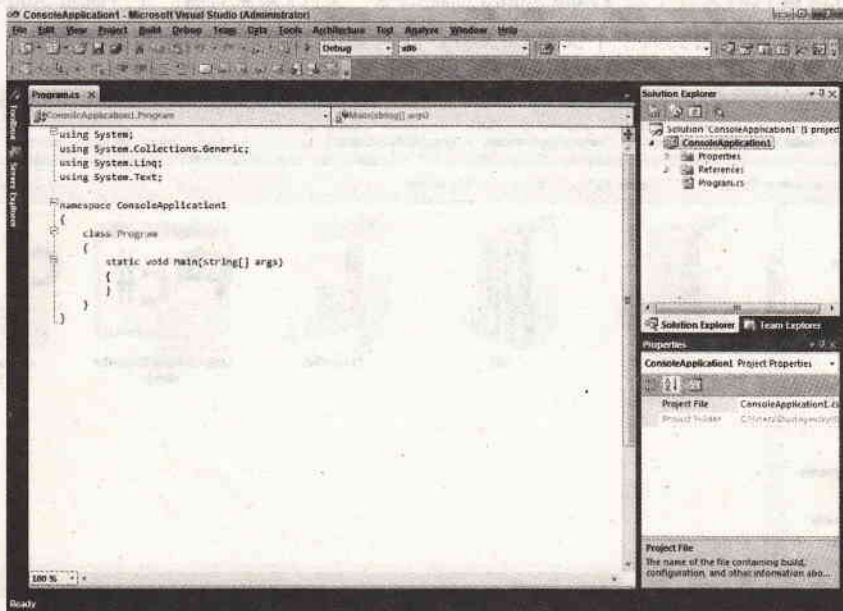


图 16-8

```
static void Main(string[] args)
{
    Console.WriteLine("Hello from all the authors of Professional C#");
}
```

如果编译并运行了该项目，就会显示一个控制台窗口，但该窗口几乎立即消失了，用户几乎看不到输出的消息。原因是在创建该项目时，Visual Studio 记住了用户指定的设置，所以会把它编译并运行成控制台应用程序。然后，Windows 知道它需要运行一个控制台应用程序，但没有从中运行该程序的控制台窗口。所以，Windows 就创建一个控制台窗口，并运行该程序。只要程序退出，Windows 就认为它不再需要该控制台窗口，因此就立即删除它。这些都是非常逻辑化的操作，但如



果希望能看到项目的输出结果，这些操作对用户就没有什么帮助。

要避免这个问题，可以在代码中 Main()方法返回前插入下述代码：

```
static void Main(string[] args)
{
    Console.WriteLine("Hello from all the folks at Wrox Press");
    Console.ReadLine();
}
```

这样，代码运行后，会显示其输出结果，之后执行 Console.ReadLine()语句，此时用户按回车键后，程序退出。这表示在用户按回车键之前，控制台窗口一直会挂起。

注意这仅是从 Visual Studio 中测试运行控制台应用程序的一个问题。如果编写的是一个 WPF 或 Windows Forms 应用程序，该应用程序显示的窗口会自动停留在屏幕上，直到用户显式程序为止。同样，如果从命令行提示符运行一个控制台应用程序，就没有窗口消失的问题。

### 3. 查看其他项目文件

Program.cs 源代码文件不是 Visual Studio 创建的唯一文件。如果查看一下 Visual Studio 在其中创建项目的文件夹，就会看到其中不仅有 C#文件，还有如图 16-9 所示的完整目录结构。

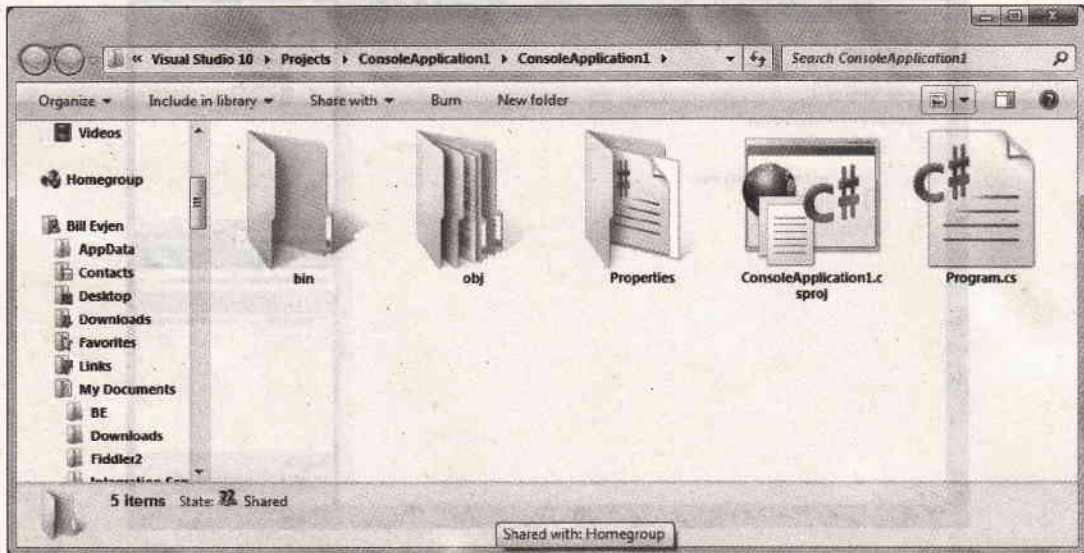


图 16-9

文件夹 bin 和 obj 存储编译好的文件和中间文件，obj 的子文件夹存储各种临时或中间文件，bin 的子文件夹存储编译好的程序集。

传统上，Visual Basic 开发人员只编写代码，然后运行它。代码在发布前，必须编译成可执行文件，但 Visual Basic 在调试时隐藏了这个编译过程。而在 C#中，这个过程比较明显：要运行代码，必须先编译(或生成)它，即在某处创建一个程序集。

还有一个包含 `AssemblyInfo.cs` 文件的 `Properties` 文件夹。在项目的主文件夹 `ConsoleApplication1` 中，剩余的文件都是由 Visual Studio 建立的。它们包含项目的信息(例如，它包含的文件)，这样，Visual Studio 就知道如何编译项目，在下次打开该项目时，知道如何读取它。

### 16.1.2 解决方案和项目的区别

项目和解决方案的一个重要区别是：

- 项目是一组要编译到单个程序集(在某些情况下，是单个模块)中的所有源代码文件和资源。例如，项目可以是类库，或 Windows GUI 应用程序。
- 解决方案是构成某个软件包(应用程序)的所有项目组成的集。

为了说明这个区别，考虑一下在发布一个项目(该项目包含多个程序集)时的情况。例如，其中可能有一个用户界面、自定义控件和其他组件，它们都作为应用程序的库文件一起发布。不同的管理员甚至还有不同的用户界面。应用程序的不同部分都包含在一个独立的程序集中，因此，在 Visual Studio 看来，它们都是独立的项目。但我们要同时编写这些项目，使它们彼此连接起来。所以，在 Visual Studio 中把它们当作一个单元来编辑就很重要。在 Visual Studio 中，可以把所有的项目看作一个解决方案，把该解决方案当作是它可以读入的单元，并允许用户在其上工作。

前面大致讨论了如何创建一个控制台项目。实际上，在前面的例子中，Visual Studio 创建的是一个解决方案，尽管这个特定的解决方案只包含一个项目。可以在 Visual Studio 的 Solution Explorer 窗口中查看它，该窗口包含一个定义解决方案的树型结构，如图 16-10 所示。

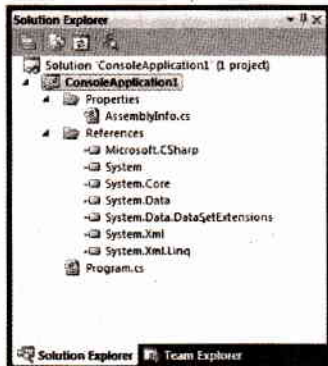


图 16-10

图 16-10 说明了项目包含源文件 `Program.cs` 和另一个 C#源文件 `AssemblyInfo.cs`(在文件夹 `Properties` 中)，`AssemblyInfo.cs` 包含程序集的描述信息且能够指定版本信息(该文件详见第 18 章)。Solution Explorer 也指定了项目根据名称空间引用的程序集。展开 Solution Explorer 窗口中的 Reference 文件夹，就可以看到它。

如果没有改变 Visual Studio 中的任何默认设置，Solution Explorer 就在屏幕的右上角。如果看不到它，就可以选择 View 菜单中的 Solution Explorer 命令。

解决方案用扩展名为 `.sln` 的文件来表示，在本例中，就是 `ConsoleApplication1.sln`。该项目由项目的主文件夹中的各个其他文件来表示。如果试图使用 Notepad 编辑这些文件，就会发现它们大多数都是纯文本文件，为了与 .NET 和可能依赖于开放标准的 .NET 工具对应的原则保持一致，它们大都是 XML 格式。

C++开发人员应认识到, Visual Studio 解决方案对应于旧的 C++项目工作区(存储在.dsw文件中), Visual Studio 项目对应于旧的 C++项目(.dsp文件)。另一方面, Visual Basic 开发人员应注意, 解决方案对应于旧的 Visual Basic 项目组(.vbg文件), .NET 项目对应于旧的 Visual Basic 项目(.vbp文件)。Visual Studio 与旧 Visual Basic IDE 的区别是, Visual Studio 总是自动创建一个解决方案。在 Visual Studio 6 中, Visual Basic 开发人员最初会得到一个项目, 然而, 如果要得到项目组, 就必须在 IDE 中显式指定。

### 1. 给解决方案添加另一个项目

下面几节将说明 Visual Studio 如何处理 Windows 应用程序和控制台应用程序。为此, 本节将创建一个 Windows 项目 BasicForm, 并把它添加到当前的解决方案 ConsoleApplication1 中。

最终我们将得到包含一个 Windows 应用程序和一个控制台应用程序的解决方案。这种情况并不常见——我们一般会在解决方案中包含一个应用程序和多个库, 但这个解决方案可以给出更多的代码。例如, 如果用户编写的实用程序需要作为 Windows 应用程序和命令行实用程序来运行, 就可以创建这样的解决方案。

新建项目可以使用两种方式: 一是进入 File 菜单, 选择 New Project 命令(如前所述)。二是在 File 菜单中选择 Add | New Project 命令。如果从 File 菜单中选择 New Project 选项, 会打开熟悉的 Add New Project 对话框, 但这次 Visual Studio 要在已有的 ConsoleApplication1 项目位置中新建项目, 如图 16-11 所示。

如果选中这个选项, 就会添加一个新项目, ConsoleApplication1 解决方案现在就应包含一个控制台应用程序和一个 Windows 应用程序。

为了保持 Visual Studio 的语言无关性, 新项目不一定是 C#项目。在同一个解决方案中, 可以有 C#项目、Visual Basic 项目和 C++项目。但这里仍使用 C#, 因为这是一本介绍 C#的书。

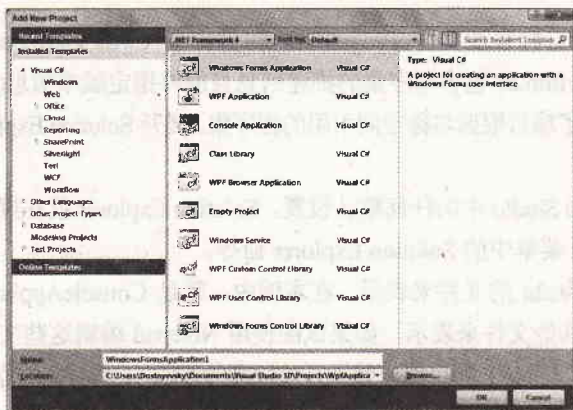


图 16-11

当然，这意味着 ConsoleApplication1 对于这个解决方案，不再是一个合适的名称了。右击该解决方案的名称，从弹出的上下文菜单中选择 **Rename** 命令，改变其名称。如果把它重命名为 DemoSolution。Solution Explorer 窗口就应如图 16-12 所示。

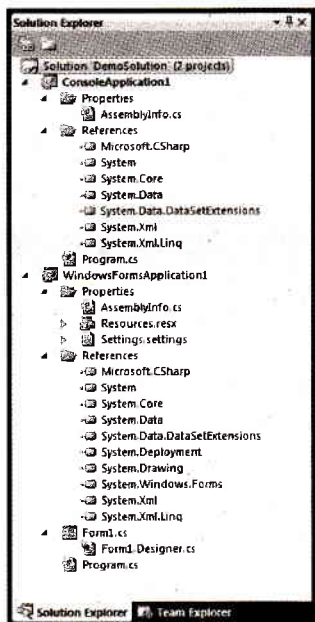


图 16-12

从这里可以看出，Visual Studio 会自动让新增的 Windows 项目引用那些对 Windows 窗体的功能非常重要的某些附加基类。

如果查看一下 Windows 资源管理器，就会发现解决方案的文件名已经改为 DemoSolution.sln。一般情况下，如果要重命名任何文件，最好在 Solution Explorer 中进行，因为 Visual Studio 会自动更新其他项目文件中对该文件的任何引用。如果使用 Windows 资源管理器重命名文件，就会中断解决方案，因为 Visual Studio 不能定位它需要读入 IDE 的所有文件。用户必须手动编辑项目和解决方案文件，以更新文件引用。

## 2. 设置启动项目

如果在解决方案中有多个项目，就必须确保该解决方案在某一刻只运行一个项目。在编译解决方案时，将编译其中的所有项目。但在按 F5 键或选择 **Start** 菜单时，必须告诉 Visual Studio 先运行哪个项目。如果有一个可执行文件，它调用了几个库，显然就先运行这个可执行文件。对于本例，项目中有两个独立的可执行文件，就必须逐个调试它们。

可以告诉 Visual Studio 应运行哪个项目，方法是在 Solution Explorer 窗口中右击该项目，在弹出的上下文菜单中选择 **Set as Startup Project** 命令。这就告诉 Visual Studio 哪个项目是当前的启动项目，因为它在 Solution Explorer 窗口中用黑体显示，在图 16-12 上，就是 ConsoleApplication1。

### 16.1.3 Windows 应用程序代码

在 Visual Studio 第一次创建应用程序时，Windows 应用程序包含的启动代码要比控制台应用程

序多，因为创建一个窗口是一个比较复杂的过程。第 39 章将详细讨论 Windows 应用程序的代码，这里只给出 WindowsApplication1 项目中 Form1 类的代码，说明自动生成的代码有多少。

### 16.1.4 项目的浏览和编码

本节将介绍在给项目添加代码时，Visual Studio 所提供的一些功能。

#### 1. 可折叠的编辑器

Visual Studio 的一个重要特性是，它把可折叠的编辑器当作默认的代码编辑器，如图 16-13 所示。

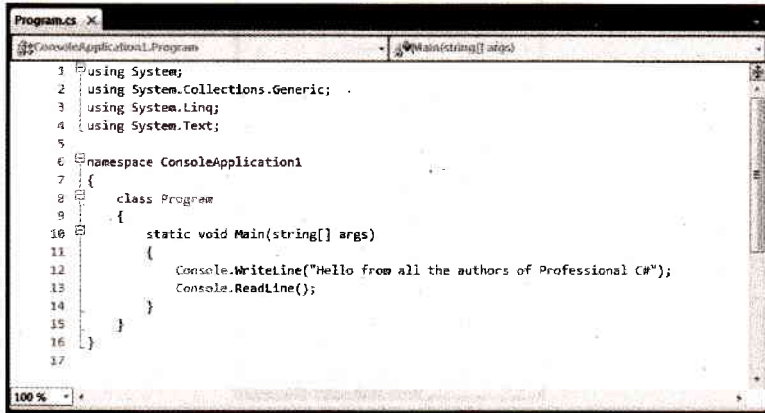


图 16-13

图 16-13 显示了前面生成的控制台应用程序的代码。但要注意窗口左边的小减号图标，它们标记了编辑器认为是新代码块(或文档注释)的起点。单击这些图标，可以关闭对应的代码块视图，就像关闭树形控件中的节点一样，如图 16-14 所示。

这意味着，在编辑时，可以只考虑要查看的那些代码块，隐藏目前不想查看的代码块。而且，如果不喜欢编辑器隐藏代码块的方式，就可以用 C# 预处理器指令 #region 和 #endregion(详见本书前面的章节)指定折叠代码块的另一种方式。例如，假定要折叠 Main() 方法中的代码，可以先添加如图 16-15 所示的代码。

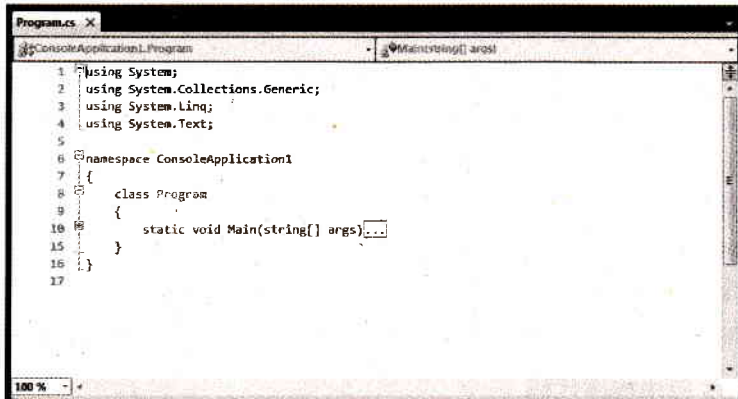


图 16-14

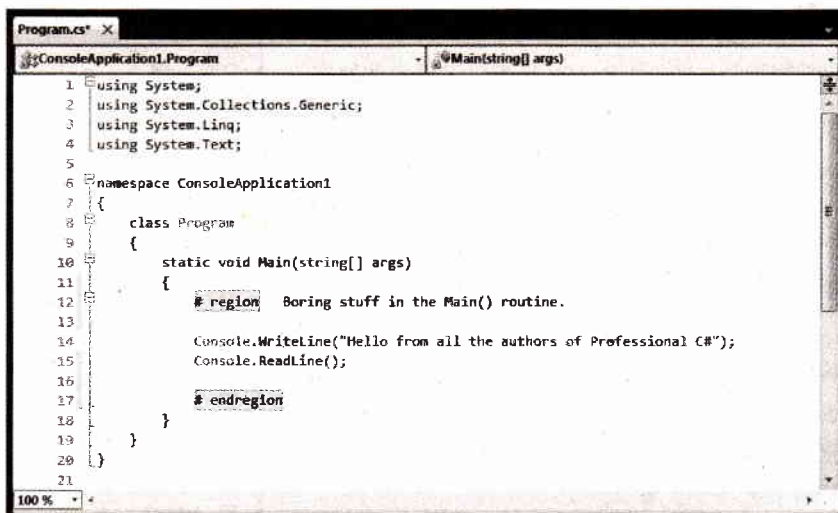


图 16-15

代码编辑器会自动检测#region 块，通过#region 指令放置一个新的减号图标，如图 16-15 所示，以便关闭该代码区域。把这个代码块放在一个区域中，就可以用在#region 指令中指定的注释标记该区域，让编辑器关闭该代码块，如图 16-16 所示。但编译器会忽略这些指令，像往常一样编译 Main() 方法。

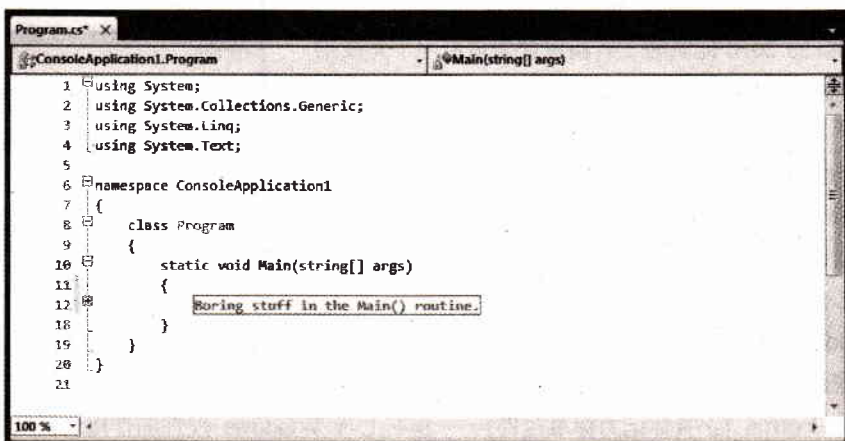


图 16-16

除了可折叠的编辑器对应的功能之外，Visual Studio 的代码编辑器还拥有 Visual Studio 6 的全部功能，特别是它支持 IntelliSense 功能，这不仅减少了输入代码的工作量，还可以确保使用正确的参数。C++开发人员会注意到，Visual Studio 的 IntelliSense 功能比 Visual Studio 6 版本的更强大，速度也更快。IntelliSense 功能自从 Visual Studio 2005 以来也得到了进一步的改进。它更加智能，可以记住用户喜欢的选项，并从这些选项开始，而不是从 IntelliSense 功能提供的有时很长的列表的开头开始。

代码编辑器也对代码进行一些语法检查，在编译代码前用短波浪线划出大多数语法错误。把鼠标悬停在有下划线的文本上面，就会弹出一个小文本框，解释什么错误。这个功能 Visual Basic 开发人员已使用了多年，所谓设计期间的调试功能，现在 C#和 C++开发人员也可以使用它。

## 2. 其他窗口

除了代码编辑器外, Visual Studio 还提供了许多其他窗口, 这些窗口允许用户以不同的角度查看项目。

本节的其余部分将介绍许多其他的窗口。如果某个窗口在屏幕上不可见, 就可以进入 View 菜单, 选择合适窗口的名称。要显示设计视图和代码编辑器, 可以在 Solution Explorer 窗口中右击文件名, 然后从弹出的上下文菜单中选择 View Designer 或 View Code 命令, 也可以从 Solution Explorer 窗口顶部的工具栏中选择相应菜单项。设计视图和代码编辑器共用同一个选项卡式窗口。

### (1) Design View 窗口

如果设计一个用户界面应用程序, 如 Windows 应用程序、Windows 控件库或者 ASP.NET 应用程序, 就可以使用 Design View 窗口, 它会显示窗体的整体外观。Design View 窗口一般和 Toolbox 窗口一起使用。Toolbox 窗口包含许多可以拖放到程序中的 .NET 组件, 如图 16-17 所示。

Visual Studio 2010 提供的工具箱包含大量可用于开发的组件。组件的种类在某种程度上取决于用户所编辑项目的类型——例如, 在编辑 DemoSolution 解决方案中的 Windows FormsApplication1 项目时, 可以使用的组件种类就比编辑 ConsoleApplication1 项目时多。最重要的组件种类如下:

- **数据访问组件**——可以连接数据源并管理它们包含的数据的类。这类组件可处理 Microsoft SQL Server、Oracle 和 OleDb 数据源。
- **Windows Forms 控件(标记为常用控件)**——表示可视化控件的类, 如文本框、列表框或树型视图, 用于处理胖客户端应用程序。
- **Web Forms 控件(标记为标准控件)**——基本上与 Windows 控件的作用一样的类, 但用于 Web 浏览器, 把模拟控件的 HTML 输出结果发送给浏览器(只有使用 ASP.NET 应用程序时才能看到该结果)。
- **其他组件**——在计算机上执行各种有用任务的 .NET 类, 如连接目录服务或事件日志。

也可以把自己的自定义组件类别添加到工具箱中, 方法是右击任意类别, 从弹出的上下文菜单中选择 Add Tab 命令。从该上下文菜单中选择 Choose Items 命令, 就可以把其他工具放在工具箱中。这非常适合于添加自己喜欢的 COM 组件和 ActiveX 控件。在默认情况下, COM 组件和 ActiveX 控件不会显示在工具箱中。如果要添加一个 COM 控件, 就可以单击它, 并把它拖放到项目上, 就像操作 .NET 控件一样。Visual Studio 会自动添加所有必需的 COM 交互操作性代码, 以便项目调用该控件。此时, 添加到项目中的实际上是 Visual Studio 在后台创建的一个 .NET 控件, 它是所选 COM

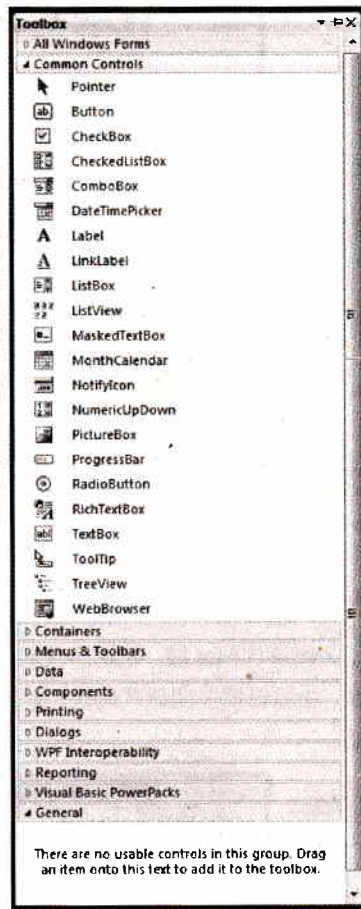


图 16-17

控件的容器。

为了说明工具箱如何工作，把一个文本框放在基本窗体项目上。首先单击工具箱中的 `TextBox` 控件，再单击一次，把它放在设计视图的窗体中(也可以直接把控件拖放到设计界面上)。设计视图如图 16-18 所示，该图也是编译并运行 `WindowsFormsApplication1` 项目的结果。

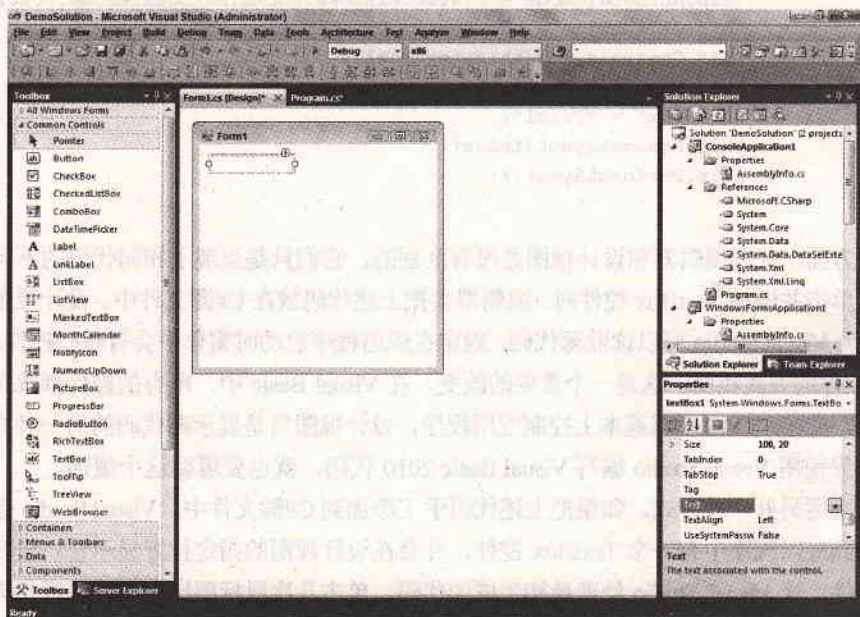


图 16-18

在窗体的代码视图上，Visual Studio 2010 并没有像 IDE 的以前版本那样，直接实例化放在窗体上的 `TextBox` 对象。单击并展开 Visual Studio Solution Explorer 窗口中 `Form1.cs` 文件旁边的加号，会看到一个文件 `Form1.Designer.cs`，它用于窗体及其中控件的设计。在这个类文件中，`Form1` 类有一个新的成员变量：

```
partial class Form1
{
    private System.Windows.Forms.TextBox textBox1;
```

在 `InitializeComponent()` 方法中还有一些需要初始化的代码，该方法从 `Form1` 类的构造函数中调用：

```
/// <summary>
/// Required method for Designer support — do not modify
/// the contents of this method with the code editor.
/// </summary>
private void InitializeComponent()
{
    this.textBox1 = new System.Windows.Forms.TextBox();
    this.SuspendLayout();
    //
    // textBox1
    //
    this.textBox1.Location = new System.Drawing.Point(0, 0);
    this.textBox1.Name = "textBox1";
    this.textBox1.Size = new System.Drawing.Size(100, 20);
```



```

this.textBox1.TabIndex = 0;
//
// Form1
//
this.AutoScaleDimensions = new System.Drawing.SizeF(6F, 13F);
this.AutoScaleMode = System.Windows.Forms.AutoScaleMode.Font;
this.ClientSize = new System.Drawing.Size(284, 265);
this.Controls.Add(this.textBox1);
this.Name = "Form1";
this.Text = "Form1";
this.ResumeLayout(false);
this.PerformLayout();
}

```

在某一方面，代码编辑器和设计视图是没有区别的，它们只是呈现了相同代码的不同视图。在设计视图上单击并添加 `TextBox` 控件时，编辑器会把上述代码放在 C# 源文件中。设计视图反映了这个变化，因为 Visual Studio 可以读取源代码，确定在应用程序启动时窗体中会有哪些控件。与 Visual Basic 查看控件的方式相比，这是一个重要的改变，在 Visual Basic 中，所有的控件都放在可视化的设计视图中。现在，C# 源代码基本上控制应用程序，设计视图只是显示源代码的另一种方式。顺便提一下，如果使用 Visual Studio 编写 Visual Basic 2010 代码，就也要遵循这个规则。

还可以采用另外一种方式，如果把上述代码手工添加到 C# 源文件中，Visual Studio 也会自动从代码中检测到应用程序中有一个 `TextBox` 控件，并会在设计视图的指定位置显示它。最好可视化地添加这些控件，让 Visual Studio 处理最初生成的代码，单击几次鼠标要比输入好几行代码快得多，也不容易出错！

可视化地添加这些控件的另一个原因是为了确定应用程序中有这些控件，Visual Studio 确定需要使相关的代码遵循某些条件——手动编写的代码可能不遵循这些条件。特别是 `InitializeComponent()` 方法包含初始化 `TextBox` 控件的代码，在它的注释中警告用户不要修改代码。这是因为 Visual Studio 要查找这个方法，以确定应用程序在启动时有哪些控件。如果在代码的其他地方创建和定义了一个控件，Visual Studio 不知道有这个控件，就不能在设计视图或其他某些有用的窗口中编辑它。

实际上，无论有什么警告，都可以在 `InitializeComponent()` 方法中修改代码，但应非常小心。例如，修改一些属性的值一般不会出什么问题，如让某个控件显示不同的文本，或者改变它的大小。实际上，开发人员工作室非常擅长于处理在这个方法中添加的任何其他代码。但要注意，如果对 `InitializeComponent()` 方法进行了过多的修改，Visual Studio 就有可能识别不出使用代码添加的控件。需要强调的是，在编译代码时，这不会影响到应用程序，但它可能禁用 Visual Studio 为这些控件提供的某些编辑功能。因此，如果要进行任何其他重要的初始化，那么最好在 `Form1` 类的构造函数或其他方法中进行。

## (2) Properties 窗口

这是从旧 Visual Basic IDE 继承而来的另一个窗口。本书的第 I 部分说过，.NET 类可以实用属性。实际上，如第 39 章(讨



图 16-19

论 Windows 窗体的建立)所述,表示窗体和控件的.NET 基类有许多定义其操作或外观的属性。例如,Width、Height、Enabled(用户是否可以在该控件中输入信息)和 Text(控件所显示的文本),Visual Studio 能识别其中的许多属性。对于 Visual Studio 能通过读取源代码检测到的控件,Properties 窗口可以显示和编辑大多数属性的初始值,如图 16-19 所示。



Properties 窗口也可以显示事件。单击窗口顶部的闪电图标,就可以查看 IDE 中当前选中的事件,或者查看在 Properties 窗口的下拉列表中选择的事件。

在 Properties 窗口的顶部,有一个列表框,从中可以选择要查看的控件。本章的这个例子选择的是 Form1 控件,即 WindowsFormsApplication1 项目的主窗体类,将其文本编辑为“Basic Form — Hello!”。如果此时查看源代码,就会看到刚才的操作实际上是通过一个友好的用户界面编辑了源代码:

```
this.AutoScaleDimensions = new System.Drawing.SizeF(6F, 13F);
this.AutoScaleMode = System.Windows.Forms.AutoScaleMode.Font;
this.ClientSize = new System.Drawing.Size(284, 265);
this.Controls.Add(this.textBox1);
this.Name = "Form1";
this.Text = "Basic Form — Hello";
this.ResumeLayout(false);
this.PerformLayout();
```

并不是 Properties 窗口中的所有属性都会在源代码中显式指定。对于没有显式指定的属性,Visual Studio 会显示在创建窗体时给它们设置的默认值,这些默认值实际上是在初始化窗体时设置的。显然,如果在 Properties 窗口中修改这些属性的值,源代码中就会出现一条显式地设置该属性的语句,反之亦然。有趣的是,如果属性是从其初始值改变而来,这个属性在 Properties 窗口的列表框中就会显示为黑体。有时双击 Properties 窗口中的属性,会返回其初始值。

Properties 窗口提供了一种查看控件或窗口的外观和属性的简便方式。



Properties 窗口实现为一个 System.Windows.Forms.PropertyGrid 实例,该实例在内部使用第 14 章介绍的反射技术,来标识要显示的属性和属性值。

### (3) Class View 窗口

与 Properties 窗口不同,Class View 窗口最初是从 C++(和 J++)开发环境继承而来的一个窗口,如图 16-20 所示。Visual Studio 实际上并没有把 Class View 窗口看作是一个窗口,而是 Solution Explorer 窗口的一个附加选项卡。默认情况下,Class View 窗口不会显示在 Visual Studio 的 Solution Explorer 窗口中。要打开 Class View 窗口,应选择 View | Class View 命令。如图 16-20 所示,Class View 窗口显示了代码中名称空间和类的层次结构,它给出了一个树形视图,用户可以展开该视图,以查看哪些名称空间包含了什么类,哪些类包含了什么成员。

Class View 窗口的一个功能是,如果右击在源代码中可以访问的任何项的名称,弹出的上下文菜单就会提供一个 Go To Definition 选项,单击它,就可以访问代码编辑器中该项的定义。还可以在 Class View 窗口中双击该项(实际上是在源代码编辑器中右击需要的项,从弹出的上下文菜单中选择相同的选项)来完成同样的操作。上下文菜单还允许给类添加字段、方法、属性或索引器。这意味着

可以在一个对话框中指定相关成员的详细信息，系统会自动添加对应的代码。这对于字段和方法可能不太有效，因为它们可以快速添加到代码中，但对于属性和索引器它就非常有用，因为它可以减少大量的输入工作。

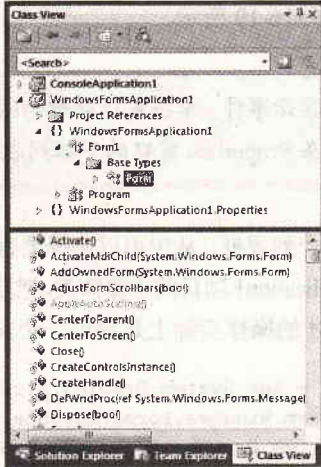


图 16-20

#### (4) Object Browser 窗口

在 .NET 环境中编程的一个重要优点是可以确定从程序集中引用的基类和任何其他库中有什么方法和其他代码项。这个功能通过 Object Browser 窗口来获得。在 Visual Studio 2010 的 View 菜单中选择 Object Browser 命令，就可以访问这个窗口。

Object Browser 窗口非常类似于 Class View 窗口，它也显示一个树型视图，该树型视图给出了应用程序的类结构，允许查看每个类的成员。用户界面则略有不同，因为它在一个单独的窗格中显示类的成员，而不是在树型视图中显示。但真正的区别是它不仅可以看到项目中的名称空间和类，还可以查看项目所引用的所有程序集中的名称空间和类。图 16-21 显示了利用 Object Browser 窗口查看 .NET 基类中的 SystemException 异常类的情况。

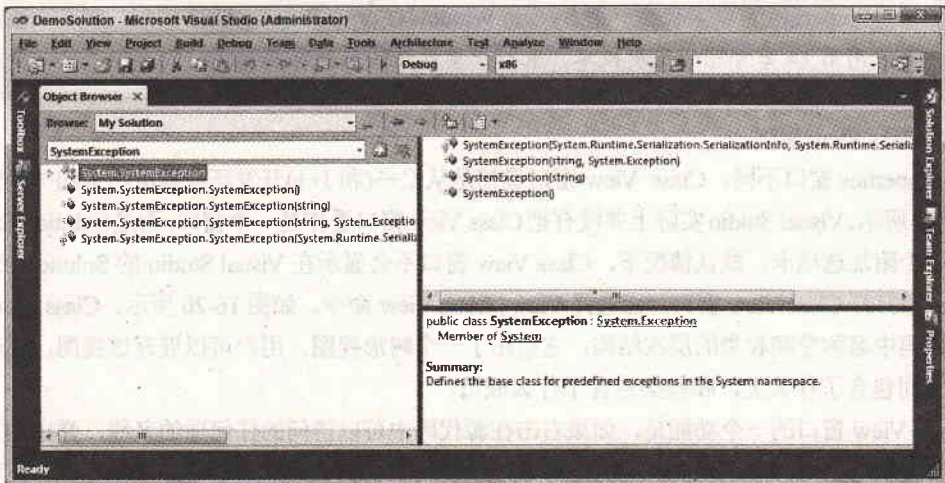


图 16-21

在 Object Browser 窗口中必须注意的一点是，它先按照类所在的程序集对类进行分组，再按照名称空间对类进行分组。但是，因为基类的名称空间常常分布在多个程序集中，所以在定位某个特定类时可能会遇到麻烦，除非知道该类在哪个程序集中。

Object Browser 窗口可以查看 .NET 对象。如果由于某些原因要查看已安装的 COM 对象，就会发现以前在 C++ 的 IDE 中使用的 OLEView 工具仍然可用，它在文件夹 C:\Program Files\Microsoft SDKs\Windows\v6.0A\Bin 中，该文件夹还有几个其他类似的实用程序。

### (5) Server Explore 窗口

Server Explore 窗口可以用于确定编码时网络中计算机各个方面的情况，如图 16-22 所示。

从上面的屏幕截图中可以看出，可以通过 Server Explore 窗口访问数据库连接、服务信息和事件日志等。

Server Explore 窗口与 Properties 窗口链接在一起，所以，如果打开 Services 节点，单击某个特定服务，该服务的属性就会显示在 Properties 窗口中。

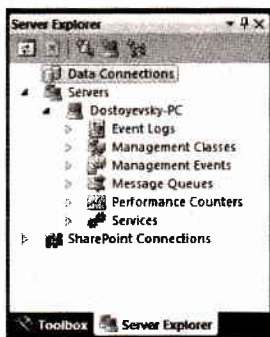


图 16-22

### 3. Pin 按钮

在浏览 Visual Studio 时，前面介绍的许多窗口包含一些有趣的功能，很容易让人回想起工具栏的一些功能。除了代码编辑器外，它们都是固定的。另一个功能是在这些窗口处于固定状态时，在每个窗口右上角的最小化按钮的旁边就会出现一个大头针图标，这个图标的工作方式就跟大头针一样，把已打开的窗口固定。在窗口被固定时(大头针垂直显示)，它们的操作就像一般的窗口一样。但当它们没有被固定时(大头针水平显示)，只要它们获得焦点，就仍然会打开；而失去焦点时(用户单击了其他地方)，它们就会无声无息地退到整个 Visual Studio 应用程序的主边界上(打开和关闭该按钮时，计算机的速度也有快慢变化)。

固定或不固定窗口是充分利用屏幕上有限空间的另一种方式。以前在 Windows 中这个功能用得不多，但在一些第三方应用程序(如 PaintShop Pro)中就使用了类似的概念。固定的窗口在许多基于 Unix 的系统上已经有了一定的应用。

## 16.1.5 生成项目

Visual Studio 不仅可以编写项目，正是这个 IDE 实际上管理着项目的整个生命周期，包括生成或编译解决方案。本节介绍 Visual Studio 为生成项目提供的选项。

## 1. 生成、编译和产生项目

在介绍各种生成选项前，首先澄清一些术语。在把源代码变成某类可执行的代码时，常常会使用 3 个不同的术语：编译、生成和产生。这 3 个术语的出现是因为直到最近，把源代码变成可执行代码的过程需要多个步骤(在 C++ 中仍是这样)。这在很大程度上是因为一个程序常常包含许多源文件。

例如，在 C++ 中，每个源文件都需要单独编译。这样就生成了对象文件，每个对象文件都包含一些可执行代码，但每个对象文件都仅与一个源文件相关。为了生成可执行代码，这些对象文件必须链接在一起，这个过程就称为链接。这个组合过程通常称为(至少在 Windows 平台上)生成代码。但是，在 C# 中，编译器更为专业，能够把所有的源文件当作一个块来读取和处理。因此，就没有独立的链接阶段，在 C# 中，“编译(compile)”和“生成(build)”可以互换。

术语“产生(make)”的基本含义与“生成(build)”相同，但在 C# 环境中一般不使用。该术语来源于旧的大型计算机系统，在该系统上，当项目由许多源文件组成时，就编写一个独立的文件，其中包含的指令可以指示编译器如何生成项目：包括哪些文件，链接什么库等，这个文件一般称为产生文件(make file)，该文件仍然是 Unix 系统上的标准。产生文件在 Windows 上一般不需要，但如果用户需要，也可以编写它们(或者让 Visual Studio 生成它们)。

## 2. 调试版本和发布版本

有 C++ 背景的开发人员都知道不同版本的概念，但 Visual Basic 开发人员就不一定知道了。在调试程序时，可执行代码进行的操作一般与准备发布该软件时所进行的操作大不相同。在准备发布软件时，除了代码正常工作外，可执行文件的大小应尽可能小，运行速度应尽可能快。但这些要求与调试代码时的要求并不相容。原因如下：

### (1) 优化

要获得高性能，部分依赖于编译器对代码进行的许多优化，即编译器在编译过程中一直在监视源代码，找出某些代码，以一种不影响全局效果的方式修改某些细节信息，使其效率更高。例如，如果编译器遇到下面的源代码：

```
double InchesToCm(double Ins)
{
    return Ins*2.54;
}

// later on in the code

Y = InchesToCm(X);
```

就可以用下面的代码替换它：

```
Y = X * 2.54;
```

或者它把下面的代码：

```
{
    string Message = "Hi";
    Console.WriteLine(Message);
}
```

替换成:

```
Console.WriteLine("Hi");
```

因此, 在过程中不必声明不必要的对象引用。

不能准确地确定 C#编译器进行了什么优化工作, 以及上面的两个例子在某些特定程序中是否有可能出现, 因为这类信息没有加以说明(对于托管语言(如 C#), 上述优化很可能在 JIT 编译期间进行, 而不是在 C#编译器把源代码编译成程序集时进行)。从商业角度来看, 编写编译器的公司通常不会对编译器使用的技巧进行过多的说明。这里还要强调, 优化不影响源代码, 它们只影响可执行代码的内容。但是, 通过上面的例子, 您应明白优化的内涵。

问题是, 像上面例子中的优化可以使代码运行得更快, 但它们对于调试, 就没什么帮处。假定在第一个例子中, 要在 InchesToCm()方法内部设置一个断点, 看看其中发生了什么。如果可执行代码实际上没有 InchesToCm()方法, 因为编译器已删除了它, 该怎么办? 如果在 Message 变量上设置了一个监视点, 但在编译好的代码中根本没有这个变量, 该怎么办?

### (2) 调试器符号

在调试时, 常常需要查看变量的值, 因此需要通过该变量在源代码中的名称来指定它们。问题是可执行代码一般不包含这些变量的名称——编译器用内存地址取代了它们。NET 对这种情形进行了一定的改进。程序集中的某些对象是与其名称一起存储的, 但只有小部分对象是这样, 如公共类和方法。这些名称仍在程序集进行 JIT 编译时被删除。如果在调试器检查可执行代码时, 要求调试器给出变量 HeightInInches 的值, 也不能得到我们想要的结果, 它只能给出地址, 根本就没有 HeightInInches 引用。因此, 为了正确地调试, 用户必须在可执行代码中添加额外的调试信息。这些信息包括变量名和代码行号, 让调试器查找与源代码指令对应的可执行机器汇编语言指令。但不能在发布版本中放置这些信息, 因为这是商业机密(调试信息可以让其他人更容易反汇编源代码), 而且会增大可执行文件。

### (3) 额外的源代码调试命令

在调试时, 我们经常会遇到这样一个相关的问题: 代码中有额外的命令行显示与调试相关的重要信息。显然, 在发布软件前, 必须从可执行代码中完全删除这些相关命令。可以手动完成这个任务, 但如果仅是以某种方式标记这些语句, 让编译器在编译代码时忽略它们, 再发布软件, 不是更容易吗? 本书的第 I 部分已经讨论过, 在 C#中, 可以定义一个合适的处理器符号, 再把它和 Conditional 特性结合在一起使用, 这就是所谓的条件编译。

与最终发布的产品相比, 即使把这些因素都加上, 编译所有的商业软件和调试它们也有细微差别。Visual Studio 可以把这些都考虑进去, 因为如前所述, 它存储了编译代码时应该传递给编译器的所有选项的详细信息。为了支持不同类型的生成文件, Visual Studio 只需要存储多组这类信息。不同组的生成信息就称为配置。在创建项目时, Visual Studio 会自动提供两种配置, 分别是调试和发布:

- 调试配置通常会指定不进行任何优化, 在可执行代码中给出额外的调试信息, 编译器假定给出了调试预处理器符号 Debug, 除非在源代码中显式指定了 #undefined。
- 发布配置通常指定编译器要优化编译过程, 在可执行代码中没有额外的调试信息, 编译器假定没有给出任何调试预处理器符号。

也可以定义自己的配置。例如, 要建立专业级版本和企业级版本, 可能就需要定义自己的配置,

以发布两个版本的软件。过去，因为 Windows NT 支持 Unicode 字符编码，而 Windows 95 不支持，所以通常 C++ 项目有一个 Unicode 配置和一个 MBCS(多字节字符集)配置。

### 3. 选择配置

一个很明显的问题是，因为 Visual Studio 存储了多个配置的信息，在生成一个项目时，该如何确定使用哪个配置？答案是总是有一个活动配置，在要求 Visual Studio 生成项目时，就使用这个配置(注意配置是每个项目的配置，而不是解决方案的配置)。

在默认情况下，创建一个项目时，调试配置就是活动配置。单击 **Build** 菜单选项，选择 **Configuration Manager** 项，就可以改变活动配置。还可以通过 Visual Studio 的主工具栏中的下拉菜单来改变活动配置。

### 4. 编辑配置

除了选择活动配置外，还可以查看和编辑配置。为此，需要在 Solution Explorer 窗口中选择相应的项目，然后从 **Project** 菜单中选择 **Properties** 命令，打开一个非常复杂的对话框(在 Solution Explorer 窗口中右击项目名，在弹出的上下文菜单中选择 **Properties** 命令，也可以打开这个对话框)。

该对话框包含一个树型视图，在该树型视图中可以选择许多不同的区域，以查看或编辑。这里不详细介绍所有的区域，只介绍其中两个最重要的区域。

图 16-23 显示了某个特定应用程序的可用属性的选项卡视图。这个屏幕截图显示了本章前面创建的 ConsoleApplication1 项目的一般应用程序设置。

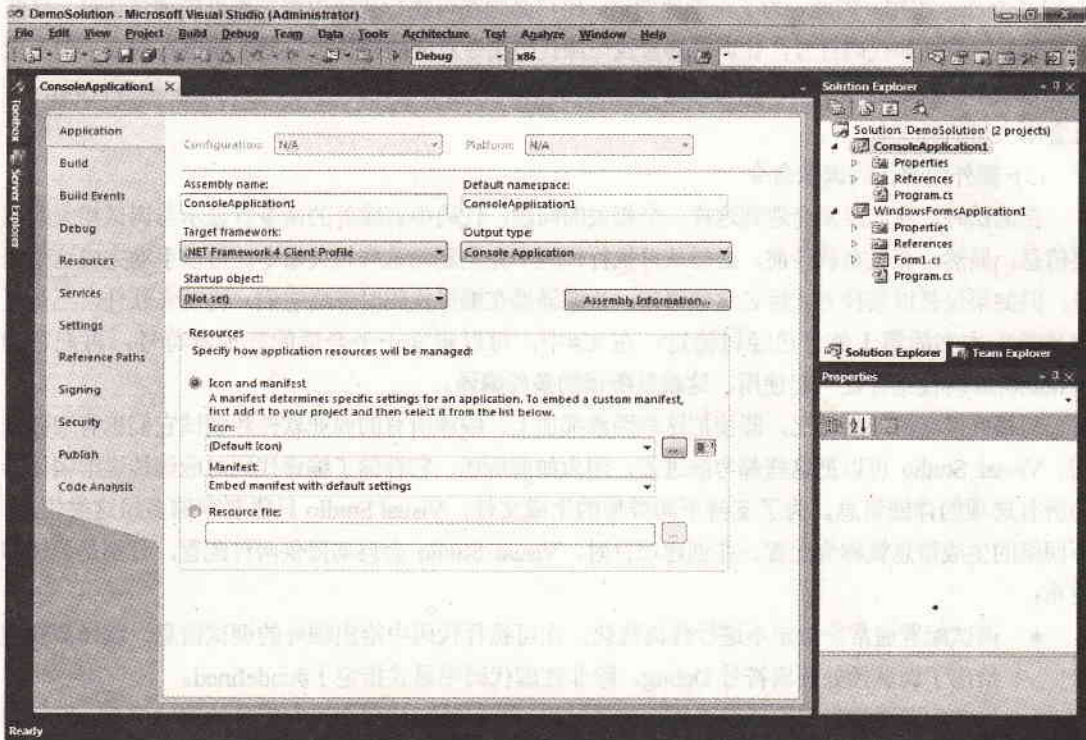


图 16-23

注意，可以选择要生成的程序集的名称和程序集的类型。其中的 Output Type 是 Console Application、Windows Application 和 Class Library。当然，还可以改变程序集的类型(尽管这还有争议，但在 Visual Studio 最初生成项目时，可能会奇怪为什么不能选择正确的项目类型呢)。

图 16-24 显示了生成文件的配置属性。注意，对话框顶部的列表框允许指定要查看的配置。此时可以查看调试配置——假定编译器定义了 DEBUG 和 TRACE 预处理器符号。如上所述，在调试配置中，代码没有优化，并会生成额外的调试信息。

一般情况下，用户不需要调整配置设置。如果需要使用它们，了解不同配置属性的区别是非常有用的。

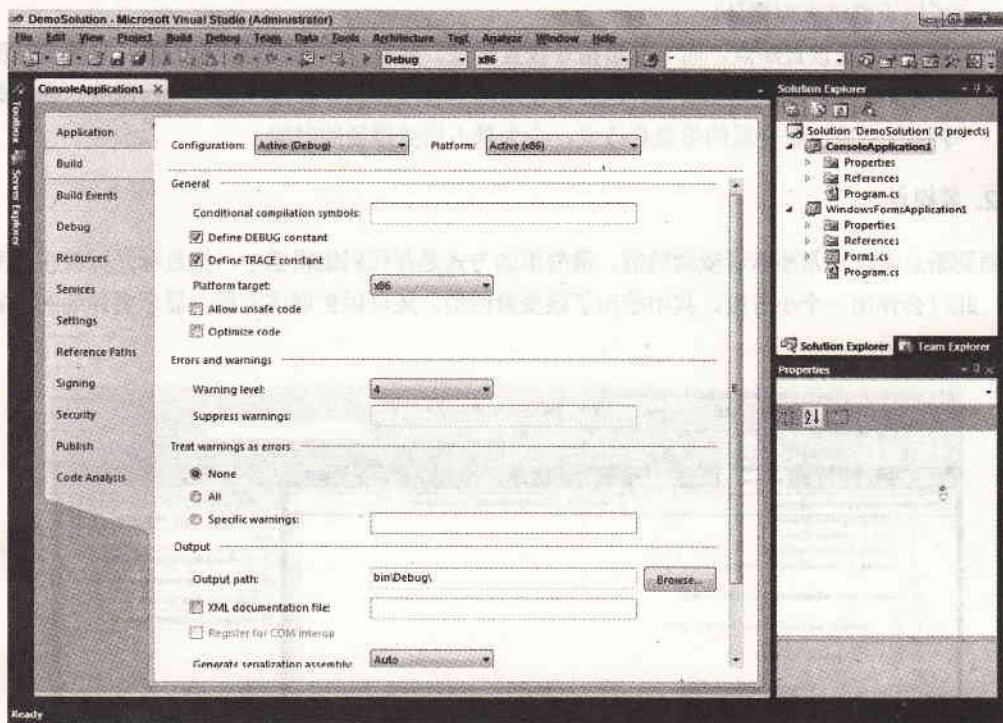


图 16-24

## 16.1.6 调试代码

在长时间讨论生成项目和生成配置后，我们还没有用大量的篇幅讨论代码的调试。原因是在 Visual Studio 中调试的规则和过程——设置断点和查看变量的值——与在 Visual Studio 6 IDE 中没有太大的区别。下面将简要介绍 Visual Studio 提供的调试功能，主要讨论对于某些开发人员是新内容的部分，我们还将论述如何处理异常，因为它们会给调试带来问题。

与 .NET 出现以前的语言一样，在 C# 中，调试所涉及的主要技术是设置断点；使用它们在代码的执行过程中检查某处发生的情况。

### 1. 断点

在 Visual Studio 中，可以在执行的代码中给任意一行设置断点。最简单的方式是在代码编辑器中单击该行，即在文档窗口左边的阴影区域中单击该行(或者选择该行，按 F9 键)，这样，就在该行



设置了一个断点，只要代码执行到该行，就会中断，把控制权交给调试器。在 Visual Studio 的以前版本中，断点在代码编辑器中用该行左边的一个大圆点表示。Visual Studio 则把该行的文本和背景用另一种颜色来突出显示。再次单击该圆点，就会删除断点。

如果程序并不适合于每次执行一行就中断一次，也可以设置条件断点。为此，可以单击 **Debug | Windows | Breakpoints** 命令，这弹出一个对话框，该对话框要求用户给出要设置的断点的详细信息，可以使用的选项有：

- 指定只有在对设置了断点的代码执行一定次数后，才能中断程序的执行。
- 指定只有执行某行一定的次数后，断点才起作用，例如，执行该行 20 次后，断点才起作用（可用于调试大型循环）。
- 给相关变量设置断点，而不是给指令设置断点。此时，监视的是变量的值，只要变量的值发生了改变，就会触发断点。但是，使用这个选项会显著减慢代码的运行速度。在每条指令执行完后检查变量的值是否改变，会大量占用处理器的时间。

## 2. 监视点

遇到断点时，通常要查看变量的值。最简单的方式是在代码编辑器中，把鼠标光标放在该变量名上，此时会弹出一个大方框，其中给出了该变量的值。还可以扩展该方框，显示更详细的内容，如图 16-25 所示。

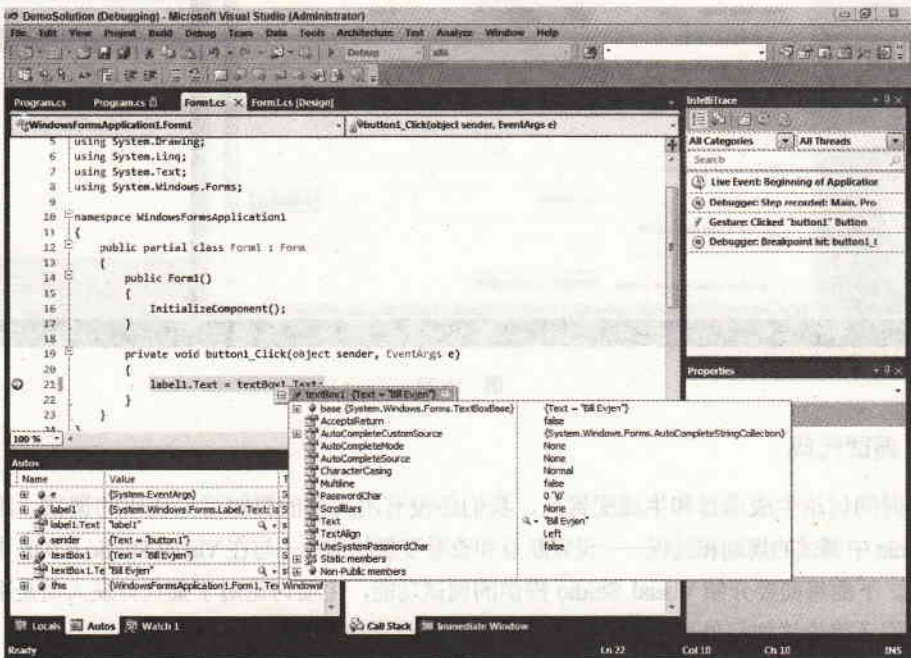


图 16-25

然而，也可以使用 Autos 窗口来查看变量的内容，它是一个选项卡式窗口，程序只有在调试器中运行时，该窗口才会出现，如图 16-26 所示。如果该窗口没有打开，就可以选择 **Debug | Windows | Autos** 命令。

类变量或结构变量的旁边有一个“+”图标，单击它可以展开变量，查看其字段的值。

这个窗口的 3 个选项卡主要用于监视不同的变量：

- Autos 监视程序运行时最后访问的几个变量。
- Locals 监视当前执行的方法中可访问的变量。
- Watch 监视用户在 Watch 窗口中输入的变量名时显式指定的任何变量。

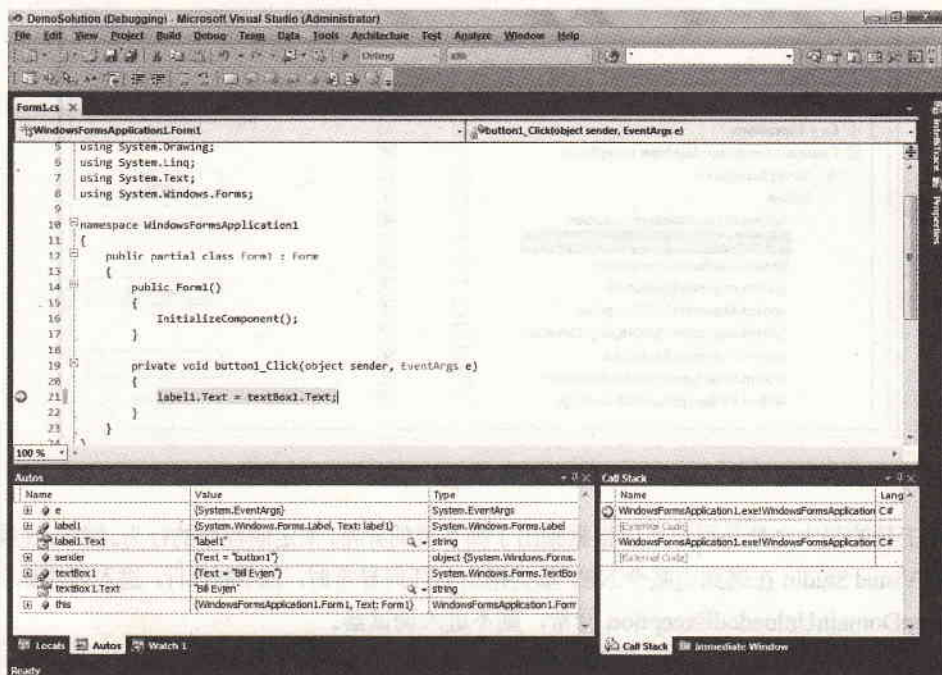


图 16-26

### 3. 异常

在发布应用程序时，异常可以确保在该应用程序中以合适的方式处理错误情况。它们可以保证应用程序正常运行，不会给用户显示许多技术性的对话框。但在调试时，异常并没有那么强大的功能，这个问题有两个方面：

- 如果在调试时产生一个异常，则在调试时常常不希望由程序自动处理——尤其是如果自动处理异常就意味着退出，并终止程序的执行！我们要让调试器查找到发生异常的原因。当然，问题是如果要编写出健壮的可以防范错误的好代码，程序就应能自动处理几乎所有的异常——包括要检测的错误！
- 如果产生了一个没有编写对应的处理程序的异常，.NET 运行库还是会查找该异常的处理程序。此时它发现没有这样的处理程序，因而终止程序。这里没有调用栈，不能查看任何变量的值，因为它们都已超出了作用域。

当然，可以在 catch 块中设置断点，但这常常没有什么帮助，因为在执行 catch 块时，按照定义，程序流会退出相应的 try 块。这样，要查看的变量值就超出了作用域，找不出错误发生的原因。甚至不能查看栈跟踪，找出 throw 语句退出程序时执行了哪个方法，因为该方法已交出了控制权。当然，在 throw 语句上设置断点可以解决这个问题，但如果代码中有许多 throw 语句时，该如何安全地编码？如何告诉编译器是哪条 throw 语句抛出了异常？

实际上, Visual Studio 给这些问题提供了一个非常好的解决方案。查看一下 Debug 主菜单, 其中有一个 Exceptions 菜单项, 选择它会打开 Exceptions 对话框, 如图 16-27 所示, 指定抛出异常时要执行什么操作。可以选择继续执行或者停止, 并开始调试代码, 此时程序停止执行, 调试器单步执行 throw 语句。

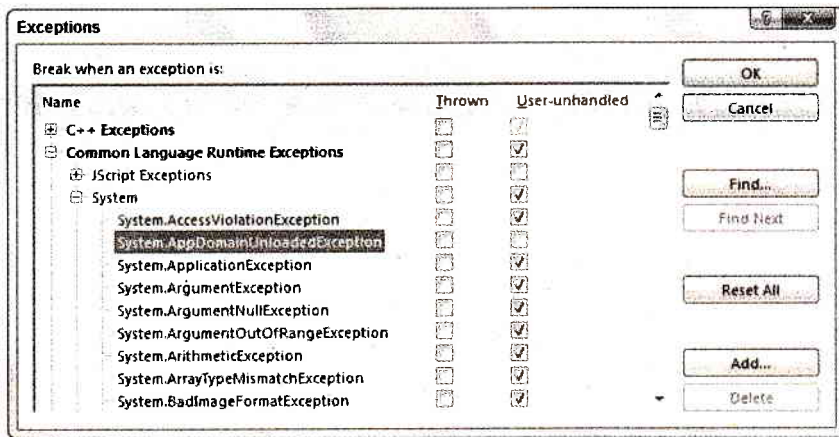


图 16-27

这个工具的强大之处是用户可以根据抛出了哪个类的异常, 来定制程序的行为。例如, 在图 16-27 上, 告诉 Visual Studio 在遇到由某个 .NET 基类抛出的任何异常时, 就中断执行, 进入调试器, 但如果抛出了 AppDomainUnloadedException 异常, 则不进入调试器。

Visual Studio 知道 .NET 基类中所有的异常类, 也知道在 .NET 环境外部抛出的许多异常。Visual Studio 不会自动识别用户编写的自定义异常类, 但用户可以把自已的异常类手动添加到该列表中, 指定哪个异常会立即停止执行程序。为此, 只需单击图 16-27 中的 Add 按钮(在从树型结构中选择一个顶级节点时, 该按钮就可用), 输入异常类的名称即可。

## 16.2 重构工具

许多开发人员在第一次为应用程序开发功能后, 一旦该功能实现之后, 他们就会改写应用程序, 使之更易管理, 可读性更高。这个过程称为重构。重构就是改写代码, 提高可读性、性能, 提供类型安全性, 使应用程序更好地遵循标准 OO(面向对象)编程实践的过程。

因此, Visual Studio 2010 的 C# 环境现在包含一组重构工具, 这些工具位于 Visual Studio 菜单的 Refactoring 选项下。为了说明这些工具的作用, 下面在 Visual Studio 中新建一个 Car 类:

```
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.Text;

namespace ConsoleApplication1
{
    public class Car
    {
        public string _color;
```

```

public string _doors;

public int Go()
{
    'int speedMph = 100;
    return speedMph;
}
}
}

```

现在, 假定重构时希望修改代码, 把 `_color` 和 `_door` 变量封装到 .NET 的公共属性中。Visual Studio 2010 的重构功能允许在文档窗口中右击这些属性, 选择 **Refactor | Encapsulate Field** 命令。打开 **Encapsulate Field** 对话框, 如图 16-28 所示。

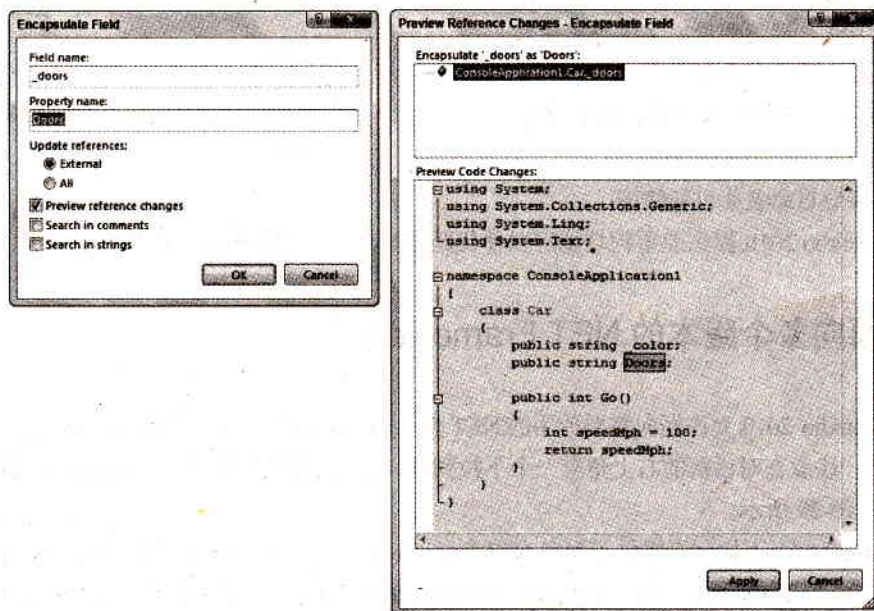


图 16-28

在这个对话框中, 提供属性名, 单击 **OK** 按钮, 就把选中的公共字段转换为一个私有字段, 并把它封装到一个 .NET 公共属性中。单击 **OK** 按钮后, 改写后代码如下所示(改写了两个字段):

```

namespace ConsoleApplication1
{
    public class Car
    {
        private string _color;

        public string Color
        {
            get { return _color; }
            set { _color = value; }
        }
        private string _doors;

        public string Doors
        {

```

```

        get { return _doors; }
        set { _doors = value; }
    }

    public int Go()
    {
        int speedMph = 100;
        return speedMph;
    }
}
}

```

可以看出，这些向导不但能重构一个页面上的代码，也能重构整个应用程序的代码。它们还可以完成如下任务：

- 给方法、局部变量、字段等重命名
- 从选中的代码中提取方法
- 根据一组已有的类型成员提取接口
- 把局部变量提升为参数
- 对参数重命名或重新排序

Visual Studio 2010 提供的重构功能可以使代码更简洁、可读性更高，结构化更强。

### 16.3 面向多个版本的 .NET Framework

Visual Studio 2010 允许面向需要使用的 .NET Framework 版本。打开 New Project 对话框，准备新建项目时，注意在对话框的右上角有一个下拉列表，它允许选择要使用的 Framework 版本。这个对话框如图 16-29 所示。

在图 16-29 中，下拉列表提供了面向 .NET Framework 2.0、3.0、3.5 和 4 的功能。使用升级对话框把 Visual Studio 2008 解决方案升级到 Visual Studio 2010 时，重点是要理解，只是把解决方案升级为使用 Visual Studio 2010，而不是把项目升级到 .NET Framework 4 上。项目仍在以前使用的 .NET Framework 版本上工作，但现在可以使用新的 Visual Studio 2010 处理项目了。

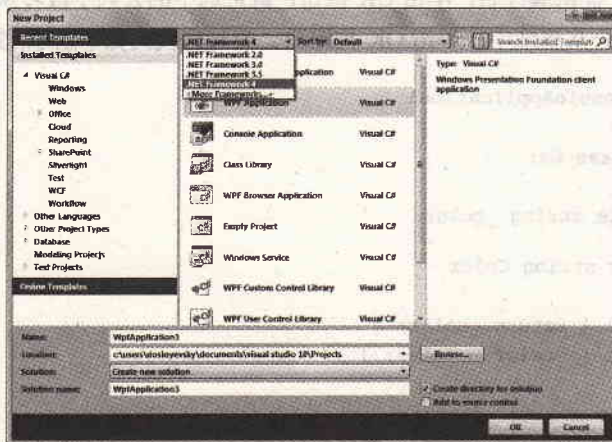


图 16-29

如果要改变解决方案使用的 .NET Framework 版本, 就可以右击该项目, 选择该解决方案的属性。如果处理的是 ASP.NET 项目, 就会打开如图 16-30 所示的对话框。

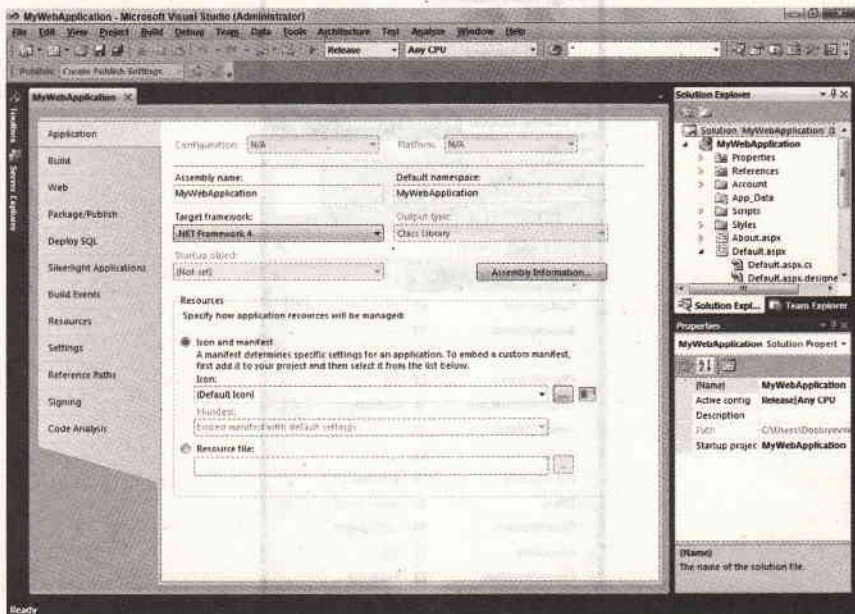


图 16-30

在这个对话框中, Application 选项卡提供了改变应用程序使用的 .NET Framework 版本的功能。

## 16.4 WPF、WCF、WF 等

在默认情况下, Visual Studio 2005 不允许构建面向 .NET Framework 3.0 的应用程序, 这在 VS2005 的生命周期中已过时了。Visual Studio 2005 的默认安装仅面向 .NET Framework 2.0。要开始使用面向 .NET Framework 3.0 的新技术, 需要安装另外几个软件包。

.NET Framework 3.0 允许使用类库来构建新的应用程序类型, 例如, 使用 Windows Presentation Foundation(WPF)、Windows Communication Foundation(WCF)、Windows Workflow Foundation(WF) 和 Windows CardSpace 的应用程序。

Visual Studio 2010 的面向 Framework 功能允许构建使用 .NET Framework 3.0、3.5 或 4 的这些应用程序类型。

### 16.4.1 在 Visual Studio 2010 中构建 WPF 应用程序

.NET Framework 4 给 Visual Studio 带来的一个优秀功能是增加了 WPF Application 项目类型(在 Windows 类别中)。选择这个项目类型会创建一个 MainWindow.xaml 文件和一个 MainWindow.xaml.cs 文件。这个项目类型在 Solution Explorer 窗口中默认创建的内容如图 16-31 所示(带有可搜索的 Properties 窗口)。

在 Visual Studio 2010 中, 可用的选项在文档窗口中。创建这个项目后, 文档窗口的默认视图如图 16-32 所示。



图 16-31

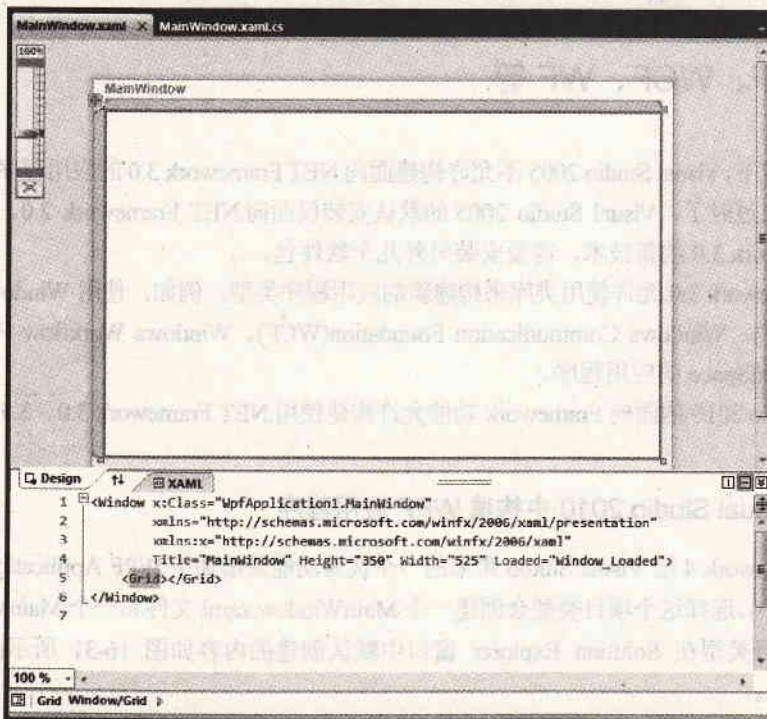


图 16-32

文档窗口有两个视图：设计视图和 XAML 视图。在设计视图中进行修改，会使 XAML 视图出现相应的变化，反之亦然。与传统的 Windows 窗体应用程序一样，WPF 应用程序也可以使用包含在 Visual Studio 的工具箱中的控件。控件对应的这个新工具箱如图 16-33 所示。

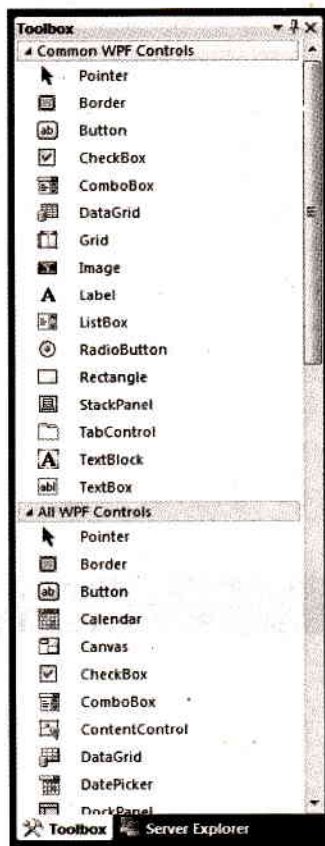


图 16-33

## 16.4.2 在 Visual Studio 2010 中构建 WF 应用程序

另一种完全不同的应用程序样式(在 Visual Studio 中构建应用程序时)是 Windows Workflow 应用程序类型。例如，从 New Project 对话框的 Workflow 部分中选择 Workflow Console Application 项目类型，就会创建一个控制台应用程序，它的 Solution Explorer 视图如图 16-34 所示。

在构建使用 Windows Workflow Foundation 的应用程序时，要注意它非常依赖于设计视图。仔细查看工作流(如图 16-35 所示)，会发现它包含多个顺序步骤，甚至包含基于条件(如 if-else 语句)的操作。



图 16-34



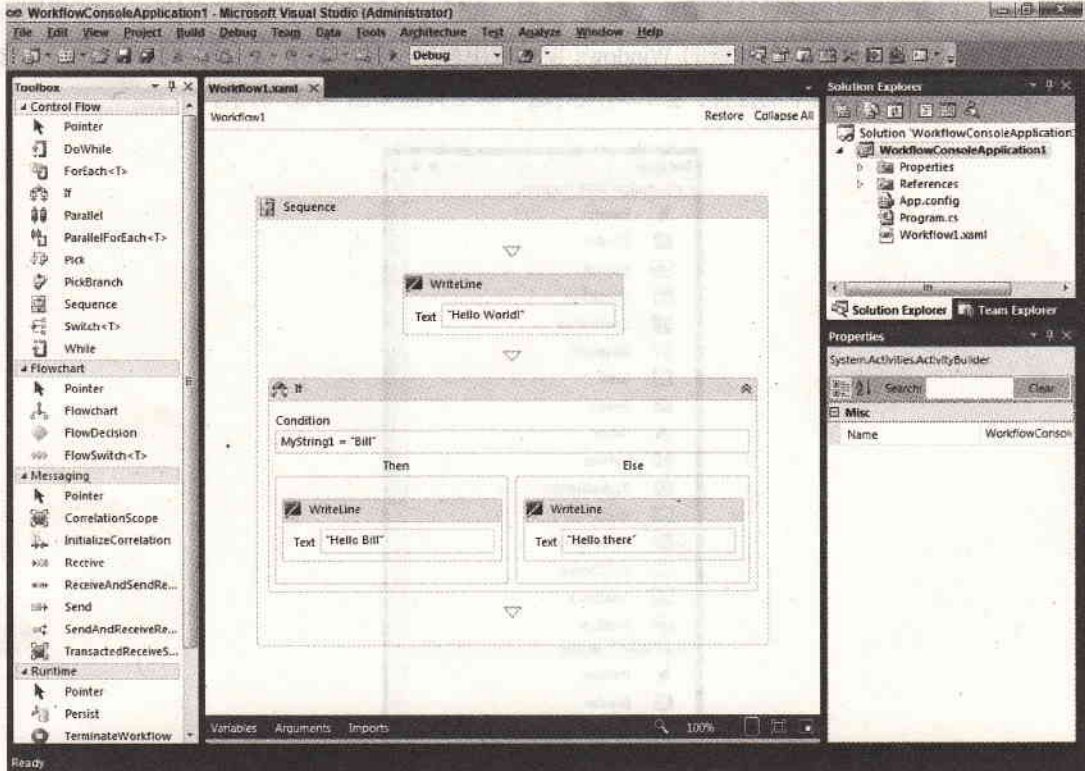


图 16-35

## 16.5 小结

本章介绍了 .NET 环境中一个最重要的编程工具 Visual Studio 2010。本章的大部分内容说明如何使用这个工具编写 C# 代码(以及 C++ 和 Visual Basic 代码)。

Visual Studio 2010 是编程领域中最简单的开发环境之一。Visual Studio 很容易进行 RAD(Rapid Application Development, 快速应用程序开发), 同时还可以深入了解如何创建应用程序的机制。本章详细介绍了如何使用 Visual Studio 完成各种任务, 包括重构代码, 多目标、读取 Visual Studio 6 项目、调试程序, 以及许多可用于 Visual Studio 的窗口。

本章还介绍了可通过 .NET Framework 4 创建的最新项目。这些项目类型关注的是 Windows Presentation Foundation、Windows Communication Foundation 和 Windows Workflow Foundation。

第 17 章将详细讨论部署。

# 第 17 章

## 部 署

本章内容:

- 部署要求
- 简单的部署情况
- 基于 Windows 安装程序的项目
- ClickOnce 技术

编译源代码并完成测试后,开发过程并没有结束。在这个阶段,需要把应用程序提供给用户。无论是 ASP.NET 应用程序、智能客户端应用程序还是用 Compact Framework 构建的应用程序,软件都必须部署到目标环境中。.NET Framework 使部署工作比以前容易得多,因为不再需要注册 COM 组件,也不需要编写新的注册表配置单元。

本章将介绍可用于应用程序部署的选项,包括 ASP.NET 应用程序和智能客户端应用程序的部署选项。

### 17.1 部署的规划

部署常常是开发过程之后的工作,如果不精心规划,就可能会导致严重的问题。为了避免在部署过程中出错,应在最初的设计阶段就对部署过程进行规划。任何部署问题,如服务器的容量、桌面的安全性或从哪里加载程序集等,都应从一开始就纳入设计,这样部署过程才会比较顺利。

另一个必须在开发过程早期解决的问题是,在什么环境下测试部署。应用程序代码的单元测试和部署选项的测试可以在开发人员的系统中进行,而部署必须在类似于目标系统的环境中测试。这非常重要,可以消除目标计算机上不存在的依赖项。例如,第三方的库很早就安装在项目的开发人员的计算机上,但目标计算机可能没有安装这个库。在部署软件包中它很容易忘记包含这个库。在开发人员的系统上进行的测试不可能发现这个错误,因为库已经存在了。归档依赖关系可以帮助消除这种潜在的错误。

部署过程对于大型应用程序可能非常复杂。提前规划部署,在实现部署过程时可以节省时间和精力。

选择合适的部署选项,必须像开发系统的其他方面那样特别关注和认真规划。选择错误的选项会使把软件交付给用户的过程充满艰难险阻。

### 17.1.1 部署选项

本节概述.NET 开发人员可以使用的部署选项。其中大多数选项将在本章后面详细论述。

- **Xcopy**——Xcopy 实用工具允许把一个程序集或一组程序集复制到应用程序文件夹中,从而减少了开发时间。由于程序集是自我包含的(即,元数据描述了包含在程序集中的内容)因此不需要在注册表中注册。

每个程序集都跟踪它需要执行的其他程序集。默认情况下,程序集会在当前的应用程序文件夹中查找依赖项。把程序集移动到其他文件夹的过程将在本章后面讨论。

- **发布 Web 站点**——在发布 Web 站点时,会编译整个站点,然后把它复制到指定的位置。预编译之后,所有的源代码都会从最终的输出中删除,找出和处理所有编译错误。
- **部署项目**——Visual Studio 2010 可以为应用程序创建安装程序。基于 Microsoft Windows Installer 技术有 4 种选择:
  - 创建合并模块;
  - 为客户端应用程序创建安装程序;
  - 为 Web 应用程序创建安装程序;
  - 为基于智能设备(Compact Framework)的应用程序创建安装程序。
- 还可以创建 cab 文件。部署项目为安装过程提供了极大的灵活性和可定制性。这 4 种部署方式对于大型应用程序都十分有用。
- **ClickOnce 技术**——ClickOnce 技术可以构建自动升级的、基于 Windows 的应用程序。ClickOnce 允许把应用程序发布到 Web 站点、文件共享、甚或 CD 上。在对应用程序进行升级并生成新版本后,开发小组可以把它们发布到相同的位置或站点上。最终用户在使用应用程序时,程序会检查是否有更新版本,如果有,就进行更新。

### 17.1.2 部署要求

最好看一下基于.NET 的应用程序的运行要求。在执行任何托管的应用程序之前,CLR 对目标平台都有一定的要求。

首先必须满足的要求是操作系统。目前,下面的操作系统可以运行基于.NET 的应用程序:

- Windows XP SP3
- Windows Vista SP1
- Windows 7

其次,必须支持下面的服务器平台:

- Windows 2003 Server SP2 系列
- Windows 2008 Server 系列(不支持 Server Core Role)

再次,必须支持下面的体系结构:

- x86
- x64
- ia64(一些特性不支持)

其他要求有 Windows Internet Explorer 5.01 版本或更高版本,MDAC 2.8 版本或更高版本(如果应

用程序需要访问数据)和用于 ASP.NET 应用程序的 Internet 信息服务(Internet Information Services, IIS)。

在部署 .NET 应用程序时,还必须考虑硬件要求。硬件的最低要求是:客户端和服务器都是奔腾 400MHz, 且有 96MB RAM。

要获得最佳性能,应增加 RAM, RAM 越大, .NET 应用程序运行得就越好。对于服务器应用程序更是如此。

### 17.1.3 部署 .NET 运行库

使用 .NET 开发应用程序时,需要依赖 .NET 运行库。这似乎很明显,但有时可以忽略这一点。表 17-1 列出了必须发布的版本号 and 文件名:

表 17-1

.NET 版本	文件 名
2.0.50727.42	dotnetfx.exe
3.0.4506.30	Dotnetfx3.exe(包括 x86 和 x64)
3.5.21022.8	Dotnetfx35.exe(包括 x86、x64 和 ia64)
4.0.0.0	Dotnetfx40.exe(包括 x86、x64 和 ia64)

## 17.2 简单的部署选项

如果在应用程序的初始设计阶段考虑了部署,部署就只是简单地把一组文件复制到目标计算机上。对于 Web 应用程序,就只需使用 Visual Studio 2010 中的一个菜单选项。本节就讨论这种简单的部署情况。

为了了解如何设置各种部署选项,必须有一个要部署的应用程序。从 [www.wrox.com](http://www.wrox.com) 上下载的示例包含 4 个项目:

- ClientWinForms
- ClientWPF
- WebClient
- AppSupport

ClientWinForms 和 ClientWPF 项目是分别使用 WinForms 和 WPF 的智能客户端应用程序,WebClient 项目是一个简单的 Web 应用程序,AppSupport 项目是一个类库,它包含一个简单的类,该类返回一个包含当前日期和时间的字符串。

示例应用程序使用 AppSupport 项目用一个包含当前日期的字符串填写一个标签。为了使用这些示例,首先加载并构建 AppSupport 项目。然后在其他两个应用程序中,设置对新构建的 AppSupport.dll 的引用。

下面是 AppSupport 程序集的代码:



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.Linq;
using System.Text;
```

```

namespace AppSupport
{
    public class DateService
    {
        public string GetLongDateInfoString()
        {
            return string.Concat("Today's date is ", DateTime.Now.ToLongDateString());
        }

        public string GetShortDateInfoString()
        {
            return string.Concat("Today's date is ", DateTime.Now.ToShortDateString());
        }
    }
}

```

---

代码段 Dateservice.cs

这个简单的程序集足以说明可用的部署选项。

### 17.2.1 Xcopy 部署

Xcopy 部署就是把一组文件复制到目标计算机上的一个文件夹中，然后在客户端上执行应用程序。这个术语来自于 DOS 命令 `xcopy.exe`。无论程序集的数目是多少，如果把文件复制到同一个文件夹中，应用程序就会执行，不需要编辑配置设置或注册表。

为了理解 Xcopy 部署的工作原理，执行下面的步骤：

- (1) 打开示例下载文件中的 ClientWinForms 解决方案(ClientWinForms.sln)。
- (2) 把目标改为 Release，进行完整的编译。
- (3) 然后，使用“我的电脑”或文件管理器导航到项目文件夹 ClientWinForms\bin\Release，双击 ClientWinForms.exe，运行应用程序。

(4) 现在单击对应的按钮，会看到当前日期显示在两个文本框中。这将验证应用程序是否能正常运行。当然，这个文件夹是 Visual Studio 放置输出的地方，所以应用程序能正常工作。

(5) 新建一个文件夹，命名为 ClientWinFormsTest。把这两个文件从 Release 文件夹复制到这个新文件夹中，然后删除 Release 文件夹。再次双击 ClientWinForms.exe 文件，验证它是否正常工作。

这就是它的所有工作；Xcopy 部署只需把程序集复制到目标计算机上，就可以部署功能完善的应用程序。这里使用的示例非常简单，但这并不意味着这个过程对较复杂的应用程序无效。实际上，使用这种方法对可以部署的程序集的大小或数目没有限制。不想使用 Xcopy 部署的原因是它不能把程序集放在全局程序集缓存(GAC)中，或者不能在“开始”菜单中添加图标。如果应用程序仍依赖于某种类型的 COM 库，就不能很容易地注册 COM 组件。

### 17.2.2 Xcopy 和 Web 应用程序

Xcopy 部署也可以用于 Web 应用程序，但文件夹结构有点不同。我们必须建立 Web 应用程序的虚拟目录，并配置合适的用户权限。这个过程通常需要使用 IIS 管理工具来完成。

在建立虚拟目录后，Web 应用程序文件就可以复制到虚拟目录中。复制 Web 应用程序的文件有点困难，需要考虑几个配置文件和页面使用的图像。

### 17.2.3 发布 Web 站点

Web 项目的另一个部署选项是发布 Web 站点。发布 Web 站点就是预编译整个站点，并把编译好的版本放在指定的位置。该位置可以是共享文件、FTP 位置，或可以通过 HTTP 访问的任何其他位置。编译过程会从程序集中去除所有的源代码，为部署创建 DLL。这也包括 ASPX 源文件中的标记。ASPX 文件并不包含一般的标记，而是包含程序集的一个指针。每个 ASPX 文件都与一个程序集相关。无论使用代码隐藏模型还是单个文件模型，这个过程都会正常工作。

发布 Web 站点的优点是速度快，安全性高。速度有所提高，是因为所有的程序集都已编译。否则，第一次访问页面时会会有一个延迟，因为要编译和缓存页面和依赖代码。安全性有所提高，是因为不部署源代码。另外，在部署前所有的源代码都进行了预编译，找出了所有的编译错误。

使用 Build | Publish Web Site 菜单项就可以发布 Web 站点。在 Publish Method 下拉菜单中，可以选择 MSDeploy Publish、FTP 或文件系统。FTP 选项要求指定 FTP 地址和必要的登录凭证。文件系统选项要求指定目标位置的路径。MSDeploy Publish 选项比较有趣。

可以在项目属性页面的 Package and Publish 选项卡中给 Web 站点的部署定义许多属性。可以指定应包含什么文件，包括调试信息。还可以在 Deploy Sql 选项卡中包含数据库信息。这些信息包括连接字符串、模式信息和数据库脚本选项。

也可以在这里选择打包选项。之后会生成包含安装 Web 站点所需所有内容的 zip 文件。除了 zip 文件之外，还会生成另外 3 个文件：

- Projectname.deploy.cmd——MSDeploy 用于安装 Web 站点的命令文件。
- Projectname.SetParameters.xml——这个 XML 文件包含了传递给 Web 部署工具的不同参数，可用于部署到不同的服务器或不同的环境中。
- Projectname.SourceManifest.xml——Visual Studio 2010 创建软件包所使用的设置。

Projectname 是要打包的项目名。软件包可以使用 Visual Studio 或通过 MSBuild 来部署。

## 17.3 Visual Studio 2010 安装和部署项目

Xcopy 部署使用起来很简单，但有时它缺乏一些功能。为了克服这个缺点，Visual Studio 2010 提供了 6 个安装程序项目类型。其中 4 个类型基于 Windows Installer 技术，表 17-2 列出了这些项目类型。

表 17-2

项目类型	说 明
Setup Project	用于安装客户端应用程序、中间层应用程序和作为 Windows 服务运行的应用程序
Web Setup Project	用于安装基于 Web 的应用程序
Merge Module Project	创建.msm 合并模块，这些模块可以和其他基于 Windows Installer 的安装应用程序一起使用
CAB Project	创建.cab 文件，通过旧式的部署技术进行发布
Setup Wizard	帮助创建部署项目
Smart Device CAB Project	Pocket PC、Smartphone 和其他基于 CE 的应用程序的 CAB 项目

Setup Project 和 Web Setup Project 非常相似。主要的区别是使用 Web Setup, 项目会部署到 Web 服务器上的一个虚拟目录中, 而使用 Setup Project, 项目会部署到文件夹结构中。这两个项目类型都基于 Windows Installer, 拥有基于 Windows Installer 的安装程序的所有功能。

在创建包含在多个部署项目中的组件或功能库时, 一般使用 Merge Module Project。通过创建合并模块, 可以设置专用于组件的配置项, 而无需在主部署项目的创建过程中担心它们。

Cab Project 类型仅为应用程序创建.cab 文件。.cab 文件由旧式的安装技术以及一些基于 Web 的安装过程使用。Setup Wizard 项目类型逐步完成创建部署项目的过程, 在此过程中向用户询问特定的问题。

下面几节讨论如何创建这些部署项目, 可以改变哪些设置和属性, 以及可以增加什么定制内容。

### 17.3.1 Windows Installer

Windows Installer 是一个服务, 它负责管理在大多数 Windows 操作系统上安装、更新、修复和删除应用程序。它是 Windows ME、Windows 2000、Windows XP、Windows Vista 和 Windows 7 的一部分, 可以用于 Windows 95、Windows 98 和 Windows NT 4.0。Windows Installer 的当前版本是 4.5。

Windows Installer 在数据库中跟踪应用程序的安装。在卸载应用程序时, Windows Installer 很容易跟踪和删除已添加的注册表设置、复制到硬盘上的文件, 以及已添加的桌面图标和“开始”菜单图标。如果某个特定文件仍被另一个应用程序引用, 安装程序就会把它保留在硬盘上, 从而不会使其他的应用程序中断。数据库还可以修复应用程序。如果注册表设置或与应用程序相关的 DLL 被破坏或不小心中除了, 就可以修复安装。在修复过程中, 安装程序会从上一次安装中读取数据库, 并重制该安装过程。

Visual Studio 2010 中的部署项目可以创建 Windows 安装软件包。部署项目允许访问大多数需要访问的内容, 以便安装给定的应用程序。但是, 如果需要更多的控制, 就应查看 Windows Installer SDK, 它是 Platform SDK 的一部分, 其中包含了为应用程序创建自定义安装软件包的文档。下面几节将使用 Visual Studio 2010 部署项目创建这些安装软件包。

### 17.3.2 创建安装程序

为客户端应用程序或 Web 应用程序创建安装软件包并不困难。第一个任务是标识应用程序需要的所有外部资源, 包括配置文件、COM 组件、第三方库、控件和图像。前面说过, 在项目文档中应包含一个依赖项列表。这正是这个文档的用武之地。Visual Studio 2010 可以询问程序集, 检索该程序集的依赖项, 但我们仍需要审核这些内容, 以防遗漏。

另一个问题是, 在整个过程的什么时候创建安装软件包。如果设置了一个自动构建过程, 就可以把安装软件包的构建包含在项目成功构建的过程中。在耗时而复杂的大型项目中, 过程的自动进行会大大减少出错的可能性。

我们可以把部署项目包含在项目解决方案中。在 Solution Property Pages 对话框中有针对 Configuration Properties 的一个设置。使用这个设置可以选择要为各种构建配置包含的项目。如果选择 Release builds 而不是 Debug builds 下面的 Build 复选框, 安装软件包就只在创建发布版本时创建。这也是在下面示例中使用的过程。图 17-1 显示了 ClientWPF 解决方案的 Solution Property Pages 对话框。其中显示了 Debug 配置, 没有给安装项目选中 Build 复选框。

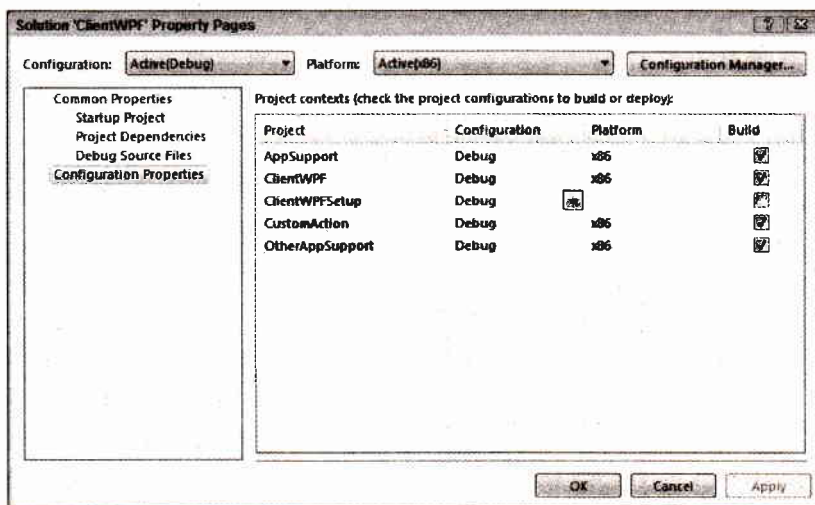


图 17-1

### 1. 简单的客户端应用程序

在下面的示例中，要为 ClientWinForms 解决方案创建一个安装程序(它包含在下载示例中，其中还包含已完成的安装程序项目)。这个示例将说明如何在独立的解决方案中创建安装程序项目。后面将介绍在原来的解决方案中包含安装程序项目的 ClientWPF。

在开始创建部署项目之前，要确保部署的应用程序有一个发布版本。

接着，在 Visual Studio 2010 中新建一个项目。在 New Project 对话框中，选择左边的 Setup and Deployment Projects，再选择右边的 Setup Project，给它指定一个名称(例如，ClientWinFormsSetup)。

在 Solution Explorer 窗口中，单击项目，再单击 Properties 窗口，就会看到一个属性列表。这些属性将在应用程序的安装过程中显示。其中一些属性还会显示在控制面板中“添加/删除程序”对话框对应的小程序中。因为用户在安装过程中可以看到大多数属性(或者在“添加/删除程序”窗口中查看安装过程时可以看到它们)，所以正确地设置它们会使应用程序更专业。

这个属性列表非常重要，特别是在应用程序要进行商业化部署时，更是如此。表 17-3 描述了这些属性和要输入的值。

表 17-3

项目属性	说明
AddRemoveProgramIcon	显示在“添加/删除程序”对话框中的图标
Author	应用程序的编写者。这个属性设置通常与 manufacturer 的相同，它显示在 msi 软件包的 Properties 对话框中的 Summary 页面上，以及“添加/删除程序”对话框的 SupportInfo 页面上的 Contact 字段中
Description	这是一个形式自由的文本字段，描述了要安装的应用程序或组件。这些信息显示在 msi 软件包的 Properties 对话框中的 Summary 页面上，以及“添加/删除程序”对话框的 SupportInfo 页面上的 Comment 字段中



(续表)

项目属性	说明
DetectNewerInstalledVersion	这是一个布尔值, 设置为 true 时, 将检查是否已安装了应用程序的更新版本, 如果是, 就停止安装过程
InstallAllUsers	这是一个布尔值, 设置为 true 时, 将为计算机的所有用户安装应用程序。设置为 false 时, 就只有当前用户能访问应用程序
Keywords	可用于在目标计算机上搜索 .msi 文件。这些信息显示在 msi 软件包的 Properties 对话框中的 Summary 页面上
Localization	用于字符串资源和注册表设置的地域。这会影响安装程序的用户界面
Manufacturer	生产应用程序或组件的公司的名称。一般与 Author 属性中指定的信息相同。这些信息显示在 msi 软件包的 Properties 对话框中的 Summary 页面上, 以及“添加/删除程序”对话框的 SupportInfo 页面上的 Publisher 字段中, 用作应用程序的默认安装路径的一部分
ManufacturerURL	一个 Web 站点的 URL, 该站点与要安装的应用程序或组件相关
PostBuildEvent	在构建结束后执行的命令
PreBuildEvent	在构建开始前执行的命令
ProductCode	应用程序或组件的唯一的字符串 GUID。Windows Installer 使用这个属性标识应用程序的后续升级或安装
ProductName	描述应用程序的名称, 在“添加/删除程序”对话框中用作应用程序的描述, 还用作为默认安装路径的一部分: C:\Program Files\Manufacturer\ProductName
RemovePreviousVersions	一个布尔值, 如果设置为 true, 就检查计算机上是否安装了应用程序的以前版本。如果是, 就调用以前版本的卸载功能, 之后继续安装。这个属性使用 ProductCode 和 UpgradeCode 确定是否卸载。UpgradeCode 应相同, 而 ProductCode 应不同
RunPostBuildEvent	运行 PostBuildEvent 的时间, 其选项有 On successful build 或 Always
SearchPath	一个字符串, 表示依赖的程序集、文件或合并模块的搜索路径。在开发人员的计算机上构建安装程序对应的软件包时使用该属性
Subject	与应用程序相关的其他信息。这些信息显示在 msi 软件包的 Properties 对话框中的 Summary 页面上
SupportPhone	为应用程序或组件提供支持的电话号码。这些信息显示在“添加/删除程序”对话框的 SupportInfo 页面上的 Support Information 字段中
SupportURL	为应用程序或组件提供支持的 URL。这些信息显示在“添加/删除程序”对话框的 SupportInfo 页面上的 Support Information 字段中
TargetPlatform	支持 Windows 的 32 或 64 位版本
Title	安装程序的标题。它显示在 msi 软件包的 Properties 对话框中的 Summary 页面上
UpgradeCode	一个字符串 GUID, 表示同一应用程序的不同版本共享的标识符。对于应用程序的不同版本或不同语言版本, 不应修改 UpgradeCode, 该属性由 DetectNewerInstalledVersion 和 RemovePreviousVersions 使用
Version	安装程序、.cab 文件或合并模块的版本号。注意它不是要安装的应用程序的版本号

设置完属性后, 就可以开始添加程序集了。在这个示例中, 唯一要添加的程序集是主可执行文件 ClientWinForms.exe。为此, 可以在 Solution Explorer 窗口中右击项目, 或从 Project 菜单中选择 Add 命令, 此时有 4 个选项:

- Project Output——下一个示例探讨这个选项
- File——用于添加 readme 文本文件或不在构建过程中添加的任何其他文件
- Merge Module——独立创建的合并模块
- Assembly——使用这个选项可以选择要安装的程序集

本例选择 Assembly, 打开 Component Selector 对话框, 该对话框类似于给项目添加引用的对话框。浏览至应用程序的 \bin\release 文件夹, 选择 ClientWinForms.exe, 在 Component Selector 对话框中单击 OK 按钮, 现在可以看到 ClientWinForms.exe 在部署项目的 Solution Explorer 窗口中。在 Detected Dependencies 部分, 可以看到 Visual Studio 要求 ClientWinForms.exe 给出它依赖的程序集。在本例中, 会自动包括 AppSupport.dll。继续这个过程, 直到应用程序中的所有程序集都显示在部署项目的 Solution Explorer 窗口中为止。

接着, 需要确定把程序集部署到什么地方。在默认情况下, 在 Visual Studio 2010 中会显示文件系统编辑器, 这个文件系统编辑器分为两个窗格, 左边的窗格显示目标计算机上文件系统的层次结构, 右边的窗格则显示选中文件夹的详细视图。文件夹名称可能不是我们希望看到的, 但这些文件夹用于目标计算机, 例如, 文件夹 User's Programs Menu 映射为目标客户端上包含用户的 Programs Menu 的文件夹, 它随着所使用的 Windows 版本的不同而不同。

此时可以添加其他文件夹, 或者特定的文件夹或自定义文件夹。要添加特定的文件夹, 应确保目标计算机上的文件系统在左边的窗格上突出显示, 然后选择主菜单中的 Action 菜单。Add Special Folder 菜单选项提供了可以添加的文件夹列表。例如, 如果要在 Application 文件夹下添加一个文件夹, 就可以在编辑器的左边窗格中选择 Application 文件夹, 再选择 Action 菜单。这时就会出现一个可以新建文件夹的 Add 菜单。给新文件夹重命名, 就会在目标计算机上创建它。

我们要添加的一个特定文件夹是 GAC 文件夹。如果有几个不同的应用程序使用 AppSupport.dll, 就可以把它安装到 GAC 文件夹中。为了把程序集添加到 GAC 文件夹中, 程序集必须有一个强名。把程序集添加到 GAC 文件夹的过程就是从 Special Folder 菜单中添加 GAC 文件夹, 再把要放在 GAC 文件夹中的程序集从当前文件夹拖放到 Global Assembly Cache 文件夹中。如果试图对没有强名的程序集进行这个操作, 部署项目就不能编译。

如果选择 Application 文件夹, 在右边的窗格上, 刚才添加的程序集就会自动添加到 Application 文件夹中。还可以把程序集移动到其他文件夹中, 但程序集必须能找到对方(有关探测的更多信息请参阅第 18 章)。

如果要在用户的桌面上或“开始”菜单中添加应用程序的快捷方式, 就应把该快捷方式拖放到适当的文件夹中。要创建桌面快捷方式, 就应进入 Application 文件夹, 在编辑器的右边窗格上选择该应用程序, 再进入 Action 菜单, 选择 Create Shortcut 菜单项, 创建应用程序的快捷方式。在创建好快捷方式后, 把它拖放到 User's Desktop 文件夹中。现在安装应用程序时, 快捷方式就会显示在桌面上。一般情况下, 应由用户决定是否需要应用程序的桌面快捷方式。

要求用户输入信息并执行相应步骤的过程将在本章后面介绍。在“开始”菜单中创建菜单项的过程与此相同。另外, 如果查看刚才创建的快捷方式的属性, 就可以配置快捷方式的基本属性, 如参数和要使用的图标。应用程序图标是默认图标。

在构建部署项目之前，需要检查一些项目属性。如果选择 **Project** 菜单，再选择 **ClientWinFormsSetup Properties** 命令，就会打开 **Project Property Pages** 对话框，其中的属性是针对当前配置的。在 **Configuration** 下拉框中选择配置后，就可以修改表 17-4 中的属性。

表 17-4

属 性	说 明
Output filename	在编译项目时生成的.msi 或.msm 文件的名称
Package files	这个属性允许指定如何打包文件。其选项有： As loose uncompressed files——所有的部署文件都在同一目录下存储为.msi 文件； In setup file——文件打包到.msi 文件中(默认设置)； In cabinet files——文件打包到同一目录下的一个或多个.cab 文件中。选择这个选项时，CAB size 选项就变成可用的
Prerequisites URL	可以指定在哪里查找 .NET Framework 或 Windows Installer 等必备的程序。单击 <b>Settings</b> 按钮会显示一个对话框，其中包含安装过程中可以使用的列表项，例如 Windows Installer 4.5、.NET Framework 和 SQL Express 2008。还有一个选项，可以选择从哪里下载必备的程序
Compression	这个属性指定所包含文件的压缩样式。其选项如下： Optimized for speed——用于较大的文件，安装时间较短(默认设置) Optimized for size——用于较小的文件，安装时间较长 None——不压缩
CAB size	Package file 属性设置为 In cabinet files 时，就启用这个属性。它不仅创建一个 CAB 文件，还可以设置每个.cab 文件占用的最大内存
Authenticode signature	在选中这个属性时，部署项目输出的签名就使用 Authenticode 标记，不选中默认设置

在设置完项目属性后，就应构建部署项目，为 **ClientWinForms** 应用程序创建安装程序。在构建项目后，就可以在 **Solution Explorer** 窗口中右击项目名，测试安装程序了，此时可以在弹出的上下文菜单中访问 **Install** 和 **UnInstall** 选项。如果一切正常，就可以成功安装和卸载 **ClientWinForms** 应用程序。

## 2. 同一个解决方案项目

上一个示例成功地创建了一个部署软件包，但有几个缺点。例如，在新程序集添加到原始应用程序中时会发生什么情况？部署项目不会自动识别任何改动的地方，而必须添加新程序集，再验证新的依赖项已包含进来。在较小的应用程序(如本例)中，这没有什么大不了。

但在处理包含几十个甚至上百个程序集的应用程序时，这就可能很难维护了。**Visual Studio 2010** 为解决这个潜在的问题提供了一个简单的方法，即把部署项目包含在应用程序的解决方案中，这样就可以把主项目的输出当作部署程序集了。下面以 **ClientWPF** 为例来说明。

在 **Visual Studio 2010** 中打开 **ClientWPF** 解决方案，使用 **Solution Explorer** 窗口添加一个新项目，选择 **Deployment and Setup Projects**，再选择 **Setup Project**，之后按照上一节介绍的步骤进行。可以把这个项目命名为 **ClientWPFSetup**。在前面的示例中，通过从 **Project** 菜单中选择 **Add | Assemblies** 命

令；添加程序集，这次从 Project 菜单中选择 Add | Project Output 命令，这会打开 Add Project Output Group 对话框，如图 17-2 所示。

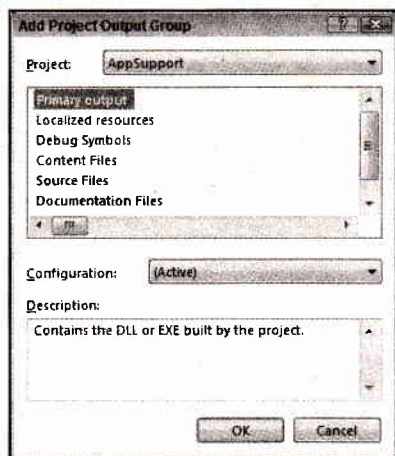


图 17-2

对话框的顶部有一个下拉列表框，其中显示了当前解决方案中的所有项目。选择主启动项目，然后从下面的列表中选择要包含在项目中的项，选项有 Documentation、Primary Output、Localized resources、Debug Symbols、Content Files 和 Source Files。

首先选择 Primary Output，这包括构建应用程序时的输出和所有依赖项。对话框中还有一个下拉列表框，其中列出了有效的配置：Debug、Release 以及自己添加的任何自定义配置。这还确定了选取什么输出。对于部署，应使用 Release 配置。

在完成这些选择后，在 Solution Explorer 窗口中就会给部署项目添加一个新条目。该条目的名称是 Primary output form ClientWPF (Release .NET)。另外，AppSupport.dll 文件将出现在依赖项列表中。与以前一样，不需要搜索依赖程序集。

此时，仍在应用上一节讨论的所有不同的项目属性。可以修改 Name、Manufacturer、.cab 文件大小和其他属性。在设置好属性后，建立解决方案的发布版本，并测试安装程序。一切应如期正常工作。

为了理解把部署软件包添加到应用程序解决方案中的优点，下面把一个新项目添加到解决方案中。在本例中该项目名为 OtherAppSupport。在该项目中，有一个简单的测试方法，它返回字符串“This is the message”。在 ClientWPF 中设置一个对新增项目的引用，建立解决方案的另一个发布版本。部署项目会自动选择新的程序集，无需我们做任何工作。还可以右击安装程序项目的 Detected Dependencies 部分，选择 Refresh Dependencies 命令。如果使用独立的部署项目，就不会选取新添的项目。

### 3. 简单的 Web 应用程序

为 Web 应用程序创建安装软件包与创建客户端安装软件包没有什么不同。下载的示例包含一个 WebClient 应用程序，它也利用了 AppSupport.dll 程序集。可以用与创建客户端部署项目相同的方式创建部署项目，即创建独立的部署项目，或在原解决方案中创建部署项目。这个示例在原解决方案中构建部署项目。

启动 WebClient 解决方案，添加一个新的 Deployment and Setup 项目。这次要确保在 Templates

窗口中选择 **Web Setup Project**。如果查看该项目的属性视图，就会看到 Web 应用程序拥有与客户端应用程序相同的所有属性。唯一新增的属性是 **RestartWWWService**。这是一个布尔值，用于在安装过程中重新启动 IIS。如果使用 ASP.NET 组件，而且没有替换某些 ATL 或 ISAPI DLL，就不需要修改该属性。

如果查看文件系统编辑器，就会注意其中只有一个文件夹。**Web Application** 文件夹就是我们的虚拟目录。默认情况下，目录名就是部署项目名，它位于 Web 根目录下。表 17-5 解释了可以在安装程序中设置的属性。上一节讨论的属性未包括在内。

表 17-5

属 性	说 明
AllowDirectoryBrowsing	布尔值，如果设置为 true，就允许以 HTML 格式列出虚拟目录中的文件和子文件夹。该属性映射到 IIS 的 Directory Browsing 属性
AllowReadAccess	布尔值，如果设置为 true，就允许用户读取或下载文件。该属性映射到 IIS 的 Read 属性
AllowScriptSourceAccess	布尔值，如果设置为 true，就允许用户访问源代码，包括脚本。该属性映射到在 IIS 中访问的 Script 资源
AllowWriteAccess	布尔值，如果设置为 true，就允许用户修改可写文件中的内容。映射到 IIS 的 Write 属性
ApplicationProtection	确定运行在服务器上的应用程序的保护级别。有效值如下： Low——应用程序与 Web 服务运行在同一个进程中 Medium——应用程序运行在同一个进程中，但不与 Web 服务运行在同一个进程中 High——应用程序运行在它自己的进程中 该属性映射到 IIS 的 Application Protection 属性。如果 IsApplication 属性为 false，则不起作用
AppMappings	列出应用程序名以及与应用程序相关的文档或数据文件。该属性映射到 IIS 的 Application Mappings 属性
Condition	Windows Installer 条件，必须满足该条件，才能安装需要的项
DefaultDocument	用户第一次浏览站点时的默认文档或启动文档
ExecutePermissions	用户执行应用程序必须拥有的许可级别。有效值如下： None——只能访问静态内容 ScriptOnly——只能访问脚本，包括 ASP ScriptAndExecutables——可以访问所有文件 该属性映射到 IIS 的 Execute Permissions 属性
Index	布尔值，如果设置为 true，就允许给 Microsoft Indexing 服务的内容建立索引。该属性映射到 IIS 的 Index this resource 属性
IsApplication	布尔值，如果设置为 true，就让 IIS 为文件夹创建应用程序根目录
LogVisits	布尔值，如果设置为 true，就可以把对 Web 站点的访问记录到日志文件中。该属性映射到 IIS 的 Log visits 属性
Property	可以在安装期间访问的指定属性
VirtualDirectory	应用程序的虚拟目录，这相对于 Web 服务器

注意,大多数属性都是 IIS 的属性,可以在 IIS 管理工具中设置。所以有如下逻辑假设:为了在安装程序中设置这些属性,安装程序在运行时需要拥有管理员权限。这里进行的设置可能会降低安全性,所以对做出的修改要进行很好的归档。

除了这些属性之外,创建部署软件包的过程非常类似于前面的客户示例。两个项目的主要区别是允许在安装过程中修改 IIS。可以看出,我们对 IIS 环境有很大的控制权。

#### 4. Web 服务器上的客户

另一个安装情况是从 Web 站点上运行安装程序,或从 Web 站点上运行应用程序。如果必须把应用程序部署给大量用户,这就是两个很有吸引力的选项。从 Web 站点上部署,就不需要分配介质,如 CD-ROM、DVD,甚或软盘。从 Web 站点甚至共享网络上运行应用程序,就根本不需要发布安装程序。

从 Web 站点上运行安装程序相当简单,使用 Web Bootstrapper 项目编译选项即可,此时需要提供安装文件夹的 URL,在这个文件夹中,安装程序会查找需要的.msi 和其他必要的文件。设置好这个选项,并编译部署软件包后,就可以把它复制到在 Setup folder URL 属性中指定的 Web 站点中。这样当用户导航到这个文件夹时,就可以运行安装程序,或者先下载再运行它。在这两种情况下,用户都必须连接到同一个站点,才能完成安装。

## 17.4 ClickOnce

ClickOnce 是一种允许应用程序自动升级的部署技术。应用程序发布到共享文件、Web 站点或 CD 这样的媒介上。之后,ClickOnce 应用程序就可以自动升级,而无需用户的干涉。

ClickOnce 还解决了安全权限问题。一般情况下,要安装应用程序,用户需要有管理权限。而利用 ClickOnce,用户只要有运行应用程序所需的最低绝对权限,就可以安装和运行应用程序。

### 17.4.1 ClickOnce 操作

ClickOnce 应用程序有两个基于 XML 的清单文件,其中一个是应用程序的清单,另一个是部署清单。这两个文件描述了部署应用程序所需的所有信息。

应用程序清单包含应用程序的相关信息,例如,需要的权限、要包括的程序集和其他依赖项。部署清单包含了应用程序的部署信息。应用程序清单的位置之类的信息包含在部署清单中。这些清单的完整模式在 .NET SDK 文档中。

ClickOnce 有一些限制。例如,程序集不能添加到 GAC 文件夹中。表 17-6 比较了 ClickOnce 和 Windows Installer。

表 17-6

特 征	ClickOnce	Windows Installer
应用程序的安装位置	ClickOnce 应用程序缓存	Program Files 文件夹
给多个用户安装	否	是
安装共享文件	否	是

(续表)

特 征	ClickOnce	Windows Installer
安装驱动程序	否	是
安装到 GAC 文件夹中	否	是
在“启动”组中添加应用程序	否	是
在 Favorites 菜单中添加应用程序	否	是
注册表文件类型	否	是
访问注册表	否。有访问 HKLM 的 Full Trust 权限	是
文件的二进制修补	是	否
根据需要安装程序集	是	否

在一些情况下，使用 Windows Installer 比较好，但 ClickOnce 也适用于许多应用程序。

### 17.4.2 发布 ClickOnce 应用程序

ClickOnce 需要知道的全部信息都包含在两个清单文件中。为 ClickOnce 部署发布应用程序的过程就是生成清单，并把文件放在正确的位置。清单文件可以在 Visual Studio 2010 中生成。还可以使用一个命令行工具 `mage.exe`，它还有一个带 GUI 的版本 `mageUI.exe`。

在 Visual Studio 2010 中创建清单文件有两种方式。在 Project Properties 对话框的 Publish 选项卡底部有两个按钮，一个是 Publish Wizard 按钮，另一个是 Publish Now 按钮。Publish Wizard 按钮要求回答几个关于应用程序的部署问题，然后生成清单文件，把所有需要的文件复制到部署位置。Publish Now 按钮使用在 Publish 选项卡中设置的值，创建清单文件，并把文件复制到部署位置。

为了使用命令行工具 `mage.exe`，必须传递各个 ClickOnce 属性的值。使用 `mage.exe` 可以创建和更新清单文件。在命令提示符中输入 `mage.exe-help`，就会显示传递所需值的语法。

`mage.exe` 的 GUI 版本(`mageUI.exe`)类似于 Visual Studio 2010 中的 Publish 选项卡。使用 GUI 工具可以创建和更新同时是应用程序清单和部署清单的文件。

ClickOnce 应用程序会显示在控制面板中“添加/删除程序”对话框对应的小程序中，这与其他安装的应用程序一样。一个主要区别是用户可以选择卸载应用程序或回滚到以前的版本。ClickOnce 在 ClickOnce 应用程序缓存中保存以前的版本。

### 17.4.3 ClickOnce 设置

两个清单文件都有几个属性。最重要的属性是应用程序应从什么地方部署。必须指定应用程序的依赖项。Publish 选项卡中有一个 Application Files 按钮，单击它会打开一个对话框，用来输入应用程序需要的所有程序集。单击 Prerequisite 按钮会显示一个与应用程序一起安装的常见必备程序列表。可以选择从发布应用程序的位置上安装必备程序，也可以从供应商的 Web 站点上安装必备程序。

单击 Update 按钮会显示一个对话框，其中包含了如何更新应用程序的信息。当有应用程序的新版本时，可以使用 ClickOnce 更新应用程序。其选项包括：每次启动应用程序时检查是否有更新版本，或在后台检查更新版本。如果选择后台选项，就可以输入两次检查的指定间隔时间。此时可以使用允许用户拒绝或接收更新版本的选项。它可用于在后台进行强制更新，这样用户就不知道进行了更新。下次运行应用程序时，会使用新版本替代旧版本。还可以使用另一个位置存储更新文件。

这样，原始安装软件包在一个位置，用于给新用户安装应用程序，而所有的更新版本放在另一个位置上。

安装应用程序时，可以让它以在线模式或离线模式下运行。在离线模式下，应用程序可以从“开始”菜单中运行，就好像它是用 Windows Installer 安装的。在线模式表示应用程序只能在有安装文件夹的情况下运行。

#### 17.4.4 ClickOnce 文件的应用程序缓存

用 ClickOnce 发布的应用程序不能安装在 Program Files 文件夹中，它们会放在应用程序缓存中，应用程序缓存驻留在当前用户的 Documents and Settings 文件夹的 Local Settings 子文件夹下。控制部署的这个方面意味着，可以把应用程序的多个版本同时放在客户机上。如果应用程序设置为在线运行，就会保留用户访问过的每个版本。对于设置为本地运行的应用程序，会保留当前版本和以前的版本。

所以，把 ClickOnce 应用程序回滚到以前的版本是一个非常简单的过程。如果用户进入控制面板中“添加/删除程序”对话框对应的小程序，则所显示的对话框将允许删除 ClickOnce 应用程序或回滚到以前的版本。管理员可以修改清单文件，使之指向以前的版本。之后，下次用户运行应用程序时，会检查是否更新版本。应用程序不查找要部署的新程序集，而是还原以前的版本，但不需要用户的交互。

#### 17.4.5 应用程序的安全性

通过 Internet 或内联网部署的应用程序，其安全性或可信赖设置比安装到本地驱动器上的应用程序低。例如，默认情况下，如果应用程序从 Internet 上启动或部署，它就位于 Internet Security 区域。也就是说，除了其他内容之外，它不能访问文件系统。如果应用程序是从共享文件中安装的，它就在 Intranet 区域中运行。

如果 ClickOnce 应用程序需要的信赖度高于默认值，它就会提示用户获得运行应用程序所需的权限。这些权限在应用程序清单的 trustInfo 元素中设置。只需要授予这个设置中要求的权限。因此，如果应用程序需要文件访问权限，就不需要授予 Full Trust 权限，只要文件访问权限即可。

另一个选项是使用 Trusted Application Deployment。Trusted Application Deployment 是基于整个企业授予权限的方式，不需要提示用户。给每台客户机标识一个信任许可颁发者，这可以通过公钥加密法完成。一般一个公司只有一个信任许可颁发者。一定要把颁发者的私钥放在安全的地方。

信任许可从颁发者申请。所申请的信任级别是信任许可配置的一部分。还必须给许可颁发者提供用于应用程序签名的公钥。所创建的许可包含用于应用程序签名的公钥和许可颁发者的公钥。这个信任许可会嵌入到部署清单中。最后一步是用自己的密钥对部署清单签名。现在应用程序就可以部署了。

在客户打开部署清单时，Trust Manager 会确定 ClickOnce 应用程序是否有较高的信任级别。首先查看颁发者的许可。如果它是有效的，就比较许可中的公钥和用于应用程序签名的公钥。如果它们匹配，就给应用程序授予需要的权限。



## 17.5 Visual Studio 2010 高级选项

前面讨论的安装过程功能非常强大，可以完成许多工作。在安装过程中还可以控制许多方面。例如，可以使用 Visual Studio 2010 中的各种编辑器建立条件安装，或者添加注册键和自定义对话框。SampleClientSetupSolution 示例就启用了所有这些高级选项。

### 17.5.1. 文件系统编辑器

文件系统编辑器允许指定组成应用程序的各种文件和程序集部署到目标计算机的什么地方。默认情况下，会显示一组标准的部署文件夹。使用该编辑器可以添加任意多个自定义文件夹和特定文件夹。还可以给应用程序添加桌面快捷方式和“开始”菜单快捷方式。组成部署的任何文件都必须在文件系统编辑器中引用。

### 17.5.2. 注册表编辑器

注册表编辑器允许给注册表添加键和数据。在第一次显示该编辑器时，会显示一组标准的主键：

- HKEY\_CLASSES\_ROOT
- HKEY\_CURRENT\_USER
- HKEY\_LOCAL\_MACHINE
- HKEY\_USERS

HKEY\_CURRENT\_USER 和 HKEY\_LOCAL\_MACHINE 在 Software/[manufacturer] 键中包含了额外的条目，其中 Manufacturer 是在部署项目的 Manufacturer 属性中输入的信息。

要添加额外的键和值，应在编辑器的左边突出显示一个主键，从主菜单中选择 Action 命令，再选择 New。选择要添加的键或值类型。重复这个步骤，直到完成了需要注册表的所有设置为止。如果在左边的窗格中选择了 Registry on Target Machine 选项，再选择 Action 菜单，就会看到一个 Import 选项，该选项允许导入已定义的 \*.reg 文件。

要为键创建默认值，必须先为该键输入对应值。然后在右边窗格或值窗格上选择值名称。从 File 菜单中选择 Rename 命令，并删除该名称。按回车键，值名称就替换为(Default)。

还可以在该编辑器中为子键和值设置一些属性。前面还没有讨论的唯一属性是 DeleteAt-Uninstall。设计良好的应用程序应在卸载过程中删除由该应用程序添加的所有键。默认设置是不删除键。

注意，维护应用程序设置的首选方法是使用基于 XML 的配置文件。与注册表项相比，这些文件提供了更多灵活性，更容易还原和备份。

### 17.5.3. 文件类型编辑器

文件类型编辑器用于建立文件和应用程序之间的关系。例如，在双击具有.doc 扩展名的文件时，就会在 Word 中打开该文件。使用这个编辑器可以为应用程序创建这种关系。

为了添加关系，执行下面的步骤：

- (1) 从 Action 菜单中选择 File Types on Target Machine 命令。
- (2) 然后选择 Add File Type 命令。在 Properties 窗口中，可以设置关系的名称。

(3) 在 Extension 属性中添加应与应用程序相关的文件扩展名。不要输入句点，可以用分号隔开多个扩展名，例如，ex1;ex2。

(4) 在 Command 属性中选择带有省略号的按钮。

(5) 接着选择要与特定的文件类型相关的文件(一般是可执行文件)。注意任何一个扩展名都应只与一个应用程序相关。

默认情况下,编辑器会显示 &Open as the Document Action。我们还可以添加其他选项。编辑器中显示的动作顺序就是在用户右击文件类型时在弹出的上下文菜单中显示的动作顺序。注意第一项总是默认动作。可以为动作设置 Argument 属性,这是用于启动应用程序的命令行参数。

#### 17.5.4. 用户界面编辑器

有时在安装过程中要求用户提供更多的信息。用户界面编辑器可用于为一组预定义的对话框指定属性。该编辑器分为两个部分 Install 和 Admin。一个用于标准安装,另一个用于管理员的安装。每个部分又分为 3 个子部分: Start、Progress 和 End。这些子部分表示安装过程的 3 个基本阶段,如图 17-3 所示。

表 17-7 列出了可以添加到项目中的对话框类型。

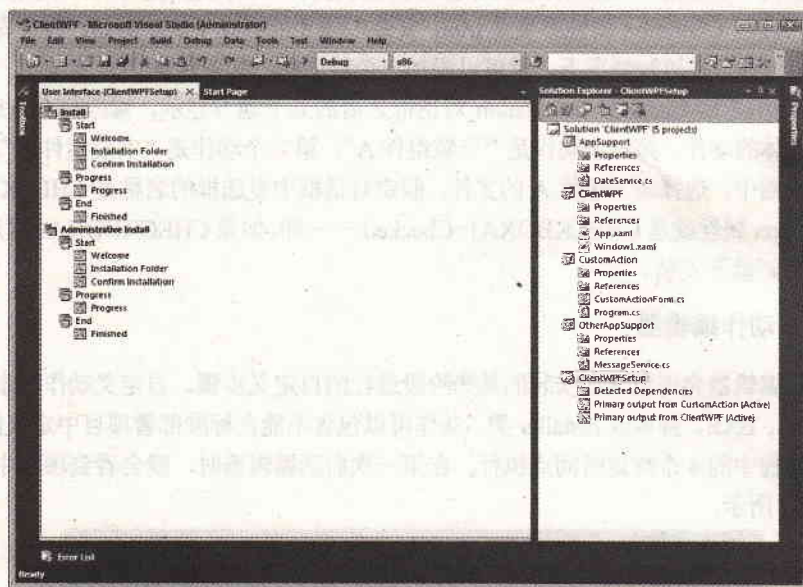


图 17-3

表 17-7

对话框	说明
Checkboxes	至多包含 4 个复选框。每个复选框都包含 Lable、Value 和 Visible 属性
Confirm Installation	允许用户在安装开始之前确认各个设置
Customer Information	包含集团名称、公司名称和序列号的编辑字段。公司名称和序列号是可选的
Finished	在安装过程的最后显示
Installation Address	用于 Web 应用程序,显示一个对话框,让用户选择另一个安装 URL
Installation Folder	用于客户端应用程序,显示一个对话框,让用户选择另一个安装文件夹
License Agreement	显示许可协议,该协议位于 LicenseFile 属性指定的文件中

(续表)

对话框	说明
Progress	在安装过程中显示一个进度指示器, 说明当前的安装状态
Radio Buttons	至多包含 4 个单选按钮, 每个单选按钮都包含 Lable 和 Value 属性
Read Me	显示 readme 信息, 该信息包含在 ReadMe 属性指定的文件中
Register User	执行一个在注册过程中指导用户操作的应用程序, 该应用程序必须在安装项目中提供
Splash	显示一个位图图像
TextBoxes	至多包含 4 个文本框, 每个文本框都包含 Lable、Value 和 Visible 属性
Welcome	包含两个属性: WelcomeText 和 CopyrightWarning, 它们都是字符串属性

这些对话框还包含一个设置横幅位图的属性, 大多数对话框还包含一个设置横幅文本的属性。还可以在编辑器窗口中向上或向下拖动对话框, 改变它们的显示顺序。

既然可以获得一些信息, 现在的问题就是如何使用它们。此时就要使用项目中大多数对象都包含的 Condition 属性。Condition 属性必须是 true, 安装步骤才能继续下去。例如, 假定安装程序包含 3 个可选的安装组件。在这种情况下, 就可以添加一个对话框, 其中包含 3 个复选框。该对话框应在 Welcome 对话框之后 Confirm Installation 对话框之前的某个地方显示。修改每个复选框的 Label 属性, 来描述具体的动作。第一个动作是“安装组件 A”, 第二个动作是“安装组件 B”, 依次类推。在文件系统编辑器中, 选择表示组件 A 的文件。假定对话框中复选框的名称是 CHECKBOXA1, 那么文件的 Condition 属性就是 CHECKBOXA1=Checked——即, 如果 CHECKBOXA1 复选框被选中, 就安装文件; 否则就不安装。

### 17.5.5. 自定义动作编辑器

自定义动作编辑器允许定义在安装的某些阶段进行的自定义步骤。自定义动作应事先创建好, 它可以包含 DLL、EXE、脚本或 Installer 类。动作可以包含不能在标准部署项目中定义的特定步骤。动作应在部署过程中的 4 个特定时间点执行。在第一次启动编辑器时, 就会看到项目中的这 4 个时间点, 如图 17-4 所示。

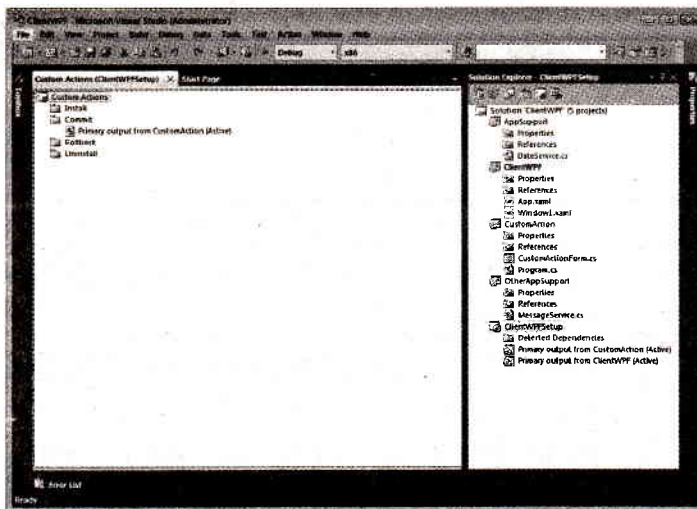


图 17-4

- **Install**——动作在安装阶段的最后执行
- **Commit**——动作在安装完成后执行，不记录错误
- **Rollback**——动作在回滚阶段完成后执行
- **Uninstall**——动作在卸载完成后执行

要添加动作，首先选择在其中要执行动作的安装阶段。再从 Action 菜单中选择 Add Custom Action 菜单选项，打开 File System 对话框，这表示包含动作的组件必须是部署项目的一部分。因为动作在要部署的目标计算机上执行，所以它应列在文件系统编辑器中。

在添加完动作后，可以选择表 17-8 中列出的一个或多个属性。

表 17-8

参 数	命令行参数
Condition	Windows Installer 条件，若要执行动作，该条件必须为 true
CustomDataAction	可用于动作的自定义数据
EntryPoint	包含动作的自定义 DLL 的入口点。如果动作包含在可执行文件中，这个属性就不起作用
InstallerClass	布尔值，如果设置为 true，就指定该动作是一个 .NET 类 ProjectInstaller
Name	动作的名称，默认为动作的文件名
SourcePath	动作在开发人员的计算机上的路径

因为动作是在部署项目外部开发的代码，所以可以给应用程序自由添加专业的外观。但要注意这些动作都在相关的阶段完成后发生。如果选择 Install 阶段，动作就会在安装阶段完成后执行。如果要在该过程之前执行动作，就应创建一个启动条件。

### 17.5.6. Launch Conditions 编辑器

Launch Conditions 编辑器允许指定在安装继续之前必须满足的一些条件。启动条件可以分为不同类型的条件。基本启动条件是 File Search、Registry Search 和 Windows Installer Search。在编辑器第一次启动时，会看到两组：Search Target Machine 和 Launch Conditions，如图 17-5 所示。一般需要进行搜索，并根据该搜索的成功或失败来执行某个条件。这通过设置搜索的 Property 属性来实现。可以在安装过程中访问 Property 属性，也可以在其他动作的 Condition 属性中也可以检查该属性。还可以在编辑器中添加某个启动条件。在这个条件中，把 Condition 属性设置为搜索的 Property 属性值。在该条件中，可以指定一个 URL，用于下载所搜索的文件、注册表键或安装组件。注意在图 17-5 中，默认添加了一个 .NET Framework 条件。

File Search 搜索某个文件或某类文件。可以设置与文件相关的许多不同属性，来确定如何搜索文件，这些属性包括文件名、文件夹位置、各种日期值，版本信息和大小。还可以设置要搜索的子文件夹数目。

Registry Search 允许搜索键和值，还允许设置待搜索的根键。

Windows Installer Search 搜索指定的安装组件。这个搜索由 GUID 执行。

Launch Conditions 编辑器提供了两个预打包的启动条件：一个是 .NET Framework 启动条件，它允许搜索运行库的特定版本；另一个启动条件是搜索 MDAC 的特定版本，该搜索使用注册表搜索，来查找相关的 MDAC 注册表项。

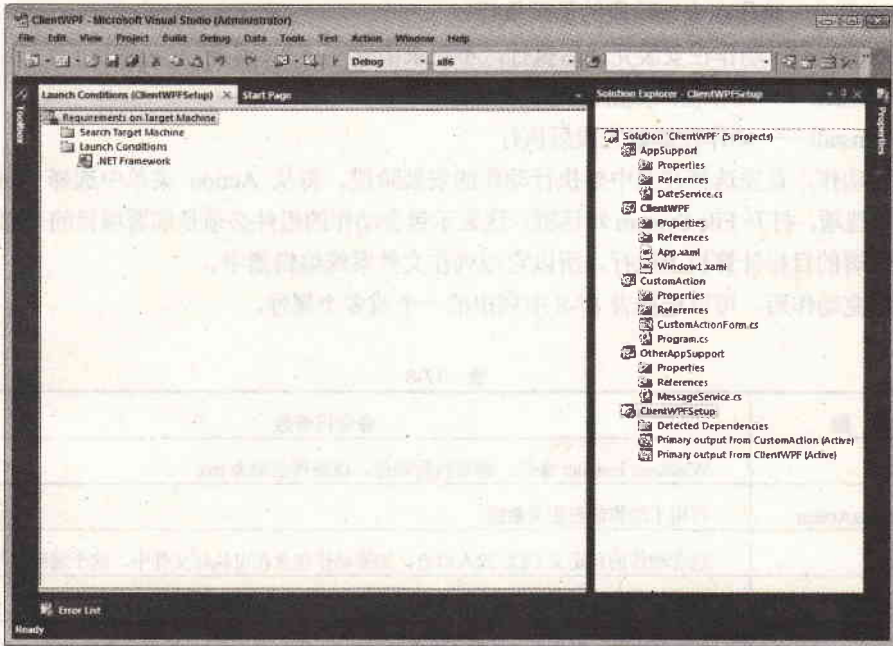


图 17-5

## 17.6 小结

部署软件对桌面软件的开发人员比较困难。随着 Web 站点越来越复杂，部署基于服务器的软件也变得更困难。本章探讨了 Visual Studio 2010 和 .NET Framework 3.5 版本的部署选项和功能；使部署更容易完成，错误也较少。

在阅读完本章后，您应能创建部署软件包，它可以解决几乎所有的部署问题。客户端应用程序可以在本地部署，或通过 Internet 或内联网来部署。本章还介绍了部署项目的扩展特性和部署项目的配置方式。我们可以使用 No Touch Deployment 和 ClickOnce 部署应用程序。ClickOnce 的安全特性为部署客户端应用程序提供了一种安全、有效的方式。使用部署项目安装 Web 应用程序还可以更轻松地完成 IIS 的配置。如果预编译应用程序，则发布 Web 站点还有额外的好处。

# 第 III 部分

## 基 础

---

- 第 18 章 程序集
- 第 19 章 检测
- 第 20 章 线程、任务和同步
- 第 21 章 安全性
- 第 22 章 本地化
- 第 23 章 System.Transactions
- 第 24 章 网络
- 第 25 章 Windows 服务
- 第 26 章 互操作性
- 第 27 章 核心 XAML
- 第 28 章 Managed Extensibility Framework
- 第 29 章 文件和注册表操作

# 第 18 章

## 程序集

本章内容:

- 程序集概述
- 创建程序集
- 使用应用程序域
- 共享程序集
- 版本问题

程序集是 .NET 用于部署和配置单元的术语。本章主要讨论什么是程序集，如何使用它们，它们的功能为什么这么强大。

本章将讲述如何动态地创建程序集，如何把程序集加载到应用程序域中，如何在不同的应用程序之间共享程序集。本章还会介绍版本问题，这是共享程序集的一个重要方面。

### 18.1 程序集的含义

程序集是 .NET 应用程序的部署单元。 .NET 应用程序包含一个或多个程序集。通常扩展名是 EXE 或 DLL 的 .NET 可执行程序称为程序集。程序集和本地 DLL 或 EXE 有什么区别？它们的文件扩展名虽然相同，但 .NET 程序集包含元数据，这些元数据描述了程序集中定义的所有类型及其成员的信息，即方法、属性、事件和字段。

.NET 程序集的元数据还提供了程序集中文件的相关信息、版本信息和所使用的程序集的信息。 .NET 程序集是以前为本地 DLL 的 DLL hell 提供的解决方案。

程序集是自我描述的安装单元，由一个或多个文件组成。程序集可以是包括元数据的 DLL 或 EXE，它也可以由多个文件组成，例如，资源文件、模块和 EXE。

程序集可以是私有或共享的。在简单的 .NET 应用程序中，最好使用私有程序集工作。私有程序集没有特殊的管理、注册和版本设置等问题，只有用户自己的应用程序在使用私有程序集时才有版本问题。其他应用程序不受影响，因为它们有自己的程序集副本。在这种应用程序中使用的私有组件应与应用程序一起安装。因为私有程序集位于应用程序所在的目录或子目录下，所以应用程序不会有版本冲突问题。其他应用程序都不会重写私有的程序集。当然，仍可以使用私有程序集的版本号。这非常有助于代码的修改，但它不是 .NET 所必需的。

在使用共享程序集时，几个应用程序都使用同一个程序集，且与它有一定的依赖关系。共享程序集减少了磁盘和内存空间的需求。使用共享程序集时，要遵循许多规则。共享程序集必须有一个版本号和一个唯一的名称，通常它安装在全局程序集缓存(global assembly cache, GAC)中。GAC 允许共享系统上同一个程序集的不同版本。

### 18.1.1 程序集的功能

程序集的功能可以总结如下：

- 程序集是自描述的。不再需要考虑注册表键、从其他地方获得类型库等问题。程序集包含描述程序集的元数据。元数据包括从程序集中导出的类型和一个清单。下一节将介绍清单。
- 版本的相互依赖性在程序集的清单中进行了记录。任何被引用的程序集的版本存储在程序集的清单中，这样就很容易确定因错误的版本号而引起的部署失败了。以后使用的引用程序集版本可以由开发人员和系统管理员配置。本章后面将介绍可用的版本策略及其工作方式。
- 程序集可以并行加载。从 Windows 2000 开始，就可以获得并行功能，其中同一个 DLL 的不同版本可以在系统上同时使用。您检查过目录<windows>\winsxs 吗？.NET 允许同一个程序集的不同版本在一个进程中使用！那么这有什么用呢？如果程序集 A 引用共享程序集 Shared 的版本 1，程序集 B 引用共享程序集 Shared 的版本 2，而用户同时使用程序集 A 和程序集 B，则应用程序需要使用共享程序集 Shared 的这两个版本，在.NET 中，应加载和使用两个版本。.NET 4 运行库允许一个进程中有多个 CLR 版本(2 和 4)。例如，这样就可以加载有不同 CLR 要求的插件。在同一个进程的不同 CLR 版本中，对象之间没有直接通信的.NET 方式，但可以使用其他技术，如 COM。
- 应用程序使用应用程序域来确保其独立性。使用应用程序域，许多应用程序就可以独立地运行在一个进程中。一个应用程序中的错误不会直接影响同一个进程中的其他应用程序。
- 安装非常简单，只需复制一个程序集中的所有文件，一条 xcopy 命令就足够了。这个特性称为 ClickOnce 部署。但是在一些情况下不能进行 ClickOnce 部署，而需要正常的 Windows 安装。第 17 章讨论过应用程序的部署。

### 18.1.2 程序集的结构

程序集由描述它的程序集元数据、描述导出类型和方法的类型元数据、MSIL 代码和资源组成。所有这些部分都在一个文件中，或者分布在几个文件中。

在第一个例子中，程序集元数据、类型元数据、MSIL 代码和资源都在一个文件 Component.dll 中，如图 18-1 所示，这个程序集由一个文件组成。

第二个例子介绍的是分布在 3 个文件中的一个程序集，如图 18-2 所示。Component.dll 包含程序集元数据、类型元数据和 MSIL 代码，但不包含资源。这个程序集使用了一张图片 picture.jpeg，该图片没有嵌在 Component.dll 中，而是在程序集元数据中引用。程序集元数据还引用了一个模块 util.netmodule，该模块自身只包含一个类的类型元数据和 MSIL 代码，不包含程序集元数据，所以这个模块自身没有版本信息，也不能单独安装。第二个例子中的这 3 个文件构成了一个程序集，这个程序集是一个安装单元，还可以在另一个文件中放置程序集清单。



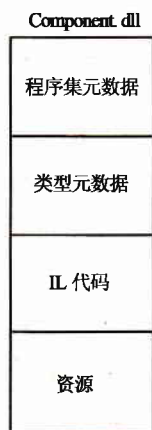


图 18-1

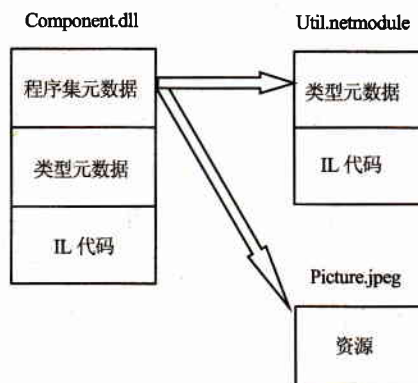


图 18-2

### 18.1.3 程序集清单

程序集的一个重要部分是程序集清单，它是元数据的一部分，描述了程序集和引用它所需要的信息，并列出了它所有的依赖关系。清单由以下部分组成：

- 标识(名称、版本、区域性和公钥)。
- 属于该程序集的一个文件列表。一个程序集至少要有一个文件，也可以包含许多个文件。
- 被引用程序集的列表。在程序集清单中说明了在程序集中使用的所有程序集，这些引用信息包括版本号和公钥。公钥用于唯一地标识程序集。本章后面将讨论公钥。
- 一组许可请求——运行这个程序集需要的许可。许可详见第 21 章。
- 导出的类型，假定它们在一个模块中定义，该模块从程序集中引用，程序集就包含它们；否则它们就不是程序集清单的一部分。模块是可重用的单元。类型描述在程序集中存储为元数据，使用属性和方法可以从这些元数据中获得结构和类，它替代了以前用 COM 描述类型的类型库。使用 COM 客户端很容易在程序集清单的外部生成一个类型库。反射机制使用已导出类型的信息，便于后面绑定到类。有关反射的内容，请参见第 14 章。

### 18.1.4 名称空间、程序集和组件

也许您目前会混淆名称空间、类型、程序集和组件。名称空间如何与程序集的概念相匹配？名称空间完全独立于程序集。在一个程序集中可以有不同的名称空间，同一个名称空间也可以分布在多个程序集上。名称空间只是类型名的一种扩展，它属于类型名的范畴。

例如，除了许多其他名称空间外，程序集 `mscorlib` 和 `System` 都包含名称空间 `System.Threading`。尽管程序集包含相同的名称空间，但没有相同的类名。

### 18.1.5 私有程序集和共享程序集

程序集可以是共享的，也可以是私有的。私有程序集或者位于应用程序所在的同一个目录下，或者位于其子目录中。使用私有程序集时，不需要考虑与其他类的命名冲突或版本问题。在构建过程中引用的程序集会复制到应用程序的目录下。私有程序集是构建程序集的一般方式，特别是在同一个公司中构建应用程序和组件的时候，就更是如此。



尽管私有程序集可能仍有命名冲突(应用程序可能包含多个程序集,这些程序集本来有冲突,或者一个私有程序集中的名称与应用程序使用的一个共享程序集中的名称冲突),但命名冲突会大大减少。如果使用了多个私有程序集或使用了其他应用程序中的共享程序集,最好利用恰当命名的名称空间和类型,使命名冲突降低到最少。

在使用共享程序集时,必须遵循一些规则。程序集必须是唯一的,因此,必须有一个唯一的名称(称为强名)。强名的一部分是一个强制的版本号。当组件由另一个开发商构建,而不是应用程序的开发商构建时,以及一个大型应用程序分布在几个子项目中时,常常需要使用共享程序集。另外,一些技术(如.NET Enterprise Services)需要在特定的情形下使用共享程序集。

### 18.1.6 附属程序集

附属程序集是只包含资源的程序集,它尤其适用于本地化。因为程序集有一种相关的文化,所以资源管理器会查找包含特定文化资源的附属程序集。



附属程序集的更多信息可参见第 22 章。

### 18.1.7 查看程序集

程序集可以使用命令行实用工具 ildasm 来查看,这是一个 MSIL 反汇编程序。从命令行中启动 ildasm,把程序集作为其参数,或者选择 File | Open 命令,就可以打开程序集。

图 18-3 是 ildasm 打开的一个示例程序 SharedDemo.dll,我们后面会构建这个程序。ildasm 显示了程序集清单,以及 Wrox.ProCSharp.Assemblies.Sharing 名称空间中的 SharedDemo 类型。打开该程序集清单时,就可以看到版本号、程序集特性和被引用的程序集及其版本。打开类的方法,就可以查看 MSIL 代码。



除了 ildasm 之外,.NET Reflector 是另一个用于分析程序集的强大工具。.NET Reflector 可以搜索类型和成员,调用的图和被调的图,并将 IL 代码反编译为 C#、C++ 或 Visual Basic。这个工具可以从 <http://www.redgate.com/products/reflector> 上下载。

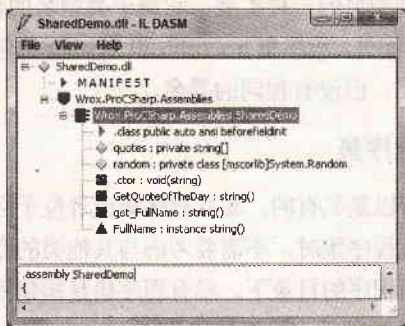


图 18-3

## 18.2 创建程序集

前面学习了程序集的含义，下面要构建一些程序集。当然，本书前面已经构建了一些程序集，因为.NET 可执行程序也是一个程序集。下面要介绍程序集的特定选项。

### 18.2.1 创建模块和程序集

在 Visual Studio 中，所有的 C# 项目类型都会创建一个程序集。无论是选择 DLL 项目类型，还是 EXE 项目类型，都会创建一个程序集。使用命令行 C# 编译器 `csc`，也可以创建模块。模块是一个没有程序集特性的 DLL (所以它不是程序集，但可以在以后把它添加到程序集中)。命令

```
csc /target:module hello.cs
```

创建模块 `hello.netmodule`，可以使用 `ildasm` 查看这个模块。

模块也有一个清单，但在该清单中没有 `assembly` 条目(除了引用的外部程序集之外)，因为模块没有程序集特性。不能用模块来配置版本或许可，而只能在程序集范围内进行。在模块的清单中可以找到程序集的引用。使用 `csc` 的 `/addmodule` 选项，可以把模块添加到已有的程序集中。

为了比较模块和程序集，下面创建一个简单的 A 类，并用下面的命令编译它：

```
csc /target:module A.cs
```

编译器生成 `A.netmodule` 文件，它不包括程序集的信息(使用 `ildasm` 可以查看清单信息)。模块的清单显示了被引用的程序集 `microsoftcorlib` 和 `module` 条目，如图 18-4 所示。

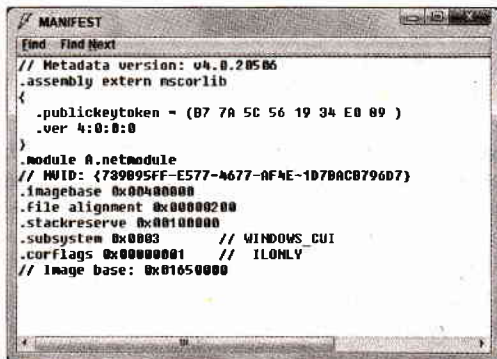


图 18-4

下面创建一个程序集 B，它包括模块 `A.netmodule`。不需要用一个源文件来生成这个程序集，生成该程序集的命令如下：

```
csc /target:library /addmodule:A.netmodule /out:B.dll
```

在使用 `ildasm` 查看程序集时，只能找到一个清单。在清单中，引用了程序集 `microsoftcorlib`。接着看看带有散列算法和版本的程序集部分。算法的数量决定了用于创建程序集的散列代码的算法类型。在通过编程创建程序集时，可以选择该算法。清单包含属于该程序集的所有模块的一个列表。在图 18-5 中，可以看出 `file A.netmodule` 属于该程序集的一部分，从模块中导出的类是程序集清单的一部分，从程序集本身导出的类则不是，如图 18-5 所示。

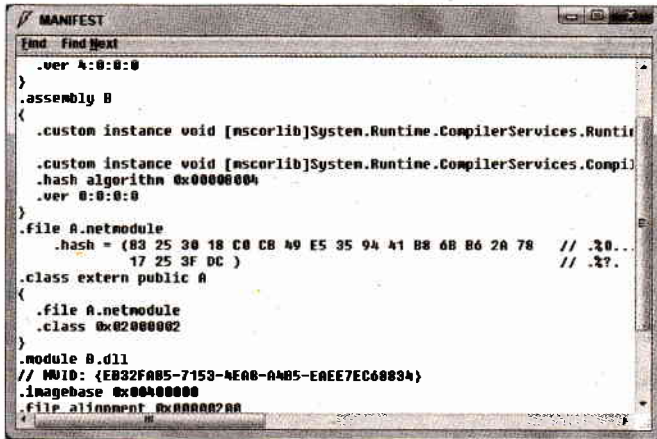


图 18-5

模块的作用是什么？模块可以更快地启动程序集，因为并不是所有的类型都在一个文件中。模块只在需要时加载。使用模块的另一个原因是，要用多种编程语言来创建一个程序集。一个模块用 Visual Basic 编写，另一个模块用 C# 编写，并且这两个模块都包括在一个程序集中。

### 18.2.2 程序集的特性

在创建 Visual Studio 项目时，会自动生成源文件 AssemblyInfo.cs，这个文件在 Solution Explorer 窗口的 Properties 对话框中。在该文件中，可以使用一般的源代码编辑器配置程序集的特性。下面 是从项目模板中生成的一个文件：

```
using System.Reflection;
using System.Runtime.CompilerServices;
using System.Runtime.InteropServices;
//
// General Information about an assembly is controlled through the following
// set of attributes. Change these attribute values to modify the information
// associated with an assembly.
//
[assembly: AssemblyTitle("DomainTest")]
[assembly: AssemblyDescription("")]
[assembly: AssemblyConfiguration("")]
[assembly: AssemblyCompany("")]
[assembly: AssemblyProduct("DomainTest")]
[assembly: AssemblyCopyright("Copyright © 2010")]
[assembly: AssemblyTrademark("")]
[assembly: AssemblyCulture("")]

// Setting ComVisible to false makes the types in this assembly not visible
// to COM components. If you need to access a type in this assembly from
// COM, set the ComVisible attribute to true on that type.
[assembly: ComVisible(false)]

// The following GUID is for the ID of the typelib if this project is exposed
// to COM
[assembly: Guid("ae0acc2c-0daf-4bb0-84a3-f9f6ac48bfe9")]

//
```

```
// Version information for an assembly consists of the following four
// values:
//
//     Major Version
//     Minor Version
//     Build Number
//     Revision
//
[assembly: AssemblyVersion("1.0.0.0")]
[assembly: AssemblyFileVersion("1.0.0.0")]
```

这个文件用于配置程序集清单。编译器读取程序集特性，把特定的信息插入到程序集清单中。

`assembly:`前缀把属性标记为程序集级别特性。与其他特性相反，程序集级别特性与特定的语言元素无关，用于程序集特性的参数是名称空间 `System.Reflection`、`System.Runtime.CompilerServices` 和 `System.Runtime.InteropServices` 中的类。



第 14 章介绍了特性和如何创建和使用自定义特性的内容。

表 18-1 是 `System.Reflection` 名称空间中定义的程序集特性列表。

表 18-1

程序集的特性	说 明
<code>AssemblyCompany</code>	指定公司名
<code>AssemblyConfiguration</code>	指定构建信息，例如零售或调试信息
<code>AssemblyCopyright</code> 和 <code>AssemblyTrademark</code>	包含版权和商标信息
<code>AssemblyDefaultAlias</code>	如果程序集名不容易理解(例如，动态地创建程序集名时的 GUID)，就可以使用该特性。使用这个特性可以指定别名
<code>AssemblyDescription</code>	描述程序集或产品。如果查看可执行文件的属性，这个值就会显示为 <code>Comments</code>
<code>AssemblyProduct</code>	指定了程序集所属产品的名称
<code>AssemblyTitle</code>	给程序集提供一个友好的名称。该名称可以包含空格。使用文件属性时，这个值就显示为 <code>Description</code>
<code>AssemblyCulture</code>	定义程序集的文化。这个特性对附属程序集很重要
<code>AssemblyInformationalVersion</code>	在引用程序集时，这个特性不用于版本检查，它仅用于版本信息。该特性非常适合于指定使用多个程序集的应用程序的版本。打开可执行程序属性，这个值就显示为 <code>Product Version</code>
<code>AssemblyVersion</code>	这个特性给出了程序集的版本号。本章后面讨论版本问题
<code>AssemblyFileVersion</code>	这个特性定义了文件的版本。这个值显示在 Windows 文件属性窗口中，但它对 .NET 的行为没有影响

下面是配置这些特性的一个示例：

```
[assembly: AssemblyTitle("Professional C#")]
[assembly: AssemblyDescription("Sample Application")]
[assembly: AssemblyConfiguration("Retail version")]
[assembly: AssemblyCompany("Wrox Press")]
[assembly: AssemblyProduct("Wrox Professional Series")]
[assembly: AssemblyCopyright("Copyright (C) Wrox Press 2010")]
[assembly: AssemblyTrademark("Wrox is a registered trademark of " +
    "John Wiley & Sons, Inc.")]
[assembly: AssemblyCulture("")]

[assembly: AssemblyVersion("1.0.0.0")]
[assembly: AssemblyFileVersion("1.0.0.0")]
```

在 Visual Studio 2008 中，可以用项目属性、应用程序设置和程序集信息配置这些特性，如图 18-6 所示。



图 18-6

### 18.2.3 动态加载和创建程序集

在开发期间，添加对程序集的引用，使之包含在程序集引用中，该类型的程序集就可用于编译器。在运行期间，只要实例化了一种类型的程序集，或者使用了该类型的一个方法，就会加载所引用的程序集。除了使用这种自动操作之外，还可以通过编程加载程序集。为此，可以使用 `Assembly` 类的静态方法 `Load()`。这个方法是重载的，其中可以使用 `AssemblyName` 给它传递程序集的名称或字节数组。

还可以快速创建程序集，如下面的例子所示。这个例子演示了把 C#代码输入文本框后，启动 C#编译器，就会动态地创建一个新程序集，并调用编译的代码。

要动态地编译 C#代码，可以使用 `Microsoft.CSharp` 名称空间中的 `CSharpCodeProvider` 类。使用这个类可以编译代码，从 DOM 树、文件和源代码中生成程序集。

该应用程序的 UI 是使用 WPF 创建的，如图 18-7 所示。窗口由一个要输入 C#代码的文本框、一个按钮和一个 `TextBlock` WPF 控件组成，`TextBlock` 横跨最后一行的所有列，以显示对应的结果。

```

        results = provider.CompileAssemblyFromSource(
            options, sb.ToString());
    }

    if (results.Errors.HasErrors)
    {
        hasError = true;
        var errorMessage = new StringBuilder();
        foreach (CompilerError error in results.Errors)
        {
            errorMessage.AppendFormat("{0} {1}", error.Line,
                error.ErrorText);
        }
        returnData = errorMessage.ToString();
    }
    else
    {
        TextWriter temp = Console.Out;
        var writer = new StringWriter();
        Console.SetOut(writer);
        Type driverType = results.CompiledAssembly.GetType("Driver");

        driverType.InvokeMember("Run", BindingFlags.InvokeMethod |
            BindingFlags.Static | BindingFlags.Public,
            null, null, null);
        Console.SetOut(temp);

        returnData = writer.ToString();
    }

    return returnData;
}
}
}

```

---

代码段 DynamicAssembly/CodeDriver.cs

`CompileAndRun()`方法需要一个字符串参数 `input`，在其中可以传递一行或多行 C# 代码。因为调用的每个方法都必须包含在方法和类中，所以变量 `prefix` 和 `postfix` 定义了动态地创建的 `Driver` 类的结构和包含参数中代码的 `Run()` 方法。使用 `StringBuilder`，把 `prefix`、`postfix` 和 `input` 变量中的代码合并起来，创建一个完整的、可编译的类。再使用这个得到的字符串，通过 `CSharpCodeProvider` 类编译代码。`CompileAssemblyFromSource()`方法动态地创建一个程序集。因为这个程序集仅需要在内存中使用，所以设置了编译器参数选项 `GenerateInMemory`。

如果所传递的源代码包含错误，它们就会显示在 `CompilerResults` 的 `Errors` 集合中。错误和返回数据一起返回，变量 `hasError` 设置为 `true`。

如果源代码编译成功，就调用新的 `Driver` 类的 `Run()` 方法。这个方法的调用通过反射来实现。新编译的程序集可以使用 `CompilerResults.CompiledType` 来访问，在这个程序集中，新的 `Driver` 类由变量 `driverType` 引用。接着使用 `Type` 类的 `InvokeMember()` 方法调用 `Run()` 方法。因为这个方法定义为公共静态方法，所以必须相应地设置 `BindingFlags`。要查看程序写到控制台上的结果，需要把控制台重定向到 `StringWriter` 中，最终使用 `returnData` 变量返回程序的全部结果。



用 `InvokeMember()` 方法运行代码需要使用 .NET 反射功能, 该功能详见第 14 章。

WPF 按钮的 `Click` 事件连接到 `Compile_Click()` 方法上, 在该方法中, 实例化 `CodeDriver` 类, 并调用 `CompileAndRun()` 方法。从文本框 `textCode` 中提取输入, 把结果写到 `TextBlock` 控件 `textOutput` 中。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
private void Compile_Click(object sender, RoutedEventArgs e)
{
    var driver = new CodeDriver ();
    bool isError;
    textOutput.Text = driver.CompileAndRun(textCode.Text, out isError);
    if (isError)
    {
        textOutput.Background = Brushes.Red;
    }
}
```

代码段 `DynamicAssembly/DynamicAssemblyWindow.xaml.cs`

现在可以启动应用程序, 在 `TextBox` 中输入 C# 代码, 如图 18-8 所示, 编译并运行代码。

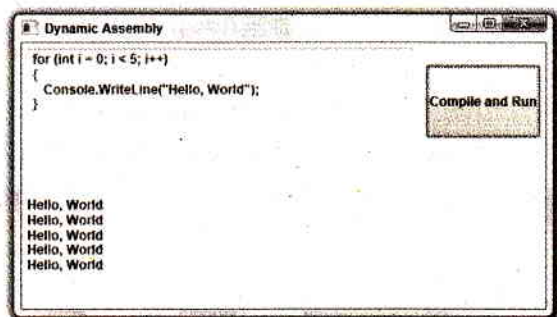


图 18-8

前面编写的程序有一个缺点: 每次单击 `Compile And Run` 按钮时, 都会创建并加载一个新程序集, 于是程序需要越来越多的内存。不能从应用程序中卸载程序集。要卸载程序集, 需要使用应用程序域。

### 18.3 应用程序域

在 .NET 之前的技术中, 进程作为独立的边界来使用, 每个进程都有其私有的虚拟内存; 运行在一个进程中的应用程序不能写入另一个应用程序的内存, 也不会因为这种方式破坏其他应用程序。该进程用作应用程序之间的一个独立而安全的边界。在 .NET 体系结构中, 应用程序有一个新的边界: 应用程序域。使用托管 IL 代码, 运行库可以确保在同一个进程中不能访问另一个应用程序的内存。多个应用程序可以运行在一个进程的多个应用程序域中, 如图 18-9 所示。



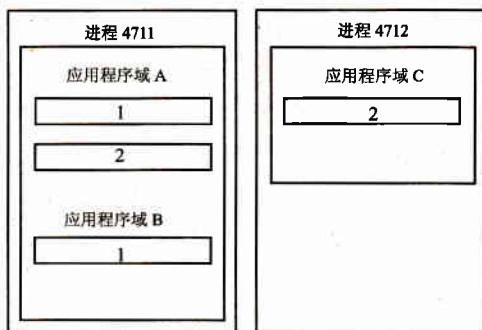


图 18-9

把程序集加载到应用程序域中。在图 18-9 中，进程 4711 有两个应用程序域。在应用程序域 A 中，实例化对象 1 和 2，对象 1 在程序集 1 中，对象 2 在程序集 2 中。在进程 4711 中，第二个应用程序域有一个实例 1。要最小化占用的内存，在应用程序域中，程序集的代码应只加载一次。实例和静态成员不能在应用程序域之间共享，也不能直接访问另一个应用程序域中的对象。此时需要一个代理(proxy)。所以在图 18-9 中，如果没有代理，应用程序域 B 中的对象 1 就不能直接访问应用程序域 A 中的对象 1 或 2。

AppDomain 类用于创建和终止应用程序域，加载和卸载程序集和类型，以及枚举应用程序域中的程序集和线程。下面用一个小例子来说明应用程序域。

首先，创建一个 C#控制台应用程序 AssemblyA，在 Main()方法中添加一个 Console.WriteLine()方法，这样，我们就知道这个方法什么时候调用。另外，添加 Demo 类，其构造函数的参数是两个 int 值，用这两个参数和 AppDomain 类创建实例。从将要创建的第二个应用程序中加载程序集 AssemblyA.exe:



```
using System;

namespace Wrox.ProCSharp.Assemblies
{
    public class Demo
    {
        public Demo(int val1, int val2)
        {
            Console.WriteLine("Constructor with the values {0}, {1}" +
                " in domain {2} called", val1, val2,
                AppDomain.CurrentDomain.FriendlyName);
        }
    }

    class Program
    {
        static void Main()
        {
            Console.WriteLine("Main in domain {0} called",
                AppDomain.CurrentDomain.FriendlyName);
        }
    }
}
```

代码段 AssemblyA/Program.cs

运行应用程序，结果如下所示：

```
Main in domain AssemblyA.exe called.
```

创建的第二个项目也是一个 C#控制台应用程序：**DomainTest**。首先，使用 **AppDomain** 类的 **FriendlyName** 属性显示当前域的名称。调用 **CreateDomain()** 方法，新建应用程序域 **NewAppDomain**，然后把程序集 **AssemblyA** 加载到新域中，调用 **ExecuteAssembly()** 方法来调用 **Main()** 方法：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
using System;
using System.Reflection;

namespace Wrox.ProCSharp.Assemblies
{
    class Program
    {
        static void Main()
        {
            AppDomain currentDomain = AppDomain.CurrentDomain;
            Console.WriteLine(currentDomain.FriendlyName);
            AppDomain secondDomain = AppDomain.CreateDomain("New AppDomain");
            secondDomain.ExecuteAssembly("AssemblyA.exe");
        }
    }
}
```

代码段 DomainTest/Program.cs

在启动程序 **DomainTest.exe** 前，通过 **DomainTest** 项目引用 **AssemblyA.exe** 程序集。通过 **Visual Studio 2010** 引用程序集，就是把程序集复制到项目的目录中，这样项目才能找到这个程序集。如果找不到这个程序集，就会抛出 **System.IO.FileNotFoundException** 异常。

运行 **DomainTest.exe** 程序后，会得到如下所示的控制台输出。**DomainTest.exe** 是第一个应用程序域的友好名称。第二行是 **New AppDomain** 中新加载的程序集的输出结果。在进程查看器中看不到进程 **AssemblyA.exe** 的执行，因为没有新建进程，**AssemblyA** 加载到 **DomainTest.exe** 进程中。

```
DomainTest.exe
Main in domain New AppDomain called
```

在新加载的程序集中，还可以新建一个实例，以替代调用 **Main()** 方法。在下面的例子中，用 **CreateInstance()** 方法替代 **ExecuteAssembly()** 方法，它的第一个参数是程序集名 **AssemblyA**，第二个参数定义了应实例化的类型 **Wrox.ProCSharp.Assemblies.AppDomains.Demo**，第三个参数 **true** 表示不区分大小写。**System.Reflection.BindingFlags.CreateInstance** 是一个绑定的标志枚举值，用来指定应调用的构造函数：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
AppDomain secondDomain = AppDomain.CreateDomain("New AppDomain");
// secondDomain.ExecuteAssembly("AssemblyA.exe");
secondDomain.CreateInstance("AssemblyA", "Wrox.ProCSharp.Assemblies.Demo",
    true, BindingFlags.CreateInstance, null, new object[] {7, 3},
    null, null);
```

代码段 DomainTest/Program.cs

在应用程序成功运行后，会得到如下所示的控制台输出。

```
DomainTest.exe
Constructor with the values 7, 3 in domain New AppDomain called
```

前面介绍了如何创建和调用应用程序域。在运行库宿主上，会自动创建应用程序域。ASP.NET 为运行在 Web 服务器上的每个 Web 应用程序创建一个应用程序域。Internet Explorer 创建运行托管控件的应用程序域。对于应用程序，如果要卸载一个程序集，创建应用程序域就非常有效。卸载程序集只能通过终止应用程序域来进行。



如果程序集是动态加载的，且需要在使用完后卸载程序集，应用程序域就非常有用。在主应用程序域中，不能删除已加载的程序集，但可以终止应用程序域，在该应用程序域中加载的所有程序集都会从内存中清除。

了解了应用程序域后，就可以修改前面创建的 WPF 程序了。新类 `CodeDriverInAppDomain` 使用 `AppDomain.CreateDomain` 新建了一个应用程序域。在这个新应用程序域中，使用 `CreateInstanceAndUnwrap()` 方法实例化 `CodeDriver` 类。使用 `CodeDriver` 实例，调用 `CompileAndRun()` 方法，之后再次卸载新应用程序域。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
using System;
using System.Runtime.Remoting;

namespace Wrox.ProCSharp.Assemblies
{
    public class CodeDriverInAppDomain
    {
        public string CompileAndRun(string code, out bool hasError)
        {
            AppDomain codeDomain = AppDomain.CreateDomain("CodeDriver");

            CodeDriver codeDriver = (CodeDriver)
            codeDomain.CreateInstanceAndUnwrap("DynamicAssembly",
                "Wrox.ProCSharp.Assemblies.CodeDriver");

            string result = codeDriver.CompileAndRun(code, out hasError);

            AppDomain.Unload(codeDomain);
            return result;
        }
    }
}
```

代码段 `DynamicAssembly/CodeDriverInAppDomain.cs`



`CodeDriver` 类本身现在同时在主应用程序域和新应用程序域中使用，因此不能删除这个类使用的代码。如果要删除这些代码，就可以定义一个由 `CodeDriver` 类实现的接口，再在主应用程序域中使用这个接口。但是在这个例子中，这并不是个问题，因为只需删除用 `CodeDriver` 类动态创建的程序集即可。

要在另一个应用程序域中访问 `CodeDriver` 类，`CodeDriver` 类就必须派生于基类 `MarshalByRefObject`。只有派生自这个基类的类才能通过另一个应用程序域来访问。在主应用程序域中，实例化一个代理，以通过应用程序域之间的信道调用这个类的方法。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
using System;
using System.CodeDom.Compiler;
using System.IO;
using System.Reflection;
using System.Text;
using Microsoft.CSharp;

namespace Wrox.ProCSharp.Assemblies
{
    public class CodeDriver: MarshalByRefObject
    {
```

代码段 `DynamicAssembly/CodeDriver.cs`

`Compile_Click()` 事件处理程序现在可以修改为使用 `CodeDriverInAppDomain` 类，而不是使用 `CodeDriver` 类：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
private void Compile_Click(object sender, RoutedEventArgs e)
{
    var driver = new CodeDriverInAppDomain();
    bool isError;
    textOutput.Text = driver.CompileAndRun(textCode.Text, out isError);
    if (isError)
    {
        textOutput.Background = Brushes.Red;
    }
}
```

代码段 `DynamicAssembly/DynamicAssemblyWindow.xaml.cs`

现在可以单击应用程序的 `Compile And Run` 按钮任意多次，并且总是会卸载生成的程序集。



使用 `AppDomain` 类的 `GetAssemblies()` 方法，就可以查看应用程序域中加载的程序集。

## 18.4 共享程序集

程序集可以由一个应用程序单独使用，在默认情况下不共享程序集。在使用共享程序集时，需要考虑一些特定的要求。

本节将探讨共享程序集所需的信息。必须使用强名唯一地标识共享程序集，强名通过给程序集的签名来创建。本节还将解释延迟签名的过程。共享程序集一般安装在全局程序集缓存(GAC)中，我们还会讨论如何使用 GAC。

### 18.4.1 强名

共享程序集名的要求是它必须是全局唯一的，并且必须可以保护该名称。任何其他人不能使用同一个名称创建程序集。

COM 使用全局唯一标识符(GUID)解决了第一个问题。但第二个问题仍没有解决，因为每个人都可以盗用这个 GUID，用相同的标识符创建不同的对象。通过.NET 程序集的强名可以解决这两个问题。

强名由下述项组成：

- 程序集本身的名称
- 版本号。有了版本号，可以同时使用同一个程序集的不同版本。不同的版本可以同时存在，并可以同时加载到同一个进程上。
- 公钥保证强名是独一无二的。它也保证被引用的程序集不能从另一个源中替代。
- 区域性。区域性详见第 22 章。



共享程序集必须有一个强名，来唯一地标识该程序集。

强名是一个简单的文本名称，附带版本号、公钥和文化。不能使用每个程序集新建公钥，但可以在公司中有一个这样的公钥，这样该密钥就唯一地标识了公司的程序集。

但是，这个密钥不能用作信任密钥。程序集可以利用 Authenticode 签名来建立信任关系。Authenticode 签名的密钥可以与针对强名使用的密钥不同。



从开发的目的来看，可以使用不同的公钥，以后也可以与真正的密钥互换。该特性将在 18.4.8 节中介绍。

为了唯一地标识公司中的程序集，应使用名称空间层次结构来给类命名。下面是如何组织名称空间的一个简单例子：Wrox 出版社使用主名称空间 Wrox 来标识其类和名称空间。在名称空间 Wrox 下面的层次结构中，必须对名称空间进行组织，使所有的类都是唯一的。本书中的每一章都使用 Wrox.ProCSharp.<Chapter>形式的不同名称空间。本章使用 Wrox.ProCSharp.Assemblies 名称空间。这样，如果在某两章中都有 Hello 类，就不会有名称冲突，因为它们在不同的名称空间中。可以在不同的书中使用的实用工具类则放在 Wrox.Utilities 名称空间中。

公司名一般用作名称空间的第一部分，但它不一定是唯一的，因此必须使用某种机制来建立强名。此时可以使用公钥。因为在强名中使用公钥/私钥规则，所以不能访问私钥的人，就不能破坏性地创建一个程序集，让客户无意中调用该程序集。

### 18.4.2 使用强名获得完整性

在创建共享组件时，必须使用公钥/私钥对。编译器把公钥写入程序集清单，创建属于该程序集的所有文件的散列表，用私钥对这个散列表签名，该私钥不存储在程序集中。这样就可以确保没有人可以修改该程序集。签名可以使用公钥来验证。

在开发过程中，客户端程序集必须引用共享程序集。编译器把被引用程序集的公钥写入客户端程序集的清单中。要减少存储量，就不应把公钥写入客户端程序集的清单，而应写入公钥标记。公

钥标记是公钥散列表中的最后 8 位字节，且是唯一的。

在运行期间加载共享程序集时(如果客户程序集是使用本机映像生成器安装的，则应在安装期间加载)，共享程序集的散列表可以使用存储在客户端程序集中的公钥来验证。除了私钥的主人外，其他人不能修改共享的组件程序集。供应商 A 创建了一个组件 Math，在客户端上引用该组件，黑客的组件就无法替代它。只有私钥的主人才能用新版本替换原来的共享组件。只要共享程序集来自期望的发布者，就保证了完整性。

图 18-10 显示了一个共享组件，它的公钥由客户端程序集引用，该程序集在其清单中包含共享程序集的公钥标记。

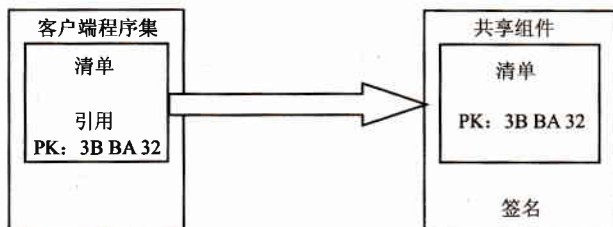


图 18-10

### 18.4.3 全局程序集缓存

顾名思义，全局程序集缓存(Global Assembly Cache)就是可全局使用的程序集的缓存。大多数共享程序集都安装在这个缓存中；另外，也可以使用共享目录(也在服务器上)。

GAC 位于 <windows>\assembly 目录下。在这个目录中，有多个 GACxxx 目录 和一个 NativeImages\_<runtime version> 目录。GACxxx 目录包含共享程序集，GAC\_MSIL 目录包含带纯 .NET 代码的程序集；GAC\_32 包含专用于 32 位平台的程序集。在 64 位系统上，GAC-64 目录包含专用于 64 位平台的程序集。目录 GAC 用于后向兼容 .NET 1.0 和 1.1。在 NativeImages\_<runtime version> 目录下，有编译为本机代码的程序集。如果再深入该目录结构，就会看到与程序集名类似的一些目录，其下是一个版本目录和程序集本身。这样就可以安装同一个程序集的不同版本。

gacutil.exe 实用工具可以使用命令行安装、卸载和显示程序集。gacutil 的一些选项如下所示：

- gacutil /l 显示程序集缓存中的所有程序集。
- gacutil /i mydll 把共享程序集 mydll 安装到程序集缓存上。即使程序集已安装，也可以使用选项 /f 强制安装到 GAC 中。如果修改了程序集，但没有改变版本号，使用选项 /f 就很有用。
- gacutil /u mydll 卸载程序集 mydll。



在产品系统中，应使用安装程序，把共享程序集安装在 GAC 中。部署参见第 17 章。

### 18.4.4 创建共享程序集

在本例中，创建一个共享程序集，再创建一个使用该共享程序集的客户。

创建共享程序集与创建私有程序集的区别不大。首先创建一个简单的 Visual C# 类库项目 SharedDemo。把名称空间改为 Wrox.ProCSharp.Assemblies，把类名改为 SharedDemo。输入下面的代码。类的构造函数把文件的所有行都将读取到一个数组中。文件名作为参数传递给构造函数。

GetQuoteOfTheDay()方法只返回这个数组的一个随机字符串。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

using System;
using System.IO;

namespace Wrox.ProCSharp.Assemblies
{
    public class SharedDemo
    {
        private string[] quotes;
        private Random random;

        public SharedDemo(string filename)
        {
            quotes = File.ReadAllLines(filename);
            random = new Random();
        }

        public string GetQuoteOfTheDay()
        {
            int index = random.Next(1, quotes.Length);
            return quotes[index];
        }
    }
}

```

代码段 SharedDemo/SharedDemo.cs

### 18.4.5 创建强名

要共享这个程序集，需要一个强名。要创建这个名称，可以使用强名工具(sn):

```
sn -k mykey.snk
```

强名实用工具生成和编写一个公钥/私钥对，并把该密钥对写到文件中，此处的文件是mykey.snk。

在 Visual Studio 2010 中，可以选择 Signing 选项卡，用项目属性标记程序集，如图 18-11 所示。还可以使用这个工具创建密钥。但不需要为每个项目创建密钥文件。整个公司可以只使用几个密钥。最好根据安全要求创建不同的密钥，详见第 21 章。

用 Visual Studio 设置 signing 选项，会给编译器设置添加/keyfile 选项。Visual Studio 还允许创建用密码保护的密钥文件。这种文件的扩展名是.pfx，如图 18-11 所示。

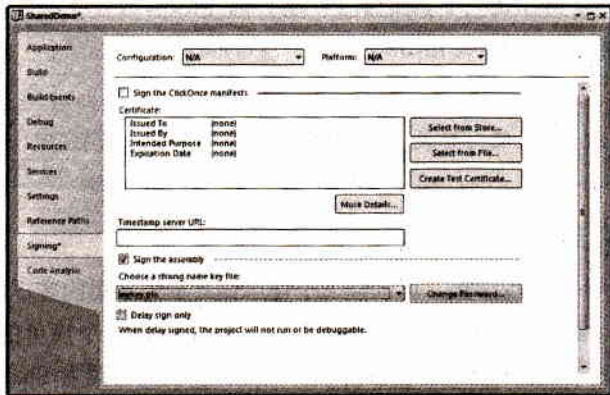


图 18-11

在重新生成该文件后，公钥就在该程序集清单中。可以使用 `ildasm` 验证这一点，如图 18-12 所示。

```

MANIFEST
Find Find Next
// --- The following custom attribute is added automatically, do not uncom
// .custom instance void [mscorlib]System.Diagnostics.DebuggableAttribu
.custom instance void [mscorlib]System.Runtime.CompilerServices.Compilati
.custom instance void [mscorlib]System.Runtime.CompilerServices.RuntimeCo

.publickey = (80 24 00 00 04 00 00 00 94 00 00 00 06 02 00 00 // $....
00 24 00 00 52 53 41 31 00 04 00 00 01 00 01 00 // $.RSI
57 F2 67 E3 0C E3 EF 08 7F DA C7 02 00 90 D3 12 // W.g...
EB 46 D7 56 00 92 C5 44 30 0A 7E 0C 07 36 0D 66 // .F.U...
0A E2 6A 28 3E 05 AF 2C 9E C3 C0 EC 52 27 1D 58 // .j(>.
33 02 9D 44 BC 40 98 09 77 31 A4 00 4C A2 CE 08 // 3..D.H
C3 EE 6D 95 BE E4 F9 13 30 D5 5A 00 F4 56 0E 9C // ...n...
0C 94 EA D8 66 06 77 6F 15 B1 6C F8 76 59 51 67 // ....f..
B8 7C FE 34 11 49 CE 01 99 C8 42 27 63 45 EC 07 // .|.4.I
1D 4C 15 40 6E 70 83 0E 00 D1 A3 0A 05 8D E5 09 ) // .L.&np

.hash algorithm 0x00000004
.ver 1:0:0:0
}
.module SharedDemo.dll
// MVID: {E70105A0-F6DC-4082-83AF-0DE40501CB60}
; manifest 0x00000000
  
```

图 18-12

### 18.4.6 安装共享程序集

程序集中有了公钥后，就可以使用全局程序集缓存工具 `gacutil` 及其 `/i` 选项把它安装到全局程序集缓存中。即使程序集已安装，也可以使用选项 `/f` 强制把它写到 GAC 中。

```
gacutil /i SharedDemo.dll /f
```

然后，可以使用全局程序集缓存查看器或 `gacutil /l SharedDemo` 检查共享程序集的版本，看看它是否安装成功。

### 18.4.7 使用共享程序集

要使用共享程序集，应创建一个 C# 控制台应用程序 `Client`。把名称空间的名称改为 `Wrox.ProCSharp.Assemblies`。以引用私有程序集的方式引用共享程序集：使用菜单 `Project | Add Reference` 命令。



有了共享程序集，引用属性 `Copy Local` 就可以设置为 `false`，这样，共享程序集就不会复制到输出文件的目录中，而会从 GAC 中加载。

在项目条目中添加 `Quotes.txt` 文件，并把 `Copy to Output Directory` 属性设置为 `Copy if newer`。下面是 `Client` 应用程序的代码：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

using System;
namespace Wrox.ProCSharp.Assemblies
{
    class Program
    {
        static void Main()
        {
            var quotes = new SharedDemo("Quotes.txt");
            for (int i=0; i < 3; i++)
  
```



```

    Console.WriteLine(quotes.GetQuoteOfTheDay());
    Console.WriteLine();
}
}

```

代码段 Client/Program.cs

在使用 ildasm 查看客户端程序集的清单时(如图 18-13 所示),可以看到对共享程序集 Shared Demo 的引用: .assembly extern SharedDemo。这些引用信息的一部分是版本号(详见后面的内容)和公钥的标记。

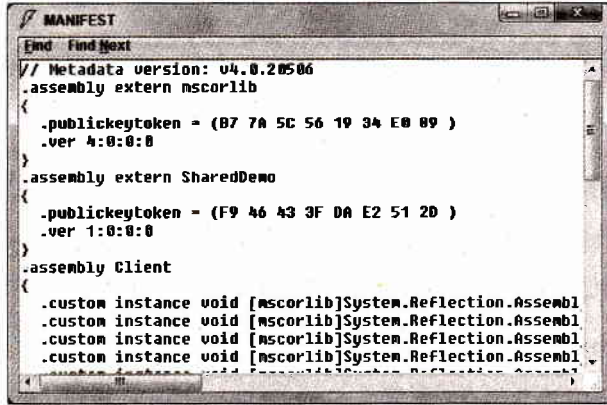


图 18-13

公钥的标记也可以使用强名实用工具 sn 在共享程序集中查看: sn -T 会显示程序集中的公钥标记, sn -Tp 显示标记和公钥。注意使用大写字母 T!

该程序引用了示例文件, 其结果如下所示。

"We don't like their sound. And guitar music is on the way out." — Decca Recording, Co., in rejecting the Beatles, 1962

"The ordinary 'horseless carriage' is at present a luxury for the wealthy; and although its price will probably fall in the future, it will never come into as common use as the bicycle." — The Literary Digest, 1889

"Landing and moving around the moon offers so many serious problems for human beings that it may take science another 200 years to lick them", Lord Kelvin (1824-1907)

### 18.4.8 程序集的延迟签名

公司的私钥应安全地存储。大多数公司都不允许所有的开发人员都能访问私钥。只有几个有安全权限的人才能访问它。这就是为什么程序集的签名可以以后(如在发布之前)添加的原因。在全局程序集特性 AssemblyDelaySign 设置为 true 时, 签名就不会存储在程序集中, 但保留了足够的空间, 以便以后添加它。不使用密钥, 就不能测试程序集, 在全局程序集缓存中安装它。但是, 可以使用临时密钥进行测试, 以后再用真正的公司密钥代替这个临时密钥。

延迟程序集的签名需要执行下面的步骤:

- (1) 首先必须用强名实用工具 `sn` 创建一个公钥/私钥对,生成的文件 `mykey.snk` 包含公钥和私钥。

```
sn -k mykey.snk
```

- (2) 接着提取公钥,使之可以用于开发人员。选项 `-p` 提取密钥文件的公钥。文件 `mypublickey.snk` 仅包含公钥。

```
sn -p mykey.snk mykeypub.snk
```

公司中的所有开发人员都可以使用这个密钥文件 `mykeypub.snk`,用 `/delaysign+` 选项编译程序集。这样,签名就没有添加到程序集中,但可以以后添加它。在 Visual Studio 2010 中,延迟签名选项可以在 **Signing** 设置的复选框中设置。

- (3) 关闭签名的验证功能,因为程序集没有包含签名。

```
sn -Vr SharedDemo.dll
```

- (4) 在发布之前,程序集可以用 `sn` 实用工具重新签名。`-R` 选项用于对以前已签名或延迟签名的程序集进行重新签名。程序集的重新签名可以由部署应用程序的软件包且有权访问用于发布的私钥的人员完成。

```
sn -R MyAssembly.dll mykey.snk
```



签名的验证功能只能在开发过程中关闭。不经过验证是不能发布程序集的,因为这个程序集可能被恶意的程序集替代。



程序集的重新签名可以通过在 MSBuild 文件中定义任务来自动完成,相关内容参见第 16 章。

### 18.4.9 引用

GAC 中的程序集可以包含与它们相关联的引用。这些引用负责:如果应用程序仍需要引用程序集,缓存的程序集就不能删除。例如,如果 Microsoft 安装程序包(.msi 文件)安装了一个共享程序集,就只能通过卸载应用程序删除它,而不能从全局程序集缓存中删除它。从全局程序集缓存中删除程序集会得到一条错误消息:“程序集 <name>不能卸载,因为其他应用程序还需要它。”

使用 `gacutil` 实用工具和选项 `/r` 可以设置程序集的引用。`/r` 选项需要一个引用类型、一个引用 ID 和一个描述。引用的类型可以是下面 3 个选项中的一个: `UNINSTALL_KEY`、`FILEPATH` 或 `OPAQUE`。`UNINSTALL_KEY` 由 MSI 使用,定义一个注册表键之后卸载它需要使用该选项。用 `FILEPATH` 可以指定一个目录,应用程序的根目录是有用的目录。`OPAQUE` 引用类型允许设置任意类型的引用。

命令行:

```
gacutil /i shareddemo.dll /r FILEPATH c:\ProCSharp\Assemblies\Client "Shared Demo"
```

通过引用客户端应用程序的目录,在全局程序集缓存中安装程序集 `SharedDemo`。这个程序集的另一种安装可以使用另一条路径安装,或使用 `OPAQUE ID` 安装,如下面的命令行所示:

```
gacutil /i shareddemo.dll /r OPAQUE 4711 "Opaque installation"
```

现在全局程序集缓存中只有一个程序集，但它有两个引用。为了从全局程序集缓存中删除程序集，必须删除这两个引用：

```
gacutil /u shareddemo /r OPAQUE 4711 "Opaque installation"
gacutil /u shareddemo /r FILEPATH c:\ProCSharp\Assemblies\Client "Shared Demo"
```

要删除共享程序集，选项/u需要不带文件扩展名 DLL 的程序集。而安装共享程序集的选项/i需要包含文件扩展名的完整文件名。

第 17 章介绍了程序集的部署，其中在 MSI 软件包中要处理引用总数。

#### 18.4.10 本机映像生成器

使用本机映像生成器 `Ngen.exe`，可以在安装期间把 IL 代码编译为本机代码。这样程序启动就比较快，因为不再需要在运行时进行编译。比较预编译的程序集和在其中需要运行 JIT 编译器的程序集，其性能在编译 IL 代码后没有太大区别。使用本机映像生成器获得的唯一改进是应用程序的启动比较快，因为不需要运行 JIT。减少应用程序的启动时间是使用本机映像生成器的主要原因。如果从可执行文件中创建本机映像，也应从可执行文件加载的所有 DLL 中创建本机映像。否则，就仍需要运行 JIT 编译器。

`ngen` 实用工具在本机映像缓存中安装本机映像，本机映像缓存的物理目录是 `<windows>\assembly\NativeImages <RuntimeVersion>`。

使用 `ngen install myassembly` 可以把 MSIL 代码编译为本机代码，并把它安装到本机映像缓存中。如果要把程序集安装到本机映像缓存中，就应在安装程序中完成上述操作。

使用 `ngen` 和选项 `display` 还可以显示本机映像缓存中的所有程序集。如果把程序集名添加到选项 `display` 中，就可以得到这个程序集所有已安装版本的相关信息，以及依赖于本机程序集的程序集，如下所示。

```
C:\> ngen display System.AddIn
Microsoft (R) CLR Native Image Generator - Version 4.0.21006.1
Copyright (c) Microsoft Corporation. All rights reserved.

NGEN Roots:

System.AddIn, Version=3.5.0.0, Culture=Neutral, PublicKeyToken=b77a5c561934e089,
  processorArchitecture=msil
System.AddIn, Version=4.0.0.0, Culture=neutral, PublicKeyToken=b77a5c561934e089

NGEN Roots that depend on "System.AddIn":

C:\Program Files (x86)\Common Files\Microsoft Shared\VSTA\Pipeline.v10.0\
AddInSideAdapters\Microsoft.VisualStudio.Tools.Applications.AddInAdapter.v9.0.dll
C:\Program Files (x86)\Common Files\Microsoft Shared\VSTA\Pipeline.v10.0\
AddInSideAdapters\Microsoft.VisualStudio.Tools.Office.AddInAdapter.v9.0.dll
...
```

如果系统的安全设置有变化,就不能保证本机映像达到运行应用程序的安全要求。这就是本机映像的系统配置变化时就无效的原因。使用命令 `ngen update`, 会重新生成所有的本机映像, 以包含新配置。

安装 .NET 4 时, 会安装 Native Runtime Optimization Service。这个服务可以用于延迟本机映像的编译, 重新生成已失效的本机映像。

安装程序可以使用 `ngen install myassembly /queue` 命令, 通过本机映像服务延迟将 `myassembly` 编译为本机映像的过程。`ngen update /queue` 重新生成已失效的本机映像。使用 `ngen queue` 的选项 `pause`、`continue` 和 `status`, 可以控制服务, 并获取状态信息。



为什么不能在开发人员的系统中创建本机映像, 而只能在产品系统中发布本机映像? 因为本机映像生成器会处理与目标系统一起安装的 CPU, 编译为 CPU 类型优化的代码。而在安装应用程序的过程中, CPU 是已知的。

## 18.5 配置 .NET 应用程序

COM 组件使用注册表来配置组件。 .NET 应用程序的配置是使用配置文件完成的。使用注册表配置, 就不可能使用 `xcopy` 部署了。配置文件甚至可以复制。配置文件使用 XML 语法来指定应用程序的启动和运行库配置。

本节将介绍:

- 可以使用 XML 基本配置文件进行哪些配置
- 用强名引用的程序集如何重新定向到另一个版本中
- 如何指定程序集的目录, 以便在子目录中查找私有程序集, 在公共目录或服务器上查找共享程序集

### 18.5.1 配置类别

可以把配置分为如下几类:

- **启动设置**——用于指定需要的运行库版本。同一个系统上可能安装了不同版本的运行库, 使用 `<startup>` 元素来指定运行库版本。
- **运行库设置**——用于指定运行库如何进行垃圾收集, 如何进行程序集绑定。也可以使用这些设置指定版本策略和代码库 (code base)。本章的后面将详细介绍运行库设置。
- **WCF 设置**——用于利用 WCF 配置应用程序。这些配置参见第 43 章。
- **安全设置**——详见第 21 章。第 21 章将介绍加密配置和许可。

这些设置可以在 3 种配置文件中给出:

- **应用程序配置文件**——包含应用程序的特定设置, 如程序集的绑定信息, 远程对象的配置等。这个配置文件放在可执行文件所在的目录下, 它与可执行文件同名, 但最后添加了 `.config` 扩展名。ASP.NET 配置文件命名为 `web.config`。
- **计算机配置文件**——可以用于系统范围的配置。也可以在这里指定程序集绑定和远程配置。在绑定过程中, 应在考虑应用程序配置文件之前考虑计算机配置文件。应用程序配置可以

重写计算机配置中的设置。应用程序配置文件应优先用于应用程序特定的设置，这样计算机配置文件会比较小，也容易管理。计算机配置文件位于`%runtime_install_path%\config\Machine.config`中。

- **发行者策略文件**——由组件的创建者用于指定共享程序集可以与旧版本兼容。如果新程序集版本仅修改了共享组件的一个错误，就不必把应用程序配置文件放在使用该组件的每个应用程序目录中，发行者可以添加一个发行者策略文件，从而把它标记为“可兼容的”。当组件不能用于所有的应用程序时，就可以在应用程序配置文件中重写发行者策略设置。与其他配置文件不同，发行者策略文件存储在全局程序集缓存中。

如何使用这些配置文件？客户如何根据程序集是共享还是私有的来查找程序集(也称为绑定)？私有程序集必须位于应用程序所在的目录或子目录下。进程 `probing` 可用于查找这样的程序集。如果程序集没有强名，`probing` 就不使用版本号。

共享程序集可以安装在全局程序集缓存中，或放在一个目录、共享网络或 Web 站点上。我们用 `codeBase` 的配置来指定这样一个目录(详见后面的内容)。在绑定共享程序集时，公钥、版本和区域性都很重要。所需程序集的引用记录在客户端程序集的清单中，包括名称、版本和公钥标记。所有的配置文件都要检查，以应用正确的版本策略。在全局程序集缓存和配置文件中指定的代码库也要检查，然后检查应用程序的目录，之后应用探测规则。

## 18.5.2 绑定程序集

前面已经介绍了如何把共享程序集安装到全局程序集缓存中。除了把共享程序集安装到全局程序集缓存中，还可以使用配置文件配置特定的共享目录。如果要在服务器上使用共享组件，就可以使用这个功能。如果要在应用程序之间共享一个程序集，但不希望它在全局程序集缓存中共享它，就可以把该程序集放在一个共享目录中。

查找程序集的正确目录有两种方式：使用 XML 配置文件中的 `codeBase` 元素，或者使用 `probing` 元素。`CodeBase` 元素配置只可用于共享程序集，而 `probing` 元素可用于私有和共享程序集。

### 1. <codeBase>

使用应用程序配置文件可以配置 `<codeBase>` 元素。下面的应用程序配置文件把对程序集 `SharedDemo` 的搜索重定向为从网络上加载它：

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8" ?>
<configuration>
  <runtime>
    <assemblyBinding xmlns="urn:schemas-microsoft-com:asm.v1">
      <dependentAssembly>
        <assemblyIdentity name="SharedDemo" culture="neutral"
          publicKeyToken="f946433fd9e2512d" />
        <codeBase version="1.0.0.0"
          href="http://www.christiannagel.com/WroxUtils/SharedDemo.dll" />
      </dependentAssembly>
    </assemblyBinding>
  </runtime>
</configuration>
```

`<codeBase>` 元素有特性 `version` 和 `href`，使用 `version` 特性必须指定程序集的原始引用版本，使

用 `href` 特性可以定义应从中加载程序集的目录。在本例中，使用 HTTP 协议所在的路径。使用 `href="file:C:/WroxUtils/SharedDemo.dll"` 可以指定本地系统上的一个目录或一个共享。

## 2. <probing>

如果没有配置 `<codeBase>` 元素，程序集也没有存储在全局程序集缓存中，运行库就会利用 `probing` 元素来查找程序集。NET 运行库会在应用程序目录或与所搜索程序集同名的子目录中查找文件扩展名为 `.dll` 或 `.exe` 的程序集。如果没有找到程序集，会继续搜索。可以在应用程序配置文件的 `<runtime>` 部分中，用 `<probing>` 元素配置搜索目录。使用 .NET Framework 配置工具选择应用程序的属性，也可以很容易地完成这个 XML 配置。使用 .NET Framework 配置工具中的搜索路径可以配置该探测所在的目录。

得到的 XML 文件包含如下条目：

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8" ?>
<configuration>
  <runtime>
    <assemblyBinding xmlns="urn:schemas-microsoft-com:asm.v1">
      <probing privatePath="bin;utils;" />
    </assemblyBinding>
  </runtime>
</configuration>
```

`<probing>` 元素只有一个必需的 `privatePath` 特性。这个应用程序配置文件告诉运行库，应在应用程序的根目录下搜索程序集，再在 `bin` 和 `util` 目录中搜索。这两个目录是应用程序根目录的子目录。不可能在应用程序根目录或其子目录的外部引用私有程序集。在应用程序根目录外部的程序集必须有一个共享名，并可以使用 `<codeBase>` 元素来引用。

## 18.6 版本问题

对于私有程序集，版本问题并不重要，因为被引用的程序集会与客户端一起复制。客户端使用其私有目录下的程序集。

但是，共享程序集就不是这样。下面先看看共享时发生的一些传统问题。使用共享组件，则表示多个客户端应用程序可以使用同一个组件。在用新版本更新共享组件时，新版本会中断已有客户端。我们不可能不发布新版本，因为已有组件的新版本将需要并提供新功能。但我们可以仔细编程，让程序保持向后兼容。但事情并不总是很顺利。

这个问题的解决方案是使用一种体系结构，它允许安装共享组件的不同版本，客户端使用它们在构建过程中引用的版本。这解决了许多问题，但并没有解决全部问题。如果从客户端引用的组件中检测到了一个错误，该怎么办？我们可以更新这个组件，并确保客户端使用新版本，而不是在构建过程中引用的那个版本。

因此，根据新版本中更改的类型，有时要使用更新的版本，有时则要使用旧一点的引用版本。所有 .NET 体系结构允许这两种情况。

在 .NET 中，默认情况下使用原来引用的程序集。使用配置文件可以把引用重新定向到一个不同的版本。版本问题在绑定的体系结构中有非常关键的作用——客户端获得存储了其组件的正确程序集。

### 18.6.1 版本号

程序集的版本号由 4 部分组成，例如 1.0.400.3300，各部分分别是：

<Major>.<Minor>.<Build>.<Revision> .

这些号码根据应用程序配置来使用。



如果进行的改动与以前的版本不兼容，但内部版本号或修订版本号的改动与之兼容最好改变主版本号或次版本号。这样就可以假定把程序集重定向到新版本中，其中只有修改了的内部版本号和修订版本号是安全的。

在 Visual Studio 2010 中，使用项目设置中的程序集信息可以指定程序集的版本号。项目设置将程序集特性[AssemblyVersion]写入 AssemblyInfo.cs 文件：

```
[assembly: AssemblyVersion("1.0.0.0")]
```

除了全部定义版本号 4 部分之外，还可以在 第 3 或 4 个位置放置星号：

```
[assembly: AssemblyVersion("1.0.*")]
```

在这个设置中，前两个数字指定主版本号和次版本号，星号表示内部版本号和修订版本号是自动生成的。内部版本号是从 2000 年 1 月 1 日以来的天数，修订版本号表示自从当地时间的午夜开始的秒数除以 2。自动设置的版本号在开发期间很有帮助，但在发布之前，最好定义特定的版本号。

这个版本存储在程序集清单的 .assembly 部分中。

在客户端应用程序中引用程序集，会在客户端应用程序的程序集清单中存储引用的程序集版本。

### 18.6.2 通过编程方式获取版本

要查看在客户端应用程序中使用的程序集的版本，可以在 SharedDemo 类中添加前面创建的只读属性 FullName，以返回程序集的强名。要简化 Assembly 类的使用，必须导入 System.Reflection 名称空间。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
public string FullName
{
    get
    {
        return Assembly.GetExecutingAssembly().FullName;
    }
}
```

代码段 SharedDemo/SharedDemo.cs

Assembly 类的 FullName 属性包含了类名、版本、位置和公钥标记，在客户端应用程序中调用 FullName 时，可以在其结果中看到这些内容。

在客户端应用程序中，创建共享组件后，在 Main() 方法中添加对 FullName 的一个调用：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
static void Main()
{
    var quotes = new SharedDemo("Quotes.txt");
```

```
Console.WriteLine(quotes.FullName);
```

代码段 Client/Program.cs

一定要使用 `gacutil` 在全局程序集缓存中再次注册共享程序集 `SharedDemo` 的新版本。如果没有找到引用的版本，就会抛出一个 `System.IO.FileLoadException` 异常，因为对没有绑定到正确的程序集。成功运行后，可以看到引用的程序集的完整名称，如下所示。

```
SharedDemo, Version=1.0.0.0, Culture=neutral, PublicKeyToken= f946433fdae2512d
```

这个客户端程序可以用于测试这个共享组件的不同配置。

### 18.6.3 绑定到程序集版本

使用配置文件可以指定应绑定到共享程序集的另一个版本。假定创建共享程序集 `SharedDemo` 的一个新版本，其主版本号和次版本号是 1.1。我们不想重新建立客户端，只想在已有的客户端中使用程序集的新版本。这适用于下述场合：共享程序集有一个错误需要修改，或者因为新版本是兼容的，所以要删除旧版本。

运行 `gacutil.exe`，可以看到 `SharedDemo` 程序集安装了 1.0.0.0 和 1.0.3300.0 版本。

```
> gacutil -l SharedDemo

Microsoft (R) .NET Global Assembly Cache Utility. Version 4.0.21006.1
Copyright (c) Microsoft Corporation. All rights reserved.

The Global Assembly Cache contains the following assemblies:
    SharedDemo, Version=1.0.0.0, Culture=neutral, PublicKeyToken=f946433fdae2512d,
    processorArchitecture=x86
    SharedDemo, Version=1.0.3300.0, Culture=neutral, PublicKeyToken=f946433fdae251
    2d, processorArchitecture=x86

Number of items = 2
```

图 18-14 显示了客户端应用程序的清单，其中客户引用了程序集 `SharedDemo` 的 1.0.0.0 版本。

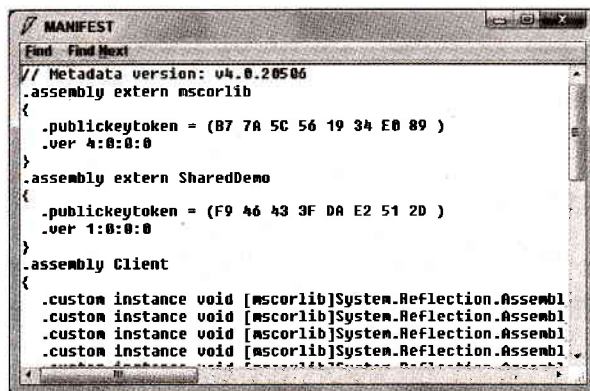


图 18-14

现在同样需要使用应用程序配置文件。与前面一样，重定向的程序集需要用 `<assemblyIdentity>` 元素指定。这个元素使用名称、区域性和公钥标记标识程序集。为了重定向到另一个版本上，要使用 `<bindingRedirect>` 元素。 `oldVersion` 特性指定应把程序集的哪个版本重定向到新版本上。使用



oldVersion 特性可以指定一个范围, 例如, 应重定向 1.0.0.0~1.0.3300.0 之间所有程序集的版本。新版本用 newVersion 特性指定。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8" ?>
<configuration>
  <runtime>
    <assemblyBinding xmlns="urn:schemas-microsoft-com:asm.v1">
      <dependentAssembly>
        <assemblyIdentity name="SharedDemo" culture="neutral"
          publicKeyToken="f946433fdae2512d" />
        <bindingRedirect oldVersion="1.0.0.0 - 1.0.3300.0"
          newVersion="1.0.3300.0" />
      </dependentAssembly>
    </assemblyBinding>
  </runtime>
</configuration>
```

代码段 Client/App.config

### 18.6.4 发行者策略文件

使用全局程序集缓存器中的共享程序集, 可以使用发行者策略避免版本冲突问题。假定有一个共享程序集由一些应用程序使用。如果在共享程序集中有一个关键的错误, 会出现什么情况? 可以看出, 不需要重新建立所有使用该共享程序集的应用程序, 因为可以使用配置文件重定向到这个共享程序集的新版本上。我们也许不了解所有使用该共享程序集的应用程序, 但要为所有这些应用程序修改错误。此时可以创建发行者策略文件, 把所有这些应用程序重新定向到该共享程序集的新版本上。



发行者策略文件只能应用于安装在全局程序集缓存中的共享程序集。

要建立发行者策略, 必须:

- 创建发行者策略文件
- 创建发行者策略程序集
- 把发行者策略程序集添加到全局程序集缓存器中

#### 1. 创建发行者策略文件

发行者策略文件是一个把已有版本或某个版本范围重定向到新版本的 XML 文件。这里使用的语法与应用程序配置文件相同, 所以可以使用前面创建的文件, 把旧版本 1.0.0.0~1.0.3300.00 重定向到新版本 1.0.3300.00 上。

把前面创建的文件重命名为 mypolicy.config, 把它用作发行者策略文件。

#### 2. 创建发行者策略程序集

要把发行者策略文件与共享程序集关联起来, 必须创建一个发行者策略程序集, 并把它放到全局程序集缓存器中。可以创建这种文件的工具是程序集链接器 al。/linkresource 选项把发行者策略文

件添加到生成的程序集中。生成的程序集的名称必须以 `policy` 开头，其后是应重定向的程序集的主次版本号，以及共享程序集的文件名。在本例中，发行者策略程序集必须命名为 `policy.1.0.SharedDemo.dll`，才能重定向主版本号为 1、次版本号为 0 的 `SharedDemo` 程序集。必须用 `/keyfile` 选项把一个密钥添加到这个发行者密钥中，新添加的这个密钥与用于签名共享程序集 `SharedDemo` 的密钥相同，这样才能保证该版本从同一个发行者重定向。

```
al /linkresource:mypolicy.config /out:policy.1.0.SharedDemo.dll
/keyfile:..\mykey.snk
```

### 3. 将发行者的策略程序集添加到全局程序集缓存中

现在，可以使用实用工具 `gacutil` 把发行者策略程序集添加到全局程序集缓存器中：

```
gacutil -i policy.1.0.SharedDemo.dll
```

如果已发布了同一个策略文件，就可以使用选项 `-f`。现在，可以删除位于客户端应用程序目录中的应用程序配置文件，并启动该客户端应用程序。尽管客户端程序集引用的是 1.0.0.0 版本，但因为有了发行者策略，所以我们使用共享程序集的新版本 1.0.3300.0。

### 4. 重写发行者策略

有了发行者策略，共享程序集的发行者就可以保证程序集的新版本与旧版本兼容。从传统 DLL 的变化来看，这种保证并不总可靠。也许只有一个应用程序在使用新的共享程序集。为了修改使用新版本的应用程序中的错误，可以使用应用程序配置文件，重写发行者策略。

添加 XML `<publisherPolicy>` 元素和 `apply="no"` 特性，就可以禁用发行者策略。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8" ?>
<configuration>
  <runtime>
    <assemblyBinding xmlns="urn:schemas-microsoft-com:asm.v1">
      <dependentAssembly>
        <assemblyIdentity name="SharedDemo" culture="neutral"
          publicKeyToken="f946433fdae2512d" />
        <publisherPolicy apply="no" />
      </dependentAssembly>
    </assemblyBinding>
  </runtime>
</configuration>
```

代码段 Client/App.config

禁用发行者策略，可以在应用程序配置文件中配置不同版本的重定向。

## 18.6.5 运行库的版本

不仅可以安装和使用程序集的多个版本，还可以安装和使用 .NET 运行库 (CLR) 的多个版本。CLR 的 1.0、1.1、2.0 和 4.0 (及未来) 版本可以同时安装在一个操作系统上。Visual Studio 2010 面向通过 .NET 2.0、3.0、3.5 在 CLR 2.0 上运行的应用程序，以及通过 .NET 4 和 CLR 2.0 上运行的应用程序。

如果应用程序是用 CLR 2.0 构建的，就可以依然只安装了 CLR 4.0 版本的系统上运行它。但是，如果应用程序是用 CLR 4.0 构建的，就不能在只安装了 CLR 2.0 版本的系统上运行它。

在应用程序配置文件中，不仅可以重定向被引用的程序集的版本，还可以定义运行库所需的版本。在应用程序配置文件中可以指定应用程序需要的版本。`<supportedVersion>`元素标记应用程序支持的运行库版本。`<supportedVersion>`的顺序定义系统上可用的多个运行库版本的优先级。这里的配置首选.NET 4 运行库，也支持 2.0。为此，构建的应用程序必须面向.NET Framework 2.0、3.0 或 3.5。

```
<?xml version="1.0"?>
<configuration>
  <startup>
    <supportedRuntime version="v4.0.21006" />
    <supportedRuntime version="v2.0.50727" />
  </startup>
</configuration>
```

## 18.7 小结

程序集是为.NET 平台新安装的单元。Microsoft 从以前的体系结构中吸取教训，进行了全新的设计，以避免出现旧问题。本章讨论了程序集的特性：程序集是自描述的，不需要类型库和注册信息。版本的依赖性会准确地记录下来，这样，使用程序集时，旧 DLL 的 DLL Hell 问题就不复存在了。由于具备这些特性，因此开发、部署和管理就容易多了。

本章讨论了私有和共享程序集之间的差异，并介绍了如何创建共享程序集。有了私有程序集，就不必关心唯一性和版本冲突问题了，因为这些程序集仅由一个应用程序复制和使用。共享程序集需要使用一个密钥来保持其唯一性、确定其版本。我们介绍了全局程序集缓存，它可以用作共享程序集的智能存储器。

使用本机映像生成器可以更快地启动应用程序。有了本机映像生成器，就不需要运行 JIT 编译器，因为本机代码是在安装期间创建的。

本章还阐述了避免版本冲突问题，以使用与在开发过程中使用的版本不同的程序集。这通过发行者策略和应用程序配置文件实现。最后还讨论了 `probing` 元素如何使用私有程序集。

我们还讨论了如何动态地加载程序集，在运行期间创建程序集。如果要了解更多的信息，就可以参阅第 28 章介绍的.NET 4 中的插件模型。要使用插件模型和应用程序域，可以参见第 50 章介绍的 `System.Addin` 名称空间。

# 第 19 章

## 检 测

本章内容:

- 代码协定
- 跟踪
- 事件日志
- 性能监控

本章的内容有助于获得关于正在运行的应用程序的一些实时信息,找出应用程序在生产过程中某些问题的原因,或者监控需要的资源,以尽早适应较高的用户负载。这就是名称空间 `System.Diagnostics` 的作用。

当然,在应用程序中标记错误的一种方式抛出异常。然而,尽管应用程序不抛出异常,但仍不像期望的那样运行。应用程序可能在大多数系统上都运行良好,只在几个系统上出问题。在实时系统上,改变配置值可以改变日志行为,获得在应用程序运行的对象的详细实时信息。这可以用跟踪功能来实现。

如果应用程序出了问题,就需要通知系统管理员。使用事件查看器,系统管理员可以交互地监控应用程序的问题,通过添加订阅功能来了解发生的特定事件。事件日志机制允许写入应用程序的相关信息。

为了分析应用程序需要的资源,在指定的时间间隔内监控应用程序,规划另一个应用程序的分布或系统资源的扩展,系统管理员可使用性能监控器。使用性能计数器可以写入来自应用程序的实时数据。

现在,在 .NET 4 中, `System.Diagnostics.Contracts` 名称空间中的类提供了按协定设计的方式。使用这些类可以定义前提条件、后置条件和常量,它们不仅可以在运行期间检查,还可以使用静态的合同分析器检查。

本章介绍这些功能,并说明如何在应用程序中使用它们:

### 19.1 代码协定

按协定设计是 Eiffel 编程语言的一个理念。现在, .NET 4 在 `System.Diagnostics.Contracts` 名称空间中包含的类可用于静态检查代码和在运行期间检查代码,这些类可由所有的 .NET 语言使用。

利用这个功能可以定义方法中的前提条件、后置条件和常量。前提条件列出了参数必须满足的

要求，后置条件定义了返回数据必须满足的要求，常量定义了方法中变量必须满足的要求。

协定信息可以编译到调试代码和发布代码中。还可以定义一个单独的合同程序集，也可以进行许多静态检查，而无需运行应用程序。也可以在接口上定义协定，使接口的实现代码满足协定的要求。协定工具可以重写程序集，在运行时检查的代码中插入协定检查，在编译期间检查协定，给生成的 XML 文档中添加协定信息。

图 19-1 显示了 Visual Studio 2010 中代码协定的项目属性。这里可以定义应进行什么级别的运行时检查，指定在协定失败时是否打开断言对话框，配置静态检查。把 Perform Runtime Contract Checking 设置为 Full 来定义 CONTRACT\_FULL 符号。因为许多协定方法都用 [Contractal (“CONTRACT\_FULL”)]特性注解，所以所有的运行时检查都只使用这个设置。

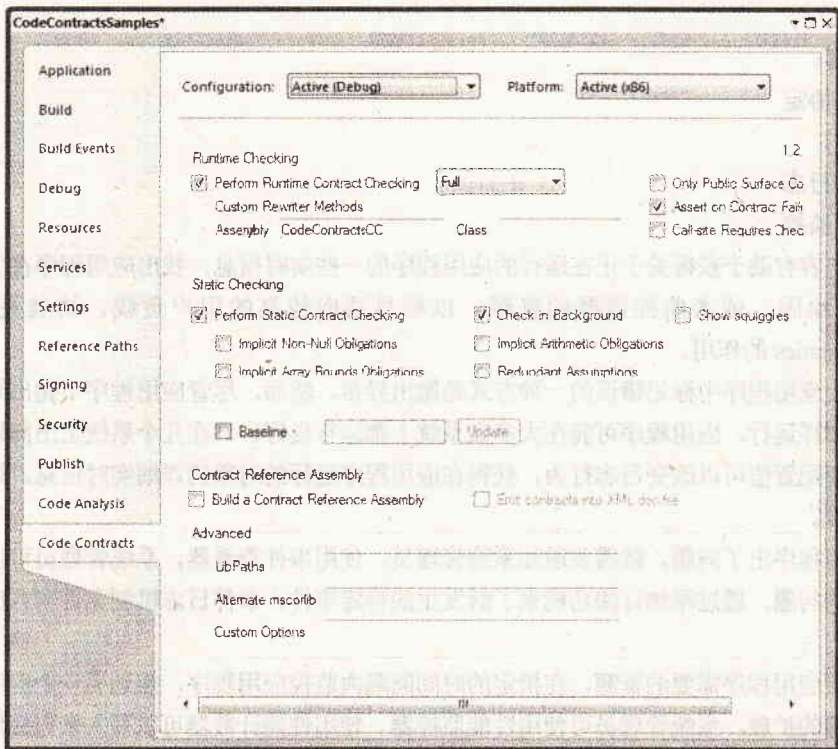


图 19-1

要使用代码协定，可以使用 .NET 4 在 System.Diagnostics.Contracts 名称空间中可用的类。但 Visual Studio 2010 没有包含这方面的工具。需要从 Microsoft Devlabs (<http://msdn.microsoft.com/en-us/devlabs/dd491992>) 上下载 Visual Studio 的一个扩展。要使用这个工具进行静态分析，需要 Visual Studio Team System；对于运行时分析，有 Visual Studio 标准版就足够了。

代码协定用 Contract 类定义。在方法中定义的所有协定要求，无论是前提条件还是后置条件，都必须放在方法的开头。也可以给 ContractFailed 事件赋予一个全局的事件处理程序，运行期间失败的每个协定都会调用这个事件处理程序。调用 SetHandled()方法时包含 ContractFailedEventArgs 参数

e, 会禁止失败时的标准行为: 抛出异常。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
Contract.ContractFailed += (sender, e) =>
{
    Console.WriteLine(e.Message);
    e.SetHandled();
};
```

代码段 CodeContractsSamples/Program.cs

### 19.1.1 前提条件

前提条件检查传递给方法的参数。Requires() 和 Requires<TException>() 方法是可以用 Contract 类定义的前提条件。使用 Requires() 方法时, 必须传送一个布尔值, 第二个参数是一个可选的消息字符串, 当条件不满足时显示该消息。下面的示例要求, 参数 min 应小于等于参数 max。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
static void MinMax(int min, int max)
{
    Contract.Requires(min <= max);
    //...
}
```

代码段 CodeContractsSamples/Program.cs

如果参数 o 是空, 下面的协定就抛出一个 ArgumentNullException 异常。如果事件处理程序把 ContractFailed 事件设置为 handled, 就不抛出该异常。另外, 如果配置了 Assert on Contract Failure, 就执行 Trace.Assert() 方法停止程序, 而不是抛出所定义的异常。

```
static void Preconditions(object o)
{
    Contract.Requires<ArgumentNullException>(o != null,
        "Preconditions, o may not be null");
    //...
```

因为 Requires<TException>() 方法没有用 [Conditional ("CONTRACT\_FULL")] 特性注解, 并且在 DEBUG 符号上它也没有条件, 所以这个运行时检查可以在任意情况下进行。如果条件不满足, Requires<TException>() 方法就抛出所定义的异常。

在许多遗留代码中, 参数常常用 if 语句检查, 如果条件不满足, 就抛出一个异常。而使用代码协定, 就不需要重写验证代码, 只需添加一行代码即可:

```
static void PreconditionsWithLegacyCode(object o)
{
    if (o == null) throw new ArgumentNullException("o");
    Contract.EndContractBlock();
}
```

EndContractBlock() 方法指定, 上述代码应作为一个合同处理。如果还使用了其他合同语句, 就不需要 EndContractBlock() 方法。

为了检查用作参数的集合, Contract 类提供了 Exists() 和 ForAll() 方法。ForAll() 方法检查集合中的每一项, 看看它们是否满足条件。在示例中, 检查集合中的每一项的值是否小于 12。使用 Exists() 方法可以检查集合中的任意一项是否满足条件。

```
static void ArrayTest(int[] data)
{
    Contract.Requires(Contract.ForAll(data, i => i < 12));
```

Exists()和 ForAll()方法都有一个重载版本，其中可以给该重载版本传递两个参数 fromInclusive 和 toExclusive，而不是传递 IEnumerable<T>。把一个数值范围(除去 toExclusive)传递给第 3 个参数定义的委托 Predicate<int>。Exists()和 ForAll()方法可以用于前提条件、后置条件和常量。

### 19.1.2 后置条件

后置条件定义了方法执行完后共享数据和返回值的保证。尽管后置条件定义了关于返回值的一些保证，但它们必须放在方法的开头；所有的协定要求都必须放在方法的开头。

Ensure()和 EnsuresOnThrow<TException>()方法是后置条件。下面的合同确保变量 sharedState 在方法执行完后小于 6。该值在方法执行期间可以改变。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
private static int sharedState = 5;
static void Postcondition()
{
    Contract.Ensures(sharedState < 6);
    sharedState = 9;
    Console.WriteLine("change sharedState invariant {0}", sharedState);
    sharedState = 3;
    Console.WriteLine("before returning change it to a valid value {0}",
        sharedState);
}
```

代码段 CodeContractsSamples/Program.cs

使用 EnsuresOnThrow<TException>()方法，可以保证如果抛出了指定的异常，共享状态就满足某条件。

为了保证返回某个值，可以对 Ensure()方法的协定使用特定的值 Result<T>。这里的结果是 int 类型，因为它是用泛型类型 T 给 Result()方法定义的。Ensure()方法的协定保证返回值小于 6。

```
static int ReturnValue()
{
    Contract.Ensures(Contract.Result<int>() < 6);
    return 3;
}
```

还可以比较新旧值。为此应使用 OldValue<T>()方法，它返回在方法入口给变量传递的初始值。下面的协定确保，返回的结果(Contract.Result<int>()方法返回的)大于参数 x(对应于 Contract.OldValue<int>()方法)中的旧值。

```
static int ReturnLargerThanInput(int x)
{
    Contract.Ensures(Contract.Result<int>() > Contract.OldValue<int>(x));
    return x + 3;
}
```

如果方法的返回值用 out 修饰符来修饰，而不仅仅使用 return 语句，就可以用 ValueAtResult()方法定义条件。下面的协定指定，变量 x 在返回时必须大于 5 且小于 20，变量 y 与 5 的取模结果在

返回时必须等于 0。

```
static void OutParameters(out int x, out int y)
{
    Contract.Ensures(Contract.ValueAtReturn<int>(out x) > 5 &&
        Contract.ValueAtReturn<int>(out x) < 20);
    Contract.Ensures(Contract.ValueAtReturn<int>(out y) % 5 == 0);
    x = 8;
    y = 10;
}
```

### 19.1.3 常量

常量为方法生命周期中的变量定义了协定。Contract.Requires()方法定义了输入要求，Contract.Ensure()方法定义了方法结束时的要求。Contract.Invariant()方法定义了在整个生命周期中都必须满足的条件。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
static void Invariant(ref int x)
{
    Contract.Invariant(x > 5);
    x = 3;
    Console.WriteLine("invariant value: {0}", x);
    x = 9;
}
```

代码段 CodeContractsSamples/Program.cs

### 19.1.4 接口的协定

对于接口，可以定义方法、属性和事件，派生自该接口的类必须实现这些方法、属性和事件。在接口的声明中，不能定义接口的实现方式，现在可以使用代码协定来实现。

看看下面的接口。IPerson 接口定义了 FirstName、LastName 和 Age 属性以及 ChangeName()方法。这个接口的特殊之处是 ContractClass 特性。这个特性应用于 IPerson 接口，并指定 PersonContract 类用作这个接口的代码协定。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
[ContractClass(typeof(PersonContract))]
public interface IPerson
{
    string FirstName { get; set; }
    string LastName { get; set; }
    int Age { get; set; }
    void ChangeName(string firstName, string lastName);
}
```

代码段 CodeContractsSamples/IPerson.cs

PersonContract 类实现了 IPerson 接口，并为所有的成员定义了代码协定。PureAttribute 特性表示，方法或属性不能改变类实例的状态。这用属性的 get 访问器定义，还可以用不允许改变状态的所有方法来定义。FirstName 和 LastName 属性的 get 访问器也用 Contract.Result()方法指定，结果必须是一个字符串。Age 属性的 get 访问器定义了一个后置条件，并确保返回值在 0~120 之间。FirstName 和 LastName 属性的 set 访问器要求，传递的值非空。Age 属性的 set 访问器定义了一个后置条件，要求传递的值在 0~120 之间。





可从  
wrox.com  
下载源代码

```
[ContractClassFor(typeof(IPerson))]
public sealed class PersonContract : IPerson
{
    string IPerson.FirstName
    {
        [Pure] get { return Contract.Result<String>(); }
        set { Contract.Requires(value != null); }
    }
    string IPerson.LastName
    {
        [Pure] get { return Contract.Result<String>(); }
        set { Contract.Requires(value != null); }
    }
    int IPerson.Age
    {
        [Pure]
        get
        {
            Contract.Ensures(Contract.Result<int>() >= 0 &&
                Contract.Result<int>() < 121);
            return Contract.Result<int>();
        }
        set
        {
            Contract.Requires(value >= 0 && value < 121);
        }
    }
    void IPerson.ChangeName(string firstName, string lastName)
    {
        Contract.Requires(firstName != null);
        Contract.Requires(lastName != null);
    }
}
```

代码段 [CodeContractsSamples/PersonContracts](#)

现在实现 `IPerson` 接口的类必须满足所有的协定要求。`Person` 类是满足协定的接口的一个简单实现。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
public class Person : IPerson
{
    public Person(string firstName, string lastName)
    {
        this.FirstName = firstName;
        this.LastName = lastName;
    }

    public string FirstName { get; private set; }
    public string LastName { get; private set; }
    public int Age { get; set; }

    public void ChangeName(string firstName, string lastName)
    {
        this.FirstName = firstName;
        this.LastName = lastName;
    }
}
```

代码段 CodeContractsSamples/Person.cs

使用 Person 类时，也必须满足协定。例如，不允许给属性赋予空值：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
var p = new Person { FirstName = "Tom", LastName = null }; // contract error
```

代码段 CodeContractsSamples/Program.cs

也不允许给 Age 属性赋予无效值：

```
var p = new Person { FirstName = "Tom", LastName = "Turbo" };  
p.Age = 133; // contract error
```

## 19.2 跟踪

利用跟踪功能可以从正在运行的应用程序中查看消息。为了获得关于正在运行的应用程序的信息，可以在调试器中启动应用程序。在调试过程中，可以单步执行应用程序，在特定的代码行上设置断点，并在满足某些条件时设置断点。调试的问题是包含发布代码的程序与包含调试代码的程序以不同的方式运行。例如，程序在断点处停止运行时，应用程序的其他线程也会挂起。另外，在发布版本中，编译器生成的输出进行了优化，因此会产生不同的效果。此时也需要从发布版本中获得信息。跟踪消息要写入调试代码和发布代码中。

下面的场景描述了跟踪功能的作用。在部署应用程序后，它运行在一个系统中时没有问题，而在另一个系统上很快出现了问题。在出问题的系统上打开详细的跟踪功能，就会获得应用程序中所出现问题的详细信息。在运行时没有问题的系统上，将跟踪功能配置为把错误消息重定向到 Windows 事件日志系统中。系统管理员会查看重要的错误，跟踪功能的系统开销非常小，因为仅在需要时配置跟踪级别。

跟踪体系架构有 4 个主要部分：

- 源是跟踪信息的源头，使用源可以发送跟踪消息。
- 开关定义了要记录的信息级别。例如，可以只请求错误信息或详细的信息。
- 跟踪侦听器定义了写入跟踪消息的位置。
- 侦听器可以有关联的筛选器。筛选器定义了侦听器应写入哪些跟踪消息。这样，就可以给同一个源头使用不同的侦听器，写入不同级别的信息。

图 19-2 显示了主要的跟踪类和它们在 Visual Studio 类图中的连接方式。TraceSource 类使用一个开关来定义要记录的信息。TraceSource 类有一个相关联的 TraceListenerCollection 类，它指定写入跟踪消息的位置。该集合由 TraceListener 对象组成，每个侦听器都连接到一个 TraceFilter 类。

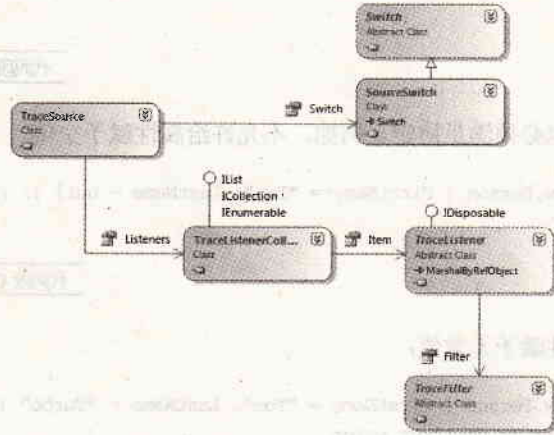


图 19-2

有几种 .NET 技术使用跟踪源，只需打开跟踪源，就能看到发生了什么情况。例如，此外，WPF 定义的源有 System.Windows.Data、System.Windows.RoutedEvent、System.Windows.Markup、System.Windows.Media.Animation。而在 WPF 中，打开跟踪功能时，不仅需要配置侦听器，还要在 HKEY\_CURRENT\_USER\Software\Microsoft\Tracing\WPF 注册键中把一个新的 DWORD 设置为 ManagedTracing，其值设置为 1。

System.Net 名称空间中的类使用跟踪源 System.Net，WCF 使用跟踪源 System.ServiceModel 和 System.ServiceModel.MessageLogging。关于 WCF 跟踪的内容参见第 43 章。

### 19.2.1 跟踪源

用 TraceSource 类可以写入跟踪消息。跟踪需要编译器设置的 Trace 标志。在 Visual Studio 项目中，Trace 标志在调试版本和发布版本中已进行了默认设置，但可以通过项目的 Build 属性修改它。

与写入跟踪消息的 Trace 相比，TraceSource 类较难使用，但它提供的选项较多。

要写入跟踪消息，需要创建一个新的 TraceSource 实例。在构造函数中，定义了跟踪源的名称。TraceInformation() 方法在跟踪输出中写入一条信息型消息。TraceEvent() 方法不只写入信息型消息，还需要一个 TraceEventType 类型的枚举值，来定义跟踪消息的类型。TraceEventType.Error 把消息指定为一条错误消息。可以用跟踪开关将它定义为只查看错误消息。TraceEvent() 方法的第二个参数需要一个标识符。ID 可以用于应用程序自身。例如，可以使用 id 1 进入某个方法，用 id 2 退出某个方法。因为 TraceEvent() 方法是重载的，所以只需要 TraceEventType 和 ID 这两个参数。使用重载方法的第 3 个参数，可以传递写入跟踪输出的消息。TraceEvent() 方法还可以传递格式字符串和任意数量的参数，其方式与 Console.WriteLine() 方法相同。TraceInformation() 方法只是调用标识符为 0 的 TraceEvent() 方法。TraceInformation() 方法是 TraceEvent() 方法的一个简化版本。在 TraceData() 方法中，

可以传递任意对象，例如，异常实例，来替代消息。要确保数据由侦听器写入，且不存储在内存中，就需要执行 Flush() 方法。如果不再需要跟踪源，就可以调用 Close() 方法，它关闭与跟踪源相关的所有侦听器。Close() 方法也会执行 Flush() 方法。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
public class Program
{
    internal static TraceSource trace =
        new TraceSource("Wrox.ProCSharp.Instrumentation");

    static void TraceSourceDemo1()
    {
        trace.TraceInformation("Info message");

        trace.TraceEvent(TraceEventType.Error, 3, "Error message");
        trace.TraceData(TraceEventType.Information, 2, "data1", 4, 5);
        trace.Flush();
        trace.Close();
    }
}
```

代码段 TracingDemo/Program.cs



可以在应用程序中使用不同的跟踪源。为不同的库定义不同的跟踪源，这样就可以为应用程序的不同部分打开不同的跟踪级别。要使用跟踪源，必须知道它的名称。跟踪源的常用名称与程序集的名称相同。

TraceEventType 枚举作为一个参数传递给 TraceEvent() 方法，该枚举定义了下面的级别，来指定问题的严重程度：Verbose、Information、Warning、Error 和 Critical。Critical 定义了致命错误或使应用程序崩溃的错误；Error 表示可恢复的错误。Verbose 级别的跟踪消息可给出详细的调试信息。TraceEventType 还定义了操作级别：Start、Stop、Suspend 和 Resume。这些级别在逻辑操作中定义了及时事件。

代码在编写时没有显示任何跟踪消息，因为与跟踪源相关的开关是关闭的。

## 19.2.2 跟踪开关

要启用或禁用跟踪消息，可以配置一个跟踪开关。跟踪开关是派生自抽象基类 Switch 的类。派生类是 BooleanSwitch、TraceSwitch 和 SourceSwitch。BooleanSwitch 类可以打开和关闭，其他两个类提供了由 SourceLevels 枚举定义的范围级别。要配置跟踪开关，必须知道与 SourceLevel 枚举相关的值。SourceLevels 定义的值有 Off、Error、Warning、Info 和 Verbose。

设置 TraceSource 类的 Switch 属性，可以用编程方式关联跟踪开关。这里关联的开关是 SourceSwitch 类型，其名称是 Wrox.ProCSharp.Instrumentation，级别为 Verbose。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
internal static SourceSwitch traceSwitch =
    new SourceSwitch("Wrox.ProCSharp.Instrumentation")
    { Level = SourceLevels.Verbose };
internal static TraceSource trace =
    new TraceSource("Wrox.ProCSharp.Instrumentation")
    { Switch = traceSwitch };
```

代码段 TracingDemo/Program.cs

把级别设置为 **Verbose**，表示应写入所有的跟踪消息。如果把值设置为 **Error**，就应只显示错误消息。把值设置为 **Information**，表示显示错误、警告和信息型消息。在 **Output** 窗口中运行调试器，再次写入跟踪消息，就可以看到这些消息。

通常，要改变开关级别，而不希望重新编译应用程序，则最好只改变配置。跟踪源可以在应用程序配置文件中配置。跟踪的配置在 `<system.diagnostics>` 元素中完成。跟踪源在 `<source>` 元素中定义为 `<sources>` 的一个子元素。配置文件中跟踪源的名称必须精确匹配程序代码中跟踪源的名称。这里跟踪源的开关类型是 `System.Diagnostics.SourceSwitch`，名称是 `MySourceSwitch`。该开关在 `<switches>` 部分中定义，开关的级别设置为 **Verbose**。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8" ?>
<configuration>
  <system.diagnostics>
    <sources>
      <source name="Wrox.ProCSharp.Instrumentation" switchName="MySourceSwitch"
        switchType="System.Diagnostics.SourceSwitch" />
    </sources>
    <switches>
      <add name="MySourceSwitch" value="Verbose"/>
    </switches>
  </system.diagnostics>
</configuration>
```

代码段 `TracingDemo/App.config`

现在，要修改跟踪级别，只需修改配置文件，而无需重新编译代码。修改配置文件后，必须重新启动应用程序。

在调试会话中运行时，当前的跟踪消息只写入 **Visual Studio** 的 **Output** 窗口中。添加跟踪侦听器可以改变这种情况。

### 19.2.3 跟踪侦听器

默认情况下，把跟踪信息写入 **Visual Studio** 调试器的 **Output** 窗口中。只要改变应用程序的配置，就可以将跟踪输出重定向到不同的位置。

跟踪信息应写入什么位置由跟踪侦听器确定。跟踪侦听器派生自抽象基类 `TraceListener`。**.NET** 包含的几个跟踪侦听器会把跟踪事件写入不同的目标位置。对于基于文件的跟踪侦听器，使用基类 `TextWriterTraceListener`，写入 XML 文件的派生类 `XmlWriterTraceListener`，以及写入有分隔符的文件的派生类 `DelimitedListTraceListener`。写入事件日志可使用 `EventLogTraceListener` 类或 `EventProviderTraceListener` 类来完成。`EventProviderTraceListener` 类使用自 **Windows Vista** 以来新增的事件文件格式。还可以合并 **Web** 跟踪和 **System.Diagnostics** 跟踪功能，使用 `WebPageTraceListener` 把 **System.Diagnostics** 跟踪信息也写入 **Web** 跟踪文件 `trace.axd` 中。

**.NET Framework** 发布了许多可写入跟踪信息的侦听器。如果侦听器不满足用户的需要，就可以从基类 `TraceListener` 中派生一个类，从而创建自定义侦听器。使用自定义侦听器，可以将跟踪信息写入 **Web** 服务，将消息写入手机等。其实手机在闲暇时间接收到数百条消息并没有那么有趣。使用 **Verbose** 跟踪级别，这会变得相当昂贵。

创建一个侦听器对象，并将它赋予 `TraceSource` 类的 `Listeners` 属性，就可以用编程方式配置跟

踪侦听器。但是，只改变配置，就定义另一个侦听器会比较有趣。

可以把侦听器配置为<source>元素的子元素。在侦听器中，可以定义侦听器类的类型，并使用 initializeData 指定侦听器的输出应写入什么位置。这里的配置将 XmlWriterTraceListener 类定义为写入 demotrace.xml 文件中，并将 DelimitedListTraceListener 类定义为写入 demotrace.txt 文件中。



```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8" ?>
<configuration>
  <system.diagnostics>
    <sources>
      <source name="Wrox.ProCSharp.Tracing" switchName="MySourceSwitch"
        switchType="System.Diagnostics.SourceSwitch">
        <listeners>
          <add name="xmlListener"
            type="System.Diagnostics.XmlWriterTraceListener"
            traceOutputOptions="None"
            initializeData="c:/logs/mytrace.xml" />
          <add name="delimitedListener" delimiter=":"
            type="System.Diagnostics.DelimitedListTraceListener"
            traceOutputOptions="DateTime, ProcessId"
            initializeData="c:/logs/mytrace.txt" />
        </listeners>
      </source>
    </sources>
    <switches>
      <add name="MySourceSwitch" value="Verbose"/>
    </switches>
  </system.diagnostics>
</configuration>
```

代码段 TracingDemo/App.config

在侦听器中，还可以指定把哪些额外信息写入跟踪日志中。这些信息和 XML 特性 traceOutputOptions 一起由 TraceOptions 枚举定义。该枚举定义了 Callstack、DateTime、LogicalOperationStack、ProcessId、ThreadId 和 None。需要的信息可以用逗号分隔符添加到 XML 特性 traceOutputOptions 中，如带分隔符的跟踪侦听器所示。

下面是 DelimitedListTraceListener 类中带分隔符的文件输出，包括进程 ID 和日期/时间：

```
"Wrox.ProCSharp.Instrumentation":Information:0:"Info message"::
  5288:"::"2009-10-11T10:35:55.8479950Z"::
"Wrox.ProCSharp.Instrumentation":Error:3:"Error message"::5288:"::"
  "2009-10-11T10:35:55.8509257Z"::
"Wrox.ProCSharp.Instrumentation":Information:2::
  "data1", "4", "5":5288:"::"2009-10-11T10:35:55.8519026Z"::
```

XmlWriterTraceListener 类中的 XML 输出总是包含计算机名、进程 ID、线程 ID、消息、创建时间、源和活动 ID。其他字段，如调用栈、逻辑操作栈、时间戳等，都依赖于跟踪输出选项。



可以使用 XmlDocument 类和 XPathNavigator 类分析 XML 文件中的内容。这些类详见第 33 章。

如果侦听器应由多个跟踪源使用，就可以将侦听器配置添加到<sharedListeners>元素中，它独立于跟踪源。配置为共享侦听器的侦听器名称必须从跟踪源的侦听器中引用：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8" ?>
<configuration>
  <system.diagnostics>
    <sources>
      <source name="Wrox.ProCSharp.Tracing" switchName="MySourceSwitch"
        switchType="System.Diagnostics.SourceSwitch">
        <listeners>
          <add name="xmlListener"
            type="System.Diagnostics.XmlWriterTraceListener"
            traceOutputOptions="None"
            initializeData="c:/logs/mytrace.xml" />
          <add name="delimitedListener" />
        </listeners>
      </source>
    </sources>
    <sharedListeners>
      <add name="delimitedListener" delimiter=":"
        type="System.Diagnostics.DelimitedListTraceListener"
        traceOutputOptions="DateTime, ProcessId"
        initializeData="c:/logs/mytrace.txt" />
    </sharedListeners>
    <switches>
      <add name="MySourceSwitch" value="Verbose"/>
    </switches>
  </system.diagnostics>
</configuration>
```

代码段 TracingDemo/app.config

### 19.2.4 筛选器

每个侦听器都有一个 Filter 属性，它定义了侦听器是否应写入跟踪消息。例如，多个侦听器可以与同一个跟踪源一起使用。其中一个侦听器将详细消息写入日志文件中，另一个侦听器将错误消息写入事件日志中。在侦听器写入跟踪信息之前，调用相关筛选器对象的 ShouldTrace()方法，确定是否应写入跟踪信息。

筛选器是派生自抽象基类 TraceFilter 的类。NET 4 提供了两个已实现的筛选器：SourceFilter 和 EventTypeFilter。使用 SourceFilter 筛选器，可以指定只从特定的源中写入跟踪信息。EventTypeFilter 筛选器是对开关功能的扩展。使用开关，可以根据跟踪的严重程度，确定事件源是否应将跟踪消息写入侦听器中。如果写入跟踪消息，侦听器就可以使用筛选器确定是否应写入该消息。

改变的配置现在确定，只有严重程度为警告或更高，带分隔符的侦听器才应写入跟踪消息，因为定义了 EventTypeFilter 筛选器。XML 侦听器指定了 SourceFilter 筛选器，只接收源 Wrox.ProCSharp.Tracing 中的跟踪消息。如果定义了大量跟踪源，以便将跟踪消息写入同一个侦听器中，就可以修改该侦听器的配置，只处理指定源中的跟踪消息。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8" ?>
<configuration>
  <system.diagnostics>
    <sources>
```

```

<source name="Wrox.ProCSharp.Tracing" switchName="MySourceSwitch"
  switchType="System.Diagnostics.SourceSwitch">
  <listeners>
    <add name="xmlListener" />
    <add name="delimitedListener" />
  </listeners>
</source>
</sources>
<sharedListeners>
  <add name="delimitedListener" delimiter=":"
    type="System.Diagnostics.DelimitedListTraceListener"
    traceOutputOptions="DateTime, ProcessId"
    initializeData="c:/logs/mytrace.txt">
    <filter type="System.Diagnostics.EventTypeFilter"
      initializeData="Warning" />
  </add>
  <add name="xmlListener"
    type="System.Diagnostics.XmlWriterTraceListener"
    traceOutputOptions="None"
    initializeData="c:/logs/mytrace.xml">
    <filter type="System.Diagnostics.SourceFilter"
      initializeData="Wrox.ProCSharp.Instrumentation" />
  </add>
</sharedListeners>
<switches>
  <add name="MySourceSwitch" value="Verbose"/>
</switches>
</system.diagnostics>
</configuration>

```

代码段 TracingDemo/App.config

跟踪体系结构可以扩展。可以编写一个派生自 `TraceListener` 基类的自定义侦听器，同样，也可以创建一个派生自 `TraceFilter` 的自定义筛选器。因此，可以创建一个筛选器，根据时间、以后发生的异常或天气，指定写入跟踪消息。

## 19.2.5 相关性

在跟踪日志中，可以用几种方式查看不同方法的关系。要查看跟踪事件的调用栈，只需进行一个配置，就可以用 XML 侦听器跟踪调用栈。还可以定义一个能在日志消息中显示的逻辑调用栈。也可以定义活动，以映射跟踪消息。

为了显示调用栈和带跟踪消息的逻辑调用栈，可以把 `XmlWriterTraceListener` 类配置为对应的 `traceOutputOptions`。MSDN 文档给出了可以配置为通过这个侦听器进行跟踪的所有其他选项的详细内容。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

<sharedListeners>
  <add name="xmlListener" type="System.Diagnostics.XmlWriterTraceListener"
    traceOutputOptions=" LogicalOperationStack, Callstack "
    initializeData="c:/logs/mytrace.xml">
  </add>
</sharedListeners>

```

代码段 TracingDemo/App.config



为了查看相关性和逻辑调用栈，可在 Main()方法中设置 ActivityID 属性，把一个新的活动 ID 赋予 CorrelationManager。TraceEventType.Start 和 TraceEventType.Stop 类型的事件在 Main()方法的开始和结束时触发。另外，使用 StartLogicalOperation()和 StopLogicalOperation()方法分别启动和停止一个逻辑操作“Main”。



```
static void Main()
{
    // start a new activity
    if (Trace.CorrelationManager.ActivityId == Guid.Empty)
    {
        Guid newGuid = Guid.NewGuid();
        Trace.CorrelationManager.ActivityId = newGuid;
    }
    trace.TraceEvent(TraceEventType.Start, 0, "Main started");

    // start a logical operation
    Trace.CorrelationManager.StartLogicalOperation("Main");

    TraceSourceDemol();
    StartActivityA();
    Trace.CorrelationManager.StopLogicalOperation();
    Thread.Sleep(3000);
    trace.TraceEvent(TraceEventType.Stop, 0, "Main stopped");
}
```

代码段 TracingDemo/App.config

在 Main()方法中调用的 StartActivityA()方法会把 CorrelationManager 的 ActivityId 设置为一个新的 GUID，以新建一个活动。在该活动停止之前，把 CorrelationManager 的 ActivityId 重置为以前的值。这个方法调用 Foo()方法，并用 Task.Factory.StartNew()方法新建一个任务。创建了这个任务后，就可以查看不同的线程如何显示在跟踪查看器中。

任务可参见第 20 章。

```
private static void StartActivityA()
{
    Guid oldGuid = Trace.CorrelationManager.ActivityId;
    Guid newActivityId = Guid.NewGuid();
    Trace.CorrelationManager.ActivityId = newActivityId;

    Trace.CorrelationManager.StartLogicalOperation("StartActivityA");

    trace.TraceEvent(TraceEventType.Verbose, 0,
        "starting Foo in StartNewActivity");
    Foo();

    trace.TraceEvent(TraceEventType.Verbose, 0,
        "starting a new task");
    Task.Factory.StartNew(WorkForATask);

    Trace.CorrelationManager.StopLogicalOperation();
    Trace.CorrelationManager.ActivityId = oldGuid;
}
```

从 `StartActivityA()` 方法内部启动的 `Foo()` 方法启动了一个新的逻辑操作。逻辑操作 `Foo` 在逻辑操作 `StartActivityA` 内部启动。

```
private static void Foo()
{
    Trace.CorrelationManager.StartLogicalOperation("Foo operation");

    trace.TraceEvent(TraceEventType.Verbose, 0, "running Foo");

    Trace.CorrelationManager.StopLogicalOperation();
}
```

在 `StartActivityA()` 方法内部创建的任务运行 `WorkForATask()` 方法。这里仅把包含启动、停止信息和详细信息的跟踪事件写入跟踪日志中。

```
private static void WorkForATask()
{
    trace.TraceEvent(TraceEventType.Start, 0, "WorkForATask started");

    trace.TraceEvent(TraceEventType.Verbose, 0, "running WorkForATask");

    trace.TraceEvent(TraceEventType.Stop, 0, "WorkForATask completed");
}
```

为了分析跟踪信息，可以启动服务跟踪查看器工具 `svctraceviewer.exe`。这个工具主要用于分析 WCF 跟踪，但它也可以用于分析用 `XmlWriterTraceListener` 类写入的任何跟踪信息。图 19-3 显示了 Activity 屏幕中的活动，每个活动都在右边的屏幕上显示了事件。选择一个事件时，可以把显示器设置为在 XML 或格式化的视图中显示完整的消息。在格式化的视图中，基本信息、应用程序数据、逻辑操作栈和调用栈都进行了很好的格式化。

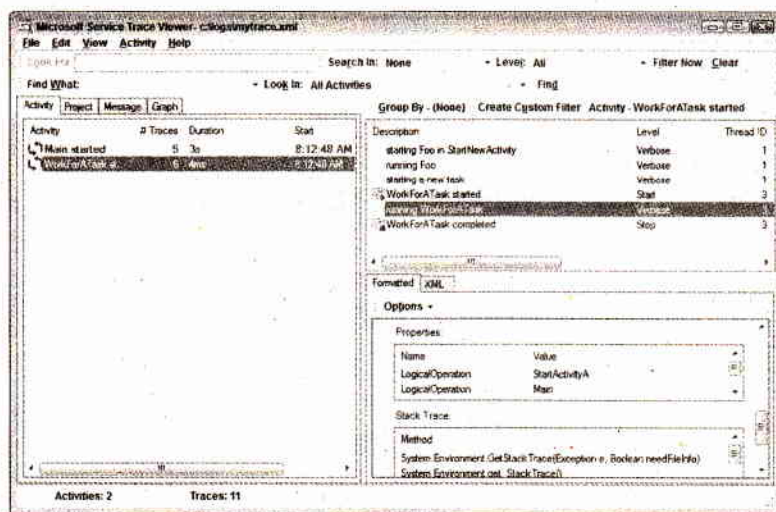


图 19-3

图 19-4 显示了图形视图，其中不同的进程或线程可以选择性地显示在各自的泳道中。用 `TaskFactory` 类新建线程时，会显示第二个区域，以选择线程视图。

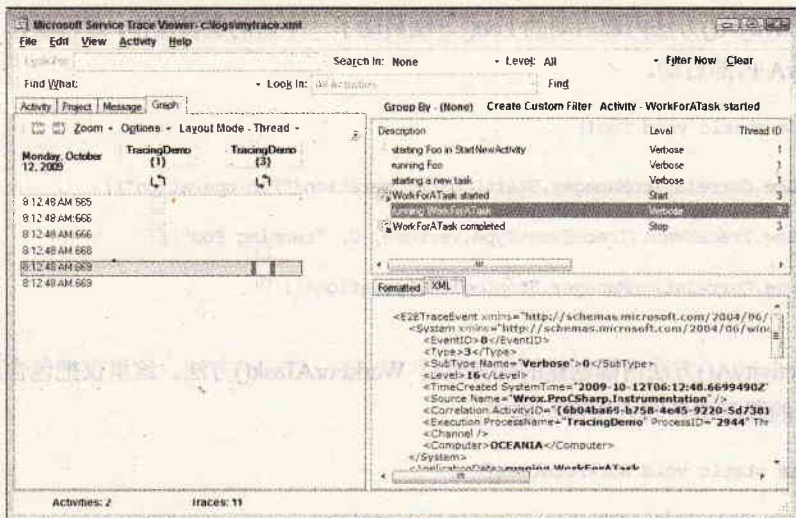


图 19-4

### 19.3 事件日志

系统管理员使用事件查看器获得关于系统和应用程序正常运行的重要消息和信息型消息。应将应用程序的错误消息写入事件日志，从而可以用事件查看器读取这些信息。

如果配置了 `EventLogTraceListener` 类，跟踪消息就可以写入事件日志中。`EventLogTraceListener` 类有一个与之相关联的 `EventLog` 对象，可以方便写入事件日志项。也可以直接使用 `EventLog` 类读写事件日志。

本节介绍如下内容：

- 事件日志体系结构
- `System.Diagnostics` 名称空间中用于事件日志的类
- 在服务和其他应用程序类型中添加事件日志
- 用 `EventLog` 类的 `EnableRaisingEvents` 属性创建事件日志侦听器
- 使用资源文件定义消息

图 19-5 显示了使用分布式 COM 访问失败的一个日志项。



图 19-5

对于自定义事件日志，可以使用 `System.Diagnostics` 名称空间中的类。

### 19.3.1 事件日志体系结构

事件日志信息存储在几个日志文件中。最重要的日志文件是应用程序、安全性和系统日志文件。查看事件日志服务的注册表配置，会注意到 `HKEY_LOCAL_MACHINE\System\CurrentControlSet\Services\Eventlog` 下的几项带有指向特定文件的配置。系统日志文件用于系统驱动程序和设备驱动程序。应用程序和服务则将事件写入应用程序日志中。安全性日志是应用程序的只读日志。操作系统的审计功能使用安全性日志。每个应用程序还可以创建自定义类别和日志文件，在其中写入事件日志项。例如，`Media Center` 就可以这么做。

使用管理工具“事件查看器”就可以读取这些事件。要启动事件查看器，可以直接在 `Visual Studio` 的 `Server Explorer` 窗口中右击 `Event Logs` 项，从弹出的上下文菜单中选择 `Launch Event Viewer` 命令。事件查看器如图 19-6 所示。

在事件日志中，可以看到如下信息：

- **类型**——该类型可以是 `Information`、`Warning` 或 `Error`。`Information` 是不常成功的操作；`Warning` 表示不太重要的问题；`Error` 表示重要问题。其他类型有 `FailureAudit` 和 `SuccessAudit`，但这些类型仅用于安全性日志。
- **日期**——`Date and Time` 显示事件发生的日期和时间。
- **源**——`Source` 是记录事件的软件的名称。应用程序日志的源在如下注册表键中配置：

```
HKEY_LOCAL_MACHINE\System\CurrentControlSet\Services\Eventlog\Application\
[ApplicationName]
```

在这个键下，`EventMessageFile` 的值配置为指向一个源 DLL，该 DLL 保存了错误消息。

- **事件 ID**——`Event` 标识符指定某条事件消息。
- **类别**——`Category` 可以定义为允许在使用 `Event Viewer` 时筛选事件日志。类别可以通过事件源来定义。

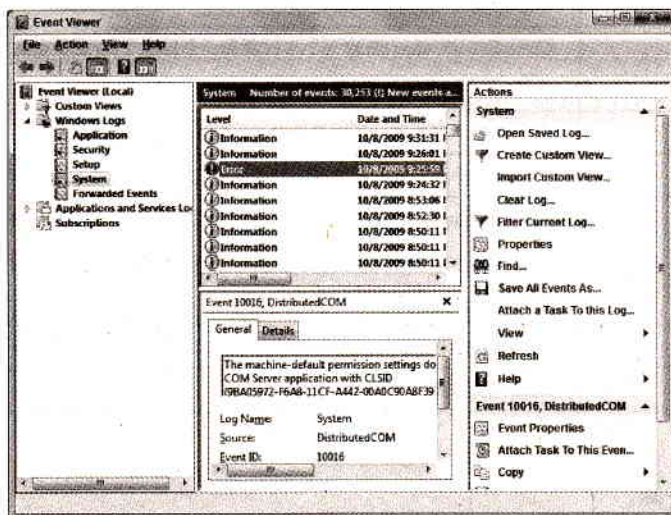


图 19-6

### 19.3.2 事件日志类

写入事件日志时，可以使用两个不同的 Windows API。在 Windows Vista 发布后可用的一个 API 由 System.Diagnostics.Eventing 名称空间中的类封装，另一个封装类在 System.Diagnostics 名称空间中。

System.Diagnostics 名称空间中的一些类用于事件日志，如表 19-1 所示。

表 19-1

类	说明
EventLog	使用 EventLog 类可以读写事件日志中的项，并非为事件源建立应用程序
EventLogEntry	EventLogEntry 类表示事件日志中的唯一一项。使用 EventLogEntryCollection 类可以遍历 EventLogEntry 项
EventLogInstaller	EventLogInstaller 类是 EventLog 组件的安装程序。EventLogInstaller 类调用 EventLog.CreateEventSource()方法创建事件源
EventLogTraceListener	使用 EventLogTraceListener 类有助于把跟踪信息写入事件日志中。这个类实现了抽象类 TraceListener

事件日志的核心是 EventLog 类。这个类的成员如表 19-2 所示。

表 19-2

EventLog 类的成员	说明
Entries	使用 Entries 属性可以读取事件日志。Entries 属性返回一个 EventLogEntryCollection，它包含的 EventLogEntry 对象存储了事件的相关信息。不需要调用 Read()方法。只要访问这个属性，就会填充该集合
Log	使用 Log 属性可指定用于读写事件日志的记录
LogDisplayName	LogDisplayName 是一个只读属性，返回日志的显示名称
MachineName	使用 MachineName 可以指定在哪个系统上读写日志项
Source	Source 属性指定要写入日志项的源
CreateEventSource()	CreateEventSource()新建一个事件源和一个日志文件(如果在该方法中指定了新的日志文件)
DeleteEventSource()	要删除一个事件源，可以调用 DeleteEventSource()方法
SourceExists()	在创建事件源之前，可以使用这个元素验证该源是否已存在
WriteEntry() WriteEvent()	用 WriteEntry()或 WriteEvent()方法可以写入事件日志项。WriteEntry()方法比较简单，只需传递一个字符串即可。WriteEvent()方法比较灵活，因为用户可以使用独立于应用程序的消息文件，还可以支持本地化
Clear()	Clear()方法删除事件日志中的所有项
Delete()	Delete()方法删除一个完整的事件日志

### 19.3.3 创建事件源

在写入事件之前，必须创建一个事件源。为此，可以使用 EventLog 类或 EventLogInstaller 类的 CreateEventSource()方法。在创建事件源时需要管理员权限，所以最好用一个安装程序定义新事件源。



第 17 章介绍了如何创建安装程序。

下面的例子验证了事件日志源 `EventLogDemoApp` 已存在。如果它不存在，就实例化一个 `EventSourceCreationData` 类型的对象，该对象定义源名 `EventLogDemoApp` 和日志名 `ProCSharpLog`。这里，该源的所有事件都写入 `ProCSharpLog` 事件日志。默认为应用程序日志。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
string logName = "ProCSharpLog";
string sourceName = "EventLogDemoApp";

if (!EventLog.SourceExists(sourceName))
{
    var eventSourceData = new EventSourceCreationData(sourceName,
        logName);

    EventLog.CreateEventSource(eventSourceData);
}
```

代码段 `EventLogDemo/Program.cs`

事件源的名称是写入事件的应用程序的标识符。系统管理员在读取日志时，该信息有助于识别事件日志项，将它们映射到应用程序类别上。事件日志源的名称包括：如用于性能监控器的 `LoadPerf`，用于 Microsoft SQL Server 的 `MSSQLSERVER`，用于 Windows 安装程序的 `MsiInstaller`，以及 `Winlogon`、`Tcpip`、`TimeService` 等。

为事件日志设置名称 `Application`，会把事件日志项写入应用程序日志中。也可以创建自己的日志，方法是指定不同的应用程序日志名。日志文件位于 `<windows>\System32\WinEvt\Logs` 目录中。

使用 `EventSourceCreationData`，还可以为事件日志指定更多的特性，如表 19-3 所示。

表 19-3

EventSourceCreationData	说 明
Source	Source 属性可获取或设置事件源的名称
LogName	LogName 属性定义了事件日志项写到什么日志中。默认为应用程序日志
MachineName	使用 MachineName 属性可以定义读写日志项的系统
CategoryResourceFile	使用 CategoryResourceFile 属性可以定义类别的资源文件。类别有助于筛选单一源中的事件日志项
CategoryCount	CategoryCount 属性定义了类别资源文件中的类别个数
MessageResourceFile	除了指定程序中应写入事件日志中的消息之外该程序用来写入事件；消息还可以在一个资源文件中定义，该文件由 MessageResourceFile 属性指定。该资源文件中的信息是可以本地化的
ParameterResourceFile	资源文件中的消息可以带参数。参数可以用一个资源文件中定义的字符串替代，该资源文件由 ParameterResourceFile 属性指定

### 19.3.4 写入事件日志

要写入事件日志项，可以使用 `EventLog` 类的 `WriteEntry()` 或 `WriteEvent()` 方法。`EventLog` 类有一

一个静态方法 `WriteEntry()` 和一个实例方法 `WriteEntry()`。静态方法 `WriteEntry()` 的参数是事件源。该源也可以用 `EventLog` 类的构造函数设置。在下面的构造函数中，定义了日志名、本地计算机和事件源名。接着将消息作为 `WriteEntry()` 方法的第一个参数，写入 3 个事件日志项。`WriteEntry()` 方法是重载版本。指定的第二个参数是 `EventLogEntryType` 类型的枚举。使用 `EventLogEntryType` 类型，可以指定事件日志项的严重程度。其值可以是 `Information`、`Warning` 和 `Error`，以及用于审计的 `FailureAudit` 和 `SuccessAudit`。根据该类型，在 `Event Viewer` 窗口中会显示不同的图标。第 3 个参数指定与应用程序相关的事件 ID，它可以由应用程序使用。另外，还可以传递与应用程序相关的二进制数据和类别。



```
using (var log = new EventLog(logName, ".", sourceName))
{
    log.WriteEntry("Message 1");
    log.WriteEntry("Message 2", EventLogEntryType.Warning);
    log.WriteEntry("Message 3", EventLogEntryType.Information, 33);
}
```

代码段 `EventLogDemo/Program.cs`

### 19.3.5 资源文件

除了在 C# 代码中为事件日志定义消息，把它传递给 `WriteEntry()` 方法之外，还可以创建消息资源文件，在该资源文件中定义消息，将消息的标识符传递给 `WriteEvent()` 方法。资源文件还支持本地化。



消息资源文件是本地资源文件，它与 .NET 资源文件没有共同之处。NET 资源文件详见第 22 章。

资源文件是一个文本文件，扩展名是 `.mc`。这个文件用于定义消息的语法非常严格。示例文件 `EventLogMessages.mc` 包含 4 个类别，之后是事件消息。每个消息都有一个 ID，它可以由写入日志项的应用程序使用。可以从应用程序中传递的参数在消息文本中用 % 语法定义。



消息文件的语法可参见 MSDN 文档中的“消息文本文件”。



```
; // EventLogDemoMessages.mc
; // *****
; // - Event categories -
; // Categories must be numbered consecutively starting at 1.
; // *****

MessageId=0x1
Severity=Success
SymbolicName=INSTALL_CATEGORY
Language=English
Installation
.

MessageId=0x2
Severity=Success
SymbolicName=DATA_CATEGORY
```

```
Language=English
Database Query
```

```
MessageId=0x3
Severity=Success
SymbolicName=UPDATE_CATEGORY
Language=English
Data Update
```

```
MessageId=0x4
Severity=Success
SymbolicName=NETWORK_CATEGORY
Language=English
Network Communication
```

```
; // - Event messages -
; // *****
```

```
MessageId = 1000
Severity = Success
Facility = Application
SymbolicName = MSG_CONNECT_1000
Language=English
Connection successful.
```

```
MessageId = 1001
Severity = Error
Facility = Application
SymbolicName = MSG_CONNECT_FAILED_1001
Language=English
Could not connect to server %1.
```

```
MessageId = 1002
Severity = Error
Facility = Application
SymbolicName = MSG_DB_UPDATE_1002
Language=English
Database update failed.
```

```
MessageId = 1003
Severity = Success
Facility = Application
SymbolicName = APP_UPDATE
Language=English
Application %%5002 updated.
```

```
; // - Event log display name -
; // *****
```

```
MessageId = 5001
Severity = Success
```



```

Facility = Application
SymbolicName = EVENT_LOG_DISPLAY_NAME_MSGID
Language=English
Professional C# Sample Event Log
.

; // - Event message parameters -
; // Language independent insertion strings
; // *****

MessageId = 5002
Severity = Success
Facility = Application
SymbolicName = EVENT_LOG_SERVICE_NAME_MSGID
Language=English
EventLogDemo.EXE

```

代码段 EventLogDemo/EventLogDemoMessages.mc

使用消息编译器 `mc.exe`，创建一个二进制的消息文件。`mc -s EventLogDemoMessages.mc` 命令会把包含消息的源文件编译为一个扩展名为 `.bin` 的消息文件和 `Messages.rc` 文件，后者包含对二进制消息文件的引用。

```
mc -s EventLogMessages.mc
```

接着，需要使用资源编译器 `rc.exe`。命令 `rc EventLogDemoMessages.rc` 会创建资源文件 `EventLogDemoMessages.Res`：

```
rc EventLogMessages.rc
```

使用链接器，可以把二进制消息文件 `EventLogDemoMessages.RES` 绑定到一个本地 DLL 上。

```
link /DLL /SUBSYSTEM:WINDOWS /NOENTRY /MACHINE:x86 EventLogDemoMessages.Res
```

现在，就可以用下面的代码注册一个事件源，来定义资源文件了。首先检查事件源 `EventLogDemoApp` 是否存在。如果它不存在，就必须创建事件日志。接着验证资源文件是否可用。MSDN 文档中的一些示例说明了如何把消息文件写入 `<windows>\system32` 目录中，但这里不应这么做。把消息 DLL 复制到与程序相关的目录中，该目录可以使用 `SpécialFolder` 枚举的值 `ProgramFiles` 指定。如果需要在多个应用程序中共享消息文件，就可以把它放在 `Enviornment.SpecialFolder.CommonProgramFiles` 中。

如果该文件存在，就实例化 `EventSourceCreationData` 类型的一个新对象。在构造函数中，定义了源的名称和日志的名称。使用 `CatagoryResourceFile`、`MessageResourceFile` 和 `ParameterResourceFile` 属性定义资源文件的引用。在创建了事件源后，就可以使用事件源在注册表中找到资源文件的信息。`CreateEventSource()`方法注册新的事件源和日志文件。最后，`EventLog` 类的 `RegisterDisplayName()`方法指定日志显示在事件查看器中的名称。从消息文件中提取 ID 5001。



如果要删除以前创建的事件源，就可以使用 `EventLog.DeleteEventSource(sourceName)`。要删除日志，可以调用 `EventLog.Delete(logName)`。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

string logName = "ProCSharpLog";
string sourceName = "EventLogDemoApp";
string resourceFile = Environment.GetFolderPath(
    Environment.SpecialFolder.ProgramFiles) +
    @"\prosharp\EventLogDemoMessages.dll";

if (!EventLog.SourceExists(sourceName))
{
    if (!File.Exists(resourceFile))
    {
        Console.WriteLine("Message resource file does not exist");
        return;
    }

    var eventSource = new EventSourceCreationData(sourceName, logName);

    eventSource.CategoryResourceFile = resourceFile;
    eventSource.CategoryCount = 4;
    eventSource.MessageResourceFile = resourceFile;
    eventSource.ParameterResourceFile = resourceFile;
    EventLog.CreateEventSource(eventSource);
}
else
{
    logName = EventLog.LogNameFromSourceName(sourceName, ".");
}

var evLog = new EventLog(logName, ".", sourceName);
evLog.RegisterDisplayName(resourceFile, 5001);

```

代码段 EventLogDemo/Program.cs

现在，可以使用 `WriteEvent()` 方法而不是 `WriteEntry()` 写入事件日志项。`WriteEvent()` 方法需要把一个 `EventInstance` 类型的对象作为参数。使用 `EventInstance` 可以指定消息 ID、类别和 `EventLogEntryType` 类型的严重程度。除 `EventInstance` 参数之外，`WriteEvent()` 方法的参数还允许接收消息的参数，这些消息包含字节数组格式的参数和二进制数据。

```

using (var log = new EventLog(logName, ".", sourceName))
{
    var info1 = new EventInstance(1000, 4,
        EventLogEntryType.Information);

    log.WriteEvent(info1);
    var info2 = new EventInstance(1001, 4,
        EventLogEntryType.Error);
    log.WriteEvent(info2, "avalon");

    var info3 = new EventInstance(1002, 3,
        EventLogEntryType.Error);
    byte[] additionalInfo = { 1, 2, 3 };
    log.WriteEvent(info3, additionalInfo);
}

```



消息标识符可以定义带常量值的类，该值在应用程序中为标识符提供更有意义的名称。

使用事件查看器可以读取事件日志项。

## 19.4 性能监控

性能监控可以用于获取关于应用程序的正常行为的一般信息。性能监控是一个强大的工具，有助于理解系统的工作负载，观察变化和趋势，尤其是运行在服务器上的应用程序。

Microsoft Windows 有许多性能对象，如 System、Memory、Objects、Process、Processor、Thread、Cache 等。这些对象有许多要监控的计数。例如，使用 Process 对象可以监控所有进程实例或特定进程实例的用户时间、句柄数、页面错误、线程数等。一些应用程序，如 SQL Server，还添加了与应用程序相关的对象。

### 19.4.1 性能监控类

System.Diagnostics 名称空间为性能监控提供了如下类：

- PerformanceCounter 类可以用于监控计数和写入计数。还可以使用这个类创建新的性能类别。
- PerformanceCounterCategory 类可以查看所有已有的类别，以及创建新类别。可以以编程方式获得一个类别中的所有计数器。
- PerformanceCounterInstaller 类用于安装性能计数器，它的用法类似于前面讨论的 EventLogInstaller 类。

### 19.4.2 性能计数器生成器

示例应用程序 PerformanceCounterDemo 是一个简单的 Windows 应用程序，它只有两个按钮，用于说明如何编写性能计数。使用一个按钮的处理程序注册性能计数器的类别，使用另一个按钮的处理程序写入性能计数器的值。采用同样的方式，可以在 Windows 服务(参见第 23 章)、网络应用程序(参见第 24 章)和任何其他要接收实时计数的应用程序中添加性能计数器。

使用 Visual Studio，可以创建新的性能计数器类别，具体方法是在 Server Explorer 中选择性能计数器，并在弹出的上下文菜单中选择菜单项 Create New Category 命令。这会启动 Performance Counter Builder(性能计数器生成器)，如图 19-7 所示。



要使用 Visual Studio 创建性能计数器类别，Visual Studio 必须以更高的模式启动。

将性能计数器类别的名称设置为 Wrox Performance Counters。表 19-4 列出了 quote 服务的所有性能计数器。

表 19-4

名 称	说 明	类 型
# of button clicks	按钮单击的总次数#	NumberOfItems32
# of button clicks/sec	一秒内按钮单击次数#	RateOfCountsPerSecond32
# of mouse move events	鼠标移动事件的总数#	NumberOfItems32
# of mouse move events/sec	一秒内鼠标移动事件的总数#	RateOfCountsPerSecond32

Performance Counter Builder 将配置写入性能数据库中。这也可以用 System.Diagnostics 名称空间中的 PerformanceCounterCategory 类的 Create() 方法动态完成。使用 Visual Studio 很容易在以后添加其他系统的安装程序。

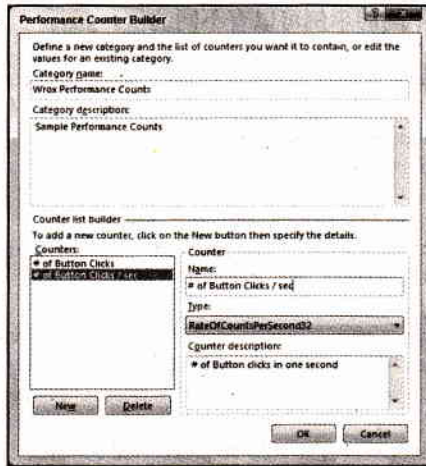


图 19-7

下面的代码段说明了如何以编程方式添加性能类别。使用 Visual Studio 中的工具，只能创建全局的性能类别，该类别不能为运行应用程序的不同进程指定不同的值。以编程方式创建性能类别，可以监控不同应用程序的性能计数，这里就采用这种方式。

首先，给类别名定义一个 const，再定义一个包含性能计数类别名的 SortedList<TKey, TValue>。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
private const string performanceCounterCategoryName = "Wrox Performance Counters";
private SortedList<string, Tuple<string, string>>perfCountNames;
```

代码段 PerformanceCounterDemo/MainWindow.xaml.cs

perfCountNames 变量的列表在 InitializePerformanceCountNames() 方法中填充。有序列表的值定义为 Tuple<string, string>，以确定性能计数器的名称和描述。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
private void InitializePerformanceCountNames()
{
    perfCountNames = new SortedList<string, Tuple<string, string>>();
    perfCountNames.Add("clickCount",
        Tuple.Create("# of button Clicks", "Total # of button clicks"));
    perfCountNames.Add("clickSec",
        Tuple.Create("# of button clicks/sec",
            "# of mouse button clicks in one second"));
    perfCountNames.Add("mouseCount",
        Tuple.Create("# of mouse move events",
            "Total # of mouse move events"));
    perfCountNames.Add("mouseSec",
        Tuple.Create("# of mouse move events/sec",
            "# of mouse move events in one second"));
}
```

代码段 PerformanceCounterDemo/MainWindow.xaml.cs

接着在 `OnRegisterCounts()`方法中创建性能计数器类别。验证该类别不存在后，就创建一个 `CounterCreationData` 数组，用性能计数的类型和名称填充该数组。接着，使用 `PerformanceCounterCategory.Create()`方法创建新类别。`PerformanceCounterCategoryType.MultiInstance`指定这些计数不是全局的，但不同的示例可以有不同的值。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
private void OnRegisterCounts(object sender, RoutedEventArgs e)
{
    if (!PerformanceCounterCategory.Exists(
        performanceCounterCategoryName))
    {
        var counterCreationData = new CounterCreationData[4];
        counterCreationData[0] = new CounterCreationData
        {
            CounterName = perfCountNames["clickCount"].Item1,
            CounterType = PerformanceCounterType.NumberOfItems32,
            CounterHelp = perfCountNames["clickCount"].Item2
        };
        counterCreationData[1] = new CounterCreationData
        {
            CounterName = perfCountNames["clickSec"].Item1,
            CounterType = PerformanceCounterType.RateOfCountsPerSecond32,
            CounterHelp = perfCountNames["clickSec"].Item2,
        };
        counterCreationData[2] = new CounterCreationData
        {
            CounterName = perfCountNames["mouseCount"].Item1,
            CounterType = PerformanceCounterType.NumberOfItems32,
            CounterHelp = perfCountNames["mouseCount"].Item2,
        };
        counterCreationData[3] = new CounterCreationData
        {
            CounterName = perfCountNames["mouseSec"].Item1,
            CounterType = PerformanceCounterType.RateOfCountsPerSecond32,
            CounterHelp = perfCountNames["mouseSec"].Item2,
        };
        var counters =
            new CounterCreationDataCollection(counterCreationData);

        var category = PerformanceCounterCategory.Create(
            performanceCounterCategoryName,
            "Sample Counters for Professional C#",
            PerformanceCounterCategoryType.MultiInstance,
            counters);

        MessageBox.Show(String.Format(
            "category {0} successfully created",
            category.CategoryName));
    }
}
```

代码段 PerformanceCounterDemo/MainWindow.xaml.cs

### 19.4.3 添加 PerformanceCounter 组件

通过 Windows Forms 或 Windows Service 应用程序，可以从工具箱中添加 PerformanceCounter 组件，或者从 Server Explorer 中把该组件拖放到设计界面上。

通过 WPF 应用程序，就不能实现上述操作。但定义性能计数器所需的手工劳动并不多，因为它使用了 InitializePerformanceCounts() 方法。这里，所有性能计数的 CategoryName 都在 const 字符串 performanceCounterCategoryName 中设置，CounterName 在有序列表中设置。由于应用程序要写入性能计数，因此 ReadOnly 属性必须设置为 false。如果所编写的应用程序出于显示目的仅读取性能计数，就可以使用 ReadOnly 属性的默认值 true。PerformanceCounter 对象的 InstanceName 属性设置为应用程序名。如果计数器配置为全局计数，就不能设置 InstanceName 属性。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
private PerformanceCounter performanceCounterButtonClicks;
private PerformanceCounter performanceCounterButtonClicksPerSec;
private PerformanceCounter performanceCounterMouseMoveEvents;
private PerformanceCounter performanceCounterMouseMoveEventsPerSec;

private void InitializePerformanceCounts()
{
    performanceCounterButtonClicks = new PerformanceCounter
    {
        CategoryName = performanceCounterCategoryName,
        CounterName = perfCountNames["clickCount"].Item1,
        ReadOnly = false,
        MachineName = ".",
        InstanceLifetime = PerformanceCounterInstanceLifetime.Process,
        InstanceName = this.instanceName
    };
    performanceCounterButtonClicksPerSec = new PerformanceCounter
    {
        CategoryName = performanceCounterCategoryName,
        CounterName = perfCountNames["clickSec"].Item1,
        ReadOnly = false,
        MachineName = ".",
        InstanceLifetime = PerformanceCounterInstanceLifetime.Process,
        InstanceName = this.instanceName
    };
    performanceCounterMouseMoveEvents = new PerformanceCounter
    {
        CategoryName = performanceCounterCategoryName,
        CounterName = perfCountNames["mouseCount"].Item1,
        ReadOnly = false,
        MachineName = ".",
        InstanceLifetime = PerformanceCounterInstanceLifetime.Process,
        InstanceName = this.instanceName
    };
    performanceCounterMouseMoveEventsPerSec = new PerformanceCounter
    {
        CategoryName = performanceCounterCategoryName,
        CounterName = perfCountNames["mouseSec"].Item1,
        ReadOnly = false,
        MachineName = ".",
        InstanceLifetime = PerformanceCounterInstanceLifetime.Process,
        InstanceName = this.instanceName
    };
}
```

为了计算性能值，需要添加 `clickCountPerSec` 和 `mouseMoveCountPerSec` 字段：

```
public partial class MainWindow : Window
{
    // Performance monitoring counter values
    private int clickCountPerSec = 0;
    private int mouseMoveCountPerSec = 0;
```

给按钮的 `Click` 事件添加事件处理程序，给按钮的 `MouseMove` 事件添加事件处理程序，在处理程序中添加如下代码：

```
private void OnButtonClick(object sender, RoutedEventArgs e)
{
    this.performanceCounterButtonClicks.Increment();
    this.clickCountPerSec++;
}

private void OnMouseMove(object sender, MouseEventArgs e)
{
    this.performanceCounterMouseMoveEvents.Increment();
    this.mouseMoveCountPerSec++;
}
```

`PerformanceCounter` 对象的 `Increment()` 方法给计数器递增 1。如果需要给计数器添加其他信息，例如，添加一个字节的收发计数，就可以使用 `IncrementBy()` 方法。对于显示以秒为单位的值的性能计数，只需递增两个变量 `clickCountPerSec` 和 `mouseMovePerSec`。

为了显示每秒更新后的值，可给 `MainWindow` 的成员添加一个 `DispatcherTimer` 类。

```
private DispatcherTimer timer;
```

这个计时器在构造函数中配置和启动。`DispatcherTimer` 类是 `System.Windows.Threading` 名称空间中的一个计时器。对于非 WPF 应用程序，可以使用第 20 章要讨论的其他计时器。计时器调用的代码在一个匿名方法中指定：

```
public MainWindow()
{
    InitializeComponent();
    InitializePerformanceCountNames();
    InitializePerformanceCounts();
    if (PerformanceCounterCategory.Exists(performanceCounterCategoryName))
    {
        buttonCount.IsEnabled = true;
        timer = new DispatcherTimer(TimeSpan.FromSeconds(1),
            DispatcherPriority.Background,
            delegate
            {
                this.performanceCounterButtonClicksPerSec.RawValue =
                    this.clickCountPerSec;
                this.clickCountPerSec = 0;
                this.performanceCounterMouseMoveEventsPerSec.RawValue =
                    this.mouseMoveCountPerSec;
```

```

        this.mouseMoveCountPerSec = 0;
    },
    Dispatcher.CurrentDispatcher);
timer.Start();
}
}

```

#### 19.4.4 perfmon.exe

现在就可以监控应用程序了。从“管理工具”中可以启动“性能监控器”，在“性能监控器”中，单击工具栏上的“+”按钮，可以添加性能计数。Wrox PerformanceCounts 服务显示为一个性能对象。所有已配置的计数器都显示在计数器列表中，如图 19-8 所示。

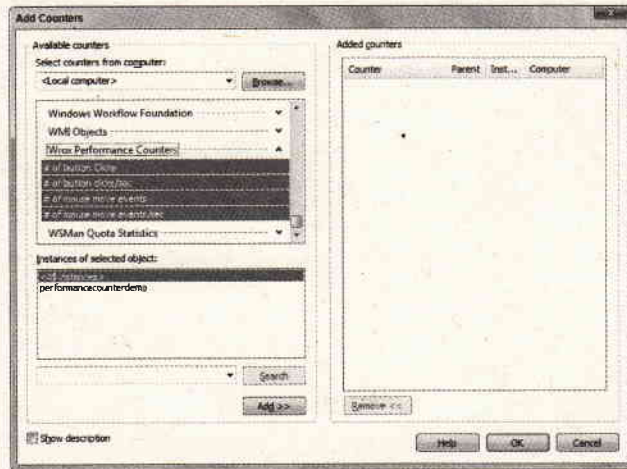


图 19-8

在性能监控器中添加了计数器后，就可以查看服务随时间变化的实际值，如图 19-9 所示。使用这个性能工具，还可以创建日志文件，在以后分析性能。

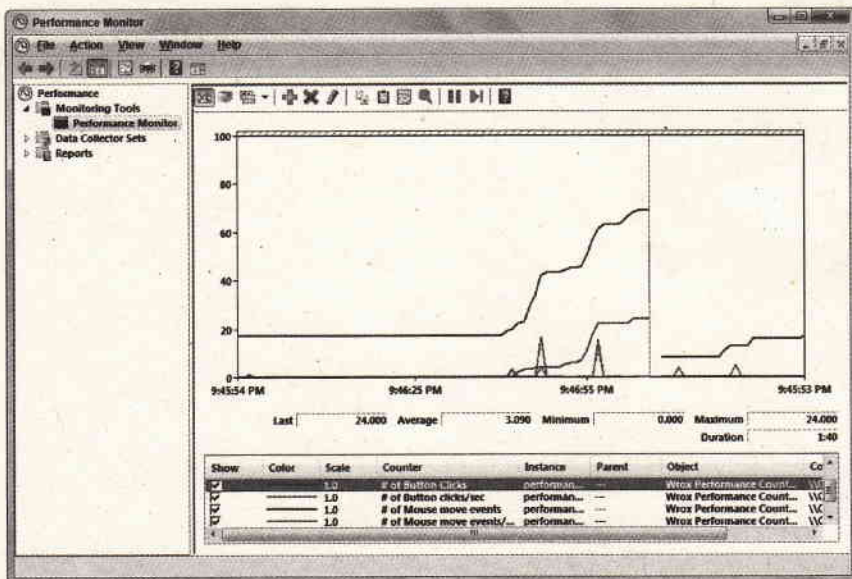


图 19-9



## 19.5 小结

本章介绍了跟踪和日志功能，它们有助于找出应用程序中的中间问题。应尽早规划，把这些功能内置于应用程序中。这可以避免以后的许多故障排除问题。

使用跟踪功能，可以把调试消息写入应用程序，也可以用于最终发布的产品。如果出了问题，就可以修改配置值，从而打开跟踪功能，并找出问题。

事件日志为系统管理员提供信息，帮助找出应用程序的某些严重问题。性能监控有助于分析应用程序的负载，提前规划将来可能需要的资源。

下一章学习如何编写多线程的应用程序。

# 第 20 章

## 线程、任务和同步

### 本章内容:

- 线程概述
- 使用委托的轻型线程
- 线程类和线程池
- 任务
- Parallel 类
- 取消架构
- 线程问题
- 同步技术
- 计时器
- 基于事件的异步模式

使用线程有几个原因。假设从应用程序中进行网络调用需要一定的时间。用户不希望分割用户界面，并且让用户一直等待直到从服务器返回一个响应为止。用户可以同时执行其他一些操作，或者甚至取消发送给服务器的请求。这些都可以使用线程来实现。

对于所有需要等待的操作，例如，因为文件、数据库或网络访问都需要一定的时间，此时就可以启动一个新线程，同时完成其他任务。即使是处理密集型的任务，线程也是有帮助的。一个进程的多个线程可以同时运行在不同的 CPU 上，或多核 CPU 的不同内核上。

还必须注意运行多个线程时的一些问题。它们可以同时运行，但如果线程访问相同的数据，就很容易出问题。必须实现同步机制。

本章介绍用多个线程编写应用程序所需的基础知识。

### 20.1 概述

线程是程序中独立的指令流。使用 C# 编写任何程序时，都有一个入口点：`Main()` 方法。程序从 `Main()` 方法的第一条语句开始执行，直到这个方法返回为止。

这种程序结构非常适合于其中有一个可识别的任务序列的程序，但程序常常需要同时完成多个任务。线程对客户端和服务端应用程序都非常重要。在 Visual Studio 编辑器中输入 C# 代码时，系统会分析代码，用下划线标出遗漏的分号或其他语法错误，这用一个后台线程完成。Microsoft Word

的拼写检查器也会做相同的事。一个线程等待用户输入，而另一个线程进行后台搜索。第3个线程将写入的数据存储在临时文件中，第4个线程从 Internet 上下载其他数据。

运行在服务器上的应用程序中，等待客户请求的线程，称为侦听器线程。只要接收到请求，就把它传递给另一个工作线程，之后继续与客户通信。侦听器线程会立即返回，接收下一个客户发送的下一个请求。

进程包含资源，如 Window 句柄、文件系统句柄或其他内核对象。每个进程都分配了虚拟内存。一个进程至少包含一个线程。操作系统会调度线程。线程有一个优先级、实际上正在处理的程序的位置计数器、一个存储其局部变量的栈。每个线程都有自己的栈，但程序代码的内存和堆由一个进程的所有线程共享。这使一个进程的所有线程之间的通信非常快——该进程的所有线程都寻址相同的虚拟内存。但是，这也使处理比较困难，因为多个线程可以修改同一个内存位置。

进程管理的资源包括虚拟内存和 Window 句柄，其中至少包含一个线程。线程是运行程序所必需的。

## 20.2 异步委托

创建线程的一种简单方式是定义一个委托，并异步调用它。第8章提到，委托是方法的类型安全的引用。Delegate 类还支持异步地调用方法。在后台，Delegate 类会创建一个执行任务的线程。



委托使用线程池来完成异步任务。线程池详见本章后面的内容。

为了说明委托的异步特性，从一个需要一定的时间才能执行完毕的方法开始。TakesAWhile()方法至少需要经过第2个变量传递的毫秒数才能执行完，因为它调用 Thread.Sleep()方法：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
static int TakesAWhile(int data, int ms)
{
    Console.WriteLine("TakesAWhile started");
    Thread.Sleep(ms);
    Console.WriteLine("TakesAWhile completed");
    return ++data;
}
```

代码段 AsyncDelegate/Program.cs

要从委托中调用这个方法，必须定义一个有相同参数和返回类型的委托，如下面的 TakesAWhileDelegate()方法所示：

```
public delegate int TakesAWhileDelegate(int data, int ms);
```

现在可以使用不同的技术异步地调用委托，并返回结果。

### 20.2.1 投票

一种技术是投票，并检查委托是否完成了它的任务。所创建的 Delegate 类提供了 BeginInvoke()

方法，在该方法中，可以传递用委托类型定义的输入参数。`BeginInvoke()`方法总是有 `AsyncCallback` 和 `object` 类型的两个额外参数(稍后讨论)。现在重要的是 `BeginInvoke()`方法的返回类型：`IAsyncResult`。通过 `IAsyncResult`，可以获得该委托的相关信息，并验证该委托是否完成了任务，这是 `IsCompleted` 属性的功劳。只要委托没有完成其任务，程序的主线程就继续执行 `while` 循环。

```
static void Main()
{
    // synchronous method call
    // TakesAWhile(1, 3000);

    // asynchronous by using a delegate
    TakesAWhileDelegate dl = TakesAWhile;

    IAsyncResult ar = dl.BeginInvoke(1, 3000, null, null);
    while (!ar.IsCompleted)
    {
        // doing something else in the main thread
        Console.WriteLine(".");
        Thread.Sleep(50);
    }
    int result = dl.EndInvoke(ar);
    Console.WriteLine("result: {0}", result);
}
```

代码段 Async Delegate/Program.cs

运行应用程序时，可以看到主线程和委托线程同时运行，在委托线程执行完毕后，主线程就停止循环。

```
.TakesAWhile started
..TakesAWhile completed
result: 2
```

除了检查委托是否完成之外，还可以在完成了由主线程执行的工作后，调用委托类型的 `EndInvoke()`方法。`EndInvoke()`方法会一直等待，直到委托完成其任务为止。



如果在委托结束之前不等待委托完成其任务就结束主线程，委托线程就会停止。

## 20.2.2 等待句柄

等待异步委托的结果的另一种方式是使用与 `IAsyncResult` 相关联的等待句柄。使用 `AsyncWaitHandle` 属性可以访问等待句柄。这个属性返回一个 `WaitHandle` 类型的对象，它可以等待委托线程完成其任务。`WaitOne()`方法将一个超时时间作为可选的第一个参数，在其中可以定义要等待的最长时间。这里设置为 50 毫秒。如果发生超时，`WaitOne()`方法就返回 `false`，`while` 循环会继续执行。如果等待操作成功，就用一个中断退出 `while` 循环，用委托的 `EndInvoke()`方法接收结果。从 UI 的立场来看，结果与前面的示例类似，只是用另一种方式执行等待操作。

```
static void Main()
{
```

```
TakesAWhileDelegate dl = TakesAWhile;

IAsyncResult ar = dl.BeginInvoke(1, 3000, null, null);
while (true)
{
    Console.WriteLine(".");
    if (ar.AsyncWaitHandle.WaitOne(50, false))
    {
        Console.WriteLine("Can get the result now!");
        break;
    }
}

int result = dl.EndInvoke(ar);
Console.WriteLine("result: {0}", result);
}
```



等待句柄的内容详见 20.9 节。

### 20.2.3 异步回调

等待委托的结果的第 3 种方式是使用异步回调。在 `BeginInvoke()` 方法的第 3 个参数中，可以传递一个满足 `AsyncCallback` 委托的需求的方法。`AsyncCallback` 委托定义了一个 `IAsyncResult` 类型的参数，其返回类型是 `void`。这里，把 `TakesAWhileCompleted()` 方法的地址赋予第 3 个参数，它满足 `AsyncCallback` 委托的需求。对于最后一个参数，可以传递任意对象，以便从回调方法中访问它。传递委托实例很有用，这样回调方法就可以使用它获得异步方法的结果。

现在，只要 `TakesAWhileDelegate` 委托完成其任务，就调用 `TakesAWhileCompleted()` 方法。不需要在主线程中等待结果。但是在委托线程的任务未完成之前，不能停止主线程，除非主线程结束时停止的委托线程没有问题。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
static void Main()
{
    TakesAWhileDelegate dl = TakesAWhile;

    dl.BeginInvoke(1, 3000, TakesAWhileCompleted, dl);
    for (int i = 0; i < 100; i++)
    {
        Console.WriteLine(".");
        Thread.Sleep(50);
    }
}
```

代码段 Async Delegate/Program.cs

`TakesAWhileCompleted()` 方法用 `AsyncCallback` 委托指定的参数和返回类型来定义。用 `BeginInvoke()` 方法传递的最后一个参数可以使用 `ar.AsyncState` 读取。在 `TakesAWhileDelegate` 委托中，可以调用 `EndInvoke()` 方法来获得结果。

```
static void TakesAWhileCompleted(IAsyncResult ar)
{
```

```

if (ar == null) throw new ArgumentNullException("ar");

TakesAWhileDelegate dl = ar.AsyncState as TakesAWhileDelegate;
Trace.Assert(dl != null, "Invalid object type");

int result = dl.EndInvoke(ar);
Console.WriteLine("result: {0}", result);
}

```



使用回调方法，必须注意这个方法从委托线程中调用，而不是从主线程中调用。

除了定义一个单独的方法，并给它传递 `BeginInvoke()` 方法之外，Lambda 表达式也非常适合这种情况。参数 `ar` 是 `IAAsyncResult` 类型。在实现代码中，不需要把一个值赋予 `BeginInvoke()` 方法的最后一个参数，因为 Lambda 表达式可以直接访问该作用域外部的变量 `dl`。但是，Lambda 表达式的实现代码仍是从委托线程中调用，以这种方式定义方法时，这不是很明显。

```

static void Main()
{
    TakesAWhileDelegate dl = TakesAWhile;
    dl.BeginInvoke(1, 3000,
        ar =>
        {
            int result = dl.EndInvoke(ar);
            Console.WriteLine("result: {0}", result);
        },
        null);
    for (int i = 0; i < 100; i++)
    {
        Console.Write(".");
        Thread.Sleep(50);
    }
}

```

编程模型和所有这些包含异步委托的选项——投票、等待句柄和异步回调——不仅能用于委托。相同的编程模型(即异步模式)在 .NET Framework 的各个地方都能见到。例如，可以用 `HttpWebRequest` 类的 `BeginGetResponse()` 方法异步发送 HTTP Web 请求，使用 `SqlCommand` 类的 `BeginExecuteReader()` 方法给数据库发送异步请求。这些参数类似于委托的 `BeginInvoke()` 方法的参数，也可以使用相同的方式获得结果。



`HttpWebRequest` 参见第 24 章，`SqlCommand` 参见第 30 章。

除了使用委托创建线程之外，还可以使用 `Thread` 类创建线程，如下一节所述。

## 20.3 Thread 类

使用 `Thread` 类可以创建和控制线程。下面的代码是创建和启动一个新线程的简单例子。`Thread` 类的构造函数重载为接受 `ThreadStart` 和 `ParameterizedThreadStart` 类型的委托参数。`ThreadStart` 委托定义了一个返回类型为 `void` 的无参数方法。在创建了 `Thread` 对象后,就可以用 `Start()` 方法启动线程:



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
using System;
using System.Threading;

namespace Wrox.ProCSharp.Threading
{
    class Program
    {
        static void Main()
        {
            var t1 = new Thread(ThreadMain);
            t1.Start();
            Console.WriteLine("This is the main thread.");
        }

        static void ThreadMain()
        {
            Console.WriteLine("Running in a thread.");
        }
    }
}
```

代码段 ThreadSamples/Program.cs

运行这个程序时,得到两个线程的输出:

```
This is the main thread.
Running in a thread.
```

不能保证哪个结果先输出。线程由操作系统调度,每次哪个线程在前面可以不同。

前面探讨了 `Lambda` 表达式如何与异步委托一起使用。`Lambda` 表达式还可以与 `Thread` 类一起使用,将线程方法的实现代码传送给 `Thread` 构造函数的实参:

```
using System.Threading;

namespace Wrox.ProCSharp.Threading
{
    class Program
    {
        static void Main()
        {
            var t1 = new Thread(() => Console.WriteLine("running in a thread, id: {0}",
                Thread.CurrentThread.ManagedThreadId));

            t1.Start();
            Console.WriteLine("This is the main thread, id: {0}",
                Thread.CurrentThread.ManagedThreadId);
        }
    }
}
```

在应用程序的输出中，现在还可以看到线程名和 ID：

```
This is the main thread, id: 1
Running in a thread, id: 3.
```

### 20.3.1 给线程传递数据

给线程传递一些数据可以采用两种方式。一种方式是使用带 `ParameterizedThreadStart` 委托参数的 `Thread` 构造函数，另一种方式是创建一个自定义类，把线程的方法定义为实例方法，这样就可以初始化实例的数据，之后启动线程。

要给线程传递数据，需要某个存储数据的类或结构。这里定义了包含字符串的 `Data` 结构，但可以传递任意对象。



```
public struct Data
{
    public string Message;
}
```

代码段 `ThreadSamples/Program.cs`

如果使用了 `ParameterizedThreadStart` 委托，线程的入口点必须有一个 `object` 类型的参数，且返回类型为 `void`。对象可以强制转换为任意数据类型，这里是把消息写入控制台。

```
static void ThreadMainWithParameters(object o)
{
    Data d = (Data)o;
    Console.WriteLine("Running in a thread, received {0}", d.Message);
}
```

通过 `Thread` 类的构造函数，可以将新的入口点赋予 `ThreadMainWithParameters`，传递变量 `d`，以此调用 `Start()` 方法。

```
static void Main()
{
    var d = new Data { Message = "Info" };
    var t2 = new Thread(ThreadMainWithParameters);
    t2.Start(d);
}
```

给新线程传递数据的另一种方式是定义一个类(参见 `MyThread` 类)，在其中定义需要的字段，将线程的主方法定义为类的一个实例方法：

```
public class MyThread
{
    private string data;

    public MyThread(string data)
    {
        this.data = data;
    }

    public void ThreadMain()
    {
        Console.WriteLine("Running in a thread, data: {0}", data);
    }
}
```



```
    }
}
```

这样，就可以创建 `MyThread` 的一个对象，给 `Thread` 类的构造函数传递对象和 `ThreadMain()` 方法。线程可以访问数据。

```
var obj = new MyThread("info");
var t3 = new Thread(obj.ThreadMain);
t3.Start();
```

### 20.3.2 后台线程

只要有一个前台线程在运行，应用程序的进程就在运行。如果多个前台线程在运行，而 `Main()` 方法结束了，应用程序的进程就仍然是激活的，直到所有前台线程完成其任务为止。

在默认情况下，用 `Thread` 类创建的线程是前台线程。线程池中的线程总是后台线程。

在用 `Thread` 类创建线程时，可以设置 `IsBackground` 属性，以确定该线程是前台线程还是后台线程。`Main()` 方法将线程 `t1` 的 `IsBackground` 属性设置为 `false` (默认值)。在启动新线程后，主线程就把结束消息写入控制台中。新线程会写入启动消息和结束消息，在这个过程中它要睡眠 3 秒。在新线程会完成其工作前，这 3 秒钟有利于主线程结束。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
class Program
{
    static void Main()
    {
        var t1 = new Thread(ThreadMain)
            { Name = "MyNewThread", IsBackground = false };
        t1.Start();
        Console.WriteLine("Main thread ending now.");
    }

    static void ThreadMain()
    {
        Console.WriteLine("Thread {0} started", Thread.CurrentThread.Name);
        Thread.Sleep(3000);
        Console.WriteLine("Thread {0} completed", Thread.CurrentThread.Name);
    }
}
```

代码段 `ThreadSamples/Program.cs`

尽管主线程会提前完成其工作，但在启动应用程序时，会看到写入控制台的完成消息。原因是新线程也是一个前台线程。

```
Main thread ending now.
Thread MyNewThread1 started
Thread MyNewThread1 completed
```

如果将用来启动新线程的 `IsBackground` 属性改为 `true`，显示在控制台上的结果就会不同。在控制台上，可以看到相同的结果——新线程的启动消息，但没有结束消息。如果线程没有正常结束，就也有可能看不到启动消息。

```
Main thread ending now.
```

```
Thread MyNewThread1 started
```

后台线程非常适合于完成后台任务。例如，如果关闭 Word 应用程序，拼写检查器继续运行其进程就没有意义了。在关闭应用程序时，拼写检查器线程就可以关闭。但是，组织 Outlook 消息库的线程应一直是激活的，直到关闭 Outlook，它才结束。

### 20.3.3 线程的优先级

前面提到，线程由操作系统调度。给线程指定优先级，就可以影响调度顺序。

在改变优先级之前，必须理解线程调度器。操作系统根据优先级来调度线程。调度优先级最高的线程以在 CPU 上运行。线程如果在等待资源，它就会停止运行，并释放 CPU。线程必须等待有几个原因，例如，响应睡眠指令、等待磁盘 I/O 的完成，等待网络包的到达等。如果线程不是主动释放 CPU，线程调度器就会抢占该线程。如果线程有一个时间量，它就可以继续使用 CPU。如果优先级相同的多个线程等待使用 CPU，线程调度器就会使用一个循环调度规则，将 CPU 逐个交给线程使用。如果线程被其他线程抢占，它就会排在队列的最后。

只有优先级相同的多个线程在运行，才用得上时间量和循环规则。优先级是动态的。如果线程是 CPU 密集型的(一直需要 CPU，且不等待资源)，其优先级就低于用该线程定义的基本优先级。如果线程在等待资源，随着优先级的提高它的优先级就会增加。由于优先级的提高，线程才有可能在下次等待结束时获得 CPU。

在 Thread 类中，可以设置 Priority 属性，以影响线程的基本优先级。Priority 属性需要 ThreadPriority 枚举定义的一个值。定义的级别有 Highest、AboveNormal、BelowNormal 和 Lowest。



在给线程指定较高的优先级时要小心，因为这可能降低其他线程的运行概率。根据需要，可以短暂地改变优先级。

### 20.3.4 控制线程

调用 Thread 对象的 Start() 方法，可以创建线程。但是，在调用 Start() 方法后，新线程仍不是处于 Running 状态，而是处于 Unstarted 状态。只要操作系统的线程调度器选择了要运行的线程，线程就会改为 Running 状态。读取 Thread.ThreadState 属性，就可以获得线程的当前状态。

使用 Thread.Sleep() 方法，会使线程处于 WaitSleepJoin 状态，在经历 Sleep() 方法定义的时间段后，线程就会等待再次被唤醒。

要停止另一个线程，可以调用 Thread.Abort() 方法。调用这个方法时，会在接到终止命令的线程中抛出一个 ThreadAbortException 类型的异常。用一个处理程序捕获这个异常，线程可以在结束前完成一些清理工作。线程还可以在接收到调用 Thread.ResetAbort() 方法的结果 ThreadAbortException 异常后继续运行。如果线程没有重置终止，接收到终止请求的线程的状态就从 AbortRequested 改为 Aborted。

如果需要等待线程的结束，就可以调用 Thread.Join() 方法。Thread.Join() 方法会停止当前线程，并把它设置为 WaitSleepJoin 状态，直到加入的线程完成为止。

## 20.4 线程池

创建线程需要时间。如果有不同的小任务要完成，就可以事先创建许多线程，在应完成这些任务时发出请求。这个线程数最好在需要更多的线程时增加，在需要释放资源时减少。

不需要自己创建这样一个列表。该列表由 `ThreadPool` 类托管。这个类会在需要时增减池中线程的线程数，直到最大的线程数。池中的最大线程数是可配置的。在双核 CPU 中，默认设置为 1023 个工作线程和 1000 个 I/O 线程。也可以指定在创建线程池时应立即启动的最小线程数，以及线程池中可用的最大线程数。如果有更多的作业要处理，线程池中线程的个数也到了极限，最新的作业就要排队，且必须等待线程完成其任务。

下面的示例应用程序首先要读取工作线程和 I/O 线程的最大线程数，把这些信息写入控制台中。接着在 for 循环中，调用 `ThreadPool.QueueUserWorkItem()` 方法，传递一个 `WaitCallback` 类型的委托，把 `JobForAThread()` 方法赋予线程池中的线程。线程池收到这个请求后，就会从池中选择一个线程，来调用该方法。如果线程池还没有运行，就会创建一个线程池，并启动第一个线程。如果线程池已经在运行，且有一个空闲线程来完成该任务，就把该作业传递给这个线程。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
using System;
using System.Threading;

namespace Wrox.ProCSharp.Threading
{
    class Program
    {
        static void Main()
        {
            int nWorkerThreads;
            int nCompletionPortThreads;
            ThreadPool.GetMaxThreads(out nWorkerThreads, out nCompletionPortThreads);
            Console.WriteLine("Max worker threads: {0}, " +
                "I/O completion threads: {1}",
                nWorkerThreads, nCompletionPortThreads);
            for (int i = 0; i < 5; i++)
            {
                ThreadPool.QueueUserWorkItem(JobForAThread);
            }
            Thread.Sleep(3000);
        }

        static void JobForAThread(object state)
        {
            for (int i = 0; i < 3; i++)
            {
                Console.WriteLine("loop {0}, running inside pooled thread {1}",
                    i, Thread.CurrentThread.ManagedThreadId);
                Thread.Sleep(50);
            }
        }
    }
}
```

代码段 `ThreadPoolSamples/Program.cs`

运行应用程序时,可以看到 50 个工作线程的当前设置。5 个作业只由两个线程池中的线程处理,读者运行该程序的结果可能与此不同,也可以改变作业的睡眠时间和要处理的作业数,得到完全不同的结果。

```
Max worker threads: 1023, I/O completion threads: 1000
loop 0, running inside pooled thread 4
loop 0, running inside pooled thread 3
loop 1, running inside pooled thread 4
loop 1, running inside pooled thread 3
loop 2, running inside pooled thread 4
loop 2, running inside pooled thread 3
loop 0, running inside pooled thread 4
loop 0, running inside pooled thread 3
loop 1, running inside pooled thread 4
loop 1, running inside pooled thread 3
loop 2, running inside pooled thread 4
loop 2, running inside pooled thread 3
loop 0, running inside pooled thread 4
loop 1, running inside pooled thread 4
loop 2, running inside pooled thread 4
```

线程池使用起来很简单,但它有一些限制:

- 线程池中的所有线程都是后台线程。如果进程的所有前台线程都结束了,所有的后台线程就会停止。不能把入池的线程改为前台线程。
- 不能给入池的线程设置优先级或名称。
- 对于 COM 对象,入池的所有线程都是多线程单元(multithreaded apartment, MTA)线程。许多 COM 对象都需要单线程单元(single-threaded apartment, MTA)线程。
- 入池的线程只能用于时间较短的任务。如果线程要一直运行(如 Word 的拼写检查器线程),就应使用 Thread 类创建一个线程。

## 20.5 任务

.NET 4 包含新名称空间 System.Threading.Tasks,它包含的类抽象出了线程功能。在后台使用 ThreadPool。任务表示应完成的某个单元的工作。这个单元的工作可以在单独的线程中运行,也可以以同步方式启动一个任务,这需要等待主调线程。使用任务不仅可以获得一个抽象层,还可以对底层线程进行很多控制。

在安排需要完成的工作时,任务提供了非常大的灵活性。例如,可以定义连续的工作——在一个任务完成后该执行什么工作。这可以区分任务成功与否。另外,还可以在层次结构中安排任务。例如,父任务可以创建新的子任务。这可以创建一种依赖关系,这样,取消父任务,也会取消其子任务。

### 20.5.1 启动任务

要启动任务,可以使用 TaskFactory 类或 Task 类的构造函数和 Start()方法。Task 类的构造函数

在创建任务上提供的灵活性较大。

在启动任务时，会创建 `Task` 类的一个实例，利用 `Action` 或 `Action<object>` 委托(不带参数或带一个 `object` 参数)，可以指定应运行的代码。这类似于 `Thread` 类。下面定义了一个无参数的方法。在实现代码中，把任务的 ID 写入控制台中：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
static void TaskMethod()
{
    Console.WriteLine("running in a task");
    Console.WriteLine("Task id: {0}", Task.CurrentId);
}
```

代码段 `TaskSamples/Program.cs`

在上面的代码中，可以看到启动新任务的不同方式。第一种方式使用实例化的 `TaskFactory` 类，在其中把 `TaskMethod()` 方法传递给 `StartNew()` 方法，就会立即启动任务。第二种方式使用 `Task` 类的构造函数。实例化 `Task` 对象时，任务不会立即运行，而是指定 `Created` 状态。接着调用 `Task` 类的 `Start()` 方法，来启动任务。使用 `Task` 类时，除了调用 `Start()` 方法，还可以调用 `RunSynchronously()` 方法。这样，任务也会启动，但在调用者的当前线程中它正在运行，调用者需要一直等待到该任务结束。默认情况下，任务是异步运行的。

```
// using task factory
TaskFactory tf = new TaskFactory();
Task t1 = tf.StartNew(TaskMethod);

// using the task factory via a task
Task t2 = Task.Factory.StartNew(TaskMethod);

// using Task constructor
Task t3 = new Task(TaskMethod);
t3.Start();
```

使用 `Task` 类的构造函数和 `TaskFactory` 类的 `StartNew()` 方法时，都可以传递 `TaskCreationOptions` 枚举中的值。设置 `LongRunning` 选项，可以通知任务调度器，该任务需要较长时间执行，这样调度器更可能使用新线程。如果该任务应关联到父任务上，而父任务取消了，则该任务也应取消，此时应设置 `AttachToParent` 选项。`PerferFairness` 的值表示，调度器应提取出已在等待的第一个任务。如果一个任务在另一个任务内部创建，这就不是默认情况。如果任务使用子任务创建了其他工作，子任务就优先于其他任务。它们不会排在线程池队列中的最后。如果这些任务应以公平的方式与所有其他任务一起处理，就设置该选项为 `PerferFairness`。

```
Task t4 = new Task(TaskMethod, TaskCreationOptions.PreferFairness);
t4.Start();
```

## 20.5.2 连续的任务

通过任务，可以指定在任务完成后，应开始运行另一个特定任务，例如，一个使用前一个任务的结果的新任务，如果前一个任务失败了，这个任务就应执行一些清理工作。

任务处理程序或者不带参数或者带一个对象参数，而连续处理程序有一个 `Task` 类型的参数，这里可以访问起始任务的相关信息：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
static void DoOnFirst()
{
    Console.WriteLine("doing some task {0}", Task.CurrentId);
    Thread.Sleep(3000);
}

static void DoOnSecond(Task t)
{
    Console.WriteLine("task {0} finished", t.Id);
    Console.WriteLine("this task id {0}", Task.CurrentId);
    Console.WriteLine("do some cleanup");
    Thread.Sleep(3000);
}
```

代码段 TaskSamples/Program.cs

连续任务通过在任务上调用 `ContinueWith()` 方法来定义。也可以使用 `TaskFactory` 类来定义。`t1.OnContinueWith(DoOnSecond)` 方法表示, 调用 `DoOnSecond()` 方法的新任务应在任务 `t1` 结束时立即启动。在一个任务结束时, 可以启动多个任务, 连续任务也可以有另一个连续任务, 如下面的例子所示:

```
Task t1 = new Task(DoOnFirst);
Task t2 = t1.ContinueWith(DoOnSecond);
Task t3 = t1.ContinueWith(DoOnSecond);
Task t4 = t2.ContinueWith(DoOnSecond);
```

无论前一个任务是如何结束的, 前面的连续任务总是在前一个任务结束时启动。使用 `TaskCreationOptions` 枚举中的值, 可以指定, 连续任务只有在起始任务成功(或失败)结束时启动。一些可能的值是 `OnlyOnFaulted`、`NotOnFaulted`、`OnlyOnCanceled`、`NotOnCanceled` 和 `OnlyOnRanToCompletion`。

```
Task t5 = t1.ContinueWith(DoOnError,
    TaskContinuationOptions.OnlyOnFaulted);
```

### 20.5.3 任务层次结构

利用任务连续性, 可以在一个任务结束后启动另一个任务。任务也可以构成一个层次结构。一个任务启动一个新任务时, 就启动了一个父/子层次结构。

下面的代码段在父任务内部新建一个任务。创建子任务的代码与创建父任务的代码相同, 唯一的区别是这个任务从另一个任务内部创建。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
static void ParentAndChild()
{
    var parent = new Task(ParentTask);
    parent.Start();
    Thread.Sleep(2000);
    Console.WriteLine(parent.Status);
    Thread.Sleep(4000);
    Console.WriteLine(parent.Status);
}

static void ParentTask()
{
    Console.WriteLine("task id {0}", Task.CurrentId);
    var child = new Task(ChildTask);
```

```

        child.Start();
        Thread.Sleep(1000);
        Console.WriteLine("parent started child");
    }
    static void ChildTask()
    {
        Console.WriteLine("child");
        Thread.Sleep(5000);
        Console.WriteLine("child finished");
    }

```

代码段 TaskSamples/Program.cs

如果父任务在子任务之前结束，父任务的状态就显示为 `WaitingForChildrenToComplete`。只要子任务也结束时，父任务的状态就变成 `RanToCompletion`。当然，如果父任务用 `TaskCreationOptions` 枚举中的 `DetachedFromParent` 创建子任务时，这就无效。

取消父任务，也会取消子任务。取消架构在本章后面讨论。

### 20.5.4 任务的结果

任务结束时，它可以把一些有用的状态信息写到共享对象中。这个共享对象必须是线程安全的。另一个选项是使用返回某个结果的任务。使用 `Task` 类的泛型版本，就可以定义返回某个结果的任务的返回类型。

为了返回某个结果任务调用的方法可以声明为带任意返回类型。示例方法 `TaskWithResult()` 利用一个元组返回两个 `int` 值。该方法的输入可以是 `void` 或 `object` 类型，如下所示：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

static Tuple<int, int> TaskWithResult(object division)
{
    Tuple<int, int> div = (Tuple<int, int>)division;
    int result = div.Item1 / div.Item2;
    int remainder = div.Item1 % div.Item2;
    Console.WriteLine("task creates a result...");

    return Tuple.Create<int, int>(result, remainder);
}

```

代码段 TaskSamples/Program.cs



元组参见第6章。

定义一个调用 `TaskWithResult()` 方法的任务时，要使用泛型类 `Task<TResult>`。泛型参数定义了返回类型。通过构造函数，把这个方法传递给 `Func` 委托，第二个参数定义了输入值。因为这个任务在 `object` 参数中需要两个输入值，所以还创建了一个元组。接着启动该任务。`Task` 实例 `t1` 的 `Result` 属性被禁用，并一直等到该任务完成。任务完成后，`Result` 属性包含任务的结果。

```

var t1 = new Task<Tuple<int,int>> (TaskWithResult,
                                Tuple.Create<int, int>(8, 3));

t1.Start();
Console.WriteLine(t1.Result);
t1.Wait();

```

```
Console.WriteLine("result from task: {0} {1}", t1.Result.Item1,
    t1.Result.Item2);
```

## 20.6 Parallel 类

在 .NET 4 中，另一个新增的抽象线程是 `Parallel` 类。这个类定义了并行的 `for` 和 `foreach` 的静态方法。在为 `for` 和 `foreach` 定义的语言中，循环从一个线程中运行。`Parallel` 类使用多个任务，因此使用多个线程来完成这个作业。

`Parallel.For()` 和 `Parallel.ForEach()` 方法多次调用同一个方法，而 `Parallel.Invoke()` 方法允许同时调用不同的方法。

### 20.6.1 用 `Parallel.For()` 方法循环

`Parallel.For()` 方法类似于 C# 的 `for` 循环语句，也是多次执行一个任务。使用 `Parallel.For()` 方法，可以并行运行迭代。迭代的顺序没有定义。

在 `For()` 方法中，前两个参数定义了循环的开头和结束。示例从 0 迭代到 9。第 3 个参数是一个 `Action<int>` 委托。整数参数是循环的迭代次数，该参数被传递给 `Action<int>` 委托引用的方法。`Parallel.For()` 方法的返回类型是 `ParallelLoopResult` 结构，它提供了循环是否结束的信息。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
ParallelLoopResult result =
    Parallel.For(0, 10, i =>
    {
        Console.WriteLine("{0}, task: {1}, thread: {2}", i,
            Task.CurrentId, Thread.CurrentThread.ManagedThreadId);
        Thread.Sleep(10);
    });
Console.WriteLine(result.IsCompleted);
```

代码段 `ParallelSamples/Program.cs`

在 `Parallel.For()` 的方法体中，把索引、任务标识符和线程标识符写入控制台中。从输出可以看出，顺序是不能保证的。程序这次的运行顺序是 0-5-1-6-2……，有 3 个任务和 3 个线程。

```
0, task: 1, thread: 1
5, task: 2, thread: 3
1, task: 3, thread: 4
6, task: 2, thread: 3
2, task: 1, thread: 1
4, task: 3, thread: 4
7, task: 2, thread: 3
3, task: 1, thread: 1
8, task: 3, thread: 4
9, task: 3, thread: 4
True
```

也可以提前中断 `Parallel.For()` 方法。`For()` 方法的一个重载版本接受第 3 个 `Action<int, ParallelLoopState>` 类型的参数。使用这些参数定义一个方法，就可以调用 `ParallelLoopState` 的 `Break()` 或 `Stop()` 方法，以影响循环的结果。

注意，迭代的顺序没有定义。



```

ParallelLoopResult result =
    Parallel.For(10, 40, (int i, ParallelLoopState pls) =>
    {
        Console.WriteLine("i: {0} task {1}", i, Task.CurrentId);
        Thread.Sleep(10);
        if (i > 15)
            pls.Break();
    });
Console.WriteLine(result.IsCompleted);
Console.WriteLine("lowest break iteration: {0}",
    result.LowestBreakIteration);

```

应用程序这次的运行说明，迭代在值大于 15 时中断，但其他任务可以同时运行，有其他值的任务也可以运行。利用 `LowestBreakIteration` 属性，可以忽略其他任务的结果。

```

10 task 1
25 task 2
11 task 1
13 task 3
12 task 1
14 task 3
16 task 1
15 task 3
False
lowest break iteration: 16

```

`Parallel.For()`方法可能使用几个线程来执行循环。如果需要对每个线程进行初始化，就可以使用 `Parallel.For<TLocal>()`方法。除了 `from` 和 `to` 对应的值之外，`For()`方法的泛型版本还接受 3 个委托参数。第一个参数的类型是 `Func<TLocal>`，因为这里的例子对于 `TLocal` 使用字符串，所以该方法需要定义为 `Func<string>`，即返回 `string` 的方法。这个方法仅对于用于执行迭代的每个线程调用一次。

第二个委托参数为循环体定义了委托。在示例中，该参数的类型是 `Func<int, ParallelLoopState, string, string>`。其中第一个参数是循环迭代，第二个参数 `ParallelLoopState` 允许停止循环，如前所述。循环体方法通过第 3 个参数接收从 `init` 方法返回的值，循环体方法还需要返回一个值，其类型是用泛型 `for` 参数定义的。

`For()`方法的最后一个参数指定一个委托 `Action<TLocal>`；在该示例中，接收一个字符串。这个方法仅对于每个线程调用一次，这是一个线程退出方法。

```

Parallel.For<string>(0, 20,
    () =>
    {
        // invoked once for each thread
        Console.WriteLine("init thread {0}, task {1}",
            Thread.CurrentThread.ManagedThreadId, Task.CurrentId);
        return String.Format("t{0}",
            Thread.CurrentThread.ManagedThreadId);
    },
    (i, pls, str1) =>
    {
        // invoked for each member
        Console.WriteLine("body i {0} str1 {1} thread {2} task {3}", i, str1,
            Thread.CurrentThread.ManagedThreadId,

```

```

        Task.CurrentId);
        Thread.Sleep(10);
        return String.Format("i {0}", i);
    },
    (str1) =>
    {
        // final action on each thread
        Console.WriteLine("finally {0}", str1);
    });

```

运行一次这个程序的结果如下:

```

init thread 1, task 1
body i 0 str1 t1 thread 1 task 1
body i 1 str1 i 0 thread 1 task 1
init thread 3, task 2
body i 10 str1 t3 thread 3 task 2
init thread 4, task 3
body i 3 str1 t4 thread 4 task 3
body i 2 str1 i 1 thread 1 task 1
body i 11 str1 i 10 thread 3 task 2
body i 4 str1 i 3 thread 4 task 3
body i 6 str1 i 2 thread 1 task 1
body i 12 str1 i 11 thread 3 task 2
body i 5 str1 i 4 thread 4 task 3
body i 7 str1 i 6 thread 1 task 1
body i 13 str1 i 12 thread 3 task 2
body i 17 str1 i 5 thread 4 task 3
body i 8 str1 i 7 thread 1 task 1
body i 14 str1 i 13 thread 3 task 2
body i 9 str1 i 8 thread 1 task 1
body i 18 str1 i 17 thread 4 task 3
body i 15 str1 i 14 thread 3 task 2
body i 19 str1 i 18 thread 4 task 3
finally i 9
body i 16 str1 i 15 thread 3 task 2
finally i 19
finally i 16

```

## 20.6.2 使用 Parallel.ForEach()方法循环

Parallel.ForEach()方法遍历实现了 IEnumerable 的集合,其方式类似于 foreach 语句,但以异步方式遍历。这里也没有确定遍历顺序。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

string[] data = {"zero", "one", "two", "three", "four",
                "five", "six", "seven", "eight", "nine",
                "ten", "eleven", "twelve"};

ParallelLoopResult result =
    Parallel.ForEach<string>(data, s =>
    {
        Console.WriteLine(s);
    });

```

代码段 ParallelSamples/Program.cs

如果需要中断循环，就可以使用 `ForEach()` 方法的重载版本和 `ParallelLoopState` 参数。其方式与前面的 `For()` 方法相同。`ForEach()` 方法的一个重载版本也可以用于访问索引器，从而获得迭代次数，如下所示：

```
Parallel.ForEach<string>(data,
    (s, pls, l) =>
    {
        Console.WriteLine("{0} {1}", s, l);
    });
```

### 20.6.3 通过 `Parallel.Invoke()` 方法调用多个方法

如果多个任务应并行运行，就可以使用 `Parallel.Invoke()` 方法。`Parallel.Invoke()` 方法允许传递一个 `Action` 委托数组，在其中可以指定应运行的方法。示例代码传递了要并行调用的 `Foo()` 和 `Bar()` 方法：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
static void ParallelInvoke()
{
    Parallel.Invoke(Foo, Bar);
}

static void Foo()
{
    Console.WriteLine("foo");
}

static void Bar()
{
    Console.WriteLine("bar");
}
```

代码段 `ParallelSamples/Program.cs`

## 20.7 取消架构

.NET 4 包含一个新的取消架构，允许以标准方式取消长时间运行的任务。调用的每个块都应支持这种机制。当然目前，并不是所有调用的块都实现了这个新技术，但越来越多调用的块都支持它。已经提供了这种机制的技术有任务、并发集合类、并行 LINQ 和几种同步机制。

取消架构基于协作行为，它不是强制的。长时间运行的任务会检查它是否被取消，并返回控制权。

支持取消的方法接受一个 `CancellationToken` 参数。这个类定义了 `IsCancellationRequested` 属性，其中长时间运行的操作可以检查它是否应终止。长时间运行的操作检查取消的其他方式有：取消标记时，使用标记的 `WaitHandle` 属性，或者使用 `Register()` 方法。`Register()` 方法接受 `Action` 和 `ICancelableOperation` 类型的参数。`Action` 委托引用的方法在取消标记时调用。这类似于 `ICancelableOperation`，其中实现这个接口的对象的 `Cancel()` 方法在执行取消操作时调用。

### 20.7.1 `Parallel.For()` 方法的取消

以一个使用 `Parallel.For()` 方法的简单例子开始。`Parallel` 类提供了 `For()` 方法的重载版本，在重载版本中，可以传递 `ParallelOptions` 类型的参数。使用 `ParallelOptions` 类型，可以传递一个 `CancellationToken` 参数。`CancellationToken` 参数通过创建 `CancellationTokenSource` 来生成。由于 `CancellationTokenSource`

实现了 `ICancelableOperation` 接口，因此可以用 `CancellationToken` 注册，并允许使用 `Cancel()` 方法取消操作。要取消并行循环，应新建一个任务，以在 500 毫秒后调用 `CancellationTokenSource` 的 `Cancel()` 方法。

在 `For()` 循环的实现代码内部，`Parallel` 类验证 `CancellationToken` 的结果，并取消操作。一旦取消操作，`For()` 方法就抛出一个 `OperationCanceledException` 类型的异常，这是本例捕获的异常。使用 `CancellationToken` 可以注册取消操作时的信息。为此，需要调用 `Register()` 方法，并传递一个在取消操作时调用的委托。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
var cts = new CancellationTokenSource();
cts.Token.Register(() =>
    Console.WriteLine(" * * * token canceled"));

// start a task that sends a cancel after 500 ms
new Task(() =>
{
    Thread.Sleep(500);
    cts.Cancel(false);
}).Start();

try
{
    ParallelLoopResult result =
        Parallel.For(0, 100,
            new ParallelOptions()
            {
                CancellationToken = cts.Token,
            },
            x =>
            {
                Console.WriteLine("loop {0} started", x);
                int sum = 0;
                for (int i = 0; i < 100; i++)
                {
                    Thread.Sleep(2);
                    sum += i;
                }
                Console.WriteLine("loop {0} finished", x);
            });
}
catch (OperationCanceledException ex)
{
    Console.WriteLine(ex.Message);
}
```

代码段 CancellationSamples/Program.cs

运行应用程序，会得到如下类似结果，第 0、1、25、26、50、54、75 和 76 次迭代都启动了。这在一个有 4 个内核 CPU 的系统上运行。通过取消操作，所有其他的迭代操作都在启动之前就取消了。启动的迭代操作允许完成，因为取消操作总是以协作方式进行，以避免在取消迭代操作的中间泄露资源。

```
loop 0 started
loop 50 started
```

```

loop 25 started
loop 75 started
loop 50 finished
loop 25 finished
loop 0 finished
loop 1 started
loop 26 started
loop 51 started
loop 75 finished
loop 76 started
* * token canceled
loop 1 finished
loop 51 finished
loop 26 finished
loop 76 finished
The operation was canceled.

```

### 20.7.2 任务的取消

同样的取消模式也可用于任务。首先，新建一个 `CancellationTokenSource`。如果仅需要一个取消标记，就可以访问 `Task.Factory.CancellationToken`，以使用默认的取消标记。接着，与前面的代码类似，新建一个任务，通过在 500 毫秒后调用 `Cancel()` 方法，把一个取消请求发送给这个 `CancellationTokenSource`。在循环中执行主要工作的任务通过 `TaskFactory` 对象接受取消标记。在构造函数中，把取消标记赋予 `TaskFactory`。这个取消标记由任务用于检查 `CancellationToken` 的 `IsCancellationRequested` 属性，以确定是否请求了取消。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

var cts = new CancellationTokenSource();
cts.Token.Register(() =>
    Console.WriteLine(" * * * task canceled"));

// start a task that sends a cancel to the
// cts after 500 ms
Task.Factory.StartNew(() =>
{
    Thread.Sleep(500);
    cts.Cancel();
});

var factory = new TaskFactory(cancellationSource.Token);
Task t1 = factory.StartNew(new Action < object > (f =>
{
    Console.WriteLine("in task");
    for (int i = 0; i < 20; i++)
    {
        Thread.Sleep(100);
        CancellationToken ct = (f as TaskFactory).CancellationToken;
        if (ct.IsCancellationRequested)
        {
            Console.WriteLine("canceling was requested, " +
                "canceling from within the task");
            ct.ThrowIfCancellationRequested();
            break;
        }
    }
}

```

```

        Console.WriteLine("in loop");
    }
    Console.WriteLine("task finished without cancellation");
}), factory, cts.Token);
try
{
    tl.Wait();
}
catch (Exception ex)
{
    Console.WriteLine("exception: {0}, {1}", ex.GetType().Name,
        ex.Message);
    if (ex.InnerException != null)
        Console.WriteLine("inner exception: {0}, {1}",
            ex.InnerException.GetType().Name,
            ex.InnerException.Message);
}
Console.WriteLine("status of the task: {0}", tl.Status);

```

代码段 CancellationSamples/Program.cs

运行应用程序，可以看到任务启动了，运行了几个循环，并获得了取消请求。之后取消任务，并抛出 `TaskCanceledException` 异常，它是从方法调用 `ThrowIfCancellationRequested()` 中启动的。调用者等待任务时，会捕获 `AggregateException` 异常，它包含内部异常 `TaskCanceledException`。例如，如果在一个也被取消的任务中运行 `Parallel.For()` 方法，这就可以用于取消的层次结构。任务的最终状态是 `Canceled`。

```

in task
in loop
in loop
in loop
in loop
in loop
* * * task canceled
canceling was requested, canceling from within the task
exception AggregateException, One or more errors occurred.
inner exception TaskCanceledException, A task was canceled.
status of the task: Canceled

```

## 20.8 线程问题

用多个线程编程并不容易。在启动访问相同数据的多个线程时，会间歇性地遇到难以发现的问题。如果使用任务、并行 LINQ 或 `Parallel` 类，就会遇到这些问题。为了避免这些问题，必须特别注意同步问题和多个线程可能发生的其他问题。下面探讨与线程相关的问题：争用条件和死锁。

### 20.8.1 争用条件

如果两个或多个线程访问相同的对象，或者访问不同步的共享状态，就会出现争用条件。

为了说明争用条件，定义一个 `StateObject` 类，它包含一个 `int` 字段和一个 `ChangeState()` 方法。在 `ChangeState()` 方法的实现代码中，验证状态变量是否包含 5。如果它包含，就递增其值。下一条

语句是 `Trace.Assert`，它立刻验证 `state` 现在是否包含 6。

在给包含 5 的变量递增了 1 后，可能希望该变量的值就是 6。但事实不一定是这样。例如，如果一个线程刚刚执行完 `If (state == 5)` 语句，它就被其他线程抢占，调度器运行另一个线程。第二个线程现在进入 `if` 体，因为 `state` 的值仍是 5，所以将它递增到 6。第一个线程现在再次被调度，在下一条语句中，`state` 递增到 7。这时就发生了争用条件，并显示断言消息。



```
public class StateObject
{
    private int state = 5;

    public void ChangeState(int loop)
    {
        if (state == 5)
        {
            state++;
            Trace.Assert(state == 6, "Race condition occurred after " +
                loop + " loops");
        }
        state = 5;
    }
}
```

代码段 `ThreadingIssues/SampleTask.cs`

下面通过给任务定义一个方法来验证这一点。`SampleTask` 类的 `RaceCondition()` 方法将一个 `StateObject` 类作为其参数。在一个无限 `while` 循环中，调用 `ChangeState()` 方法。变量 `i` 仅用于显示断言消息中的循环次数。



```
public class SampleTask
{
    public void RaceCondition(object o)
    {
        Trace.Assert(o is StateObject, "o must be of type StateObject");
        StateObject state = o as StateObject;

        int i = 0;
        while (true)
        {
            state.ChangeState(i++);
        }
    }
}
```

代码段 `ThreadingIssues/SampleTask.cs`

在程序的 `Main()` 方法中，新建了一个 `StateObject` 对象，它由所有任务共享。在 `Thread` 类的构造函数中，给 `RaceCondition` 的地址传递一个 `SampleThread` 类型的对象，以创建 `Task` 对象。接着传递 `state` 对象，使用 `Start()` 方法启动这个任务。接着主线程睡眠 10 秒，假定在这段时间内，出现了争用条件。



```
static void Main()
{
    var state = new StateObject();
    for (int i = 0; i < 20; i++)
    {
```

```

        new Task(new SampleTask().RaceCondition, state).Start();
    }
    Thread.Sleep(10000);
}

```

代码段 ThreadingIssues/SampleTask.cs

启动程序，就会出现争用条件。在争用条件第一次出现后，还需要多长时间才能第二次出现争用条件，取决于系统以及将程序构建为发布版本还是调试版本。如果构建为发布版本，该问题的出现次数就会比较多，因为代码被优化了。如果系统中有多 CPU 或使用双核/四核 CPU，其中多个线程可以同时运行，则该问题也会比单核 CPU 的出现次数多。在单核 CPU 中，因为线程调度是抢占式的，也会出现该问题，只是没有那么频繁。

图 20-1 显示在 75 069 个循环后，出现争用条件的程序断言。多次启动应用程序，总是会得到不同的结果。

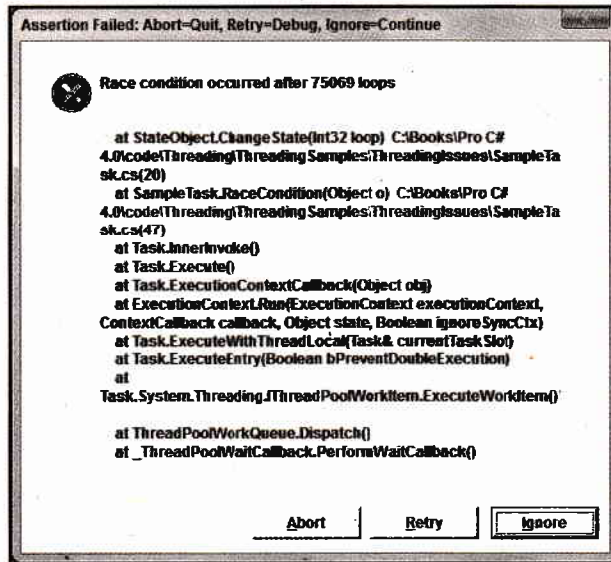


图 20-1

要避免该问题，可以锁定共享的对象。这可以在线程中完成：用下面的 lock 语句锁定在线程中共享的 state 变量。只有一个线程能在锁定块中处理共享的 state 对象。由于这个对象在所有的线程之间共享，因此如果一个线程锁定了 state，另一个线程就必须等待该锁定的解除。一旦接受锁定，线程就拥有该锁定，直到该锁定块的末尾才解除锁定。如果改变 state 变量引用的对象的每个线程都使用一个锁定，就不会出现争用条件。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

public class SampleTask
{
    public void RaceCondition(object o)
    {
        Trace.Assert(o is StateObject, "o must be of type StateObject");
        StateObject state = o as StateObject;

        int i = 0;
        while (true)
    }
}

```



```

        lock (state) // no race condition with this lock
        {
            state.ChangeState(i++);
        }
    }
}

```

代码段 [ThreadingIssues/SampleTask.cs](#)

在使用共享对象时，除了进行锁定之外，还可以将共享对象设置为线程安全的对象。其中 `ChangeState()` 方法包含一条 `lock` 语句。由于不能锁定 `state` 变量本身(只有引用类型才能用于锁定)，因此定义一个 `object` 类型的变量 `sync`，将它用于 `lock` 语句。如果每次 `state` 的值更改时，都使用同一个同步对象来锁定，就不会出现争用条件。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

public class StateObject
{
    private int state = 5;
    private object sync = new object();

    public void ChangeState(int loop)
    {
        lock (sync)
        {
            if (state == 5)
            {
                state++;
                Trace.Assert(state == 6, "Race condition occurred after " +
                    loop + " loops");
            }
            state = 5;
        }
    }
}

```

代码段 [ThreadingIssues/SampleTask.cs](#)

### 20.8.2 死锁

过多的锁定也会有麻烦。在死锁中，至少有两个线程被挂起，并等待对方解除锁定。由于两个线程都在等待对方，就出现了死锁，线程将无限等待下去。

为了说明死锁，下面实例化 `StateObject` 类型的两个对象，并把它们传递给 `SampleThread` 类的构造函数。创建两个任务，其中一个任务运行 `Deadlock1()` 方法，另一个任务运行 `Deadlock2()` 方法：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

var state1 = new StateObject();
var state2 = new StateObject();
new Task(new SampleTask(state1, state2).Deadlock1).Start();
new Task(new SampleTask(state1, state2).Deadlock2).Start();

```

代码段 [ThreadingIssues/Program.cs](#)

`Deadlock1()`和 `Deadlock2()`方法现在改变两个对象 `s1` 和 `s2` 的状态。这是造成锁定的原因。

`Deadlock1()`方法先锁定 `s1`，接着锁定 `s2`。`Deadlock2()`方法先锁定 `s2`，再锁定 `s1`。现在，有可能 `Deadlock1()`方法中 `s1` 的锁定会被解除。接着，出现一次线程切换，`Deadlock2()`方法开始运行，并锁定 `s2`。第二个线程现在等待 `s1` 锁定的解除。因为它需要等待，所以线程调度器再次调度第一个线程，但第一个线程在等待 `s2` 锁定的解除。这两个线程现在都在等待，只要锁定块没有结束，就不会解除锁定。这是一个典型的死锁。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
public class SampleThread
{
    public SampleThread(StateObject s1, StateObject s2)
    {
        this.s1 = s1;
        this.s2 = s2;
    }

    private StateObject s1;
    private StateObject s2;

    public void Deadlock1()
    {
        int i = 0;
        while (true)
        {
            lock (s1)
            {
                lock (s2)
                {
                    s1.ChangeState(i);
                    s2.ChangeState(i++);
                    Console.WriteLine("still running, {0}", i);
                }
            }
        }
    }

    public void Deadlock2()
    {
        int i = 0;
        while (true)
        {
            lock (s2)
            {
                lock (s1)
                {
                    s1.ChangeState(i);
                    s2.ChangeState(i++);
                    Console.WriteLine("still running, {0}", i);
                }
            }
        }
    }
}
```

代码段 `ThreadingIssues/SampleTask.cs`

结果是，程序运行了多次循环，不久就没有响应了。“仍在运行”的消息仅写入控制台中几次。同样，死锁问题的发生频率也取决于系统配置，每次运行的结果都不同。

在 Visual Studio 2010 中，可以在调试模式下运行程序，单击 Break All 按钮，打开 Parallel Tasks 窗口，如图 20-2 所示。其中显示，线程处于 Waiting-Deadlocked 状态。

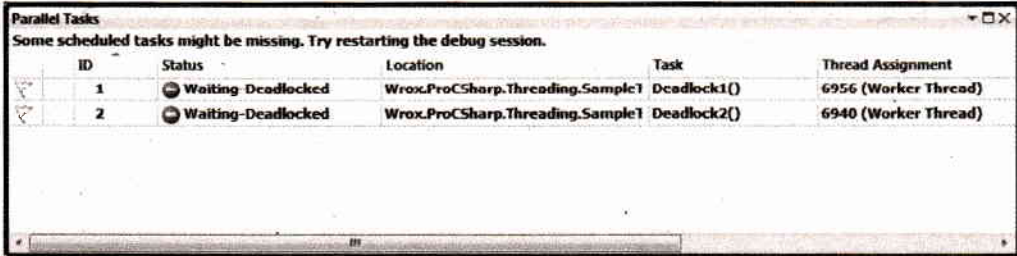


图 20-2

死锁问题并不总是如图 20-2 那样明显。一个线程锁定了 s1，接着锁定 s2；另一个线程锁定了 s2，接着锁定 s1。只需改变锁定顺序，这两个线程就会以相同的顺序进行锁定。但是，锁定可能隐藏在方法的深处。为了避免这个问题，可以在应用程序的体系架构中，从一开始就设计好锁定顺序，也可以为锁定定义超时时间。如何定义超时时间详见下一节的内容。

## 20.9 同步

要避免同步问题，最好不要在线程之间共享数据。当然，这并不总是可行的。如果需要共享数据，就必须使用同步技术，确保一次只有一个线程访问和改变共享状态。注意，同步问题与争用条件和死锁有关。如果不注意这些问题，就很难在应用程序中找到问题的原因，因为线程问题是不定期发生的。

本节讨论可以用于多个线程的同步技术：

- lock 语句
- Interlocked 类
- Monitor 类
- SpinLock 结构
- WaitHandle 类
- Mutex 类
- Semaphore 类
- Event 类
- ReaderWriterLockSlim 类

lock 语句、Interlocked 类和 Monitor 类可用于进程内部的同步。Mutex 类、Semaphore 类、Event 类和 ReaderWriterLockSlim 类提供了多个进程之间的线程同步。

### 20.9.1 lock 语句和线程安全

C# 为多个线程的同步提供了自己的关键字：lock 语句。lock 语句是设置锁定和解除锁定的一种

简单方式。

在添加 lock 语句之前，先进入另一个争用条件。SharedState 类说明了如何使用线程之间的共享状态，并保存一个整数值。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
public class SharedState
{
    public int State { get; set; }
}
```

代码段 SynchronizationSamples/SharedState.cs

Job 类包含 DoTheJob() 方法，该方法是新任务的入口点。通过其实现代码，将 SharedState 变量的 State 递增 50 000 次。sharedState 变量在这个类的构造函数中初始化：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
public class Job
{
    SharedState sharedState;
    public Job(SharedState sharedState)
    {
        this.sharedState = sharedState;
    }
    public void DoTheJob()
    {
        for (int i = 0; i < 50000; i++)
        {
            sharedState.State += 1;
        }
    }
}
```

代码段 SynchronizationSamples/Job.cs

在 Main() 方法中，创建一个 SharedState 对象，并把它传递给 20 个 Task 对象的构造函数。在启动所有的任务后，Main() 方法进入另一个循环，使 20 个任务全部处于等待状态，直到所有的任务都执行完毕为止。任务执行完毕后，把共享状态的合计值写入控制台中。因为执行了 50 000 次循环，有 20 个任务，所以写入控制台的值应是 1 000 000。但是，事实常常并非如此。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
class Program
{
    static void Main()
    {
        int numTasks = 20;
        var state = new SharedState();
        var tasks = new Task[numTasks];

        for (int i = 0; i < numTasks; i++)
        {
            tasks[i] = new Task(new Job(state).DoTheJob);
            tasks[i].Start();
        }

        for (int i = 0; i < numTasks; i++)
        {
            tasks[i].Wait();
        }
    }
}
```

```
    }  
    Console.WriteLine("summarized {0}", state.State);  
}
```

代码段 SynchronizationSamples/Program.cs

多次运行应用程序的结果如下所示:

```
summarized 785895  
summarized 776131  
summarized 774400  
summarized 871286
```

每次运行的结果都不同,但没有一个结果是正确的。调试版本和发布版本的区别很大。根据使用的 CPU 类型,结果也不一样。如果将循环次数改为比较小的值,就会多次得到正确的值,但不是每次。这个应用程序非常小,很容易看出问题,但该问题的原因在大型应用程序中就很难确定。

必须在这个程序中添加同步功能,这可以用 `lock` 关键字实现。

用 `lock` 语句定义的对象表示,要等待指定对象的锁定。只能传递引用类型。锁定值类型只是锁定了副本,这没有什么意义。如果对值类型使用了 `lock` 语句,C#编译器就会提供一个错误。进行了锁定后——只有锁定一个线程,就可以运行 `lock` 语句块。在 `lock` 语句块的最后,对象的锁定被解除,另一个等待锁定的线程就可以获得该锁定块了。

```
lock (obj)  
{  
    // synchronized region  
}
```

要锁定静态成员,可以把锁放在 `object` 类型上:

```
lock (typeof(StaticClass))  
{  
}
```

使用 `lock` 关键字可以将类的实例成员设置为线程安全的。这样,一次只有一个线程能访问相同实例的 `DoThis()` 和 `DoThat()` 方法。

```
public class Demo  
{  
    public void DoThis()  
    {  
        lock (this)  
        {  
            // only one thread at a time can access the DoThis and DoThat methods  
        }  
    }  
    public void DoThat()  
    {  
        lock (this)  
        {  
        }  
    }  
}
```

但是，因为实例的对象也可以用于外部的同步访问，我们不能在类自身中控制这种访问，所以应采用 `SyncRoot` 模式。通过 `SyncRoot` 模式，创建一个私有对象 `syncRoot`，将这个对象用于 `lock` 语句。

```
public class Demo
{
    private object syncRoot = new object();

    public void DoThis()
    {
        lock (syncRoot)
        {
            // only one thread at a time can access the DoThis and DoThat methods
        }
    }

    public void DoThat()
    {
        lock (syncRoot)
        {
        }
    }
}
```

使用锁定需要时间，且并不总必需。可以创建类的两个版本，一个同步版本，一个异步版本。这里通过修改 `Demo` 类来说明。`Demo` 类本身并不是同步的，这可以在 `DoThis()` 和 `DoThat()` 方法的实现中看出。该类还定义了 `IsSynchronized` 属性，客户可以从该属性中获得类的同步选项信息。为了获得该类的同步版本，可以使用静态方法 `Synchronized()` 传递一个非同步对象，这个方法会返回 `SynchronizedDemo` 类型的对象。`SynchronizedDemo` 实现为派生自基类 `Demo` 的一个内部类，并重写基类的虚拟成员。重写的成员使用了 `SyncRoot` 模式。

```
public class Demo
{
    private class SynchronizedDemo: Demo
    {
        private object syncRoot = new object();
        private Demo d;

        public SynchronizedDemo(Demo d)
        {
            this.d = d;
        }

        public override bool IsSynchronized
        {
            get { return true; }
        }

        public override void DoThis()
        {
            lock (syncRoot)
            {
                d.DoThis();
            }
        }
    }
}
```

```

        public override void DoThat()
        {
            lock (syncRoot)
            {
                d.DoThat();
            }
        }
    }

    public virtual bool IsSynchronized
    {
        get { return false; }
    }

    public static Demo Synchronized(Demo d)
    {
        if (!d.IsSynchronized)
        {
            return new SynchronizedDemo(d);
        }
        return d;
    }

    public virtual void DoThis()
    {
    }

    public virtual void DoThat()
    {
    }
}

```

必须注意，在使用 `SynchronizedDemo` 类时，只有方法是同步的。对这个类的两个成员的调用并没有同步。

首先修改异步的 `SharedState` 类，以使用 `SyncRoot` 模式。如果试图用 `SyncRoot` 模式锁定对属性的访问，使 `SharedState` 类变成线程安全的，就仍会出现前面描述的争用条件。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

public class SharedState
{
    private int state = 0;
    private object syncRoot = new object();

    public int State // there's still a race condition,
                    // don't do this!
    {
        get { lock (syncRoot) {return state; }}
        set { lock (syncRoot) {state = value; }}
    }
}

```

代码段 `SynchronizationSamples/SharedState.cs`

调用方法 `DoTheTask()` 方法的线程访问 `SharedState` 类的 `get` 存取器，以获得 `state` 的当前值，接

着 get 存取器给 state 设置新值。在调用对象的 get 和 set 存取器期间，对象没有锁定，另一个线程可以获得临时值。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
public void DoTheJob()
{
    for (int i = 0; i < 50000; i++)
    {
        sharedState.State += 1;
    }
}
```

代码段 SynchronizationSamples/Job.cs

所以，最好不改变 SharedState 类，让它依旧没有线程安全性。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
public class SharedState
{
    public int State { get; set; }
}
```

代码段 SynchronizationSamples/SharedState.cs

然后在 DoTheTask()方法中，将 lock 语句添加到合适的地方：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
public void DoTheJob()
{
    for (int i = 0; i < 50000; i++)
    {
        lock (sharedState)
        {
            sharedState.State += 1;
        }
    }
}
```

代码段 SynchronizationSamples/Job.cs

这样，应用程序的结果就总是正确的：

```
summarized 1000000
```



在一个地方使用 lock 语句并不意味着，访问对象的其他线程都正在等待。必须对每个访问共享状态的线程显式地使用同步功能。

当然，还必须修改 SharedState 类的设计，并作为一个原子操作提供递增方式。这是一个设计问题——什么是类的原子功能？



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
public class SharedState
{
    private int state = 0;
    private object syncRoot = new object();

    public int State
```



```

    {
        get { return state; }
    }

    public int IncrementState()
    {
        lock (syncRoot)
        {
            return ++state;
        }
    }
}

```

代码段 SynchronizationSamples/SharedState.cs

锁定状态的递增还有一种更快的方式，如下节所示。

### 20.9.2 Interlocked 类

**Interlocked** 类用于使变量的简单语句原子化。`i++`不是线程安全的，它的操作包括从内存中获取一个值，给该值递增 1，再将它存储回内存。这些操作都可能会被线程调度器打断。**Interlocked** 类提供了以线程安全的方式递增、递减、交换和读取值的方法。

与其他同步技术相比，使用 **Interlocked** 类会快得多。但是，它只能用于简单的同步问题。

例如，这里不使用 `lock` 语句锁定对 `someState` 变量的访问，把它设置为一个新值，以防它是空的，而可以使用 **Interlocked** 类，它比较快：



```

lock (this)
{
    if (someState == null)
    {
        someState = newState;
    }
}

```

代码段 SynchronizationSamples/SharedState.cs

这个功能相同但比较快的版本使用了 `Interlocked.CompareExchange()`方法：

```

Interlocked.CompareExchange<SomeState>(ref someState,
    newState, null);

```

并且不在 `lock` 语句中执行递增操作：

```

public int State
{
    get
    {
        lock (this)
        {
            return ++state;
        }
    }
}

```

而使用较快的 `Interlocked.Increment()` 方法:

```
public int State
{
    get
    {
        return Interlocked.Increment(ref state);
    }
}
```

### 20.9.3 Monitor 类

C# 的 `lock` 语句由编译器解析为使用 `Monitor` 类。下面的 `lock` 语句:

```
lock (obj)
{
    // synchronized region for obj
}
```

被解析为调用 `Enter()` 方法, 该方法会一直等待, 直到线程被对象锁定为止。一次只有一个线程能被对象锁定。只要解除了锁定, 线程就可以进入同步阶段。`Monitor` 类的 `Exit()` 方法解除了锁定。编译器把 `Exit()` 方法放在 `try` 块的 `finally` 处理程序中, 所以如果抛出了异常, 就会解除该锁定。



try/finally 详见第 15 章。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
Monitor.Enter(obj);
try
{
    // synchronized region for obj
}
finally
{
    Monitor.Exit(obj);
}
```

代码段 `SynchronizationSamples/Program.cs`

与 C# 的 `lock` 语句相比, `Monitor` 类的主要优点是: 可以添加一个等待被锁定的超时值。这样就不会无限期地等待被锁定, 而可以使用 `TryEnter()` 方法, 其中给它传递一个超时值, 指定等待被锁定的最长时间。如果 `obj` 被锁定, `TryEnter()` 方法就把布尔型的引用参数设置为 `true`, 并同步地访问由对象 `obj` 锁定的状态。如果另一个线程锁定 `obj` 的时间超过了 500 毫秒, `TryEnter()` 方法就把变量 `lockTaken` 设置为 `false`, 线程不再等待, 而是用于执行其他操作。也许在以后, 该线程会尝试再次被锁定。

```
bool lockTaken = false;
Monitor.TryEnter(obj, 500, ref lockTaken);
if (lockTaken)
{
    try
    {
```

```

        // acquired the lock
        // synchronized region for obj
    }
    finally
    {
        Monitor.Exit(obj);
    }
}
else
{
    // didn't get the lock, do something else
}
}

```

### 20.9.4 SpinLock 结构

SpinLock 结构是 .NET 4 新增的。如果基于对象的锁定对象(Monitor)的系统开销由于垃圾回收而过高，就可以使用 SpinLock 结构。如果有大量的锁定(例如，列表中的每个节点都有一个锁定)，且锁定的时间总是非常短，SpinLock 结构就很有用。应避免使用多个 SpinLock 结构，也不要调用任何可能阻塞的内容。

除了体系结构上的区别之外，SpinLock 结构的用法非常类似于 Monitor 类。获得锁定使用 Enter()或 TryEnter()方法，释放锁定使用 Exit()方法。SpinLock 结构还提供了属性 IsHeld 和 IsHeldByCurrentThread，指定它当前是否是锁定的。

 传送 SpinLock 实例时要小心。因为 SpinLock 定义为结构，把一个变量赋予另一个变量会创建一个副本。总是通过引用传送 SpinLock 实例。

### 20.9.5 WaitHandle 基类

WaitHandle 是一个抽象基类，用于等待一个信号的设置。可以等待不同的信号，因为 WaitHandle 是一个基类，可以从中派生一些类。

在本章前面使用异步委托时，已经使用了 WaitHandle 基类。异步委托的 BeginInvoke()方法返回一个实现了 IAsyncResult 接口的对象。使用 IAsyncResult 接口，可以用 AsyncWaitHandle 属性访问 WaitHandle 基类。在调用 WaitOne()方法时，线程会等待接收一个与等待句柄相关的信号。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

static void Main()
{
    TakesAWhileDelegate dl = TakesAWhile;
    IAsyncResult ar = dl.BeginInvoke(1, 3000, null, null);
    while (true)
    {
        Console.WriteLine(".");
        if (ar.AsyncWaitHandle.WaitOne(50, false))
        {
            Console.WriteLine("Can get the result now");
            break;
        }
    }
}

```

```

int result = dl.EndInvoke(ar);
Console.WriteLine("result: {0}", result);
}

```

代码段 AsyncDelegate/Program.cs

使用 `WaitHandle` 基类可以等待一个信号的出现(`WaitOne()`方法)、等待必须发出信号的多个对象(`WaitAll()`方法)、或者等待多个对象中的一个(`WaitAny()`方法)。`WaitAll()`和 `WaitAny()`是 `WaitHandle` 类的静态方法,接收一个 `WaitHandle` 参数数组。

`WaitHandle` 基类有一个 `SafeWaitHandle` 属性,其中可以将一个本机句柄赋予一个操作系统资源,并等待该句柄。例如,可以指定一个 `SafeWaitHandle` 等待文件 I/O 操作的完成,或者指定自定义 `SafeTransactionHandle`,参见第 23 章。

因为 `Mutex`、`EventWaitHandle` 和 `Semaphore` 类派生自 `WaitHandle` 基类,所以可以在等待时使用它们。

### 20.9.6 Mutex 类

`Mutex`(mutual exclusion, 互斥)是 .NET Framework 中提供跨多个进程同步访问的一个类。它非常类似于 `Monitor` 类,因为它们都只有一个线程能拥有锁定。只有一个线程能获得互斥锁定,访问受互斥保护的同步代码区域。

在 `Mutex` 类的构造函数中,可以指定互斥是否最初应由主调线程拥有,定义互斥的名称,获得互斥是否已存在的信息。在下面的示例代码中,第 3 个参数定义为输出参数,接收一个表示互斥是否为新建的布尔值。如果返回的值是 `false`,就表示互斥已经定义。互斥可以在另一个进程中定义,因为操作系统能够识别有名称的互斥,它由不同的进程共享。如果没有给互斥指定名称,互斥就是未命名的,不在不同的进程之间共享。

```

bool createdNew;
Mutex mutex = new Mutex(false, "ProCSharpMutex", out createdNew);

```

要打开已有的互斥,还可以使用 `Mutex.OpenExisting()`方法,它不需要用构造函数创建互斥时需要的相同.NET 权限。

由于 `Mutex` 类派生自基类 `WaitHandle`,因此可以利用 `WaitOne()`方法获得互斥锁定,在该过程中成为该互斥的拥有者。调用 `ReleaseMutex()`方法,即可释放互斥。

```

if (mutex.WaitOne())
{
    try
    {
        // synchronized region
    }
    finally
    {
        mutex.ReleaseMutex();
    }
}
else
{
    // some problem happened while waiting
}

```

由于系统能识别有名称的互斥，因此可以使用它禁止应用程序启动两次。在下面的 Windows 窗体应用程序中，调用了 `Mutex` 对象的构造函数。接着，验证名称为 `SingletonWinAppMutex` 的互斥是否存在。如果存在，应用程序就退出。

```
static class Program
{
    [STAThread]
    static void Main()
    {
        bool createdNew;
        Mutex mutex = new Mutex(false, "SingletonWinAppMutex",
                                out createdNew);

        if (!createdNew)
        {
            MessageBox.Show("You can only start one instance " +
                             "of the application");
            Application.Exit();
            return;
        }
        Application.EnableVisualStyles();
        Application.SetCompatibleTextRenderingDefault(false);
        Application.Run(new Form1());
    }
}
```

## 20.9.7 Semaphore 类

信号量非常类似于互斥，其区别是，信号量可以同时由多个线程使用。信号量是一种计数的互斥锁定。使用信号量，可以定义允许同时访问受旗语锁定保护的资源的线程个数。如果有许多可用资源，且只允许一定数量的线程访问该资源，就可以使用信号量。例如，要访问系统上的物理 I/O 端口，且有 3 个端口可用，就允许 3 个线程同时访问 I/O 端口，但第 4 个线程需要等待前 3 个线程中的一个释放资源。

.NET 4 为信号量功能提供了两个类 `Semaphore` 和 `SemaphoreSlim`。`Semaphore` 类可以命名，使用系统范围内的资源，允许在不同进程之间同步。`SemaphoreSlim` 类是对于较短等待时间进行了优化的轻型版本。

在下面的示例应用程序中，在 `Main()` 方法中创建了 6 个线程和一个计数为 4 的信号量。在 `Semaphore` 类的构造函数中，定义了锁定个数的计数，它可以用信号量(第二个参数)来获得，还定义了最初释放的锁定数(第一个参数)。如果第一个参数的值小于第二个参数，它们的差就是已经分配线程的计数值。与互斥一样，也可以给信号量指定名称，使之在不同的进程之间共享。这里定义信号量时没有指定名称，所以它只能在这个进程中使用。在创建了 `SemaphoreSlim` 对象之后，启动 6 个线程，它们都获得了相同的信号量。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
using System;
using System.Threading;
using System.Diagnostics;

namespace Wrox.ProCSharp.Threading
{
    class Program
```

```

static void Main()
{
    int threadCount = 6;
    int semaphoreCount = 4;
    var semaphore = new SemaphoreSlim(semaphoreCount, semaphoreCount);
    var threads = new Thread[threadCount];

    for (int i = 0; i < threadCount; i++)
    {
        threads[i] = new Thread(ThreadMain);
        threads[i].Start(semaphore);
    }

    for (int i = 0; i < threadCount; i++)
    {
        threads[i].Join();
    }

    Console.WriteLine("All threads finished");
}

```

代码段 Semaphore/Program.cs

在线程的主方法 `ThreadMain()` 中，线程利用 `WaitOne()` 方法锁定信号量。信号量的计数是 4，所以有 4 个线程可以获得锁定。第 5 个线程必须等待，这里还定义了最长的等待时间为 500 毫秒。如果在该等待时间过后未能获得锁定，线程就把一条消息写入控制台，在循环中继续等待。只要获得了锁定，线程就把一条消息写入控制台，睡眠一段时间，然后解除锁定。在解除锁定时，在任何情况下一定要解除资源的锁定，这一点很重要。这就是在 `finally` 处理程序中调用 `Semaphore` 类的 `Release()` 方法的原因。

```

static void ThreadMain(object o)
{
    SemaphoreSlim semaphore = o as SemaphoreSlim;
    Trace.Assert(semaphore != null, "o must be a Semaphore type");
    bool isCompleted = false;
    while (!isCompleted)
    {
        if (semaphore.Wait(600))
        {
            try
            {
                Console.WriteLine("Thread {0} locks the semaphore",
                    Thread.CurrentThread.ManagedThreadId);
                Thread.Sleep(2000);
            }
            finally
            {
                semaphore.Release();
                Console.WriteLine("Thread {0} releases the semaphore",
                    Thread.CurrentThread.ManagedThreadId);
                isCompleted = true;
            }
        }
        else

```

```
        Console.WriteLine("Timeout for thread {0}; wait again",  
            Thread.CurrentThread.ManagedThreadId);  
    }  
}
```

运行应用程序，可以看到有 4 个线程很快被锁定。ID 为 7 和 8 的线程需要等待。该等待会重复进行，直到其中一个被锁定的线程之一解除了信号量。

```
Thread 3 locks the semaphore  
Thread 4 locks the semaphore  
Thread 5 locks the semaphore  
Thread 6 locks the semaphore  
Timeout for thread 8; wait again  
Timeout for thread 7; wait again  
Timeout for thread 8; wait again  
Timeout for thread 7; wait again  
Timeout for thread 7; wait again  
Timeout for thread 8; wait again  
Thread 3 releases the semaphore  
Thread 8 locks the semaphore  
Thread 4 releases the semaphore  
Thread 7 locks the semaphore  
Thread 5 releases the semaphore  
Thread 6 releases the semaphore  
Thread 8 releases the semaphore  
Thread 7 releases the semaphore  
All threads finished
```

## 20.9.8 Events 类

事件是另一个系统范围内的资源同步方法。为了从托管代码中使用系统事件，.NET Framework 在 `System.Threading` 名称空间中提供了 `ManualResetEvent`、`AutoResetEvent`、`ManualResetEventSlim` 和 `CountdownEvent` 类。`ManualResetEventSlim` 和 `CountdownEvent` 类是 .NET 4 新增的。



第 8 章介绍了 C# 中的 `event` 关键字，它与 `System.Threading` 名称空间中的 `event` 类没有关系。`event` 关键字基于委托，而上述两个 `event` 类是 .NET 封装器，用于系统范围内的手机事件资源的同步。

可以使用事件通知其他任务：这里有一些数据，并完成了一些操作等。事件可以发信号，也可以不发信号。使用前面介绍的 `WaitHandle` 类，任务可以等待处于发信号状态的事件。

调用 `Set()` 方法，即可向 `ManualResetEventSlim` 发信号。调用 `Reset()` 方法，可以使之返回不发信号的状态。如果多个线程等待向一个事件发信号，并调用了 `Set()` 方法，就释放所有等待的线程。另外，如果一个线程刚刚调用了 `WaitOne()` 方法，但事件已经发出信号，等待的线程就可以继续等待。

也通过 `Set()` 方法向 `AutoResetEvent` 发信号。也可以使用 `Reset()` 方法使之返回不发信号的状态。但是，如果一个线程在等待自动重置的事件发信号，当第一个线程的等待状态结束时，该事件会自

动变为不发信号的状态。这样，如果多个线程在等待向事件发信号，就只有一个线程结束其等待状态，它不是等待时间最长的线程，而是优先级最高的线程。

为了说明 `ManualResetEventSlim` 类的事件，下面的 `Calculator` 类定义了 `Calculation()` 方法，这是任务的入口点。在这个方法中，该任务接收用于计算的输入数据，将结果写入变量 `result`，该变量可以从 `Result` 属性来访问。只要完成了计算(在随机的一段时间过后)，就调用 `ManualResetEventSlim` 类的 `Set()` 方法，向事件发信号。



```
public class Calculator
{
    private ManualResetEventSlim mEvent;

    public int Result { get; private set; }

    public Calculator(ManualResetEventSlim ev)
    {
        this.mEvent = ev;
    }

    public void Calculation(object obj)
    {
        Tuple<int, int> data = (Tuple<int, int>)obj;
        Console.WriteLine("Task {0} starts calculation", Task.Current.Id);
        Thread.Sleep(new Random().Next(3000));
        Result = data.Item1 + data.Item2;

        // signal the event-completed!
        Console.WriteLine("Task {0} is ready", Task.Current.Id);
        mEvent.Set();
    }
}
```

代码段 `EventSample/Program.cs`

程序的 `Main()` 方法定义了包含 4 个 `ManualResetEventSlim` 对象的数组和包含 4 个 `Calculator` 对象的数组。每个 `Calculator` 在构造函数中用一个 `ManualResetEventSlim` 对象初始化，这样每个任务在完成时都有自己的事件对象来发信号。现在使用 `TaskFactory` 类，让不同的任务执行计算任务。

```
class Program
{
    static void Main()
    {
        const int taskCount = 4;

        var mEvents = new ManualResetEventSlim[taskCount];
        var waitHandles = new WaitHandle[taskCount];
        var calcs = new Calculator[taskCount];

        TaskFactory taskFactory = new TaskFactory();
        for (int i = 0; i < taskCount; i++)
        {
            mEvents[i] = new ManualResetEventSlim(false);
            waitHandles[i] = mEvents[i].WaitHandle;
            calcs[i] = new Calculator(mEvents[i]);

            taskFactory.StartNew(calcs[i].Calculation, Tuple.Create(i + 1, i + 3));
        }
    }
}
```



```
}
//...
```

WaitHandle 类现在用于等待数组中的任意一个事件。WaitAny()方法等待向任意一个事件发信号。与 ManualResetEvent 对象不同, ManualResetEventSlim 对象不派生自 WaitHandle 类。因此有一个 WaitHandle 对象的集合, 它从 ManualResetEventSlim 类的 WaitHandle 属性中填充。从 WaitAny()方法返回的 index 值匹配传递给 WaitAny()方法的事件数组的索引, 以提供发信号的事件的相关信息, 使用该索引可以从这个事件中读取结果。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

        for (int i = 0; i < taskCount; i++)
        {
            int index = WaitHandle.WaitAny(mEvents);
            if (index == WaitHandle.WaitTimeout)
            {
                Console.WriteLine("Timeout!!");
            }
            else
            {
                mEvents[index].Reset();
                Console.WriteLine("finished task for {0}, result: {1}",
                    index, calcs[index].Result);
            }
        }
    }
}

```

代码段 EventSample/Program.cs

启动应用程序, 可以看到线程在进行计算, 设置事件, 以通知主线程, 它可以读取结果了。在任意时间, 依据是调试版本还是发布版本和硬件的不同, 会看到按照不同的顺序, 线程池中有不同数量的线程在执行任务。这里重用了线程池中的第 4 个线程, 完成了两个任务, 因为它比较快, 能第一个完成计算。

```

Task 1 starts calculation
Task 2 starts calculation
Task 2 is ready
Task 3 starts calculation
finished task for 0, result: 4
Task 4 starts calculation
Task 3 is ready
finished task for 2, result: 8
Task 1 is ready
finished task for 1, result: 6
Thread 4 is ready
finished task for 3, result: 10

```

在一个类似的场景中, 为了把一些工作分支到多个任务中, 并在以后合并结果, 使用新的 CountdownEvent 类很有用。不需要为每个任务创建一个单独的事件对象, 而只需创建一个事件对象。CountdownEvent 类为所有设置了事件的任务定义了一个初始数字, 在到达该计数后, 就向 CountdownEvent 类发信号。

修改 Calculator 类, 以使用 CountdownEvent 类替代 ManualResetEvent 类。不使用 Set()方法设置

信号，而使用 `CountdownEvent` 类定义 `Signal()` 方法。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
public class Calculator
{
    private CountdownEvent cEvent;

    public int Result { get; private set; }

    public Calculator(CountdownEvent ev)
    {
        this.cEvent = ev;
    }

    public void Calculation(object obj)
    {
        Tuple<int, int> data = (Tuple<int, int>)obj;
        Console.WriteLine("Task {0} starts calculation", Task.Current.Id);
        Thread.Sleep(new Random().Next(3000));
        Result = data.Item1 + data.Item2;

        // signal the event-completed!
        Console.WriteLine("Task {0} is ready", Task.Current.Id);
        cEvent.Signal();
    }
}
```

代码段 `EventSample/Calculator.cs`

`Main()` 方法现在可以简化，从而使它只需等待一个事件了。如果不像前面那样单独处理结果，这个新版本就很不错。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
const int taskCount = 4;
var cEvent = new CountdownEvent(taskCount);
var calcs = new Calculator[taskCount];

var taskFactory = new TaskFactory();
for (int i = 0; i < taskCount; i++)
{
    calcs[i] = new Calculator(cEvent);

    taskFactory.StartNew(calcs[i].Calculation,
        Tuple.Create(i + 1, i + 3));
}

cEvent.Wait();
Console.WriteLine("all finished");
for (int i = 0; i < taskCount; i++)
{
    Console.WriteLine("task for {0}, result: {1}", i, calcs[i].Result);
}
```

代码段 `EventSample/Program.cs`

## 20.9.9 Barrier 类

.NET 4 为同步提供了新的 `Barrier` 类。`Barrier` 类非常适用于其中工作有多个任务分支且以后又

需要合并工作的情况。**Barrier** 类用于需要同步的参与者。激活一个作业时，就可以动态地添加其他参与者，例如，从父任务中创建子任务。参与者在继续之前，可以等待所有其他参与者完成其工作。

示例应用程序使用一个包含 2 000 000 个字符串的集合。使用多个任务遍历该集合，并统计以 a、b、c 等开头的字符串个数。

**FillData()**方法创建一个集合，并用随机字符串填充它：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
public static IEnumerable<string> FillData(int size)
{
    List<string> data = new List<string>(size);
    Random r = new Random();
    for (int i = 0; i < size; i++)
    {
        data.Add(GetString(r));
    }
    return data;
}

private static string GetString(Random r)
{
    StringBuilder sb = new StringBuilder(6);
    for (int i = 0; i < 6; i++)
    {
        sb.Append((char)(r.Next(26) + 97));
    }
    return sb.ToString();
}
```

代码段 **BarrierSample/Program.cs**

**CalculationInTask()**方法定义了任务执行的作业。通过参数接收一个包含 4 项的元组。第 3 个参数是对 **Barrier** 实例的引用。任务完成其作业时，任务就会使用 **RemoveParticipant()**方法从 **Barrier** 类中删除它自己。

```
static int[] CalculationInTask(object p)
{
    var pl = p as Tuple<int, int, Barrier, List<string>>;
    Barrier barrier = pl.Item3;
    List<string> data = pl.Item4;

    int start = pl.Item1 * pl.Item2;
    int end = start + pl.Item2;
    Console.WriteLine("Task {0}: partition from {1} to {2}",
        Task.Current.Id, start, end);
    int[] charCount = new int[26];
    for (int j = start; j < end; j++)
    {
        char c = data[j][0];
        charCount[c - 97]++;
    }
    Console.WriteLine("Calculation completed from task {0}. {1} " +
        "times a, {2} times z", Task.Current.Id, charCount[0],
        charCount[25]);

    barrier.RemoveParticipant();
}
```

```

        Console.WriteLine("Task {0} removed from barrier, " +
            "remaining participants {1}", Task.Current.Id,
            barrier.ParticipantsRemaining);
        return charCount;
    }
}

```

在 `Main()` 方法中创建一个 `Barrier` 实例。在构造函数中，可以指定参与者的数量。在该示例中，这个数量是 3，因为该示例创建了两个任务，`Main()` 方法本身也是一个参与者。使用 `TaskFactory` 创建两个任务，把遍历集合的任务分为两个部分。启动该任务后，使用 `SignalAndWait()` 方法，`Main()` 方法在完成时发出信号，并等待所有其他参与者或者发出完成的信号，或者从 `Barrier` 类中删除它们。一旦所有的参与者都准备好，就提取任务的结果，并使用 `Zip()` 扩展方法把它们合并起来。

```

static void Main()
{
    const int numberTasks = 2;
    const int partitionSize = 1000000;

    var data = new List<string>(FillData(partitionSize * numberTasks));

    var barrier = new Barrier(numberTasks + 1);
    var taskFactory = new TaskFactory();
    var tasks = new Task<int[]>[numberTasks];
    for (int i = 0; i < participants; i++)
    {
        tasks[i] = taskFactory.StartNew<int[]>(CalculationInTask,
            Tuple.Create(i, partitionSize, barrier, data));
    }

    barrier.SignalAndWait();
    var resultCollection = tasks[0].Result.Zip(tasks[1].Result, (c1, c2) =
        {
            return c1 + c2;
        });

    char ch = 'a';
    int sum = 0;
    foreach (var x in resultCollection)
    {
        Console.WriteLine("{0}, count: {1}", ch++, x);
        sum += x;
    }

    Console.WriteLine("main finished {0}", sum);
    Console.WriteLine("remaining {0}", barrier.ParticipantsRemaining);
}
}

```

### 20.9.10 ReaderWriterLockSlim 类

为了使锁定机制允许锁定多个读取器(而不是一个写入器)访问某个资源，可以使用 `ReaderWriterLockSlim` 类。这个类提供了一个锁定功能，如果没有写入器锁定资源，就允许多个读取器访问资源，但只能有一个写入器锁定该资源。

`ReaderWriterLockSlim` 类的属性可获得读取阻塞或不阻塞的锁定，如 `EnterReadLock()` 和 `TryEnterReadLock()` 方法。还可以使用 `EnterWriteLock()` 和 `TryEnterWriteLock()` 方法获得写入锁定。如果任

务先读取资源，之后写入资源，它就可以使用 `EnterUpgradableReadLock()` 或 `TryEnterUpgradableReadLock()` 方法获得可升级的读取锁定。有了这个锁定，就可以获得写入锁定，而无需释放读取锁定。

这个类的几个属性提供了当前锁定的相关信息，如 `CurrentReadCount`、`WaitingReadCount`、`WaitingUpgradableReadCount` 和 `WaitingWriteCount`。

下面的示例程序创建了一个包含 6 项的集合和一个 `ReaderWriterLockSlim` 对象。`ReaderMethod()` 方法获得一个读取锁定，读取列表中的所有项，并把它们写到控制台中。`WriterMethod()` 方法试图获得一个写入锁定，以改变集合的所有值。在 `Main()` 方法中，启动 6 个线程，以调用 `ReaderMethod()` 或 `WriterMethod()` 方法。



```
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.Threading;
using System.Threading.Tasks;

namespace Wrox.ProCSharp.Threading
{
    class Program
    {
        private static List<int> items = new List<int>() { 0, 1, 2, 3, 4, 5};
        private static ReaderWriterLockSlim rwl =
            new ReaderWriterLockSlim(LockRecursionPolicy.SupportsRecursion);

        static void ReaderMethod(object reader)
        {
            try
            {
                rwl.EnterReadLock();

                for (int i = 0; i < items.Count; i++)
                {
                    Console.WriteLine("reader {0}, loop: {1}, item: {2}",
                        reader, i, items[i]);
                    Thread.Sleep(40);
                }
            }
            finally
            {
                rwl.ExitReadLock();
            }
        }

        static void WriterMethod(object writer)
        {
            try
            {
                while (!rwl.TryEnterWriteLock(50))
                {
                    Console.WriteLine("Writer {0} waiting for the write lock",
                        writer);
                    Console.WriteLine("current reader count: {0}",
                        rwl.CurrentReadCount);
                }
                Console.WriteLine("Writer {0} acquired the lock", writer);
            }
        }
    }
}
```

```

        for (int i = 0; i < items.Count; i++)
        {
            items[i]++;
            Thread.Sleep(50);
        }
        Console.WriteLine("Writer {0} finished", writer);
    }
    finally
    {
        rwl.ExitWriteLock();
    }
}

static void Main()
{
    var taskFactory = new TaskFactory(TaskCreationOptions.LongRunning,
        TaskContinuationOptions.None);
    var tasks = new Task[6];
    tasks[0] = taskFactory.StartNew(WriterMethod, 1);
    tasks[1] = taskFactory.StartNew(ReaderMethod, 1);
    tasks[2] = taskFactory.StartNew(ReaderMethod, 2);
    tasks[3] = taskFactory.StartNew(WriterMethod, 2);
    tasks[4] = taskFactory.StartNew(ReaderMethod, 3);
    tasks[5] = taskFactory.StartNew(ReaderMethod, 4);

    for (int i = 0; i < 6; i++)
    {
        tasks[i].Wait();
    }
}
}
}

```

代码段 ReaderWriterSample/Program.cs

运行这个应用程序，第一个写入器先获得锁定。第二个写入器和所有的读取器需要等待。接着，读取器可以同时工作，而第二个写入器仍在等待资源。

```

Writer 1 acquired the lock
Writer 2 waiting for the write lock
current reader count: 0
Writer 2 waiting for the write lock
current reader count: 0
Writer 2 waiting for the write lock
current reader count: 0
Writer 2 waiting for the write lock
current reader count: 0
Writer 1 finished
reader 4, loop: 0, item: 1
reader 1, loop: 0, item: 1
Writer 2 waiting for the write lock
current reader count: 4
reader 2, loop: 0, item: 1
reader 3, loop: 0, item: 1
reader 4, loop: 1, item: 2
reader 1, loop: 1, item: 2

```

```

reader 3, loop: 1, item: 2
reader 2, loop: 1, item: 2
Writer 2 waiting for the write lock
current reader count: 4
reader 4, loop: 2, item: 3
reader 1, loop: 2, item: 3
reader 2, loop: 2, item: 3
reader 3, loop: 2, item: 3
Writer 2 waiting for the write lock
current reader count: 4
reader 4, loop: 3, item: 4
reader 1, loop: 3, item: 4
reader 2, loop: 3, item: 4
reader 3, loop: 3, item: 4
reader 4, loop: 4, item: 5
reader 1, loop: 4, item: 5
Writer 2 waiting for the write lock
current reader count: 4
reader 2, loop: 4, item: 5
reader 3, loop: 4, item: 5
reader 4, loop: 5, item: 6
reader 1, loop: 5, item: 6
reader 2, loop: 5, item: 6
reader 3, loop: 5, item: 6
Writer 2 waiting for the write lock
current reader count: 4
Writer 2 acquired the lock
Writer 2 finished
    
```

## 20.10 Timer 类

.NET Framework 提供了几个 Timer 类，用于在某个时间间隔后调用某个方法。表 20-1 列出了 Timer 类及其名称空间和功能。

表 20-1

名称空间	说 明
System.Threading	System.Threading 名称空间中的 Timer 类提供了核心功能。在构造函数中，可以传递一个委托，该委托应按照指定的时间间隔调用
System.Timers	System.Timers 名称空间中的 Timer 类是一个组件，因为它派生自 Component 基类。因此，可以把它从工具箱拖放到服务器应用程序(如 Windows 服务)的设计界面上。 这个 Timer 类使用 System.Threading.Timer，但提供了基于事件的机制，而不是基于委托的机制
System.Windows.Forms	使用 System.Threading 和 System.Timers 名称空间中的 Timer 类，可以从不是主调线程的另一个线程中调用回调方法或事件方法。Windows 窗体控件绑定到创建它的线程上。对这个线程的回调通过 System.Windows.Forms 名称空间中的 Timer 类完成
System.Web.UI	System.Web.UI 名称空间中的 Timer 类是一个 AJAX 扩展，该扩展可以用于 Web 页面
System.Windows.Threading	System.Windows.Threading 名称空间中的 DispatcherTimer 类由 WPF 应用程序使用。 DispatcherTimer 类运行在 UI 线程上

使用 `System.Threading.Timer` 类, 可以把要调用的方法作为构造函数的第一个参数传递。这个方法必须满足 `TimeCallback` 委托的要求, 该委托定义一个 `void` 返回类型和一个 `object` 参数。通过第二个参数, 可以传递任意对象, 用回调方法中的 `object` 参数接收对应的对象。例如, 可以传递 `Event` 对象, 向调用者发送信号。第 3 个参数指定第一次调用回调方法时的时间段。最后一个参数指定了回调的重复时间间隔。如果计时器应只触发一次, 就把第 4 个参数设置为 `-1`。

如果创建 `Timer` 对象后应改变时间间隔, 就可以用 `Change()` 方法传递新值:



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
private static void ThreadingTimer()
{
    var t1 = new System.Threading.Timer(
        TimeAction, null, TimeSpan.FromSeconds(2),
        TimeSpan.FromSeconds(3));

    Thread.Sleep(15000);

    t1.Dispose();
}

static void TimeAction(object o)
{
    Console.WriteLine("System.Threading.Timer {0:T}", DateTime.Now);
}
```

代码段 `TimerSample/Program.cs`

`System.Timer` 名称空间中的 `Timer` 类的构造函数只需要一个时间间隔。经过该时间间隔后应调用的方法用 `Elapsed` 事件指定。这个事件需要一个 `ElapsedEventHandler` 类型的委托, 这个委托需要的对象和 `ElapsedEventArgs` 参数与 `TimeAction()` 方法相同。`AutoReset` 属性指定计时器是否重复触发。如果把这个属性设置为 `false`, 事件就只触发一次。调用 `Start()` 方法允许计时器触发事件。除了调用 `Start()` 方法之外, 还可以把 `Enabled` 属性设置为 `true`。在后台, `Start()` 方法什么也不做。`Stop()` 方法把 `Enabled` 属性设置为 `false`, 以停止计时器。

```
private static void TimersTimer()
{
    var t1 = new System.Timers.Timer(1000);
    t1.AutoReset = true;
    t1.Elapsed += TimeAction;
    t1.Start();
    Thread.Sleep(10000);
    t1.Stop();

    t1.Dispose();
}

static void TimeAction(object sender, System.Timers.ElapsedEventArgs e)
{
    Console.WriteLine("System.Timers.Timer {0:T}", e.SignalTime);
}
```



## 20.11 基于事件的异步模式

本章前面介绍了基于 `IAsyncResult` 接口的异步模式。在异步回调中，回调线程不同于主调线程。使用 Windows 窗体或 WPF 时，这是一个问题，因为 Windows 窗体和 WPF 控件绑定到一个线程上。对于每个控件，都只能从创建该控件的线程中调用方法。也就是说，如果有一个后台线程，就不能直接从这个线程中访问 UI 控件。

通过 Windows 窗体控件，唯一可以从除了创建它的线程之外的线程中调用的是 `Invoke()`、`BeginInvoke()`、`EndInvoke()`方法和 `InvokeRequired` 属性。`BeginInvoke()`和 `EndInvoke()`方法是 `Invoke()`方法的异步版本。这些方法会切换到创建控件的线程上，以调用赋予一个委托参数的方法，该委托参数可以传递给这些方法。这些方法的使用并不简单，这就是 .NET 2.0 新组件和新异步模式一起开发的原因，即基于事件的异步模式。

在基于事件的异步模式中，异步组件提供了后缀为 `Async` 的方法。例如，同步方法 `DoATask()`的异步版本是 `DoATaskAsync()`。为了得到结果信息，组件还需要定义一个后缀为 `Completed` 的事件，如 `DoATaskCompleted`。`DoATaskAsync()`方法中的操作在后台线程中运行时，会在主调线程中触发 `DoATaskCompleted` 事件。


通过基于事件的异步模式，异步组件可以选择性地支持取消操作，并提供进度信息。对于取消操作，方法的名称应是 `CancelAsync()`。对于进度信息，应提供后缀为 `ProgressChanged` 的事件，例如，`DoATaskProgressChanged`。

### 20.11.1 BackgroundWorker 类

`BackgroundWorker` 类是异步事件模式的一种实现方案。`RunWorkerAsync()`方法启动与 `DoWork` 事件异步关联的方法。工作完成后，就触发 `RunWorkerCompleted` 事件。这里使用的名称完全符合前面介绍的基于事件的异步模式。

如果把 `WorkerSupportsCancellation` 属性设置为 `true`，`BackgroundWorker` 类就可以也支持取消功能。此时，工作可以通过调用 `CancelAsync()`方法来取消。但已完成的工作需要使用 `CancellationPending` 属性验证它是否应停止其工作。与新的取消架构类似，`BackgroundWorker` 类也支持协作式取消。

在显示进度信息方面，`BackgroundWorker` 类也是有用的。`WorkerReportsProgress` 属性指定正在进行的任务是否返回进度信息。如果返回，就可以指定 `ProgressChanged` 事件，来接收进度变化信息。完成该工作的任务需要调用 `ReportProgress()`方法，报告已完成任务的进度百分比信息。

 另一个实现异步事件模式的类是 `System.Net` 名称空间中的 `WebClient` 组件。这个类使用 `WebRequest` 和 `WebResponse` 类，但提供了一个易于使用的接口。`WebRequest` 和 `WebResponse` 类也提供了异步编程方式，它基于包含 `IAsyncResult` 接口的异步模式。

下面的示例应用程序说明了 `BackgroundWorker` 控件在 WPF 应用程序中的用法，具体方法是执行一个需要一定时间的任务。新建一个 WPF 应用程序，在窗体上添加 3 个标签控件、3 个文本框控件、两个按钮控件和一个进度条控件，如图 20-3 所示。

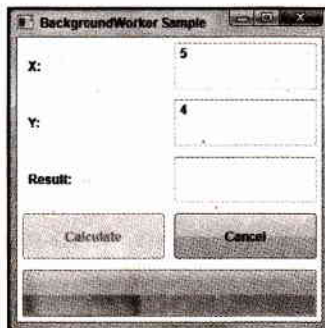


图 20-3

按表 20-2 配置控件的属性。

表 20-2

控 件	属性和事件	值
标签	Content	X:
文本框	x:Name	textX
标签	Content	Y:
文本框	x:Name	textY
标签	Content	Result:
文本框	x:Name	textResult
按钮	x:Name	buttonCalculate
	Text	Calculate
	Click	OnCalculate
按钮	x:Name	buttonCancel
	Text	Cancel
	IsEnabled	False
	Click	OnCancel
进度条	x:Name	progressBar

在代码隐藏中，给 `BackgroundWorkerWindow` 添加一个 `BackgroundWorker` 对象，把 `DoWork` 事件赋予 `OnDoWork()` 方法。对于 `BackgroundWorker` 类，需要导入 `System.ComponentModel` 名称空间。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
public partial class BackgroundWorkerWindow : Window
{
    private BackgroundWorker backgroundWorker;

    public BackgroundWorkerWindow()
    {
        InitializeComponent();
        backgroundWorker = new BackgroundWorker();
        backgroundWorker.DoWork += OnDoWork;
    }
}
```

代码段 `BackgroundWorkersSample/Window1.xaml.cs`

OnCalculate()方法是按钮控件 buttonCalculate 的 Click 事件的事件处理程序。在实现过程中，因为 buttonCalculate 按钮被禁用，所以在计算完成之前，用户不能再次单击该按钮。要启动 BackgroundWorker 控件，可调用 RunWorkerAsync()方法。BackgroundWorker 使用线程池中的一个线程来完成计算。RunWorkerAsync()方法需要将输入参数传递给赋予 DoWork 事件的处理程序。

```
private void OnCalculate(object sender, RoutedEventArgs e)
{
    this.buttonCalculate.IsEnabled = false;
    this.textResult.Text = String.Empty;
    this.buttonCancel.IsEnabled = true;
    this.progressBar.Value = 0;

    backgroundWorker.RunWorkerAsync(Tuple.Create<int, Parse(textX.Text),
        int.Parse(textY.Text)));
}
```

OnDoWork()方法连接到 BackgroundWorker 控件的 DoWork 事件上。在 DoWorkEventArgs 中，通过 Argument 属性接收输入参数。其实现代码模拟的功能需要一定的执行时间和 5 秒的睡眠时间。在睡眠时间过后，将计算的结果写入 DoEventArgs 的 Result 属性中。如果将计算和睡眠时间添加到 OnCalculate()方法中，在用户输入时，Windows 应用程序就不能获得用户的输入。但是，这里使用一个单独的线程，用户界面仍是激活的。

```
private void OnDoWork(object sender, DoWorkEventArgs e)
{
    var t = e.Argument as Tuple<int, int> ;

    Thread.Sleep(5000);
    e.Result = t.Item1 + t.Item2;
}
```

OnDoWork()方法完成后，BackgroundWorker 控件就触发 RunWorkerCompleted 事件。OnWorkCompleted()方法与这个事件相关。这里从 RunWorkerCompletedEventArgs 参数的 Result 属性中接收结果，把该结果写入文本框控件 result 中。在触发该事件时，BackgroundWorker 控件会把控制权交给创建它的线程，所以不需要使用 WPF 控件的 Invoke()方法，而可以直接调用 UI 控件的属性和方法。

```
private void OnWorkCompleted(object sender,
    RunWorkerCompletedEventArgs e)
{
    this.textResult.Text = e.Result.ToString();

    this.buttonCalculate.IsEnabled = true;
    this.buttonCancel.IsEnabled = false;
}
```

现在可以测试应用程序，会发现计算过程独立于 UI 线程，UI 仍是激活的，窗体可以四处移动。但是，取消功能和进度条功能仍需要实现。

## 20.11.2 启用取消功能

要启用取消功能，以停止正在运行的线程的进度，必须把 `BackgroundWorker` 控件的 `WorkerSupportsCancellation` 属性设置为 `true`。接着，必须实现与 `buttonCancel` 控件的 `Click` 事件相连接的 `OnCancel` 处理程序。`BackgroundWorker` 控件的 `CancelAsync()` 方法可以取消正在进行的异步任务。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
private void OnCancel(object sender, RoutedEventArgs e)
{
    backgroundWorker.CancelAsync();
}
```

代码段 `BackgroundWorkersSample/Window1.xaml.cs`

异步任务不会自动取消。在执行异步任务的 `OnDoWork()` 处理程序中，必须修改其实现代码，以检查 `BackgroundWorker` 控件的 `CancellationPending` 属性。这个属性在调用 `CancelAsync()` 方法时设置。如果某个取消操作被挂起，就把 `DoWorkEventArgs` 的 `Cancel` 属性设置为 `true`，并退出处理程序。

```
private void OnDoWork(object sender, DoWorkEventArgs e)
{
    var t = e.Argument as Tuple<int, int>;

    for (int i = 0; i < 10; i++)
    {
        Thread.Sleep(500);

        if (backgroundWorker.CancellationPending)
        {
            e.Cancel = true;
            return;
        }
    }

    e.Result = t.Item1 + t.Item2;
}
```

如果异步方法成功地完成或被取消，就调用完整的处理程序 `OnWorkCompleted()`。如果取消了该方法，就不能访问 `Result` 属性，因为这会抛出一个 `InvalidOperationException` 异常，并显示操作被取消的信息。所以必须检查 `RunWorkerCompletedEventArgs` 的 `Cancelled` 属性，并根据不同的情况执行不同的操作：

```
private void OnWorkCompleted(object sender,
                             RunWorkerCompletedEventArgs e)
{
    if (e.Cancelled)
    {
        this.textResult.Text = "Cancelled";
    }
    else
    {
        this.textResult.Text = e.Result.ToString();
    }
    this.buttonCalculate.IsEnabled = true;
}
```

```

        this.buttonCancel.IsEnabled = false;
    }

```

再次运行应用程序，就可以从用户界面中取消异步进度功能。

### 20.11.3 启用进度功能

为了获得用户界面的进度信息，必须将 `BackgroundWorker` 控件的 `WorkerReportsProgress` 属性设置为 `true`。

在 `OnDoWork()`方法中，可以用 `ReportProgress()`方法报告 `BackgroundWorker` 控件的进度。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

private void OnDoWork(object sender, DoWorkEventArgs e)
{
    var t = e.Argument as Tuple<int, int> ;

    for (int i = 0; i < 10; i++)
    {
        Thread.Sleep(500);
        backgroundWorker.ReportProgress(i * 10);
        if (backgroundWorker.CancellationPending)
        {
            e.Cancel = true;
            return;
        }
    }

    e.Result = t.Item1 + t.Item2;
}

```

代码段 BackgroundWorkersSample/Window1.xaml.cs

`ReportProgress()`方法触发 `BackgroundWorker` 控件的 `ProgressChanged` 事件，这个事件会将控制权交给 UI 线程。

在 `ProgressChanged` 事件中添加 `OnProgressChanged()`方法，在其实现代码中，给进度条控件设置一个从 `ProgressChangedEventArgs` 的 `ProgressPercentage` 属性中接收的新值。

```

private void OnProgressChanged(object sender, ProgressChangedEventArgs e)
{
    this.progressBar.Value = e.ProgressPercentage;
}

```

在 `OnWorkCompleted()`事件处理程序中，进度条最终设置为 100%。

```

private void OnWorkCompleted(object sender, RunWorkerCompletedEventArgs e)
{
    if (e.Cancelled)
    {
        this.textBoxResult.Text = "Canceled";
    }
    else
    {
        this.textBoxResult.Text = e.Result.ToString();
    }
    this.buttonCalculate.Enabled = true;
}

```

```

        this.buttonCancel.Enabled = false;
        this.progressBar.Value = 100;
    }

```

#### 20.11.4 创建基于事件的异步组件

要创建一个支持基于事件的异步模式的自定义组件，需要做更多的工作。为了用一个简单的情形说明这个过程，`AsyncComponent` 类只在某个时间段后返回一个转换后的输入字符串，这与前面的同步方法 `LongTask()` 相同。为了提供异步支持，公共接口提供了异步方法 `LongTaskAsync()` 和事件 `LongTaskCompleted`。这个事件的类型是 `EventHandler<LongTaskCompletedEventArgs>`，它定义了类型为 `object` 和 `LongTaskCompletedEventArgs` 的参数。`LongTaskCompletedEventArgs` 类型在后面创建，调用者可以从中读取异步操作的结果。

另外，还需要一些帮助方法，如 `DoLongTask()` 和 `CompletionMethod()`，如下所述。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

using System;
using System.Collections.Generic;
using System.ComponentModel;
using System.Threading;

namespace Wrox.ProCSharp.Threading
{
    public delegate void LongTaskCompletedEventHandler(object sender,
        LongTaskCompletedEventArgs e);

    public partial class AsyncComponent: Component
    {
        private Dictionary<object, AsyncOperation> userStateDictionary =
            new Dictionary<object, AsyncOperation>();
        private SendOrPostCallback onCompletedDelegate;

        public event EventHandler<LongTaskCompletedEventArgs> LongTaskCompleted;

        public AsyncComponent()
        {
            InitializeComponent();
            InitializeDelegates();
        }

        public AsyncComponent(IContainer container)
        {
            container.Add(this);

            InitializeComponent();
            InitializeDelegates();
        }

        private void InitializeDelegates()
        {
            onCompletedDelegate = LongTaskCompletion;
        }

        public string LongTask(string input)
        {
            Console.WriteLine("LongTask started");
            Thread.Sleep(5000);
        }
    }
}

```

```

        Console.WriteLine("LongTask finished");
        return input.ToUpper();
    }

    public void LongTaskAsync(string input, object taskId)
    {
        //.
    }

    private void LongTaskCompletion(object operationState)
    {
        //.
    }

    protected void OnLongTaskCompleted(LongTaskCompletedEventArgs e)
    {
        //.
    }

    // running in a background thread
    private void DoLongTask(string input, AsyncOperation asyncOp)
    {
        //.
    }

    private void CompletionMethod(string output, Exception ex,
        bool cancelled, AsyncOperation asyncOp)
    {
        //.
    }
}

public class LongTaskCompletedEventArgs: AsyncCompletedEventArgs
{
    //.
}
}

```

代码段 AsyncComponent/AsyncComponent.cs

LongTaskAsync()方法需要异步地启动同步的操作。如果组件允许同时启动几次异步任务，客户就需要选择把不同的结果映射到启动的任务上。因此 LongTaskAsync()方法的第二个参数必须是一个 taskId，客户机可以使用它映射结果。当然，在组件内部，必须记住任务 ID，才能映射结果。NET 提供了 AsyncOperationManager 类，来创建 AsyncOperationObjects，从而有助于跟踪操作的状态。AsyncOperationManager 类有一个方法 CreateOperation()，可以给它传递一个任务标识符，该方法就返回一个 AsyncOperation 对象。这个操作保存为前面创建的 userStateDictionary 字典中的一项。

接着，创建一个 Action<string, AsyncOperation>类型的委托，把 DoLongTask()方法赋予委托实例。BeginInvoke()是委托的一个方法，通过它可以使使用线程池中的一个线程异步启动地 DoLongTask()方法。这个委托需要的参数是调用者的所有输入参数和 AsyncOperation 参数，它们用于获得状态，并映射操作的结果。

```

public void LongTaskAsync(string input, object taskId)
{
    AsyncOperation asyncOp = AsyncOperationManager.CreateOperation(taskId);

```

```

lock (userStateDictionary)
{
    if (userStateDictionary.ContainsKey(taskId))
        throw new ArgumentException("taskId must be unique", "taskId");

    userStateDictionary[taskId] = asyncOp;
}

Action<string, AsyncOperation> longTaskDelegate = DoLongTask;
longTaskDelegate.BeginInvoke(input, asyncOp, null, null);
}

```

`DoLongTask()`方法现在使用委托来异步地调用。可以调用同步方法 `LongTask()`，来获得输出值。因为在同步方法中可能出现的异常不应影响到后台线程，所以应捕获任何异常，并用 `Exception` 类型的变量 `e` 保存它。最后，调用 `CompletionMethod()`方法，向调用者通报结果。

```

// running in a background thread
private void DoLongTask(string input, AsyncOperation asyncOp)
{
    Exception e = null;
    string output = null;
    try
    {
        output = LongTask(input);
    }
    catch (Exception ex)
    {
        e = ex;
    }

    this.CompletionMethod(output, e, false, asyncOp);
}

```

通过 `CompletionMethod()`方法的实现代码，删除操作时清除了 `userStateDictionary`。 `AsyncOperation` 对象的 `PostOperationCompleted()`方法结束了异步操作的生存期，并使用 `onCompletedDelegate()`方法通知调用者。这个方法确保在线程上根据应用程序类型的需要调用委托。要给调用者通报信息，应创建一个 `LongTaskCompletedEventArgs` 类型的对象，并把它传递给 `PostOperationCompleted()`方法。

```

private void CompletionMethod(string output, Exception ex,
    bool cancelled, AsyncOperation asyncOp)
{
    lock (userStateDictionary)
    {
        userStateDictionary.Remove(asyncOp.UserSuppliedState);
    }

    // results of the operation
    asyncOp.PostOperationCompleted(onCompletedDelegate,
        new LongTaskCompletedEventArgs(output, ex, cancelled,
            asyncOp.UserSuppliedState));
}

```

为了给调用者传递信息， `LongTaskCompletedEventArgs` 类应派生自 `AsyncCompletedEventArgs` 基类，并添加一个包含输出信息的属性。在构造函数中，调用基类的构造函数，来传递异常信息、



取消信息和用户状态信息。

```
public class LongTaskCompletedEventArgs: AsyncCompletedEventArgs
{
    public LongTaskCompletedEventArgs(string output, Exception e,
        bool cancelled, object state)
        : base(e, cancelled, state)
    {
        this.output = output;
    }

    private string output;

    public string Output
    {
        get
        {
            RaiseExceptionIfNecessary();
            return output;
        }
    }
}
```

`asyncOp.PostOperationCompleted()`方法使用了 `onCompletedDelegate()`方法。初始化这个委托以便引用 `LongTaskCompletion()`方法。`LongTaskCompletion()`方法必须满足 `SendOrPostCallbackDelegate()`方法的参数要求。实现代码把参数强制转换为 `LongTaskCompletedEventArgs` 类型，这是传递给 `PostOperationCompleted()`方法的对象的类型，再调用 `onLongTaskCompleted()`方法。

```
private void LongTaskCompletion(object operationState)
{
    var e = operationState as LongTaskCompletedEventArgs;

    OnLongTaskCompleted(e);
}
```

接着，`onLongTaskCompleted()`方法触发 `LongTaskCompleted`事件，给调用者返回 `LongTaskCompletedEventArgs`。

```
protected void OnLongTaskCompleted(LongTaskCompletedEventArgs e)
{
    if (LongTaskCompleted != null)
    {
        LongTaskCompleted(this, e);
    }
}
```

创建了该组件后，使用它确实很容易。把 `LongTaskCompleted`事件赋予 `Comp_LongTaskCompleted()`方法，并调用 `LongTaskAsync()`方法。在一个简单的控制台应用程序中，事件处理程序 `Comp_LongTaskCompleted`从不是主线程的另一个线程中调用(这不同于 Windows 窗体应用程序，如下所述)。

```
static void Main()
{
```

```

Console.WriteLine("Main thread: {0}",
    Thread.CurrentThread.ManagedThreadId);

AsyncComponent comp = new AsyncComponent();
comp.LongTaskCompleted += Comp_LongTaskCompleted;
comp.LongTaskAsync("input", 33);

Console.ReadLine();
}

static void Comp_LongTaskCompleted(object sender,
    LongTaskCompletedEventArgs e)
{
    Console.WriteLine("completed, result: {0}, thread: {1}", e.Output,
        Thread.CurrentThread.ManagedThreadId);
}

```

代码段 AsyncComponent/Program.cs

通过一个 Windows 窗体应用程序把 `SynchronizationContext` 设置为 `WindowsFormsSynchronizationContext`，因此在同一个线程中调用事件处理程序：

```

WindowsFormsSynchronizationContext syncContext =
    new WindowsFormsSynchronizationContext();
SynchronizationContext.SetSynchronizationContext(syncContext);

```

## 20.12 小结

本章介绍了如何通过 `System.Threading` 名称空间编写多线程应用程序，和如何通过 `System.Threading.Tasks` 名称空间编写多任务应用程序。在应用程序中使用多线程要仔细规划。太多的线程会导致资源问题，线程不足又会使应用程序执行缓慢，且执行效果也不好。使用任务可以获得线程的抽象。这个抽象有助于创建非常多的线程，因为线程是在池中重用的。

我们探讨了创建多线程的各种方法，如使用委托、计时器、`ThreadPool` 和 `Thread` 类。还探讨了各种同步技术，如简单的 `lock` 语句、`Monitor`、`Semaphore` 和 `Event` 类。学习了如何用 `IAsyncResult` 接口编写异步模式，以及基于事件的异步模式。

.NET Framework 中的 `System.Threading` 名称空间提供了处理线程的多种方式，但这并不意味着 .NET Framework 完成多线程中所有困难的任务。我们必须考虑线程的优先级和同步问题。本章讨论了这些问题，并介绍了如何在 C# 应用程序中为它们编码。还论述了与死锁和争用条件相关的问题。

如果要在 C# 应用程序中使用多线程功能，就必须仔细规划。

下面是有关线程的几条规则：

- 尽力使同步要求最低。同步很复杂，且会阻塞线程。如果尝试避免共享状态，就可以避免同步。当然，这不总是可行。
- 类的静态成员应是线程安全的。通常，.NET Framework 中的类满足这个要求。
- 实例状态不需要是线程安全的。为了得到最佳性能，最好在类的外部使用同步功能，且不对类的每个成员使用同步功能。.NET Framework 类的实例成员一般不是线程安全的。在 MSDN 库中，对于 Framework 的每个类在“线程安全性”部分中可以找到相应的归档信息。

下一章介绍另一个 .NET 核心主题：安全性。

# 第 21 章

## 安全性

本章内容:

- 身份验证和授权
- 加密
- 资源的访问控制
- 代码访问安全性

为了确保应用程序的安全,安全性有几个重要方面需要考虑。一是应用程序的用户,访问应用程序的是一个真正的用户,还是伪装成用户的某个人?如何确定这个用户是可以信任的?如本章所述,用户首先需要进行身份验证,再进行授权,以验证该用户是否可以使用需要的资源。

对于在网络上存储或发送的数据呢?例如,有人可以通过网络嗅探器访问这些数据吗?这里,数据的加密很重要。一些技术,如 Windows Communication Foundation(WCF),通过简单的配置提供了加密功能,所以可以看到后台执行了什么操作。

另一方面是应用程序本身。如果应用程序驻留在 Web 提供程序上,该怎么办?如何禁止应用程序执行对服务器有害的操作?

本章将讨论 .NET 中有助于管理安全性的一些特性,其中包括 .NET 怎样避开恶意代码、怎样管理安全性策略,以及怎样通过编程访问安全子系统等。

### 21.1 身份验证和授权

安全性的两个基本支柱是身份验证和授权。身份验证是标识用户的过程,授权在验证了所标识用户是否可以访问特定资源之后进行。

#### 21.1.1 标识和 Principal

使用标识可以验证运行应用程序的用户。WindowsIdentity 类表示一个 Windows 用户。如果没有用 Windows 账户标识用户,也可以使用实现了 IIdentity 接口的其他类。通过这个接口可以访问用户名、该用户是否通过身份验证,以及验证类型等信息。

Principal 是一个包含用户的标识和用户的所属角色的对象。IPrincipal 接口定义了 Identity 属性和 IsInRole()方法,Identity 属性返回 IIdentity 对象;在 IsInRole()方法中,可以验证用户是否是指定角色的一个成员。角色是有相同安全权限的用户集合,同时它是用户的管理单元。角色可以是

Windows 组或自己定义的一个字符串集合。

.NET 中的 `Principal` 类有 `WindowsPrincipal` 和 `GenericPrincipal`。还可以创建实现了 `IPrincipal` 接口的自定义 `Principal` 类。

下面创建一个控制台应用程序，它可以访问某个应用程序中的主体，以便允许用户访问底层的 Windows 账户。这里需要导入 `System.Security.Principal` 和 `System.Threading` 名称空间。首先，必须指定 .NET 使用底层的 Windows 账户自动挂起主体。因为从安全的角度考虑，.NET 不会自动填充线程的 `CurrentPrincipal` 属性。完成这项工作的代码如下所示：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
using System;
using System.Security.Principal;
using System.Threading;

namespace Wrox.ProCSharp.Security
{
    class Program
    {
        static void Main()
        {
            AppDomain.CurrentDomain.SetPrincipalPolicy(PrincipalPolicy.WindowsPrincipal);
        }
    }
}
```

代码段 `WindowsPrincipal/Program.cs`

使用 `WindowsIdentity.GetCurrent()` 方法可以访问 Windows 账户的详细信息，但是，这个方法最好在只访问主体一次时使用。如果要多次访问主体，比较有效的方法是设置策略，以便当前的线程能够访问主体。如果使用 `SetPrincipalPolicy()` 方法时，就指定当前线程中的主体应保存一个 `WindowsIdentity` 对象。所有的标识类(如 `WindowsIdentity`)都实现 `IIdentity` 接口，该接口包含 3 个属性(`AuthenticationType`、`IsAuthenticated` 和 `Name`)，便于所有的派生标识类实现它们。

下面添加一些代码，从 `Thread` 对象中访问主体的属性：

```
WindowsPrincipal principal =
    (WindowsPrincipal)Thread.CurrentPrincipal;
WindowsIdentity identity = (WindowsIdentity)principal.Identity;
Console.WriteLine("IdentityType: " + identity.ToString());
Console.WriteLine("Name: {0}", identity.Name);
Console.WriteLine("'Users'? {0} ",
    principal.IsInRole(WindowsBuiltInRole.User));
Console.WriteLine("'Administrators'? {0}",
    principal.IsInRole(WindowsBuiltInRole.Administrator));
Console.WriteLine("Authenticated: {0}", identity.IsAuthenticated);
Console.WriteLine("AuthType: {0}", identity.AuthenticationType);
Console.WriteLine("Anonymous? {0}", identity.IsAnonymous);
Console.WriteLine("Token: {0}", identity.Token);
}
}
```

从控制台应用程序中输出的结果类似如下文本行。当然，根据计算机的配置和与账户相关的角色(在该账户下用户进行签名)，实际输出的结果也不尽相同：

```
IdentityType:System.Security.Principal.WindowsIdentity
Name: farabove\christian
```

```
'Users'? True
'Administrators'? False
Authenticated: True
AuthType: NTLM
Anonymous? False
Token: 416
```

很明显,如果能很容易访问当前用户及其角色的详细信息,然后使用那些信息决定允许或拒绝用户执行某些动作,这就非常有好处。利用角色和 Windows 用户组,管理员可以完成使用标准用户管理工具所能完成的工作,这样,在用户的角色改变时,通常可以避免更改代码。下面将详细讨论角色。

### 21.1.2 角色

基于角色的安全性可以很好地解决资源的访问问题。例如,在金融行业中,员工的角色决定了他们能够访问的信息和它们能够执行的操作。

此外,基于角色的安全性最好也与 Windows 账户或自定义用户目录一起使用,以便管理基于 Web 的资源的访问权限。例如,Web 站点可以限制用户对其内容的访问,直到用户用那个站点注册为止,而且只有用户成为那个 Web 站点的付费订阅者之后,才能访问站点上的特殊内容。在众多的方法中,只有 ASP.NET 能更容易实现基于角色的安全性,因为许多代码都基于服务器。

例如,如果要实现一个需要身份验证的 Web 服务,就可以使用 Windows 的账户子系统,并以这种方式编写一个 Web 方法。但是,要确保用户在访问该方法的功能之前,成为某一特定 Windows 用户组的成员。

设想有一个依赖于 Windows 账户的内联网应用程序的情景。系统有一个 Manager 组和一个 Assistant 组,根据用户在公司中的角色,把用户分配到其中的一个组中。假设应用程序包含一个显示员工信息的特性,且只允许 Managers 组中的成员访问这个特性。很容易使用代码检查当前的用户是否是 Manager 组的成员,以此来决定是否允许该用户访问该特性。

但是,如果以后决定重新安排账户组,并引入一个新组 Personnel,这个组的成员也可以访问员工的详细信息,就会出问题。此时就必须仔细检查并更新所有代码,以包括这个新组的规则。

更好的解决方案是创建权限(如 ReadEmployeeDetails),把它赋予需要权限的组。如果代码对 ReadEmployeeDetails 权限应用了某项检查,更新应用程序以允许 Personnel 组中的成员访问员工信息就变得非常简单,只需创建一个组,并把用户放到那个组中,然后把 ReadEmployeeDetails 权限赋予那个组即可。

### 21.1.3 声明基于角色的安全性

如同代码访问的安全性一样,可以使用命令式的请求,方法是调用 IPincipal 类的 IsInRole() 方法或使用属性,实现基于角色的安全性请求(用户必须是 Administrator 组中的成员)。在类或方法级别上,可以使用 [PrincipalPermission] 特性声明性地说明权限的需求,其代码如下所示:



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
using System;
using System.Security;
using System.Security.Principal;
using System.Security.Permissions;

namespace Wrox.ProCSharp.Security
```

```

class Program
{
    static void Main()
    {
        AppDomain.CurrentDomain.SetPrincipalPolicy(
            PrincipalPolicy.WindowsPrincipal);
        try
        {
            ShowMessage();
        }
        catch (SecurityException exception)
        {
            Console.WriteLine("Security exception caught ({0})", exception.Message);
            Console.WriteLine("The current principal must be in the local"
                + "Users group");
        }
    }

    [PrincipalPermission(SecurityAction.Demand, Role = "BUILTIN\\Users")]
    static void ShowMessage()
    {
        Console.WriteLine("The current principal is logged in locally ");
        Console.WriteLine("(member of the local Users group)");
    }
}

```

代码段 RoleBasedSecurity/Program.cs

除非在 Windows 本地 Users 组的用户环境中执行应用程序，否则 ShowMessage()方法将抛出一个异常。对于 Web 应用程序，运行 ASP.NET 代码的账户必须处于组中，但在实际应用中一定不会把这个账户添加到管理员组中。

如果使用本地 User 组中的账户运行上面的代码，则输出结果如下所示：

```

The current principal is logged in locally
(member of the local Users group)

```

### 21.1.4 客户端应用程序服务

Visual Studio 很容易对 ASP.NET Web 应用程序使用以前建立的身份验证服务。使用这个服务可以对 Windows 应用程序和 Web 应用程序使用相同的身份验证机制。这是一个提供程序模型，它主要基于 System.Web.Security 名称空间中的 Membership 和 Roles 类。使用 Membership 类可以验证、创建、删除和查找用户，改变密码以及与用户相关的许多其他操作。使用 Roles 类可以添加和删除角色，给用户获取角色，以及改变用户的角色。角色和用户的存储位置取决于提供程序。ActiveDirectoryMembershipProvider 访问 Active Directory 中的用户和角色，SqlMembershipProvider 使用 SQL Server 数据库。对于客户端应用程序服务，.NET 4 有两个提供程序：ClientFormsAuthenticationMembershipProvider 和 ClientWindowsAuthenticationMembershipProvider。

下面使用客户端应用程序服务和 Forms 身份验证。为此，首先需要启动一个应用程序服务器，然后才能从 Windows 窗体或 WPF 中使用这个服务。

## 1. 应用程序服务

要使用客户端应用程序服务，可以创建一个 ASP.NET Web 服务项目，它提供了应用程序服务。

该项目需要一个成员提供程序。不仅可以使⽤已有的成员提供程序，也可以创建自定义提供程序。这里的示例代码定义了 `SampleMembershipProvider` 类，它派⽣自基类 `MembershipProvider`，该基类在 `System.Web.ApplicationServices` 程序集的 `System.Web.Security` 名称空间中定义。必须重写基类中的所有抽象方法。对于登录，只需实现 `ValidateUser()` 方法。所有其他方法都可以用 `ApplicationName` 属性抛出一个 `NotSupportedException` 异常。这里的示例代码使⽤包含用户名和密码的 `Dictionary<string, string>`。当然，也可以改为使⽤自己的实现代码，如从数据库中读取用户名和密码。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.Collections.Specialized;
using System.Web.Security;

namespace Wrox.ProCSharp.Security
{
    public class SampleMembershipProvider: MembershipProvider
    {
        private Dictionary<string, string> users = new Dictionary<string, string>();
        internal static string ManagerUserName = "Manager".ToLowerInvariant();
        internal static string EmployeeUserName = "Employee".ToLowerInvariant();

        public override void Initialize(string name, NameValueCollection config)
        {
            users = new Dictionary<string, string>();
            users.Add(ManagerUserName, "secret@Pa$$w0rd");
            users.Add(EmployeeUserName, "s0me@Secret");

            base.Initialize(name, config);
        }

        public override string ApplicationName
        {
            get
            {
                throw new NotImplementedException();
            }
            set
            {
                throw new NotImplementedException();
            }
        }

        // override abstract Membership members
        // ...

        public override bool ValidateUser(string username, string password)
        {
            if (users.ContainsKey(username.ToLowerInvariant()))
            {
                return password.Equals(users[username.ToLowerInvariant()]);
            }
        }
    }
}
```

```

    }
    return false;
}
}
}

```

代码段 AppServices/SampleMembershipProvider.cs

为了使用角色，还需要实现一个角色提供程序。SampleRoleProvider 类派生自基类 RoleProvider，并实现 GetRolesForUser()和 IsUserInRole()方法：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

using System;
using System.Collections.Specialized;
using System.Web.Security;

namespace Wrox.ProCSharp.Security
{
    public class SampleRoleProvider: RoleProvider
    {
        internal static string ManagerRoleName = "Manager".ToLowerInvariant();
        internal static string EmployeeRoleName = "Employee".ToLowerInvariant();

        public override void Initialize(string name, NameValueCollection config)
        {
            base.Initialize(name, config);
        }

        public override void AddUsersToRoles(string[] usernames,
            string[] roleNames)
        {
            throw new NotImplementedException();
        }

        // override abstract RoleProvider members
        // ...

        public override string[] GetRolesForUser(string username)
        {
            if (string.Compare(username,
                SampleMembershipProvider.ManagerUserName, true) == 0)
            {
                return new string[] { ManagerRoleName };
            }
            else if (string.Compare(username,
                SampleMembershipProvider.EmployeeUserName, true) == 0)
            {
                return new string[] { EmployeeRoleName };
            }
            else
            {
                return new string[0];
            }
        }

        public override bool IsUserInRole(string username, string roleName)
        {
            string[] roles = GetRolesForUser(username);

```



```

foreach (var role in roles)
{
    if (string.Compare(role, roleName, true) == 0)
    {
        return true;
    }
}
return false;
}
}
}

```

代码段 AppServices/SampleRoleProvider.cs

身份验证服务必须在 Web.Config 文件中配置。在产品系统上，从安全性角度来看，最好用包含应用程序服务的服务器配置 SSL：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

<system.web.extensions>
  <scripting>
    <webServices>
      <authenticationService enabled="true" requireSSL="false"/>
      <roleService enabled="true"/>
    </webServices>
  </scripting>
</system.web.extensions>

```

代码段 AppServices/web.config

在<system.web>部分中，membership 和 rolemanager 元素必须配置为引用实现了成员和角色提供程序的类：

```

<system.web>
  <membership defaultProvider="SampleMembershipProvider">
    <providers>
      <add name="SampleMembershipProvider"
          type="Wrox.ProCSharp.Security.SampleMembershipProvider"/>
    </providers>
  </membership>
  <roleManager enabled="true" defaultProvider="SampleRoleProvider">
    <providers>
      <add name="SampleRoleProvider"
          type="Wrox.ProCSharp.Security.SampleRoleProvider"/>
    </providers>
  </roleManager>

```

在调试时，可以用项目属性的 Web 选项卡指定端口号和虚拟路径。示例应用程序使用端口 55555 和虚拟路径/AppServices。如果使用其他值，就需要修改客户端应用程序的配置。

现在从客户端应用程序使用应用程序服务。

## 2. 客户端应用程序

通过客户端应用程序使用 WPF。Visual Studio 有一个项目设置 Services，它允许使用客户端应用程序服务。这里可以设置 Forms 身份验证，把身份验证和角色服务的位置设置为前面定义的地址 http://localhost:55555/AppServices。从项目配置中，所做的全部工作就是引用 System.Web 和

System.Web.Extensions 程序集，并修改应用程序的配置文件，以配置那些使用 ClientAuthenticationMembershipProvider 和 ClientRoleProvider 类的成员提供程序和角色提供程序，以及这些提供程序使用的 Web 服务的地址。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
<?xml version="1.0" encoding="utf - 8"?>
<configuration>
  <system.web>
    <membership defaultProvider="ClientAuthenticationMembershipProvider">
      <providers>
        <add name="ClientAuthenticationMembershipProvider"
          type="System.Web.ClientServices.Providers.
            ClientFormsAuthenticationMembershipProvider,
            System.Web.Extensions, Version=4.0.0.0, Culture=neutral,
            PublicKeyToken=31bf3856ad364e35" serviceUri=
"http://localhost:55555/AppServices/Authentication_JSON_AppService.axd" />
      </providers>
    </membership>
    <roleManager defaultProvider="ClientRoleProvider" enabled="true">
      <providers>
        <add name="ClientRoleProvider"
          type="System.Web.ClientServices.Providers.ClientRoleProvider,
            System.Web.Extensions, Version=4.0.0.0, Culture=neutral,
            PublicKeyToken=31bf3856ad364e35" serviceUri=
"http://localhost:55555/AppServices/Role_JSON_AppService.axd"
            cacheTimeout="86400" />
      </providers>
    </roleManager>
  </system.web>
</configuration>
```

代码段 AuthenticationServices/app.config

Windows 应用程序仅使用标签、文本框、密码框和按钮控件，如图 21-1 所示。只有登录成功，才会显示标签的内容 User Validated。



图 21-1

Button.Click 事件的处理程序调用 Membership 类的 ValidateUser()方法。因为配置了提供程序 ClientAuthenticationMembershipProvider，所以该提供程序首先调用 Web 服务，接着调用

`SampleMembershipProvider` 类的 `ValidateUser()` 方法，验证登录是否成功。如果成功，标签 `labelValidatedInfo` 就可见；否则弹出一个消息框：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
private void OnLogin(object sender, RoutedEventArgs e)
{
    try
    {
        if (Membership.ValidateUser(textUsername.Text,
            textPassword.Password))
        {
            // user validated!
            labelValidatedInfo.Visibility = Visibility.Visible;
        }
        else
        {
            MessageBox.Show("Username or password not valid",
                "Client Authentication Services", MessageBoxButton.OK,
                MessageBoxImage.Warning);
        }
    }
    catch (WebException ex)
    {
        MessageBox.Show(ex.Message, "Client Application Services",
            MessageBoxButton.OK, MessageBoxImage.Error);
    }
}
```

代码段 `AuthenticationServices/MainWindow.xaml.cs`

## 21.2 加密

机密数据应得到保护，从而使未授权的用户不能读取它们。这对于在网络中发送的数据或存储的数据都有效。可以用对称或不对称密钥来加密这些数据。

通过对称密钥，可以使用同一个密钥进行加密和解密。与不对称的加密相比，加密和解密使用不同的密钥：公钥/私钥。如果使用一个公钥进行加密，就应使用对应的私钥进行解密，而不是使用公钥解密。同样，如果使用一个私钥加密，就应使用对应的公钥解密，而不是使用私钥解密。

公钥/私钥总是成对创建。公钥可以由任何人使用，它甚至可以放在 Web 站点上，但私钥必须安全地加锁。为了说明加密过程，下面看看使用公钥和私钥的例子。

如果 Alice 给 Bob 发了一封电子邮件，如图 21-2 所示，并且 Alice 希望能保证除了 Bob 外，其他人都不能阅读该邮件，所以她就使用 Bob 的公钥。邮件是使用 Bob 的公钥加密的。Bob 打开该邮件，并使用他秘密存储的私钥解密。

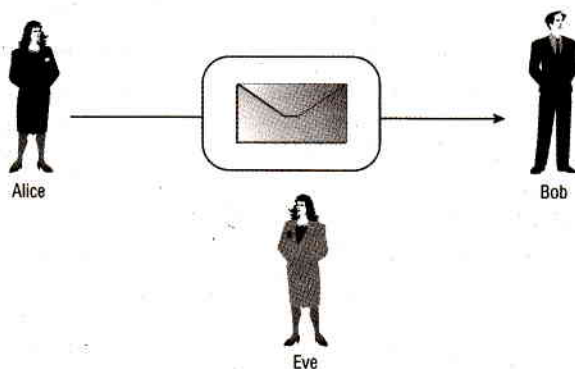


图 21-2

这种方式可以保证除了 Bob 外，其他人都不能阅读 Alice 的邮件。

但这还有一个问题：Bob 不能确保邮件是 Alice 发送来的。Eve 可以使用 Bob 的公钥加密发送给 Bob 的邮件并假装是 Alice。我们使用公钥/私钥把这条规则扩展一下。下面再次从 Alice 给 Bob 发送电子邮件开始。在 Alice 使用 Bob 的公钥加密邮件之前，她添加了自己的签名，再使用自己的私钥加密该签名。然后使用 Bob 的公钥加密邮件。这样就保证了除 Bob 外，其他人都不能阅读该邮件。在 Bob 解密邮件时，他检测到一个加密的签名。这个签名可以使用 Alice 的公钥来解密。而 Bob 可以访问 Alice 的公钥，因为这个密钥是公钥。在解密了签名后，Bob 就可以确定是 Alice 发送了电子邮件。

使用对称密钥的加密和解密算法比使用非对称密钥的算法快得多。对称密钥的问题是密钥必须以安全的方式互换。在网络通信中，一种方式是先使用非对称的密钥进行密钥互换，再使用对称密钥加密通过网络发送的数据。

在 .NET Framework 中，可以使用 System.Security.Cryptography 名称空间中的类来加密。它实现了几个对称算法和非对称算法。有几个不同的算法类用于不同的目的。NET 3.5 中的一些新类以 Cng 作为前缀或后缀。Cng 是 Cryptography Next Generation 的简称，它用于 Windows Vista 和 Windows Server 2008 以及以后的版本。这个 API 可以使用基于提供程序的模型，编写独立于算法的程序。如果也面向 Windows Server 2003，就需要注意使用了什么加密类。

表 21-1 列出了 System.Security.Cryptography 名称空间中的加密类及其功能。没有 Cng、Managed 或 CryptoServiceProvider 后缀的类是抽象基类，如 MD5。Managed 后缀表示这个算法用托管代码实现，其他类可能封装了本地 Windows API 调用。CryptoServiceProvider 后缀用于实现了抽象基类的类，Cng 后缀用于利用新 Cryptography CNG API 的类。

表 21-1

类 别	类	说 明
散列	MD5、MD5Cng SHA1、SHA1Managed、 SHA1Cng SHA256、SHA256Managed、 SHA256Cng SHA384、SHA384Managed、 SHA384Cng SHA512、SHA512Managed、 SHA512Cng	散列算法的目标是从任意长度的二进制字符串中创建一个长度固定的散列值。这些算法和数字签名一起用于保证数据的完整性。如果再次散列相同的二进制字符串，会返回相同的散列结果。MD5(Message Digest Algorithm 5, 消息摘要算法 5)由 RSA 实验室开发，比 SHA1 快。SHA1 在抵御暴力攻击方面比较强大。SHA 算法由美国国家安全局(NSA)设计。MD5 使用 128 位的散列长度，SHA1 使用 160 位。其他 SHA 算法在其名称中包含了散列长度。SHA512 是这些算法中最强大的，其散列长度为 512 位，它也是最慢的
对称	DES、DESCryptoServiceProvider TripleDES、 TripleDESCryptoServiceProvider Aes、AesCryptoServiceProvider、 AesManaged RC2、RC2CryptoServiceProvider Rijandel、RijandelManaged	对称密钥算法使用相同的密钥进行数据的加密和解密。现在认为 DES(Data Encryption Standard, 数据加密标准)是不安全的，因为它只使用 56 位的密钥长度，可以在不超过 24 小时的时间内破解。Triple-DES 是 DES 的继承者，其密钥长度是 168 位，但它提供的有效安全性只有 112 位。AES(Advanced Encryption Standard, 高级加密标准)的密钥长度是 128、192 或 256 位。Rijandel 非常类似于 AES，它只是在密钥长度方面的选项较多。AES 是美国政府采用的加密标准

(续表)

类 别	类	说 明
非对称	DSA、DSACryptoServiceProvider ECDsa、ECDsaCng ECDiffieHellman、 ECDiffieHellmanCng RSA、RSACryptoServiceProvider	非对称算法使用不同的密钥进行加密和解密。RSA(Rivest, Shamir, Adleman)是第一个用于签名和加密的算法。这个算法广泛用于电子商务协议。DSA(Digital Signature Algorithm, 数字签名算法)是用于数字签名的一个美国联邦政府标准。ECDSA(Elliptic Curve DSA, 椭圆曲线数字签名算法)和 ECDiffieHellman 使用基于椭圆曲线组的算法。这些算法比较安全, 且使用较短的密钥长度。例如, DSA 的密钥长度为 1024 位, 其安全性类似于 ECDSA 的 160 位。因此, ECDSA 比较快。ECDiffieHellman 算法用于以安全的方式在公共信道中交换私钥

下面用例子说明这些算法如何通过编程使用。

### 21.2.1 签名

第一个例子说明了如何使用 ECDSA 算法进行签名。Alice 创建了一个签名, 它用 Alice 的私钥加密, 可以使用 Alice 的公钥访问。因此保证该签名来自于 Alice。

首先, 看看 Main()方法中的主要步骤: 创建 Alice 的密钥, 给字符串“Alice”签名, 最后使用公钥验证该签名是否真的来自于 Alice。要签名的消息使用 Encoding 类转换为一个字节数组。要把加密的签名写入控制台, 包含该签名的字节数组应使用 Convert.ToBase64 String()方法转换为一个字符串。



千万不要使用 Encoding 类把加密的数据转换为字符串。Encoding 类验证和转换 Unicode 不允许使用的无效值, 因此把字符串转换回字节数组会得到另一个结果。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
using System;
using System.Security.Cryptography;
using System.Text;

namespace Wrox.ProCSharp.Security
{
    class Program
    {
        internal static CngKey aliceKeySignature;
        internal static byte[] alicePubKeyBlob;

        static void Main()
        {
            CreateKeys();

            byte[] aliceData = Encoding.UTF8.GetBytes("Alice");
            byte[] aliceSignature = CreateSignature(aliceData, aliceKeySignature);
            Console.WriteLine("Alice created signature: {0}",
                Convert.ToBase64String(aliceSignature));
            if (VerifySignature(aliceData, aliceSignature, alicePubKeyBlob))
            {
                Console.WriteLine("Alice signature verified successfully");
            }
        }
    }
}
```

`CreateKeys()`方法为 Alice 创建新的密钥对。因为这个密钥对存储在一个静态字段中，所以可以从其他方法中访问它。`CngKey` 类的 `Create()`方法把该算法作为一个参数，为算法定义密钥对。通过 `Export()`方法，导出密钥对中的公钥。这个公钥可以提供给 Bob，来验证签名。Alice 保留其私钥。除了使用 `CngKey` 类创建密钥对之外，还可以打开存储在密钥存储器中的已有密钥。通常 Alice 在其私有存储器中有一个证书，其中包含了一个密钥对，该存储器可以用 `CngKey.Open()`方法访问。

```
static void CreateKeys()
{
    aliceKeySignature = CngKey.Create(CngAlgorithm.ECDsaP256);
    alicePubKeyBlob = aliceKeySignature.Export(CngKeyBlobFormat.GenericPublicBlob);
}
```

有了密钥对，Alice 就可以使用 `ECDsaCng` 类创建签名了。这个类的构造函数从 Alice 那里接收包含公钥和私钥的 `CngKey` 类。再使用私钥，通过 `SignData()`方法给数据签名。

```
static byte[] CreateSignature(byte[] data, CngKey key)
{
    var signingAlg = new ECDsaCng(key);
    byte[] signature = signingAlg.SignData(data);
    signingAlg.Clear();

    return signature;
}
```

要验证签名是否真的来自于 Alice，Bob 使用 Alice 的公钥检查签名。包含公钥 blob 的字节数组可以用静态方法 `Import()`导入 `CngKey` 对象。然后使用 `ECDsaCng` 类，调用 `VerifyData()`方法来验证签名。

```
static bool VerifySignature(byte[] data, byte[] signature, byte[] pubKey)
{
    bool retValue = false;
    using (CngKey key = CngKey.Import(pubKey, CngKeyBlobFormat.GenericPublicBlob))
    {
        var signingAlg = new ECDsaCng(key);
        retValue = signingAlg.VerifyData(data, signature);
        signingAlg.Clear();
    }
    return retValue;
}
```

### 21.2.2 交换密钥和安全传输

下面是一个比较复杂的例子，它使用 `Diffie Hellman` 算法交换一个对称密钥，以进行安全的传输。在 `Main()`方法中，可以看到其主要功能。Alice 创建了一条加密的消息，并把它发送给 Bob。在此之前，要先为 Alice 和 Bob 创建密钥对。Bob 只能访问 Alice 的公钥，Alice 也只能访问 Bob 的公钥。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
using System;
using System.IO;
using System.Security.Cryptography;
using System.Text;

namespace Wrox.ProCSharp.Security
{
    class Program
    {
        static CngKey aliceKey;
        static CngKey bobKey;
        static byte[] alicePubKeyBlob;
        static byte[] bobPubKeyBlob;

        static void Main()
        {
            CreateKeys();
            byte[] encryptedData = AliceSendsData("secret message");
            BobReceivesData(encryptedData);
        }
    }
}
```

代码段 SecureTransfer/Program.cs

在 `CreateKeys()` 方法的实现代码中，使用 EC Diffie Hellman 256 算法创建密钥。

```
private static void CreateKeys()
{
    aliceKey = CngKey.Create(CngAlgorithm.ECDiffieHellmanP256);
    bobKey = CngKey.Create(CngAlgorithm.ECDiffieHellmanP256);
    alicePubKeyBlob = aliceKey.Export(CngKeyBlobFormat.EccPublicBlob);
    bobPubKeyBlob = bobKey.Export(CngKeyBlobFormat.EccPublicBlob);
}
```

在 `AliceSendsData()` 方法中，包含文本字符的字符串使用 `Encoding` 类转换为一个字节数组。创建一个 `ECDiffieHellmanCng` 对象，用 Alice 的密钥对初始化它。Alice 调用 `DeriveKeyMaterial()` 方法，从而使用其密钥对和 Bob 的公钥创建一个对称密钥。返回的对称密钥使用对称算法 AES 加密数据。`AesCryptoServiceProvider` 需要密钥和一个初始化矢量(IV)。IV 从 `GenerateIV()` 方法中动态生成，对称密钥用 EC Diffie Hellman 算法交换，但还必须交换 IV。从安全性角度来看，在网络上传输未加密的 IV 是可行的——只是密钥交换必须是安全的。IV 存储为内存流中的第一项内容，其后是加密的数据，其中，`CryptoStream` 类使用 `AesCryptoServiceProvider` 类创建的 `encryptor`。在访问内存流中的加密数据之前，必须关闭加密流。否则，加密数据就会丢失最后的位。

```
private static byte[] AliceSendsData(string message)
{
    Console.WriteLine("Alice sends message: {0}", message);
    byte[] rawData = Encoding.UTF8.GetBytes(message);
    byte[] encryptedData = null;

    using (var aliceAlgorithm = new ECDiffieHellmanCng(aliceKey))
    using (CngKey bobPubKey = CngKey.Import(bobPubKeyBlob,
        CngKeyBlobFormat.EccPublicBlob))
    {
        byte[] symmKey = aliceAlgorithm.DeriveKeyMaterial(bobPubKey);
        Console.WriteLine("Alice creates this symmetric key with " +
```

```

        "Bobs public key information: {0}",
        Convert.ToBase64String(symmKey));

    var aes = new AesCryptoServiceProvider();
    aes.Key = symmKey;
    aes.GenerateIV();
    using (ICryptoTransform encryptor = aes.CreateEncryptor())
    using (MemoryStream ms = new MemoryStream())
    {
        // create CryptoStream and encrypt data to send
        var cs = new CryptoStream(ms, encryptor, CryptoStreamMode.Write);

        // write initialization vector not encrypted
        ms.Write(aes.IV, 0, aes.IV.Length);
        cs.Write(rawData, 0, rawData.Length);
        cs.Close();
        encryptedData = ms.ToArray();
    }
    aes.Clear();
}
Console.WriteLine("Alice: message is encrypted: {0}",
    Convert.ToBase64String(encryptedData));
Console.WriteLine();
return encryptedData;
}

```

Bob 从 `BobReceivesData()` 方法的参数中接收加密数据。首先，必须读取未加密的初始化矢量。`AesCryptoServiceProvider` 类的 `BlockSize` 属性返回块的位数。位数除以 8，就可以计算出字节数。最快的方式是把数据右移 3 位。右移 1 位就是除以 2，右移 2 位就是除以 4，右移 3 位就是除以 8。在 `for` 循环中，包含未加密 IV 的原字节的前几个字节写入数组 `iv` 中。接着用 Bob 的密钥对实例化一个 `ECDiffieHellmanCng` 对象。使用 Alice 的公钥，从 `DeriveKeyMaterial()` 方法中返回对称密钥。比较 Alice 和 Bob 创建的对称密钥，可以看出所创建的密钥值相同。使用这个对称密钥和初始化矢量，来自 Alice 的消息就可以用 `AesCryptoServiceProvider` 类解密。

```

private static void BobReceivesData(byte[] encryptedData)
{
    Console.WriteLine("Bob receives encrypted data");
    byte[] rawData = null;

    var aes = new AesCryptoServiceProvider();

    int nBytes = aes.BlockSize / 8;
    byte[] iv = new byte[nBytes];
    for (int i = 0; i < iv.Length; i++)
        iv[i] = encryptedData[i];

    using (var bobAlgorithm = new ECDiffieHellmanCng(bobKey))
    using (CngKey alicePubKey = CngKey.Import(alicePubKeyBlob,
        CngKeyBlobFormat.EccPublicBlob))
    {
        byte[] symmKey = bobAlgorithm.DeriveKeyMaterial(alicePubKey);
        Console.WriteLine("Bob creates this symmetric key with " +
            "Alices public key information: {0}",
            Convert.ToBase64String(symmKey));
    }
}

```



```

aes.Key = symmKey;
aes.IV = iv;

using (ICryptoTransform decryptor = aes.CreateDecryptor())
using (MemoryStream ms = new MemoryStream())
{
    var cs = new CryptoStream(ms, decryptor, CryptoStreamMode.Write);
    cs.Write(encryptedData, nBytes, encryptedData.Length - nBytes);
    cs.Close();

    rawData = ms.ToArray();

    Console.WriteLine("Bob decrypts message to: {0}",
        Encoding.UTF8.GetString(rawData));
}
aes.Clear();
}
}

```

运行应用程序，会在控制台上看到如下输出。来自 Alice 的消息被加密，Bob 用安全交换的对称密钥解密它。

```

Alice sends message: secret message
Alice creates this symmetric key with Bobs public key information:
5NWat8AemzFCYo1IIae9S3Vn4AXyai4aL8ATFo41vbw=
Alice: message is encrypted: 3C5U9CpYxnoFTk3Ew2V0T5Po0Jgryc5R7Te8ztau5N0=

Bob receives encrypted message
Bob creates this symmetric key with Alices public key information:
5NWat8AemzFCYo1IIae9S3Vn4AXyai4aL8ATFo41vbw=
Bob decrypts message to: secret message

```

## 21.3 资源的访问控制

在操作系统中，资源(如文件和注册表键，以及命名管道的句柄)都使用访问控制列表来保护。图 21-3 显示了这个映射的结构。资源有一个关联的安全描述符。安全描述符包含了资源拥有者的信息，并引用了两个访问控制列表：自由访问控制列表(DACL)和系统访问控制列表(SACL)。DACL 用来确定谁有访问权，或者谁没有访问权；SACL 用来确定安全事件日志的审核规则。ACL 包含一个访问控制项(ACE)列表。ACE 包含类型、安全标识符和权限。在 DACL 中，ACE 的类型可以是允许访问或拒绝访问。可以用文件设置和获得的权限是创建、读取、写入、删除、修改、改变许可和获得拥有权。

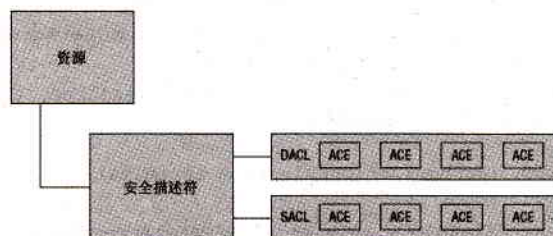


图 21-3

读取和修改访问控制的类在 System.Security.AccessControl 名称空间中。下面的程序说明了如何从文件中读取访问控制列表。

FileStream 类定义了 GetAccessControl()方法,该方法返回一个 FileSecurity 对象。FileSecurity 是一个 .NET 类,它表示文件的安全描述符。FileSecurity 类派生自基类 ObjectSecurity、CommonObjectSecurity、NativeObjectSecurity 和 FileSystemSecurity。其他表示安全描述符的类有 CryptoKeySecurity、EventWaitHandleSecurity、MutexSecurity、RegistrySecurity、SemaphoreSecurity、PipeSecurity 和 ActiveDirectorySecurity。所有这些对象都可以使用访问控制列表保护。一般情况下,对应的 .NET 类定义了 GetAccessControl()方法,返回相应的安全类;例如, Mutex.GetAccessControl()方法返回一个 MutexSecurity 类, PipeStream.GetAccessControl()方法返回一个 PipeSecurity 类。

FileSecurity 类定义了读取、修改 DACL 和 SACL 的方法。GetAccessRules()方法以 AuthorizationRuleCollection 类的形式返回 DACL。要访问 SACL,可以使用 GetAuditRules()方法。

在 GetAccessRules()方法中,可以确定是否应使用继承的访问规则(不仅仅是用对象直接定义的访问规则)。最后一个参数定义了应返回的安全标识符的类型。这个类型必须派生自基类 IdentityReference。可能的类型有 NTAccount 和 SecurityIdentifier。这两个类都表示用户或组。NTAccount 类按名称查找安全对象, SecurityIdentifier 类按唯一的安全标识符查找安全对象。

返回的 AuthorizationRuleCollection 包含 AuthorizationRule 对象。AuthorizationRule 对象是 ACE 的 .NET 表示。在这里的例子中,因为访问一个文件,所以 AuthorizationRule 对象可以强制转换为 FileSystemAccessRule 类型。在其他资源的 ACE 中,存在不同的 .NET 表示,例如 MutexAccessRule 和 PipeAccessRule。在 FileSystemAccessRule 类中, AccessControlType、FileSystemRights 和 IdentityReference 属性返回 ACE 的相关信息。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
using System;
using System.IO;
using System.Security.AccessControl;
using System.Security.Principal;

namespace Wrox.ProCSharp.Security
{
    class Program
    {
        static void Main(string[] args)
        {
            string filename = null;
            if (args.Length == 0)
                return;

            filename = args[0];

            FileStream stream = File.Open(filename, FileMode.Open);
            FileSecurity securityDescriptor = stream.GetAccessControl();
            AuthorizationRuleCollection rules =
                securityDescriptor.GetAccessRules(true, true,
                    typeof(NTAccount));

            foreach (AuthorizationRule rule in rules)
            {
                var fileRule = rule as FileSystemAccessRule;
                Console.WriteLine("Access type: {0}", fileRule.AccessControlType);
            }
        }
    }
}
```

```

Console.WriteLine("Rights: {0}", fileRule.FileSystemRights);
Console.WriteLine("Identity: {0}",
    fileRule.IdentityReference.Value);
Console.WriteLine();

```

---

代码段 FileAccessControl/Program.cs

运行应用程序，并传递一个文件名，就可以看到文件的访问控制列表。这里的输出列出了管理员和系统的全部控制权限、通过身份验证的用户的修改权限，以及属于 Users 组的所有用户的读取和执行权限。

```

Access type: Allow
Rights: FullControl
Identity: BUILTIN\Administrators

Access type: Allow
Rights: FullControl
Identity: NT AUTHORITY\SYSTEM

Access type: Allow
Rights: Modify, Synchronize
Identity: NT AUTHORITY\Authenticated Users

Access type: Allow
Rights: ReadAndExecute, Synchronize
Identity: BUILTIN\Users

```

设置访问权限非常类似于读取访问权限。要设置访问权限，几个可以得到保护的资源类提供了 `SetAccessControl()` 和 `ModifyAccessControl()` 方法。这里的示例代码调用 `File` 类的 `SetAccessControl()` 方法，以修改文件的访问控制列表。给这个方法传递一个 `FileSecurity` 对象。`FileSecurity` 对象用 `FileSystemAccessRule` 对象填充。这里列出的访问规拒绝 Sales 组的写入访问权限，给 Everyone 组提供了读取访问权限，并给 Developers 组提供了全部控制权限。



只有定义了 Windows 组 Sales 和 Developers，这个程序才能在系统上运行。可以修改程序，使用自己环境下的可用组。

```

private static void WriteAcl(string filename)
{
    var salesIdentity = new NTAccount("Sales");
    var developersIdentity = new NTAccount("Developers");
    var everyoneIdentity = new NTAccount("Everyone");


    var salesAce = new FileSystemAccessRule(salesIdentity, FileSystemRights.Write,
        AccessControlType.Deny);
    var everyoneAce = new FileSystemAccessRule(everyoneIdentity,
        FileSystemRights.Read,
        AccessControlType.Allow);
    var developersAce = new FileSystemAccessRule(developersIdentity,
        FileSystemRights.FullControl,

```

```

AccessControlType.Allow);
var securityDescriptor = new FileSecurity();
securityDescriptor.SetAccessRule(everyoneAce);
securityDescriptor.SetAccessRule(developersAce);
securityDescriptor.SetAccessRule(salesAce);
File.SetAccessControl(filename, securityDescriptor);
}

```


 打开 Properties 窗口，在 Windows 资源管理器中选择一个文件，选择 Security 选项卡，列出访问控制列表，就可以验证访问规则。

## 21.4 代码访问安全性

代码访问安全性的重要性是什么？在基于角色的安全性中，可以定义用户允许做什么。代码访问安全性指定了代码能做什么。.NET 4 简化了这个模型，删除了直到.NET 3.5 都存在的复杂的策略配置，添加了第 2 级安全透明性。安全透明级以前就存在，但第 2 级是.NET 4 新增的。安全透明区分开了允许进行授权调用(如调用本地代码)的代码和不允许进行授权调用的代码。代码分为 3 类：

- “security-critical(安全第一)” 代码可以运行任意代码，这种代码不能由透明代码调用。
- “safe-critical(安全重要)” 代码可以由透明代码调用，安全验证由这种代码执行。
- 透明(Transparent)代码可以执行的操作非常有限。这种代码只能运行在指定的权限集中，且运行在沙盒中。它不能包含不安全或无法验证的代码，也不能调用 security-critical 代码。

如果编写 Windows 应用程序，就不应用受限的代码权限。运行在桌面上的应用程序有完全信任权限，且可以包含任意代码。沙盒可用于 Silverlight 应用程序和 ASP.NET 应用程序，这些应用程序驻留在 Web 提供程序中，或者有自定义功能，如用 Managed Add-in Framework 运行插件。

 Managed Add-in Framework 详见 Wrox 网站上的第 50 章和随书附赠光盘。

### 21.4.1 第 2 级安全透明性

可以用 SecurityRules 特性注解程序集，并设置 SecurityRuleSet.Level2，以应用.NET 4 新增的级别(这是.NET 4 中的默认级别)。为了向后兼容，可以把它设置为 Level1。

```
[assembly: SecurityRules(SecurityRuleSet.Level2)]
```

如果设置 SecurityTransparent 特性，完整的程序集就不会执行任何授权或不安全的操作。这个程序集只能调用其他透明代码或 safe-critical 代码。这个特性只能应用于完整的程序集。

```
[assembly: SecurityTransparent()]
```

AllowPartiallyTrustedCallers 特性位于透明代码和其他类别的代码之间。使用这个特性，代码默认为透明的，但个别类型和成员可以有其他特性：

```
[assembly: AllowPartiallyTrustedCallers()]
```

如果没有应用上述任何特性，代码就是 `security-critical` 代码。但是，可以给个别类型和成员应用 `SecuritySafeCritical` 特性，从而使它们可以由透明代码调用。

```
[assembly: SecurityCritical()]
```

## 21.4.2 权限

如果代码运行在沙盒中，沙盒就可以定义 .NET 权限，以定义代码允许执行的操作。运行在桌面上的应用程序有完全信任权限，而运行在沙盒中的应用程序只允许执行主机给沙盒授予的权限所定义的操作。还可以为从桌面应用程序中启动的应用程序域定义权限，这需要使用沙盒 API。



应用程序域详见第 18 章。

权限是允许(或禁止)每个代码组执行的动作。例如，权限包括“读取文件系统中的文件”、“写入 Active Directory”和“使用套接字打开网络连接”等。尽管有几个预定义的权限，但也可以创建自己的权限。

.NET 权限独立于操作系统权限。NET 权限仅由 CLR 验证。程序集需要特定操作的权限(例如，File 类需要 `FileIOPermission`)，CLR 验证该程序集是否被授予了该权限，以便它可以继续执行。

可以应用于程序集或从代码中申请的权限有非常精细的权限列表。以下列表列出了 CLR 提供的代码访问权限。从中可以看出，使用这些权限，可以很好地控制代码允许做什么和不允许做什么：

- `DirectoryServicesPermission`——通过 `System.DirectoryServices` 类控制访问 Active Directory 的能力
- `DnsPermission`——控制使用 TCP/IP 域名系统(DNS)的能力
- `EnvironmentPermission`——控制读写环境变量的能力
- `EventLogPermission`——控制读写事件日志的能力
- `FileDialogPermission`——控制访问用户在 Open 对话框中访问已选择的文件的能力。该权限通常用于没有赋予 `FileIOPermission` 权限，不能对文件进行有限的访问时
- `FileIOPermission`——控制处理文件的能力(其中包括读文件、写文件、向文件追加内容，创建、更改和访问文件夹)
- `IsolatedStorageFilePermission`——控制访问私有虚拟文件系统的能力
- `IsolatedStoragePermission`——控制访问孤立存储器的能力，存储器与个别用户相关，并具有代码的标识的一些特征，孤立存储器详见第 29 章
- `MessageQueuePermission`——控制通过 Microsoft Message Queue 使用消息队列的能力
- `PerformanceCounterPermission`——控制利用性能计数器的能力
- `PrintingPermission`——控制打印的能力
- `ReflectionPermission`——控制使用 `System.Reflection` 在运行时查找类型信息的能力
- `RegistryPermission`——控制读、写、创建和删除注册表键和值的能力
- `SecurityPermission`——控制执行、断言权限、调用非托管的代码、忽略验证和其他权力的能力
- `ServiceControllerPermission`——控制 Windows 服务的能力

- `SocketPermission`——控制在网络传输地址上创建或接受 TCP/IP 连接的能力
- `SQLClientPermission`——控制使用 SQL Server 的 .NET 数据提供程序访问 SQL Server 数据库的能力
- `UIPermission`——控制访问用户界面的能力
- `WebPermission`——控制连接 Web 或接受与 Web 之间连接的能力

对于上面的每一个权限类，通常可以指定级别更高的粒度。例如，`DirectoryServicesPermission` 类可以区分读和写访问权限，也可以确定允许访问或拒绝访问目录服务中的哪些项。

## 1. 权限集

权限集是权限的集合。在权限集中，不需要把每个权限都应用于代码；权限组合为权限集。例如，有 `FullTrust` 权限的程序集拥有对所有资源的全部访问权限。有内联网权限的程序集是受限的，也就是说，除了使用隔离的存储器之外，不能写入文件系统。可以创建包含所需权限的自定义权限集。

把权限赋予代码组，就不需要单独处理每个程序集。通常在程序块中应用权限，这就是 .NET 提供权限集合的概念的原因。这些是组合为指定的集合的代码访问权限列表，以下列表解释了可以即装即用的 7 个已命名权限集：

- `FullTrust`——没有权限的限制
- `SkipVerification`——不进行验证
- `Execution`——运行受保护的资源，但是不能访问它们
- `Nothing`——没有授予任何权限，代码不能执行
- `LocalIntranet`——指定权限全集的一个子集。例如，文件 IO 只能在程序集源自的共享上进行读取访问。在 .NET 3.5 和以前版本(在 .NET 3.5 SP1 之前)中，这个权限集在应用程序运行在网络共享上使用
- `Internet`——未知来源的代码的默认策略，这是限制最严格的策略。例如，在这个权限集合下执行的代码没有文件 IO 能力，不能读写事件日志，也不能读写环境变量
- `Everything`——授予这个集合中列出的所有权限，除了包括忽略代码验证的权限。管理员可以改变这个权限集中的权限。默认策略要更严格时，可以使用这个权限集



只能修改 `Everything` 权限集的定义，而其他权限集是固定的，不能改变。当然，还可以创建自己的权限集。

## 2. 通过编程要求权限

程序集可以用声明或编程的方式要求权限。下面的代码段说明了如何使用 `DemandFileIOPermission()` 方法要求权限。如果导入 `System.Security.Permissions` 名称空间，就可以创建一个 `FileIOPermission` 对象，并调用这个对象的 `Demand()` 方法，以检查权限。这将验证方法的调用者，这里是 `DemandFileIOPermission()` 方法的调用者，是否具有必要的权限。如果 `Demand()` 方法失败，就抛出一个 `SecurityException` 类型的异常。可以不捕获异常并让调用者处理它。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
using System;
using System.Security;
using System.Security.Permissions;

[assembly: AllowPartiallyTrustedCallers()]

namespace Wrox.ProCSharp.Security
{
    [SecuritySafeCritical]
    public class DemandPermissions
    {
        public void DemandFileIOPermissions(string path)
        {
            var fileIOPermission = new FileIOPermission(PermissionState.Unrestricted);
            fileIOPermission.Demand();

            //...
        }
    }
}
```

代码段 DemandPermissionDemo/DemandPermissions.cs

`FileIOPermission` 类包含在 `System.Security.Permissions` 名称空间中。这个名称空间包含了权限的全集，除此之外，它还声明性的权限特性提供了类，为用于创建权限对象的参数提供了枚举(例如，在创建 `FileIOPermission` 类时，指定是需要完全访问还是只读访问)。

当代码试图违反被赋予的权限时，要捕获 CLR 抛出的异常，可以捕获 `SecurityException` 类型的异常，通过它可以访问许多条有用的信息，其中包括可读的栈踪迹(`SecurityException.StackTrace`)和对抛出异常的方法的引用(`SecurityException.TargetSite`)。`SecurityException` 异常甚至还能提供 `SecurityException.PermissionType` 属性，这个属性返回导致发生安全异常的 `Permission` 对象的类型。

如果仅对文件 I/O 使用 .NET 类，就不需要请求 `FileIOPermission` 权限，因为 .NET 类在进行文件 I/O 时会要求该权限。但如果封装了本地 API 调用，如 `CreateFileTransacted()` 方法，就需要自己请求该权限。另外，还可以使用这个机制从调用者那里请求自定义权限。

### 3. 使用沙盒 API 包含未授权的代码

桌面应用程序默认有完全信任权限。使用沙盒 API，可以创建一个不具备完全信任权限的应用程序域。

为了说明沙盒 API 的用法，先创建一个 C# 库项目 `RequiredFileIOPermissionDemo`。这个库包含 `RequiredPermissionDemo` 类和 `RequiredFilePermissions()` 方法。这个方法根据代码是否有文件权限，返回 `true` 或 `false`。在这段实现代码中，`File` 类创建了一个文件，其中通过参数把路径传递给 `path` 变量。如果文件写入操作失败，就抛出一个 `SecurityException` 类型的异常。`File` 类检查 `FileIOSecurity`，与前面的 `DemandPermissionDemo` 示例相同。如果安全检查失败，`FileIOSecurity` 类的 `Demand()` 方法就抛出一个 `SecurityException` 异常。这里捕获 `SecurityException` 异常，以从 `RequiredFilePermissions()` 方法中返回 `false`。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
using System;
using System.IO;
using System.Security;

[assembly: AllowPartiallyTrustedCallers()]
```

```

namespace Wrox.ProCSharp.Security
{
    [SecuritySafeCritical]
    public class RequirePermissionsDemo : MarshalByRefObject
    {
        public bool RequireFilePermissions(string path)
        {
            bool accessAllowed = true;

            try
            {
                StreamWriter writer = File.CreateText(path);
                writer.WriteLine("written successfully");
                writer.Close();
            }
            catch (SecurityException)
            {
                accessAllowed = false;
            }

            return accessAllowed;
        }
    }
}

```

代码段 [RequireFileIOPermissionsDemo/RequirePermissionsDemo.cs](#)

使用沙盒 API 的宿主应用程序是 `AppDomainHost` 项目，它是一个简单的 C# 控制台应用程序。沙盒 API 是 `AppDomain.CreateDomain()` 方法的一个重载版本，它在沙盒中创建了一个新的应用程序域。这个方法需要 4 个参数，包括应用程序域的名称、从当前应用程序域中提取的凭证、`AppDomainSetup` 信息和一个权限集。所创建的权限集只包含 `SecurityException` 异常和 `SecurityPermissionFlag.Execution` 标记，以便允许执行代码——除以之外没有别的目的。在新的沙盒应用程序域中，实例化 `DemandPermission` 程序集中 `DemandPermissions` 类型的对象。

跨应用程序域的调用需要 .NET Remoting。因此 `RequirePermissionDemo` 类需要派生自基类 `MarshalByRefObject`。对返回的 `ObjectHandle` 进行解包，会对其他应用程序域中的对象返回一个透明代理，以调用 `RequiredFilePermissions()` 方法。



.NET Remoting 参见 Wrox 网站上的第 54 章和随书附赠光盘。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

using System;
using System.Runtime.Remoting;
using System.Security;
using System.Security.Permissions;

namespace Wrox.ProCSharp.Security
{
    class Program
    {
        static void Main()
        {

```



```

PermissionSet permSet = new PermissionSet(PermissionState.None);
permSet.AddPermission(new SecurityPermission(
    SecurityPermissionFlag.Execution));

AppDomainSetup setup = AppDomain.CurrentDomain.SetupInformation;
AppDomain newDomain = AppDomain.CreateDomain(
    "Sandboxed domain", AppDomain.CurrentDomain.Evidence, setup, permSet);
ObjectHandle oh = newDomain.CreateInstance("RequireFileIOPermissionsDemo",
    "Wrox.ProCSharp.Security.RequirePermissionsDemo");
object o = oh.Unwrap();
var io = o as RequirePermissionsDemo;
string path = @"c:\temp\file.txt";
Console.WriteLine("has {0}permissions to write to {1}",
    io.RequireFilePermissions(path) ? null : "no ",
    path);
}
}
}

```

代码段 AppDomainHost/Program.cs

运行这个应用程序，可以看到，结果是所调用的程序集没有创建文件的权限。如果在所创建的应用程序域中给权限集添加 FileIOPermissionSet，如下面的代码所示，写入文件的操作就会成功。

```

PermissionSet permSet = new PermissionSet(PermissionState.None);
permSet.AddPermission(new SecurityPermission(
    SecurityPermissionFlag.Execution));
permSet.AddPermission(new FileIOPermission(
    FileIOPermissionAccess.AllAccess, "c:/temp"));

```

#### 4. 隐式的权限

在授予权限时，通常有一条隐式的语句也可以赋予其他权限。例如，如果赋予了访问 C:\ 的权限 FileIOPermission，就有一个也可以访问 C:\ 的子目录的隐式假设。

如果要检查授予的权限是否以子集的方式隐式地赋予了其他的权限，就可以使用下面的代码：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

class Program
{
    static void Main()
    {
        CodeAccessPermission permissionA =
            new FileIOPermission(FileIOPermissionAccess.AllAccess, @"C:\");
        CodeAccessPermission permissionB =
            new FileIOPermission(FileIOPermissionAccess.Read, @"C:\temp");
        if (permissionB.IsSubsetOf(permissionA))
        {
            Console.WriteLine("PermissionB is a subset of PermissionA");
        }
    }
}

```

代码段 ImplicitPermissions/Program.cs

代码的执行结果如下：

```
PermissionB is a subset of PermissionA
```

## 21.5 使用证书发布代码

可以利用数字证书来对程序集进行签名，让软件的消费者验证软件发布者的身份。根据使用应用程序的地点，可能需要证书。例如，用户利用 ClickOnce 安装应用程序，可以验证证书，以信任发布者。Microsoft 通过 Windows Error Reporting，使用证书来找出哪个供应商映射到错误报告。



ClickOnce 参见第 17 章。Windows Error Reporting 参见附录 A。

在商业环境中，可以从 Verisign 或 Thawte 之类的公司中获取证书。从软件厂商购买证书(而不是创建自己的证书)的优点是，那些证书可以证明软件的真实性和有很高的可信度，软件厂商是可信的第三方。但是，为了测试，.NET 提供了一个命令行实用程序，使用它可以创建测试证书。创建证书和使用证书发布软件的过程相当复杂，但是本节用一个简单的示例说明这个过程。

设想有一个名叫 ABC 的公司。公司的软件产品(Simple.exe)应该值得信赖。首先，创建一个测试证书，方法是输入下面的命令：

```
makecert -sv abckey.pvk -r -n "CN=ABC Corporation" abccorptest.cer
```

这条命令为 ABC 公司创建了一个测试证书，并把它保存到 abccorptest.cer 文件中。-sv abckey.pvk 参数创建一个密钥文件，来存储私钥。在创建密钥文件时，需要输入一个必须记住的密码。

创建证书后，就可以用软件发布者证书测试工具(Cert2spc.exe)创建一个软件发布者测试证书：

```
>cert2spc abccorptest.cer abccorptest.spc
```

有了存储在 spc 文件中的证书和存储在 pvk 文件中的密钥文件，就可以用 pvk2pfx 实用程序创建一个包含证书和密钥文件的 pfx 文件：

```
>pvk2pfx -pvk abckey.pvk -spc abccorptest.spc -pfx abccorptest.pfx
```

现在可以用 signtool.exe 实用程序标记程序集了。使用 sign 选项来标记，用 -f 指定 pfx 文件中的证书，用 -v 指定输出详细信息：

```
>signtool sign -f abccorptest.pfx -v simple.exe
```

为了建立对证书的信任，可使用证书管理器 certmgr 或 MMC 插件 Certificates，通过 Trusted Root Certification Authorities 和 Trusted Publishers 安装它。之后就可以使用 signtool 验证签名是否成功：

```
>signtool verify -v -a simple.exe
```

## 21.6 小结

本章讨论了与 .NET 应用程序相关的几个安全性方面。用基于角色的安全性进行身份验证和授权，可以确定哪些用户可以访问应用程序中的特性。用户用标识和主体表示，这些类实现了 IIdentity 和 IPrincipal 接口。角色的验证可以在代码中完成，也可以使用特性以简单的方式完成。

本章介绍了加密方法，说明了数据的签名和加密，以安全的方式交换密钥。.NET 提供几个加密算法，包括对称加密算法和非对称加密算法。

使用访问控制列表还可以确定如何读取和修改对操作系统资源(如文件)的访问权限。ACL 的编程方式与安全管道、注册表键、Active Directory 项以及许多其他操作系统资源的编程方式相同。

如果应用程序在不同的区域和不同的语言中使用，就可以参阅下一章介绍的.NET 的全球化和本地化功能。

# 第 22 章

## 本地化

### 本章内容:

- 使用表示区域性和区域的类
- 应用程序的全球化
- 应用程序的本地化

价值 1.25 亿美元的 NASA 的火星气象卫星在 1999 年 9 月 23 日失踪了,其原因是一个工程组为一个关键的太空操作以米为单位,而另一个工程组以英寸单位。当编写的应用程序要在世界各国发布时,必须考虑不同的区域性和区域。

不同的区域性在日历、数字和日期格式上各不相同。按照字母 A~Z 给字符串排序也会导致不同的结果,因为不同的文化差异。为了使应用程序可应用于全球市场,就必须对应用程序进行全球化和本地化。

本章将介绍 .NET 应用程序的全球化和本地化。全球化(globalization)用于国际化的应用程序:使应用程序可以在国际市场上销售。采用全球化策略,应用程序应根据区域性、不同的日历等支持不同的数字和日期格式。本地化(localization)用于为特定的区域性翻译应用程序。而字符串的翻译可以使用资源,如 .NET 资源或 WPF 资源字典。

.NET 支持 Windows 和 Web 应用程序的全球化和本地化。要使应用程序全球化,可以使用 System.Globalization 名称空间中的类;要使应用程序本地化,可以使用 System.Resources 名称空间支持的资源。

### 22.1 System.Globalization 名称空间

System.Globalization 名称空间包含了所有的区域性类和区域类,以支持不同的日期格式、不同的数字格式,甚至如 GregorianCalendar 类、HebrewCalendar 类和 JapaneseCalendar 类等表示的不同日历。使用这些类可以根据不同的地区显示不同的表示法。

本节讨论使用 System.Globalization 名称空间时要考虑的如下问题:

- Unicode 问题
- 区域性和区域
- 显示所有区域性及其特征的例子
- 排序

### 22.1.1 Unicode 问题

因为一个 Unicode 字符有 16 位，所以共有 65 536 个 Unicode 字符。这对于当前在信息技术中使用的所有语言够用吗？例如，汉语就需要 80 000 多个字符。但是，Unicode 可以解决这个问题。使用 Unicode 必须区分基本字符和组合字符。可以给一个基本字符添加若干个组合字符，组成一个可显示的字符或一个文本元素。

例如，冰岛的字符 *Ogonek*，就可以使用基本字符 0x006F(拉丁小写字母 o)、组合字符 0x0328(组合 *Ogonek*)和 0x0304(组合 *Macron*)组合而成，如图 22-1 所示。组合字符在 0x0300~0x0345 之间定义，对于美国和欧洲市场，预定义字符有助于处理特殊的字符。字符 *Ogonek* 也可以用预定义字符 0x01ED 来定义。

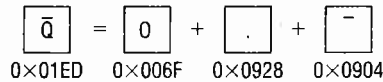


图 22-1

对于亚洲市场，只有汉语需要 80 000 多个字符，但没有这么多的预定义字符。在亚洲语言中，总是要处理组合字符。其问题在于获取显示字符或文本元素的正确数字，得到基本字符，而不是组合字符。`System.Globalization` 名称空间提供的 `StringInfo` 类可以用于处理这个问题。

表 22-1 列出了 `StringInfo` 类的静态方法，这些方法有助于处理组合字符。

表 22-1

方 法	说 明
<code>GetNextTextElement()</code>	返回指定字符串的第一个文本元素(基本字符和所有的组合字符)
<code>GetTextElementEnumerator()</code>	返回一个允许迭代字符串中的所有文本元素的 <code>TextElementEnumerator</code> 对象
<code>ParseCombiningCharacters()</code>	返回一个引用字符串中的所有基本字符的整型数组



一个显示字符可以包含多个 Unicode 字符。要解决这个问题，如果编写的应用程序要在国际市场销售，就不应使用数据类型 `char`，而应使用 `string`。`string` 可以包含由基本字符和组合字符组成的文本元素，但 `char` 不能。

### 22.1.2 区域性和区域

世界分为多个区域性和区域，应用程序必须知道这些区域性和区域的差异。区域性是基于用户的语言和区域性习惯的一组偏爱特性。`RFC 1766`([www.ietf.org/rfc/rfc1766.txt](http://www.ietf.org/rfc/rfc1766.txt))定义了区域性的名称，这些名称根据语言和国家或区域的不同在世界各地使用。例如 `en-AU`、`en-CA`、`en-GB` 和 `en-US` 分别用于表示澳大利亚、加拿大、英国和美国的英语。

在 `System.Globalization` 名称空间中，最重要的类是 `CultureInfo`。这个类表示区域性，定义了日历、数字和日期的格式，以及和区域性一起使用的排序字符串。

`RegionInfo` 类表示区域设置(如货币)，说明该区域是否使用米制系统。在某些区域中，可以使用多种语言。例如，西班牙区域就有 `Basque(eu-ES)`、`Catalan(ca-ES)`、`Spanish(es-ES)`和 `Galician(gl-ES)`

区域性。类似于一个区域可以有多种语言，一种语言也可以在多个区域使用，例如，墨西哥、西班牙、危地马拉、阿根廷和秘鲁等都使用西班牙语。

本章的后面将介绍一个示例应用程序，以说明区域性和区域的这些特征。

### 1. 特定、中立和不变的区域性

在 .NET Framework 中使用区域性，必须区分 3 种类型：特定、中立和不变的区域性。

特定的区域性与真正存在的区域性相关，这种区域性用上一节介绍的 RFC 1766 定义。特定的区域性可以映射到中立的区域性。例如，de 是特定区域性 de-AT、de-DE、de-CH 等的中立区域性，de 是德语(German)的简写，AT、DE 和 CH 分别是奥地利(Austria)、德国(Germany)和瑞士(Switzerland)等国家的简写。

在翻译应用程序时，通常不需要为每个区域翻译，因为奥地利和瑞士等国使用的德语没有太大的区别。所以可以使用中立的区域性来本地化应用程序，而不需要使用特定的区域性。

不变的区域性独立于真正的区域性。在文件中存储格式化的数字或日期，或通过网络把它们发送到服务器上时，最好使用独立于任何用户设置区域性。

图 22-2 显示了区域性类型的相互关系。

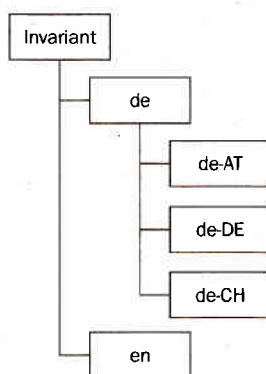


图 22-2

### 2. CurrentCulture 和 CurrentUICulture

设置区域性时，必须区分用户界面的区域性和数字及日期格式的区域性。区域性与线程相关，并且通过这两种区域性类型，就可以把两种区域性设置应用于线程。Thread 类提供了 CurrentCulture 和 CurrentUICulture 属性。CurrentCulture 属性用于设置与格式化和排序选项一起使用的区域性，而 CurrentUICulture 属性用于设置用户界面的语言。

使用 Windows 控制面板中的“区域和语言”选项，就可以改变 CurrentCulture 的默认设置，如图 22-3 所示。使用这个配置，还可以改变区域性的默认数字、时间和日期格式。

CurrentUICulture 属性不依赖于这个配置，而依赖于操作系统的语言。这有一个例外：如果 Windows 7、Windows Vista 或 Windows XP 安装了多语言用户界面(Multi-language User Interface, MUI)，就可以用区域配置改变用户界面的语言，这会影晌 CurrentUICulture 属性。

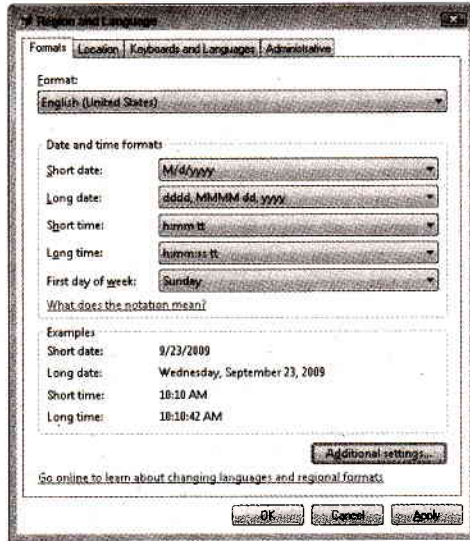


图 22-3

这些设置都使用默认值，在许多情况下，不需要改变默认值。如果需要改变区域性，只需把线程的两个区域性改为 Spanish 区域性，如下面的代码段所示：

```
System.Globalization.CultureInfo ci = new
    System.Globalization.CultureInfo("es-ES");
System.Threading.Thread.CurrentThread.CurrentCulture = ci;
System.Threading.Thread.CurrentThread.CurrentUICulture = ci;
```

前面已学习了区域性的设置，下面讨论 `CurrentCulture` 设置对数字和日期格式的影响。

### 3. 数字格式

`System` 名称空间中的数字结构 `Int16`、`Int32` 和 `Int64` 等都有一个重载的 `ToString()` 方法。这个方法可以根据地域创建不同的数字表示法。对于 `Int32` 结构，`ToString()` 方法有下述 4 个重载版本：

```
public string ToString();
public string ToString(IFormatProvider);
public string ToString(string);
public string ToString(string,
    IFormatProvider);
```

不带参数的 `ToString()` 方法返回一个没有格式化选项的字符串，也可以给 `ToString()` 方法传递一个字符串和一个实现 `IFormatProvider` 接口的类。

该字符串指定表示法的格式。而这个格式可以是标准数字格式化字符串或者图形数字格式化字符串。对于标准数字格式化，字符串是预定义的，其中 C 表示货币符号，D 表示输出为小数，E 表示输出用科学计数法表示，F 表示定点输出，G 表示一般输出，N 表示输出为数字，X 表示输出为十六进制数。对于图形数字格式化字符串，可以指定位数、节和组分隔符、百分号等。图形数字格式字符串####，####表示两个 3 位数块被一个组分隔符分开。

`IFormatProvider` 接口由 `NumberFormatInfo`、`DateTimeFormatInfo` 和 `CultureInfo` 类实现。这个接口定义了 `GetFormat()` 方法，它返回一个格式对象。

`NumberFormatInfo` 类可以为数字定义自定义格式。使用 `NumberFormatInfo` 类的默认构造函数，可以创建独立于区域性的对象或不变的对象。使用这个类的属性，可以改变所有格式选项，如正号、百分号、数字组分隔符和货币符号等。从静态属性 `InvariantInfo` 返回一个与区域性无关的只读 `NumberFormatInfo` 对象。`NumberFormatInfo` 对象的格式化值取决于当前线程的 `CultureInfo` 类，该线程从静态属性 `CurrentInfo` 返回。

下一个示例使用一个简单的控制台项目。在这段代码中，第一个示例显示了在当前线程的区域性格式中所显示的数字(这里是 `English-US`，是操作系统的设置)。第二个示例使用了带有 `IFormatProvider` 参数的 `ToString()` 方法。`CultureInfo` 类实现 `IFormatProvider` 接口，所以创建一个使用法国区域性的 `CultureInfo` 对象。第 3 个示例改变了当前线程的区域性。使用 `Thread` 实例的 `CurrentCulture` 属性，把区域性改为德国区域性：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
using System;
using System.Globalization;
using System.Threading;

namespace NumberAndDateFormatting
{
    class Program
    {
        static void Main(string[] args)
        {
            NumberFormatDemo();
        }

        private static void NumberFormatDemo()
        {
            int val = 1234567890;

            // culture of the current thread
            Console.WriteLine(val.ToString("N"));

            // use IFormatProvider
            Console.WriteLine(val.ToString("N", new CultureInfo("fr-FR")));

            // change the culture of the thread
            Thread.CurrentThread.CurrentCulture = new CultureInfo("de-DE");
            Console.WriteLine(val.ToString("N"));
        }
    }
}
```

代码段 `NumberAndDateFormatting/Program.cs`

结果如下所示。可以把这个结果与前面列举的美国、英国、法国和德国区域性的结果进行比较。

```
1,234,567,890.00
1 234 567 890,00
1.234.567.890,00
```

#### 4. 日期格式

对于日期，也提供了与数字相同的支持。`DateTime` 结构有一些把日期转换为字符串的方法。公共实例的 `ToLongDateString()`、`ToLongTimeString()`、`ToShortDateString()` 和 `ToShortTimeString()` 方法



都使用当前区域性来创建字符串表示法。使用 ToString()方法, 可以指定另一种区域性:

```
public string ToString();
public string ToString(IFormatProvider);
public string ToString(string);
public string ToString(string, IFormatProvider);
```

使用 ToString()方法的字符串参数, 可以指定预定义格式字符或自定义格式字符串, 把日期转换为字符串。DateTimeFormatInfo 类指定了可能的值。DateTimeFormatInfo 类指定的格式字符串有不同的含义。例如, D 表示长日期格式, d 表示短日期格式, ddd 表示星期的缩写, dddd 表示星期的全称, yyyy 表示年份, T 表示长时间格式, t 表示短时间格式。使用 IFormatProvider 参数可以指定区域性。使用不带 IFormatProvider 参数的重载方法, 表示所使用的是当前线程的区域性:

```
DateTime d = new DateTime(2009, 06, 02);

// current culture
Console.WriteLine(d.ToLongDateString());

// use IFormatProvider
Console.WriteLine(d.ToString("D", new CultureInfo("fr-FR")));

// use culture of thread
CultureInfo ci = Thread.CurrentThread.CurrentCulture;
Console.WriteLine("{0}: {1}", ci.ToString(), d.ToString("D"));
ci = new CultureInfo("es-ES");
Thread.CurrentThread.CurrentCulture = ci;
Console.WriteLine("{0}: {1}", ci.ToString(), d.ToString("D"));
```

这个示例程序的结果说明了使用线程的当前区域性的 ToLongDateString()方法, 其中给 ToString()方法传递一个 CultureInfo 实例, 则显示其法国版本, 把线程的 CurrentCulture 属性改为 es-ES, 则显示其西班牙版本, 如下所示。

```
Tuesday, June 02, 2009
mardi 2 juin 2009
en-US: Tuesday, June 02, 2009
es-ES: martes, 02 de junio de 2009
```

### 22.1.3 使用区域性

为了全面介绍区域性, 下面使用一个 WPF 应用程序示例, 该应用程序列出所有的区域性, 描述区域性属性的不同特征。图 22-4 显示了该应用程序在 Visual Studio 2010 WPF 设计器中的用户界面。

在应用程序的初始化阶段, 所有可用的区域性都添加到应用程序左边的树形视图控件中。这个初始化在 AddCulturesToTree()方法中进行, 该方法在 Window 类 CultureDemoForm 的构造函数中调用:



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
public CultureDemoWindow()
{
    InitializeComponent();
    AddCulturesToTree();
}
```

代码段 CultureDemo/MainWindow.xaml.cs

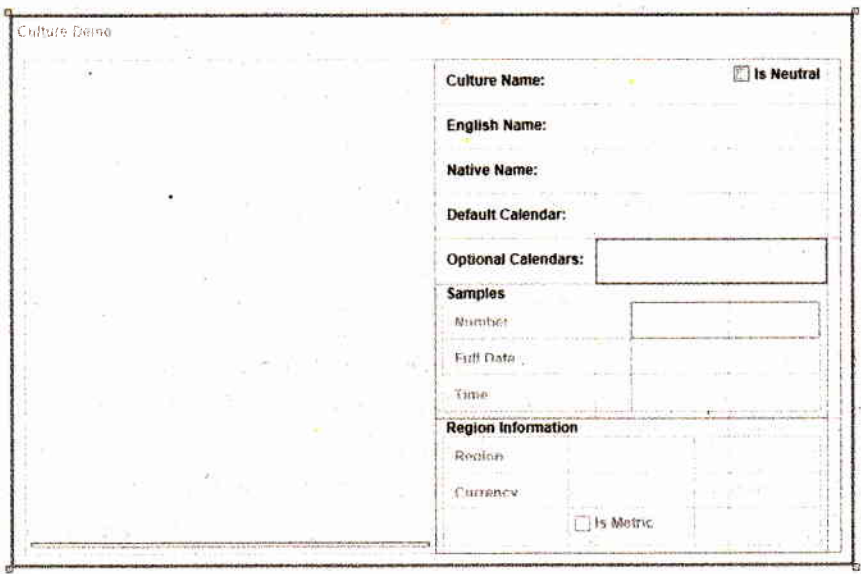


图 22-4

在 `AddCulturesToTree()` 方法中，从通过静态方法 `CultureInfo.GetCultures()` 中获取所有区域性。给这个方法传递 `CultureTypes.AllCultures`，就会返回所有可用区域性的未排序数组。该数组用一个 Lambda 表达式排序，这个 Lambda 表达式要传递给 `Array.Sort()` 方法的第二个参数的 `Comparison` 委托。在 `foreach` 循环中，把每个区域性添加到树形视图中。为每种区域性创建一个 `TreeViewItem` 对象，因为 WPF 的 `TreeView` 类使用 `TreeViewItem` 对象来显示。将 `TreeViewItem` 对象的 `Tag` 属性设置为 `CultureInfo` 对象，以便以后访问这个树型视图中的 `CultureInfo` 对象。

`TreeViewItem` 对象添加到树中的什么地方取决于区域性类型。如果区域性没有父区域性，它就会添加到树的根节点上。要查找父区域性，必须把所有区域性保存到一个字典中。相关内容参见前面章节，其中第 10 章介绍了字典，第 8 章介绍了 Lambda 表达式。

```
// add all cultures to the tree view
public void AddCulturesToTree()
{
    var culturesByName = new Dictionary<string, TreeViewItem>();

    // get all cultures
    var cultures = CultureInfo.GetCultures(CultureTypes.AllCultures);
    Array.Sort(cultures, (c1, c2) = c1.Name.CompareTo(c2.Name));

    var nodes = new TreeViewItem[cultures.Length];

    int i = 0;
    foreach (var ci in cultures)
    {
        nodes[i] = new TreeViewItem();
        nodes[i].Header = ci.DisplayName;
        nodes[i].Tag = ci;
        culturesByName.Add(ci.Name, nodes[i]);

        TreeViewItem parent;
        if (!String.IsNullOrEmpty(ci.Parent.Name) &&
```

```

        culturesByName.TryGetValue(ci.Parent.Name, out parent))
    {
        parent.Items.Add(nodes[i]);
    }
    else
    {
        treeCultures.Items.Add(nodes[i]);
    }
    i++;
}
}

```

在用户选择树中的一个节点时，就会调用 `TreeView` 类的 `SelectedItemChanged` 事件的处理程序。在这里，这个处理程序在 `TreeCultures_SelectedItemChanged()` 方法中实现。在这个方法中，先调用 `ClearTextFields()` 方法清除所有字段，再选择 `TreeViewItem` 对象的 `Tag` 属性，从树中获取 `CultureInfo` 对象。接着使用 `CultureInfo` 对象的属性 `Name`、`NativeName` 和 `EnglishName` 设置一些文本字段。如果 `CultureInfo` 对象是一个可以使用 `IsNeutralCulture` 属性进行查询的中立区域性，就设置相应的复选框。

```

private void TreeCultures_SelectedItemChanged(object sender,
        RoutedPropertyChangedEventArgs<object>e)
{
    ClearTextFields();

    // get CultureInfo object from tree
    CultureInfo ci = (CultureInfo)((TreeViewItem)e.NewValue).Tag;

    textCultureName.Text = ci.Name;
    textNativeName.Text = ci.NativeName;
    textEnglishName.Text = ci.EnglishName;

    checkIsNeutral.IsChecked = ci.IsNeutralCulture;
}

```

然后获取区域性的日历信息。`CultureInfo` 类的 `Calendar` 属性返回特定区域性的默认 `Calendar` 对象。因为 `Calendar` 类没有对应的名称属性，所以需要使用基类的 `ToString()` 方法获取类的名称，并删除要在文本字段 `textCalendar` 中显示的这个字符串的名称空间。

因为一种区域性可能支持多种日历，所以 `OptionalCalendars` 属性返回额外支持的 `Calendar` 对象数组。这些可选的日历显示在列表框 `listCalendars` 中。派生自 `Calendar` 的 `GregorianCalendar` 类还有一个 `CalendarType` 属性，它列出了 `Gregorian` 日历的类型。这个类型可以是 `GregorianCalendarTypes` 枚举的一个值：`Arabic`、`MiddleEastFrench`、`TransliteratedFrench`、`USEnglish` 或 `Localized`，这取决于区域性。使用 `Gregorian` 日历，类型还可以显示在列表框中。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

// default calendar
textCalendar.Text = ci.Calendar.ToString().
        Remove(0, 21).Replace("Calendar", "");

// fill optional calendars
listCalendars.Items.Clear();
foreach (Calendar optCal in ci.OptionalCalendars)
{
    StringBuilder calName = new StringBuilder(50);
    calName.Append(optCal.ToString());
    calName.Remove(0, 21);
    calName.Replace("Calendar", "");
}

```

```

// for GregorianCalendar add type information
GregorianCalendar gregCal = optCal as GregorianCalendar;
if (gregCal != null)
{
    calName.AppendFormat(" {0}", gregCal.CalendarType.ToString());
}
listCalendars.Items.Add(calName.ToString());

```

代码段 CultureDemo/MainWindow.xaml.cs

接着，在 if 语句中使用 “!ci.IsNeutralCulture”，以检查区域性是否为特定区域性(不是中立区域性)。使用 ShowSamples()方法显示数字和日期示例。这个方法将在下一段代码中实现。使用 ShowRegionInformation()方法显示区域的一些信息。对于不变的区域性，只能显示数字和日期示例，不能显示区域信息。因为不变的文件与实际的语言无关，所以它与区域也无关。

```

// display number and date samples
if (!ci.IsNeutralCulture)
{
    groupSamples.IsEnabled = true;
    ShowSamples(ci);

    // invariant culture doesn't have a region
    if (String.Compare(ci.ThreeLetterISOLanguageName, "IVL", true) == 0)
    {
        groupRegion.IsEnabled = false;
    }
    else
    {
        groupRegion.IsEnabled = true;
        ShowRegionInformation(ci.Name);
    }
}
else // neutral culture: no region, no number/date formatting
{
    groupSamples.IsEnabled = false;
    groupRegion.IsEnabled = false;
}
}

```

为了显示一些本地化的数字和日期，把 CultureInfo 类型的选中对象传递给 ToString()方法的 IFormatProvider 参数。

```

private void ShowSamples(CultureInfo ci)
{
    double number = 9876543.21;
    textSampleNumber.Text = number.ToString("N", ci);

    DateTime today = DateTime.Today;
    textSampleDate.Text = today.ToString("D", ci);

    DateTime now = DateTime.Now;
    textSampleTime.Text = now.ToString("T", ci);
}

```

为了显示与 RegionInfo 对象相关的信息，通过在 ShowRegionInformation()方法中传递选中的区

域性标识符,构造一个 RegionInfo 对象,然后访问 DisplayName、CurrencySymbol、ISOCurrencySymbol 和 IsMetric 属性,以显示这些信息。

```
private void ShowRegionInformation(string culture)
{
    var ri = new RegionInfo(culture);
    textRegion.Text = ri.DisplayName;
    textCurrency.Text = ri.CurrencySymbol;
    textCurrencyISO.Text = ri.ISOCurrencySymbol;
    checkIsMetric.IsChecked = ri.IsMetric;
}
```

启动应用程序,在树形视图中就会看到所有的区域性,选择一个区域性后,就会列出该区域性的特征,如图 22-5 所示。

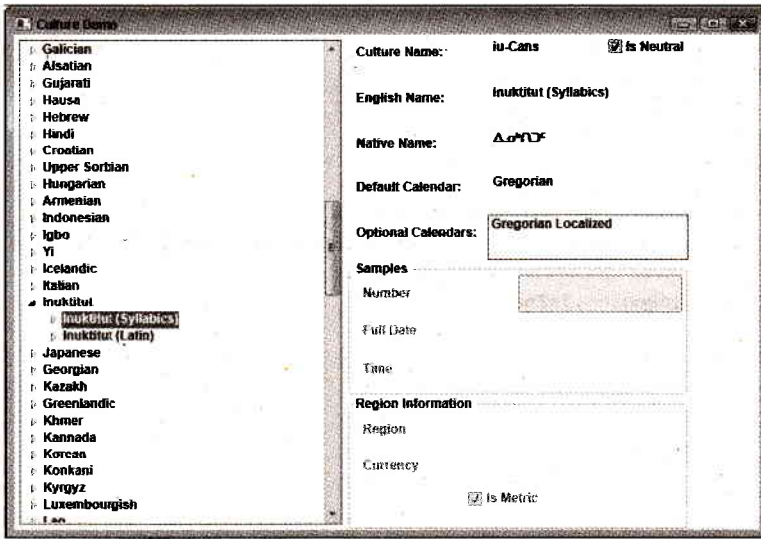


图 22-5

### 22.1.4 排序

排序字符串取决于区域性。一些区域性有不同的排列顺序。例如在芬兰,字符 V 和 W 就是相同的。在默认情况下,为排序而比较字符串的算法要使用与区分区域性的排序方式,其中排序依赖于区域性。

为了说明芬兰的排序方式,下面的代码创建一个控制台应用程序小示例,其中对数组中尚未排序的美国州名进行排序。因为我们将使用 System.Collections.Generic、System.Threading 和 System.Globalization 名称空间中的类,所以必须声明这些名称空间。下面的 DisplayName()方法用于在控制台上显示数组或集合中的所有元素:



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
static void DisplayNames(string title, IEnumerable<string>e)
{
    Console.WriteLine(title);
    foreach (string s in e)
        Console.Write(s + "-");
    Console.WriteLine();
}
```

```

        Console.WriteLine();
    }
}

```

代码段 `SortingDemo/Program.cs`

在 `Main()` 方法中，在创建了包含一些美国州名的数组后，就把线程的 `CurrentCulture` 属性设置为 `Finnish` 区域性，这样，下面的 `Array.Sort()` 方法就使用芬兰的排列顺序。调用 `DisplayName()` 方法在控制台上显示所有的州名：

```

static void Main()
{
    string[] names = {"Alabama", "Texas", "Washington",
                     "Virginia", "Wisconsin", "Wyoming",
                     "Kentucky", "Missouri", "Utah", "Hawaii",
                     "Kansas", "Louisiana", "Alaska", "Arizona"};

    Thread.CurrentThread.CurrentCulture =
        new CultureInfo("fi-FI");

    Array.Sort(names);
    DisplayNames("Sorted using the Finnish culture", names);
}

```

在以芬兰排列顺序第一次显示美国州名后，数组将再次排序。如果希望排序独立于用户的区域性，就可以使用不变的区域性。在已排序的数组要发送到服务器上，或存储到某个地方时，就可以采用这种方式。

为此，给 `Array.Sort()` 方法传递第二个参数。`Sort()` 方法希望第二个参数是实现 `IComparer` 接口的一个对象。`System.Collections` 名称空间中的 `Comparer` 类实现 `IComparer` 接口。`Comparer.DefaultInvariant` 返回一个 `Comparer` 对象，该对象使用不变的区域性比较数组值，以进行独立于区域性的排序。

```

// sort using the invariant culture
Array.Sort(names, System.Collections.Comparer.DefaultInvariant);
DisplayNames("Sorted using the invariant culture", names);
}

```

这个程序的输出显示了用 `Finnish` 区域性进行排序的结果和独立于区域性的排序结果。在使用独立于文件的排序方式时，`Virginia` 排在 `Washington` 的前面。用 `Finnish` 区域性进行排序时，`Virginia` 排在 `Washington` 的后面。

```

Sorted using the Finnish culture
Alabama-Alaska-Arizona-Hawaii-Kansas-Kentucky-Louisiana-Missouri-Texas-Utah-
Washington-Virginia-Wisconsin-Wyoming -

```

```

Sorted using the invariant culture
Alabama-Alaska-Arizona-Hawaii-Kansas-Kentucky-Louisiana-Missouri-Texas-Utah-
Virginia-Washington-Wisconsin-Wyoming -

```



如果对集合进行的排序应独立于区域性，该集合就必须用不变的区域性进行排序。在把排序结果发送给服务器或存储在文件中时，这种方式尤其有效。

除了依赖地域的格式化和测量系统之外，文本和图片也可能因区域性的不同而不同。此时就需

要使用资源。

## 22.2 资源

像图片或字符串表这样的资源可以放在资源文件或附属程序集中。在本地化应用程序时，这种资源非常有用，.NET 对本地化资源的搜索提供了内置支持。

在说明如何使用资源本地化应用程序之前，先讨论如何创建和读取资源，而无须考虑语言因素。

### 22.2.1 创建资源文件

资源文件包含图片、字符串表等条目。要创建资源文件，或者使用一般的文本文件，或者使用那些利用 XML 的.resX 文件。下面从一个简单的文本文件开始。

内嵌字符串表的资源可以使用一般的文本文件来创建。该文本文件只是把字符串赋予键。键是用来从程序中获取数值的名称。键和数值中都可以包含空格。

这个例子显示了 Wrox.ProCSharp.Localization.MyResources.txt 文件中的一个简单字符串表：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
Title = Professional C#
Chapter = Localization
Author = Christian Nagel
Publisher = Wrox Press
```

代码段 Resources/Wrox.ProCSharp.Localization.MyResources.txt



在保存带 Unicode 字符的文本文件时，必须将文件和相应的编码一起保存。为此，可以在 Save 对话框中选择 Unicode 编码。

### 22.2.2 资源文件生成器

可以使用资源文件生成器 Resgen.exe(实用程序)在 Wrox.ProCSharp.Localization.MyResources.txt 的外部创建一个资源文件，输入如下代码：

```
resgen Wrox.ProCSharp.Localization.MyResources.txt
```

会创建 Wrox.ProCSharp.Localization.MyResources.resources 文件。最终的资源文件可以作为一个外部文件添加到程序集中，或者内嵌到 DLL 或 EXE 中。Resgen 还可以创建基于 XML 的.resX 资源文件。构建 XML 文件的一种简单方法是使用 ResGen 本身：

```
resgen Wrox.ProCSharp.Localization.MyResources.txt
      Wrox.ProCSharp.Localization.MyResources.resX
```

这条命令创建了 XML 资源文件 Wrox.ProCSharp.Localization.MyResources.resX。22.3 节将讨论如何使用 XML 资源文件。

Resgen 支持强类型化的资源。强类型化的资源用一个访问资源的类表示。这个类可以用 resgen 实用程序的/str 选项创建：

```
resgen /str:C#,Wrox.ProCSharp.Localization,MyResources,MyResources.cs
Wrox.ProCSharp.Localization.MyResources.resX
```

在/str 选项中，按照语言、名称空间、类名和源代码文件名的顺序定义资源。

Resgen 实用程序不支持添加图片。在.NET Framework SDK 示例中，有一个 ResXGen 示例。使用 ResXGen 可以在.resX 文件中引用图片。还可以使用 ResourceWriter 类或 ResXResourceWriter 类以编程方式把图片添加到资源中。

### 22.2.3 ResourceWriter

除了使用 Resgen 实用程序构建资源文件外，编写程序来创建资源也很简单。ResourceWriter 是来自 System.Resources 名称空间的一个类，它可以用于编写二进制资源文件；ResXResourceWriter 类编写基于 XML 的资源文件。这两个类也支持图片和任何其他可串行化的对象。在使用 ResXResourceWriter 类时，必须引用 System.Windows.Forms 程序集。

下面的代码使用构造函数和文件名 Demo.resx 创建一个 ResXResourceWriter 对象 rw。在创建了一个实例后，使用 ResXResourceWriter 类的 AddResource() 方法可以添加至多 2GB 的资源。AddResource() 方法的第一个参数指定资源名，第二个参数指定数值。可以使用 Image 类的一个实例来添加图片资源。要使用 Image 类，必须引用 System.Drawing 程序集，还要添加 using 指令，以打开 System.Drawing 名称空间。

下面打开 logo.gif 文件，创建一个 Image 对象。必须把图片复制到可执行文件的目录下，或者在 Image.ToFile() 方法的参数中指定图片的完整路径。using 语句指定应在 using 块的尾部自动释放图像资源。把其他简单的字符串资源添加到 ResXResourceWriter 对象中。ResXResourceWriter 类的 Close() 方法会自动调用 ResXResourceWriter.Generate() 方法，最后把资源写入 Demo.resx 文件中：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
using System;
using System.Resources;
using System.Drawing;

class Program
{
    static void Main()
    {
        var rw = new ResXResourceWriter("Demo.resx");
        using (Image image = Image.FromFile("logo.gif"))
        {
            rw.AddResource("WroxLogo", image);
            rw.AddResource("Title", "Professional C#");
            rw.AddResource("Chapter", "Localization");
            rw.AddResource("Author", "Christian Nagel");
            rw.AddResource("Publisher", "Wrox Press");
            rw.Close();
        }
    }
}
```

代码段 CreateResource/Program.cs

启动这个小程序，创建嵌入了图像 logo.gif 的资源文件 Demo.resx，这个文件将用于下面的一个 Windows 应用程序。



### 22.2.4 使用资源文件

使用 C#命令行编译器 `csc.exe` 和 `/resource` 选项, 或直接使用 Visual Studio, 可以把资源文件添加到程序集中。为了说明如何在 Visual Studio 中使用资源文件, 下面创建一个控制台应用程序 `ResourceDemo`。

在 Solution Explorer 窗口的上下文菜单(Add | Add Existing Item 命令)中, 把前面创建的资源文件 `Demo.resx` 添加到这个项目中。默认情况下, 把这个资源的 `Build Action` 设置为 `Embedded Resource`, 这样, 这个资源就嵌入到输出的程序集中。

在项目设置(Application | Assembly information 命令)中, 把应用程序的 `Neutral Language` 设置为主要语言, 如 `English(United States)`, 如图 22-6 所示。改变这个设置, 会在 `assemblyinfo.cs` 文件中添加 `[NeutralResourceLanguageAttribute]` 属性:

```
[assembly: NeutralResourceLanguageAttribute("en-US")]
```

设置这个选项会提高 `ResourceManager` 的性能, 因为它会更快地找到 `en-US` 的资源, 该资源还会用作默认的回退。使用这个特性也可以通过构造函数的第二个参数指定默认资源的位置。使用 `UltimateResourceFallbackLocation` 枚举可以指定默认资源要在主程序集或附属程序集(Main Assembly 和 Satellite 值)中存储。

构建项目后, 使用 `ildasm` 查看生成的程序集时, 会在程序集清单中看到 `mresource` 特性, 如图 22-7 所示。它声明了程序集中资源的名称。如果把 `mresource` 声明为 `public`(与本例一样), 该资源就会从程序集中导出, 且可以用于其他程序集的类中。如果把 `mresource` 声明为 `private`, 则表示该资源不能导出, 只能用于该程序集内部。

要访问嵌入的资源, 可以使用 `System.Resources` 名称空间中的 `ResourceManager` 类。把以嵌入的资源为参数的程序集传递给 `ResourceManager` 类的构造函数。在本例中, 因为把资源嵌入到正在执行的程序集中, 所以应把 `Assembly`.

`GetExecutingAssembly()` 方法的结果作为构造函数的第二个参数。第一个参数是资源的根名。根名由名称空间和资源文件名(不带资源扩展名)组成。如前所述, 使用 `ildasm` 来显示该名称。为此, 只需删除资源的扩展名 `resources` 即可。还可以使用 `System.Reflection.Assembly` 类的 `GetManifestResourceNames()` 方法

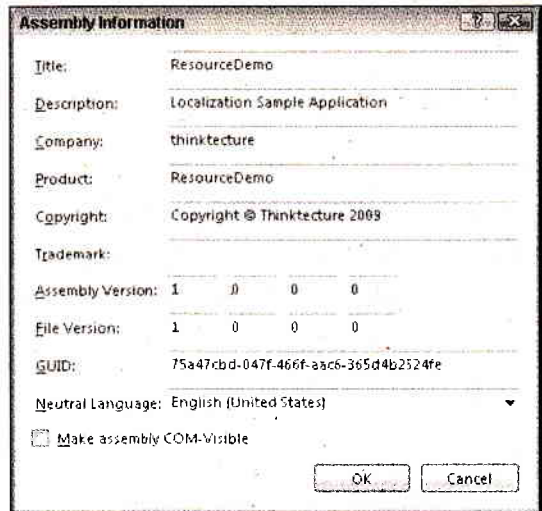


图 22-6

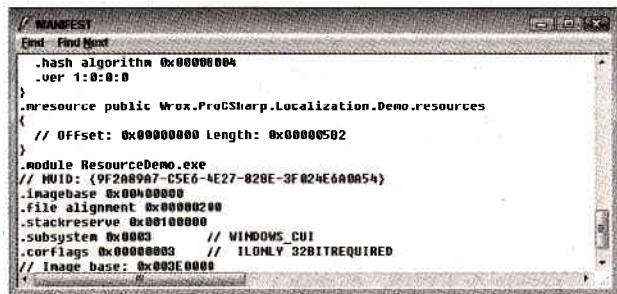


图 22-7

通过编程方式获取该名称。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
using System;
using System.Drawing;
using System.Reflection;
using System.Resources;

namespace Wrox.ProCSharp.Localization
{
    class Program
    {
        . static void Main()
        {
            var rm = new ResourceManager("Wrox.ProCSharp.Localization.Demo",
                Assembly.GetExecutingAssembly());
```

代码段 ResourceDemo/Program.cs

使用 `ResourceManager` 实例 `rm`，通过指定 `GetObject()` 和 `GetString()` 方法的键，就可以获得所有的资源：

```
Console.WriteLine(rm.GetString("Title"));
Console.WriteLine(rm.GetString("Chapter"));
Console.WriteLine(rm.GetString("Author"));
using (Image logo = (Image)rm.GetObject("WroxLogo"))
{
    logo.Save("logo.bmp");
}
}
```

通过强类型化的资源，可以简化前面编写的代码；不需要实例化 `ResourceManager`，也不需要使用索引符访问资源，而只需使用属性访问资源名：

```
private static void StronglyTypedResources()
{
    Console.WriteLine(Demo.Title);
    Console.WriteLine(Demo.Chapter);
    Console.WriteLine(Demo.Author);
    using (Bitmap logo = Demo.WroxLogo)
    {
        logo.Save("logo.bmp");
    }
}
```

要使用托管资源编辑器创建强类型化的资源，可以把 `Access Modifier` 从 `No Code Generation` 重置为 `Public` 或 `Internal`。使用 `Public` 选项，生成的类就使用公共访问修饰符，并且它可以在其他程序集中使用。而使用 `Internal` 选项，生成的类就使用内部访问修饰符，并且它只能在程序集内部访问。

设置这个选项后，就会创建 `Demo` 类(它与资源同名)。这个类的静态属性为所有的资源提供了强类型化的资源名。通过实现静态属性，就可以使用 `ResourceManager` 对象，该对象在第一次访问时实例化，并缓存：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
//-----
// <auto-generated>
//     This code was generated by a tool.
//     Runtime Version:4.0.21006.1
//
//     Changes to this file may cause incorrect behavior and will be lost if
//     the code is regenerated.
// </auto-generated>
//-----

namespace Wrox.ProCSharp.Localization {
    using System;
    /// <summary>
    ///     A strongly-typed resource class, for looking up localized strings, etc.
    /// </summary>
    // This class was auto-generated by the StronglyTypedResourceBuilder
    // class via a tool like ResGen or Visual Studio.
    // To add or remove a member, edit your .ResX file then rerun ResGen
    // with the /str option, or rebuild your VS project.
    [global::System.CodeDom.Compiler.GeneratedCodeAttribute(
        "System.Resources.Tools.StronglyTypedResourceBuilder", "4.0.0.0")]
    [global::System.Diagnostics.DebuggerNonUserCodeAttribute()]
    [global::System.Runtime.CompilerServices.CompilerGeneratedAttribute()]
    internal class Demo {

        private static global::System.Resources.ResourceManager resourceMan;

        private static global::System.Globalization.CultureInfo resourceCulture;

        [global::System.Diagnostics.CodeAnalysis.SuppressMessageAttribute(
            "Microsoft.Performance", "CA1811:AvoidUncalledPrivateCode")]
        internal Demo() {
        }

        /// <summary>
        ///     Returns the cached ResourceManager instance used by this class.
        /// </summary>
        [global::System.ComponentModel.EditorBrowsableAttribute(
            global::System.ComponentModel.EditorBrowsableState.Advanced)]
        internal static global::System.Resources.ResourceManager ResourceManager {
            get {
                if (object.ReferenceEquals(resourceMan, null)) {
                    global::System.Resources.ResourceManager temp =
                        new global::System.Resources.ResourceManager(
                            "Wrox.ProCSharp.Localization.Demo", typeof(Demo).Assembly);
                    resourceMan = temp;
                }
                return resourceMan;
            }
        }

        /// <summary>
        ///     Overrides the current thread's CurrentUICulture property for all
        ///     resource lookups using this strongly typed resource class.
        /// </summary>
        [global::System.ComponentModel.EditorBrowsableAttribute(
            global::System.ComponentModel.EditorBrowsableState.Advanced)]

```

```

internal static global::System.Globalization.CultureInfo Culture {
    get {
        return resourceCulture;
    }
    set {
        resourceCulture = value;
    }
}

/// <summary>
/// Looks up a localized string similar to Chapter.
/// </summary>
internal static string Chapter {
    get {
        return ResourceManager.GetString("Chapter", resourceCulture);
    }
}

//...

internal static System.Drawing.Bitmap WroxLogo {
    get {
        object obj = ResourceManager.GetObject("WroxLogo", resourceCulture);
        return ((System.Drawing.Bitmap)(obj));
    }
}
}
}

```

---

代码段 ResourceDemo/Demo.Designer.cs

### 22.2.5 System.Resources 名称空间

在举例之前，本节先复习一下 System.Resources 名称空间中处理资源的类：

- ResourceManager 类可以用于从程序集或资源文件中获取当前区域性的资源。使用 ResourceManager 类还可以获取特定区域性的 ResourceSet 类。
- ResourceSet 类表示特定区域性的资源。在创建 ResourceSet 类的实例时，它会枚举一个实现 IResourceReader 接口的类，并在散列表中存储所有的资源。
- IResourceReader 接口用于从 ResourceSet 中枚举资源。ResourceReader 类实现这个接口。
- ResourceWriter 类用于创建资源文件。ResourceWriter 类实现 IResourceWriter 接口。
- ResXResourceSet、ResXResourceReader 和 ResXResourceWriter 类分别类似于 ResourceSet、ResourceReader 和 ResourceWriter 类，但创建的是基于 XML 的资源文件.resX，而不是二进制文件。ResXFileRef 可以用于链接资源，而不是把资源嵌入到 XML 文件中。
- System.Resources.Tools 名称空间包含的 StronglyTypedResourceBuilder 类可以从资源中创建类。

## 22.3 使用 Visual Studio 的 Windows 窗体本地化

下面创建一个简单的 Windows 窗体应用程序，来说明如何使用 Visual Studio 2010 进行本地化。

这个应用程序没有使用复杂的 Windows 窗体，也没有任何实际的内部功能，因为这里主要是说明本地化功能。在自动生成的源代码中，把名称空间改为 Wrox.ProCSharp.Localization，把类名改为 BookOfTheDayForm。因为名称空间不仅在源文件 BookOfTheDayForm.cs 中作了修改，还在项目设置中进行了修改，所以所有生成的资源文件也都可以获得这个名称空间。为此，需要从 Project | Properties 菜单中选择 Common Properties 命令，为所有新建的条目修改该名称空间。



第 39 章将详细介绍 Windows 窗体应用程序。

为了说明本地化的一些问题，这个程序有一幅图片、一些文本，一个日期和一个数字。图片显示的是一幅已进行了本地化的国旗。图 22-8 在 Windows 窗体设计器中显示了该应用程序的这个窗体。

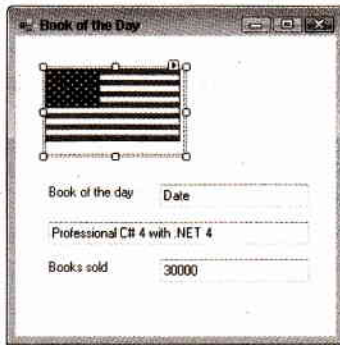


图 22-8

Windows 窗体元素的 Name 和 Text 属性值如表 22-2 所示。

表 22-2

名称	文本
labelBookOfTheDay	Book of the day
labelItemsSold	Books sold
textDate	Date
textTitle	Professional C#
textItemsSold	30000
pictureFlag	

除了这个窗体外，还需要一个消息框，根据当前时间显示不同的问候信息。该示例说明了动态创建的对话框在进行本地化时必须采用不同的方式。在 WelcomeMessage() 方法中，使用 MessageBox.Show() 方法显示一个消息框，在窗体类 BookOfTheDayForm 的构造函数中调用 WelcomeMessage() 方法，之后调用 InitializeComponent() 方法。

下面是 WelcomeMessage() 方法的代码：

```

public void WelcomeMessage()
{
    DateTime now = DateTime.Now;
    string message;
    if (now.Hour <= 12)
    {
        message = "Good Morning";
    }
    else if (now.Hour <= 19)
    {
        message = "Good Afternoon";
    }
    else
    {
        message = "Good Evening";
    }
    MessageBox.Show(String.Format("{0}\nThis is a localization sample",
        message));
}

```

窗体中的数字和日期应使用格式化选项来设置。我们添加一个新方法 `SetDateAndNumber()`，用格式选项来设置这些值。在实际应用程序中，这些值应从一个 Web 服务或数据库中得到，但本例把注意力集中在本地化上。日期使用 `D` 选项来格式化(以显示长日期名)。使用图片数字格式字符串 `###,###,###` 来显示该数字，其中“#”表示一个数字，“,”是组分隔符：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

public void SetDateAndNumber()
{
    DateTime today = DateTime.Today;
    textDate.Text = today.ToString("D");
    int itemsSold = 327444;
    textItemsSold.Text = itemsSold.ToString("###,###,###");
}

```

代码段 `BookOfTheDay/Demo.BookOfTheDayForm.cs`

在 `BookOfTheDayForm` 类的构造函数中，调用了 `WelcomeMessage()` 和 `SetDateAndNumber()` 方法：

```

public BookOfTheDayForm()
{
    WelcomeMessage();

    InitializeComponent();

    SetDateAndNumber();
}

```

Windows 窗体设计器的一个强大功能是可以把窗体的 `Localizable` 属性从 `false` 改为 `true`。这个设置的结果是为对话框创建一个基于 XML 的资源文件，以存储所有资源字符串、属性(包括 Windows 窗体元素的位置和大小)，嵌入的图片等。另外，对 `InitializeComponent()` 方法的实现代码也进行了修改：创建 `System.Resources.ResourceManager` 类的一个实例，为了获取文本字段以及图片的值和位置，应使用 `GetObject()` 方法，而不是直接在代码中写入值。`GetObject()` 方法使用当前线程的 `CurrentUICulture` 属性来查找合适的本地化资源。

下面是从 `BookOfTheDayForm.Designer.cs` 文件中把 `Localizable` 属性设置为 `true` 之前

InitializeComponent()方法的部分代码，其中设置了 textTitle 的所有属性。

```
private void InitializeComponent()
{
    //...
    this.textTitle = new System.Windows.Forms.TextBox();
    //
    // textTitle
    //
    this.textTitle.Anchor = ((System.Windows.Forms.AnchorStyles)
        ((System.Windows.Forms.AnchorStyles.Top
            | System.Windows.Forms.AnchorStyles.Left)
            | System.Windows.Forms.AnchorStyles.Right));
    this.textTitle.Location = new System.Drawing.Point(29, 164);
    this.textTitle.Name = "textTitle";
    this.textTitle.Size = new System.Drawing.Size(231, 20);
    this.textTitle.TabIndex = 3;
}
```

把 Localizable 属性设置为 true 后，InitializeComponent()方法的代码会自动修改，如下所示：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
private void InitializeComponent()
{
    System.ComponentModel.ComponentResourceManager resources =
        new System.ComponentModel.ComponentResourceManager(
            typeof(BookOfTheDayForm));
    //...
    this.textTitle = new System.Windows.Forms.TextBox();
    //
    // textTitle
    //
    resources.ApplyResources(this.textTitle, "textTitle");
    this.textTitle.Name = "textTitle";
}
```

代码段 BookOfTheDay/Demo.BookOfTheDayForm.Designer.cs

资源管理器从哪里获取的数据？在把 Localizable 属性设置为 true 时，就生成了一个资源文件 BookOfTheDay.resX。在这个文件中，首先找到 XML 资源的架构，接着找到窗体中的所有元素：Type、Text、Location 和 TabIndex 等。

ComponentResourceManager 类派生自 ResourceManager 类，并提供了 ApplyResources()方法。在这个方法中，使用第二个参数定义的资源应用于第一个参数中的对象。

下面的 XML 片段说明了 textBoxTitle 的几个属性：Location 属性的值是“29, 164”，Size 属性的值是“231, 20”，Text 属性设置为 Professional C# 4 with .NET 4 等。对于每个值，还存储了值的类型。例如，Location 属性的类型是 System.Drawing.Point，这个类可在程序集 System.Drawing 中找到。

为什么位置和大小也存储在这个 XML 文件中？在转换时，许多字符串都会有完全不同的大小，且不再适合于原始位置。把位置和大小都存储在资源文件中后，需要进行本地化的全部内容也都存储在这些文件中，从而与 C#代码分开：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
<data name="textTitle.Anchor" type=
    "System.Windows.Forms.AnchorStyles, System.Windows.Forms">
    <value> Top, Left, Right</value>
</data>
```

```

<data name="textTitle.Location" type="System.Drawing.Point, System.Drawing">
  <value> 29, 164 </value>
</data>
<data name="textTitle.Size" type="System.Drawing.Size, System.Drawing">
  <value> 231, 20 </value>
</data>
<data name="textTitle.TabIndex" type="System.Int32, mscorlib">
  <value> 3 </value>
</data>
<data name="textTitle.Text" xml:space="preserve">
  <value> Professional C# 4 with .NET 4 </value>
</data>
<data name="&gt;& gt;textTitle.Name" xml:space="preserve">
  <value> textTitle </value>
</data>
<data name="&gt;& gt;textTitle.Type" xml:space="preserve">
  <value> System.Windows.Forms.TextBox, System.Windows.Forms, Version=4.0.0.0,
    Culture=neutral, PublicKeyToken=b77a5c561934e089 </value>
</data>
<data name="& gt;& gt;textTitle.Parent" xml:space="preserve">
  <value> $this </value>
</data>
  <data name="&gt;& gt;textTitle.ZOrder" xml:space="preserve">
    <value> 2 </value>
  </data>
</data>

```

代码段 `BookOfTheDay/BookOfTheDayForm.resx`

在修改其中一些资源值时，不需要直接使用 XML 代码来修改。我们可以在 Visual Studio 设计器中直接修改这些资源。无论何时修改窗体的 `Language` 属性和一些窗体元素的属性，都会为指定的语言生成一个新资源文件。把 `Language` 属性设置为 `German`，就会创建德国版本的窗体。把 `Language` 属性设置为 `French`，就会创建法国版本的窗体。对于每种语言，都会生成一个属性已被修改的资源文件：对于本例，即 `BookOfTheDayForm.de.resX` 和 `BookOfTheDayForm.fr.resX`。

表 22-3 列出了德国版本的窗体需要进行的修改。

表 22-3

德国名称	值
<code>\$this.Text</code> (窗体的标题)	Buch des Tages
<code>labelItemsSold.Text</code>	Bücher verkauft:
<code>labelBookOfTheDay.Text</code>	Buch des Tages

表 22-4 列出了法国版本的窗体应进行的修改。

表 22-4

法国名称	值
<code>\$this.Text</code> (窗体的标题)	Le livre du jour
<code>labelItemsSold.Text</code>	Des livres vendus
<code>labelBookOfTheDay.Text</code>	Le livre du jour



图像不再默认移动到附属程序集中。但在示例应用程序中，国旗应根据国家的不同而不同。为此，必须在 Resources.resx 文件中添加美国国旗的图像。这个文件在 Visual Studio 的 Solution Explorer 窗口的 Properties 部分中。使用资源编辑器选择 Images 类别，如图 22-9 所示，以添加 americanflag.bmp 文件。为了用图像进行本地化，图像必须在所有的语言中有相同的名称。在这里，Resources.resx 文件中的图像名是 Flag。可以在属性编辑器中给图像重命名。在属性编辑器中，还可以修改图像是链接还是嵌入。为了提高资源的性能，图像默认为链接。对于链接的图像，图像文件必须与应用程序一起发布。如果要在程序集中嵌入图像，就可以把 Persistence 属性改为 Embedded。

把 Resource.resx 文件复制到 Resource.de.resx 和 Resource.fr.resx 中，并用 GermanFlag.bmp 和 FranceFlag.bmp 替代国旗，就可以添加国旗的本地化版本。因为只有中立资源需要强类型化的资源类，所以可以给所有特定语言的资源文件清除 CustomTool 属性。

现在编译该项目，为每种语言创建一个附属程序集。在 debug 目录里(根据目前的配置，或者是 release 目录)，创建语言子目录如 de 和 fr。在这个子目录下，保存了 BookOfTheDay.resources.dll 文件。这个文件就是只包含本地化资源的附属程序集。使用 ildasm 打开这个程序集，可以看到其已嵌入资源的程序集清单，以及一个定义好的地区。因为这个程序集在程序集属性中有一个地区 de，所以它在 de 子目录下。其中还有一个带有 .mresource 后缀的资源名：它的前缀是名称空间名 Wrox.ProCSharp.Localization，其后是类名 BookOfTheDayForm 和语言代码 de。

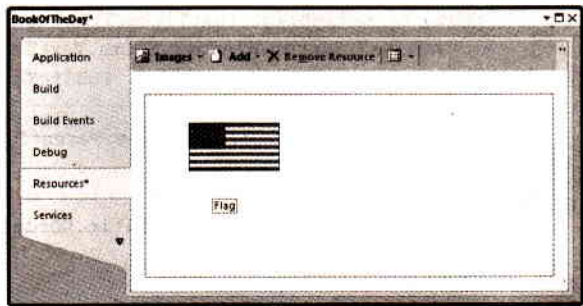


图 22-9

其中还有一个带有 .mresource 后缀的资源名：它的前缀是名称空间名 Wrox.ProCSharp.Localization，其后是类名 BookOfTheDayForm 和语言代码 de。

### 22.3.1 通过编程方式修改区域性

在翻译资源，构建附属程序集后，就可以根据为用户配置的区域性获得正确的译文。此时不翻译欢迎消息，它们需要以另一种方式翻译，稍后讨论。

除了系统配置外，还可以把语言代码当作命令行参数传递给应用程序，以便进行测试。修改 BookOfTheDayForm 构造函数，以传递区域性字符串，并根据这个字符串设置区域性。创建一个 CultureInfo 实例，把它传递给当前线程的 CurrentCulture 和 CurrentUICulture 属性。注意 CurrentCulture 属性用于格式化，而 CurrentUICulture 属性用于加载资源。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
public BookOfTheDayForm(string culture)
{
    if (!String.IsNullOrEmpty(culture))
    {
        CultureInfo ci = new CultureInfo(culture);
        // set culture for formatting
        Thread.CurrentThread.CurrentCulture = ci;
        // set culture for resources
        Thread.CurrentThread.CurrentUICulture = ci;
    }

    WelcomeMessage();

    InitializeComponent();
}
```

```
SetDateAndNumber();
```

代码段 BookOfTheDay/BookOfTheDayForm.cs

在 Program.cs 文件的 Main()方法中实例化 BookOfTheDayForm()。在这个方法中,把区域性字符串传送给 BookOfTheDayForm()构造函数:



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
[STAThread]
static void Main( string[] args )
{
    string culture = String.Empty;
    if (args.Length == 1)
    {
        culture = args[0];
    }

    Application.EnableVisualStyles();
    Application.SetCompatibleTextRenderingDefault(false);
    Application.Run(new BookOfTheDayForm(culture));
}
```

代码段 BookOfTheDay/Program.cs

现在可以使用命令行选项启动应用程序。通过正在运行的应用程序,可以查看格式化选项和从 Windows 窗体设计器中生成的资源。图 22-10 和图 22-11 分别显示了使用 de-DE 和 fr-FR 命令行选项启动的应用程序。

欢迎信息框还有一个问题,这些字符串在程序中都是硬编码的。因为这些字符串都不是窗体中元素的属性,所以窗体设计器就不能像处理 Windows 控件的属性那样,在改变窗体的 Localizable 属性时提取 XML 资源,而必须自己修改代码。



图 22-10

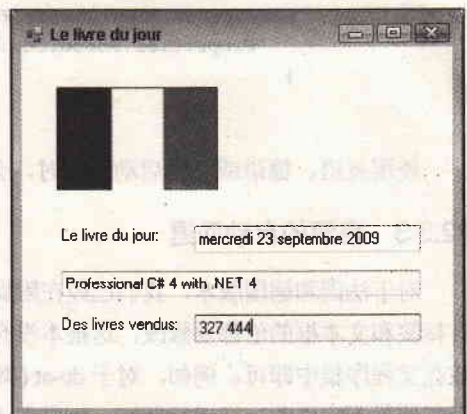


图 22-11

### 22.3.2 使用自定义资源文件

对于欢迎消息,必须翻译硬编码的字符串。英语文本翻译成德语和法语的译文如表 22-5 所示。可以在 Resources.resx 文件中直接编写自定义资源消息和与特定语言相关的派生文本,当然,也可以新建资源文件。

表 22-5

名称	英语	德语	法语
GoodMorning	Good Morning	Guten Morgen	Bonjour
GoodAfternoon	Good Afternoon	Guten Tag	Bonjour
GoodEvening	Good Evening	Guten Abend	Bonsoir
Message1	This is a localization sample.	Das ist ein Beispiel mit Lokalisierung.	C'est un exemple avec la localization.

WelcomeMessage()方法的源代码也必须改为使用资源。在强类型化的资源中，不需要实例化ResourceMessenger类，而可以使用强类型化资源的属性：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
public static void WelcomeMessage()
{
    DateTime now = DateTime.Now;
    string message;
    if (now.Hour <= 12)
    {
        message = Properties.Resources.GoodMorning;
    }
    else if (now.Hour <= 19)
    {
        message = Properties.Resources.GoodAfternoon;
    }
    else
    {
        message = Properties.Resources.GoodEvening;
    }
    MessageBox.Show(String.Format("{0}\n{1}", message,
        Properties.Resources.Message1));
}
```

代码段 BookOfTheDay/BookOfTheDayForm.cs

使用英语、德语或法语启动程序时，会得到对应语言的消息框。

### 22.3.3 资源的自动回退

对于法国和德国版本，我们已经在附属程序集中包含了所有资源。如果不使用这些版本，则所有标签和文本框的值都要修改，这根本没有问题。只需要把要修改的值放在附属程序集中，其他值放在父程序集中即可。例如，对于 de-at (奥地利)，可以把 GoodAfternoon 资源的值改为 Grüß Gott，而其他值不应修改。在运行期间，如果在 de-at 附属程序集中找不到 Good Morning 资源的值，就应搜索父程序集。de-at 附属程序集的父程序集是 de。如果 de 程序集中也没有这个资源，就应在 de 的父程序集(即中立程序集)中搜索该值。中立程序集不包含区域性代码。



在主程序集的区域性代码中，不应定义任何区域性！

### 22.3.4 外包翻译

使用资源文件很容易完成外包翻译(outsourcing translation)的任务。在翻译资源文件时,不需要安装 Visual Studio,一个简单的 XML 编辑器就足够了。使用 XML 编辑器的缺点是没有机会重新安排 Windows 窗体元素,如果翻译过来的文本不适合标签或按钮的原始边框,则其大小是不能改变的。使用 Windows 窗体设计器进行翻译是很自然的选择。

Microsoft 的 .NET Framework SDK 附带的一个工具可以满足所有这些需要: Windows 资源本地化编辑器 winres.exe(参见图 22-12)。使用该工具的用户无须访问 C#源文件,只需要翻译二进制文件或基于 XML 的资源文件。在完成这些翻译工作后,就可以把资源文件导入到 Visual Studio 项目中,构建附属程序集了。

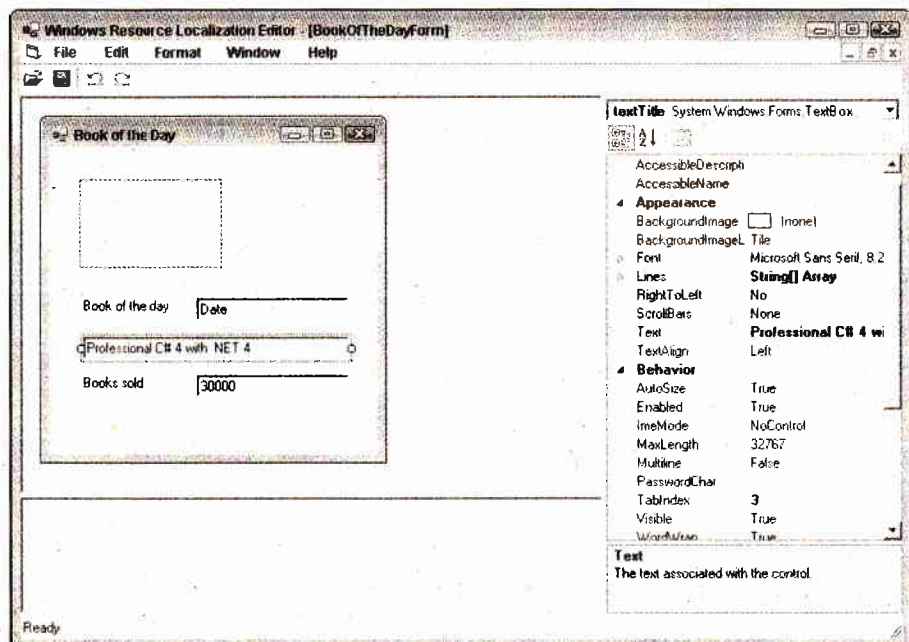


图 22-12

如果不希望翻译局改变标签和按钮的大小和位置,且不能处理 XML 文件,就可以发送一个基于文本的简单文件。使用命令行实用程序 `resgen.exe`,可以从 XML 文件中创建一个文本文件:

```
resgen myresource.resX myresource.txt
```

在收到翻译局完成的翻译文件后,就可以从返回的文本文件中创建一个 XML 文件,注意要给文件名添加区域性名:

```
resgen myresource.es.txt myresource.es.resX
```

## 22.4 用 ASP.NET 本地化

ASP.NET 应用程序的本地化与 Windows 应用程序的本地化类似。第 40 章将讨论 ASP.NET 应用

程序的功能，本节只讨论 ASP.NET 应用程序的本地化问题。ASP.NET 4 和 Visual Studio 2010 有许多支持本地化的特性。本地化和全球化的基本概念与前面讨论的一样，但 ASP.NET 的本地化有一些特殊的问题。

如前所述，在 ASP.NET 中，必须区分用户界面区域性和用于格式化的区域性。这两种区域性都可以在 Web 和页面级上定义，也可以通过编程定义。

要独立于 Web 服务器的操作系统，区域性和用户界面区域性可以用 web.config 配置文件中的 <globalization>元素定义：



```
<configuration>
  <system.web>
    <globalization culture="en-US" uiCulture="en-US" />
  </system.web>
</configuration>
```

代码段 WebApplication/Web.config

如果特定 Web 页面的配置不同，则可以使用 Page 指令指定区域性：

```
<%Page Language="C#" Culture="en-US" UICulture="en-US" %>
```

用户可以用浏览器配置语言。在 Internet Explorer 中，这个设置用 Language Preference 选项定义，如图 22-13 所示。

如果页面的语言应根据客户的语言设置而不同，就可以通过编程把线程的区域性设置从客户接收的语言设置。ASP.NET 的一个自动设置可以完成这个任务。把区域性设置为 Auto，就可以根据客户的设置指定线程的区域性。

```
<%Page Language="C#" Culture="Auto"
UICulture="Auto" %>
```

在使用资源时，ASP.NET 会区分用于整个 Web 站点的资源和只用于一个页面的资源。

如果资源在一个页面中使用，就可以在设计视图中选择 Visual Studio 的菜单 Tools | Generate Local Resource 命令，为页面创建资源。这会创建一个子目录 App\_LocalResources，在这里存储每个页面的资源文件。

这些资源可以用与 Windows 应用程序相同的方式进行本地化。Web 控件和本地资源文件之间的关系用 meta:resourcekey 属性指定，如下面的 ASP.NET 标签控件。LabelResource1 是资源名，该名称可以在本地资源文件中修改。

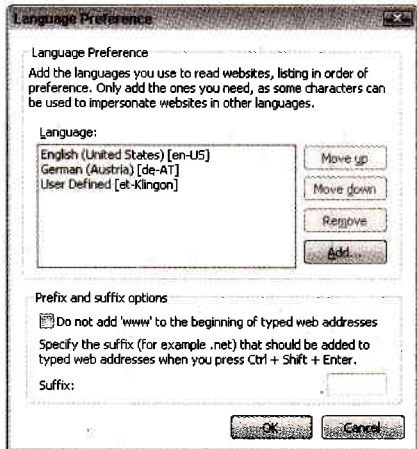


图 22-13



```
<asp:Label ID="Label1" Runat="server" Text="English Text"
  meta:resourcekey="Label1Resource1" > </asp:Label>
```

代码段 WebApplication/MultiLanguage.aspx

对于应该在多个页面之间共享的资源，必须创建一个 ASP.NET 文件夹 Appl\_GlobalResources。

在这个目录中，可以添加资源文件(如 Messages.resx)及其资源。为了把 Web 控件与这些资源关联起来，可以使用属性编辑器中的 Expressions。单击 Expressions 按钮，打开 Expressions 对话框，如图 22-14 所示。在该对话框中，可以选择表达式类型 Resources，设置 ClassKey 的名称(这是资源文件的名称，这里会生成一个强类型化的资源文件)、ResourceKey 的名称(资源的名称)。

在 ASPX 文件中，用绑定表达式语法<%\$关联资源：

```
<asp:Label ID="Label2" Runat="server"
    Text=" <%$ Resources:Messages,
String1 %> ">
</asp:Label>
```

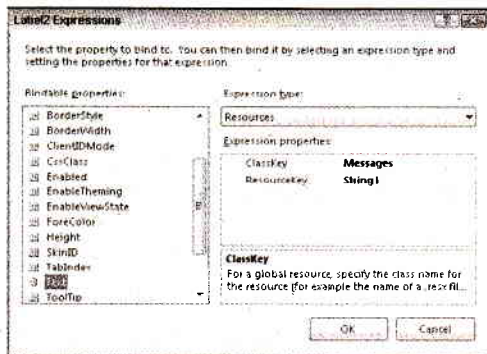


图 22-14

## 22.5 用 WPF 本地化

Visual Studio 2010 仍没有给 WPF 应用程序的本地化提供强大的支持，但不必等到推出下一个版本，就能本地化 WPF 应用程序。WPF 从一开始就内置了本地化支持，本地化应用程序有几个选项可供选择。可以使用与 Windows 窗体和 ASP.NET 应用程序类似的 .NET 资源，也可以使用 XAML(XML for Application Markup Language)资源字典。

下面讨论这些选项。WPF 和 XAML 详见第 35 章和第 36 章。

为了说明如何对 WPF 应用程序使用资源，创建一个简单的 WPF 应用程序，它只包含一个按钮，如图 22-15 所示。

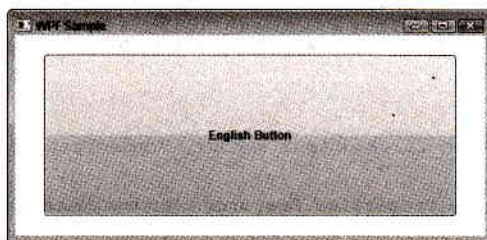


图 22-15

这个应用程序的 XAML 代码如下：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
<Window x:Class="Wrox.ProCSharp.Localization.MainWindow"
    xmlns="http://schemas.microsoft.com/winfx/2006/xaml/presentation"
    xmlns:x="http://schemas.microsoft.com/winfx/2006/xaml"
    Title="WPF Sample" Height="240" Width="500">
    <Grid>
        <Button Name="button1" Margin="30,20,30,20" Click="Button_Click"
            Content="English Button" />
    </Grid>
</Window>
```

代码段 WPFApplicationUsingResources/MainWindow.xaml

在按钮的 Click 事件的处理程序代码中，弹出一个包含示例消息的消息框：

```
private void Button_Click(object sender, RoutedEventArgs e)
{
    MessageBox.Show("English Message");
}
```

### 22.5.1 用于 WPF 的 .NET 资源

可以用处理其他应用程序的方式把 .NET 资源添加到 WPF 应用程序中。在 Resources.resx 文件中定义资源 Button1Text 和 Button1Message。这个资源文件默认使用 Internal 访问修饰符来创建 Resources 类。为了在 XAML 中使用它，需要在托管资源编辑器中把它改为 Public。

要使用生成的资源类，需要修改 XAML 代码。添加一个 XML 名称空间别名，以引用 .NET 名称空间 Wrox.ProCSharp.Localization.Properties，如下所示。这里，把别名设置为 props。在 XAML 元素中，这个类的属性可以用于 x:Static 标记扩展。把 Button 的 Content 属性设置为 Resources 类的 Button1Text 属性。



```
<Window x:Class="Wrox.ProCSharp.Localization.Window1"
        xmlns="http://schemas.microsoft.com/winfx/2006/xaml/presentation"
        xmlns:x="http://schemas.microsoft.com/winfx/2006/xaml"
        xmlns:props="clr-namespace:Wrox.ProCSharp.Localization.Properties"
        Title="WPF Sample" Height="300" Width="300">
    <Grid>
        <Button Name="button1" Margin="30,20,30,20" Click="Button_Click"
                Content="{x:Static props:Resources.Button1Text}"/>
    </Grid>
</Window>
```

代码段 WPFApplicationUsingResources/MainWindow.xaml

要在代码隐藏中使用 .NET 资源，可以直接访问 Button1Message 属性，这与 Windows 窗体应用程序的使用方式相同：

```
private void Button_Click(object sender, RoutedEventArgs e)
{
    MessageBox.Show(Properties.Resources.Button1Message);
}
```

现在资源可以以前面介绍的方式本地化了。

使用 .NET 资源本地化 WPF 应用程序的优点是：

- .NET 资源很容易管理。
- x:Static 绑定由编译器检查。

当然，.NET 资源也有缺点：

- 需要在 XAML 文件中添加 x:Static 绑定，它没有设计器支持。
- 绑定到使用 ResourceManager 生成的资源类。需要执行一些额外的工作，才能支持其他资源管理器，如本章后面讨论的 DatabaseResourceManager。
- 其他 XAML 元素没有类型转换器的支持。

## 22.5.2 XAML 资源字典

除了使用 .NET 资源本地化 WPF 应用程序之外，还可以直接使用 XAML 创建本地化内容。它也有自己的优缺点。本地化过程的步骤如下：

- (1) 从主要内容中创建一个附属程序集。
- (2) 对可以本地化的内容使用资源字典。
- (3) 给应本地化的元素添加 `x:Uid` 属性。
- (4) 从程序集中提取本地化内容。
- (5) 翻译相应内容。
- (6) 为每种语言创建附属程序集。

下面描述这些步骤。

### 1. 创建附属程序集

在编译 WPF 应用程序时，XAML 代码编译为二进制格式 BAML，BAML 存储在一个程序集中。要把 BAML 代码从主程序集移动到一个独立的附属程序集中，可以修改 `.csproj` 构建文件，添加如下的 `<UICulture>` 元素，作为 `<propertyGroup>` 元素的一个子元素。这里的区域性是 `en-US`，它定义了项目的默认区域性。用这个构建设置构建项目，会创建一个子目录 `en-US`，并创建一个附属程序集，其中包含了默认语言的 BAML 代码。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
<UICulture>en-US</UICulture>
```

代码段 WPFApplicationUsingXAMLictionaries/WPFApplicationUsingXAMLictionaries.csproj



修改在 UI 中不可用的项目设置的最简单方法是在 Solution Explorer 窗口中选择该项目，从弹出的上下文菜单中选择 `Unload Project` 命令，以卸载项目，然后从弹出的上下文菜单中选择 `Edit project-file` 命令。修改了项目文件后，就可以再次加载项目。

把 BAML 分离到一个附属程序集中，还应应用 `NeutralResourcesLanguage` 属性，给附属程序集提供资源回退位置。如果决定把 BAML 保存在主程序集中(不给 `.csproj` 文件定义 `<UICulture>`)，`UltimateResourcesFallbackLocation` 属性就应设置为 `MainAssembly`。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
[assembly: NeutralResourcesLanguage("en-US",  
UltimateResourceFallbackLocation.Satellite)]
```

代码段 WPFApplicationUsingXAMLictionaries/AssemblyInfo.cs

### 2. 添加资源字典

对于需要本地化的代码隐藏内容，可以添加一个资源字典。使用 XAML 可以在 `<ResourceDictionary>` 元素中定义资源，如下所示。在 Visual Studio 中，可以添加一个新的资源字典项，并定义文件名，以新建资源字典。在这里的例子中，资源字典包含一个字符串项。要访问 `System`



名称空间中的 String 类型，需要定义一个 XML 名称空间别名。这里把别名 system 设置为程序集mscorlib 中的 clr 名称空间 System。所定义的字符串可以用 message1 键访问。这个资源字典在 LocalizaedStrings.xaml 文件中定义。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
<ResourceDictionary
    xmlns="http://schemas.microsoft.com/winfx/2006/xaml/presentation"
    xmlns:x="http://schemas.microsoft.com/winfx/2006/xaml"
    xmlns:system="clr - namespace:System;assembly=mscorlib">
    <system:String x:Key="Message1"> English Message </system:String>
</ResourceDictionary>
```

代码段 WPFApplicationUsingXAMLDictionaries/LocalizationStrings.xaml

为了使资源字典可用于应用程序，必须把它添加到资源中。如果资源字典只需在一个窗口或一个特定的 WPF 元素中使用，就可以把它添加到该窗口或该 WPF 元素的资源集合中。如果多个窗体需要同一个资源字典，就可以把该资源字典添加到<Application>元素的 App.xaml 文件中，因此它可用于整个应用程序。这里把资源字典添加到主窗口的资源中：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
<Window.Resources>
    <ResourceDictionary>
        <ResourceDictionary.MergedDictionaries>
            <ResourceDictionary Source="LocalizationStrings.xaml" />
        </ResourceDictionary.MergedDictionaries>
    </ResourceDictionary>
</Window.Resources>
```

代码段 WPFApplicationUsingXAMLDictionaries/MainWindow.xaml

要从代码隐藏中使用 XML 资源字典，可以使用 Resources 属性的索引器、FindResource()方法或者 TryFindResource()方法。因为资源是用窗口定义的，所以使用 Windows 类的 Resources 属性的索引器访问该资源。FindResource()方法以层次结构的方式来搜索资源。在这个简单的应用程序中，如果使用 Button 的 FindResource()方法，且通过 Button 资源没有找到它，就可以在 Grid 中搜索资源。如果还没有找到资源，就查找 Window 资源，然后查找 Application 资源。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
private void Button_Click(object sender, RoutedEventArgs e)
{
    MessageBox.Show(this.Resources["Message1"] as string);
    MessageBox.Show(this.FindResource("Message1") as string);
}
```

代码段 WPFApplicationUsingXAMLDictionaries/MainWindow.xaml.cs

### 3. 用于本地化的 Uid 特性

对于自定义资源字典文件，可以引用应从代码中本地化的文本。为了本地化 XAML 代码和 WPF 元素，x:Uid 特性用作需要本地化的元素的唯一标识符。不必把这个特性手动应用于 XAML 内容，而可以使用 msbuild 命令和如下选项：

```
msbuild /t:updateuid
```

在项目文件所在的目录下调用这条命令时,项目的 XAML 文件会修改,以给每个元素添加一个 `x:Uid` 属性和一个唯一标识符。如果控件已经有 `Name` 或应用了 `x>Name` 特性, `x:Uid` 就有相同的值;否则就生成一个新值。前面的相同 XAML 现在就应用了新特性:

```
<Window x:Uid="Window_1"
        x:Class="WPFApplicationUsingXAMLdictionaries.MainWindow"
        xmlns="http://schemas.microsoft.com/winfx/2006/xaml/presentation"
        xmlns:x="http://schemas.microsoft.com/winfx/2006/xaml"
        Title="Main Window" Height="240" Width="500">
  <Window.Resources>
    <ResourceDictionary x:Uid="ResourceDictionary_1">
      <ResourceDictionary.MergedDictionaries>
        <ResourceDictionary x:Uid="ResourceDictionary_2"
                            Source="LocalizationStrings.xaml" />
      </ResourceDictionary.MergedDictionaries>
    </ResourceDictionary>
  </Window.Resources>
  <Grid x:Uid="Grid_1">
    <Button x:Uid="button1" Name="button1" Margin="30,20,30,20" Click="Button_Click"
            Content="English Button" />
  </Grid>
</Window>
```

如果在添加了 `x:Uid` 特性后修改 XAML 文件,就可以用选项 `/t:checkuid` 验证 `x:Uid` 特性的正确性。

现在可以编译项目,以创建包含 `x:Uid` 特性的 BAML 代码,并使用一个工具来提取这个信息。

#### 4. 用于本地化的 LocBaml 工具

编译项目,会创建一个包含 BAML 代码的附属程序集。在这个附属程序集中,可以用 `System.Windows.Markup.Localizer` 名称空间中的类提取需要本地化的内容。在 Windows SDK 中包含示例程序 `LocBaml`。这个程序可以用于从 BAML 中提取本地化内容。我们需要把这个可执行的、包含默认内容的附属程序集和 `LocBaml.exe` 复制到一个目录下,并启动示例程序,用本地化内容生成一个.csv 文件。

```
LocBaml /parse WPFApplicationUsingXAMLdictionaries.resources.dll /out: trans.csv
```



要给通过 .NET 4 构建的 WPF 应用程序使用 `LocBaml`,还必须用 .NET 4 或较新的版本构建这个工具。如果 `LocBaml` 工具是用 .NET 2.0 构建的旧版本,它就不能加载 .NET 4 程序集。因为 Windows SDK 包含这个工具的源代码,所以可以使用 .NET 的最新版重建它。

可以使用 Microsoft Excel 打开.csv 文件,并翻译其内容。从.csv 文件中提取的内容包含了按钮的内容和资源字典中的消息,如下所示:

```
WPFandXAMLResources.g.en-US.resources:localizationstrings.baml,
```

```
system:String_1:System.String.$Content,None,True,True,,English Message
WPFandXAMLResources.g.en-US.resources>window1.baml,
button1:System.Windows.Controls.ContentControl.Content,Button,True,True,,
English Button
```

这个文件包含如下字段:

- BAML 的名称
- 资源的标识符
- 提供内容类型的资源类别
- 资源对于翻译是否可见(可读)的布尔值
- 资源对于翻译是否可修改的布尔值
- 本地化注释
- 资源的值

本地化资源后,就可以为新语言创建一个新目录(如用于德语的 de 目录)。目录结构与本章前面的附属程序集相同。使用 LocBaml 工具,可以用翻译过来的内容创建附属程序集:

```
LocBaml /generate WPFandXAMLResources.resources.dll /trans:trans_de.csv
/out: ./de /cul:de-DE
```

现在,这里应用了用来设置线程区域性和查找附属程序集相同规则,这以前通过 Windows 窗体应用程序来说明。

如前所述,使用 XAML 字典进行本地化有许多工作要做。这是一个缺点。幸好不必每天都进行本地化。那么其优点是什么?

- 可以把 XAML 文件中的本地化过程延迟到应用程序完成之后。不需要特别的标记或资源映射语法。本地化过程可以与开发过程分开。
- 使用 XAML 资源字典在运行时的效率很高。
- 本地化很容易使用 CSV 编辑器完成。

缺点是:

- 在 SDK 的示例中不支持 LocBaml 工具。
- 本地化是一次性过程,很难修改本地化的结果。

## 22.6 自定义资源读取器

资源读取器是 .NET Framework 4 的一部分,利用资源读取器,可以从资源文件和附属程序集中读取资源。如果要把资源放在另一个存储器(如数据库)中,就可以创建一个自定义资源读取器来读取这些资源。

要使用自定义资源读取器,还必须创建自定义资源集和自定义资源管理器。但是,这些都不难,因为可以从已有的类中派生自定义类。

对于该示例应用程序,需要创建一个简单的数据库,其中只有一个表,用于存储消息,该表对于每种支持的语言有一列。表 22-6 列出了这些列和它们相应的值。

```

system:String_1:System.String.$Content,None,True,True,,English Message
WPFandXAMLResources.g.en-US.resources>window1.baml,
button1:System.Windows.Controls.ContentControl.Content,Button,True,True,,
English Button

```

这个文件包含如下字段:

- BAML 的名称
- 资源的标识符
- 提供内容类型的资源类别
- 资源对于翻译是否可见(可读)的布尔值
- 资源对于翻译是否可修改的布尔值
- 本地化注释
- 资源的值

本地化资源后,就可以为新语言创建一个新目录(如用于德语的 `de` 目录)。目录结构与本章前面的附属程序集相同。使用 `LocBaml` 工具,可以用翻译过来的内容创建附属程序集:

```

LocBaml /generate WPFandXAMLResources.resources.dll /trans:trans_de.csv
/out: ./de /cul:de-DE

```

现在,这里应用了用来设置线程区域性和查找附属程序集的不同规则,这以前通过 `Windows` 窗体应用程序来说明。

如前所述,使用 `XAML` 字典进行本地化有许多工作要做。这是一个缺点。幸好不必每天都进行本地化。那么其优点是什么?

- 可以把 `XAML` 文件中的本地化过程延迟到应用程序完成之后。不需要特别的标记或资源映射语法。本地化过程可以与开发过程分开。
- 使用 `XAML` 资源字典在运行时的效率很高。
- 本地化很容易使用 `CSV` 编辑器完成。

缺点是:

- 在 `SDK` 的示例中不支持 `LocBaml` 工具。
- 本地化是一次性过程,很难修改本地化的结果。

## 22.6 自定义资源读取器

资源读取器是 `.NET Framework 4` 的一部分,利用资源读取器,可以从资源文件和附属程序集中读取资源。如果要把资源放在另一个存储器(如数据库)中,就可以创建一个自定义资源读取器来读取这些资源。

要使用自定义资源读取器,还必须创建自定义资源集和自定义资源管理器。但是,这些都不难,因为可以从已有的类中派生自定义类。

对于该示例应用程序,需要创建一个简单的数据库,其中只有一个表,用于存储消息,该表对于每种支持的语言有一列。表 22-6 列出了这些列和它们相应的值。

表 22-6

键	默 认	DE	ES	FR	IT
Welcome	Welcome	Willkommen	Recepcion	Bienvenue	Benvenuto
Good Morning	Good Morning	Guten Morgen	Buonas diaz	Bonjour	Buona mattina
Good Evening	Good Evening	Guten Abend	Buonas noches	Bonsoir	Buona sera
Thank you	Thank you	Danke	Gracias	Merci	Grazie
Goodbye	Goodbye	Auf Wiedersehen	Adiós	Au revoir	Arrivederci

对于自定义资源读取器，用 3 个类创建一个组件库，这些类分别是 DatabaseResourceReader、DatabaseResourceSet 和 DatabaseResourceManager。

### 22.6.1 创建 DatabaseResourceReader 类

DatabaseResourceReader 类定义了两个字段，即访问数据库所需要的连接字符串和读取器应返回的语言。这些字段在这个类的构造函数中填充。language 字段设置为区域性名，这个区域性名将与 CultureInfo 对象一起传递给构造函数。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
public class DatabaseResourceReader: IResourceReader
{
    private string connectionString;
    private string language;

    public DatabaseResourceReader(string connectionString,
        CultureInfo culture)
    {
        this.connectionString = connectionString;
        this.language = culture.Name;
    }
}
```

代码段 DatabaseResourceReader/DatabaseResourceReader.cs

资源读取器必须实现 IResourceReader 接口，这个接口定义了 Close()和 GetEnumerator()方法，GetEnumerator()方法返回一个 IDictionaryEnumerator，它为资源返回键和值。在 GetEnumerator()方法的实现代码中，将创建一个散列表，其中存储了特定语言的所有键和值。接着，使用 System.Data.SqlClient 名称空间中的 SqlConnection 类在 SQL Server 中访问数据库。Connection.CreateCommand()方法创建一个 SqlCommand()对象，该对象用于指定 SQL 的 SELECT 语句，以访问数据库中的数据。如果把语言设置为 de，Select 语句就是 SELECT [key], [de] FROM Messages。接着，使用 SqlDataReader 对象从数据库中读取所有的值，并把它们放在一个散列表中。最后，返回散列表的枚举器。



有关 ADO.NET 数据访问的更多信息请参阅第 30 章。

```
public System.Collections.IDictionaryEnumerator GetEnumerator()
```

```

    Dictionary<string, string> dict = new Dictionary<string, string>();

    SqlConnection connection = new SqlConnection(connectionString);
    SqlCommand command = connection.CreateCommand();
    if (String.IsNullOrEmpty(language))
        language = "Default";

    command.CommandText = "SELECT [key], [" + language + "] " +
        "FROM Messages";

    try
    {
        connection.Open();

        SqlDataReader reader = command.ExecuteReader();
        while (reader.Read())
        {
            if (reader.GetValue(1) != System.DBNull.Value)
            {
                dict.Add(reader.GetString(0).Trim(), reader.GetString(1));
            }
        }

        reader.Close();
    }
    catch (SqlException ex)
    {
        if (ex.Number != 207) // ignore missing columns in the database
            throw;          // rethrow all other exceptions
    }
    finally
    {
        connection.Close();
    }
    return dict.GetEnumerator();
}

public void Close()
{
}

```

因为 `IResourceReader` 接口派生自 `IEnumerable` 和 `IDisposable` 接口, 所以必须实现 `GetEnumerator()` 方法, 该方法返回 `IEnumerator` 接口, 同时也必须实现和 `Dispose()` 方法。

```

IEnumerator IEnumerable.GetEnumerator()
{
    return this.GetEnumerator();
}

void IDisposable.Dispose()
{
}

```

```

        if (resourceSets.ContainsKey(culture.Name))
        {
            rs = resourceSets[culture.Name];
        }
        else
        {
            rs = new DatabaseResourceSet(connectionString, culture);
            resourceSets.Add(culture.Name, rs);
        }
        return rs;
    }
}

```

### 22.6.4 DatabaseResourceReader 的客户端应用程序

在客户端应用程序中使用 `ResourceManager` 类的方式与该类在前面的使用方式没有太大的区别。唯一的区别是要使用自定义类 `DatabaseResourceManager` 代替 `ResourceManager` 类。下面的代码段说明了如何使用自己的资源管理器。

通过把数据库连接字符串传递给构造函数，可以新建一个 `DatabaseResourceManager` 对象。接着，像以前一样，调用在基类中实现的 `GetString()` 方法，给它传递键和一个 `CultureInfo` 类型的可选对象，以指定某种区域性。然后，从数据库中获取一个资源值，因为这个资源管理器正在使用 `DatabaseResourceSet` 和 `DatabaseResourceReader` 类。



```

var rm = new DatabaseResourceManager(
    @"server=(local)\sqlexpress;database=LocalizationDemo;" +
    "trusted_connection=true");
string spanishWelcome = rm.GetString("Welcome", new CultureInfo("es-ES"));
string italianThankyou = rm.GetString("ThankYou", new CultureInfo("it"));
string threadDefaultGoodMorning = rm.GetString("GoodMorning");

```

代码段 DatabaseResourceReaderClient/Program.cs

## 22.7 创建自定义区域性

随着时间的推移，.NET Framework 支持的语言越来越多。但并不是所有语言都可用于 .NET。可以创建自定义区域性。例如，为了给一个区域的少数民族创建自定义区域性，或者给不同的方言创建子区域性，创建自定义区域就很有用。

自定义区域性和区域可以用 `System.Globalization` 名称空间中的 `CultureAndRegionInfoBuilder` 类创建。这个类在 `sysglobl` 程序集中。



因为 `sysglobl` 程序集不在 .NET Framework 4 Client Profile 中，所以必须使用项目设置给 .NET Framework 4 设置 Target Framework，以引用该程序集。

在 `CultureAndRegionInfoBuilder` 类的构造函数中，可以传递区域性名。该构造函数的第二个参数需要 `CultureAndRegionModifiers` 类型的一个枚举。这个枚举有 3 个值：`Neutral` 表示中立区域性，

如果应替换已有的 Framework 区域性, 就使用 Replacement, 第 3 个值是 None。

在实例化 CultureAndRegionInfoBuilder 对象后, 就可以设置属性, 来配置区域性。使用这个类的一些属性, 可以定义所有的区域性信息和区域信息, 如名称、日历、数字格式、米制信息等。如果区域性应基于已有的区域性和区域, 就可以使用 LoadDataFromCultureInfo() 和 LoadDataFromRegionInfo() 方法设置实例的属性, 之后通过设置属性来修改不同的值。

调用 Register() 方法, 给操作系统注册新区域性。描述区域性的区域位于 <windows>\Globalization 目录中, 其扩展名是 .nlp。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
using System;
using System.Globalization;

namespace CustomCultures
{
    class Program
    {
        static void Main()
        {
            try
            {
                // Create a Styria culture
                var styria = new CultureAndRegionInfoBuilder("de-AT-ST",
                    CultureAndRegionModifiers.None);
                var cultureParent = new CultureInfo("de-AT");
                styria.LoadDataFromCultureInfo(cultureParent);
                styria.LoadDataFromRegionInfo(new RegionInfo("AT"));
                styria.Parent = cultureParent;
                styria.RegionNativeName = "Steiermark";
                styria.RegionEnglishName = "Styria";
                styria.CultureEnglishName = "Styria (Austria)";
                styria.CultureNativeName = "Steirisch";

                styria.Register();
            }
            catch (UnauthorizedAccessException ex)
            {
                Console.WriteLine(ex.Message);
            }
        }
    }
}
```

代码段 CustomCultures/Program.cs

因为在系统上注册自定义语言需要管理员权限, 所以需要使用应用程序清单文件, 来指定需要的执行权限。在项目属性中, 清单文件必须在 Application 设置中指定:



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<asmv1:assembly manifestVersion="1.0" xmlns="urn:schemas-microsoft-com:asm.v1"
xmlns:asmv1="urn:schemas-microsoft-com:asm.v1" xmlns:asmv2="urn:schemas-microsoft-com:
asm.v2" xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance">
  <assemblyIdentity version="1.0.0.0" name="MyApplication.app"/>
  <trustInfo xmlns="urn:schemas-microsoft-com:asm.v2">
    <security>
```



```
<requestedPrivileges xmlns="urn:schemas-microsoft-com:asm.v3">
  <requestedExecutionLevel level="requireAdministrator" uiAccess="false" />
</requestedPrivileges>
</security>
</trustInfo>
</asmv1:assembly>
```

---

代码段 CustomCultures/app.manifest

---

现在新建的区域性就可以像其他区域性那样使用了：

```
var ci = new CultureInfo("de-AT-ST");
Thread.CurrentThread.CurrentCulture = ci;
Thread.CurrentThread.CurrentUICulture = ci;
```

区域性可以用于格式化和资源。如果再次启动本章前面编写的 *Cultures In Action* 应用程序，就可以看到自定义区域性。

## 22.8 小结

本章讨论了 .NET 应用程序的全球化和本地化。

在应用程序的全球化环境下，我们讨论了 *System.Globalization* 名称空间，用于格式化依赖于区域性的数字和日期。而且说明了在默认情况下，字符串的排序取决于区域性。我们使用不变的区域性进行独立于区域性的排序。并学习了如何使用 *CultureAndRegionInfoBuilder* 类可以创建自定义文件。

应用程序的本地化使用资源来实现。资源可以放在文件、附属程序集或自定义存储器(如数据库)中。本地化所使用的类在 *System.Resources* 名称空间中。要从其他地方读取资源，如附属程序集或资源文件，可以创建自定义资源读取器。

我们还学习了如何本地化 Windows 窗体应用程序、WPF 应用程序和 ASP.NET 应用程序。除此之外，还了解了不同语言的一些重要词汇。

下一章介绍另一个完全不同的主题——事务。事务处理不仅仅可用于数据库，除了介绍数据库事务之外，下一章还会讨论基于内存的事务资源和事务文件系统。

# 第 23 章

## System.Transactions

本章内容:

- 事务处理阶段和 ACID 属性
- 传统的事务
- 可提交的事务
- 事务的升级
- 依赖的事务
- 环境事务
- 事务的孤立级别
- 自定义资源管理器
- Windows 7 和 Windows Server 2008 的事务

事务的主要特征是，任务要么全部完成，要么都不完成。在写入一些记录时，要么写入所有记录，要么什么都不写入。如果在写入一个记录时即使出现了一次失败，那么在事务中已写入的所有其他数据也会回滚。

事务常用于数据库，但利用 `System.Transactions` 名称空间中的类，还可以对不稳定的、基于内存的对象执行事务处理，如对象列表。对于支持事务的对象列表，如果添加或删除了一个对象时事务处理失败，这个列表的操作会自动撤销。写入一个基于内存的列表与写入数据库一样，也可以在事务中完成。

自从 Windows Vista 之后，文件系统和注册表也支持事务。在注册表中写入一个文件，并做出一些修改的操作可以通过事务来完成。

### 23.1 概述

什么是事务？考虑一下在 Web 站点上订购图书。图书订购进程会把客户要购买的图书从仓库中取出，并把它放在客户的订购框中，再从客户的信用卡收取购买图书的费用。这两个动作要么都成功完成，要么都不完成。如果从仓库中取出图书时出现错误，就不应从信用卡中收取费用。这个工作可以用事务来完成。

事务最常见的用途是写入或更新数据库中的数据。在消息队列中写入消息，或将数据写入文件或注册表时，也可以使用事务完成。一个事务可以包含多个操作。


 System.Messaging 名称空间参见第 46 章。

图 23-1 显示了事务中的主要元素。事务由事务管理器来管理和协调。每个影响事务的结果的资源都由一个资源管理器来管理。事务管理器与资源管理器通信，以定义事务的结果。

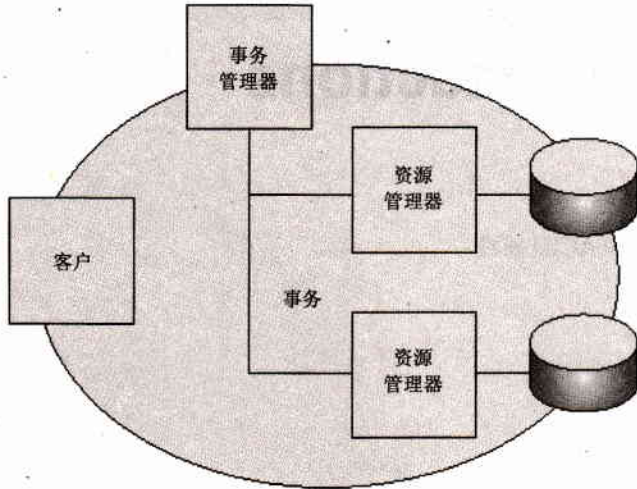


图 23-1

### 23.1.1 事务处理阶段

事务处理分为激活、准备和提交 3 个阶段。

- **激活阶段：**在这个阶段创建事务。为资源管理事务处理的资源管理器可以用事务进行登记。
- **准备阶段：**在这个阶段，每个资源管理器都可以定义事务的结果。事务的创建者发出结束事务的指令时，就启动这个阶段。事务管理器给所有的资源管理器发出一条“准备”消息。如果资源管理器可以成功生成事务的结果，就向事务管理器发出一条“已准备好”消息。如果资源管理器未能准备好，就可以终止事务处理，发出一条“回滚”消息，强制事务管理器执行回滚操作。在发出“已准备好”消息后，资源管理器必须保证在提交阶段能成功完成工作。为此，稳定的资源管理器必须将准备状态的信息写入一个日志中，这样，如果在准备和提交过程中出现停电等故障时，就可以从该状态继续执行。
- **提交阶段：**当所有的资源管理器都成功准备好了，就开始这个阶段。即所有资源管理器都发出了“已准备好”消息。接着，事务管理器就可以给所有的参与者发送一条“提交”消息，以完成工作。资源管理器现在可以完成事务中的工作，并返回一条“已提交”消息。

### 23.1.2 ACID 属性

事务有一些特殊的要求，例如，事务的结果必须处于有效的状态。即使服务器断电了，也需要有有效状态。事务的特征可以用术语 ACID 来定义，ACID 是 Atomicity、Consistency、Isolation 和 Durability 的首字母缩写。

- **Atomicity(原子性)**: 表示一个工作单元。在事务中, 要么整个工作单元都成功完成, 要么都不完成。
- **Consistency(一致性)**: 事务开始前的状态和事务完成后的状态必须有效。在执行事务的过程中, 状态可以有临时值。
- **Isolation(隔离性)**: 表示并发进行的事务独立于状态, 而状态在事务处理过程中可能发生变化。在事务未完成时, 事务 A 看不到事务 B 中的临时状态。
- **Durability(持久性)**: 在事务完成后, 它必须以可持久的方式存储起来。如果关闭电源或服务器崩溃, 该状态在重新启动时必须恢复。

并不是每个事务都需要这 4 个属性。例如, 基于内存的事务(如将一项写入列表中)就不需要持久性。事务也不总是需要与外界隔离, 如后面的事务隔离级别所述。

## 23.2 数据库和实体类

本章的事务使用样本数据库 `CourseManagement`, 它由图 23-2 所示的结构定义。`Courses` 表包含课程信息: 课程编号和名称; `CourseDates` 表包含指定课程的日期, 它链接到表 `Courses` 上。`Students` 表包含选修某门课程的人。`CourseAttendees` 表是 `Students` 表和 `CourseDates` 表之间的链接, 它定义了哪些学生选修了什么课程。

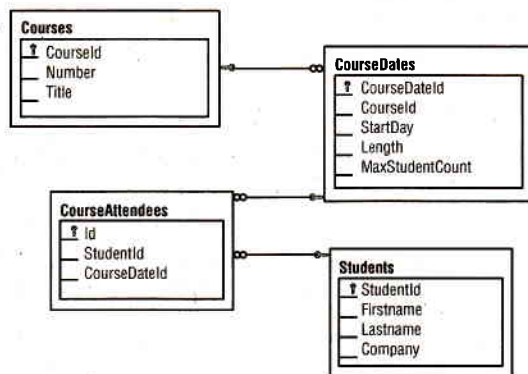


图 23-2



可以从 Wrox 网站或本书附赠光盘上找到本章的数据库和源代码。

在本章的示例应用程序中, 使用了一个包含实体类和数据访问类的库。这个 `Student` 类包含的属性定义了一个学生, 如 `Firstname`、`Lastname` 和 `Company`:



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
using System;

namespace Wrox.ProCSharp.Transactions
{
    [Serializable]
    public class Student
    {
        public string FirstName { get; set; }
    }
}
```

```

public string LastName { get; set; }
public string Company { get; set; }
public int Id { get; set; }

public override string ToString()
{
    return String.Format("{0} {1}", FirstName, LastName);
}
}
}

```

代码段 DataLib/Student.cs

将学生信息添加到数据库中是在 `StudentData` 类的 `AddStudent()` 方法中完成的。这里创建一个 ADO.NET 连接，来连接 SQL Server 数据库，用 `SqlCommand` 对象定义 SQL 语句，并调用 `ExecuteNonQuery()` 方法来执行该命令：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

using System;
using System.Collections.Generic;
using System.Data;
using System.Data.SqlClient;
using System.Transactions;

namespace Wrox.ProCSharp.Transactions
{
    public class StudentData
    {
        public void AddStudent(Student student)
        {
            var connection = new SqlConnection(
                Properties.Settings.Default.CourseManagementConnectionString);
            connection.Open();
            try
            {
                SqlCommand command = connection.CreateCommand();

                command.CommandText = "INSERT INTO Students " +
                    "(FirstName, LastName, Company) VALUES " +
                    "(@FirstName, @LastName, @Company)";
                command.Parameters.AddWithValue("@FirstName", student.FirstName);
                command.Parameters.AddWithValue("@LastName", student.LastName);
                command.Parameters.AddWithValue("@Company", student.Company);

                command.ExecuteNonQuery();
            }
            finally
            {
                connection.Close();
            }
        }
    }
}

```

代码段 DataLib/StudentData.cs



ADO.NET 详见第 30 章。

## 23.3 传统的事务

在发布 System.Transaction 名称空间之前, 可以直接用 ADO.NET 创建事务, 也可以通过组件、特性和 COM+ 运行库(位于 System.EnterpriseServices 名称空间中)进行事务处理。所以, 本章将比较新的事务模型与传统的事务处理方式, 简要论述如何处理 ADO.NET 事务和如何用 Enterprise Services 进行事务处理。

### 23.3.1 ADO.NET 事务

首先看看传统的 ADO.NET 事务。如果没有手动创建事务, 每条 SQL 语句就都有一个事务。如果多条语句应参与到同一个事务处理中, 就必须手动创建一个事务。

下面的代码段说明了如何使用 ADO.NET 事务。SqlConnection 类定义了 BeginTransaction() 方法, 它返回一个 SqlTransaction 类型的对象。这个事务对象必须与要参与事务处理的每条命令关联起来。要把命令关联到事务处理上, 可将 SqlCommand 类的 Transaction 属性设置为 SqlTransaction 实例。为了使事务成功完成, 必须调用 SqlTransaction 对象的 Commit() 方法。如果有错误, 就必须调用 Rollback() 方法, 并撤销每个修改。使用 try/catch 有助于检查错误, 并在 catch 块中执行回滚。

```
using System;
using System.Data.SqlClient;
using System.Diagnostics;

namespace Wrox.ProCSharp.Transactions
{
    public class CourseData
    {
        public void AddCourse(Course course)
        {
            var connection = new SqlConnection(
                Properties.Settings.Default.CourseManagementConnectionString);
            SqlCommand courseCommand = connection.CreateCommand();
            courseCommand.CommandText =
                "INSERT INTO Courses (Number, Title) VALUES (@Number, @Title)";
            connection.Open();
            SqlTransaction tx = connection.BeginTransaction();

            try
            {
                courseCommand.Transaction = tx;

                courseCommand.Parameters.AddWithValue("@Number", course.Number);
                courseCommand.Parameters.AddWithValue("@Title", course.Title);
                courseCommand.ExecuteNonQuery();

                tx.Commit();
            }
            catch (Exception ex)
            {
                Trace.WriteLine("Error: " + ex.Message);
                tx.Rollback();
            }
            finally
            {
                connection.Close();
            }
        }
    }
}
```

如果有多条命令要运行在一个事务中，每条命令都必须与该事务关联起来。因为事务还与一个连接关联起来，所以这些命令也必须关联到同一个连接实例上。ADO.NET 事务不支持跨多个连接的事务；它总是关联到一个连接上的本地事务上。

如果使用多个对象创建了一个对象持久性模型，例如，Course 和 CourseDate 类应在一个事务处理中持续使用，就很难使用 ADO.NET 事务来实现。这要把事务传递给参与同一个事务的所有对象。



ADO.NET 事务不是分布式事务。在 ADO.NET 事务中，很难使多个对象参与同一个事务。

### 23.3.2 System.EnterpriseServices

利用 Enterprise Services，可以免费获得许多服务，其中之一是自动事务处理。通过 System.EnterpriseServices 使用事务的优点是，不需要显式地进行事务处理，运行库会自动创建事务，只需给有事务处理要求的类添加[Transaction]特性即可。[AutoComplete]特性把方法标记为自动设置事务的状态位：如果该方法成功，就设置成功位，因此可以提交事务。如果发生异常，就终止事务。

```
using System;
using System.Data.SqlClient;
using System.EnterpriseServices;
using System.Diagnostics;

namespace Wrox.ProCSharp.Transactions
{
    [Transaction(TransactionOption.Required)]
    public class CourseData: ServicedComponent
    {
        [AutoComplete]
        public void AddCourse(Course course)
        {
            var connection = new SqlConnection(
                Properties.Settings.Default.CourseManagementConnectionString);
            SqlCommand courseCommand = connection.CreateCommand();
            courseCommand.CommandText =
                "INSERT INTO Courses (Number, Title) VALUES (@Number, @Title)";
            connection.Open();
            try
            {
                courseCommand.Parameters.AddWithValue("@Number", course.Number);
                courseCommand.Parameters.AddWithValue("@Title", course.Title);
                courseCommand.ExecuteNonQuery();
            }
            finally
            {
                connection.Close();
            }
        }
    }
}
```

用 `System.EnterpriseServices` 创建事务的一大优点是，多个对象能轻松地运行在同一个事务中，事务还可以自动登记。缺点是它需要 COM+ 主机模型，使用这个技术的类必须派生自基类 `ServiceComponent`。



关于 Enterprise Services 和 COM+ 事务服务的内容见第 51 章，可从 Wrox 网站上下载或直接在随书附赠光盘中找到第 51 章。

## 23.4 System.Transactions

自 .NET 2.0 以来增加了 `System.Transactions` 名称空间，为 .NET 应用程序带来了一个新的事务编程模型。

这个名称空间提供了几个依赖的 `TransactionXXX` 类。`Transaction` 是所有事务处理类的基类，并定义了所有事务类都可以使用的属性、方法和事件。`CommittableTransaction` 是唯一一个支持提交的事务类。这个类有一个 `Commit()` 方法，所有其他事务类都只能执行回滚。`DependentTransaction` 类用于依赖于其他事务的事务。依赖的事务可以依赖从可提交的事务中创建的事务。不管事务处理是否成功，都把依赖的事务添加到可提交的事务的结果中。`SubordinateTransaction` 类和分布式事务协调器(DTC)一起使用。这个类表示非根事务，但可以由 DTC 管理。

表 23-1 列出了 `Transaction` 类的属性和方法。

表 23-1

Transaction 类的成员	说 明
<code>Current</code>	<code>Current</code> 属性是一个静态属性，不需要有实例。 <code>Transaction.Current</code> 返回一个环境事务处理(如果存在)。环境事务处理在后面讨论
<code>IsolationLevel</code>	<code>IsolationLevel</code> 属性返回一个 <code>IsolationLevel</code> 类型的对象。 <code>IsolationLevel</code> 是一个枚举，它定义了其他事务必须有什么访问权限才能访问事务的临时结果。它会影响到 ACID 中的“/”；并不是所有的事务处理都是隔离的
<code>TransactionInformation</code>	<code>TransactionInformation</code> 属性返回一个 <code>TransactionInformation</code> 对象。该对象提供了事务的当前状态信息、事务的创建时间和事务标识符
<code>EnlistVolatile()</code> <code>EnlistDurable()</code> <code>EnlistPromotableSinglePhase()</code>	使用登记方法 <code>EnlistVolatile()</code> 、 <code>EnlistDurable()</code> 和 <code>EnlistPromotableSinglePhase()</code> ，可以登记参与事务处理的自定义资源管理器
<code>Rollback()</code>	使用 <code>Rollback()</code> 方法，可以终止一个事务，撤销所有的改变，把所有的结果设置为事务处理之前的状态
<code>DependentClone()</code>	使用 <code>DependentClone()</code> 方法，可以创建一个依赖于当前事务的事务
<code>TransactionCompleted</code>	<code>TransactionCompleted</code> 是一个事件，在事务完成时触发——事务可能成功，也可能失败。在 <code>TransactionCompletedEvent Handler</code> 类型的事件处理程序中，可以访问 <code>Transaction</code> 对象，并读取其状态



为了说明 `System.Transaction` 名称空间的特性，下面在一个独立程序集中的 `Utilities` 类提供了一些静态方法。`AbortTx()`方法根据用户的输入返回 `true` 或 `false`。`DisplayTransactionInformation()`方法将一个 `TransactionInformation` 对象作为参数，显示事务中的所有信息：创建时间、状态、本地和分布式标识符。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
public static class Utilities
{
    public static bool AbortTx()
    {
        Console.WriteLine("Abort the Transaction (y/n)?");
        return Console.ReadLine() == "y";
    }

    public static void DisplayTransactionInformation(string title,
        TransactionInformation ti)
    {
        if (ti != null)
        {
            Console.WriteLine(title);

            Console.WriteLine("Creation Time: {0:T}", ti.CreationTime);
            Console.WriteLine("Status: {0}", ti.Status);
            Console.WriteLine("Local ID: {0}", ti.LocalIdentifier);
            Console.WriteLine("Distributed ID: {0}", ti.DistributedIdentifier);
            Console.WriteLine();
        }
    }
}
```

代码段 Utilities/Utilities.cs

### 23.4.1 可提交的事务

`Transaction` 类不能以编程方式提交，它没有提交事务的方法。基类 `Transaction` 只支持事务处理的终止。唯一支持提交的事务类是 `CommittableTransaction` 类。

在 ADO.NET 中，事务可以用连接方式登记。为此，在 `StudentData` 类中添加 `AddStudent()`方法，该方法将一个 `System.Transactions.Transaction` 对象作为第二个参数。调用 `SqlConnection` 类的 `EnlistTransaction()`方法，以使用连接登记 `tx` 对象。这样，ADO.NET 连接就关联到事务上。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
public void AddStudent(Student student, Transaction tx)
{
    var connection = new SqlConnection(
        Properties.Settings.Default.CourseManagementConnectionString);
    connection.Open();
    try
    {
        if (tx != null)
            connection.EnlistTransaction(tx);
        SqlCommand command = connection.CreateCommand();

        command.CommandText = "INSERT INTO Students (FirstName, " +
            "LastName, Company)" +
            "VALUES (@FirstName, @LastName, @Company)";
    }
}
```

```

        command.Parameters.AddWithValue("@FirstName", student.FirstName);
        command.Parameters.AddWithValue("@LastName", student.LastName);
        command.Parameters.AddWithValue("@Company", student.Company);

        command.ExecuteNonQuery();
    }
    finally
    {
        connection.Close();
    }
}
}

```

代码段 DataLib/StudentData.cs

在控制台应用程序 `CommittableSamples` 的 `CommittableTransaction()` 方法中，先创建一个 `CommittableTransaction` 类型的事务。之后，将信息显示在控制台上。接着，创建一个 `Student` 对象，把这个对象从 `AddStudent()` 方法写入数据库中。如果在事务的外部验证数据库中的记录，就看不到刚才添加的学生，除非事务已完成。如果事务失败，就执行回滚，不把学生写入数据库中。

在调用 `AddStudent()` 方法之后，就调用帮助方法 `Utilities.AbortTx()`，确定事务处理是否要终止。如果用户要终止，就抛出一个 `ApplicationException` 类型的异常，在 `catch` 块中，调用 `Transaction` 类的 `Rollback()` 方法，回滚事务处理。不把记录写入数据库中。如果用户不终止，`Commit()` 方法就提交事务，并提交事务的最终状态。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

static void CommittableTransaction()
{
    var tx = new CommittableTransaction();
    Utilities.DisplayTransactionInformation("TX created",
        tx.TransactionInformation);

    try
    {
        var s1 = new Student
        {
            FirstName = "Jörg",
            LastName = "Neumann",
            Company = "thinkecture"
        };
        var db = new StudentData();
        db.AddStudent(s1, tx);

        if (Utilities.AbortTx())
        {
            throw new ApplicationException("transaction abort");
        }

        tx.Commit();
    }
    catch (Exception ex)
    {
        Console.WriteLine(ex.Message);
        Console.WriteLine();
        tx.Rollback();
    }

    Utilities.DisplayTransactionInformation("TX completed",

```

```
tx.TransactionInformation);
```

代码段 TransactionSamples/Program.cs

这里，在应用程序的输出中，事务是激活的，且有一个本地标识符。以下应用程序的输出结果显示了用户选择终止事务。在完成事务后，会看到终止状态。

```
TX created
Creation Time: 7:30:49 PM
Status: Active
Local ID: bdcflcdc-a67e-4ccc-9a5c-cbdfe0fe9177:1
Distributed ID: 00000000-0000-0000-0000-000000000000

Abort the Transaction (y/n)? y
Transaction abort

TX completed
Creation Time: 7:30:49 PM
Status: Aborted
Local ID: bdcflcdc-a67e-4ccc-9a5c-cbdfe0fe9177:1
Distributed ID: 00000000-0000-0000-0000-000000000000
```

从应用程序第 2 次的输出结果可以看出，用户没有终止事务。事务的状态是已提交，数据写入数据库中。

```
TX Created
Creation Time: 7:33:04 PM
Status: Active
Local ID: 708bda71-fa24-46a9-86b4-18b83120f6af:1
Distributed ID: 00000000-0000-0000-0000-000000000000

Abort the Transaction (y/n)? n

TX completed
Creation Time: 7:33:04 PM
Status: Committed
Local ID: 708bda71-fa24-46a9-86b4-18b83120f6af:1
Distributed ID: 00000000-0000-0000-0000-000000000000
```

### 23.4.2 事务处理的升级

System.Transactions 支持可升级的事务处理。根据参与事务处理的资源，或者创建本地事务或者创建分布式事务。SQL Server 2005 和 2008 支持可升级的事务，但目前我们只看到本地事务。在前面的例子中，分布式事务 ID 总是设置为 0，且只赋予了本地 ID。对于不支持可升级的事务的资源，会创建分布式事务。如果把多个资源添加到事务中，事务就可以先设置为本地事务，再根据需要升级为分布式事务。当多个 SQL Server 数据库连接添加到事务中时，就会进行这种升级。事务开始时是一个本地事务，之后升级为分布式事务。

现在修改控制台应用程序，使用同一个事务对象 tx 添加第二个学生。因为每个 AddStudent() 方法都会打开一个新连接，所以在添加第二个学生后，把两个连接关联到该事务上。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
static void TransactionPromotion()
{
    var tx = new CommittableTransaction();
    Utilities.DisplayTransactionInformation("TX created",
```

```

        tx.TransactionInformation);

    try
    {
        var s1 = new Student
        {
            FirstName = "Jörg",
            LastName = "Neumann",
            Company = "thinktecture"
        };
        var db = new StudentData();
        db.AddStudent(s1, tx);

        var s2 = new Student
        {
            FirstName = "Richard",
            LastName = "Blewett",
            Company = "thinktecture"
        };
        db.AddStudent(s2, tx);

        Utilities.DisplayTransactionInformation("2nd connection enlisted",
            tx.TransactionInformation);

        if (Utilities.AbortTx())
        {
            throw new ApplicationException("transaction abort");
        }

        tx.Commit();
    }
    catch (Exception ex)
    {
        Console.WriteLine(ex.Message);
        Console.WriteLine();
        tx.Rollback();
    }

    Utilities.DisplayTransactionInformation("TX finished",
        tx.TransactionInformation);
}

```

---

代码段 TransactionSamples/Program.cs

现在运行应用程序，就会看到，对于添加的第一个学生，其分布式标识符是 0，但对于添加的第二个学生，升级了事务，所以分布式标识符与该事务关联起来。

```

TX created
Creation Time: 7:56:24 PM
Status: Active
Local ID: 0d2f5ada-32aa-40eb-b9d7-cc6aa9a2a554:1
Distributed ID: 00000000-0000-0000-0000-000000000000

2nd connection enlisted
Creation Time: 7:56:24 PM
Status: Active
Local ID: 0d2f5ada-32aa-40eb-b9d7-cc6aa9a2a554:1
Distributed ID: 501abd91-e512-47f3-95d5-f0488743293d

```

Abort the Transaction (y/n)?

事务的升级需要启动分布式事务协调器(DTC)。如果在系统中升级事务时失败，就应验证 DTC 服务是否启动。启动 Component Services MMC 插件，就可以看到运行在系统上的所有 DTC 事务的实际状态。

在树型视图中选择 Transaction List 节点，就可以看到所有激活的事务。在图 23-3 中，有一个激活的事务，其分布式标识符与前面控制台的输出相同。如果验证系统上的输出，就应确保该事务设置了超时时间，以防超过指定时间后，事务终止。在超过该时间后，在事务列表中就看不到该事务了。还可以用这个工具验证事务的统计信息。Transaction Statistics 显示了提交和终止的事务个数。

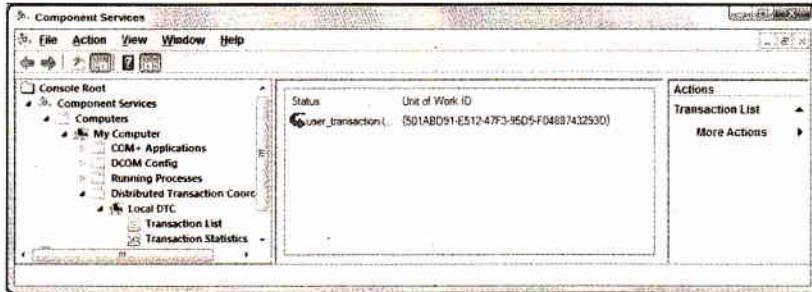


图 23-3

### 23.4.3 依赖事务

使用依赖事务，可以影响来自多个线程的某个事务。依赖事务会依靠另一个事务，并影响事务的结果。

示例应用程序 DependentTransactions 为一个新线程创建了一个依赖的事务。TxThread()方法是新线程的一个方法，它将一个 DependentTransaction 对象作为参数传递。依赖事务的相关信息用帮助方法 DisplayTransactionInformation()来显示。在线程退出之前，调用依赖事务的 Complete()方法来定义事务的结果。依赖事务可以调用 Complete()或 Rollback()方法来定义事务的结果。Complete()方法设置成功位。如果根事务结束，且所有依赖事务都把成功位设置为 true，就提交事务。如果某个依赖事务调用 Rollback()方法来设置终止位，整个事务就会终止。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
static void TxThread(object obj)
{
    DependentTransaction tx = obj as DependentTransaction;
    Utilities.DisplayTransactionInformation("Dependent Transaction",
        tx.TransactionInformation);

    Thread.Sleep(3000);
    tx.Complete();

    Utilities.DisplayTransactionInformation("Dependent TX Complete",
        tx.TransactionInformation);
}
```

代码段 TransactionSamples/Program.cs

在 DependentTransaction()方法中，先实例化 CommittableTransaction 类，从创建一个根事务，显示事务的信息。接着， tx.DependentClone()方法创建一个依赖的事务。把这个依赖事务传递给 TxThread()方法，它定义为新线程的入口点。

`DependentClone()`方法需要一个 `DependentCloneOption` 类型的参数。`DependentCloneOption` 是一个枚举，其值是 `BlockCommitUntilComplete` 和 `RollbackIfNotComplete`。如果根事务在依赖事务之前完成，这个选项就很重要。把该选项设置为 `RollbackIfNotComplete`，如果依赖事务没有在根事务的 `Commit()`方法之前调用 `Complete()`方法，事务就终止。把该选项设置为 `BlockCommitUntilComplete`，`Commit()`方法就等待由所有依赖事务定义的结果。

接着，如果用户没有终止事务，就调用 `CommittableTransaction` 类的 `Commit()`方法。



第 20 章介绍了线程。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
static void DependentTransaction()
{
    var tx = new CommittableTransaction();
    Utilities.DisplayTransactionInformation("Root TX created",
        tx.TransactionInformation);

    try
    {
        new Thread(TxThread).Start(tx.DependentClone(
            DependentCloneOption.BlockCommitUntilComplete));
        if (Utilities.AbortTx())
        {
            throw new ApplicationException("transaction abort");
        }

        tx.Commit();
    }
    catch (Exception ex)
    {
        Console.WriteLine(ex.Message);
        tx.Rollback();
    }

    Utilities.DisplayTransactionInformation("TX finished",
        tx.TransactionInformation);
}
```

代码段 `TransactionSamples/Program.cs`

在应用程序的输出中，可以看到根事务及其标识符。由于使用了选项 `DependentCloneOption.BlockCommitUntilComplete`，根事务在 `Commit()`方法中等待，直到定义了依赖事务的结果。完成依赖的事务后，就提交事务。

```
Root TX created
Creation Time: 8:35:25 PM
Status: Active
Local ID: 50126e07-cd28-4e0f-a21f-a81a8e14ala8:1
Distributed ID: 00000000-0000-0000-0000-000000000000

Abort the Transaction (y/n)? n

Dependent Transaction
Creation Time: 8:35:25 PM
```

```

Status: Active
Local ID: 50126e07-cd28-4e0f-a21f-a81a8e14a1a8:1
Distributed ID: 00000000-0000-0000-0000-000000000000

Dependent TX Complete
Root TX finished
Creation Time: 8:35:25 PM
Status: Committed
Local ID: 50126e07-cd28-4e0f-a21f-a81a8e14a1a8:1
Distributed ID: 00000000-0000-0000-0000-000000000000

Creation Time: 8:35:25 PM
Status: Committed
Local ID: 50126e07-cd28-4e0f-a21f-a81a8e14a1a8:1
Distributed ID: 00000000-0000-0000-0000-000000000000
    
```

### 23.4.4 环境事务

System.Transactions 的一大优点是环境事务功能。使用环境事务,就不需要手动用连接登记事务;在支持环境事务的资源中,这是自动实现的。

环境事务与当前的线程关联起来。可以使用静态属性 Transaction.Current 获取和设置环境事务。支持环境事务的 API 会检查这个属性,以获得环境事务,用该事务登记。ADO.NET 连接支持环境事务。

可以创建一个 CommittableTransaction 对象,把它赋予 Transaction.Current 属性,以初始化环境事务。创建环境事务的另一种方式是使用 TransactionScope 类。TransactionScope 类的构造函数会创建一个环境事务。

TransactionScope 类的重要方法有 Complete()和 Dispose()方法。Complete()方法可以设置事务的作用域的成功位。Dispose()方法完成该作用域,如果该作用域与根作用域相关,就提交或回滚事务。

因为 TransactionScope 类实现 IDisposable 接口,所以可以用 using 语句定义事务的作用域。默认构造函数创建了一个新的事务,之后创建 TransactionScope 实例,用 Transaction.Current 属性的 get 访问器访问事务,以在控制台上显示事务信息。

要获得事务何时完成的信息,就应为环境事务的 TransactionCompleted 事件设置 OnTransactionCompleted()方法。

然后,调用 StudentData.AddStudent()方法,以新建一个 Student 对象,并把它写入数据库中。对于环境事务,不再需要给这个方法传递 Transaction 对象,因为 SqlConnection 类支持环境事务,并且会自动通过连接登记它。接着 TransactionScope 类的 Complete()方法设置成功位,在 using 语句的最后删除 TransactionScope 类,完成提交。如果没有调用 Complete()方法,Dispose()就终止事务。



如果 ADO.NET 连接不应使用环境事务来登记,就可以用连接字符串设置值 Enlist=false。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

static void TransactionScope()
{
    using (var scope = new TransactionScope())
    {
        Transaction.Current.TransactionCompleted +=
    
```

```

        OnTransactionCompleted;

        Utilities.DisplayTransactionInformation("Ambient TX created",
            Transaction.Current.TransactionInformation);

        var s1 = new Student
        {
            FirstName = "Ingo",
            LastName = "Rammer",
            Company = "thinktecture"
        };
        var db = new StudentData();
        db.AddStudent(s1);

        if (!Utilities.AbortTx())
            scope.Complete();
        else
            Console.WriteLine("transaction will be aborted");
    } // scope.Dispose()
}

static void OnTransactionCompleted(object sender, TransactionEventArgs e)
{
    Utilities.DisplayTransactionInformation("TX completed",
        e.Transaction.TransactionInformation);
}

```

代码段 TransactionSamples/Program.cs

运行应用程序，可以看到在创建 `TransactionScope` 类的一个实例后，有一个激活的环境事务。应用程序的最终结果是来自 `TransactionCompleted` 事件处理程序的输出，以显示最终的事务状态。

```

Ambient TX created
Creation Time: 9:55:40 PM
Status: Active
Local ID: a06df6fb-7266-435e-b90e-f024f1d6966e:1
Distributed ID: 00000000-0000-0000-0000-000000000000

Abort the Transaction (y/n)? n

TX completed
Creation Time: 9:55:40 PM
Status: Committed
Local ID: a06df6fb-7266-435e-b90e-f024f1d6966e:1
Distributed ID: 00000000-0000-0000-0000-000000000000

```

### 1. 嵌套的作用域和环境事务

使用 `TransactionScope` 类，还可以嵌套作用域。嵌套的作用域可以直接位于原来的作用域中，或位于从作用域中调用的方法里。嵌套的作用域可以使用与外层作用域相同的事务，抑制事务，或创建独立于外层作用域的新事务。作用域的要求通过 `TransactionScopeOption` 枚举定义，将该枚举传递给 `TransactionScope` 类的构造函数。

`TransactionScopeOption` 枚举的值及其作用如表 23-2 所示。



表 23-2

TransactionScopeOption 的 成员	说 明
Required	Required 指定，作用域需要一个事务。如果外层的作用域已经包含了一个环境事务，内层的作用域就使用已有的事务。如果环境事务不存在，就新建一个事务 如果两个作用域共享同一个事务，这两个作用域都会影响事务的结果。只有所有作用域都设置了成功位，事务才能提交。如果在根作用域被删除之前一个作用域没有调用 Complete()方法，事务就终止
RequiresNew	RequiresNew 总是创建一个新的事务。如果外层的作用域已定义了一个事务，内层作用域中的事务就是完全独立的。两个事务都可以独立地提交或终止
Suppress	使用 Suppress，无论外层的作用域是否包含一个事务，作用域都不会包含环境事务

下面的例子定义了两个作用域，其中使用 TransactionScopeOption.RequiresNew 选项，把内层作用域配置为需要一个新的事务：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
using (var scope = new TransactionScope())
{
    Transaction.Current.TransactionCompleted +=
        OnTransactionCompleted;

    Utilities.DisplayTransactionInformation("Ambient TX created",
        Transaction.Current.TransactionInformation);

    using (var scope2 =
        new TransactionScope(TransactionScopeOption.RequiresNew))
    {
        Transaction.Current.TransactionCompleted +=
            OnTransactionCompleted;

        Utilities.DisplayTransactionInformation(
            "Inner Transaction Scope",
            Transaction.Current.TransactionInformation);

        scope2.Complete();
    }
    scope.Complete();
}
```

代码段 TransactionSamples/Program.cs

运行应用程序，尽管使用相同的线程，但会看到两个作用域有不同的事务标识符。让一个线程因为作用域不同而有不同的环境事务，事务标识符在 GUID 后面的最后一位数字上不同。



GUID 是包含 128 位唯一值的全局唯一标识符。

```
Ambient TX created
Creation Time: 11:01:09 PM
Status: Active
Local ID: 54ac1276-5c2d-4159-84ab-36b0217c9c84:1
Distributed ID: 00000000-0000-0000-0000-0000000000
```

```

Inner Transaction Scope
Creation Time: 11:01:09 PM
Status: Active
Local ID: 54ac1276-5c2d-4159-84ab-36b0217c9c84:2
Distributed ID: 00000000-0000-0000-0000-000000000000

```

```

TX completed
Creation Time: 11:01:09 PM
Status: Committed
Local ID: 54ac1276-5c2d-4159-84ab-36b0217c9c84:2
Distributed ID: 00000000-0000-0000-0000-000000000000

```

```

TX completed
Creation Time: 11:01:09 PM
Status: Committed
Local ID: 54ac1276-5c2d-4159-84ab-36b0217c9c84:1
Distributed ID: 00000000-0000-0000-0000-000000000000

```

如果把内层作用域的设置改为 `TransactionScopeOption.Required`，就会发现两个作用域使用同一个事务，且都影响事务的结果。

## 2. 多线程和环境事务

如果多个线程使用同一个环境事务，就需要多做一些工作。因为一个环境事务绑定到一个线程上，所以如果新建了一个线程，它就不会有起始线程中的环境事务。

这个行为在下一个例子中说明。在 `Main()` 方法中，创建了一个 `TransactionScope`。在这个事务的作用域中，启动一个新线程。新线程的主要方法 `ThreadMethod()` 新建了一个事务的作用域。在创建该作用域的过程中，没有传递任何参数，因此使用默认选项 `TransactionScopeOption.Required`。如果存在一个环境事务，就使用已有的事务。如果没有环境事务，就新建一个事务。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

using System;
using System.Threading;
using System.Transactions;

namespace Wrox.ProCSharp.Transactions
{
    class Program
    {
        static void Main()
        {
            try
            {
                using (var scope = new TransactionScope())
                {
                    Transaction.Current.TransactionCompleted +=
                        TransactionCompleted;

                    Utilities.DisplayTransactionInformation("Main thread TX",
                        Transaction.Current.TransactionInformation);

                    new Thread(ThreadMethod).Start();

                    scope.Complete();
                }
            }
        }
    }
}

```

```

        catch (TransactionAbortedException ex)
        {
            Console.WriteLine("Main-Transaction was aborted, {0}",
                ex.Message);
        }
    }

    static void TransactionCompleted(object sender, TransactionEventArgs e)
    {
        Utilities.DisplayTransactionInformation("TX completed",
            e.Transaction.TransactionInformation);
    }

    static void ThreadMethod(object dependentTx)
    {
        try
        {
            using (var scope = new TransactionScope())
            {
                Transaction.Current.TransactionCompleted +=
                    TransactionCompleted;
                Utilities.DisplayTransactionInformation("Thread TX",
                    Transaction.Current.TransactionInformation);
                scope.Complete();
            }
        }
        catch (TransactionAbortedException ex)
        {
            Console.WriteLine("ThreadMethod-Transaction was aborted, {0}",
                ex.Message);
        }
    }
}

```

代码段 MultithreadingAmbientTx/Program.cs

启动应用程序，就会看到两个线程中的事务是完全独立的。新线程中的事务有一个不同的事务ID。事务ID的区别是GUID后面的最后一个数字不同，这与嵌套的作用域相同(当嵌套的作用域也需要一个新的事务时)。

```

Main thread TX
Creation Time: 21:41:25
Status: Active
Local ID: f1e736ae-84ab-4540-b71e-3de272ffc476:1
Distributed ID: 00000000-0000-0000-0000-000000000000

TX completed
Creation Time: 21:41:25
Status: Committed
Local ID: f1e736ae-84ab-4540-b71e-3de272ffc476:1
Distributed ID: 00000000-0000-0000-0000-000000000000

Thread TX
Creation Time: 21:41:25
Status: Active

```

```

Local ID: fle736ae-84ab-4540-b71e-3de272ffc476:2
Distributed ID: 00000000-0000-0000-0000-000000000000

TX completed
Creation Time: 21:41:25
Status: Committed
Local ID: fle736ae-84ab-4540-b71e-3de272ffc476:2
Distributed ID: 00000000-0000-0000-0000-000000000000

```

要在另一个线程中使用同一个环境事务，需要使用依赖事务。现在修改示例，给新线程传递一个依赖事务。调用环境事务上的 `DependentClone()` 方法，以从环境事务中创建依赖事务。在这个方法中，设置了 `DependentCloneOption.BlockCommitUntilComplete`，以便主调线程会等到新线程完成后，才提交事务。

```

class Program
{
    static void Main()
    {
        try
        {
            using (var scope = new TransactionScope())
            {
                Transaction.Current.TransactionCompleted +=
                    TransactionCompleted;

                Utilities.DisplayTransactionInformation("Main thread TX",
                    Transaction.Current.TransactionInformation);

                new Thread(ThreadMethod).Start(
                    Transaction.Current.DependentClone(
                        DependentCloneOption.BlockCommitUntilComplete));

                scope.Complete();
            }
        }
        catch (TransactionAbortedException ex)
        {
            Console.WriteLine("Main-Transaction was aborted, {0}",
                ex.Message);
        }
    }
}

```

在线程的方法中，使用 `Transaction.Current` 属性的 `set` 访问器把所传递的依赖事务赋予环境事务。现在事务的作用域通过依赖事务来使用同一个事务。使用完依赖事务时，需要调用 `DependentTransaction` 对象的 `Complete()` 方法。

```

Static void ThreadMethod(object dependentTx)
{
    DependentTransaction dTx = dependentTx as DependentTransaction;

    try
    {
        Transaction.Current = dTx;

        using (var scope = new TransactionScope())
        {
            Transaction.Current.TransactionCompleted +=

```

```

        TransactionCompleted;

        Utilities.DisplayTransactionInformation("Thread TX",
            Transaction.Current.TransactionInformation);
        scope.Complete();
    }
}
catch (TransactionAbortedException ex)
{
    Console.WriteLine("ThreadMethod-Transaction was aborted, {0}",
        ex.Message);
}
finally
{
    if (dTx != null)
    {
        dTx.Complete();
    }
}
}

static void TransactionCompleted(object sender, TransactionEventArgs e)
{
    Utilities.DisplayTransactionInformation("TX completed",
        e.Transaction.TransactionInformation);
}
}

```

现在运行应用程序，主线程和新建的线程都正在使用同一个事务，并正在影响该事务。线程列出的事务有相同的标识符。如果一个线程没有调用 `Complete()` 方法设置成功位，就终止整个事务。

```

Main thread TX
Creation Time: 23:00:57
Status: Active
Local ID: 2fb1b54d-61f5-4d4e-a55e-f4a9e04778be:1
Distributed ID: 00000000-0000-0000-0000-000000000000

Thread TX
Creation Time: 23:00:57
Status: Active
Local ID: 2fb1b54d-61f5-4d4e-a55e-f4a9e04778be:1
Distributed ID: 00000000-0000-0000-0000-000000000000

TX completed
Creation Time: 23:00:57
Status: Committed
Local ID: 2fb1b54d-61f5-4d4e-a55e-f4a9e04778be:1
Distributed ID: 00000000-0000-0000-0000-000000000000

TX completed
Creation Time: 23:00:57
Status: Committed
Local ID: 2fb1b54d-61f5-4d4e-a55e-f4a9e04778be:1
Distributed ID: 00000000-0000-0000-0000-000000000000

```

## 23.5 隔离级别

本章的开头介绍了用于描述事务的 ACID 属性。ACID 中的字母 I(Isolation, 隔离)并不总是完全需要。出于性能原因,可以降低隔离要求,但必须了解改变隔离级别带来的问题。

如果不完全隔离事务外部的作用域,就可能出问题,这些问题有 3 类。

- **脏读**——在脏读操作中,另一个事务可以读取在一个事务中改变的记录。因为在一个事务中改变的记录可能回滚到最初的状态,所以从另一个事务中读取这个临时状态就称为“脏读”——数据并没有提交。通过锁定要改变的记录,就可以避免这个问题。
- **不可重复读**——当数据在事务中读取,而该事务运行的同时,另一个事务修改了相同的记录,此时,就会出现不可重复读操作。如果该记录在事务中读取多次,结果就会不同——不可重复。锁定读取的记录,即可避免这个问题。
- **幻读**——当读取一个范围内的数据,例如,使用 WHERE 子句读取时,就会出现幻读问题。在一个事务中读取这些记录时,另一个事务可以添加一个属于该范围的新记录。用相同的 WHERE 子句再次读取这些记录,会返回数量不同的记录。在更新一个范围的记录时,幻读是一个特殊的问题。例如,UPDATE Addresses SET Zip=4711 WHERE (Zip=2315)会把所有记录的邮政编码从 2315 更新为 4711。如果在更新过程中,另一个用户添加了一个邮政编码为 2315 的新记录,那么完成更新后,数据库将仍包含邮政编码为 2315 的记录。这个问题可以通过范围锁定来避免。

在定义隔离要求时,可以设置隔离级别。隔离级别用 IsolationLevel 枚举定义,在创建事务时,会配置该枚举(或者使用 CommittableTransaction 类的构造函数或者使用 TransactionScope 类的构造函数)。IsolationLevel 枚举定义了锁定操作。表 23-3 列出了 IsolationLevel 枚举的值。

表 23-3

隔离级别	说明
ReadUncommitted	使用 ReadUncommitted, 事务不会相互隔离。使用这个级别,不等待其他事务释放锁定的记录。这样,就可以从其他事务中读取未提交的数据——脏读。这个级别通常仅用于读取不管是否读取临时修改都无关紧要的记录,如报表
ReadCommitted	ReadCommitted 等待其他事务释放对记录的写入锁定。这样,就不会出现脏读操作。这个级别为读取当前的记录设置读取锁定,为要写入的记录设置写入锁定,直到事务完成为止。对于要读取的一系列记录,在移动到下一个记录上时,前一个记录都是未锁定的,所以可能出现不可重复的读操作
RepeatableRead	RepeatableRead 为读取的记录设置锁定,直到事务完成为止。这样,就避免了不可重复读的问题。但幻读仍可能发生
Serializable	Serializable 设置范围锁定。在运行事务时,不可能添加与所读取的数据位于同一个范围的新记录
Snapshot	Snapshot 只能用于 SQL Server 2005 及其以后的版本。在复制修改的记录时,这个级别会减少锁定。这样,其他事务仍可以读取旧数据,而无需等待解锁
Unspecified	Unspecified 表示,提供程序使用另一个隔离级别值,该值不同于 IsolationLevel 枚举定义的值
Chaos	Chaos 类似于 ReadUncommitted, 但除了执行 ReadUncommitted 值的操作之外,它不能锁定更新的记录

表 23-4 总结了设置最常用的事务隔离级别可能导致的问题。

表 23-4

隔离级别	脏 读	不可重复读	幻 读
Read Uncommitted	Y	Y	Y
Read Committed	N	Y	Y
Repeatable Read	N	N	Y
Serializable	N	N	N

下面的代码段说明了如何使用 TransactionScope 类设置隔离级别。在 TransactionScope 类的构造函数中,可以设置前面讨论的 TransactionScopeOption 枚举和 TransactionOptions 类。TransactionOptions 类允许定义 IsolationLevel 和 Timeout 属性。

```

var options = new TransactionOptions();
options.IsolationLevel = IsolationLevel.ReadUncommitted;
options.Timeout = TimeSpan.FromSeconds(90);
using (TransactionScope scope =
    new TransactionScope(TransactionScopeOption.Required,
        options))
{
    // Read data without waiting for locks from other transactions,
    // dirty reads are possible.
}
    
```

### 23.6 自定义资源管理器

新事务模型的一个最大的优点是,很容易创建参与事务处理的自定义资源管理器。资源管理器不仅管理稳定的资源,还管理不稳定或内存中的资源,例如,简单的 int 数和泛型列表。

图 23-4 显示了资源管理器和事务类之间的关系。资源管理器实现了 IEnlistmentNotification 接口,该接口定义了 Prepare()、InDoubt()、Commit()和 Rollback()方法。资源管理器实现这个接口,是为了管理资源的事务。作为事务的一部分,资源管理器必须用 Transaction 类登记。不稳定的资源管理器调用 EnlistVolatile()方法,稳定的资源管理器调用 EnlistDurable()方法。根据事务的结果,事务管理器通过资源管理器从 IEnlistmentNotification 接口中调用不同的方法。

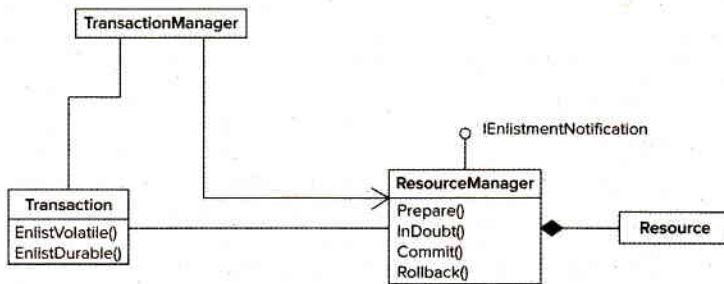


图 23-4

表 23-5 介绍了 `IEnlistmentNotification` 接口中必须通过资源管理器实现的方法。23.1.1 节解释了激活、准备和提交阶段。

表 23-5

IEnlistmentNotification 接口的成员	说 明
Prepare()	事务管理器调用 Prepare()方法准备事务。资源管理器调用 PreparingEnlistment 参数(它传递给 Prepare()方法的 Prepared()方法,来完成准备阶段。如果工作没有成功完成,资源管理器就调用 ForceRollback()方法,通知事务管理器。稳定的资源管理器必须编写一个日志,以便它在准备阶段之后成功完成事务
Commit()	当所有资源管理器都成功准备好事务时,事务管理器就调用 Commit()方法。资源管理器现在可以完成工作,使之可在事务的外部可见,并调用 Enlistment 参数的 Done()方法
Rollback()	如果一个资源管理器没有成功地准备好事务,事务管理器就调用所有资源管理器的 Rollback()方法。在状态返回为该事务之前的状态后,资源管理器就调用 Enlistment 参数的 Done()方法
InDoubt()	如果事务管理器调用 Commit()方法后出现了一个问题(资源管理器没有用 Done()方法返回完成信息),事务管理器就调用 InDoubt()方法

## 事务资源

事务资源必须保存实时值和临时值。实时值从事务的外部读取,并定义了事务回滚时的有效状态。临时值定义了事务提交时事务的有效状态。

为了使非事务类型变成事务类型,泛型类 `Transactional<T>` 封装了一个非泛型类型,从而使它的用法如下:

```
Transactional<int>txInt = new Transactional<int>();
Transactional<string>txString = new Transactional<string>();
```

下面看看 `Transactional<T>` 类的实现代码。托管资源的实时值包含在变量 `liveValue` 中,与事务相关的临时值存储在 `ResourceManager<T>` 中。变量 `enlistedTransaction` 与环境事务(假定存在环境事务)关联起来。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
using System.Diagnostics;
Insert IconMargin [FILENAME]
using System.Transactions;

namespace Wrox.ProCSharp.Transactions
{
    public partial class Transactional<T>
    {
        private T liveValue;
        private ResourceManager<T>enlistment;
        private Transaction enlistedTransaction;
```

代码段 CustomResource/Transactional.cs



在 `Transactional` 类的构造函数中，实时值设置为变量 `liveValue`。如果在环境事务中调用该构造函数，就调用帮助方法 `GetEnlistment()`。`GetEnlistment()`方法先检查是否有一个环境事务，并断言是否没有一个环境事务。如果没有登记事务，就实例化 `ResourceManager<T>` 辅助类，并调用 `EnlistVolatile()`方法，用该事务登记资源管理器。另外，把变量 `enlistedTransaction` 设置为该环境事务。

如果环境事务不同于已登记的事务，就抛出一个异常。该实现代码不支持在两个不同的事务中修改相同的值。如果有这个要求，就可以创建一把锁，等待一个事务释放该锁，之后在另一个事务中修改它。

```
public Transactional(T value)
{
    if (Transaction.Current == null)
    {
        this.liveValue = value;
    }
    else
    {
        this.liveValue = default(T);
        GetEnlistment().Value = value;
    }
}

public Transactional()
: this(default(T)) {}

private ResourceManager<T>GetEnlistment()
{
    Transaction tx = Transaction.Current;
    Trace.Assert(tx != null, "Must be invoked with ambient transaction");

    if (enlistedTransaction == null)
    {
        enlistment = new ResourceManager<T>(this, tx);
        tx.EnlistVolatile(enlistment, EnlistmentOptions.None);
        enlistedTransaction = tx;
        return enlistment;
    }
    else if (enlistedTransaction == Transaction.Current)
    {
        return enlistment;
    }
    else
    {
        throw new TransactionException(
            "This class only supports enlisting with one transaction");
    }
}
```

`Value` 属性返回所包含的类的值，并设置该值。但是，通过事务，不能只设置和返回 `liveValue` 变量。只有对象在事务的外部，才能设置和返回它。为了使代码可读性更强，`Value` 属性在其实现代码中使用 `GetValue()`和 `SetValue()`方法。

```
public T Value
{
```



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
using System;
using System.Diagnostics;
using System.IO;
using System.Runtime.Serialization.Formatters.Binary;
using System.Transactions;

namespace Wrox.ProCSharp.Transactions
{
    public partial class Transactional<T>
    {
        internal class ResourceManager<T1>: IEnlistmentNotification
        {
            private Transactional<T1>parent;
            private Transaction currentTransaction;

            internal ResourceManager(Transactional<T1>parent, Transaction tx)
            {
                this.parent = parent;
                Value = DeepCopy(parent.liveValue);
                currentTransaction = tx;
            }

            public T1 Value { get; set; }
        }
    }
}
```

代码段 CustomResource/ResourceManager.cs

因为临时值可能在事务中变化，所以包装类的实时值可能不会在事务中发生变化。在创建一些类的副本时，可以调用在 `ICloneable` 接口中定义的 `Clone()` 方法。但是，在定义 `Clone()` 方法时，允许实现代码创建浅表副本或深层副本。如果类型 `T` 包含引用类型，并实现了浅表副本，改变临时值也会改变初始值。这会与事务的隔离特性和一致特性冲突。这里需要一个深层副本。

为了进行深层复制，`DeepCopy()` 方法可把对象序列化到流中，并从流中反序列化对象。因为在 C# 4 中，不能定义对类型 `T` 的限制，即指定需要序列化，所以 `Transactional<T>` 类的静态构造函数会检查 `Type` 对象的 `IsSerializable` 属性，以确定类型是否可以序列化。

```
static ResourceManager()
{
    Type t = typeof(T1);
    Trace.Assert(t.IsSerializable, "Type " + t.Name +
        " is not serializable");
}

private T1 DeepCopy(T1 value)
{
    using (MemoryStream stream = new MemoryStream())
    {
        BinaryFormatter formatter = new BinaryFormatter();
        formatter.Serialize(stream, value);
        stream.Flush();
        stream.Seek(0, SeekOrigin.Begin);

        return (T1)formatter.Deserialize(stream);
    }
}
```

`IEnlistmentNotification` 接口由 `ResourceManager<T>` 类实现。这是用事务进行登记的要求。

只有用 `preparingEnlistment` 调用 `Prepared()`方法, `Prepare()`的实现代码才会响应。因为在将临时值赋予实时值时, 不应有问题, 所以 `Prepare()`方法会成功。在 `Commit()`方法的实现代码中, 调用父对象的 `Commit()`方法。其中, 把变量 `liveValue` 设置为在事务中使用的 `ResourceManager` 的值。`Rollback()`方法仅完成工作, 不改变实时值。对于不稳定的资源, 在 `InDoubt()`方法中不执行太多的操作。写入一个日志项可能会有用。

```

public void Prepare(PreparingEnlistment preparingEnlistment)
{
    preparingEnlistment.Prepared();
}
public void Commit(Enlistment enlistment)
{
    parent.Commit(Value, currentTransaction);
    enlistment.Done();
}

public void Rollback(Enlistment enlistment)
{
    parent.Rollback(currentTransaction);
    enlistment.Done();
}

public void InDoubt(Enlistment enlistment)
{
    enlistment.Done();
}
}
}
}

```

现在, 只要类型是可以序列化的, `Transactional<T>`类就可以用于使非事务类变成事务类, 例如, `int`、`string`, 甚至更复杂的类, 如 `Student`。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

using System;
using System.Transactions;

namespace Wrox.ProCSharp.Transactions
{
    class Program
    {
        static void Main()
        {
            var intVal = new Transactional<int>(1);
            var student1 = new Transactional<Student>(new Student());
            student1.Value.FirstName = "Andrew";
            student1.Value.LastName = "Wilson";

            Console.WriteLine("before the transaction, value: {0}",
                intVal.Value);
            Console.WriteLine("before the transaction, student: {0}",
                student1.Value);

            using (var scope = new TransactionScope())
            {
                intVal.Value = 2;
            }
        }
    }
}

```

```

        Console.WriteLine("inside transaction, value: {0}", intVal.Value);
        student1.Value.FirstName = "Ten";
        student1.Value.LastName = "SixtyNine";

        if (!Utilities.AbortTx())
            scope.Complete();
    }
    Console.WriteLine("outside of transaction, value: {0}",
        intVal.Value);
    Console.WriteLine("outside of transaction, student: {0}",
        student1.Value);
}
}
}

```

代码段 CustomResource/Program.cs

下面的控制台输出显示了应用程序的一次运行及提交的事务。

```

before the transaction, value: 1
before the transaction: student: Andrew Wilson
inside transaction, value: 2

Abort the Transaction (y/n)? n

outside of transaction, value: 2
outside of transaction, student: Ten SixtyNine

```

## 23.7 Windows 7 和 Windows Server 2008 的事务

可以编写一个自定义稳定资源管理器，来处理 File 类和 Registry 类。基于文件的稳定资源管理器可以复制原始文件，将对临时文件的修改写入一个临时目录中，使这些改变永久保存起来。在提交事务时，原始文件会用临时文件替代。自 Windows Vista 和 Windows Server 2008 以来，不再需要为文件和注册表编写自定义稳定资源管理器。这两个操作系统及以后的操作系统支持用文件系统和注册表进行本地事务。为此，Windows Vista 和 Windows Server 2008 增加了新的 API 调用，如 CreateFileTransacted()、CreateHardLinkTransacted()、CreateSymbolicLinkTransacted()、CopyFileTransacted() 等。这些 API 调用的共同之处是，它们都需要一个句柄来把事务作为变量传递，它们都不支持环境事务。不能从 .NET 4 中进行事务 API 调用，但可以使用 Platform Invoke 创建一个自定义包装器。



Platform Invoke 详见第 26 章。

示例应用程序包装了本地方法 CreateFileTransacted()，以在 .NET 应用程序中创建事务文件流。

在调用本地方法时，本地方法的参数必须映射到 .NET 数据类型。出于安全考虑，SafeHandle 基类可用来映射本地 HANDLE 类型。SafeHandle 基类是一种抽象类型，它包装了操作系统句柄，并支持句柄资源的关键终止操作。根据句柄的允许值，可以使用派生类 SafeHandleMinusOneIsInvalid 和 SafeHandleZeroOrMinusOneIsInvalid 包装本地句柄。SafeFileHandle 类派生自 SafeHandleZeroOrMinusOneIsInvalid。为了把句柄映射到事务上，定义了 SafeTransactionHandle 类。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
using System;
using System.Runtime.Versioning;
using System.Security.Permissions;
using Microsoft.Win32.SafeHandles;

namespace Wrox.ProCSharp.Transactions
{
    [SecurityPermission(SecurityAction.LinkDemand, UnmanagedCode = true)]
    internal sealed class SafeTransactionHandle : SafeHandleZeroOrMinusOneIsInvalid
    {
        private SafeTransactionHandle()
            : base(true) { }

        public SafeTransactionHandle(IntPtr preexistingHandle, bool ownsHandle)
            : base(ownsHandle)
        {
            SetHandle(preexistingHandle);
        }

        [ResourceExposure(ResourceScope.Machine)]
        [ResourceConsumption(ResourceScope.Machine)]
        protected override bool ReleaseHandle()
        {
            return NativeMethods.CloseHandle(handle);
        }
    }
}
```

代码段 FileSystemTransactions/SafeTransactionHandle.cs

.NET 中的所有本地方法都用下面的 `NativeMethods` 类定义。在示例中，所需的本地 API 是 `CreateFileTransacted()` 和 `CloseHandle()` 方法，它们定义为类的静态成员。这些方法声明为 `extern`，因为它们没有 C# 实现代码。其实现代码在本地 DLL 中由 `DllImport` 特性定义。这两个方法都可以在本地 DLL `Kernel32.dll` 中找到。通过方法的声明，把用 Windows API 调用定义的参数映射到 .NET 数据类型。`txHandle` 参数表示事务的一个句柄，其类型是以前定义的 `SafeTransactionHandle`。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
using System;
using System.Runtime.ConstrainedExecution;
using System.Runtime.InteropServices;
using System.Runtime.Versioning;
using Microsoft.Win32.SafeHandles;

namespace Wrox.ProCSharp.Transactions
{
    internal static class NativeMethods
    {
        [DllImport("Kernel32.dll", CallingConvention = CallingConvention.StdCall,
            CharSet = CharSet.Unicode)]
        internal static extern SafeFileHandle CreateFileTransacted(
            String lpFileName,
            uint dwDesiredAccess,
            uint dwShareMode,
            IntPtr lpSecurityAttributes,
            uint dwCreationDisposition,
            int dwFlagsAndAttributes,
            IntPtr hTemplateFile,
```

```

        SafeTransactionHandle txHandle,
        IntPtr miniVersion,
        IntPtr extendedParameter);

[DllImport("Kernel32.dll", SetLastError = true)]
[ResourceExposure(ResourceScope.Machine)]
[ReliabilityContract(Consistency.WillNotCorruptState, Cer.Success)]
[return: MarshalAs(UnmanagedType.Bool)]
internal static extern bool CloseHandle(IntPtr handle);
    }
}

```

代码段 FileSystemTransactions/NativeMethods.cs

**IKernelTransaction** 接口用于获得事务句柄，并把它传递给经过事务处理的 Windows API 调用。这是一个 COM 接口，且必须使用 COM Interop 特性包装到 .NET 中，如下面所示。GUID 特性必须有与接口定义相同的标识符，因为这是用于 COM 接口定义的标识符。



```

using System;
using System.Runtime.InteropServices;

namespace Wrox.ProCSharp.Transactions
{
    [ComImport]
    [Guid("79427A2B-F895-40e0-BE79-B57DC82ED231")]
    [InterfaceType(ComInterfaceType.InterfaceIsIUnknown)]
    internal interface IKernelTransaction
    {
        void GetHandle(out SafeTransactionHandle ktmHandle);
    }
}

```

代码段 FileSystemTransactions/IKernelTransaction.cs

最后，**TransactionFile** 类正是将由 .NET 应用程序使用的类，这个类定义了 **GetTransactedFileStream()** 方法。这个方法参数需要一个文件名，并返回一个 **System.IO.FileStream**。返回的流是一个一般的 .NET 流，它只引用一个经过事务处理的文件。

在实现代码中，**TransactionInterop.GetDtcTransaction()** 方法创建了 **IKernelTransaction** 的一个接口指针，它指向环境事务，环境事务作为一个参数传递给 **GetDtcTransaction()** 方法。使用 **IKernelTransaction** 接口，创建 **SafeTransactionHandle** 类型的句柄。然后把这个句柄传递给包装的 API，其名称是 **NativeMethods.CreateFileTransacted()**。使自己返回的文件句柄，新建一个 **FileStream** 实例，并把它返回调用者。



```

using System;
using System.IO;
using System.Security.Permissions;
using System.Transactions;
using Microsoft.Win32.SafeHandles;

namespace Wrox.ProCSharp.Transactions
{
    public static class TransactedFile
    {
        internal const short FILE_ATTRIBUTE_NORMAL = 0x80;
        internal const short INVALID_HANDLE_VALUE = -1;
    }
}

```

```

internal const uint GENERIC_READ = 0x80000000;
internal const uint GENERIC_WRITE = 0x40000000;
internal const uint CREATE_NEW = 1;
internal const uint CREATE_ALWAYS = 2;
internal const uint OPEN_EXISTING = 3;

[FileIOPermission(SecurityAction.Demand, Unrestricted=true)]
public static FileStream GetTransactedFileStream(string fileName)
{
    IKernelTransaction ktx = (IKernelTransaction)
        TransactionInterop.GetDtcTransaction(Transaction.Current);

    SafeTransactionHandle txHandle;
    ktx.GetHandle(out txHandle);

    SafeFileHandle fileHandle = NativeMethods.CreateFileTransacted(
        fileName, GENERIC_WRITE, 0,
        IntPtr.Zero, CREATE_ALWAYS, FILE_ATTRIBUTE_NORMAL,
        IntPtr.Zero,
        txHandle, IntPtr.Zero, IntPtr.Zero);

    return new FileStream(fileHandle, FileAccess.Write);
}
}
}

```

---

代码段 FileSystemTransactions/TransactedFile.cs

现在，很容易在.NET 代码中使用事务 API 了。可以用 `TransactionScope` 类创建一个环境事务，在环境事务的作用域内使用 `TransactedFile` 类。如果终止了事务处理，就不会把数据写入文件中。如果提交了事务，就可以在临时目录下找到该文件。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

using System;
using System.IO;
using System.Transactions;

namespace Wrox.ProCSharp.Transactions
{
    class Program
    {
        static void Main()
        {
            using (var scope = new TransactionScope())
            {
                FileStream stream = TransactedFile.GetTransactedFileStream(
                    "sample.txt");

                var writer = new StreamWriter(stream);
                writer.WriteLine("Write a transactional file");
                writer.Close();

                if (!Utilities.AbortTx())
                    scope.Complete();
            }
        }
    }
}

```

---

代码段 Windows7Transactions/Program.cs

现在可以在同一个事务中使用数据库、不稳定的资源和文件。

## 23.8 小结

本章学习了事务的特性，以及如何使用 `System.Transactions` 名称空间中的类创建和管理事务。事务用 `ACID` 属性来描述：原子性、一致性、隔离性和持久性。并不是所有这些属性都是必需的，例如，不稳定的资源就不需要支持持久性但可以包含隔离选项。

进行事务处理的最简单的方式是创建环境事务，并使用 `TransactionScope` 类。环境事务非常适合于处理没有显式打开和关闭数据库连接的 `ADO.NET` 数据适配器和 `ADO.NET Entity Framework`，`ADO.NET` 详见第 30 章，“核心 `ADO.NET`” `Entity Framework` 详见第 31 章。

在多个线程中使用同一个事务，可以使用 `DependentTransaction` 类创建对另一个事务的一个依赖关系。登记一个实现了 `IEnlistmentNotification` 接口的资源管理器，可以创建参与事务处理的自定义资源。

最后，探讨了如何通过 `.NET Framework` 和 `C#` 使用 `Windows 7` 和 `Windows Server 2008` 事务。

通过 `.NET Enterprise Services`，可以创建使用 `System.Transactions` 的自动事务。这种技术详见第 51 章，第 51 章可从 `Wrox` 网站下载，或者直接在随书附赠光盘中找到。

下一章介绍如何创建在操作系统启动时自动启动的 `Windows` 服务。事务在服务中也很有用。



# 第 24 章

## 网 络

本章内容:

- 从 Web 下载文件
- 在 Windows 窗体应用程序中使用 WebBrowser 控件
- 操纵 IP 地址, 执行 DNS 查询
- 用 TCP、UDP 和套接字类进行套接字编程

本章将采取非常实用的方法, 结合示例讨论相关理论和相应的网络概念。本章并不是计算机网络的指南, 但介绍了如何使用 .NET Framework 进行网络通信。

本章将介绍如何在 Windows 窗体环境中使用 WebBrowser 控件, 以及 WebBrowser 控件如何更方便地完成某些 Internet 访问任务。但本章从最简单的示例开始, 阐明怎样给服务器发送请求和存储返回的信息。

本章将讨论通过 .NET 基类提供的工具, 便于使用各种网络协议(尤其是 HTTP 和 TCP)作为客户访问网络和 Internet。本章将介绍通过 .NET Framework 获得这些协议的一些低级方式, 使用第 43 章介绍的 WCF 技术等还可以实现与这些协议通信的其他方式。

在网络环境下, 我们最感兴趣的两个名称空间是 System.Net 和 System.Net.Sockets。System.Net 名称空间通常与较高层的操作有关, 例如, 下载和上传文件, 使用 HTTP 和其他协议进行 Web 请求等, 而 System.Net.Sockets 名称空间包含的类通常与较低层的操作有关。如果要直接使用套接字或 TCP/IP 之类的协议, 这个名称空间中的类就非常有用, 这些类中的方法与 Windows 套接字 (Winsock) API 函数(派生自 Berkeley 套接字接口)非常类似。本章介绍的一些对象在 System.IO 名称空间中。

第 40~42 章讨论了怎样使用 C#、ASP.NET 编写功能强、效率高的动态 Web 页面。大多数情况下, 访问 ASP.NET 页面的客户使用的是 Internet Explorer 或其他 Web 浏览器, 如 Opera 或 FireFox。但是, 有时需要把 Web 浏览特征添加到自己的应用程序中, 或者需要让自己的应用程序从某个 Web 站点以编程方式获取信息。在后一种情况下, 对于站点, 比较好的解决方案通常是实现一个 Web 服务。但是, 如果访问公共的 Internet 站点, 就不能控制站点的实现方式。

### 24.1 WebClient 类

如果只想从特定的 URI(Uniform Resource Identifier, 统一资源标识符)请求文件, 则可以使用的

最简单的.NET 类是 System.Net.WebClient。这个类是非常高层的类，它只用一两条命令执行基本操作。.NET Framework 目前支持以 http:、https:和 file:标识符开头的 URI。

 术语 URL(统一资源定位符)在新的技术规范中已不再使用，现在更常使用的是 URI(统一资源标识符)。URI 的含义大致与 URL 相同，但 URI 更通用，因为它不意味着用户正在使用其中一个熟悉的协议，如 HTTP 或 FTP。

### 24.1.1 下载文件

使用 WebClient 类下载文件有两种方法，具体使用哪一种方法取决于文件内容的处理方式。如果只想把文件保存到磁盘上，就应该使用 DownloadFile()方法。这个方法有两个参数：即文件的 URI 和保存所请求的数据的位置(路径和文件名)：

```
WebClient Client = new WebClient();
Client.DownloadFile("http://www.reuters.com/", "ReutersHomepage.htm");
```

更为常见的是，应用程序需要处理从 Web 站点检索到的数据。为此，要使用 OpenRead()方法，这个方法返回一个 Stream 引用。然后，就可以把数据从数据流中提取到内存中：

```
WebClient Client = new WebClient();
Stream strm = Client.OpenRead("http://www.reuters.com/");
```

### 24.1.2 基本的 WebClient 示例

第一个示例将阐述怎样使用 WebClient.OpenRead()方法。这个示例将把下载的页面显示在 ListBox 控件中。首先，作为标准的 C# Windows 窗体应用程序新建项目，添加一个名为 listBox1 的列表框，将其 docking 属性设置为 DockStyle.Fill。在文件的开头，需要在 using 指令列表中添加 System.Net 和 System.IO 名称空间引用，然后对主窗体的构造函数进行以下改动：



```
public Form1 ()
{
    InitializeComponent();
    WebClient client = new WebClient();
    Stream strm = client.OpenRead("http://www.reuters.com");
    StreamReader sr = new StreamReader(strm);
    string line;

    while ( (line=sr.ReadLine()) != null )
    {
        listBox1.Items.Add(line);
    }

    strm.Close();
}
```

代码段 BasicWebClient.sln

在这个示例中，把 System.IO 名称空间中的 StreamReader 类与网络数据流关联起来。这样，就可以使用高层方法，例如 ReadLine()方法，从数据流中以文本的形式获取数据。第 29 章讨论了把数

据移动抽象化为数据流概念的优点，这个示例就充分体现出了这一点。

这段示例代码的运行结果如图 24-1 所示。

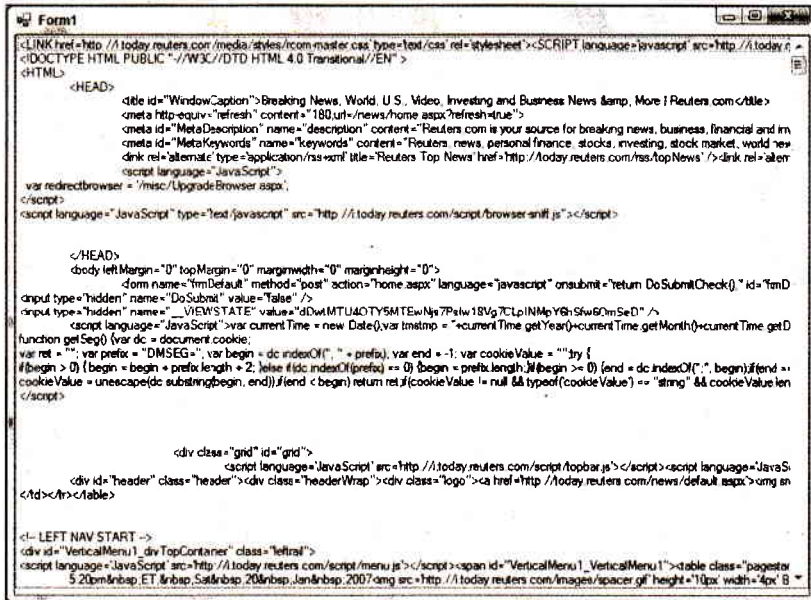


图 24-1

`WebClient` 类还有一个 `OpenWrite()` 方法，它可以返回一个可写的数据流，便于用户把数据发送给 URI。也可以指定用于把数据发送给主机的方法；默认的方法是 `POST`。下面的代码段假定在本地计算机上有一个可写的目录 `accept`，这段代码在该目录下创建 `newfile.txt` 文件，其内容为“Hello World”：

```
WebClient webClient = new WebClient();
Stream stream = webClient.OpenWrite("http://localhost/accept/newfile.txt", "PUT");
StreamWriter streamWriter = new StreamWriter(stream);
streamWriter.WriteLine("Hello World");
streamWriter.Close();
```

### 24.1.3 上传文件

`WebClient` 类还提供了 `UploadFile()` 和 `UploadData()` 方法。在需要投递 HTML 窗体或上传整个文件时，就可以使用这两个方法。`UploadFile()` 方法把文件上传到指定的位置，其中文件名已经给出；而 `UploadData()` 方法把作为字节数组提供的二进制数据上传至指定的 URI (还有一个 `DownloadData()` 方法，用于从 URI 中检索字节数组)：

```
WebClient client = new WebClient();
client.UploadFile("http://www.ourwebsite.com/NewFile.htm",
    "C:\\WebSiteFiles\\NewFile.htm");

byte[] image;
// code to initialize image so it contains all the binary data for
// some jpg file
client.UploadData("http://www.ourwebsite.com/NewFile.jpg", image);
```

尽管 WebClient 类使用起来比较简单,但是它的功能非常有限,特别是不能使用它提供身份验证证书。这样,在上传数据时特殊问题就出现了,许多站点都不会接受没有身份验证的上传文件。尽管可以给请求添加标题信息并检查响应中的标题信息,但这仅限于一般意义上的检查,对于任何一个协议,WebClient 没有具体的支持。这是由于 WebClient 是非常一般的类,可以使用任意协议发送请求和接收响应(如 HTTP、FTP 等)。它不能处理特定于任何协议的任何特性,例如,专用于 HTTP 的 cookie。如果想利用这些特征,就需要使用 System.Net 名称空间中以 WebRequest 类和 WebResponse 类为基础的一系列类。

## 24.2 WebRequest 类和 WebResponse 类

WebRequest 类代表要给某个特定 URI 发送信息的请求,URI 作为参数传递给 Create()方法。WebResponse 类代表从服务器检索的数据。调用 WebRequest.GetResponse()方法,实际上是把请求发送给 Web 服务器,并创建一个 Response 对象,以检查返回的数据。与 WebClient 对象一样,可以得到一个代表数据的数据流,但是,这里的数据流使用 WebResponse.GetResponseStream()方法获得。

本节简要讨论 WebRequest 类、WebResponse 类和其他相关类支持的几个其他领域。

首先讨论怎样使用这些类下载 Web 页面——这个示例与前面的示例一样,但使用 WebRequest 和 WebResponse 类。在此过程中,将解释涉及的类的层次结构,然后阐述怎样利用这个层次结构所支持的其他 HTTP 功能。

下面的代码修改了 BasicWebClient 示例,以使用 WebRequest 类和 WebResponse 类。

```
public Form1()
{
    InitializeComponent();

    WebRequest wrq = WebRequest.Create("http://www.reuters.com");
    WebResponse wrs = wrq.GetResponse();
    Stream strm = wrs.GetResponseStream();
    StreamReader sr = new StreamReader(strm);
    string line;

    while ( (line = sr.ReadLine()) != null)
    {
        listBox1.Items.Add(line);
    }

    strm.Close();
}
```

在这段代码中,首先对代表 Web 请求的对象进行实例化。但在此没有使用构造函数,而是调用静态的 WebRequest.Create()方法,如 24.3.6 节所述,WebRequest 类是支持不同网络协议的类的层次结构的一部分,为了给请求类型接收一个对正确对象的引用,需要一个工厂机制。WebRequest.Create()方法会为给定的协议创建合适的对象。

HTTP 协议的一个重要方面就是能够利用请求数据流和响应数据流发送扩展的标题信息。标题信息可以包括 cookies 以及发送请求的特定浏览器(用户代理)的详细信息。果然,.NET Framework 为访问最重要的数据提供了全方位的支持。WebRequest 类和 WebResponse 类提供了读取标题信息的

一些支持。而两个派生的类 `HttpRequest` 和 `HttpResponse` 提供了其他 HTTP 特定的信息。

如 24.3.6 节所述, 用 HTTP URI 创建 `WebRequest` 会生成一个 `HttpRequest` 对象实例。因为 `HttpRequest` 对象实例派生自 `WebRequest` 类, 所以可以在需要 `WebRequest` 类的任何地方使用新实例。另外, 还可以把实例的类型强制转换为 `HttpRequest` 引用, 并访问 HTTP 协议特定的属性。同样, 在使用 HTTP 时, `GetResponse()` 方法调用会把 `HttpResponse` 实例返回为 `HttpResponse` 引用。也可以进行一个简单的强制转换, 以访问 HTTP 特定的功能。

在 `GetResponse()` 方法调用之前添加如下代码, 可以检查两个标题属性的某些内容:

```
WebRequest wrq = WebRequest.Create("http://www.reuters.com");
HttpRequest hwrq = (HttpRequest)wrq;
listBox1.Items.Add("Request Timeout (ms) = " + wrq.Timeout);
listBox1.Items.Add("Request Keep Alive = " + hwrq.KeepAlive);
listBox1.Items.Add("Request AllowAutoRedirect = " + hwrq.AllowAutoRedirect);
```

`Timeout` 属性的单位是毫秒, 其默认值是 100 000。可以设置这个属性, 以控制 `WebRequest` 对象在抛出 `WebException` 异常之前等待相应的响应时间。可以检查 `WebException.Status` 属性, 以查看产生异常的原因。这个枚举包括超时、连接失败、协议错误等的状态码。

因为 `KeepAlive` 属性是对 HTTP 协议的特定扩展, 所以可以通过 `HttpRequest` 引用访问这个属性。`KeepAlive` 属性允许多个请求使用同一个连接, 在后续的请求中节省关闭和重新打开连接的时间。其默认值为 `true`。

`AllowAutoRedirect` 属性也专用于 `HttpRequest` 类, 使用这个属性可以控制 Web 请求是否应自动跟随 Web 服务器上的重定向响应。其默认值也是 `true`。如果只允许有限次数的重定向, 就可以把 `HttpRequest` 类的 `MaximumAutomaticRedirections` 属性设置为期望的数值。

请求类和响应类以属性的形式提供大多数重要的标题, 也可以使用 `Headers` 属性本身显示标题的整个集合。在 `GetResponse()` 方法调用的后面添加如下代码, 可以把所有标题放在列表框控件中:

```
WebRequest wrq = WebRequest.Create("http://www.reuters.com");
WebResponse wrs = wrq.GetResponse();
WebHeaderCollection whc = wrs.Headers;

for(int i = 0; i < whc.Count; i++)
{
    listBox1.Items.Add(string.Format("Header {0}: {1}",
        whc.GetKey(i), whc[i]));
}
```

这段示例代码会产生如图 24-2 所示的标题列表。

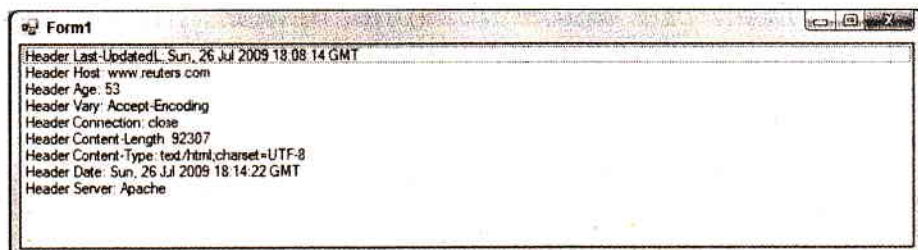


图 24-2

### 24.2.1 身份验证

`WebRequest` 类中的另一个属性是 `Credentials` 属性。如果需要把身份验证证书附带在请求中, 就可以用用户名和密码创建 `NetworkCredential` 类(也在 `System.Net` 名称空间中)的一个实例。在调用 `GetResponse()` 方法之前, 添加下述代码:

```
NetworkCredential myCred = new NetworkCredential("myusername", "mypassword");
wrq.Credentials = myCred;
```

### 24.2.2 使用代理

许多公司都需要使用代理服务器进行所有类型的 HTTP 或 FTP 请求。代理服务器常常使用某种形式的安全性(通常是用户名和密码), 路由公司的所有请求和响应。对于使用 `WebClient` 对象或 `WebRequest` 对象的应用程序, 需要考虑这些代理服务器。与前面的 `NetworkCredential` 对象一样, 在进行调用以执行实际请求之前, 需要使用 `WebProxy` 对象。

```
WebProxy wp = new WebProxy("192.168.1.100", true);
wp.Credentials = new NetworkCredential("user1", "user1Password");
WebRequest wrq = WebRequest.Create("http://www.reuters.com");
wrq.Proxy = wp;
WebResponse wrs = wrq.GetResponse();
```

如果除了证书之外, 还需要设计用户的域, 就应在 `NetworkCredential` 实例上使用另一个签名:

```
WebProxy wp = new WebProxy("192.168.1.100", true);
wp.Credentials = new NetworkCredential("user1", "user1Password", "myDomain");
WebRequest wrq = WebRequest.Create("http://www.reuters.com");
wrq.Proxy = wp;
WebResponse wrs = wrq.GetResponse();
```

### 24.2.3 异步页面请求

`WebRequest` 类的另一个特性就是可以异步地请求页面。这个特性很重要, 因为在给主机发送请求到接收响应之间有很长的延迟。`WebClient.DownloadData()` 和 `WebRequest.GetResponse()` 等方法在响应没有从服务器回来之前, 是不会返回的。如果不希望在那段时间中应用程序处于等待状态, 则最好使用 `BeginGetResponse()` 方法和 `EndGetResponse()` 方法, `BeginGetResponse()` 方法可以异步地工作, 并立即返回。在底层, 运行库会异步地管理一个后台线程, 以从服务器上接收响应。`BeginGetResponse()` 方法不返回 `WebResponse` 对象, 而是返回一个实现 `IAsyncResult` 接口的对象。使用这个接口可以选择或等待可用的响应, 然后调用 `EndGetResponse()` 方法搜集结果。

也可以把一个回调委托传递给 `BeginGetResponse()` 方法。该回调委托的目的地是一个返回类型为 `void` 并把 `IAsyncResult` 引用作为参数的方法, 当工作线程搜集完响应后, 运行库就调用该回调委托, 以通知用户工作已完成。如下面的代码所示, 在回调方法中调用 `EndGetResponse()` 方法可以检索 `WebResponse` 对象:

```
public Form1()
{
    InitializeComponent();
    WebRequest wrq = WebRequest.Create("http://www.reuters.com");
    wrq.BeginGetResponse(new AsyncCallback(OnResponse), wrq);
}
```

```

}

protected static void OnResponse(IAsyncResult ar)
{
    WebRequest wrq = (WebRequest)ar.AsyncState;
    WebResponse wrs = wrq.EndGetResponse(ar);
    // read the response...
}

```

注意可以作为 `BeginGetResponse()` 的第二个参数传递 `WebRequest` 对象, 检索最初的 `WebRequest` 对象。第二个参数是一个对象引用, 称为状态参数。在回调方法的过程中, 可以使用 `IAsyncResult` 接口的 `AsyncState` 属性检索相同的状态对象。

## 24.3 把输出结果显示为 HTML 页面

前面几个示例说明了 .NET 基类如何简化从 Internet 上下载和处理数据。但是, 迄今为止, 从 Internet 上下载的文件都是以纯文本显示的。人们总是希望以 Internet Explorer 的界面样式查看 HTML 文件, 其中呈现的 HTML 允许用户查看 Web 文档的实际面貌。但是, Microsoft 的 Internet Explorer 并没有 .NET 版本, 但这并不意味着这个任务不能完成。

在 .NET Framework 2.0 发布之前, 可以引用封装了 Internet Explorer 的 COM(Component Object Model, 组件对象模型)对象, 使用 .NET 交互操作功能, 把应用程序用作浏览器。现在, 自从 .NET Framework 2.0 发布以来, 就可以在 Windows 窗体应用程序中使用内置的 `WebBrowser` 控件。

`WebBrowser` 控件封装了 COM 对象, 甚至可以更方便地完成以前复杂的任务。除了使用 `WebBrowser` 控件之外, 另一个选项是使用编程功能, 从代码中调用 Internet Explorer 实例。

如果不使用新的 `WebBrowser` 控件, 就可以使用 `System.Diagnostics` 名称空间中的 `Process` 类, 通过编程打开 Internet Explorer 进程, 导航到给定的 Web 页。

```

Process myProcess = new Process();
myProcess.StartInfo.FileName = "iexplore.exe";
myProcess.StartInfo.Arguments = "http://www.wrox.com";
myProcess.Start();

```

但是, 上面的代码会把 Internet Explorer 作为单独的窗口打开, 而应用程序并没有与新窗口相连接, 因此不能控制浏览器。

另一方面, 使用 `WebBrowser` 控件, 可以把浏览器作为应用程序的一个集成部分来显示和控制。新的 `WebBrowser` 控件相当复杂, 提供了许多方法、属性和事件。

### 24.3.1 从应用程序中进行简单的 Web 浏览

为了简单起见, 首先创建一个 Windows 窗体应用程序, 它只有一个 `TextBox` 控件和一个 `WebBrowser` 控件。构建该应用程序, 让最终用户在文本框中输入一个 URL, 并按回车键。`WebBrowser` 控件就会提取 Web 页面, 并显示得到的文档。

在 Visual Studio 2010 设计器中, 应用程序如图 24-3 所示。

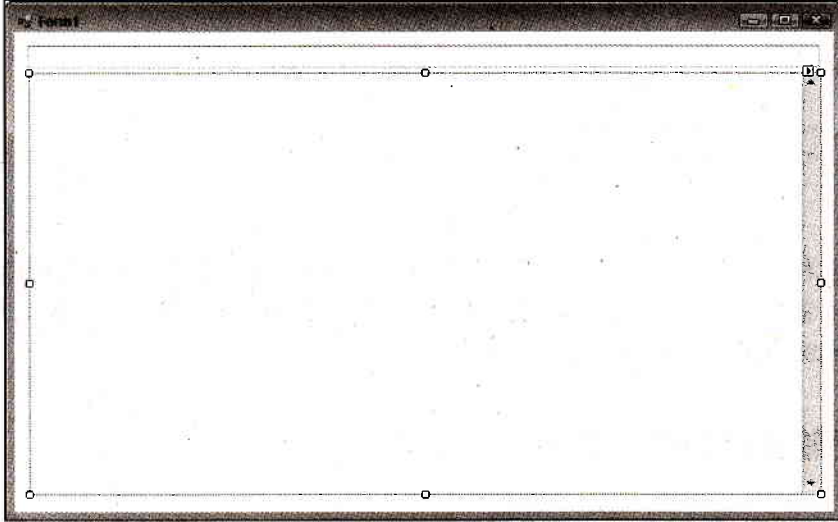


图 24-3

在这个应用程序中，最终用户输入 URL，按回车键后，这个按键动作就会通过应用程序进行注册，然后，WebBrowser 控件就会开始检索请求的页面，然后在该控件中显示它。

该应用程序的代码隐藏如下所示：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
using System;
using System.Windows.Forms;

namespace Browser
{
    partial class Form1: Form
    {
        public Form1()
        {
            InitializeComponent();
        }

        private void textBox1_KeyPress(object sender, KeyPressEventArgs e)
        {
            if (e.KeyChar == (char)13)
            {
                webBrowser1.Navigate(textBox1.Text);
            }
        }
    }
}
```

代码下载 [Browser.sln](#)

在这个示例中，最终用户在文本框中按下的每个键都会被 `textBox1_KeyPress` 事件捕获。如果输入的字符是一个回车键(按回车键，其键码是`(char)13`)，就用 `WebBrowser` 控件采取行动。使用 `WebBrowser` 控件的 `Navigate()`方法，通过 `textBox1.Text` 属性指定 URL(指定为字符串)，最终结果如图 24-4 所示。





图 24-4

### 24.3.2 启动 Internet Explorer 实例

读者可能对上一节描述的把浏览器放在应用程序内部不感兴趣，只对让用户在一般的浏览器中查找 Web 站点感兴趣(例如，单击应用程序中的一个链接)。为了演示这个功能，创建一个 Windows 窗体应用程序，其中有一个 LinkLabel 控件。例如，可以在窗体上放置一个 LinkLabel 控件，显示“Visit our company web site!”。

有了这个控件后，就可以使用下面的代码，在一个单独的浏览器中启动公司的 Web 站点，而不是直接在应用程序的窗体中启动：

```
private void linkLabel1_LinkClicked(object sender, LinkLabelLinkClickedEventArgs e)
{
    WebBrowser wb = new WebBrowser();
    wb.Navigate("http://www.wrox.com", true);
}
```

在这个示例中，用户单击 LinkLabel 控件时，就会新建 WebBrowser 类的一个实例。然后使用 WebBrowser 类的 Navigate()方法，代码指定了 Web 页面的位置和一个布尔值，该布尔值表示是在 Windows 窗体应用程序内部打开这个端点(其值为 false)，还是从一个单独的浏览器中打开这个端点(其值为 true)。它默认设置为 false。在前面的构造过程中，当最终用户单击 Windows 应用程序中的链接时，就实例化一个浏览器实例，并启动 www.Wrox.com 网站。

### 24.3.3 给应用程序提供更多 IE 类型的功能

在前面的例子中，直接在 Windows 窗体应用程序中使用 WebBrowser 控件时，单击页面中包含的链接，TextBox 控件中的文本不会更新，因此不能显示浏览过程的准确位置的 URL。要更正这个错误，应侦听 WebBrowser 控件中的事件，给控件添加处理程序。

为此，要用 HTML 页面的标题更新窗体的标题。只需使用 Navigated 事件，并更新窗体的 Text

属性即可：

```
private void webBrowser1_Navigated(object sender, EventArgs e)
{
    this.Text = webBrowser1.DocumentTitle.ToString();
}
```

在这个示例中，当 **WebBrowser** 控件移动到另一个页面上时，就触发 **Navigated** 事件，并把窗体的标题改为所查看的页面的标题。在一些情况下，处理 **Web** 上的页面时，即使输入了指定的地址，也会被重定向到另一个页面上。用户希望在窗体的文本框(地址栏)中反映这个变化。为此，应根据所查看页面的完整 **URL** 改变窗体的文本框。此时也可以使用 **WebBrowser** 控件的 **Navigated** 事件：

```
private void webBrowser1_Navigated(object sender, WebBrowserNavigatedEventArgs e)
{
    textBox1.Text = webBrowser1.Url.ToString();
    this.Text = webBrowser1.DocumentTitle.ToString();
}
```

这里，在 **WebBrowser** 控件中下载完请求的页面后，触发 **Navigated** 事件。此时，我们只需把 **textBox1** 控件的 **Text** 值更新为页面的 **URL** 即可。也就是说，页面加载到 **WebBrowser** 控件的 **HTML** 容器中后，如果 **URL** 在这个过程中发生变化(例如，有一个重定向过程)，新的 **URL** 就会显示在文本框中。如果使用这些步骤并导航到 **Wrox** 网站(<http://www.wrox.com>)，页面的 **URL** 会立即改为 <http://www.wrox.com/WileyCDA/>。这个过程也说明，如果最终用户单击了 **HTML** 视图中的其中一个链接，就也会在文本框中显示新请求页面的 **URL**。

如果进行了这些修改后，运行应用程序，就会发现窗体的标题和地址栏会像 **Microsoft** 的 **Internet Explorer** 一样变化，如图 24-5 所示。

接着，创建 **IE** 样式的工具栏，让最终用户更多地控制 **WebBrowser** 控件。这样，就可以使用 **Back**、**Forward**、**Stop**、**Refresh** 和 **Home** 等按钮。

这里不使用 **ToolBar** 控件，而是在窗体顶部地址栏的上面添加一组 **Button** 控件。在控件的顶部添加 5 个按钮，如图 24-6 所示。

在这个示例中，修改按钮上的文本，以显示按钮的作用。当然，还可以使用屏幕捕捉实用程序，“借用”并使用 **IE** 的按钮图像。按钮应命名为 **buttonBack**、**buttonForward**、**buttonStop**、**buttonRefresh** 和 **buttonHome**。为了能重置大小，应确保把右边 3 个按钮的 **Anchor** 属性设置为 **Top**、**Right**。

开始时，**buttonBack**、**buttonForward** 和 **buttonStop** 应是禁用的，因为如果没有在 **WebBrowser** 控件中加载初始页面，就不能使用这些按钮。以后应告诉应用程序，根据用户在页面栈的位置，何时启用和禁用 **Back** 按钮和 **Forward** 按钮。另外，在加载页面时，需要启用 **Stop** 按钮，同时，在页



图 24-5

面加载完毕后，需要禁用 Stop 按钮。在页面上再添加一个 Submit 按钮，用于提交所请求的 URL。

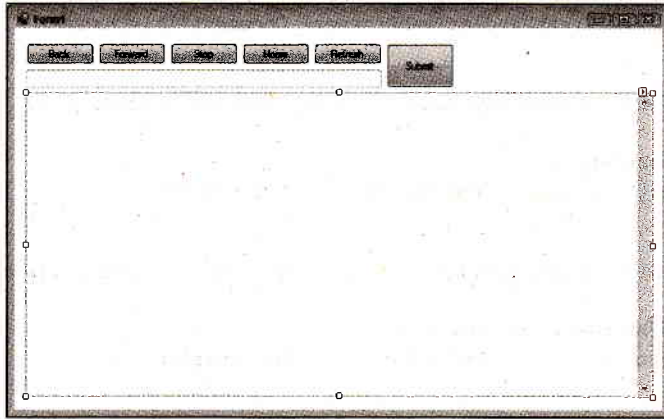


图 24-6

下面首先给按钮添加功能。因为 WebBrowser 类有我们需要的所有方法，所以这很简单：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
using System;
using System.Windows.Forms;

namespace Browser
{
    partial class Form1: Form
    {
        public Form1()
        {
            InitializeComponent();
        }

        private void textBox1_KeyPress(object sender, KeyPressEventArgs e)
        {
            if (e.KeyChar == (char)13)
            {
                webBrowser1.Navigate(textBox1.Text);
            }
        }

        private void webBrowser1_Navigated(object sender,
            WebBrowserNavigatedEventArgs e)
        {
            textBox1.Text = webBrowser1.Url.ToString();
            this.Text = webBrowser1.DocumentTitle.ToString();
        }

        private void Form1_Load(object sender, EventArgs e)
        {
            buttonBack.Enabled = false;
            buttonForward.Enabled = false;
            buttonStop.Enabled = false;

            this.webBrowser1.CanGoBackChanged +=
                new EventHandler(webBrowser1_CanGoBackChanged);
            this.webBrowser1.CanGoForwardChanged +=
```

```

        new EventHandler(webBrowser1_CanGoForwardChanged);
        this.webBrowser1.DocumentTitleChanged +=
            new EventHandler(webBrowser1_DocumentTitleChanged);
    }

    private void buttonBack_Click(object sender, EventArgs e)
    {
        webBrowser1.GoBack();
        textBox1.Text = webBrowser1.Url.ToString();
    }

    private void buttonForward_Click(object sender, EventArgs e)
    {
        webBrowser1.GoForward();
        textBox1.Text = webBrowser1.Url.ToString();
    }

    private void buttonStop_Click(object sender, EventArgs e)
    {
        webBrowser1.Stop();
    }

    private void buttonHome_Click(object sender, EventArgs e)
    {
        webBrowser1.GoHome();
        textBox1.Text = webBrowser1.Url.ToString();
    }

    private void buttonRefresh_Click(object sender, EventArgs e)
    {
        webBrowser1.Refresh();
    }

    private void buttonSubmit_Click(object sender, EventArgs e)
    {
        webBrowser1.Navigate(textBox1.Text);
    }

    private void webBrowser1_Navigating(object sender,
        WebBrowserNavigatingEventArgs e)
    {
        buttonStop.Enabled = true;
    }

    private void webBrowser1_DocumentCompleted(object sender,
        WebBrowserDocumentCompletedEventArgs e)
    {
        buttonStop.Enabled = false;
        if (webBrowser1.CanGoBack)
        {
            buttonBack.Enabled = true;
        }
        else
        {
            buttonBack.Enabled = false;
        }
        if (webBrowser1.CanGoForward)
    }

```

```

        {
            buttonForward.Enabled = true;
        }
        else
        {
            buttonForward.Enabled = false;
        }
    }
}

```

---

代码段 Browser.shn

在这个示例中要执行许多不同的操作，因为最终用户在使用这个应用程序时，有那么多的选项。首先，对于每个按钮单击事件，WebBrowser 类都有一个特定的方法来启动该操作。例如，对于窗体上的 Back 按钮，可以仅使用 WebBrowser 控件的 GoBack() 方法；对于 Forward 按钮要使用 GoForward() 方法；对于其他按钮要使用 Stop()、Refresh() 和 GoHome() 方法。所以，很容易创建工具栏，其操作类似于 Microsoft 的 Internet Explorer。

在第一次加载窗体时，Form1\_Load 事件禁用相应的按钮。此时，最终用户可以在文本框中输入一个 URL，并单击 Submit 按钮，让应用程序检索相应的页面。

为了管理按钮的启用和禁用，必须输入一组事件。如前所述，只要开始下载，就需要启用 Stop 按钮。为此，只需给 Navigating 事件添加事件处理程序，以启用 Stop 按钮：

```

private void webBrowser1_Navigating(object sender,
    WebBrowserNavigatingEventArgs e)
{
    buttonStop.Enabled = true;
}

```

接着，文档加载完毕后，再次禁用 Stop 按钮：

```

private void webBrowser1_DocumentCompleted(object sender,
    WebBrowserDocumentCompletedEventArgs e)
{
    buttonStop.Enabled = false;
}

```

启用和禁用相应的 Back 按钮和 Forward 按钮，实际上依赖于在页面栈中后退或前进的功能。这使用 CanGoForwardChanged() 和 CanGoBackChanged() 事件实现：

```

private void webBrowser1_CanGoBackChanged(object sender, EventArgs e)
{
    if (webBrowser1.CanGoBack)
    {
        buttonBack.Enabled = true;
    }
    else
    {
        buttonBack.Enabled = false;
    }
}

private void webBrowser1_CanGoForwardChanged(object sender, EventArgs e)

```

```

if (webBrowser1.CanGoForward)
{
    buttonForward.Enabled = true;
}
else
{
    buttonForward.Enabled = false;
}
}
}

```

现在运行项目，访问一个 Web 页面，并单击几个链接，还应能使用工具栏，增进浏览体验。最终结果如图 24-7 所示。

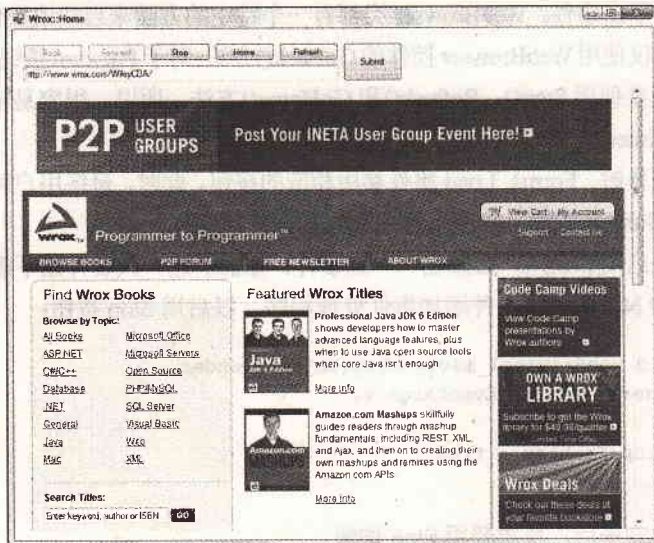


图 24-7

### 24.3.4 使用 WebBrowser 控件打印

用户不仅可以使⽤ WebBrowser 控件查看页面和文档，还可以使⽤ WebBrowser 控件把这些页面和文档发送到打印机上进行打印。要打印在 WebBrowser 控件中查看的页面或文档，只需使⽤下面的构造函数：

```
webBrowser1.Print();
```

与以前相同，不必查看页面或文档，就可以打印它。例如，可以使⽤ WebBrowser 类加载 HTML 文档，并打印它，而无须显示已加载的文档，其代码如下所示：

```

WebBrowser wb = new WebBrowser();
wb.Navigate("http://www.wrox.com");
wb.Print();

```

### 24.3.5 显示请求页面的代码

在本章的开头，我们使⽤ WebRequest 类和 Stream 类获得一个远程页面，以显示所请求页面的代码。下面的代码也可以完成这个任务：

```

public Form1()
{
    InitializeComponent();
    System.Net.WebClient Client = new WebClient();
    Stream strm = Client.OpenRead("http://www.reuters.com");
    StreamReader sr = new StreamReader(strm);
    string line;

    while ( (line=sr.ReadLine()) != null )
    {
        listBox1.Items.Add(line);
    }

    strm.Close();
}

```

然而，现在，引入了 WebBrowser 控件后，这个任务就更容易完成。为此，需要修改本章前面开发的浏览器应用程序，只需在 Document\_Completed 事件中添加一行代码即可进行修改，如下所示：

```

private void webBrowser1_DocumentCompleted(object sender,
    WebBrowserDocumentCompletedEventArgs e)
{
    buttonStop.Enabled = false;
    textBox2.Text = webBrowser1.DocumentText;
}

```

在应用程序中，在 WebBrowser 控件的下面添加另一个 TextBox 控件。在最终用户请求页面时，不仅要在 TextBox 控件中显示页面的可视化部分，还要显示页面的代码。要显示页面的代码，只需使用 WebBrowser 控件的 DocumentText 属性，它会把整个页面的内容显示为一个字符串。另一个选项是使用 DocumentStream 属性把页面的内容作为一个数据流。添加第二个文本框，可以把页面的内容显示为字符串，结果如图 24-8 所示。

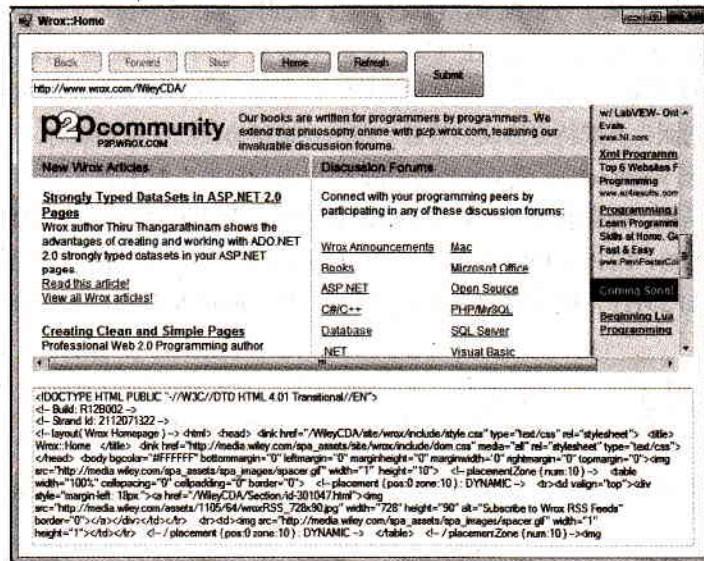


图 24-8

### 24.3.6 WebRequest 类和 WebResponse 类的层次结构

本节详细讨论 WebRequest 类和 WebResponse 类的底层体系结构。

图 24-9 显示了相关类的继承层次结构。

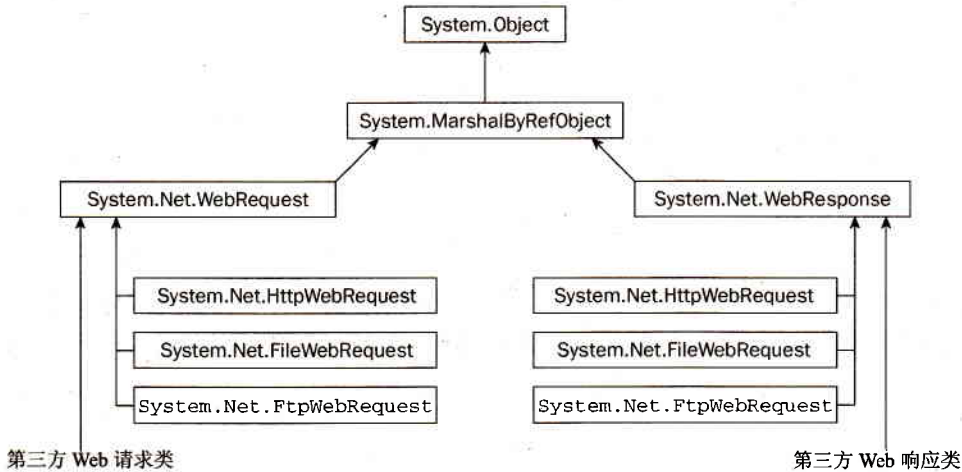


图 24-9

这个层次结构不仅仅包含刚才在代码中使用的两个类。实际上，应该知道 WebRequest 类和 WebResponse 类都是抽象的，不能进行实例化。这些基类提供了用于处理 Web 请求和响应的通用功能，这些功能独立于给定操作所使用的协议。请求总是通过某一特定协议(如 HTTP、FTP、SMTP 等)实现，并由为该协议编写的派生类处理相应请求。Microsoft 称之为“可插入协议”。

在 24.2 节的代码中，变量定义为对基类的引用，但是 WebRequest.Create()方法实际上给出了一个 HttpWebRequest 对象，GetResponse()方法实际上返回一个 HttpWebResponse 对象。这个基于工厂的机制在客户端代码中隐藏了许多细节，以支持基于相同代码的各种协议。

有了 WebRequest.Create()方法，在 URI 中就不需要专门用于处理 HTTP 协议的对象。WebRequest.Create()方法检查 URI 中的协议说明符，以实例化和返回一个适当类的对象。这样代码就不必了解所使用的派生类或特定协议的信息。在需要访问协议的特定功能时，应使用派生类的属性和方法，此时要把 WebRequest 或 WebResponse 引用强制转换为派生类。

有了这个体系结构，就应能使用任意通用协议发送请求。但是，Microsoft 目前提供的派生类只适用于 HTTP、HTTPS、FTP 和 FILE 协议。NET Framework 自从 2.0 版本以来支持 FTP。如果要利用其他的协议，如 SMTP，则需要使用 WCF(替代了 Windows API)或 Smtplib 对象。

## 24.4 实用工具类

本节将讨论一些实用工具类，它们在处理 URI 和 IP 地址时可简化 Web 编程。

### 24.4.1 URI

Uri 和 UriBuilder 是 System(注意：不是 System.Net)名称空间中的两个类，它们都用于表示 URI。



UriBuilder 类允许把给定的字符串当作 URI 的组成部分，从而构建一个 URI，而 Uri 类允许分析、组合和比较 URI。

对于 Uri 类，构造函数需要一个完整的 URI 字符串：

```
Uri MSPage = new
Uri("http://www.Microsoft.com/SomeFolder/SomeFile.htm?Order=true");
```

Uri 类提供了许多只读属性。当 Uri 对象构造出来之后，它就不能修改了。

```
string Query = MSPage.Query;           // ?Order=true;
string AbsolutePath = MSPage.AbsolutePath; // /SomeFolder/SomeFile.htm
string Scheme = MSPage.Scheme;         // http
int Port = MSPage.Port;                 // 80 (the default for http)
string Host = MSPage.Host;              // www.microsoft.com
bool IsDefaultPort = MSPage.IsDefaultPort; // true since 80 is default
```

然而，UriBuilder 类的属性较少：只允许构建一个完整的 URI。这些属性可读写。

可以给构造函数提供构建 URI 所需的各个组件：

```
UriBuilder MSPage = new
UriBuilder("http", "www.microsoft.com", 80, "SomeFolder/SomeFile.htm");
```

或者把值赋给属性，构建 URI 的组件。

```
UriBuilder MSPage = new UriBuilder();
MSPage.Scheme = "http";
MSPage.Host = "www.microsoft.com";
MSPage.Port = 80;
MSPage.Path = "SomeFolder/SomeFile.htm";
```

在完成 UriBuilder 类的初始化后，就可以使用 Uri 属性获得相应的 Uri 对象。

```
Uri CompletedUri = MSPage.Uri;
```

#### 24.4.2 IP 地址和 DNS 名称

在 Internet 上，服务器和客户端都由 IP 地址或主机名(也称作 DNS 名称)标识。通常，主机名是在 Web 浏览器的窗口中输入的友好名称，如 www.wrox.com 或 www.microsoft.com 等。另一方面，IP 地址是计算机用于互相标识的标识符，它实际上是用于确保 Web 请求和响应到达相应计算机的地址。计算机甚至可以有多个 IP 地址。

目前，IP 地址一般是一个 32 位的值。例如 192.168.1.100 就是一个 32 位的 IP 地址。IP 地址的这个格式称为 Internet Protocol 版本 4。目前有许多计算机和其他设备在竞争 Internet 上的一个地点，所以人们开发了一种较新的地址 Internet Protocol 版本 6。IPv6 提供了 64 位的 IP 地址。IPv6 至多可以提供  $3 \times 10^{28}$  个不同的地址。NET Framework 允许应用程序使用 IPv4 和 IPv6。

为了使这些主机名发挥作用，首先必须发送一个网络请求，把主机名翻译成 IP 地址，翻译工作由一个或几个 DNS 服务器完成。

DNS 服务器中保存的一个表把主机名映射为它知道的所有计算机的 IP 地址，以及用于在该表中查找它不知道的主机名的其他 DNS 服务器的 IP 地址。本地计算机至少要知道一个 DNS 服务器。

网络管理员在计算机启动时配置该信息。

在发送请求之前，计算机首先应要求 DNS 服务器指出与输入的主机名相对应的 IP 地址。找到正确的 IP 地址后，计算机就可以定位请求，并通过网络发送它。所有这些工作一般都在用户浏览 Web 时在后台进行。

### 1. 用于 IP 地址的 .NET 类

.NET Framework 提供了许多能够帮助寻找 IP 地址和主机信息的类。

#### (1) IPAddress 类

IPAddress 类代表 IP 地址。地址本身可以作为 GetAddressBytes 属性，并使用 ToString() 方法把 IP 地址转化为用小点隔开的十进制格式。此外，IPAddress 类也实现静态的 Parse() 方法，这个方法的作用与 ToString() 方法正好相反，把小点隔开的十进制字符串转化为 IP 地址。

```
IPAddress ipAddress = IPAddress.Parse("234.56.78.9");
byte[] address = ipAddress.GetAddressBytes();
string ipString = ipAddress.ToString();
```

在上面的示例中，byte 整型数 address 的值是 IP 地址的二进制表示，字符串 ipString 的值为文本“234.56.78.9”。

IPAddress 类还提供了许多静态的常量字段，以返回特殊的 IP 地址。例如，Loopback 地址允许计算机给它自己发送消息，而 Broadcast 地址允许多播到本地网络上。

```
// The following line will set loopback to "127.0.0.1".
// the loopback address indicates the local host.
string loopback = IPAddress.Loopback.ToString();

// The following line will set broadcast address to "255.255.255.255".
// the broadcast address is used to send a message to all machines on
// the local network.
string broadcast = IPAddress.Broadcast.ToString();
```

#### (2) IPEndPoint 类

IPEndPoint 类用于封装与某台特定的主机相关的信息。通过这个类的 HostName 属性(这个属性返回一个字符串)，可以使用主机名；通过 AddressList 属性返回一个 IPAddress 对象数组。下一个示例 DnsLookupResolver 将使用 IPEndPoint 类。

#### (3) Dns 类

Dns 类能够与默认的 DNS 服务器进行通信，以检索 IP 地址。Dns 类有两个重要的静态方法：Resolve() 方法和 GetHostByAddress() 方法。给 Resolve() 方法提供主机名，Resolve() 方法就可以使用 DNS 服务器获取主机的详细信息；给 GetHostByAddress() 方法提供 IP 地址，GetHostByAddress() 方法也可以返回主机的详细信息。这两个方法都返回一个 IPEndPoint 对象。

```
IPEndPoint wroxHost = Dns.Resolve("www.wrox.com");
IPEndPoint wroxHostCopy = Dns.GetHostByAddress("208.215.179.178");
```

在这段代码中，两个 IPEndPoint 对象将包含 Wrox.com 服务器的详细信息。

Dns 类与 IPAddress 类和 IPEndPoint 类的不同之处在于：Dns 实际上可以与服务器进行通信，以获取有关信息；而 IPAddress 类和 IPEndPoint 类只是包含许多便利属性的简单数据结构，可以访

问底层的数据。

## 2. DnsLookup 示例

下面通过查找 DNS 名称的示例 DnsLookup, 来阐明与 DNS 和 IP 相关的类, 如图 24-10 所示。

该示例让用户在主文本框中输入 DNS 名称, 当用户单击 Resolve 按钮时, 这个示例就使用 Dns.Resolve()方法检索 IPHostEntry 引用, 并显示主机名和 IP 地址。注意, 显示的主机名也许与输入的名称不同, 如果一个 DNS 名称(www.microsoft.com)仅作为另一个 DNS 名称(lb1.www.ms.akadns.net)的代理, 就会发生这种情况。

DnsLookup 应用程序是一个标准的 C# Windows 应用程序。把这个应用程序添加如图 24-10 所示的控件, 这些控件分别命名为 textBoxInput、btnResolve、textBoxHostName 和 listBoxIPs。然后, 把下面的方法添加到 Form1 类中, 作为 btnResolve 的 Click 事件的事件处理程序。

```
void btnResolve_Click (object sender, EventArgs e)
{
    try
    {
        IPHostEntry iphost = Dns.GetHostEntry(textBoxInput.Text);
        foreach (IPAddress ip in iphost.AddressList)
        {
            string ipaddress = ip.AddressFamily.ToString();
            listBoxIPs.Items.Add(ipaddress);
            listBoxIPs.Items.Add(" " + ip.ToString());
        }
        textBoxHostName.Text = iphost.HostName;
    }
    catch (Exception ex)
    {
        MessageBox.Show("Unable to process the request because " +
            "the following problem occurred:\n" +
            ex.Message, "Exception occurred");
    }
}
```

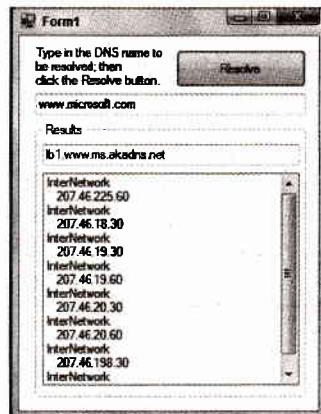


图 24-10

注意, 在这段代码中如何捕获异常。如果用户输入了无效的 DNS 名称, 或者网络处于断开状态, 就会产生异常。

在检索到 IPHostEntry 实例之后, 使用它的 AddressList 属性获取包含 IP 地址的数组, 再用 foreach 循环遍历该数组。对于每一项, 都使用 IPAddress.AddressFamily.ToString()方法把 IP 地址显示为整数和字符串。

## 24.5 较低层的协议

本节简要介绍一些用于在较低层次上进行通信的 .NET 类。

System.Net.Sockets 名称空间包含一些相关类。例如，这些类允许直接发送 TCP 网络请求或在某个特定端口上侦听 TCP 网络请求。其中主要的类如表 24-1 所示。

表 24-1

类	用途
Socket	这个低层的类用于管理连接。WebRequest、TcpClient 和 UdpClient 等类在内部使用这个类
NetworkStream	这个类是从 Stream 派生的，它表示来自网络的数据流
SmtpClient	允许通过 SMTP 发送消息(邮件)
TcpClient	允许创建和使用 TCP 连接
TcpListener	允许侦听引入的 TCP 连接请求
UdpClient	用于为 UDP 客户创建连接(UDP 是 TCP 的一种替代协议，但它没有得到广泛的使用，主要用于本地网络)

网络的通信分为几个不同的层次，本章迄今为止讨论的类都工作在最高层，即处理某些特定命令的一层。如果考虑使用 FTP 传输文件，这个概念就非常容易理解。尽管目前的 GUI 应用程序隐藏了许多 FTP 细节，但在命令行提示符上执行 FTP 还是不久之前的事。在这个环境中，显式地输入一些要发送至服务器的命令，以下载、上传和列出文件。

FTP 并不是依赖于文本命令的唯一高层协议，HTTP、SMTP、POP 和其他协议都基于相似的文本命令。同样许多现代的图形工具隐藏了命令的传输过程，因此用户一般意识不到这些命令的存在。例如，在 Web 浏览器中输入 URL 和把 Web 请求发送给服务器时，浏览器实际上发送给服务器的是纯文本的 GET 命令，这条命令与 FTP 的 get 命令相似。此外，浏览器也可以发送 POST 命令，该命令表示浏览器在请求上附有其他数据。

但是，这些协议本身都不足以实现计算机之间的通信。即使客户和服务器都理解某个协议，如 HTTP，它们仍然不能互相理解，除非另外有协议说明字符是如何传输的，使用的是什么二进制格式？更进一步地，认真考虑最低层问题，什么电压用于代表二进制数据中的 0 和 1？这些问题都需要通过协议配置和规定它们，网络领域的开发人员和硬件工程师通常要查阅协议栈。在列出两个主机进行通信所需的各种协议和机制时，创建一个协议栈，其中既有最高层的协议，也有最底层的协议。这种方法利用模块化和分层的方式获得了高效的通信。

幸运的是，对于大多数的开发工作，我们都不需要使用协议栈或处理电压级别。但是，如果要编写代码，该代码需要在计算机之间进行高效的通信，则需要编写的代码可以直接在计算机之间发送二进制数据包。这是 TCP 之类协议的领域，Microsoft 提供的许多类都允许方便地使用该层次上的二进制数据来工作。

### 24.5.1 使用 SmtpClient

SmtpClient 对象可以通过 SMTP 传送邮件消息。使用 SmtpClient 对象的一个简单示例如下：

```
SmtpClient sc = new SmtpClient("mail.mySmtpHost.com");
sc.Send("evjen@yahoo.com", "editor@wrox.com",
    "The latest chapter", "Here is the latest.");
```

在其最简单的形式中，使用了 `SmtpClient` 对象的一个实例。在这个例子中，该实例还提供给 SMTP 服务器的主机，SMTP 服务器用来在 Internet 上发送邮件消息。还可以使用 `Host` 属性完成相同的任务：

```
SmtpClient sc = new SmtpClient();
sc.Host = "mail.mySmtpHost.com";
sc.Send("evjen@yahoo.com", "editor@wrox.com",
    "The latest chapter", "Here is the latest.");
```

有了 `SmtpClient` 对象后，就可以调用 `Send()` 方法，提供 `From` 地址、`To` 地址、主题以及邮件的消息正文。

在许多情况下，邮件消息都比这里的示例复杂。为此，还可以给 `Send()` 方法传递一个 `MailMessage` 对象：

```
SmtpClient sc = new SmtpClient();
sc.Host = "mail.mySmtpHost.com";
MailMessage mm = new MailMessage();
mm.Sender = new MailAddress("evjen@yahoo.com", "Bill Evjen");
mm.To.Add(new MailAddress("editor@wrox.com", "Paul Reese"));
mm.To.Add(new MailAddress("marketing@wrox.com", "Wrox Marketing"));
mm.CC.Add(new MailAddress("publisher@wrox.com", "Barry Pruett"));
mm.Subject = "The latest chapter";
mm.Body = "<b>Here you can put a long message</b>";
mm.IsBodyHtml = true;
mm.Priority = MailPriority.High;
sc.Send(mm);
```

使用 `MailMessage` 对象可以细调构建邮件消息的方式。我们可以发送 HTML 消息，添加任意多个 `To` 和 `CC` 接收人，修改消息的优先级，使用消息编码，以及添加附件。添加附件的功能在下面的代码段中定义：

```
SmtpClient sc = new SmtpClient();
sc.Host = "mail.mySmtpHost.com";
MailMessage mm = new MailMessage();
mm.Sender = new MailAddress("evjen@yahoo.com", "Bill Evjen");
mm.To.Add(new MailAddress("editor@wrox.com", "Paul Reese"));
mm.To.Add(new MailAddress("marketing@wrox.com", "Wrox Marketing"));
mm.CC.Add(new MailAddress("publisher@wrox.com", "Barry Pruett"));
mm.Subject = "The latest chapter";
mm.Body = "<b>Here you can put a long message</b>";
mm.IsBodyHtml = true;
mm.Priority = MailPriority.High;
Attachment att = new Attachment("myExcelResults.zip",
    MediaTypeNames.Application.Zip);
mm.Attachments.Add(att);
sc.Send(mm);
```

这段代码创建了一个 `Attachment` 对象，使用 `Add()` 方法给 `MailMessage` 对象添加该对象，之后调用 `Send()` 方法。

### 24.5.2 使用 TCP 类

传输控制协议(TCP)类为连接和发送两个端点之间的数据提供了简单的方法。端点是 IP 地址和端口号的组合。已有的协议很好地定义了端口号,例如,HTTP 使用端口 80,而 SMTP 使用端口 25,Internet 分号机构(即 IANA, <http://www.iana.org>)把端口号赋予这些已知的服务。除非实现某个已知的服务,否则应选择大于 1024 的端口号。

TCP 流量构成了目前 Internet 上的主要流量。TCP 通常是首选的协议,因为它提供了有保证的传输、错误校正和缓存。TcpClient 类封装了 TCP 连接,提供了许多属性来控制连接,包括缓冲、缓冲区的大小和超时。通过 GetStream()方法请求 NetworkStream 对象时可以附带读写功能。

TcpListener 类用 Start()方法侦听引入的 TCP 连接。当连接请求到达时,可以使用 AcceptSocket()方法返回一个套接字,以与远程计算机通信,或使用 AcceptTcpClient()方法通过高层的 TcpClient 对象进行通信。阐明 TcpListener 类和 TcpClient 类如何工作的最简单的方式是举一个示例。

### 24.5.3 TcpSend 和 TcpReceive 示例

为了说明这两个类的工作原理,需要构建两个应用程序。第一个应用程序是 TcpSend,如图 24-11 所示。这个应用程序打开一个到服务器的 TCP 连接,并为它自己发送 C#源代码。

再创建一个 C# Windows 应用程序,其中的窗体包含两个文本框(txtHost 和 txtPort),分别用于主机名和端口,该窗体还有一个按钮(btnSend),单击它可以启动一个连接。首先,确保包含相关的名称空间:

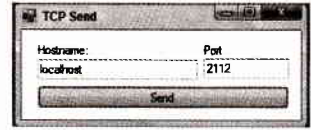


图 24-11

```
using System;
using System.IO;
using System.Net.Sockets;
using System.Windows.Forms;
```

按钮的 Click 事件的事件处理程序如下所示。

```
private void btnSend_Click(object sender, System.EventArgs e)
{
    TcpClient tcpClient = new TcpClient(txtHost.Text, Int32.Parse(txtPort.Text));
    NetworkStream ns = tcpClient.GetStream();
    FileStream fs = File.Open("form1.cs", FileMode.Open);

    int data = fs.ReadByte();

    while(data != -1)
    {
        ns.WriteByte((byte)data);
        data = fs.ReadByte();
    }

    fs.Close();
    ns.Close();
    tcpClient.Close();
}
```

这个示例用主机名和端口号创建 TcpClient 类。另外,如果有 IPEndPoint 类的一个实例,就可以

把该实例传递给 TcpClient 类的构造函数。在检索到 NetworkStream 类的一个实例后，打开源代码文件，并开始读取字节。与许多二进制流一样，这里也需要将 ReadByte() 方法的返回值和 -1 相比较，以确定是否到达流的末尾。循环读取了所有的字节，并把它们发送给网络流后，就应关闭所有打开的文件、连接和流。

在连接的另一端，TcpReceive 应用程序显示传输完成后接收到的文件，如图 24-12 所示。

```

using System;
using System.IO;
using System.Net.Sockets;
using System.Windows.Forms;

namespace TcpSend
{
    public partial class Form1 : Form
    {
        public Form1()
        {
            InitializeComponent();
        }

        private void button1_Click(object sender, EventArgs e)
        {
            TcpClient tcpClient = new TcpClient(@"127.0.0.1", 32);
            NetworkStream ns = tcpClient.GetStream();
            FileStream fs = File.Open(@"\.\form1.txt", FileMode.Append);

            int data = ns.ReadByte();
            while (data != -1)
            {
                fs.WriteByte((byte)data);
                data = ns.ReadByte();
            }

            fs.Close();
            ns.Close();
            tcpClient.Close();
        }
    }
}

```

图 24-12

该窗体只包含一个 TextBox 控件 txtDisplay。TcpReceive 应用程序使用 TcpListener 等待引入的连接。为了避免应用程序界面的冻结，我们使用一个后台线程来等待，然后从连接中读取。因此还需要包含 System.Threading 名称空间以及这些其他名称空间：

```

using System;
using System.IO;
using System.Net;
using System.Net.Sockets;
using System.Threading;
using System.Windows.Forms;

```

在窗体的构造函数中，添加一个后台线程：

```

public Form1()
{
    InitializeComponent();
    Thread thread = new Thread(new ThreadStart(Listen));
    thread.Start();
}

```

其他重要的代码如下所示。

```

public void Listen()
{
    IPAddress localAddr = IPAddress.Parse("127.0.0.1");
    Int32 port = 2112;
    TcpListener tcpListener = new TcpListener(localAddr, port);
    tcpListener.Start();
}

```

```

    TcpClient tcpClient = tcpListener.AcceptTcpClient();

    NetworkStream ns = tcpClient.GetStream();
    StreamReader sr = new StreamReader(ns);
    string result = sr.ReadToEnd();
    Invoke(new UpdateDisplayDelegate(UpdateDisplay), new object[] {result});
    tcpClient.Close();
    tcpListener.Stop();
}

public void UpdateDisplay(string text)
{
    txtDisplay.Text= text;
}

protected delegate void UpdateDisplayDelegate(string text);

```

该线程在 Listen()方法中开始执行，并允许在不暂停界面的情况下阻塞对 AcceptTcpClient()方法的调用。注意这里把 IP 地址 127.0.0.1 和端口号 2112 硬编码到应用程序中，因此需要从客户端应用程序中输入相同的端口号。

我们使用 AcceptTcpClient()方法返回的 TcpClient 对象打开一个新流，进行读取。与本章前面的示例类似，创建一个 StreamReader，把引入的网络数据转换为字符串。在关闭客户端和停止侦听程序前，更新窗体的文本框。因为我们不想从后台线程中直接访问文本框，所以使用窗体的 Invoke()方法和一个委托，把得到的字符串作为 object 参数数组的第一个元素来传递。Invoke()方法可确保用户的调用正确地封送到线程中，该线程拥有用户界面中的控制句柄。

## 24.5.4 TCP 和 UDP

本节要介绍的另一个协议是UDP(用户数据报协议)。UDP是一个几乎没有什么功能的简单协议，且几乎没有什么系统开销。开发人员常常在速度和性能要求比可靠性更高的应用程序中使用UDP，例如，视频流。相反，TCP提供了许多功能来确保数据的传输，它还提供了错误校正，和当数据丢失或数据包损坏时重新传输它们的功能。最后，TCP可缓存传入和传出的数据，还保证在传输过程中，在把数据包传送给应用程序之前，重组杂乱的一系列数据包。即使有一些额外的开销，TCP仍是在Internet上使用最广泛的协议，因为它有非常高的可靠性。

## 24.5.5 UDP 类

可以看出，与TcpClient类相比，UdpClient类提供了一个较小、较简单的界面。这反映出UDP协议相对简单的本质。尽管TCP类和UDP类都在后台使用套接字，但UdpClient类不包含返回用来网络流以读写数据的方法。相反，成员函数Send()把一个字节数组作为参数，Receive()函数则返回一个字节数组。另外，因为UDP是一个无连接的协议，所以可以指定把通信的端点作为Send()方法和Receive()方法的一个参数，而不是在前面的构造函数或Connect()方法中指定。也可以在某个后续的发送或接收过程中修改端点。

下面的代码段使用UdpClient类给回应服务(echo service)发送一条消息。带有回显服务的服务器在端口7处接受TCP或UDP连接。回显服务只把发送给服务器的数据再发送回客户端。这个服务可用于诊断和测试(尽管许多系统管理员从安全的角度考虑，禁用回显服务)。



```

using System;
using System.Text;
using System.Net;
using System.Net.Sockets;
namespace Wrox.ProCSharp.InternetAccess.UdpExample
{
    class Class1
    {
        [STAThread]
        static void Main(string[] args)
        {
            UdpClient udpClient = new UdpClient();
            string sendMsg = "Hello Echo Server";
            byte [] sendBytes = Encoding.ASCII.GetBytes(sendMsg);
            udpClient.Send(sendBytes, sendBytes.Length, "SomeEchoServer.net", 7);
            IPEndPoint endPoint = new IPEndPoint(0,0);
            byte [] rcvBytes = udpClient.Receive(ref endPoint);
            string rcvMessage = Encoding.ASCII.GetString(rcvBytes,
                                                         0,
                                                         rcvBytes.Length);

            // should print out "Hello Echo Server"
            Console.WriteLine(rcvMessage);
        }
    }
}

```

`Encoding.ASCII` 类常常用于把字符串转换为字节数组, 或把字节数组转换为字符串。还要注意, `IPEndPoint` 应通过引用传递给 `Receive()` 方法。因为 UDP 不是一个面向连接的协议, 对 `Receive()` 方法的每次调用都会从不同的端点读取数据, 所以 `Receive()` 方法会用发送主机的 IP 地址和端口填充该参数。

`UdpClient` 类和 `TcpClient` 类在最低层的 `Socket` 类上提供了一个抽象层。

### 24.5.6 Socket 类

`Socket` 类提供了网络编程中最高级的控制。说明该类最简单的方式是用 `Socket` 类重写 `TcpReceive` 应用程序。更新后的 `Listen()` 方法如下例所示:

```

public void Listen()
{
    Socket listener = new Socket(AddressFamily.InterNetwork,
                                SocketType.Stream,
                                ProtocolType.Tcp);
    listener.Bind(new IPEndPoint(IPAddress.Any, 2112));
    listener.Listen(0);
    Socket socket = listener.Accept();
    Stream netStream = new NetworkStream(socket);
    StreamReader reader = new StreamReader(netStream);

    string result = reader.ReadToEnd();
    Invoke(new UpdateDisplayDelegate(UpdateDisplay),
           new object[] {result} );
    socket.Close();
}

```

```
listener.Close();  
}
```

Socket 类需要再编写几行代码来完成相同的任务。对于初学者，构造函数的参数需要为使用 TCP 协议的流套接字指定 IP 寻址方案。这些参数只可用于 Socket 类的许多组合中的一个，TcpClient 类会配置这些设置。接着把侦听器的套接字绑定到一个端口上，开始侦听引入的连接。当引入的请求到达时，就可以使用 Accept() 方法创建一个新的套接字，来处理该连接。最后为套接字附加一个 StreamReader 实例，来读取引入的数据，其方式与前面的大致相同。

Socket 类也包含许多方法，用于异步地接受、连接、发送和接收数据。通过回调委托使用这些方法的方式与前面用 WebRequest 类请求异步页面的方式相同。如果确实需要了解套接字的内部情况，就可以使用 GetSocketOption() 方法和 SetSocketOption() 方法，它们允许查看和配置各种选项，包括超时、生存期和其他低级选项。下面介绍另一个使用套接字的例子。

### 1. 构建服务器控制台应用程序

为了进一步探讨 Socket 类，下一个例子创建一个控制台应用程序，该应用程序作为引入的入套接字请求的服务器。从那里，并行地创建第二个例子(另一个控制台应用程序)，它把一条消息发送给服务器控制台应用程序。

第一个应用程序是用作服务器的控制台应用程序，它会在指定的 TCP 端口上打开一个套接字，侦听传入的消息。该控制台应用程序的代码如下：

```
using System;  
using System.Net;  
using System.Net.Sockets;  
using System.Text;  
  
namespace SocketConsole  
{  
    class Program  
    {  
        static void Main()  
        {  
            Console.WriteLine("Starting: Creating Socket object");  
            Socket listener = new Socket(AddressFamily.InterNetwork,  
                                         SocketType.Stream,  
                                         ProtocolType.Tcp);  
            listener.Bind(new IPEndPoint(IPAddress.Any, 2112));  
            listener.Listen(10);  
  
            while (true)  
            {  
                Console.WriteLine("Waiting for connection on port 2112");  
                Socket socket = listener.Accept();  
                string receivedValue = string.Empty;  
  
                while (true)  
                {  
                    byte[] receivedBytes = new byte[1024];  
                    int numBytes = socket.Receive(receivedBytes);  
                    Console.WriteLine("Receiving .");  
                    receivedValue += Encoding.ASCII.GetString(receivedBytes,
```

```

        0, numBytes);
        if (receivedValue.IndexOf("[FINAL]") > -1)
        {
            break;
        }
    }

    Console.WriteLine("Received value: {0}", receivedValue);
    string replyValue = "Message successfully received.";
    byte[] replyMessage = Encoding.ASCII.GetBytes(replyValue);
    socket.Send(replyMessage);
    socket.Shutdown(SocketShutdown.Both);
    socket.Close();
}
listener.Close();
}
}
}

```

这个例子使用 `Socket` 类建立了一个套接字。该套接字使用 TCP 协议，并通过端口 2112 接收从任意 IP 地址引入的消息。把通过打开的套接字接收到的值写入控制台屏幕上。使用这个应用程序会继续接收字节，直到接收到 [FINAL] 字符串为止。这个 [FINAL] 字符串表示引入的消息的末尾，之后就可以解释消息了。

从客户端上接收到消息的末尾后，就把一条回应消息发送给该客户端。之后，使用 `Close()` 方法关闭套接字，控制台应用程序继续等待接收新的消息。

## 2. 构建客户端应用程序

下一步是构建一个客户端应用程序，该应用程序给第一个控制台应用程序发送一条消息。客户端只要遵循该应用程序建立的规则，就可以给服务器控制台应用程序发送任意消息。第一条规则是服务器控制台应用程序只使用特定的协议侦听。本例的服务器应用程序使用 TCP 协议侦听消息。另一条规则是服务器应用程序只侦听特定的端口，对于本例是端口 2112。最后一条规则是对于任意正在发送的消息，消息的最后一位必须以字符串 [FINAL] 结尾。

下面的客户端控制台应用程序遵循这些规则：

```

using System;
using System.Net;
using System.Net.Sockets;
using System.Text;

namespace SocketConsoleClient
{
    class Program
    {
        static void Main()
        {
            byte[] receivedBytes = new byte[1024];
            IPHostEntry ipHost = Dns.Resolve("127.0.0.1");
            IPAddress ipAddress = ipHost.AddressList[0];
            IPEndPoint ipEndPoint = new IPEndPoint(ipAddress, 2112);
            Console.WriteLine("Starting: Creating Socket object");

```

```
Socket sender = new Socket(AddressFamily.InterNetwork,
                            SocketType.Stream,
                            ProtocolType.Tcp);

sender.Connect(ipEndPoint);
Console.WriteLine("Successfully connected to {0}",
                 sender.RemoteEndPoint);
string sendingMessage = "Hello World Socket Test";
Console.WriteLine("Creating message: Hello World Socket Test");
byte[] forwardMessage = Encoding.ASCII.GetBytes(sendingMessage
        + "[FINAL]");
sender.Send(forwardMessage);
int totalBytesReceived = sender.Receive(receivedBytes);
Console.WriteLine("Message provided from server: {0}",
                 Encoding.ASCII.GetString(receivedBytes,
        0, totalBytesReceived));
sender.Shutdown(SocketShutdown.Both);
sender.Close();
Console.ReadLine();
}
```

在这个例子中，使用 localhost 的 IP 地址和服务器控制台应用程序要求的端口 2112 创建一个 IPEndPoint 对象。这里创建了一个套接字，调用了 Connect() 方法。打开套接字并连接到服务器控制台应用程序的套接字实例后，使用 Send() 方法把一个文本字符串发送给服务器应用程序。因为服务器应用程序会返回一条消息，所以使用 Receive() 方法获取这条消息(把它放在一个字节数组中)。之后，将字节数组转换为一个字符串，并把它显示在控制台应用程序上，最后关闭套接字。

运行这个应用程序，结果如图 24-13 所示。



图 24-13

查看图 24-13 中的两个控制台应用程序，会发现服务器应用程序打开并等待引入的消息。引入的消息从客户端应用程序中发送。接着，所发送的字符串由服务器应用程序显示。在接收和显示第一条消息后，服务器应用程序会等待其他消息的传入。关闭客户端应用程序，然后再次运行它，就会看到这一点。接着会看到服务器应用程序再次显示接收到的消息。

## 24.6 小结

本章回顾了 System.Net 名称空间中用于网络通信的 .NET Framework 类。从中可了解到, 某些 .NET 基类可处理在网络和 Internet 上打开的客户端连接, 如何给服务器发送请求和从服务器接收响应, 最常见的应用就是接收 HTML 页面。利用 .NET 4 中的 WebBrowser 控件, 可以轻松地从桌面应用程序中使用 Internet Explorer。

作为一般的规则, 在使用 System.Net 名称空间中的类编程时, 应尽可能一直使用最通用的类。例如, 使用 TCPClient 类代替 Socket 类, 可以把代码与许多低级套接字细节分离开来。更进一步, WebRequest 类允许利用 .NET Framework 中可插入协议体系结构。代码应利用新的应用程序级协议, 因为 Microsoft 和其他第三方引入了新功能。

最后, 我们讨论了网络类中异步功能的使用, 该功能给 Windows 窗体应用程序提供了用户响应界面的专业外观。

下一章将介绍 Windows 服务。

# 第 25 章

## Windows 服务

本章内容:

- Windows 服务的体系结构
- Windows 服务的安装程序
- Windows 服务的控制程序
- Windows 服务的故障排除

Windows 服务是可以在系统启动时自动打开(不需要任何人登录计算机)的程序。首先讨论 Windows 服务的体系结构。之后讨论 Windows 服务的创建、监控、控制和问题的解决。

### 25.1 Windows 服务

Windows 服务指的是操作系统启动时可以自动打开的应用程序。Windows 服务可以在没有交互式用户登录系统的情况下运行,在后台进行某些处理。

例如,在 Windows Server 上,系统网络服务应可以从客户端访问,无需用户登录到服务器上。在客户端系统上,服务可以从 Internet 上获取新软件版本,或在本地磁盘上进行文件清理工作。

可以把 Windows 服务配置为从已经过特殊配置的用户账户或系统用户账户上运行,用户账户的权限比系统管理员的权限更大。



除非特别说明,否则把 Windows 服务简称为服务。

下面是一些服务的示例:

- Simple TCP/IP Services 是驻留在一些小型 TCP/IP 服务器中的服务程序,如 echo、daytime 和 quote 等。
- World Wide Publishing Service 是 IIS(Internet Information Server, Internet 信息服务器)的服务。
- Event Log 服务用于把消息记录到事件日志系统中。
- Windows Search 服务用于在磁盘上创建数据的索引。

可以使用 Services 管理工具查看系统上的所有服务,如图 25-1 所示。这个程序可以通过管理工具找到。

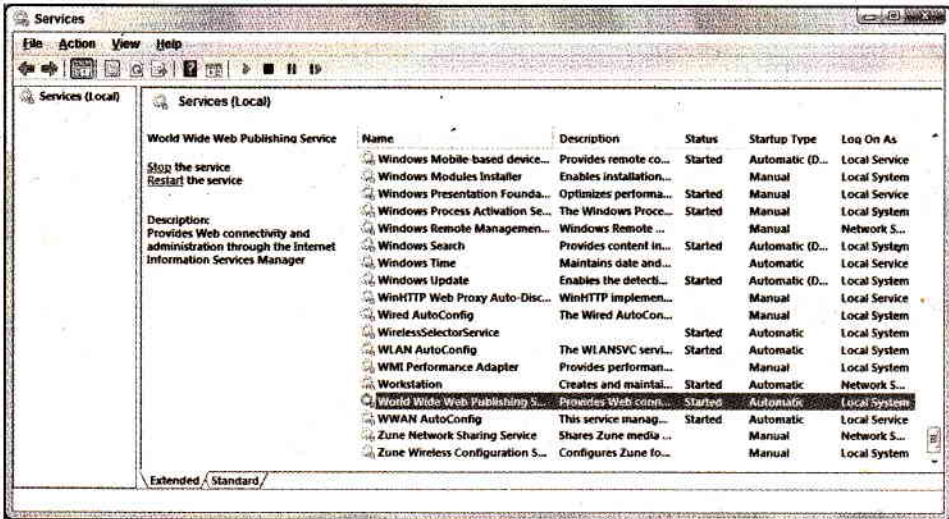


图 25-1

## 25.2 Windows 服务的体系结构

操作 Windows 服务需要 3 种程序:

- 服务程序
- 服务控制程序
- 服务配置程序

服务程序本身用于提供需要的实际功能。服务控制程序可以把控制请求发送给服务, 如开始、停止、暂停和继续。使用服务配置程序可以安装服务, 这意味着服务不但要复制到文件系统中, 还要写到注册表中, 并配置为一个服务。尽管 .NET 组件可只通过 xcopy 安装——因为 .NET 组件不需要把信息写入注册表中, 所以可以使用 xcopy 命令安装它们; 但是, 服务的安装需要注册表配置。此外, 服务配置程序也可以在以后改变服务的配置。

下面介绍 Windows 服务的 3 个组成部分。

### 25.2.1 服务程序

在讨论服务的 .NET 实现方式之前, 从一种独立的观点, 首先讨论服务的 Windows 体系结构和服务的内部功能。

服务程序实现服务的功能。服务程序需要 3 部分:

- 主函数
- service-main 函数
- 处理程序

在讨论这些部分前, 首先需要介绍服务控制管理器(Service Control Manager, SCM)。对于服务, SCM 的作用非常重要, 它可以把启动服务或停止服务的请求发送给服务。

## 1. 服务控制管理器

SCM 是操作系统的一个组成部分，它的作用是与服务进行通信。图 25-2 阐明了这种通信处理序列图的方式。

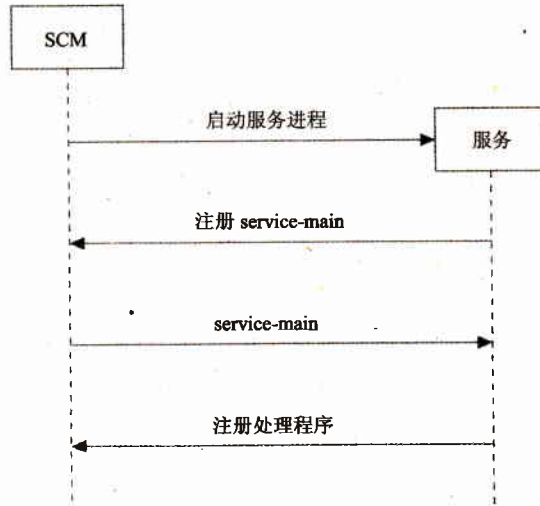


图 25-2

如果将服务设置为自动启动，则在系统启动时，将启动该服务的进程，进而调用该进程的主函数。服务负责为它的每一个服务都注册一个 `service-main` 函数。主函数是服务程序的入口点，在这里，`service-main` 函数的入口点必须用 SCM 注册。

## 2. 主函数、`service-main` 和处理程序

服务的主函数是程序的一般入口点，即 `Main()` 方法，它可以注册多个 `service-main` 函数，`service-main` 函数包含服务的实际功能。服务必须为所提供的每个服务注册一个 `service-main` 函数。服务程序可以在一个程序中提供许多服务，例如，`<windows>\system32\services.exe` 这个服务程序就包括 `Alerter`、`Application Management`、`Computer Browser` 和 `DHCP Client` 等服务项。

SCM 现在为每一个应该启动的服务调用 `service-main` 函数。`service-main` 函数的一个重要任务是用 SCM 注册一个处理程序。

处理程序函数是服务程序的第 3 部分，处理程序必须响应来自 SCM 的事件。服务可以停止、暂停或重新开始，处理程序必须响应这些事件。

使用 SCM 注册了处理程序后，服务控制程序可以把停止、暂停和继续服务的请求发送给 SCM。服务控制程序独立于 SCM 和服务本身。在操作系统中有许多服务控制程序，例如，以前介绍的 MMC `Services` 管理单元。也可以编写自己的服务控制程序，一个比较好的服务控制程序是 `SQL Server Service Manager`，如图 25-3 所示。



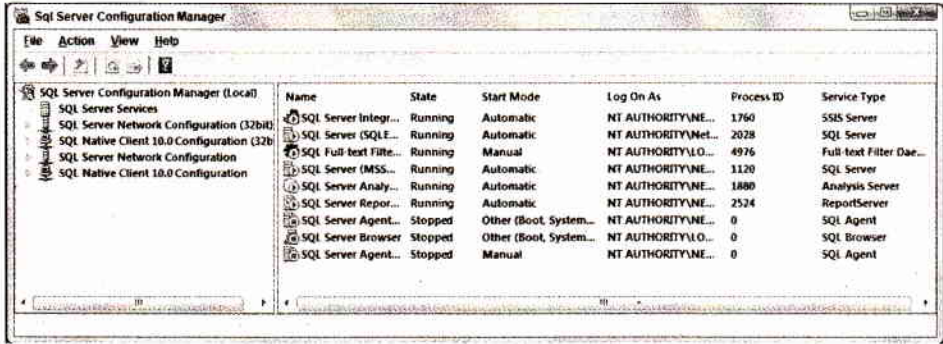


图 25-3

### 25.2.2 服务控制程序

顾名思义，使用服务控制程序可以控制服务。为了停止、暂停和继续服务，可以把控制代码发送给服务，处理程序应该响应这些事件。此外，还可以询问服务的实际状态，并实现一个响应自定义控制代码的自定义处理程序。

### 25.2.3 服务配置程序

不能使用 xcopy 安装服务，服务必须在注册表中配置，注册表包含了服务的启动类型，该启动类型可以设置为自动、手动或禁用。必须配置服务程序的用户、服务的依赖关系(例如，一个服务必须在另一个服务开始之前启动)。所有这些配置工作都在服务配置程序中进行。虽然安装程序可以使用服务配置程序配置服务，但是服务配置程序也可以用于在以后改变服务配置参数。

### 25.2.4 Windows 服务的类

在.NET Framework 中，可以在 System.ServiceProcess 名称空间中找到实现服务的 3 部分的服务类：

- 必须从 ServiceBase 类继承才可以实现服务。ServiceBase 类用于注册服务、响应开始和停止请求。
- ServiceController 类用于实现服务控制程序。使用这个类，可以把请求发送给服务。
- 顾名思义， ServiceProcessInstaller 类和 ServiceInstaller 类用于安装和配置服务程序。

下面介绍怎样新建服务。

## 25.3 创建 Windows 服务程序

本章创建的服务将驻留在引用服务器内。对于客户发出的每一个请求，引用服务器都返回引用文件的一个随机引用。解决方案的第一部分由 3 个程序集完成，一个用于客户端，两个用于服务器，图 25-4 显示了这个解决方案。程序集 QuoteServer 包含实际的功能。服务可以在内存缓存中读取引用，然后在套接字服务器的帮助下响应引用的请求。QuoteClient 是 WPF 胖客户端应用程序。这个应用程序创建客户端套接字，以便与 Quote Server 进行通信。第 3 个程序集是一个实际的服务，Quote Service 开始和停止 QuoteServer，服务将控制服务器。

在创建程序的服务部分之前，先在额外的 C#类库(在服务进程中使用这个类库)中建立一个简单

的套接字服务器。

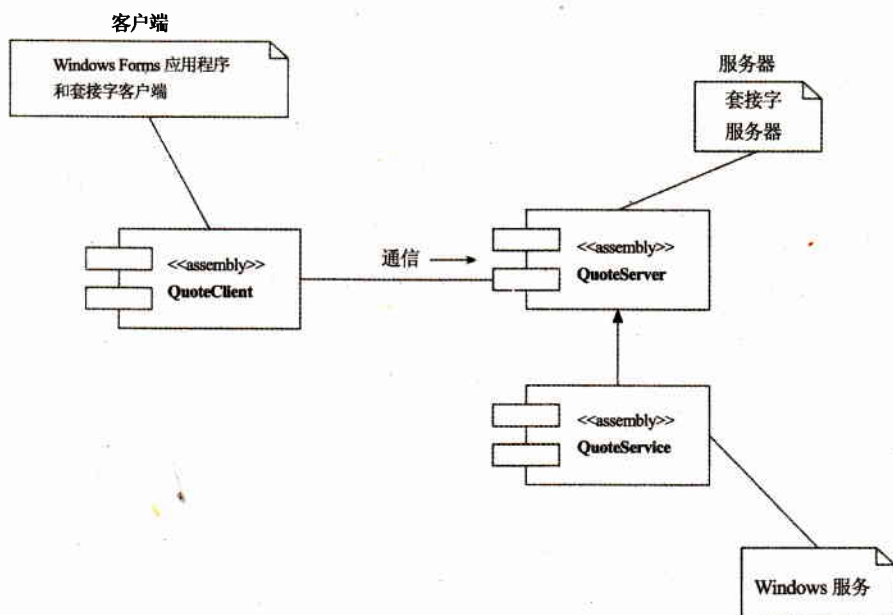


图 25-4

### 25.3.1 创建服务的核心功能

可以在 Windows 服务中建立任何功能，如扫描文件、进行备份或病毒检查，或者启动 WCF 服务器。但所有服务程序都有一些类似的地方。这种程序必须能启动(并返回给调用者)、停止和暂停。下面讨论用套接字服务器实现的程序。

对于 Windows 7，可以作为 Windows 组件的一个组成部分安装 Simple TCP/IP Services。Simple TCP/IP Services 的一部分是“quote of the day”或 qotd TCP/IP 服务器，这个简单的服务在端口 17 处侦听，并使用文件<windir>\system32\drivers\etc\quotes 中的随机消息响应每一个请求。使用相同的服务，我们将在这里构建一个相似的服务器，它返回一个 Unicode 字符串，而不是像 qotd 服务器那样返回 ASCII 代码。

首先创建一个 QuoteServer 类库，并实现服务器的代码。下面详细解释 QuoteServer.cs 文件中 QuoteServer 类的源代码：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.Diagnostics;
using System.IO;
using System.Linq;
using System.Net;
using System.Net.Sockets;
using System.Text;
using System.Threading;

namespace Wrox.ProCSharp.WinServices
{
    public class QuoteServer
```

```

private TcpListener listener;
private int port;
private string filename;
private List <string> quotes;
private Random random;
private Thread listenerThread;

```

---

代码段 QuoteServer/QuoteServer.cs

重载 `QuoteServer()` 构造函数，以便把文件名和端口传递给主调程序。只传递文件名的构造函数使用服务器的默认端口 7890，默认的构造函数把引用的默认文件名定义为 `quotes.txt`：

```

public QuoteServer()
    : this ("quotes.txt")
{
}
public QuoteServer(string filename)
    : this(filename, 7890)
{
}
public QuoteServer(string filename, int port)
{
    this.filename = filename;
    this.port = port;
}

```

`ReadQuotes()` 是一个帮助方法，它从构造函数指定的文件中读取所有引用，把所有引用添加到 `List<string>` 引用中。此外，创建 `Random` 类的一个实例，`Random` 类用于返回随机引用：

```

protected void ReadQuotes()
{
    quotes = File.ReadAllLines(filename).ToList();
    random = new Random();
}

```

另一个辅助方法是 `GetRandomQuoteOfTheDay()`，它返回引用集合中的一个随机引用：

```

protected string GetRandomQuoteOfTheDay()
{
    int index = random.Next(0, quotes.Count);
    return quotes[index];
}

```

在 `Start()` 方法中，使用帮助函数 `ReadQuotes()`，可以在 `List<string>` 引用中读取包含引用的完整文件。在启动新的线程之后，它立即调用 `Listener()` 方法。这类似于第 24 章的 `TcpReceive` 示例。

这里使用了线程，因为 `Start()` 方法不能停下来等待客户，它必须立即返回给调用者(即 SCM)。如果方法没有及时返回给调用者(30 秒)，SCM 就假定启动失败。把侦听线程设置为后台线程，这样应用程序就可以在不该线程的情况下退出。设置线程的 `Name` 属性，是因为这有助于调试，因为其名称会显示在调试器中：

```

public void Start()
{

```

```

ReadQuotes();
listenerThread = new Thread(ListenerThread);
listenerThread.IsBackground = true;
listenerThread.Name = "Listener";
listenerThread.Start();
}

```

线程函数 `ListenerThread()` 创建一个 `TcpListener` 实例。`AcceptSocket()` 方法等待客户进行连接。客户一连接，`AcceptSocket()` 方法就返回一个与客户相关联的套接字。之后使用 `socket.Send()` 方法，调用 `GetRandomQuoteOfTheDay()` 方法把返回的随机引用发送给客户：

```

protected void ListenerThread()
{
    try
    {
        IPAddress ipAddress = IPAddress.Parse("127.0.0.1");
        listener = new TcpListener(ipAddress, port);
        listener.Start();
        while (true)
        {
            Socket clientSocket = listener.AcceptSocket();
            string message = GetRandomQuoteOfTheDay();
            UnicodeEncoding encoder = new UnicodeEncoding();
            byte[] buffer = encoder.GetBytes(message);
            clientSocket.Send(buffer, buffer.Length, 0);
            clientSocket.Close();
        }
    }
    catch (SocketException ex)
    {
        Trace.TraceError(String.Format("QuoteServer {0}", ex.Message));
    }
}

```

除了 `Start()` 方法之外，还需要如下方法来控制服务：`Stop()`、`Suspend()` 和 `Resume()`：

```

public void Stop()
{
    listener.Stop();
}
public void Suspend()
{
    listener.Stop();
}
public void Resume()
{
    Start();
}

```

另一个公共方法是 `RefreshQuotes()`。如果包含引用的文件发生了变化，就要使用这个方法重新读取文件：

```

public void RefreshQuotes()
{

```

```

        ReadQuotes ();
    }
}

```

在服务器上建立服务之前，首先应该建立一个测试程序，这个测试程序仅创建 QuoteServer 类的一个实例，并调用 Start()方法。这样，不需要处理与具体服务相关的问题，就能够测试服务的功能。测试服务器必须手动启动，使用调试器，可以很容易调试代码。

测试程序是一个 C#控制台应用程序 TestQuoteServer，我们必须引用 QuoteServer 类的程序集。包含引用的文件必须复制到 c:\ProCSharp\services 目录中(或者必须在构造函数中改动参数，以指定在什么地方复制文件)。在调用构造函数之后，就调用 QuoteServer 实例的 Start()方法。Start()方法在创建线程之后立即返回，因此，在按回车键之前，控制台应用程序一直处于运行状态。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

static void Main()
{
    var qs = new QuoteServer("quotes.txt", 4567);
    qs.Start();
    Console.WriteLine("Hit return to exit");
    Console.ReadLine();
    qs.Stop();
}

```

代码段 TestQuoteServer/Program.cs

注意，QuoteServer 示例将运行在使用这个程序的本地主机的 4567 端口上——后面的内容将需要在客户端中使用这些设置。

### 25.3.2 QuoteClient 示例

客户端是一个简单的 WPF Windows 应用程序，可以在此请求来自服务器的引用。客户端应用程序使用 TcpClient 类连接到正在运行的服务器，然后接收返回的消息，并把它显示在文本框中。用户界面仅包含一个按钮和一个文本框。给按钮的 Click 事件指定 OnGetQuote()方法，把文本框的 x:Name 属性设置为 textQuote。

连接到服务器的服务器名称和端口信息用应用程序的设置来配置。在项目的属性中，可以用 Settings 选项卡来添加设置，如图 25-5 所示。这里定义了 ServerName 和 PortName 设置，以及一些默认值。把 Scope 设置为 User，该设置就会保存到用户特定的配置文件中，应用程序的每个用户都可以有不同的设置。Visual Studio 的 Settings 特性也会创建一个 Settings 类，以使用一个强类型化的类来读写设置。

必须在代码中使用下面的 using 语句：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

using System;
using System.Net.Sockets;
using System.Text;
using System.Windows;
using System.Windows.Input;

```

Name	Type	Scope	Value
ServerName	string	User	localhost
PortNumber	int	User	4567
*			

图 25-5

代码段 QuoteClient/MainWindow.xaml.cs

客户端的主要功能体现在 Get Quote 按钮的单击事件的处理程序中。

```

protected void OnGetQuote(object sender, RoutedEventArgs e)
{
    const int bufferSize = 1024;
    Cursor currentCursor = this.Cursor;
    this.Cursor = Cursors.Wait;

    string serverName = Properties.Settings.Default.ServerName;
    int port = Properties.Settings.Default.PortNumber;

    var client = new TcpClient();
    NetworkStream stream = null;
    try
    {
        client.Connect(serverName, port);
        stream = client.GetStream();
        byte[] buffer = new byte[bufferSize];
        int received = stream.Read(buffer, 0, bufferSize);
        if (received <= 0)
        {
            return;
        }
        textQuote.Text = Encoding.Unicode.GetString(buffer).Trim('\0');
    }
    catch (SocketException ex)
    {
        MessageBox.Show(ex.Message, "Error Quote of the day",
            MessageBoxButton.OK, MessageBoxImage.Error);
    }
    finally
    {
        if (stream != null)
        {
            stream.Close();
        }
        if (client.Connected)
        {
            client.Close();
        }
    }
    this.Cursor = currentCursor;
}

```

在打开测试服务器和这个 Windows 应用程序的客户端之后, 就可以对功能进行测试。如果运行成功, 就可以得到如图 25-6 所示的结果。

现在继续在服务器中实现服务功能。程序已经在运行, 还需要添加什么呢? 通常, 在系统启动时, 不需要任何人登录系统, 服务器程序就应该自动地启动。我们希望使用服务控制程序对此进行控制。

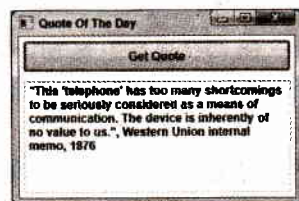


图 25-6

### 25.3.3 Windows 服务程序

使用 C# Windows 服务的新项目模板, 下面开始创建 Windows 服务程序, 该服务命名为 QuoteService。

在单击 OK 按钮开始创建 Windows 服务程序之后, 就会出现设计器界面, 但是不能在其中插入

UI 组件, 因为应用程序不能直接在屏幕上显示任何信息, 本章后面将使用设计器界面添加安装对象、性能计数器和事件日志等其他组件。

选择这个服务的属性, 可以打开 Properties editor 窗口。在其中可以配置如下值:

- AutoLog 指定把启动和停止服务的事件自动写到事件日志中。
- CanPauseAndContinue、CanShutdown 和 CanStop 指定服务可以处理暂停、继续、关闭和停止服务的请求。
- ServiceName 是写到注册表中的服务的名称, 使用这个名称可以控制服务。
- CanHandleSessionChangeEvent 确定服务是否能处理终端服务会话中的改变事件。
- CanHandlePowerEvent 选项对运行在笔记本电脑或移动设备上的服务有效。如果启用这个选项, 服务就可以响应低电源事件, 并相应地改变服务的行为。电源事件包括电量低、电源状态改变(因为与 A/C 电源之间的切换)开关和改为终止电源。



不管项目的名称是什么, 默认的服务名称都是 Service1。可以只安装一个 Service1 服务。如果在测试过程中出现了安装错误, 就有可能已经安装了一个 Service1 服务。因此, 在服务开发的初始阶段, 一定要用属性编辑器把服务的名称改为比较适当的名称。

使用属性编辑器改变上述属性, 在 InitializeComponent()方法中设置 ServiceBase 的派生类的值。Windows 窗体应用程序也使用 InitializeComponent()方法, 对于服务, 这个方法的使用方式与 Windows 窗体应用程序相似。

虽然向导将生成代码, 但是把文件名改为 QuoteService.cs, 把名称空间的名称改为 Wrox.ProCSharp.WinServices, 并把类名改为 QuoteService。后面将详细讨论该服务的代码。

### 1. ServiceBase 类

ServiceBase 类是所有用 .NET Framework 开发的 Windows 服务的基类。QuoteService 类派生自 ServiceBase 类; QuoteService 类使用一个未归档的辅助类 System.ServiceProcess.NativeMethods 与 SCM 进行通信, System.ServiceProcess.NativeMethods 类是 Win32 API 调用的包装类。ServiceBase 类是内部的, 因此, 不能在这里的代码中使用它。

图 25-7 显示了 SCM、QuoteService 类和 System.ServiceProcess 名称空间中的类是怎样相互作用的。在这个序列图中, 垂直方向为对象的生命线, 水平方向为通信情况, 通信是按照时间的先后顺序自上而下进行的。

SCM 启动应该启动的服务的进程。首先调用 Main()方法。在示例服务的 Main()方法中, 调用 ServiceBase 基类的 Run()方法。Run()方法使用 SCM 中的 NativeMethods.StartServiceCtrlDispatcher()方法注册 ServiceMainCallback()方法, 并把记录写到事件日志中。

接下来, SCM 在服务程序中调用已注册的 ServiceMainCallback()方法。ServiceMainCallback()方法本身使用 NativeMethods.RegisterServiceCtrlHandler[Ex]()方法在 SCM 中注册处理程序, 并在 SCM 中设置服务的状态。之后调用 OnStart()方法。在 OnStart()方法中, 必须实现启动代码。如果 OnStart()方法执行成功, 就把字符串 “Service Started Successful” 写到事件日志中。

处理程序是在 `ServiceCommandCallback()` 方法中执行的。当改变了对服务的请求时，SCM 就调用 `ServiceCommandCallback()` 方法。`ServiceCommandCallback()` 方法再把请求发送给 `OnPause()`、`OnContinue()`、`OnStop()`、`OnCustomCommand()` 和 `OnPowerEvent()` 方法。

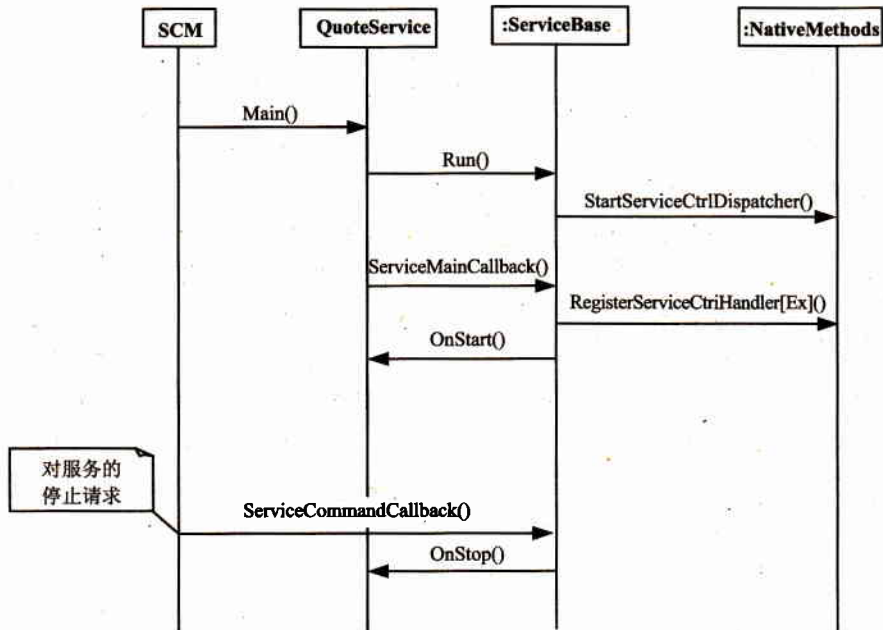


图 25-7

## 2. 主函数

现在讨论服务进程中由应用程序模板生成的主函数。在主函数中，声明了一个对应元素为 `ServiceBase` 类的数组 `ServicesToRun`。创建 `QuoteService` 类的一个实例，并作为 `ServicesToRun` 数组的第一个元素。如果在这个服务进程中要运行多个服务，就需要把具体服务类的多个实例添加到数组中。然后把 `ServicesToRun` 数组传递给 `ServiceBase` 类的静态方法 `Run()`。使用 `ServiceBase` 类的 `Run()` 方法，可以把 SCM 引用提供给服务的入口点。服务进程的主线程现在处于停滞状态，等待服务的结束。

下面是自动生成的代码：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

/// <summary>
/// The main entry point for the application.
/// </summary>
static void Main()
{
    ServiceBase[] ServicesToRun;
    ServicesToRun = new ServiceBase[]
    {
        new QuoteService()
    };
    ServiceBase.Run(ServicesToRun);
}
  
```

代码段 `QuoteService/Program.cs`



如果进程中只有一个服务，就可以删除数组。由于 `Run()` 方法接受从 `ServiceBase` 派生的单个对象，因此 `Main()` 方法可以简化为：

```
ServiceBase.Run(new QuoteService());
```

服务程序 `Services.exe` 包含多个服务。如果有类似的服务，其中有多多个服务运行在一个进程中，且需要初始化多个服务的某些共享状态，则共享的初始化必须在 `Run()` 方法运行之前完成。在运行 `Run()` 方法时，主线程处于停滞状态，直到服务进程停止为止，以后的指令在服务结束之前不能执行。

初始化花费的时间不应该超过 30 秒。如果初始化代码所花费的时间过多，SCM 就认为服务启动失败了。初始化时间不应该超过 30 秒，必须是针对速度最慢的计算机而言。如果初始化的时间过长，就应该在另一线程中开始初始化，以便主线程及时地调用 `Run()` 方法。然后，事件对象可以用信号通知线程已经完成了它的工作。

### 3. 服务的启动

在服务启动时，调用 `OnStart()` 方法。这时，可以启动前面创建的套接字服务器。为了使用 `QuoteServer` 类，必须引用 `QuoteServer` 程序集。调用 `OnStart()` 方法的线程不能停滞下来，`OnStart()` 方法必须返回给调用者（即 `ServiceBase` 类的 `ServiceMainCallback()` 方法）。`ServiceBase` 类注册处理程序，并在调用 `OnStart()` 方法之后把服务成功启动的消息通知给 SCM：



```
protected override void OnStart(string[] args)
{
    quoteServer = new QuoteServer(
        Path.Combine(AppDomain.CurrentDomain.BaseDirectory, "quotes.txt"),
        5678);
    quoteServer.Start();
}
```

代码段 QuoteService/QuoteService.cs

把 `quoteServer` 变量声明为类中的私有成员：

```
namespace Wrox.ProCSharp.WinServices
{
    public partial class QuoteService: ServiceBase
    {
        private QuoteServer quoteServer;
```

### 4. 处理程序方法

当停止服务时，调用 `OnStop()` 方法。应该在 `OnStop()` 方法中停止服务的功能：

```
protected override void OnStop()
{
    quoteServer.Stop();
}
```

除了 `OnStart()` 和 `OnStop()` 方法之外，还可以重写服务类中的下列处理程序：

- `OnPause()`——在暂停服务时，调用这个方法。

- `OnContinue()`——当服务从暂停状态返回到正常操作时，调用这个方法。为了调用已重写的 `OnPause()` 方法和 `OnContinue()` 方法，`CanPauseAndContinue` 属性必须设置为 `true`。
- `OnShutdown()`——当 Windows 操作系统关闭时，调用这个方法。通常情况下，`OnShutdown()` 方法的行为应该与 `OnStop()` 方法的实现代码相似。如果需要更多的时间关闭服务，则可以申请更多的时间。与 `OnPause()` 方法和 `OnContinue()` 方法相似，必须设置一个属性启用这种行为，即 `CanShutdown` 属性必须设置为 `true`。
- `OnPowerEvent()`——在系统的电源状态发生变化时，调用这个方法。电源状态发生变化的信息在 `PowerBroadcastStatus` 类型的参数中，`PowerBroadcastStatus` 是一个枚举类型，其值是 `Battery Low` 和 `PowerStatusChange`。在这个方法中，还可以获得系统是否要挂起(`QuerySuspend`)的信息，此时可以同意或拒绝挂起。电源事件详见本章后面的内容。
- `OnCustomCommand()`——这个处理程序可以为服务控制程序发送过来的自定义命令提供服务。`OnCustomCommand()` 方法有一个用于获取自定义命令编号的 `int` 参数，编号的取值范围是 128~256，小于 128 的值是为系统预留的值。在我们的服务中，使用自定义命令编号为 128 的命令重新读取引用文件：

```
protected override void OnPause()
{
    quoteServer.Suspend();
}

protected override void OnContinue()
{
    quoteServer.Resume();
}

public const int commandRefresh = 128;
protected override void OnCustomCommand(int command)
{
    switch (command)
    {
        case commandRefresh:
            quoteServer.RefreshQuotes();
            break;

        default:
            break;
    }
}
```

### 25.3.4 线程和服务

如前所述，如果服务的初始化花费的时间过多，则 SCM 就假定服务启动失败。为了解决这个问题，必须创建线程。

服务类中的 `OnStart()` 方法必须及时返回。如果从 `TcpListener` 类中调用一个 `AcceptSocket()` 之类的停滞方法，就必须启动一个线程去完成调用工作。使用能处理多个客户端的网络服务器时，线程池也非常有用。`AcceptSocket()` 方法应接收调用，并在线程池的另一个线程中进行处理，这样就不需等待代码的执行，系统看起来似乎是立即响应的。

### 25.3.5 服务的安装

服务必须在注册表中配置，所有服务都可以在 `HKEY_LOCAL_MACHINE\System\CurrentControlSet\Services` 中找到。使用 `regedit` 命令，可以查看注册表项。在注册表中，可以看到服务的类型、显示名称、可执行文件的路径、启动配置，以及其他信息，图 25-8 显示了 W3SVC 服务的注册表配置。

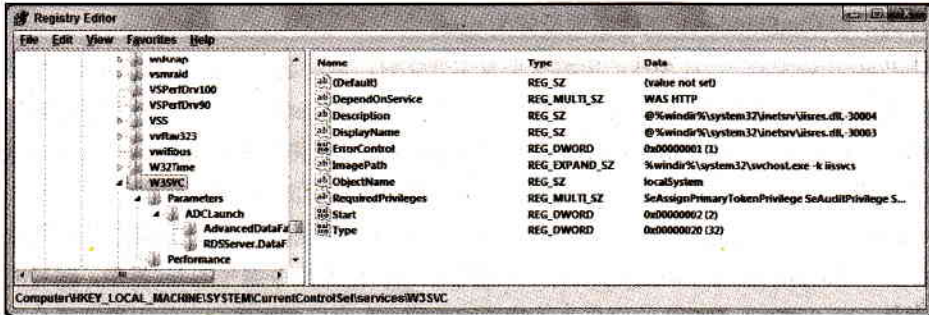


图 25-8

使用 `System.ServiceProcess` 名称空间中的安装程序类，可以完成服务在注册表中的配置。下面讨论这些内容。

### 25.3.6 安装程序

切换到 Visual Studio 的设计视图，从弹出的上下文菜单中选择 `Add Installer` 选项，就可以给服务添加安装程序。使用 `Add Installer` 选项时，新建一个 `ProjectInstaller` 类、一个 `ServiceInstaller` 实例和一个 `ServiceProcessInstaller` 实例。

图 25-9 显示了服务的安装程序类。

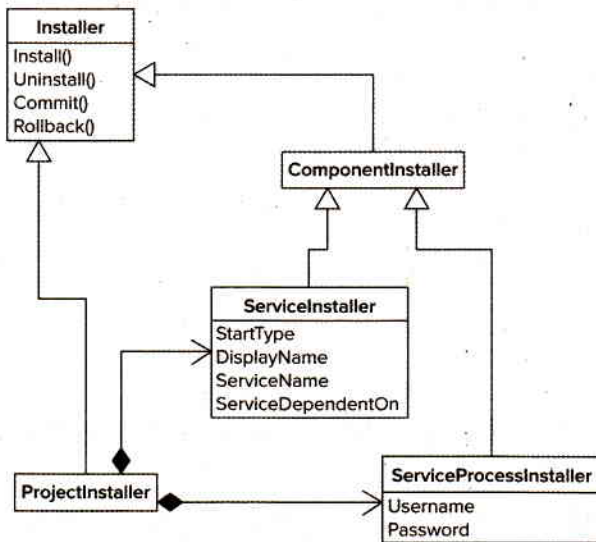


图 25-9

根据图 25-9，下面详细讨论由 `Add Installer` 选项创建的 `ProjectInstaller.cs` 文件中的源代码。

## 1. 安装程序类

`ProjectInstaller` 类派生自 `System.Configuration.Install.Installer`，它是所有自定义安装程序类的基类。使用 `Installer` 类，可以构建基于事务的安装程序。使用基于事务的安装时，如果安装失败，系统就可以回滚到以前的状态，安装程序所做的所有修改都会被取消。如图 25-9 所示，`Installer` 类中有 `Install()`、`Commit()`、`Rollback()` 和 `Uninstall()` 方法，这些方法都从安装程序中调用。

如果 `RunInstaller` 特性的值为 `true`，则在安装程序集时会调用 `ProjectInstaller` 类。自定义安装程序和 `installutil.exe` (这个程序以后将用到) 都能检查该特性。

在 `ProjectInstaller` 类的构造函数内部调用 `InitializeComponent()`：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
using System.ComponentModel;
using System.Configuration.Install;

namespace Wrox.ProCSharp.WinServices
{
    [RunInstaller(true)]
    public partial class ProjectInstaller: Installer
    {
        public ProjectInstaller()
        {
            InitializeComponent();
        }
    }
}
```

代码段 QuoteService/ ProjectInstaller.cs

## 2. ServiceProcessInstaller 类和 ServiceInstaller 类

在 `InitializeComponent()` 方法的实现代码中，创建了 `ServiceProcessInstaller` 类和 `ServiceInstaller` 类的实例。这两个类都派生从 `ComponentInstaller` 类，`ComponentInstaller` 类本身派生于 `Installer` 类。

派生自 `ComponentInstaller` 类的类可以用作安装进程的一个部分。注意，一个服务进程可以包括多个服务。`ServiceProcessInstaller` 类用于配置进程，为这个进程中的所有服务定义值，而 `ServiceInstaller` 类用于服务的配置，因此，每个服务都需要 `ServiceInstaller` 类的一个实例。如果进程中有 3 个服务，则必须添加额外的 `ServiceInstaller` 对象，本例需要 3 个 `ServiceInstaller` 实例：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
partial class projectInstaller
{
    /// <summary>
    /// Required designer variable.
    /// </summary>
    private System.ComponentModel.IContainer components = null;

    /// <summary>
    /// Required method for Designer support do not modify
    /// the contents of this method with the code editor.
    /// </summary>
    private void InitializeComponent()
    {
        this.serviceProcessInstaller1 =
            new System.ServiceProcess.ServiceProcessInstaller();
        this.serviceInstaller1 =
```

```

        new System.ServiceProcess.ServiceInstaller();
    //
    // serviceProcessInstaller1
    //
    this.serviceProcessInstaller1.Password = null;
    this.serviceProcessInstaller1.Username = null;
    //
    // serviceInstaller1
    //
    this.serviceInstaller1.ServiceName = "QuoteService";
    //
    // ProjectInstaller
    //
    this.Installers.AddRange(
        new System.Configuration.Install.Installer[]
        {this.serviceProcessInstaller1,
        this.serviceInstaller1});
    }
    private System.ServiceProcess.ServiceProcessInstaller
        serviceProcessInstaller1;
    private System.ServiceProcess.ServiceInstaller serviceInstaller1;
    }
    
```

代码段 QuoteService/ProjectInstaller.Designer.cs

ServiceProcessInstaller 类安装一个实现 ServiceBase 类的可执行文件。ServiceProcessInstaller 类包含用于整个进程的属性。在进程中所有服务共享的属性如表 25-1 所示。

表 25-1

属 性	描 述
Username、 Password	如果把 Account 属性设置为 ServiceAccount.User, 则 Username 属性和 Password 属性指出服务在 哪一个账户下运行
Account	使用这个属性, 可以指定服务的账户类型
HelpText	HelpText 是只读属性, 它返回的文本用于帮助设置用户名和密码

用于运行服务的进程可以用 ServiceProcessInstaller 类的 Account 属性指定, 其值可以是 ServiceAccount 枚举的任意值。Account 属性的不同值如表 25-2 所示。

表 25-2

值	意 义
LocalSystem	设置这个值可以指定服务在本地系统上使用权限很高的用户账户, 并用作网络上的计算机
NetworkService	类似于 LocalService, 这个值指定把计算机的证书传递给远程服务器, 但与 LocalService 不同, 这种服务可以以非授权用户的身份登录本地系统。顾名思义, 这个账户只能用于需要从网络 上获得资源的服务
LocalService	这个账户类型给任意远程服务器提供计算机的匿名证书, 其本地权限与 NetworkService 相同
User	把 Account 属性设置为 ServiceAccount.User, 表示可以指定应从服务中使用的账户

`ServiceInstaller` 是每一个服务都需要的类, 这个类的属性可以用于进程中的每一个服务, 其属性有 `StartType`、`DisplayName`、`ServiceName` 和 `ServicesDependentOn`, 如表 25-3 所示。

表 25-3

属 性	说 明
<code>StartType</code>	<code>StartType</code> 属性指出服务是手动启动还是自动启动。它的值可以是: <code>ServiceStartMode.Automatic</code> 、 <code>ServiceStartMode.Manual</code> 、 <code>ServiceStartMode.Disabled</code> 。如果使用 <code>ServiceStartMode.Disabled</code> , 服务就不能启动。这个选项可用于不应在系统中启动的服务。例如, 如果没有得到需要的硬件控制器, 就可以把该选项设置为 <code>Disabled</code>
<code>DelayedAutoStart</code>	如果 <code>StartType</code> 属性没有设置为 <code>Automatic</code> , 就忽略这个属性。此时可以指定服务是否应在系统启动时不启动, 而是在以后启动。这个用于 Windows 服务的属性是 .NET 4 新增的, Windows Vista 操作系统及以后版本支持它
<code>DisplayName</code>	<code>DisplayName</code> 属性是服务显示给用户的友好名称。这个名称也用于控制和监视服务的管理工具
<code>ServiceName</code>	<code>ServiceName</code> 属性是服务的名称。这个值必须与服务程序中 <code>ServiceBase</code> 类的 <code>ServiceName</code> 属性一致, 这个名称把 <code>ServiceInstaller</code> 类的配置与需要的服务程序关联起来
<code>ServicesDependentOn</code>	指定必须在服务启动之前启动的一个服务数组。当服务启动时, 所有依赖的服务都自动启动, 并且我们的服务也将启动



如果在 `ServiceBase` 的派生类中改变了服务的名称, 则还必须修改 `ServiceInstaller` 对象中 `ServiceName` 属性的值。



在测试阶段, 最好把 `StartType` 属性的值设置为 `Manual`。如果服务因程序中的错误不能停止, 就仍可以重新启动系统。如果把 `StartType` 属性的值设置为 `Automatic`, 服务就会在重新启动系统时自动启动! 当确信没有问题时, 可以在以后改变这个配置。

### 3. `ServiceInstallerDialog` 类

`System.ServiceProcess.Design` 名称空间中的另一个安装程序类是 `ServiceInstallerDialog`。在安装过程中, 如果希望系统管理员输入该服务应使用的账号(具体方法是指定用户名和密码), 就可以使用这个类。

如果把 `ServiceProcessInstaller` 类的 `Account` 属性设置为 `ServiceAccount.User`, `Username` 和 `Password` 属性设置为 `null`, 则在安装时, 将自动显示图 25-10 所示的 `Set Service Login` 对话框。此时, 也可以取消安装。



图 25-10

#### 4. installutil

在把安装程序类添加到项目中之后，就可以使用 `installutil.exe` 实用程序安装和卸载服务。这个实用程序可以用于安装包含 `Installer` 类的所有程序集。`installutil.exe` 实用程序调用派生自 `Installer` 类的 `Installer()` 方法进行安装，调用 `UnInstaller()` 方法进行卸载。

安装和卸载服务的命令分别是：

```
installutil quoteservice.exe
installutil /u quoteservice.exe
```

如果安装失败了，一定要检查安装日志文件 `InstallUtil.InstallLog` 和 `<servicename>.InstallLog`。通常，在安装日志文件中可以发现一些非常有用的信息，例如：“指定的服务已存在”。

#### 5. 客户端

在成功地安装服务后，就可以从 `Services MMC` 中手动启动服务(详细内容请参阅 25.4 节)，并启动客户端应用程序。

## 25.4 服务的监视和控制

可以使用 `Services MMC` 管理单元对服务进行监视和控制。`Services MMC` 管理单元是 `Computer Management` 管理工具的一部分。每个 `Windows` 操作系统还有一个命令行实用程序 `net.exe`，使用这个程序可以控制服务。`sc.exe` 是另一个命令行实用程序，它的功能比 `net.exe` 更强大。还可以使用 `Visual Studio Server Explorer` 直接控制服务。本节将创建一个小的 `Windows` 应用程序，它利用 `System.ServiceProcess.ServiceController` 类监视和控制服务。

### 25.4.1 MMC 管理单元

如图 25-11 所示，使用 `MMC` 的 `Services` 管理单元，可以查看所有服务的状态，也可以把停止、启用或禁用服务的控制请求发送给服务，并改变它们的配置。`Services` 管理单元既是服务控制程序，又是服务配置程序。

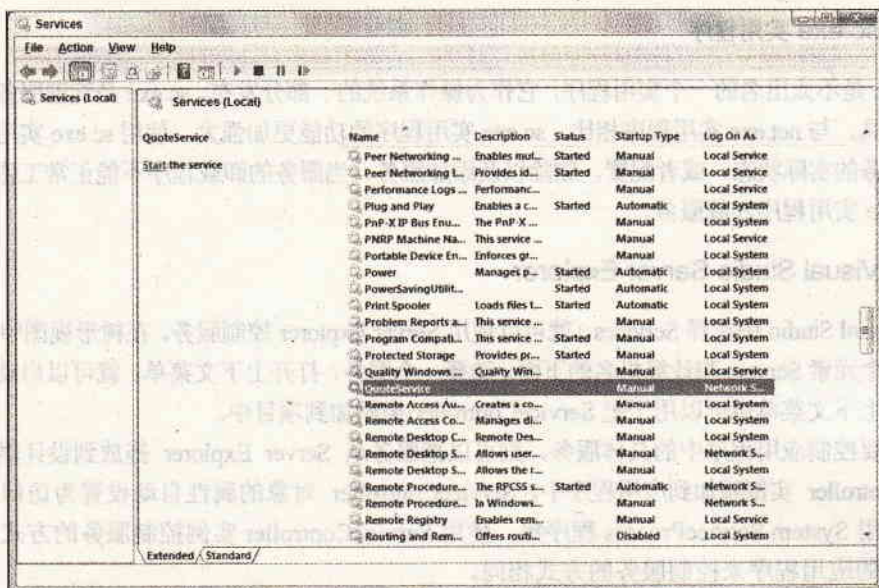


图 25-11

双击 QuoteService, 打开如图 25-12 所示的 QuoteService Properties 对话框。在这个对话框中, 可以看到服务的名称、描述、可执行文件的路径、启动类型和状态。目前服务已启动。使用这个对话框中的 Log On 选项卡, 可以改变服务进程的账户。

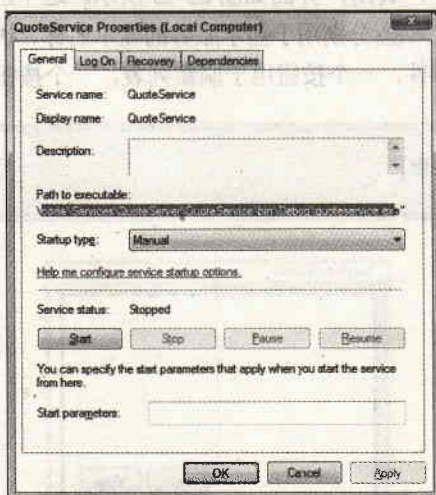


图 25-12

## 25.4.2 net.exe 实用程序

Services 管理单元使用起来很简单, 但是系统管理员不能使其自动化, 原因是它不能用在管理脚本中。要通过脚本实现的工具自动控制服务, 可以用命令行实用程序 net.exe 命令来完成。net start 命令显示所有正在运行的服务, net start servicename 启动服务, net stop servicename 向服务发送停止请求。此外使用 net pause 和 net continue 可以暂停和继续服务(当然, 它们只有在服务允许的情况下才能使用)。



### 25.4.3 sc.exe 实用程序

sc.exe 是不太出名的一个实用程序，它作为操作系统的一部分发布。sc.exe 是管理服务的一个很有用的工具。与 net.exe 实用程序相比，sc.exe 实用程序的功能更加强大。使用 sc.exe 实用程序，可以检查服务的实际状态，或者配置、删除以及添加服务。当服务的卸载程序不能正常工作时，可以使用 sc.exe 实用程序卸载服务。

### 25.4.4 Visual Studio Server Explorer

在 Visual Studio 中选择 Services，就可以使用 Server Explorer 控制服务。在树形视图中，Services 项在第一个元素 Servers 和计算机名的下面。选择一个服务，打开上下文菜单，就可以启动和停止服务。这个上下文菜单也可以用于把 ServiceController 类添加到项目中。

如果要控制应用程序中的具体服务，则可以把服务从 Server Explorer 拖放到设计器中：即把 ServiceController 实例添加到应用程序中，ServiceController 对象的属性自动设置为访问选中的服务，并引用 System.ServiceProcess 程序集。使用 ServiceController 实例控制服务的方式与使用下一节开发的应用程序来控制服务的方式相同。

### 25.4.5 编写自定义 ServiceController 类

下面创建一个小的 Windows 应用程序，该应用程序使用 ServiceController 类监视和控制 Windows 服务。

创建一个 WPF 应用程序，其用户界面如图 25-13 所示。这个应用程序的主窗口包含一个显示所有服务的列表框、4 个文本框(分别用于显示服务的显示名称、状态、类型和名称)和 6 个按钮，其中 4 个按钮用于发送控制事件，一个按钮用于刷新列表，一个按钮用于退出应用程序。

 WPF 详见第 35 章。

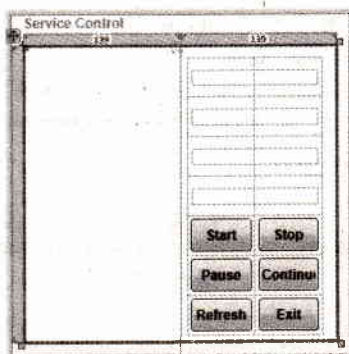


图 25-13

#### 1. 服务的监视

使用 ServiceController 类，可以获取每一个服务的相关信息。表 25-4 列出了 ServiceController 类的属性。

表 25-4

属 性	描 述
CanPauseAndContinue	如果暂停和继续服务的请求可以发送给服务, 则这个属性返回 true
CanShutdown	如果服务有用于关闭系统的处理程序, 则它的值为 true
CanStop	如果服务是可以停止的, 则它的值为 true
DependentServices	它返回一个依赖服务的集合。如果停止服务, 则所有依赖的服务都预先停止
ServicesDependentOn	返回这个服务所依赖的服务集合
DisplayName	指定服务应该显示的名称
MachineName	指定运行服务的计算机名
ServiceName	指定服务的名称
ServiceType	指定服务的类型。服务可以运行在共享的进程中。在共享的进程中, 多个服务使用同一进程(Win32ShareProcess), 此外, 服务也可以运行在只包含一个服务的进程(Win32OwnProcess)中。如果服务可以与桌面交互, 对应的类型就是 InteractiveProcess
Status	指定服务的状态。状态可以是正在运行、停止、暂停或处于某些中间模式(如启动待决、停止待决)等。状态值在 ServiceControllerStatus 枚举中定义

在示例应用程序中, 使用 `DisplayName`、`ServiceName`、`ServiceType` 和 `Status` 属性显示服务信息。此外, `CanPauseAndContinue` 和 `CanStop` 属性用于启用和禁用 `Pause`、`Continue` 和 `Stop` 按钮。

为了得到用户界面的所有必要信息, 创建一个 `ServiceControllerInfo` 类。这个类可以用于数据绑定, 并提供状态信息、服务名称、服务类型, 以及哪些控制服务的按钮应启用或禁用的信息。



因为使用了 `System.ServiceProcess.ServiceController` 类, 所以必须引用 `System.ServiceProcess` 程序集。

`ServiceControllerInfo` 类包含一个嵌入的 `ServiceController` 类, 它用 `ServiceControllerInfo` 类的构造函数设置。还有一个只读属性 `Controller`, 它用来访问嵌入的 `ServiceController` 类。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
public class ServiceControllerInfo
{
    private readonly ServiceController controller;

    public ServiceControllerInfo(ServiceController controller)
    {
        this.controller = controller;
    }

    public ServiceController Controller
    {
        get { return controller; }
    }
}
```

代码段 ServiceControl/ServiceControllerInfo.cs

为了显示服务的当前信息, 可以使用 `ServiceControllerInfo` 类的只读属性 `DisplayName`、

ServiceName、ServiceTypeName 和 ServiceStatusName。DisplayName 和 ServiceName 属性的实现代码只访问底层类 ServiceController 的 DisplayName 和 ServiceName 属性。通过 ServiceTypeName 和 ServiceStatusName 属性的实现代码中，完成更多的工作：服务的状态和类型不太容易返回，因为要显示一个字符串，而不是只显示 ServiceController 类返回的数字。ServiceTypeName 属性返回一个表示服务类型的字符串。从 ServiceController.ServiceType 属性中得到的 ServiceType 代表一组标记，使用按位 OR 运算符，可以把这组标记组合在一起。InteractiveProcess 位可以与 Win32OwnProcess 和 Win32ShareProcess 一起设置。首先，在检查其他值之前，一定要先检查 InteractiveProcess 位以前是否设置过。使用这些服务，返回的字符串将是“Win32 Service Process”或“Win32 Shared Process”。

```
public string ServiceTypeName
{
    get
    {
        ServiceType type = controller.ServiceType;
        string serviceName = "";
        if ((type & ServiceType.InteractiveProcess) != 0)
        {
            serviceName = "Interactive ";
            type -= ServiceType.InteractiveProcess;
        }
        switch (type)
        {
            case ServiceType.Adapter:
                serviceName += "Adapter";
                break;

            case ServiceType.FileSystemDriver:
            case ServiceType.KernelDriver:
            case ServiceType.RecognizerDriver:
                serviceName += "Driver";
                break;

            case ServiceType.Win32OwnProcess:
                serviceName += "Win32 Service Process";
                break;

            case ServiceType.Win32ShareProcess:
                serviceName += "Win32 Shared Process";
                break;

            default:
                serviceName += "unknown type " + type.ToString();
                break;
        }
        return serviceName;
    }
}

public string ServiceStatusName
{
```

```

get
{
    switch (controller.Status)
    {
        case ServiceControllerStatus.ContinuePending:
            return "Continue Pending";
        case ServiceControllerStatus.Paused:
            return "Paused";
        case ServiceControllerStatus.PausePending:
            return "Pause Pending";
        case ServiceControllerStatus.StartPending:
            return "Start Pending";
        case ServiceControllerStatus.Running:
            return "Running";
        case ServiceControllerStatus.Stopped:
            return "Stopped";
        case ServiceControllerStatus.StopPending:
            return "Stop Pending";
        default:
            return "Unknown status";
    }
}

public string DisplayName
{
    get { return controller.DisplayName; }
}

public string ServiceName
{
    get { return controller.ServiceName; }
}

```

`ServiceControllerInfo` 类还有一些属性可以启用 Start、Stop、Pause 和 Continue 按钮: `EnableStart`、`EnableStop`、`EnablePause` 和 `EnableContinue`, 这些属性根据服务的当前状态返回一个布尔值。

```

public bool EnableStart
{
    get
    {
        return controller.Status == ServiceControllerStatus.Stopped;
    }
}

public bool EnableStop
{
    get
    {
        return controller.Status == ServiceControllerStatus.Running;
    }
}

```

```

public bool EnablePause
{
    get
    {
        return controller.Status == ServiceControllerStatus.Running & &
            controller.CanPauseAndContinue;
    }
}

public bool EnableContinue
{
    get
    {
        return controller.Status == ServiceControllerStatus.Paused;
    }
}
}

```

在 `ServiceControlWindow` 类中, `RefreshServiceList()`方法使用 `ServiceController.GetServices()`方法获取在列表框中显示的所有服务。`GetServices()`方法返回一个 `ServiceController` 实例数组, 它们表示在操作系统上安装的所有 Windows 服务。`ServiceController` 类还有一个静态方法 `GetDevices()`, 该方法返回一个表示所有设备驱动程序的 `ServiceController` 数组。返回的数组利用泛型方法 `Array.Sort()`按照 `DisplayName` 属性来排序, 这是传递给 `Sort()`方法的 Lambda 表达式定义的属性。使用 `Array.ConvertAll()`方法, 将 `ServiceController` 实例转换为 `ServiceControllerInfo` 类型。这里传递了一个 Lambda 表达式, 它调用每个 `ServiceController` 对象的 `ServiceControllerInfo()`构造函数。最后, 将 `ServiceControllerInfo` 数组赋予窗口的 `DataContext` 属性, 进行数据绑定。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

protected void RefreshServiceList()
{
    ServiceController[] services = ServiceController.GetServices();

    Array.Sort(services, (s1, s2) =>
        s1.DisplayName.CompareTo(s2.DisplayName));

    this.DataContext =
        Array.ConvertAll(services, controller =>
            new ServicesControllerInfo(controller));
}

```

代码段 `ServiceControl/ServiceControlWindow.xaml.cs`

在列表框中获得所有服务的 `RefreshServiceList()`方法在 `ServiceControlWindow` 类的构造函数中调用。这个构造函数还为按钮的 `Click` 事件定义了事件处理程序:

```

public ServiceControlWindow()
{
    InitializeComponent();
    RefreshServiceList();
}

```

现在, 就可以定义 XAML 代码, 把信息绑定到控件上。

首先, 为显示在列表框中的信息定义一个 `DataTemplate`。列表框包含一个标签, 其 `Content` 属性

绑定到数据源的 `DisplayName` 属性上。在绑定 `ServiceControllerInfo` 对象数组时，用 `ServiceControllerInfo` 类定义 `DisplayName` 属性：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
<Window.Resources>
  <DataTemplate x:Key="listTemplate">
    <Label Content="{Binding Path=DisplayName}" />
  </DataTemplate>
</Window.Resources>
```

代码段 `ServiceControl/ServiceControlWindow.xaml`

放在窗口左边的列表框将 `ItemsSource` 属性设置为 `{Binding}`。这样，显示在列表中的数据就从 `RefreshServiceList()` 方法设置的 `DataContext` 属性中获得。`ItemTemplate` 属性引用了前面用 `DataTemplate` 定义的资源 `listTemplate`。把 `IsSynchronizedWithCurrentItem` 属性设置为 `True`，从而使位于同一个窗口中的文本框和按钮控件绑定到列表框中当前选择的项上。

```
<ListBox Grid.Row="0" Grid.Column="0" HorizontalAlignment="Left"
  Name="listBoxServices" VerticalAlignment="Top"
  ItemsSource="{Binding}"
  ItemTemplate="{StaticResource listTemplate}"
  IsSynchronizedWithCurrentItem="True">
</ListBox>
```

对于文本框控件，`Text` 属性绑定到 `ServiceControllerInfo` 实例的对应属性上。按钮控件是启用还是禁用也从数据绑定中定义，即把 `IsEnabled` 属性绑定到 `ServiceControllerInfo` 实例的对应属性上，该属性返回一个布尔值：

```
<TextBlock Grid.Row="0" Grid.ColumnSpan="2" Name="textDisplayName"
  Text="{Binding Path=DisplayName, Mode=OneTime}" />
<TextBlock Grid.Row="1" Grid.ColumnSpan="2" Name="textStatus"
  Text="{Binding Path=ServiceStatusName, Mode=OneTime}" />
<TextBlock Grid.Row="2" Grid.ColumnSpan="2" Name="textType"
  Text="{Binding Path=ServiceTypeName, Mode=OneTime}" />
<TextBlock Grid.Row="3" Grid.ColumnSpan="2" Name="textName"
  Text="{Binding Path=ServiceName, Mode=OneTime}" />
<Button Grid.Row="4" Grid.Column="0" Name="buttonStart" Content="Start"
  IsEnabled="{Binding Path=EnableStart, Mode=OneTime}"
  Click="OnServiceCommand" />
<Button Grid.Row="4" Grid.Column="1" Name="buttonStop" Content="Stop"
  IsEnabled="{Binding Path=EnableStop, Mode=OneTime}"
  Click="OnServiceCommand" />
<Button Grid.Row="5" Grid.Column="0" Name="buttonPause" Content="Pause"
  IsEnabled="{Binding Path=EnablePause, Mode=OneTime}"
  Click="OnServiceCommand" />
<Button Grid.Row="5" Grid.Column="1" Name="buttonContinue"
  Content="Continue" IsEnabled="{Binding Path=EnableContinue,
  Mode=OneTime}" Click="OnServiceCommand" />
<Button Grid.Row="6" Grid.Column="0" Name="buttonRefresh" Content="Refresh"
  Click="OnRefresh" />
<Button Grid.Row="6" Grid.Column="1" Name="buttonExit"
  Content="Exit" Click="OnExit" />
```

## 2. 服务的控制

使用 `ServiceController` 类，也可以把控制请求发送给服务，该类的方法如表 25-5 所示。

表 25-5

方法	说明
<code>Start()</code>	<code>Start()</code> 方法告诉 SCM 应启动服务。在服务程序示例中，调用了 <code>OnStart()</code> 方法
<code>Stop()</code>	如果 <code>CanStop</code> 属性在服务类中的值是 <code>true</code> ，则在 SCM 的帮助下， <code>Stop()</code> 方法调用服务程序中的 <code>OnStop()</code> 方法
<code>Pause()</code>	如果 <code>CanPauseAndContinue</code> 属性的值是 <code>true</code> ，则 <code>Pause()</code> 方法调用 <code>OnPause()</code> 方法
<code>Continue()</code>	如果 <code>CanPauseAndContinue</code> 属性的值是 <code>true</code> ，则 <code>Continue()</code> 方法调用 <code>OnContinue()</code> 方法
<code>ExecuteCommand()</code>	使用 <code>ExecuteCommand()</code> 可以把定制的命令发送给服务

下面就是控制服务的代码。因为启动、停止、挂起和暂停服务的代码是相似的，所以仅为这 4 个按钮使用一个处理程序：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
protected void OnServiceCommand(object sender, RoutedEventArgs e)
{
    Cursor oldCursor = this.Cursor;
    try
    {
        this.Cursor = Cursors.Wait;
        ServiceControllerInfo si =
            (ServiceControllerInfo)listBoxServices.SelectedItem;
        if (sender == this.buttonStart)
        {
            si.Controller.Start();
            si.Controller.WaitForStatus(ServiceControllerStatus.Running,
                TimeSpan.FromSeconds(10));
        }
        else if (sender == this.buttonStop)
        {
            si.Controller.Stop();
            si.Controller.WaitForStatus(ServiceControllerStatus.Stopped,
                TimeSpan.FromSeconds(10));
        }
        else if (sender == this.buttonPause)
        {
            si.Controller.Pause();
            si.Controller.WaitForStatus(ServiceControllerStatus.Paused,
                TimeSpan.FromSeconds(10));
        }
        else if (sender == this.buttonContinue)
        {
            si.Controller.Continue();
            si.Controller.WaitForStatus(ServiceControllerStatus.Running,
                TimeSpan.FromSeconds(10));
        }
    }
    int index = listBoxServices.SelectedIndex;
}
```

```

        RefreshServiceList();
        listBoxServices.SelectedIndex = index;
    }
    catch (System.ServiceProcess.TimeoutException ex)
    {
        MessageBox.Show(ex.Message, "Timout Service Controller",
            MessageBoxButton.OK, MessageBoxImage.Error);
    }
    catch (InvalidOperationException ex)
    {
        MessageBox.Show(String.Format("{0} {1}", ex.Message,
            ex.InnerException != null ? ex.InnerException.Message :
                String.Empty),
            MessageBoxButton.OK, MessageBoxImage.Error);
    }
    finally
    {
        this.Cursor = oldCursor;
    }
}

protected void OnExit(object sender, RoutedEventArgs e)
{
    Application.Current.Shutdown();
}

protected void OnRefresh_Click(object sender, RoutedEventArgs e)
{
    RefreshServiceList();
}

```

代码段 ServiceControl/ServiceControlWindow.xaml.cs

由于控制服务要花费一定的时间，因此，光标在第一条语句中切换为等待光标。然后，根据被按的按钮调用 `ServiceController` 类的方法。使用 `WaitForStatus()` 方法，表明用户正在等待检查服务把状态改为被请求的值，但是，我们最多等待 10 秒。在 10 秒之后，就会刷新列表框中的信息，其目的是当用户选择与以前相同的服务时，能够显示服务的新状态。

因为应用程序需要管理权限，大多数服务都需要管理权限来启动和停止，所以把一个应用程序清单添加到项目中，并把 `requestedExecutionLevel` 属性设置为 `requireAdministrator`。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<asmv1:assembly manifestVersion="1.0"
    xmlns="urn:schemas-microsoft-com:asm.v1"
    xmlns:asmv1="urn:schemas-microsoft-com:asm.v1"
    xmlns:asmv2="urn:schemas-microsoft-com:asm.v2"
    xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance">
  <assemblyIdentity version="1.0.0.0" name="MyApplication.app"/>
  <trustInfo xmlns="urn:schemas-microsoft-com:asm.v2">
    <security>
      <requestedPrivileges xmlns="urn:schemas-microsoft-com:asm.v3">
        <requestedExecutionLevel level="requireAdministrator" uiAccess="false" />
      </requestedPrivileges>
    </security>
  </trustInfo>

```



</asmv1:assembly>

代码段 ServiceControl/app.manifest

最后，运行应用程序的结果如图 25-14 所示。

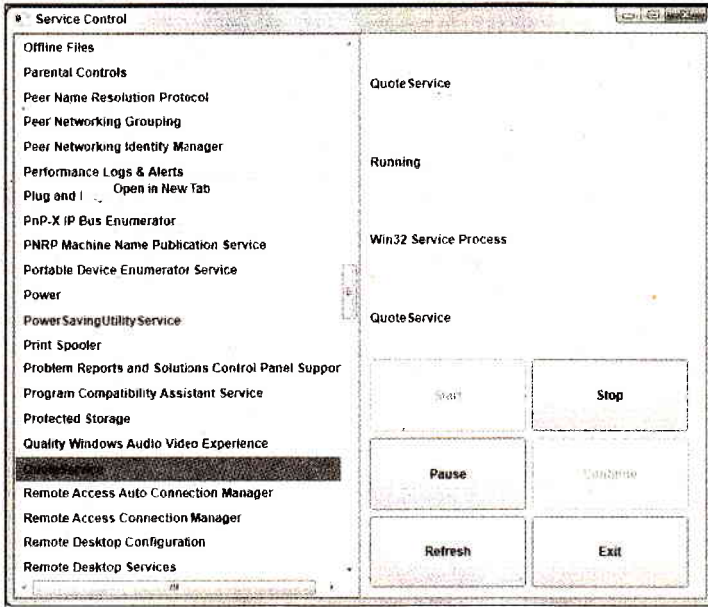


图 25-14

## 25.5 故障排除和事件日志

服务方面的故障排除与标准应用程序的故障排除并不相同。本节将讨论一些服务问题、交互式服务的问题和事件日志。

创建服务最好的方式就是在实际创建服务之前，先创建一个具有所需功能的程序集和一个测试客户，以便进行正常的调试和错误处理。应用程序一运行，就可以使用那个程序集创建服务。当然，对于服务，仍然存在下列问题：

- 在服务中，错误信息不显示在消息框中(除了运行在客户端系统上的交互式服务之外)，而是使用事件日志服务把错误写入事件日志中。当然，在使用服务的客户端应用程序中，可以显示一个消息框，以通知用户出现了错误。
- 虽然服务不能从调试器中启动，但是调试器可以与正在运行的服务联系起来。打开带有服务源代码的解决方案，并且设置断点。从 Visual Studio 的 Debug 菜单中选择 Processes 命令，捕获正在运行的服务进程。
- 性能监视器可以用于监视服务的行为。可以把自己的性能对象添加到服务中，这样可以添加一些有用的信息，以便进行调试。例如，通过 Quote 服务，可以建立一个对象，让它给出返回的引用总数和初始化花费的时间等。

把事件添加到事件日志中，服务就可以报告错误和其他信息。当 AutoLog 属性设置为 true 时，从 ServiceBase 类中派生的服务类可以自动把事件写入到日志中。ServiceBase 类检查 AutoLog 属性，并

且在启动、停止、暂停和继续请求时编写日志条目。

图 25-15 是服务中的一个日志条目示例。

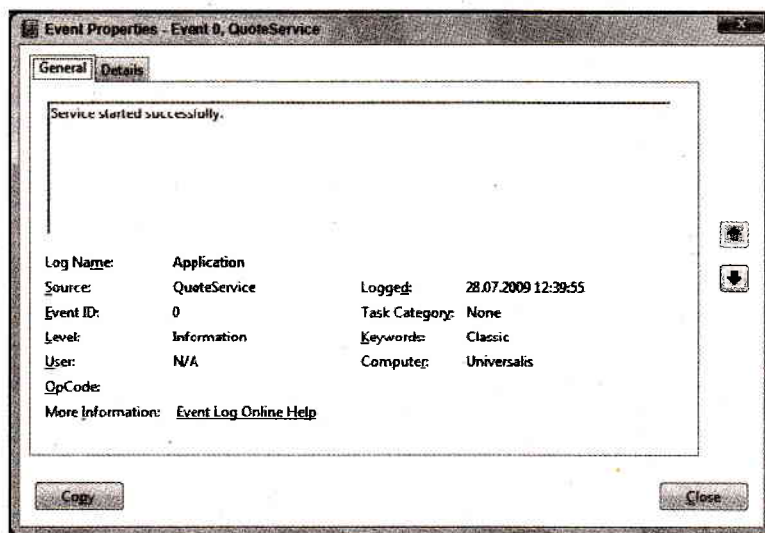


图 25-15



事件日志和如何编写自定义事件的内容详见第 19 章。

## 25.6 小结

本章讨论了 Windows 服务的体系结构和如何使用 .NET Framework 创建 Windows 服务。应用程序可以与 Windows 服务一起在系统启动时自动启动，也可以把具有特权的 System 账户用作服务的用户。Windows 服务从主函数、service-main 函数和处理程序中创建，本章还介绍了与 Windows 服务相关的其他程序，如服务控制程序和服务安装程序。

.NET Framework 对 Windows 服务提供了很好的支持。创建、控制和安装服务所需的代码都封装在 System.ServiceProcess 名称空间的 .NET Framework 类中。从 ServiceBase 类中派生一个类，就可以重写服务暂停、继续或停止时调用的方法。对于服务的安装，ServiceProcessInstaller 类和 ServiceInstaller 类可以处理服务所需的所有注册表配置。还可以使用 ServiceController 类控制和监视服务。

下一章介绍与本机代码的交互操作。许多 .NET 类在后台使用本地代码。例如，ServiceBase 类封装了 Windows API CreateService()。下一章还会探讨如何在自己的类中使用本地方法和 COM 对象。

# 第 26 章

## 互操作性

本章内容:

- COM 和 .NET 技术
- 在 .NET 应用程序中使用 COM 对象
- 从 COM 客户端中使用 .NET 组件
- 调用本地方法的 Platform Invoke(平台调用)

如果您在学习 .NET 之前编写过 Windows 程序,通常就没有时间和资源用 .NET 再重写以前的程序。有时重写代码有助于重构,或者重新思考应用程序的体系架构。从长远来看,重写还有助于提高效率,更便于用新技术添加新特性。但是,我们不会因为一种新技术可用而重写已有的代码。我们本来有数千行已存在的可运行代码,重写它们需要的精力太多,还不如把它们迁移到托管环境中。

这也同样适用于 Microsoft。在 System.DirectoryService 名称空间中,Microsoft 并没有重写 COM 对象来访问层次结构的数据存储器,这个名称空间中的类实际上是访问 ADSI COM 对象的包装器。System.Data.OleDb 名称空间也是这样,由这个名称空间中的类所使用的 OLE DB 提供程序的确包含相当复杂的 COM 接口。

我们自己的解决方案也会面临相同的问题。如果在 .NET 应用程序中要使用已有的 COM 对象,或者倒过来,要编写在旧 COM 客户端中使用的 .NET 组件,就应使用本章介绍的 COM 互操作性。

如果没有要与应用程序集成的 COM 组件,或旧 COM 客户端要使用一些 .NET 组件,就应跳过本章。

与其他章节一样,本章的示例代码也可以从 Wrox 网站 [www.wrox.com](http://www.wrox.com) 或者本书附赠光盘上找到。

### 26.1 .NET 和 COM

COM 是 .NET 以前的技术。COM 定义了一个组件模型,在该模型中,组件可以用不同的编程语言编写。用 C++ 编写的组件可以在 VB 客户端中使用。组件还可以在本地的进程中使用,跨进程使用或跨网络使用。看起来是不是很熟悉?当然,.NET 的目标也是这样。但这些目标的实现方式不同。COM 概念使用起来越来越复杂,且已经不能扩展了。.NET 实现了与 COM 类似的目标,但引入了新概念,实现起来更容易。

即使到了今天,使用 COM 和 .NET 交互操作的主要问题是要理解 COM。是 COM 客户端使

用.NET 组件, 还是.NET 应用程序使用 COM 组件并不重要, 而是必须理解 COM。所以这里首先比较 COM 和.NET 的功能。

如果您已经熟练掌握了 COM 技术, 本节就复习 COM 知识。否则, 您将学习 COM 的概念——现在使用.NET——我们不再需要再在日常工作中处理它。但是, 在把 COM 技术集成到.NET 应用程序中时, COM 的问题仍旧存在。

COM 和.NET 有许多类似的概念和使用它们的不同解决方案。下面将讨论:

- 元数据
- 释放内存
- 接口
- 方法绑定
- 数据类型
- 注册
- 线程
- 错误处理
- 事件处理

下面几节讨论这些概念和编组机制。

### 26.1.1 元数据

在 COM 中, 组件的所有信息都存储在类型库中。类型库包含的信息有接口、方法和参数的名称和 ID 等。而在.NET 中, 所有这些信息都可以存储在程序集中, 如第 14 章和第 18 章所述。COM 存在的问题是, 类型库是不能扩展的。在 C++ 中, IDL(Interface Definition Language, 接口定义语言) 文件用于描述接口和方法。其中一些 IDL 修饰符不在类型库中, 因为 Visual Basic(和负责开发类型库的 Visual Basic 小组)不能使用这些 IDL 修饰符。而在.NET 中, 不存在这个问题, 因为.NET 元数据可以使用自定义特性来扩展。

因此, 一些 COM 组件有类型库, 而其他 COM 组件没有。如果没有类型库可用, 就可以使用 C++ 头文件来描述接口和方法。在.NET 中, 使用带有类型库的 COM 组件比较容易, 也可使用不带类型库的 COM 组件。在这种情况下, 必须使用 C# 代码重新定义 COM 接口。

### 26.1.2 释放内存

在.NET 中, 内存的释放由垃圾收集器完成。这完全不同于 COM, COM 依赖的是引用计数。

IUnknown 接口是每个 COM 对象必须实现的一个接口, 它提供了 3 个方法。其中两个方法与引用计数有关。如果需要另一个接口指针, 客户端就必须调用 AddRef() 方法, 这个方法会递增引用计数。Release() 方法会递减引用计数, 如果所得的引用计数是 0, 就销毁对象, 释放内存。

### 26.1.3 接口

接口是 COM 的核心, 它区分了在客户端和对象之间使用的契约和实现方式。接口(协定)定义了由组件提供的方法, 可以由客户端使用。而在.NET 中, 接口也有非常重要的作用。

COM 区分 3 种接口类型: 自定义接口、调度接口(dispatch interface)和双重接口。

## 1. 自定义接口

自定义接口派生自 IUnknown 接口。因为自定义接口定义了虚拟表(vtable)中方法的顺序,所以客户端可以直接访问接口的方法。这也表示在开发阶段客户端需要能识别虚拟表,因为方法的绑定使用内存地址进行。因此,自定义接口不能由脚本客户端使用。图 26-1 显示了自定义接口 IMath 的虚拟表,除了接口 IUnknown 接口的方法之外,该接口还提供了 Add()和 Sub()方法。

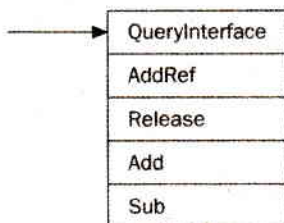


图 26-1

## 2. 调度接口

因为脚本客户端(和早期的 Visual Basic 客户端)不支持自定义接口,所以需要另外一种接口类型,而在调度接口中,可用于客户端可用的接口总是 IDispatch 接口。IDispatch 接口派生自 IUnknown 接口,除了接口 IUnknown 接口的方法之外,它还提供了 4 个方法,其中两个最重要的方法是 GetIDsOfNames()和 Invoke()。如图 26-2 所示,在调度接口中需要两个表。第一个表把方法名或属性名映射到调度 ID(dispatch ID)上,第二个表把调度 ID 映射到方法或属性的实现代码上。

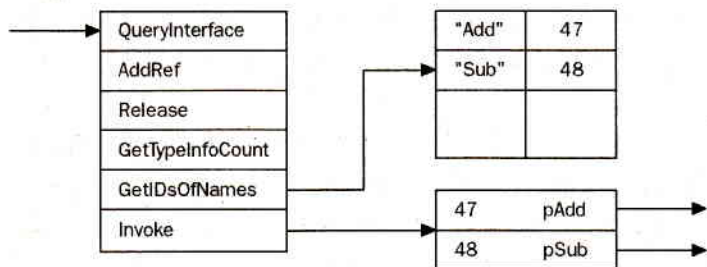


图 26-2

在客户端调用组件中的方法时,它先调用 GetIDsOfNames()方法,并给它传递要调用的方法的名称。GetIDsOfNames()方法会查找名称-ID 表,返回调度 ID,客户端再使用这个 ID 调用 Invoke()方法。



通常, IDispatch 接口的两个表存储在类型库中,但这不是必需的,一些组件把这两个表存储在其他地方。

## 3. 双重接口

可以想像,调度接口比自定义接口慢得多。另一方面,脚本客户端不能使用自定义接口。双重接口可以解决这个问题。如图 26-3 所示,双重接口派生自 IDispatch 接口,但提供了可以在虚拟表

中直接使用的接口的方法。脚本客户端可以使用 IDispatch 接口调用 Add()和 Sub()方法，而能够识别虚拟表的客户端可以直接调用 Add()和 Sub()方法。

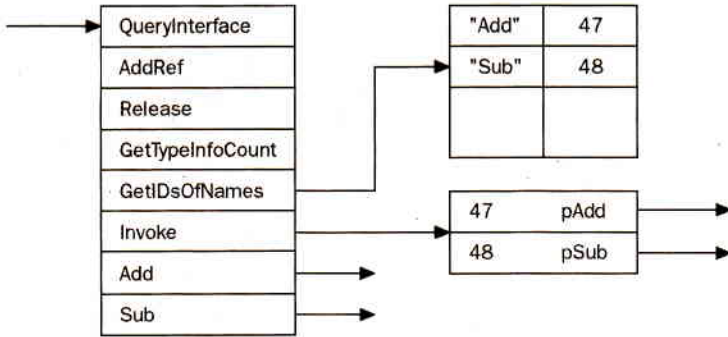


图 26-3

#### 4. 类型强制转换和 QueryInterface

如果.NET 类实现多个接口，就可以进行类型强制转换，得到一个接口或另一个接口。而在 COM 中，IUnknown 接口通过 QueryInterface()方法提供了类似的机制。如上一节所述，因为 IUnknown 接口是其他接口的基接口，所以可以以任何方式使用 QueryInterface()方法。

#### 26.1.4 方法的绑定

客户端映射方法的方式用术语早期绑定和后期绑定来定义。后期绑定表示要调用的方法是在运行期间确定的。.NET 使用 System.Reflection 名称空间来实现后期绑定(参阅第 14 章)。

COM 使用上面讨论的 IDispatch 接口进行后期绑定。后期绑定可以使用调度接口和双重接口来实现。

在 COM 中，早期绑定有两个不同的选项。早期绑定的一种方式也称为虚拟表绑定，它直接使用虚拟表，这可以通过自定义接口和双重接口来实现。早期绑定的第二种方式也称为 ID 绑定。其中调度 ID 存储在客户端代码中，在运行期间只需要调用一次 Invoke()方法。GetIDsOfNames()方法在设计期间调用。对于这种客户端，记住不必改变调度 ID 非常重要。

#### 26.1.5 数据类型

对于双重接口和调度接口，COM 能使用的数据类型局限于一个自动兼容的数据类型列表。IDispatch 接口的 Invoke()方法接受 VARIANT 数据类型的数组。VARIANT 是许多不同数据类型的联合，如 BYTE、SHORT、LONG、FLOAT、DOUBLE、BSTR、IUnknown\*、IDispatch\*等。VARIANT 类型在 Visual Basic 中很容易使用，但它在 C++中使用时就比较复杂。在.NET 中，使用 Object 类代替 VARIANT 类型。

在自定义接口中，C++能使用的所有数据类型也可用于 COM。但是，使用这个组件的客户端只能采用某些编程语言。

#### 26.1.6 注册

.NET 区分私有程序集和共享程序集，详见第 18 章。而在 COM 中，通过注册表配置的所有组

件都是全局可用的。

所有 COM 对象都有一个唯一的标识符, 该标识符由一个 128 位的数字组成, 也称为类 ID (CLSID)。创建 COM 对象时, COM API 调用 `CoCreateInstance()` 方法, 仅在注册表中查找 CLSID 和到 DLL 或 EXE 的路径, 然后加载 DLL 或启动 EXE, 并实例化组件。

因为这个 128 位的数字不容易记忆, 所以许多 COM 对象还有一个 ProgID, 该 ID 很容易记忆, 如 `Excel.Application` 就映射到一个 CLSID 上。

除了 CLSID 之外, COM 对象还为每个接口和类型库指定了一个唯一的标识符(分别为 IID 和 typelib id)。

本章后面将详细讨论注册表中的信息。

### 26.1.7 线程

COM 使用单元模型, 这样程序员就不必考虑线程问题。但是, 这也增加了复杂性。对于不同的操作系统版本添加了不同的单元类型。本节讨论单线程单元和多线程单元。



.NET 中的线程详见第 20 章。

#### 1. 单线程单元

单线程单元(STA)是在 Windows NT 3.51 中引入的。在 STA 中, 只允许一个线程(创建实例的线程)访问组件。但是, 在一个进程中允许有多个 STA, 如图 26-4 所示。

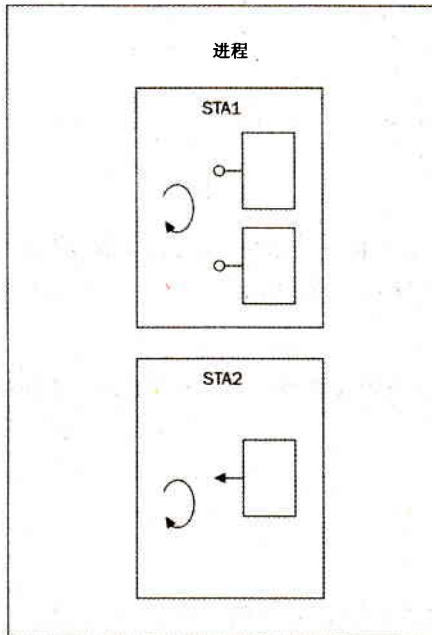


图 26-4

在图 26-4 中, 里面带棒棒糖的矩形表示 COM 组件。组件和线程(弯曲箭头)包含在单元中。外

部的矩形表示一个进程。

在 STA 中，不需要防止多个线程访问实例变量，因为这种保护由 COM 设备实现，只有一个线程可以访问组件。

COM 对象在编程时不是线程安全的，因此 STA 需要在注册表中把注册键 `ThreadingModel` 设置为 `Apartment`。

### 2. 多线程单元

Windows NT 4.0 引入了多线程单元(MTA)的概念。在 MTA 中，多个线程可以同时访问组件。图 26-5 显示了带一个 MTA 和两个 STA 的进程。

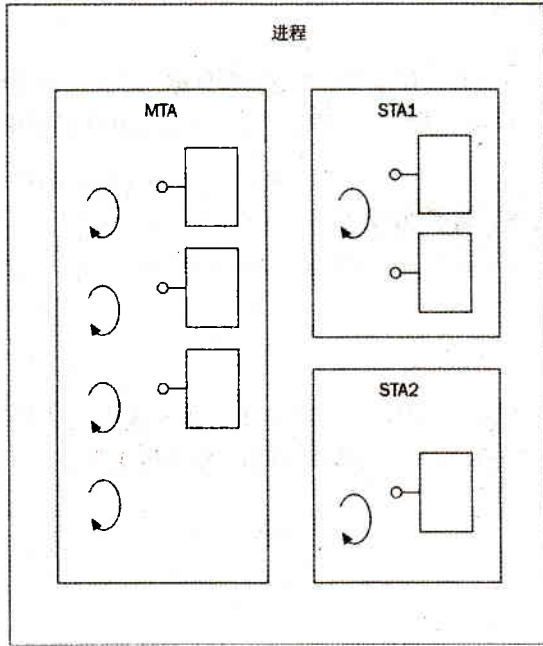



图 26-5

COM 对象在编程时是线程安全的，因此 MTA 需要在注册表中把 `ThreadingModel` 键设置为 `Free`。Both 值用于不考虑单元类型的线程安全的 COM 对象。

 Visual Basic 6.0 不支持多线程单元。如果使用以 VB6 开发的 COM 对象，就必须了解这一点。

### 26.1.8 错误处理

在 .NET 中，通过抛出异常来生成错误。在较旧的 COM 技术中，通过方法返回 `HRESULT` 值来定义错误。`HRESULT` 的值是 `S_OK`，它表示方法成功。

如果 COM 组件提供了详细的错误消息，COM 组件就实现 `ISupportErrorInfo` 接口，该接口不但



提供了错误消息, 还提供了帮助文件的链接、错误源, 一返回方法就会返回一个错误信息对象。在.NET 中, 实现 `ISupportErrorInfo` 接口的对象会自动映射到详细的错误信息和一个.NET 异常。



如何跟踪和记录错误的内容详见第 19 章。

### 26.1.9 事件

.NET 用 C# 关键字 `event` 和 `delegate` 提供了回调机制(参阅第 8 章)。

图 26-6 显示了 COM 的事件处理体系结构。在 COM 事件中, 组件必须实现 `IConnectionPointContainer` 接口和一个或多个实现 `IConnectionPoint` 接口的连接点对象(CPO)。在图 26-6 中, 组件还定义了一个由 CPO 调用的输出接口 `ICompletedEvents`。客户端必须在 `sink` 对象中实现这个输出接口, 而 `sink` 对象本身是一个 COM 对象。在运行过程中, 客户端在服务器中查询 `IConnectionPointContainer` 接口。通过这个接口, 客户端让 CPO 通过 `FindConnectionPoint()` 方法, 获得指向所返回的 `IConnectionPoint` 接口的指针。客户端再使用这个接口指针调用 `Advise()` 方法, 并把指向 `sink` 对象的指针传递给服务器。接着, 组件就可以在客户端的 `sink` 对象中调用方法。

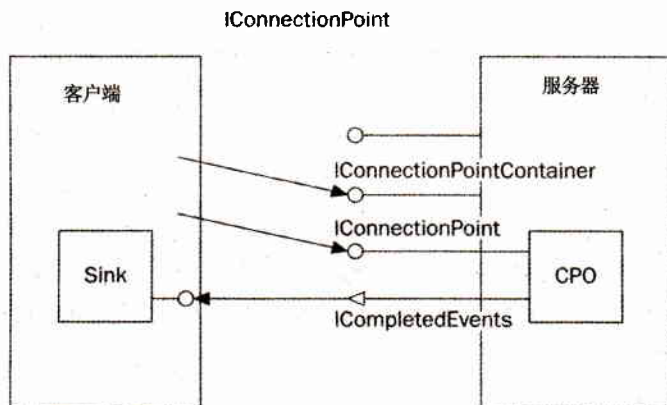


图 26-6

本章后面将讨论如何映射.NET 事件和 COM 事件, 以便.NET 客户端处理 COM 事件, COM 事件处理.NET 端。

## 26.2 编组

从.NET 传递给 COM 组件和从 COM 组件传递给.NET 的数据必须转换为相应的表示法, 这种机制也称为编组(marshaling)。具体的转换过程取决于所传递数据的数据类型。这里必须区分 `blittable` 和 `nonblittable` 数据类型。

`blittable` 数据类型在.NET 和 COM 中有相同的表示法, 不需要转换。简单的数据类型如 `byte`、`short`、`int` 和 `long`, 仅包含这些简单数据类型的类和数组都属于 `blittable` 数据类型。`blittable` 类型的数组必须是一维的。

nonblittable 数据类型需要进行转换。表 26-1 列出了一些 nonblittable 的 COM 数据类型及其对应的 .NET 数据类型。因为 nonblittable 数据类型需要转换，所以需要更高的系统开销。

表 26-1

COM 数据类型	.NET 数据类型
SAFEARRAY	Array
VARIANT	Object
BSTR	String
IUnknown*, IDispatch*	Object

## 26.3 从.NET 客户端中使用 COM 组件

要理解 .NET 应用程序如何使用 COM 组件，首先必须创建 COM 组件。创建 COM 组件不能使用 C# 或 Visual Basic 2010，而应使用 Visual Basic 6.0 或 C++ (或其他支持 COM 的语言)。本章使用 ATL (Active Template Library, 活动模板库)、C++ 和 Visual Studio 2010。

这里先创建一个简单的 COM 组件，在一个 RCW (Runtime Callable Wrapper, 运行时可调用包装器) 中使用它。该组件还与新的 C# 4 动态语言扩展一起使用。再讨论线程问题，最后把 COM 连接点映射到 .NET 事件上。



使用 C# 或 Visual Basic 9.0 可以创建 .NET 组件，Visual Basic 10.0 和 C# 通过一个封装器就可以把该 .NET 组件用作 COM 对象，而封装器是真正的 COM 组件。封装自 COM 组件中的 .NET 组件由 .NET 客户端通过 COM 交互操作功能来使用是没有意义的。

因为本书讲述的不是 COM，所以不讨论代码的各个方面，只讨论构建示例所需要的代码。

### 26.3.1 创建 COM 组件

要用 ATL 和 C++ 创建 COM 组件，先新建一个 ATL 项目。选择 File | New | Project 命令后，就会在 Visual C++ Projects 组中看到 ATL Project 向导。把名称设置为 COMServer。在 Application Settings 中，选择 Dynamic Link Library，再单击 Finish 按钮。



因为一个建立步骤在注册表中注册 COM 组件，这需要管理权限，所以 Visual Studio 应以提升的模式启动，来编写 ATL COM 对象。

ATL Project 向导刚才已为服务器创建了基础代码。还需要一个 COM 对象。在 Solution Explorer 窗口中添加一个类，选择 ATL Simple Object。在打开的对话框中，为 Short name 字段输入 COMDemo。

其他字段都是自动填充的，但把接口名改为 `IWelcome`，把 `ProgID` 改为 `COMServer.COMDemo`，如图 26-7 所示。单击 `Finish` 按钮为类和接口创建占位程序代码。

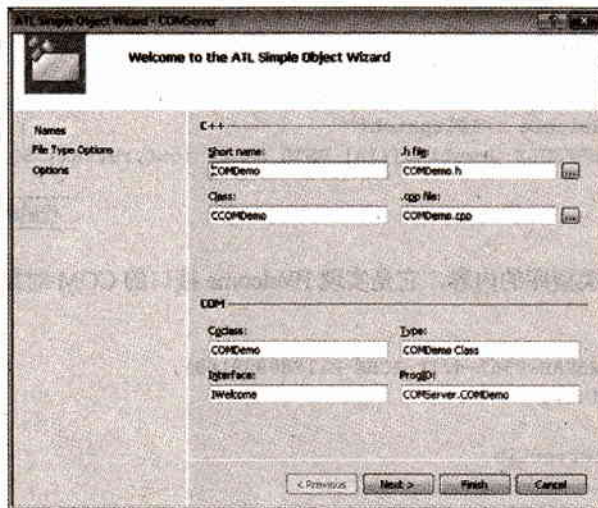


图 26-7

COM 组件提供了两个接口，以便用户可以看到 `QueryInterface()` 方法是如何从 .NET 中映射的。COM 组件还提供了 3 个简单的方法，以便我们可以看到交互操作是如何进行的。在类视图中，选择 `IWelcome` 接口，添加 `Greeting()` 方法，如图 26-8 所示，该方法有 3 个参数：

```
HRESULT Greeting([in] BSTR name, [out, retval] BSTR* message);
```

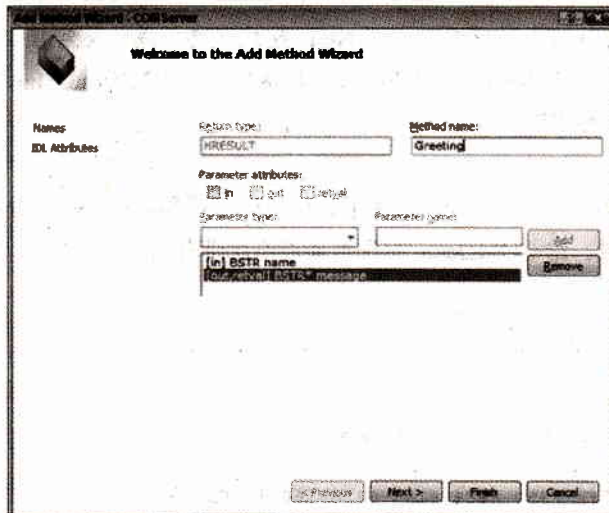


图 26-8

IDL 文件 `COMDemo.idl` 为 COM 定义了接口。向导从 `COMDemo.idl` 文件中生成的代码类似如下代码。唯一标识符 `uuid` 会有所不同。`IWelcome` 接口定义了 `Greeting()` 方法。关键字 `interface` 之前的方括号定义了接口的一些功能。`uuid` 定义接口的 ID，`dual` 标记接口的类型。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
[
    object,
    uuid(EB1E5898-4DAB-4184-92E2-BBD8F9341AFD),
    dual,
    nonextensible,
    pointer_default(unique)
]
interface IWelcome : IDispatch{
    [id(1)] HRESULT Greeting([in] BSTR name, [out,retval] BSTR* message);
};
```

代码段 COMServer/COMServer.idl

IDL 文件还定义了类型库的内容，它是实现 IWelcome 接口的 COM 对象(coclass):

```
[
    uuid(8C123EAE-F567-421F-ACBE-E11F89909160),
    version(1.0),
]
library COMServerLib
{
    importlib("stdole2.tlb");
    [
        uuid(ACB04E72-EB08-4D4A-91D3-34A5DB55D4B4)
    ]
    coclass COMDemo
    {
        [default] interface IWelcome;
    };
};
```



在自定义特性中，可以改变由 .NET 包装器类生成的类和接口的名称。只需给 custom 特性添加标识符 0F21F359-AB84-41e8-9A78-36D110E6D2F9，并给 .NET 中显示的内容指定名称即可。

在 IWelcome 接口的头文件部分，添加带有相同标识符和名称 Wrox.ProCSharp.Interop.Server.IWelcome 的自定义特性。给 COMDemo 组件对象类添加带有相应名称的同一特性。

```
[
    object,
    uuid(EB1E5898-4DAB-4184-92E2-BBD8F9341AFD),
    dual,
    nonextensible,
    helpstring("IWelcome Interface"),
    pointer_default(unique),
    custom(0F21F359-AB84-41e8-9A78-36D110E6D2F9,
        "Wrox.ProCSharp.Interop.Server.IWelcome")
]
interface IWelcome : IDispatch{
    [id(1)] HRESULT Greeting([in] BSTR name, [out,retval] BSTR* message);
};
[
    uuid(8C123EAE-F567-421F-ACBE-E11F89909160),
```

```

        version(1.0),
    ]
    library COMServerLib
    {
        importlib("stdole2.tlb");
        [
            uuid(ACB04E72-EB08-4D4A-91D3-34A5DB55D4B4),
            helpstring("COMDemo Class"),
            custom(0F21F359-AB84-41e8-9A78-36D110E6D2F9,
                "Wrox.ProCSharp.Interop.Server.COMDemo")
        ]
        coclass COMDemo
        {
            [default] interface IWelcome;
        };
    };
};

```

现在给文件 `COMDemo.idl` 添加第二个接口。可以把 `IWelcome` 接口的头文件部分复制到新接口 `IMath` 的头文件部分，但要确保修改变用 `uuid` 关键字定义的唯一标识符。可以用实用程序 `guidgen` 生成这样一个 ID。 `IMath` 接口提供了两个方法 `Add()` 和 `Sub()`。

```

// IMath
[
    object,
    uuid(2158751B-896E-461d-9012-EF1680BE0628),
    dual,
    nonextensible,
    helpstring("IMath Interface"),
    pointer_default(unique),
    custom(0F21F359-AB84-41e8-9A78-36D110E6D2F9,
        "Wrox.ProCSharp.Interop.Server.IMath")
]
interface IMath: IDispatch
{
    [id(1)] HRESULT Add([in] LONG val1, [in] LONG val2,
        [out, retval] LONG* result);
    [id(2)] HRESULT Sub([in] LONG val1, [in] LONG val2,
        [out, retval] LONG* result);
};

```

`COMDemo` 组件对象类必须修改，使之实现 `IWelcome` 和 `IMath` 接口，`IWelcome` 接口是默认接口。

```

importlib("stdole2.tlb");
[
    uuid(ACB04E72-EB08-4D4A-91D3-34A5DB55D4B4),
    helpstring("COMDemo Class"),
    custom(0F21F359-AB84-41e8-9A78-36D110E6D2F9,
        "Wrox.ProCSharp.Interop.Server.COMDemo")
]
coclass COMDemo
{
    [default] interface IWelcome;
    interface IMath;
};

```

};

现在可以把注意力从 IDL 文件转向 C++ 代码。COMDemo.h 文件包含 COM 对象的类定义。CCOMDemo 类使用多重继承机制，以派生自模板类 CComObjectRootEx、CComCoClass 和 IDispatchImpl 接口。CComObjectRootEx 类提供 IUnknown 接口功能的实现代码，如 AddRef() 和 Release() 方法的实现。CComCoClass 类创建一个工厂，来实例化模板参数的对象，这里是 CComDemo。IDispatchImpl 提供 IDispatch 接口中方法的实现代码。

利用 BEGIN\_COM\_MAP 和 END\_COM\_MAP 中的宏，创建一个映射，定义 COM 类实现的所有 COM 接口。这个映射由 QueryInterface() 方法的实现代码使用。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
class ATL_NO_VTABLE CCOMDemo:
public CComObjectRootEx<CComSingleThreadModel>,
public CComCoClass<CCOMDemo, &CLSID_COMDemo>,
public IDispatchImpl<IWelcome, &IID_IWelcome, &LIBID_COMServerLib,
/*wMajor =*/ 1, /*wMinor =*/ 0>
{
public:
    CCOMDemo()
    {
    }
    DECLARE_REGISTRY_RESOURCEID(IDR_COMDEMO)

    BEGIN_COM_MAP(CCOMDemo)
        COM_INTERFACE_ENTRY(IWelcome)
        COM_INTERFACE_ENTRY(IDispatch)
    END_COM_MAP()

    DECLARE_PROTECT_FINAL_CONSTRUCT()

    HRESULT FinalConstruct()
    {
        return S_OK;
    }

    void FinalRelease()
    {
    }

public:
    STDMETHOD(Greeting)(BSTR name, BSTR* message);
};

OBJECT_ENTRY_AUTO(__uuidof(CCOMDemo), CCOMDemo)
```

代码段 COMServer/COMDemo.h

有了这个类定义，还必须添加第二个接口 IMath，以及用 IMath 接口定义的方法：

```
class ATL_NO_VTABLE CCOMDemo:
public CComObjectRootEx<CComSingleThreadModel>,
public CComCoClass<CCOMDemo, &CLSID_COMDemo>,
public IDispatchImpl<IWelcome, &IID_IWelcome, &LIBID_COMServerLib,
/*wMajor =*/ 1, /*wMinor =*/ 0>
```

```

public IDispatchImpl<IMath, &IID_IMath, &LIBID_COMServerLib, 1, 0>
{
public:
    CCOMDemo()
    {
    }

DECLARE_REGISTRY_RESOURCEID(IDR_COMDEMO)

BEGIN_COM_MAP(CCOMDemo)
    COM_INTERFACE_ENTRY(IWelcome)
    COM_INTERFACE_ENTRY(IMath)
    COM_INTERFACE_ENTRY2(IDispatch, IWelcome)
END_COM_MAP()

    DECLARE_PROTECT_FINAL_CONSTRUCT()

    HRESULT FinalConstruct()
    {
        return S_OK;
    }

    void FinalRelease()
    {
    }

public:
    STDMETHOD(Greeting)(BSTR name, BSTR* message);
    STDMETHOD(Add)(long val1, long val2, long* result);
    STDMETHOD(Sub)(long val1, long val2, long* result);
};

OBJECT_ENTRY_AUTO(__uuidof(CCOMDemo), CCOMDemo)

```

现在可以在文件 `COMDemo.cpp` 中用下面的代码实现 3 个方法。`CComBSTR` 是一个很容易处理 `BSTR` 的 ATL 类。在 `Greeting()` 方法中，只返回一条欢迎消息，该消息把第一个参数传入的名称添加到返回的消息中。`Add()` 方法把两个值加在一起，而 `Sub()` 方法进行减法操作，并返回相减的结果。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

STDMETHODIMP CCOMDemo::Greeting(BSTR name, BSTR* message)
{
    CComBSTR tmp("Welcome, ");
    tmp.Append(name);
    *message = tmp;
    return S_OK;
}

STDMETHODIMP CCOMDemo::Add(LONG val1, LONG val2, LONG* result)
{
    *result = val1 + val2;
    return S_OK;
}

STDMETHODIMP CCOMDemo::Sub(LONG val1, LONG val2, LONG* result)
{
    *result = val1 - val2;
}

```

```

return S_OK;
}

```

代码段 COMServer/COMDemo.cpp

现在就可以构建组件。构建过程也在注册表中配置组件。

### 26.3.2 创建 RCW

现在可以在.NET 中使用 COM 组件。为此，必须创建一个 RCW。使用 RCW，.NET 客户端就可以使用 .NET 对象而不是 COM 组件，所以不需要处理 COM 特性，这由包装器来处理。RCW 隐藏了 IUnknown 和 IDispatch 接口(如图 26-9 所示)，并处理 COM 对象的引用计数。

RCW 可以使用命令行实用程序 tlbimp 或 Visual Studio 来创建。启动命令：

```

tlbimp COMServer.dll /out:Interop.COMServer.dll

```

这条命令会创建文件 Interop.COMServer.dll，其中包含带有包装器类的 .NET 程序集。在这个生成的程序集中，可以找到 COMWrapper 名称空间、CCOMDemoCalss 类、CCOMDecmo、IMath 和 IWelcome 接口。名称空间的名称可以使用实用程序 tlbimp 的选项来修改。/namespace 选项允许指定不同的名称空间，/asmversion 选项可以定义程序集的版本号。

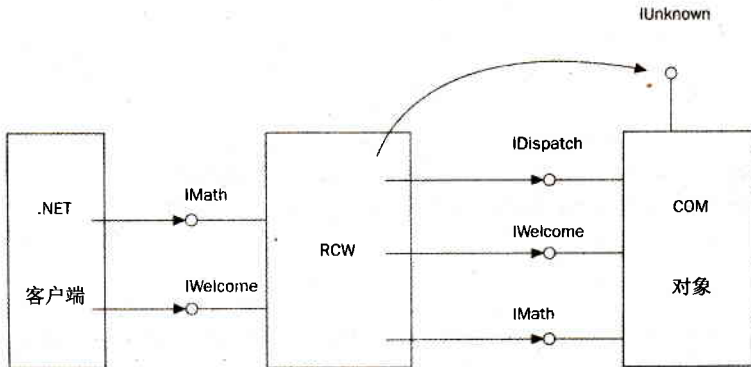


图 26-9

 这个命令行实用程序的另一个重要选项是/keyfile，它可以把一个强名赋予所生成的程序集。关于强名，详见第 18 章。

RCW 还可以使用 Visual Studio 来创建。要创建一个简单的示例应用程序，应创建一个 C# 控制台项目。在 Solution Explorer 窗口中，选择 Add Reference 对话框中的 COM 选项卡，向下滚动到 COMServer 1.0 Type Library 选项上，可以添加对 COM 服务器的引用。这里列出了在注册表中配置的所有 COM 对象。从列表中选择一个 COM 组件，创建一个 RCW 类。在 Visual Studio 2010 中，把 Embed Interop Types 属性设置为默认值 true，就可以在项目的主程序集中创建这个包装器类。把该属性设置为 false，会创建一个部署应用程序时需要的单独的交互操作程序集。



### 26.3.3 使用 RCW

创建包装器类后，就可以为应用程序编写代码来实例化和访问组件。因为在 C++ 文件中有自定义特性，所以 RCW 类生成的名称空间是 `Wrox.ProCSharp.COMInterop.Server`。在上面的声明中添加这个名称空间和 `System.Runtime.InteropServices` 名称空间。在 `System.Runtime.InteropServices` 名称空间中，使用 `Marshal` 类可以释放 COM 对象。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
using System;
using System.Runtime.InteropServices;
using Wrox.ProCSharp.Interop.Server

namespace Wrox.ProCSharp.Interop.Client
{
    class Program
    {
        [STAThread]
        static void Main()
        {
```

代码段 `DotnetClient/Program.cs`

现在可以像使用 .NET 类那样使用 COM 组件。obj 是 `COMDemo` 类型的一个变量，`COMDemo` 是一个 .NET 接口，它提供了 `IWelcome` 和 `IMath` 接口的方法。还可以对特定的接口进行数据类型强制转换，如 `IWelcome` 接口。通过声明为 `IWelcome` 类型的变量，可以调用 `Greeting()` 方法。



尽管 `COMDemo` 是一个接口，但可以实例化 `COMDemo` 类型的新对象。与一般的接口不同，可以对封装的 COM 接口进行这类操作。

```
var obj = new COMDemo();
IWelcome welcome = obj;
Console.WriteLine(welcome.Greeting("Stephanie"));
```

如果对象(如本例所示)提供了多个接口，就可以声明其他接口的变量，通过使用简单的赋值语句和类型强制转换运算符，包装器类就可以通过 `QueryInterface()` 方法和 COM 对象返回第二个接口指针。使用 `IMath` 变量可以调用 `IMath` 接口的方法。

```
IMath math;
math = (IMath)welcome;
int x = math.Add(4, 5);
Console.WriteLine(x);
```

如果在垃圾收集器清理对象之前释放 COM 对象，静态方法 `Marshal.ReleaseComObject()` 就调用组件的 `Release()` 方法，这样组件就可以销毁它自己，并释放内存。

```
Marshal.ReleaseComObject(math);
```



前面提到，一旦引用计数为 0，就释放 COM 对象。Marshal.ReleaseComObject()方法会调用 Release()方法给引用计数递减 1。因为 RCW 仅调用一次 AddRef()方法，来递增引用计数，所以无论引用 RCM 多少次，调用一次 Marshal.ReleaseComObject()方法，就足以释放对象了。

在使用 Marshal.ReleaseComObject()方法释放 COM 对象后，就不能使用引用该对象的变量了。在本例中，使用 math 变量释放 COM 对象。welcome 变量也引用 COM 对象，它不能在释放对象后使用。否则，就会生成一个 InvalidComObjectException 类型的异常。



COM 对象在不再需要时就释放，这很重要。COM 对象使用本地内存堆，而 .NET 对象使用托管的内存堆。垃圾收集器只处理托管内存。

可以看出，有了 RCW，就可以像使用 .NET 对象那样来使用 COM 组件。

### 26.3.4 使用 COM 服务器和动态语言扩展

C# 4 包含一个扩展功能，可从 C# 中使用动态语言。这也是使用提供了 IDispatch 接口的 COM 服务器的一个优点。如 26.1.3 节所述，这个接口在运行期间使用 GetIdsOfNames()和 Invoke()方法解析。利用 dynamic 关键字和后台使用的 COM 绑定器，可以在不创建 RCW 对象的情况下调用 COM 组件。

声明一个 dynamic 类型的变量，并给它赋予一个 COM 对象，以使用 COM 绑定器，接着就可以调用默认接口的方法。要在不使用 RCW 的情况下创建 COM 对象的示例，可以使用 Type.GetTypeFromProgID()方法获取 Type 对象，再通过 Activator.CreateInstance()方法实例化 COM 对象。通过 dynamic 关键字不能得到 IntelliSense，但可以使用 COM 非常常见的可选参数：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
using System;

namespace Wrox.ProCSharp.Interop
{
    class Program
    {
        static void Main()
        {
            Type t = Type.GetTypeFromProgID("COMServer.COMDemo");
            dynamic o = Activator.CreateInstance(t);
            Console.WriteLine(o.Greeting("Angela"));
        }
    }
}
```

代码段 DynamicDotnetClient/Program.cs



C# 的动态语言扩展参见第 12 章。

### 26.3.5 线程问题

如本章前面所述, COM 组件根据实现的线程安全与否, 标记它所在的单元(STA 或 MTA)。但是, 线程必须加入单元中。添加线程的单元可以用[STAThread]和[MTAThread]特性定义, 这两个特性可以应用于应用程序的 Main()方法。[STAThread]特性表示线程加入 STA。而[MTAThread]特性表示线程加入 MTA。如果没有应用特性, 默认情况下就加入 MTA。

还可以使用 Thread 类的 ApartmentState 特性编程设置单元状态。ApartmentState 特性允许设置 ApartmentState 枚举中的一个值。ApartmentState 枚举的值有 STA 和 MTA(如果没有设置, 就使用 Unknown)。注意线程的单元状态只能设置一次。如果第二次设置它, 就会忽略第二次的设置。



如果线程选择了组件所不支持的单元, 该怎么办? COM 运行库会自动创建 COM 组件的正确单元。但是, 如果在调用组件的方法时跨越了单元边界, 性能就会降低。

### 26.3.6 添加连接点

为了解 COM 事件在 .NET 应用程序中的处理方式, 首先必须扩展 COM 组件。首先必须在接口定义文件 COMDemo.idl 中添加另一个接口。\_ICompletedEvents 接口由客户端(.NET 应用程序)实现, 并由组件调用。在本例中, 在完成计算后, Completes()方法由组件调用。这个接口也称为输出接口。输出接口必须是委托接口或自定义接口。所有的客户端都支持委托接口。ID 为 0F21F359-AB84-41e8-9A78-36D110E6D2F9 的自定义特性定义了了在 RCW 中创建的接口的名称。输出接口还必须在 coclass 部分中写入组件支持的接口, 并把它标记为 source 接口。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
library COMServerLib
{
    importlib("stdole2.tlb");

    [
        uuid(5CFF102B-0961-4EC6-8BB4-759A3AB6EF48),
        helpstring("_ICompletedEvents Interface"),
        custom(0F21F359-AB84-41e8-9A78-36D110E6D2F9,
            "Wrox.ProCSharp.COMInterop.Server.ICompletedEvents"),
    ]
    dispinterface _ICompletedEvents
    {
        properties:
        methods:
            [id(1)] void Completed(void);
    };

    [
        uuid(ACB04E72-EB08-4D4A-91D3-34A5DB55D4B4),
        helpstring("COMDemo Class")
        custom(0F21F359-AB84-41e8-9A78-36D110E6D2F9,
            "Wrox.ProCSharp.COMInterop.Server.COMDemo"),
    ]
    coclass COMDemo
    {
        [default] interface IWelcome;
```

```
interface IMath;
[default, source] dispinterface _ICompletedEvents;
};
```

代码段 COMServer/COMServer.idl

使用向导可以创建实现代码，将事件发送回客户端。打开类视图，选择 CComDemo 类，打开上下文菜单，选择 Add | Add Connection Point 命令，启动 Implement Connection Point Wizard 对话框，如图 26-10 所示。给带连接点的实现代码选择源接口 ICompletedEvents。

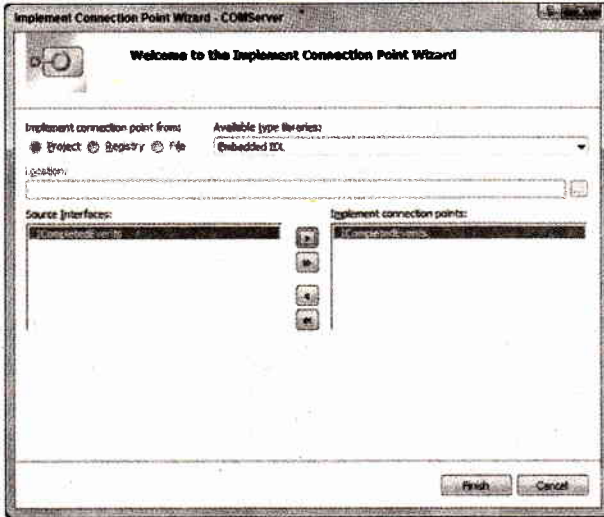


图 26-10

向导创建了代理类 CProxy\_ICompletedEvents，将事件发送给客户端。另外，还修改了 CCOMDemo 类。这个类现在继承自 IConnectionPointContainerImpl 接口和代理类。把 IConnectionPointContainer 接口添加到接口映射中，把连接点映射添加到源接口 ICompletedEvents 中。



```
class ATL_NO_VTABLE CCOMDemo:
public CComObjectRootEx<CComSingleThreadModel>,
public CComCoClass<CCOMDemo, &CLSID_COMDemo>,
public IDispatchImpl<IWelcome, &IID_IWelcome, &LIBID_COMServerLib,
/*wMajor =*/ 1, /*wMinor =*/ 0>,
public IDispatchImpl<IMath, &IID_IMath, &LIBID_COMServerLib, 1, 0>,
public IConnectionPointContainerImpl<CCOMDemo>,
public CProxy_ICompletedEvents<CCOMDemo>
{
public:
//.

BEGIN_COM_MAP (CCOMDemo)
COM_INTERFACE_ENTRY (IWelcome)
COM_INTERFACE_ENTRY (IMath)
COM_INTERFACE_ENTRY2 (IDispatch, IWelcome)
COM_INTERFACE_ENTRY (IConnectionPointContainer)
END_COM_MAP ()

//.
```

```

public:
    BEGIN_CONNECTION_POINT_MAP(CCOMDemo)
        CONNECTION_POINT_ENTRY(__uuidof(_ICompletedEvents))
    END_CONNECTION_POINT_MAP()
};

```

---

代码段 COMServer/COMDemo.h

最后，在文件 COMDemo.cpp 的 Add() 和 Sub() 方法中调用代理类的 Fire\_Completed() 方法。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

STDMETHODIMP CCOMDemo::Add(LONG val1, LONG val2, LONG* result)
{
    *result = val1 + val2;
    Fire_Completed();
    return S_OK;
}

STDMETHODIMP CCOMDemo::Sub(LONG val1, LONG val2, LONG* result)
{
    *result = val1 - val2;
    Fire_Completed();
    return S_OK;
}

```

---

代码段 COMServer/COMDemo.cpp

在重新构建 COM DLL 之后，就可以把 .NET 客户端改为使用这些 COM 事件，这与使用一般的 .NET 事件一样。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

static void Main()
{
    COMDemo obj = new COMDemo();

    IWelcome welcome = obj;
    Console.WriteLine(welcome.Greeting("Stephanie"));

    obj.Completed += () => Console.WriteLine("Calculation completed");

    IMath math = (IMath)welcome;
    int result = math.Add(3, 5);
    Console.WriteLine(result);

    Marshal.ReleaseComObject(math);
}

```

---

代码段 DotnetClient/Program.cs

可以看出，RCW 提供了从 COM 事件到 .NET 事件的自动映射。可以在 .NET 客户端中像使用 .NET 事件那样使用 COM 事件。

## 26.4 从 COM 客户端中使用 .NET 组件

前面讨论了如何从 .NET 客户端中访问 COM 组件。在使用 VB6、MFC 或 ATL 编写的旧 COM 客户端中寻求访问 .NET 组件的解决方案也同样十分有意义。

本节用 .NET 代码定义一个 COM 对象，COM 客户端通过 CCW (COM 可调用包装，COM.Caller

Wrapper)来使用该对象。从 COM 客户端中使用该对象，将说明如何从.NET 程序集中创建类型库，如何使用不同的.NET 特性指定 COM 交互行为，如何把.NET 程序集注册为 COM 组件。接着用 C++ 创建一个 COM 客户端，以使用 CCW。最后扩展.NET 组件，以提供 COM 连接点。

### 26.4.1 CCM

如果要使用.NET 客户端访问 COM 组件，就必须使用 RCW。要从 COM 客户端应用程序中访问.NET 组件，就必须使用 CCW。图 26-11 显示了包装.NET 类的 CCW，并提供了 COM 客户端希望使用的 COM 接口。CCW 提供了 IUnknown、IDispatch 及其他接口，它还为事件提供了 IConnectionPointContainer 和 IConnectionPoint 接口。当然，CCW 还提供了.NET 类定义的自定义接口，如 IWelcome 和 IMath 接口。COM 客户端可以从 COM 对象中得到它需要的信息，尽管.NET 组件在后台发挥作用。包装器处理 IUnknown 接口中的 AddRef()、Release()、QueryInterface()方法。而在.NET 对象中，可以依赖垃圾收集器，不需要处理引用计数。

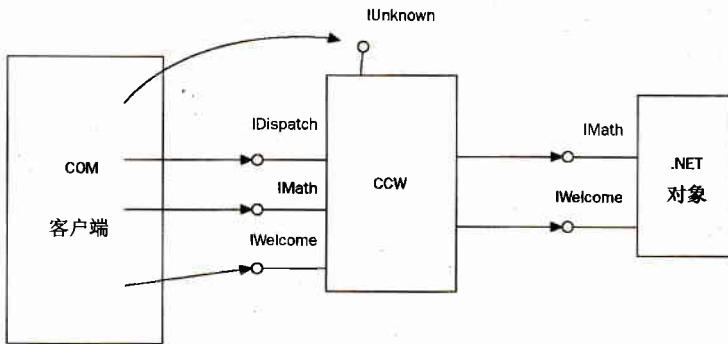


图 26-11

### 26.4.2 创建.NET 组件

在下面的示例中，要在.NET 类中构建与 COM 组件相同的功能。首先创建一个 C#类库，命名它为 DotNetServer。接着添加 IWelcome 和 IMath 接口，以及实现这些接口的 DotNetComponent 类。**[ComVisible(true)]**特性使类和接口可用于 COM:



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

using System;
using System.Runtime.InteropServices;

namespace Wrox.ProCSharp.Interop.Server
{
    [ComVisible(true)]
    public interface IWelcome
    {
        string Greeting(string name);
    }

    [ComVisible(true)]
    public interface IMath
    {
        int Add(int val1, int val2);
    }
}
    
```

```

        int Sub(int val1, int val2);
    }

    [ComVisible(true)]
    public class DotnetComponent: IWelcome, IMath
    {
        public DotnetComponent()
        {
        }

        public string Greeting(string name)
        {
            return "Hello " + name;
        }

        public int Add(int val1, int val2)
        {
            return val1 + val2;
        }

        public int Sub(int val1, int val2)
        {
            return val1 - val2;
        }
    }
}

```

---

代码段 DotnetServer/DotnetServer.cs

构建了项目后，就可以创建类型库了。

### 26.4.3 创建类型库

类型库可以用命令行实用程序 `tlbexp` 创建。命令：

```
tlbexp DotnetServer.dll
```

会创建类型库 `DotNetComponent.tlb`。使用实用程序 OLE/COM 对象查看器 `oleview32.exe` 可以查看类型库，该工具包含在 Microsoft SDK 中。可以在 Visual Studio 2010 的命令提示符中访问这个实用程序，选择 `File | View TypeLib` 命令，打开类型库。现在可以看出，接口定义非常类似于前面用 COM 服务器创建的接口。

根据程序集的名称创建类型库的名称。类型库的头文件还在自定义特性中定义了程序集的全名，所有接口都在定义之前前置声明：

```

// Generated .IDL file (by the OLE/COM Object Viewer)
//
// typelib filename: DotnetServer.tlb

[
    uuid(14F7A17A-B97D-41DA-B3E1-B6025F188FAD),
    version(1.0),
    custom(90883F05-3D28-11D2-8F17-00A0C9A6186D, "DotnetServer, Version=1.0.0.0,

```

```

        Culture=neutral, PublicKeyToken=null")
    ]
    library DotnetServer
    {
        // TLib : // TLib : mscorlib.dll : {BED7F4EA-1A96-11D2-8F08-00A0C9A6186D}
        importlib("mscorlib.tlb");
        // TLib : OLE Automation : {00020430-0000-0000-c260-000000000046}
        importlib("stdole2.tlb");

        // Forward declare all types defined in this typelib
        interface IWelcome;
        interface IMath;
        interface _DotnetComponent;
    }

```

在下面生成的代码中，可以看到 IWelcome 和 IMath 接口被定义为 COM 双重接口。在 C#代码中声明的所有方法都列在类型库定义中。参数有所改变：.NET 类型映射到 COM 类型(如 String 类映射到 BSTR 类型)，签名也改变了，从而返回一个 HRESULT。因为接口是双重接口，所以还生成了调度 ID。

```

    [
        odl,
        uuid(6AE7CB9C-7471-3B6A-9E13-51C2294266F0),
        version(1.0),
        dual,
        oleautomation,
        custom(0F21F359-AB84-41E8-9A78-36D110E6D2F9,
            "Wrox.ProCSharp.Interop.Server.IWelcome")
    ]
    interface IWelcome : IDispatch {
        [id(0x60020000)]
        HRESULT Greeting(
            [in] BSTR name,
            [out, retval] BSTR* pRetVal);
    };

    [
        odl,
        uuid(AED00E6F-3A60-3EB8-B974-1556096350CB),
        version(1.0),
        dual,
        oleautomation,
        custom(0F21F359-AB84-41E8-9A78-36D110E6D2F9,
            "Wrox.ProCSharp.Interop.Server.IMath")
    ]
    interface IMath : IDispatch {
        [id(0x60020000)]
        HRESULT Add(
            [in] long val1,
            [in] long val2,
            [out, retval] long* pRetVal);
    };

```



```
[id(0x60020001)]
HRESULT Sub(
    [in] long val1,
    [in] long val2,
    [out, retval] long* pRetVal);
};
```

`coclass` 部分标记了 COM 对象本身。头文件中的 `uuid` 是用于实例化 COM 对象的 CLSID。`DotNetComponent` 类支持 `_DotNetComponent`、`_Object`、`IWelcome` 和 `IMath` 接口。`_Object` 在文件 `mscorlib.tlb` 中定义，该文件包含在前面的代码段中，提供了基类 `Object` 的方法。组件的默认接口是 `_DotNetComponent`，它在 `coclass` 部分的后面定义为一个调度接口。在接口声明中，它标记为双重接口，但因为它不包含方法，所以它是一个调度接口。在这个接口中，可以使用后期绑定访问组件的所有方法。

```
[
    uuid(2F1E78D4-1147-33AC-9233-C0F51121DAAA),
    version(1.0),
    custom(0F21F359-AB84-41E8-9A78-36D110E6D2F9,
        "Wrox.ProCSharp.Interop.Server.DotnetComponent")
]
coclass DotnetComponent {
    [default] interface _DotnetComponent;
    interface _Object;
    interface IWelcome;
    interface IMath;
};

[
    odl,
    uuid(2B36C1BF-61F7-3E84-87B2-EAB52144046D),
    hidden,
    dual,
    oleautomation,
    custom(0F21F359-AB84-41E8-9A78-36D110E6D2F9,
        "Wrox.ProCSharp.Interop.Server.DotnetComponent")
]
interface _DotnetComponent : IDispatch {
};
};
```

生成类型库有许多默认选项。其优点是可以修改一些从 .NET 到 COM 的默认映射。这可以使用 `System.Runtime.InteropServices` 名称空间中的几个特性来实现。

#### 26.4.4 COM 互操作特性

把 `System.Runtime.InteropServices` 名称空间中的特性应用于类、接口或方法，可以修改 CCW 的实现方式。表 26-2 列出了这些特性和描述。

表 26-2

特 性	说 明
Guid	这个特性可以赋予程序集、接口和类。把 Guid 用作程序集特性，会定义类型库 ID；把它应用于接口，会定义接口 ID(IID)；把它设置为一个类，会定义类 ID(CLSID)。使用这个特性需要定义的唯一 ID，可以用实用程序 <code>guidgen</code> 来创建。在每次构建程序时，都会自动修改 CLSID 和类型库 ID。如果不希望在每次构建程序时都改变它们，就可以使用这个特性来固定它们。IID 只有在接口的签名改变时才修改。例如，添加或删除了方法，或者改变了某些参数。因为在 COM 中，IID 应在每个接口的新版本中改变，所以这是很好的默认行为，通常不需要对 IID 应用 Guid 特性。对接口应用固定 IID 的唯一情况是.NET 接口是已有 COM 接口的准确表示，而且 COM 客户端希望使用这个标识符
ProgId	这个特性可以应用于类，用于指定在注册表中配置对象时使用什么名称
ComVisible	使用项目属性的 <code>Assembly Information</code> 设置，可以配置程序集中的所有类型是否应通过 COM 可见。这个设置默认为 <code>false</code> ，这是很好的默认方式，必须显式地使用 <code>ComVisible</code> 特性标记类、接口和委托，来创建 COM 表示。如果默认设置改为通过 COM 使所有类型可见，对于不应创建 COM 表示的类型，就可以把 <code>ComVisible</code> 特性设置为 <code>false</code>
InterfaceType	如果把把这个特性设置为 <code>COMInterfaceType</code> 枚举值，就允许修改为.NET 接口创建的默认双重接口类型。 <code>COMInterfaceType</code> 枚举值有 <code>InterfaceIsDual</code> 、 <code>InterfaceIsDispatch</code> 和 <code>InterfaceIsUnknown</code> 。如果要把自定义接口类型应用于.NET 接口，就设置这个特性： <code>[InterfaceType(COMInterfaceType.InterfaceIsUnknown)]</code>
ClassInterface	这个特性允许修改为类创建的默认调度接口。 <code>ClassInterface</code> 的参数是 <code>ClassInterfaceType</code> 枚举的值。该枚举值有 <code>AutoDispatch</code> 、 <code>AutoDual</code> 和 <code>None</code> 。在前面的示例中默认值是 <code>AutoDispatch</code> ，因为创建了一个调度接口。如果类只能由定义的接口访问，就应给这个类应用 <code>ClassInterface (ClassInterfaceType.None)</code> 属性
DispId	这个特性可以与双重接口和调度接口一起使用，以定义方法和属性的 <code>DispId</code>
In Out	如果参数应发送给组件 <code>In</code> ，或者参数从组件发送给客户端 <code>out</code> ，或者参数是双向的 <code>In,out</code> ，COM 就允许把特性指定为参数类型
Optional	COM 方法的参数可以是可选的。可选参数可以用 <code>Optional</code> 特性标记

现在可以修改 C#代码，为 `IWelcome` 接口指定双重接口类型，为 `IMath` 接口指定自定义接口类型，用参数 `ClassInterfaceType.None` 为 `DotNetComponent` 类指定 `ClassInterface` 特性，不生成单独的 COM 接口。`progid` 和 `guid` 属性指定 `progID` 和 `GUID`：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

[InterfaceType (ComInterfaceType.InterfaceIsDual)]
[ComVisible(true)]
public interface IWelcome
{
    [DispId(60040)]
    string Greeting(string name);
}

[InterfaceType (ComInterfaceType.InterfaceIsUnknown)]
[ComVisible(true)]
public interface IMath
{

```

```

    int Add(int val1, int val2);
    int Sub(int val1, int val2);
}

[ClassInterface(ClassInterfaceType.None)]
[ProgId("Wrox.DotnetComponent")]
[Guid("77839717-40DD-4876-8297-35B98A8402C7")]
[ComVisible(true)]
public class DotnetComponent: IWelcome, IMath
{
    public DotnetComponent()
    {
    }
}

```

代码段 DotnetServer/DotnetServer.cs

重新构建类库和类型库，修改接口定义。使用 OleView.exe 可以验证这一点。IWelcome 接口仍是双重接口，而 IMath 现在是一个派生自 IUnknown 接口的自定义接口，不是派生自 IDispatch 接口。在 coclass 部分中不再有 \_DotNetComponent 接口。

#### 26.4.5 COM 注册

在 .NET 组件用作 COM 对象之前，需要在注册表中配置它。另外，如果不希望把程序集复制到客户端应用程序所在的目录下，就需要把程序集安装在全局程序集缓存中。全局程序集缓存详见第 18 章。

要把程序集安装在全局程序集缓存中，必须用强名标识它(使用 Visual Studio 2010，可以在解决方案的属性中定义强名)，然后在全局程序集缓存中注册程序集：

```
gacutil -i DotnetServer.dll
```

现在可以使用 regasm 实用程序在注册表中配置组件。选项 /tlb 可以提取类型库，并在注册表中配置类型库：

```
regasm DotnetServer.dll /tlb
```

下面将列出写入注册表中的 .NET 组件信息。所有 COM 配置都在 HKEY\_CLASSES\_ROOT(HKCR)配置单位中。把 ProgId 的键(在本例中，它是 Wrox.DotNetComponent)和 CLSID 写入该配置单元中。

HKCR\CLSID\{CLSID}\InProcServer32 键有如下选项：

- mscorere.dll —— 它表示 CCW。这是一个真正的 COM 对象，它负责存储 .NET 组件。这个 COM 对象访问 .NET 组件，为客户端提供 COM 作为。通过一般的 COM 实例化机制从客户端上加载和实例化 mscorere.dll 文件。
- ThreadingModel=Both —— 这是 mscorere.dll COM 对象的一个特性。这个组件以支持 STA 和 MTA 的方式编写。
- Assembly=DotnetComponent, Version=1.0.0.0, Culture=neutral, PublicKeyToken=5cd57c93b4d9c41a: Assembly 的值存储了程序集的全名，其中包括版本号和公钥标记，从而使可以唯一地标识程序集。这里注册的程序集将通过 mscorere.dll 加载。

- `Class=Wrox.ProCSharp.COMInterop.Server.DotNetComponent`——类名也由 `mscorlib.dll` 使用。这是要实例化的类。
- `RuntimeVersion=v1.1.4322`——注册项 `RuntimeVersion` 指定要用于存储.NET 程序集的.NET 运行库的版本。

除了这里列出的配置之外，所有接口和类型库也用它们的标识符配置。

### 26.4.6 创建 COM 客户端应用程序

现在该创建 COM 客户端应用程序了。首先创建一个简单的 C++ Win32 控制台应用程序项目，命名它为 `COMClient`。可以在项目向导中选择默认选项，并单击 `Finish` 按钮。

在文件 `COMClient.cpp` 的开头，添加一条预处理器命令，以包含 `<iostream>` 头文件，和导入为 .NET 组件创建的类型库。导入语句创建了一个“智能指针”类，这样更容易处理 COM 对象。在构建过程中，导入语句会创建 `.tlh` 和 `.tli` 文件，它们位于项目的 `debug` 目录下，包含智能指针类。接着添加 `using namespace` 指令，打开 `std` 和 `DotNetComponent` 名称空间，`std` 名称空间用于把输出消息写入控制台中，`DotNetComponent` 名称空间在智能指针类中创建。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
// COMClient.cpp: Defines the entry point for the console application.
//
#include "stdafx.h"
#include <iostream>
#import "../DotNetComponent/bin/debug/DotnetServer.tlb" named_guids

using namespace std;
using namespace DotnetComponent;
```

代码段 `COMClient/COMClient.cpp`

在 `_tmain()` 方法中，在进行任何其他 COM 调用之前，要先用 API 调用 `CoInitialize()` 实例化 COM。`CoInitialize()` 方法会为线程创建 STA 并进入 STA。`spWelcome` 变量是 `IWelcome` 类型的智能指针，智能指针方法 `CreateInstance()` 的参数是 `ProgId`，它使用 COM API `CoCreateInstance()` 创建 COM 对象。用智能指针重写运算符 `->`，这样就可以调用 COM 对象的方法，如 `Greeting()`。

```
int _tmain(int argc, _TCHAR* argv[])
{
    HRESULT hr;
    hr = CoInitialize(NULL);

    try
    {
        IWelcomePtr spWelcome;

        // CoCreateInstance()
        hr = spWelcome.CreateInstance("Wrox.DotnetComponent");

        cout << spWelcome->Greeting("Bill") << endl;
    }
}
```

.NET 组件支持的第二个接口是 `IMath`，它也有一个包装 COM 接口的智能指针 `IMathPtr`。可以直接把一个智能指针赋予另一个智能指针，如 `spMath = spWelcome`；在智能指针的实现(重写了 `=` 运算符)中，调用了 `QueryInterface()` 方法。使用 `IMath` 接口的引用，可以调用 `Add()` 方法。

```

IMathPtr spMath;
spMath = spWelcome; // QueryInterface()

long result = spMath->Add(4, 5);
cout <<"result:" <<result <<endl;
}

```

如果 COM 对象返回一个 HRESULT 错误值(如果.NET 组件生成异常, 返回 HRESULT 错误的 CCW 就会返回一个错误值), 智能指针就包装 HRESULT 错误, 并生成 `_com_error` 异常。错误在 `catch` 块中处理。在程序的最后, 使用 `CoUninitialize()` 方法关闭和卸载 COM DLL。

```

catch (_com_error & e)
{
    cout <<e.ErrorMessage() <<endl;
}

CoUninitialize();
return 0;
}

```

现在可以运行应用程序, 在控制台上得到 `Greeting()` 和 `Add()` 方法的输出。还可以试着调试智能指针类, 在这里可以看到直接调用了 COM API。



如果得到一个找不到组件的异常, 就应检查是否在全局程序集缓存中安装了注册表中配置的程序集同一版本。

## 26.4.7 添加连接点

在.NET 组件中添加对 COM 事件的支持, 需要对.NET 类的实现代码作一些修改。提供 COM 事件并不是简单地使用 `event` 和 `delegate` 关键字, 还需要添加更多 COM 互操作特性。

首先需要给.NET 项目添加一个 `IMathEvents` 接口。这个接口是组件的源或输出接口, 由客户端中的 `sink` 对象实现。源接口必须是调度接口或自定义接口。脚本客户端只支持调度接口。调度接口通常优先于源接口。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

[InterfaceType(ComInterfaceType.InterfaceIsIDispatch)]
[ComVisible(true)]
public interface IMathEvents
{
    [DispId(46200)]
    void CalculationCompleted();
}

```

代码段 `DotnetServer/DotnetServer.cs`

在 `DotNetComponent` 类中, 必须指定源接口。这可以使用 `[ComSourceInterfaces]` 特性来实现。添加 `[ComSourceInterface]` 特性, 像前面那样指定输出接口。可以用特性类的不同构造函数添加多个接口, 但是支持多个源接口的唯一客户端语言是 C++。VB6 客户端仅支持一个源接口。

```

[ClassInterface(ClassInterfaceType.None)]
[ProgId("Wrox.DotnetComponent")]

```

```
[Guid("77839717-40DD-4876-8297-35B98A8402C7")]
[ComSourceInterfaces( typeof (IMathEvents))]
[ComVisible(true)]
public class DotnetComponent : IWelcome, IMath
{
    public DotnetComponent()
    {
    }
}
```

在 DotNetComponent 类中, 必须为源接口的每个方法声明一个事件。方法的类型必须是委托名; 事件名必须是源接口中的方法名。可以给 Add()方法和 Sub()方法添加事件调用。这一步是调用事件的正常.NET 方式, 详见第 8 章。

```
public event Action CalculationCompleted;

public int Add(int val1, int val2)
{
    int result = val1 + val2;
    if (CalculationCompleted != null)
        CalculationCompleted();
    return result;
}

public int Sub(int val1, int val2)
{
    int result = val1 - val2;
    if (CalculationCompleted != null)
        CalculationCompleted();
    return result;
}
}
```



事件名必须是源接口中的方法名, 否则就不能为 COM 客户端映射事件。

### 26.4.8 用 sink 对象创建客户端

在构建和注册.NET 程序集并把它安装到全局程序集缓存中后, 就可以使用事件源构建客户端应用程序了。这次使用 VB6 编写一个实现 IDispatch 接口的回调对象或 sink 对象。为此只需添加 With Events 关键字, 与目前 VB 处理.NET 事件的方式相似。使用 C++所需的工作较多, 但这里可以使用 ATL(Active Template Library, 活动模板库)。

打开 26.4.6 节创建的 C++控制台应用程序, 在 stdafx.h 文件中添加如下 include 语句:



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
#include <atlbase.h>
extern CComModule _Module;
#include <atlcom.h>
```

代码段 COMClient/stdafx.h

文件 stdafx.cpp 需要包含 ATL 实现文件 atimpl.cpp:



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
#include <atlimpl.cpp>
```

代码段 COMClient/stdafx.cpp

给 COMClient.cpp 文件添加新的 CEventHandler 类, 这个类包含组件调用的 IDispatch 接口的实现代码。IDispatch 接口由基类 IDispEventImpl 实现。这个类读取类型库, 把方法和参数的调度 ID 匹配到类的方法上。IDispatchEventImpl 类的模板参数有 sink 对象的 ID(这里使用 ID 4)、实现回调方法的类(CEventHandler)、回调接口的接口 ID (DIID\_IMathEvents)、类型库的 ID (LIBID\_DotnetComponent) 和类型库的版本号。指定的 ID(DIID\_IMathEvents 和 LIBID\_DotnetComponent)在#import 语句创建的文件 dotnetcomponent.tlh 中。

BEGIN\_SINK\_MAP 和 END\_SINK\_MAP 封装的 sink 映射定义了由 sink 对象实现的方法。SINK\_ENTRY\_EX 把 OnCalcCompleted()方法映射到调度 ID 46200 上。这个调度 ID 用.NET 组件中 IMathEvents 接口的 CalculationCompleted()方法定义。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
class CEventHandler: public IDispEventImpl<4, CEventHandler,
    &DIID_IMathEvents, &LIBID_DotnetComponent, 1, 0>
{
public:
    BEGIN_SINK_MAP(CEventHandler)
        SINK_ENTRY_EX(4, DIID_IMathEvents, 46200, OnCalcCompleted)
    END_SINK_MAP()

    HRESULT __stdcall OnCalcCompleted()
    {
        cout <<"calculation completed" <<endl;
        return S_OK;
    }
};
```

代码段 COMClient/COMClient.cpp

现在, 主方法需要修改, 以告诉组件存在事件 sink 对象, 这样组件才能回调到 sink 中。为此需要使用 CEventHandler 类的 DispEventAdvise()方法, 并传递一个 IUnknown 接口指针。DispEventUnadvise()方法再注销 sink 对象。

```
int _tmain(int argc, _TCHAR* argv[])
{
    HRESULT hr;
    hr = CoInitialize(NULL);

    try
    {
        IWelcomePtr spWelcome;
        hr = spWelcome.CreateInstance("Wrox.DotnetComponent");

        IUnknownPtr spUnknown = spWelcome;

        cout<<spWelcome->Greeting("Bill") << endl;

        CEventHandler* eventHandler = new CEventHandler();
        hr = eventHandler->DispEventAdvise(spUnknown);
    }
}
```

```

IMathPtr spMath;
spMath = spWelcome; // QueryInterface()

long result = spMath-> Add(4, 5);
cout << "result:" << result << endl;

eventHandler-> DispEventUnadvise(spWelcome.GetInterfacePtr());
delete eventHandler;
}
catch (_com_error & e)
{
    cout << e.ErrorMessage() << endl;
}

CoUninitialize();
return 0;
}

```

## 26.5 平台调用

并不是 Windows API 调用的所有特性都可用于 .NET Framework。不仅旧 Win32 API 调用是这样，Windows 7 和 Windows Server 2008 R2 中的新特性也是如此。也许读者编写过一些导出非托管方法的 DLL，希望在 C# 中使用它们。



附录 A 介绍了一些 Windows 7 和 Windows Server 2008 R2 的专用特性。

要重用一個非托管的庫，它不包含 COM 對象，只包含導出的函數，就可以使用平台調用服務。通過這個服務，CLR 會加載包含所需調用的函數的 DLL，並編組參數。

要使用非托管函數，首先必須找到要導出的函數名。為此，可以使用 `dumpbin` 工具及其 `/exports` 選項。

例如，下面的命令：

```
dumpbin /exports c:\windows\system32\kernel32.dll | more
```

列出了 DLL 文件 `kernel32.dll` 中的所有导出函数。在这个例子中，使用 Win32 API 函数 `CreateHardLink()` 创建与一个已有文件的硬链接。在这个 API 调用中，可以有几个引用同一个文件的文件名，只要这些文件名在同一个硬盘上即可。因为这个 API 调用不能用于 .NET Framework 4，所以必须使用平台调用服务。

要调用本地函数，必须定义一个 C# 外部方法，它的参数个数必须与本地函数相同，用非托管方法定义的参数类型必须对应于用托管代码映射的类型。

Windows API 调用 `CreateHardLink()` 在 C++ 中的定义如下所示：

```

BOOL CreateHardLink(
    LPCTSTR lpFileName,
    LPCTSTR lpExistingFileName,
    LPSECURITY_ATTRIBUTES lpSecurityAttributes);

```



现在, 这个定义必须映射到 .NET 数据类型。非托管代码的返回类型是 `BOOL`, 它会映射到 `bool` 数据类型。`LPCTSTR` 定义一个指向 `const` 字符串的 `long` 指针。`Windows API` 给数据类型使用 Hungarian 命名约定。`LP` 是一个 `long` 指针, `C` 是常量, `STR` 是以 `null` 终止的字符串。`T` 把类型标记为泛型类型, 根据编译器的设置, 类型解析为 `LPCSTR`(ANSI 字符串)或 `LPWSTR`(宽 Unicode 字符串)。`C` 字符串映射到 .NET 类型 `String`。`LPSECURITY_ATTRIBUTES` 是一个指向 `SECURITY_ATTRIBUTES` 类型的结构的 `long` 指针。因为我们把 `NULL` 传递给这个参数, 所以可以把这个类型映射到 `IntPtr`。这个方法在 `DLL` 文件 `kernel32.dll` 中, 这是用 `[DllImport]` 特性引用的文件。`.NET` 声明 `CreateHardLink()` 的返回类型是 `bool` 布尔, 本地方法 `CreateHardLink()` 返回一个 `BOOL` 值, 所以需要额外说明一下。`C++` 有不同的 `Boolean` 数据类型, 例如本地 `bool` 和 `Windows` 定义的 `BOOL`, 它们有不同的值, 所以特性 `[MarshalAs]` 指定 .NET 类型 `bool` 应映射到什么本地类型上。

```
[DllImport("kernel32.dll", SetLastError="true",
    EntryPoint="CreateHardLink", CharSet=CharSet.Unicode)]
[return: MarshalAs(UnmanagedType.Bool)]
public static extern bool CreateHardLink(string newFileName,
    string existingFilename,
    IntPtr securityAttributes);
```



网站 <http://www.pinvoke.net> 和可以从 <http://www.codeplex.com> 上下载的 `P/Invoke Interop Assistant` 工具非常适用于从本地代码到托管代码的转换。

表 26-3 列出了可以用 `[DllImport]` 特性指定的设置。

表 26-3

DllImport 属性或字段	说 明
<code>EntryPoint</code>	可以给函数的 <code>C#</code> 声明指定一个不同于非托管库中的名称。在非托管库中, 方法的名称在 <code>EntryPoint</code> 字段中定义
<code>CallingConvention</code>	根据编译器和用于编译非托管函数的编译器设置, 可以使用不同的调用约定。调用约定定义了参数的处理方式和它们在栈中的位置。可以通过设置一个可枚举的值, 来定义调用约定。 <code>Windows API</code> 通常在 <code>Windows</code> 操作系统上使用 <code>StdCall</code> 调用约定, 在 <code>Windows CE</code> 上使用 <code>Cdecl</code> 调用约定。把该值设置为 <code>CallingConvention.Winapi</code> , 可以使 <code>Windows API</code> 在 <code>Windows</code> 和 <code>Windows CE</code> 环境下工作
<code>CharSet</code>	字符串参数可以是 <code>ANSI</code> 或 <code>Unicode</code> 。使用 <code>CharSet</code> 设置, 可以确定如何管理字符串。用 <code>CharSet</code> 枚举定义的值有 <code>Ansi</code> 、 <code>Unicode</code> 和 <code>Auto</code> 。 <code>CharSet.Auto</code> 在 <code>Windows NT</code> 平台上使用 <code>Unicode</code> , 在 <code>Windows 98</code> 和 <code>Windows ME</code> 上使用 <code>ANSI</code>
<code>SetLastError</code>	如果非托管函数使用 <code>Windows API SetLastError</code> 设置一个错误, 就可以把 <code>SetLastError</code> 字段设置为 <code>true</code> 。这样, 就可以在以后使用 <code>Marshal.GetLastWin32Error()</code> 方法读取错误号

为了在 .NET 环境中更方便地使用 `CreateHardLink()` 方法, 应遵循如下规则:

- 创建一个内部类 `NativeMethods`, 它包装了平台调用服务的方法调用

- 创建一个公共类，为.NET 应用程序提供本地方法功能
- 使用安全属性标记必要的安全性

在示例代码中，FileUtility 类中的公共方法 CreateHardLink()就是.NET 应用程序使用的方法。与本地 Windows API 方法 CreateHardLink()相比，公共方法 CreateHardLink()将文件名参数的顺序倒转了。第一个参数是已有文件的名称，第二个参数是新文件的名称。这类似于 Framework 中的其他类，如 File.Copy()。因为第 3 个参数给新文件名传送安全特性，但在这里的实现方式没有使用它，所以公共方法只有两个参数。返回类型也修改了，不是通过返回值 false 来返回一个错误，而是抛出一个异常。在出现错误时，非托管方法 CreateHardLink()会使用非托管方法 API SetLastError()设置错误号。要从.NET 中读取这个值，[DllImport]字段 SetLastError 应设置为 true。在托管方法 CreateHardLink()中，调用 Marshal.GetLastWin32Error()方法来读取错误号。要从这个号码中创建错误消息，应使用 System.ComponentModel 名称空间中的 Win32Exception 类。这个类通过构造函数来接收错误号，并返回一条本地化的错误消息。在出现错误时，抛出一个 IOException 类型的异常，它有一个 Win32Exception 类型的内部异常。公共方法 CreateHardLink()使用了属性 FileIOPermission，来确定调用者是否有必要的权限。.NET 安全性的内容详见第 21 章。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
using System;
using System.ComponentModel;
using System.IO;
using System.Runtime.InteropServices;
using System.Security;
using System.Security.Permissions;

namespace Wrox.ProCSharp.Interop
{
    [SecurityCritical]
    internal static class NativeMethods
    {
        [DllImport("kernel32.dll", SetLastError = true,
            EntryPoint = "CreateHardLinkW", CharSet = CharSet.Unicode)]
        [return: MarshalAs(UnmanagedType.Bool)]
        private static extern bool CreateHardLink(
            [In, MarshalAs(UnmanagedType.LPWStr)] string newFileName,
            [In, MarshalAs(UnmanagedType.LPWStr)] string existingFileName,
            IntPtr securityAttributes);

        internal static void CreateHardLink(string oldFileName,
            string newFileName)
        {
            if (!CreateHardLink(newFileName, oldFileName, IntPtr.Zero))
            {
                var ex = new Win32Exception(Marshal.GetLastWin32Error());
                throw new IOException(ex.Message, ex);
            }
        }
    }

    public static class FileUtility
    {
        [FileIOPermission(SecurityAction.LinkDemand, Unrestricted = true)]
        public static void CreateHardLink(string oldFileName,
```

```

        string newFileName)
    {
        NativeMethods.CreateHardLink(oldFileName, newFileName);
    }
}

```

代码段 PInvokeSample/NativeMethods.cs

这个类现在可以轻松地用于创建硬链接。如果通过程序的第1个参数传递的文件不存在，就会得到一个异常和一条消息“系统找不到指定的文件”。如果该文件存在，就会得到一个新的文件名，它引用原始文件。很容易验证这一点：修改一个文件中的文本，该文本也会出现在另一个文件中。

```

using System;
using System.IO;

namespace Wrox.ProCSharp.Interop
{
    class Program
    {
        static void Main(string[] args)
        {
            if (args.Length != 2)
            {
                Console.WriteLine("usage: PInvokeSample " +
                    "existingfilename newfilename");
                return;
            }
            try
            {
                FileUtility.CreateHardLink(args[0], args[1]);
            }
            catch (IOException ex)
            {
                Console.WriteLine(ex.Message);
            }
        }
    }
}

```

在本地方法调用中，常常需要使用 Windows 句柄。Windows 句柄是一个 32 位的值，它取决于句柄类型，一些值不允许使用。在 .NET 1.0 中，句柄通常使用 `IntPtr` 结构，因为可以用这个结构设置任意可能的 32 位值。但是，在一些句柄类型中，这会导致安全问题，以及线程争用条件，在最后的清理阶段泄露句柄。因此 .NET 2.0 引入了 `SafeHandle` 类。这是每个 Windows 句柄的抽象基类。Microsoft.Win32.SafeHandles 名称空间中的派生类有 `SafeHandleZeroOrMinusOnesInvalid` 和 `SafeHandleMinusOnesInvalid`。顾名思义，这些类不接受无效的 0 或 -1 值。更进一步的派生句柄类型有 `SafeFileHandle`、`SafeWaitHandle`、`SafeNCryptHandle` 和 `SafePipeHandle`，它们可以由特定的 Windows API 调用使用。

例如，要映射 Windows API `CreateFile()`，可以使用下面的声明返回一个 `SafeFileHandle`。当然，也可以使用 .NET 类 `File` 和 `FileInfo`。

```
[DllImport("Kernel32.dll", SetLastError = true,
```

```

        CharSet = CharSet.Unicode]]
internal static extern SafeFileHandle CreateFile(
    string fileName,
    [MarshalAs(UnmanagedType.U4)] FileAccess fileAccess,
    [MarshalAs(UnmanagedType.U4)] FileShare fileShare,
    IntPtr securityAttributes,
    [MarshalAs(UnmanagedType.U4)] FileMode creationDisposition,
    int flags,
    SafeFileHandle template);
    
```



第 23 章介绍了如何创建自定义 SafeHandle 类，来处理 Windows 7 中的事务文件 API。

## 26.6 小结

本章介绍了 COM 和 .NET 应用程序交互的不同实现方式。无需重写应用程序和组件，就可以从 .NET 应用程序中像使用 .NET 类那样使用 COM 组件。实现这个功能的工具是 `tlbimp`，它创建了一个 RCW，该 RCW 在 .NET 外观的后面隐藏了 COM 对象。

同样，`tlbexp` 在 .NET 组件中创建了一个由 CCW 使用的类型库，CCW 将 .NET 组件隐藏在 COM 外观的后面。要把 .NET 类用作 COM 组件，就必须使用 `System.Runtime.InteropServices` 名称空间中的一些特性，以定义 COM 客户端需要的具体 COM 特征。

利用平台调用服务，可以使用 C# 调用本地方法。平台调用服务需要用 C# 和 .NET 数据类型重新定义本地方法。定义了映射后，就可以像 C# 方法那样调用本地方法。进行交互操作的另一个方法是使用 It Just Works (IJW) 技术和 C++/CLI。C++/CLI 详见第 53 章。

# 第 27 章

## 核 心 XAML

本章内容:

- XAML 语法
- 依赖属性
- 标记扩展
- 动态加载 XAML

编写 .NET 应用程序时, 需要了解的通常不仅仅是 C# 语法。如果编写 WPF 应用程序, 使用 WF, 创建 XPS 文档, 或者编写 Silverlight 应用程序, 就还需要 XAML。XAML (eXtensible Application Markup Language, 可扩展应用程序标记语言) 是一种声明性的 XML 语法, 上述这些应用程序通常需要 XAML。

本章详细介绍 XAML 的语法, 以及可用于这种标记语言的扩展机制。

### 27.1 概述

XAML 代码使用文本 XML 来声明。XAML 代码可以使用设计器创建, 也可以手工编写。Visual Studio 包含的设计器可给 WPF、Silverlight 或 WF 编写 XAML 代码。也可以使用其他工具创建 XAML, 如 Microsoft Expression Design 和 Microsoft Expression Blend。

XAML 和几种技术一起使用, 但这些技术是有区别的。利用 XML 名称空间 <http://schemas.microsoft.com/winfx/2006/xaml/presentation> (通过 WPF 应用程序映射为默认名称空间), 可以定义 WPF 对 XAML 的扩展。WPF 使用依赖属性、附加属性和几个 WPF 特有的标记扩展。WF 4 使用 XML 名称空间 <http://schemas.microsoft.com/netfx/2009/xaml/activities> 来定义 Workflow 活动。XML 名称空间 <http://schemas.microsoft.com/winfx/2009/xaml> 通常映射到 x 前缀上, 并定义对所有 XAML 词汇通用的功能。

XAML 元素通常映射到 .NET 类。这并不是一个严格的要求, 但通常都是如此。在 Silverlight 1.0 中, .NET 不能用于插件, 只能使用 JavaScript 解释和通过编程方法访问 XAML 代码。这种情况自 Silverlight 2.0 以来有了改变, .NET Framework 的一个小型版本是 Silverlight 插件的一部分。对于 WPF, 每个 XAML 元素都对应一个类, WPF 也是这样, 例如, XAML 元素 DoWhile 是一个循环活动, 名称空间 System.Activities 中的 DoWhile 类支持它。XAML 元素 Button 与名称空间 System.Windows.Controls 中的 Button 类相同。

把 .NET 名称空间映射到 XML 别名上, 也可以在 XML 中使用自定义 .NET 类, 参见后面的内容。

在.NET 4中,XAML的语法得到了增强,这个版本称为XAML 2009。XAML的第一个版本是XAML 2006,它在XML名称空间<http://schemas.microsoft.com/winfx/2006/xaml/presentation>中定义。XAML的新版本支持增强语法,如XAML代码中的泛型。但Visual Studio 2010版本中的WPF和WF设计器仍基于XAML 2006。可以在应用程序中直接使用XAML 2009加载XAML。本章将介绍XAML 2009的变化。

XAML代码在构建过程中会发生什么?为了编译WPF项目,应在程序集PresentationBuildTasks中定义MSBuild任务MarkupCompilePass1和MarkupCompilePass2。这些MSBuild任务会创建标记代码的二进制表示BAML(Binary Application Markup Language,二进制应用程序标记语言),并添加到程序集的.NET资源中。在运行期间,会使用该二进制表示。

读写XAML和BAML可以通过读取器和写入器来完成。在System.Xaml名称空间中,包含用于核心XAML特性的类,如抽象的XamlReader类和XamlWriter类,以及读写对象和XAML XML格式的具体实现方式。System.Windows.Markup名称空间中的一些特性可用于使用程序集System.Xaml中的XAML的所有技术。在这个名称空间中,位于PresentationFramework程序集的类型是WPF专用的扩展。例如,为WPF特性进行了优化的其他XamlReader类和XamlWriter类就在该程序集中。

下面讨论XAML的语法。

### 27.1.1 元素映射到.NET对象上

如上一节所述,XAML元素通常映射到.NET类上。下面利用C#控制台项目在Window中通过编程方式创建一个Button对象。如下面的代码所示,实例化一个Button对象,并将其Content属性设置为一个字符串,定义一个Window,设置其Title和Content属性。要编译这段代码,需要引用程序集PresentationFramework、PresentationCore、WindowBase和System.Xaml。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
using System;
using System.Windows;
using System.Windows.Controls;

namespace Wrox.ProCSharp.XAML
{
    class Program
    {
        [STAThread]
        static void Main(string[] args)
        {
            var b = new Button
            {
                Content = "Click Me!"
            };
            var w = new Window
            {
                Title = "Code Demo",
                Content = b
            };

            var app = new Application();
            app.Run(w);
        }
    }
}
```

代码段 CodeIntro/Program.cs

使用 XAML 代码可以创建类似的 UI。与以前一样，这段代码创建了一个包含 Button 元素的 Window 元素。Window 元素设置了其内容和 Title 特性。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
<Window x:Class="Wrox.ProCSharp.XAML.MainWindow"
        xmlns="http://schemas.microsoft.com/winfx/2006/xaml/presentation"
        xmlns:x="http://schemas.microsoft.com/winfx/2006/xaml"
        xmlns:local="http://www.wrox.com/Schemas/2010"
        Title="XAML Demo" Height="350" Width="525">
    <StackPanel>
        <Button Content="Click Me!" />
    </StackPanel>
</Window>
```

代码段 XAMLIntro/MainWindow.xaml

当然，上面没有定义 Application 实例，它也可以用 XAML 定义。在 Application 元素中，设置了 StartupUri 特性，它链接到包含主窗口的 XAML 文件上。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
<Application x:Class="Wrox.ProCSharp.XAML.App"
             xmlns="http://schemas.microsoft.com/winfx/2006/xaml/presentation"
             xmlns:x="http://schemas.microsoft.com/winfx/2006/xaml"
             StartupUri="MainWindow.xaml">
    <Application.Resources>
    </Application.Resources>
</Application>
```

代码段 XAMLIntro/App.xaml

## 27.1.2 使用自定义.NET 类

要在 XAML 代码中使用自定义.NET 类，只需在 XAML 中声明.NET 名称空间，并定义一个 XML 别名。为了说明这个过程，下面定义了一个简单的 Person 类及其 FirstName 和 LastName 属性。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
namespace Wrox.ProCSharp.XAML
{
    public class Person
    {
        public Person()
        {
            FirstName = "one";
            LastName = "two";
        }
        public string FirstName { get; set; }
        public string LastName { get; set; }

        public override string ToString()
        {
            return string.Format("{0} {1}", FirstName, LastName);
        }
    }
}
```

代码段 DemoLib/Person.cs

在 XAML 中，定义一个 XML 名称空间别名 local，它映射到.NET 名称空间 Wrox.ProCSharp.XAML

上。现在可以通过该别名使用这个名称空间中的所有类。在 XAML 代码中，添加了一个列表框，其中包含 Person 类型的项。使用 XAML 特性，设置 FirstName 和 LastName 属性的值。运行该应用程序时，ToString()方法的输出会显示在列表框中。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
<Window x:Class="Wrox.ProCSharp.XAML.MainWindow"
        xmlns="http://schemas.microsoft.com/winfx/2006/xaml/presentation"
        xmlns:x="http://schemas.microsoft.com/winfx/2006/xaml"
        xmlns:local="clr-namespace:Wrox.ProCSharp.XAML"
        Title="XAML Demo" Height="350" Width="525">
    <StackPanel>
        <Button Content="Click Me!" />
        <ListBox>
            <local:Person FirstName="Stephanie" LastName="Nagel" />
            <local:Person FirstName="Angela" LastName="Schoeberl" />
        </ListBox>
    </StackPanel>
</Window>
```

代码段 XAMLIntro/MainWindow.xaml



如果 .NET 名称空间与 XAML 代码不在同一个程序集中，就必须在 XAML 名称空间别名中包含该程序集名。例如 `xmlns:local="clr-namespace:Wrox.ProCSharp.XAML; assembly=XAMLIntro"`。

要把 .NET 名称空间映射到 XML 名称空间上，可以使用程序集特性 `XmlnsDefinition`。这个特性的一个变量定义了 XML 名称空间，另一个变量定义了 .NET 名称空间。使用这个特性，也可以把多个 .NET 名称空间映射到一个 XML 名称空间上。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
[assembly: XmlnsDefinition("http://www.wrox.com/Schemas/2010",
    "Wrox.ProCSharp.XAML")]
```

代码段 DemoLib/AssemblyInfo.cs

有了这个特性，XAML 代码中的名称空间声明就可以改为映射到 XML 名称空间上。

```
<Window x:Class="Wrox.ProCSharp.XAML.MainWindow"
        xmlns="http://schemas.microsoft.com/winfx/2006/xaml/presentation"
        xmlns:x="http://schemas.microsoft.com/winfx/2006/xaml"
        xmlns:local="http://www.wrox.com/Schemas/2010"
        Title="XAML Demo" Height="350" Width="525">
    <StackPanel>
        <Button Content="Click Me!" />
        <ListBox>
            <local:Person FirstName="Stephanie" LastName="Nagel" />
            <local:Person FirstName="Angela" LastName="Schoeberl" />
        </ListBox>
    </StackPanel>
</Window>
```



### 27.1.3 把属性用作特性

只要属性的类型可以表示为字符串, 或者可以把字符串转换为特属性型, 就可以把属性设置为属性。下面的代码段用特性设置了 `Button` 元素的 `Content` 和 `Background` 属性。因为 `Content` 属性的类型是 `object`, 所以可以接受字符串。`Background` 属性的类型是 `Brush`, `Brush` 类型把 `BrushConverter` 类定义为一个转换器类型, 这个类用 `TypeConverter` 特性进行注解。`BrushConverter` 使用一个颜色列表, 从 `ConvertFromString()` 方法中返回一个 `SolidColorBrush`。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
<Button Content="Click Me!" Background="LightGoldenrodYellow" />
```

代码段 XAMLSyntax/MainWindow.xaml



类型转换器派生自 `System.ComponentModel` 名称空间中的基类 `TypeConverter`。需要转换的类的类型用 `TypeConverter` 特性定义了类型转换器。WPF 使用许多类型转换器把 XML 特性转换为特定的类型。`ColorConverter`、`FontFamilyConverter`、`PathFigureCollectionConverter`、`ThicknessConverter`、`GeometryConverter` 是大量类型转换器中的几个。

### 27.1.4 把属性用作元素

总是可以使用元素语法给属性提供值。`Button` 类的 `Background` 属性可以用子元素 `Button.Background` 设置。这样, 可以把比较复杂的画笔应用于这个属性, 如 `LinearGradientBrush`, 如下面的示例所示。

下面的示例在设置内容时, 既没有使用 `Content` 特性也没有使用 `Button.Content` 元素来写入内容, 而是直接把内容写入为 `Button` 元素的一个子值中。这是可行的, 因为 `Button` 类的一个基类是 `ContentControl`, 所以应用了 `ContentProperty` 特性, 它把 `Content` 属性标记为 `ContentProperty: [ContentProperty("Content")]`。通过这个标记属性, 就可以把属性的值写入为子元素。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
<Button Click="OnButtonClick">
  Click Me!
  <Button.Background>
    <LinearGradientBrush StartPoint="0.5,0.0" EndPoint="0.5, 1.0">
      <GradientStop Offset="0" Color="Yellow" />
      <GradientStop Offset="0.3" Color="Orange" />
      <GradientStop Offset="0.7" Color="Red" />
      <GradientStop Offset="1" Color="DarkRed" />
    </LinearGradientBrush>
  </Button.Background>
</Button>
```

代码段 XAMLSyntax/MainWindow.xaml

### 27.1.5 基本的.NET 类型

在 XAML 2006 中,核心.NET 类型需要从 XML 名称空间中引用,这与所有其他的.NET 类相同,例如, String 用 sys 别名来引用,如下所示:

```
<sys:String xmlns:sys="clr-namespace:System;assembly=microsoftcorlib">Simple String</sys:String>
```

XAML 2009 用别名 x 定义了 String、Boolean、Object、Decimal、Double、Int32 等类型。

```
<x:String>Simple String</x:String>
```

### 27.1.6 集合

在包含 Person 元素的 ListBox 中,介绍过 XAML 中的集合。在 ListBox 中,列表项直接定义为子元素。另外, LinearGradientBrush 包含了一个 GradientStop 元素集合。这是可行的,因为基类 ItemsControl 把 ContentProperty 特性设置为该类的 Items 属性, GradientBrush 基类把 ContentProperty 特性设置为 GradientStops。

下面的长版本代码在定义背景时,直接设置了 GradientStops 属性,并把 GradientStopCollection 元素设置为它的子元素:



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
<Button Click="OnClick">
    Click Me!
    <Button.Background>
        <LinearGradientBrush StartPoint="0.5,0.0" EndPoint="0.5, 1.0">
            <LinearGradientBrush.GradientStops>
                <GradientStopCollection>
                    <GradientStop Offset="0" Color="Yellow" />
                    <GradientStop Offset="0.3" Color="Orange" />
                    <GradientStop Offset="0.7" Color="Red" />
                    <GradientStop Offset="1" Color="DarkRed" />
                </GradientStopCollection>
            </LinearGradientBrush.GradientStops>
        </LinearGradientBrush>
    </Button.Background>
</Button>
```

代码段 XAMLSyntax/MainWindow.xaml

要定义数组,可以使用 x:Array 扩展。x:Array 扩展有一个 Type 属性,其中可以用于指定数组元素的类型。

```
<x:Array Type="local:Person">
    <local:Person FirstName="Stephanie" LastName="Nagel" />
    <local:Person FirstName="Angela" LastName="Schoeberl" />
</x:Array>
```

因为 XAML 2006 不支持泛型,所以要在 XAML 中使用泛型集合类,就需要定义一个派生自泛型类的非泛型类,再使用这个非泛型类。XAML 2009 直接支持泛型,允许通过 x:TypeArguments 定义泛型类型,如下面的 ObservableCollection<T>所示:

```
<ObservableCollection x:TypeArguments="local:Person">
    <local:Person FirstName="Stephanie" LastName="Nagel" />
    <local:Person FirstName="Angela" LastName="Schoeberl" />
</ObservableCollection>
```

### 27.1.7 构造函数

如果类没有默认的构造函数，就不能在 XAML 2006 中使用它。在 XAML 2009 中，可以使用 `x:Arguments`，以通过参数调用构造函数。下面的 `Person` 类用构造函数进行实例化，该构造函数需要两个 `String` 参数。

```
<local:Person>
  <x:Arguments>
    <x:String>Stephanie</x:String>
    <x:String>Nagel</x:String>
  </x:Arguments>
</local:Person>
```

## 27.2 依赖属性

WPF 使用依赖属性完成数据绑定、动画、属性变更通知、样式化等。对于数据绑定，绑定到 .NET 属性源上的 UI 元素的属性必须是依赖属性。

从外部来看，依赖属性像是正常的 .NET 属性。但是，正常的 .NET 属性通常还定义了由该属性的 `get` 和 `set` 访问器访问的数据成员。

```
private int val;
public int Value
{
    get
    {
        return val;
    }
    set
    {
        val = value;
    }
}
```

依赖属性不是这样。依赖属性通常也有 `get` 和 `set` 访问器。在 `get` 和 `set` 访问器的实现代码中，调用了 `GetValue()` 和 `SetValue()` 方法。`GetValue()` 和 `SetValue()` 方法是基类 `DependencyObject` 的成员，依赖对象需要使用这个该类——它们必须在派生自 `DependencyObject` 基类的类中实现。

有了依赖属性，数据成员就放在由基类管理的内部集合中，仅在值发生变化时分配数据。对于没有变化的值，数据可以在不同的实例或基类之间共享。`GetValue()` 和 `SetValue()` 方法需要一个 `DependencyProperty` 参数。这个参数由类的一个静态成员定义，该静态成员与属性同名，并在该属性名的后面追加加上 `Property` 术语。对于 `Value` 属性，静态成员的名称是 `ValueProperty`。`DependencyProperty.Register()` 是一个帮助方法，可在依赖属性系统中注册属性。在下面的代码段中，使用 `Register()` 方法和 3 个参数定义了属性名、属性的类型和拥有者（即 `MyDependencyObject` 类）的类型。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
public int Value
{
    get { return (int)GetValue(ValueProperty); }
    set { SetValue(ValueProperty, value); }
}
```

```
public static readonly DependencyProperty ValueProperty =
    DependencyProperty.Register("Value", typeof(int), typeof(MyDependencyObject));
```

代码段 DependencyObjectDemo/MyDependencyObject.cs

### 27.2.1 创建依赖类型

下面的示例定义的不是一个依赖属性，而是 3 个依赖属性。MyDependencyObject 类定义了依赖属性 Value、Minimum 和 Maximum。所有这些属性都是用 DependencyProperty.Register() 方法注册的依赖属性。GetValue() 和 SetValue() 方法是基类 DependencyObject 的成员。对于 Minimum 和 Maximum 属性，定义了默认值，用 DependencyProperty.Register() 方法设置该默认值时，可以把第 4 个参数设置为 ProperMetadata。使用带一个参数 ProperMetadata 的构造函数，把 Minimum 属性设置为 0，把 Maximum 属性设置为 100。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
using System;
using System.Windows;

namespace Wrox.ProCSharp.XAML
{
    class MyDependencyObject : DependencyObject
    {
        public int Value
        {
            get { return (int)GetValue(ValueProperty); }
            set { SetValue(ValueProperty, value); }
        }

        public static readonly DependencyProperty ValueProperty =
            DependencyProperty.Register("Value", typeof(int), typeof(MyDependencyObject));

        public int Minimum
        {
            get { return (int)GetValue(MinimumProperty); }
            set { SetValue(MinimumProperty, value); }
        }

        public static readonly DependencyProperty MinimumProperty =
            DependencyProperty.Register("Minimum", typeof(int), typeof(MyDependencyObject),
                new PropertyMetadata(0));

        public int Maximum
        {
            get { return (int)GetValue(MaximumProperty); }
            set { SetValue(MaximumProperty, value); }
        }

        public static readonly DependencyProperty MaximumProperty =
            DependencyProperty.Register("Maximum", typeof(int), typeof(MyDependencyObject),
                new PropertyMetadata(100));
    }
}
```

代码段 DependencyObjectDemo/MyDependencyObject.cs



在 `get` 和 `set` 属性访问器中, 只能调用 `GetValue()` 和 `SetValue()` 方法。使用依赖属性, 可以通过 `GetValue()` 和 `SetValue()` 方法从外部访问属性的值, WPF 也是这样做的, 因此, 强类型化的属性访问器可能根本就不调用, 包含它们仅为了方便自定义代码的编写。

### 27.2.2 强制值回调

依赖属性支持强制检查。通过强制检查, 可以检查属性的值是否有效, 例如, 该值是否在某个有效范围之内。因此本例包含了 `Minimum` 和 `Maximum` 属性。现在 `Value` 属性的注册变更为把事件处理方法 `CoerceValue()` 传递给 `ProperMetadata` 对象的构造函数, 再把 `ProperMetadata` 对象传递为 `DependencyProperty.Register()` 方法的一个参数。现在, 在 `SetValue()` 方法的实现代码中, 对属性值的每次变更都调用 `CoerceValue()` 方法。在 `CoerceValue()` 方法中, 检查 `set` 值是否在最大值和最小值之间, 如果不在, 就设置该值。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
using System;
using System.Windows;

namespace Wrox.ProCSharp.XAML
{
    class MyDependencyObject : DependencyObject
    {
        public int Value
        {
            get { return (int)GetValue(ValueProperty); }
            set { SetValue(ValueProperty, value); }
        }

        public static readonly DependencyProperty ValueProperty = DependencyProperty.Register("Value", typeof(int), typeof(MyDependencyObject), new PropertyMetadata(0, null, CoerceValue));

        public int Minimum
        {
            get { return (int)GetValue(MinimumProperty); }
            set { SetValue(MinimumProperty, value); }
        }

        public static readonly DependencyProperty MinimumProperty =
            DependencyProperty.Register("Minimum", typeof(int), typeof(MyDependencyObject),
                new PropertyMetadata(0));

        public int Maximum
        {
            get { return (int)GetValue(MaximumProperty); }
            set { SetValue(MaximumProperty, value); }
        }

        public static readonly DependencyProperty MaximumProperty =
            DependencyProperty.Register("Maximum", typeof(int), typeof(MyDependencyObject),
                new PropertyMetadata(100));

        private static object CoerceValue(DependencyObject element, object value)
        {
            int newValue = (int)value;
            MyDependencyObject control = (MyDependencyObject)element;
        }
    }
}
```

```
newValue = Math.Max(control.Minimum, Math.Min(control.Maximum, newValue));
return newValue;
}
```

---

代码段 DependencyObjectDemo/MyDependencyObject.cs

### 27.2.3 值变更回调和事件

为了获得值变更的信息，依赖属性还支持值变更回调。在属性值发生变化时调用的 `DependencyProperty.Register()` 方法中，可以添加一个 `DependencyPropertyChanged` 事件处理程序。在示例代码中，把 `OnValueChanged()` 处理方法赋予 `ProperMetadata` 对象的 `PropertyChangedCallback` 属性。在 `OnValueChanged()` 方法中，可以用 `DependencyPropertyChangedEventArgs()` 参数访问属性的新旧值。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
using System;
using System.Windows;

namespace Wrox.ProCSharp.XAML
{
    class MyDependencyObject : DependencyObject
    {
        public int Value
        {
            get { return (int)GetValue(ValueProperty); }
            set { SetValue(ValueProperty, value); }
        }
        public static readonly DependencyProperty ValueProperty =
            DependencyProperty.Register("Value", typeof(int), typeof(MyDependencyObject),
                new PropertyMetadata(0, OnValueChanged, CoerceValue));
        //...

        private static void OnValueChanged(DependencyObject obj,
            DependencyPropertyChangedEventArgs args)
        {
            int oldValue = (int)args.OldValue;
            int newValue = (int)args.NewValue;
            //...
        }
    }
}
```

---

代码段 DependencyObjectDemo/MyDependencyObject.cs

### 27.2.4 事件的冒泡和隧道

元素可以包含在元素中。通过 XAML 和 WPF，可以定义 `Button` 包含一个 `Listbox`，该 `Listbox` 又包含 `Button` 控件选项。单击一个内层控件时，事件就应在传递到外部。WPF 支持事件的冒泡和隧道。这些事件常常成对使用。`PreviewMouseMove` 事件是一个隧道事件，它从外部向内部移动，`MouseMove` 事件跟在 `PreviewMouseMove` 事件的后面，是一个冒泡事件，从内部向外部移动。



.NET 事件的核心信息参见第 8 章。

为了说明冒泡过程, 下面的 XAML 代码包含 4 个 Button 控件, 其中外部的 StackPanel 给 Button.Click 事件定义了一个事件处理程序 OnOuterButtonClick()。button2 包含一个 Listbox, 该 Listbox 又包含两个 Button 控件作为其子项, 还包含 Click 事件处理程序 OnButton2()。这两个内部按钮也有与 Click 事件关联的事件处理程序。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
<Window x:Class=" Wrox.ProCSharp.XAML.MainWindow"
  xmlns="http://schemas.microsoft.com/winfx/2006/xaml/presentation"
  xmlns:x="http://schemas.microsoft.com/winfx/2006/xaml"
  Title="MainWindow" Height="350" Width="525">
  <StackPanel x:Name="stackPanel1" Button.Click="OnOuterButtonClick">
    <Button x:Name="button1" Content="Button 1" Margin="5" />
    <Button x:Name="button2" Margin="5" Click="OnButton2">
      <ListBox x:Name="listBox1">
        <Button x:Name="innerButton1" Content="Inner Button 1" Margin="4"
          Padding="4" Click="OnInner1" />
        <Button x:Name="innerButton2" Content="Inner Button 2" Margin="4"
          Padding="4" Click="OnInner2" />
      </ListBox>
    </Button>
    <ListBox ItemsSource="{Binding}" />
  </StackPanel>
</Window>
```

代码段 BubbleDemo/MainWindow.xaml

事件处理方法在代码隐藏中实现。该处理方法的第二个参数是 RoutedEventArgs 类型, 它提供了事件的 Source 和 OriginalSource 信息。尽管这个按钮并没有直接关联的 Click 事件, 但单击 Button1 按钮时, 会调用处理程序方法 OnOuterButtonClick(); 该事件会向上冒泡到容器元素。这里, Source 和 OriginalSource 是 Button1。如果第一次单击 Button2, 就调用事件处理程序 OnButton2(), 之后调用 OnOuterButtonClick()。因为处理程序 OnButton2()改变了 Source 属性, 所以通过 OnOuterButtonClick(), 会看到与前面处理程序不同的 Source。事件的 Source 属性可以改变, 但 OriginalSource 是只读的。单击 innerButton1 按钮, 会调用 OnInner1()事件处理程序, 之后调用 OnButton2()和 OnOuterButtonClick()。事件向上冒泡了。单击 innerButton2 按钮, 仅调用处理程序 OnInner2(), 因为其 Handled 属性设置为 true。在这里事件的向上冒泡停止了。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
using System;
using System.Collections.ObjectModel;
using System.Windows;

namespace BubbleDemo
{
  public partial class MainWindow : Window
  {
    private ObservableCollection<string> messages = new ObservableCollection<string>();

    public MainWindow()
    {
      InitializeComponent();
      this.DataContext = messages;
    }

    private void AddMessage(string message, object sender, RoutedEventArgs e)
    {
      messages.Add(String.Format("{0}, sender: {1}; source: {2}; original source: {3}",
        message, (sender as FrameworkElement).Name,
```

```

        (e.Source as FrameworkElement).Name,
        (e.OriginalSource as FrameworkElement).Name));
    }

    private void OnOuterButtonClick(object sender, RoutedEventArgs e)
    {
        AddMessage("outer event", sender, e);
    }

    private void OnInner1(object sender, RoutedEventArgs e)
    {
        AddMessage("inner1", sender, e);
    }


    private void OnInner2(object sender, RoutedEventArgs e)
    {
        AddMessage("inner2", sender, e);
        e.Handled = true;
    }

    private void OnButton2(object sender, RoutedEventArgs e)
    {
        AddMessage("button2", sender, e);
        e.Source = sender;
    }
}

```

代码段 BubbleDemo/MainWindow.xaml.cs

 改变源同时也改变事件类型很常见。例如，Button 类响应鼠标的按下和释放事件，向上冒泡它们，而不是创建按钮单击事件。

 如果不同处理程序的实现代码非常类似(例如，容器中的多个按钮)，则只编写一个事件处理程序非常有益。在实现代码中，只需区分 sender 或 source。

如何在自定义类中定义事件的冒泡和隧道？MyDependencyObject 改为支持值变更时发生的事件。为了支持事件的冒泡和隧道，该类必须派生自 UIElement，而不是 DependencyObject，因为这个类要为事件定义 AddHandler()和 RemoveHandler()方法。

为了让 MyDependencyObject 的调用者接收到值变更的信息，该类定义了 ValueChanged 事件。这个事件用显式的 add 和 remove 处理程序来声明，其中调用了基类的 AddHandler()和 RemoveHandler()方法。AddHandler()和 RemoveHandler()方法需要一个 RoutedEventArgs 类型和委托作为参数。路由事件 ValueChangedEvent 的声明与依赖属性非常类似，它也声明为一个静态成员，并调用 EventManager.RegisterRoutedEvent()方法来注册。这个方法需要事件名、路由策略(可以是 Bubble、Tunnel 和 Direct)、处理程序的类型，以及所有者类的类型。EventManager 类还可以注册静态事件，获取所注册事件的信息。





可从  
wrox.com  
下载源代码

```

using System;
using System.Windows;

namespace Wrox.ProCSharp.XAML
{
    class MyDependencyObject : UIElement
    {
        public int Value
        {
            get { return (int)GetValue(ValueProperty); }
            set { SetValue(ValueProperty, value); }
        }

        public static readonly DependencyProperty ValueProperty =
            DependencyProperty.Register("Value", typeof(int), typeof(MyDependencyObject),
            new PropertyMetadata(0, OnValueChanged, CoerceValue));

        //...

        private static void OnValueChanged(DependencyObject obj,
            DependencyPropertyChangedEventArgs args)
        {
            MyDependencyObject control = (MyDependencyObject)obj;

            RoutedPropertyChangedEventArgs<int> e = new RoutedPropertyChangedEventArgs<int>(
                (int)args.OldValue, (int)args.NewValue, ValueChangedEvent);
            control.OnValueChanged(e);
        }

        public static readonly RoutedEvent ValueChangedEvent =
           EventManager.RegisterRoutedEvent("ValueChanged", RoutingStrategy.Bubble,
            typeof(RoutedPropertyChangedEventHandler<int>), typeof(MyDependencyObject));
        public event RoutedPropertyChangedEventHandler<int> ValueChanged
        {
            add
            {
                AddHandler(ValueChangedEvent, value);
            }
            remove
            {
                RemoveHandler(ValueChangedEvent, value);
            }
        }

        protected virtual void OnValueChanged(RoutedPropertyChangedEventArgs<int> args)
        {
            RaiseEvent(args);
        }
    }
}

```

代码段 DependencyObjectDemo/MyDependencyObject.cs

现在就可以使用冒泡功能了，其方式与以前使用按钮单击事件一样。

## 27.3 附加属性

依赖属性是可用于特定类型的属性。而通过附加属性，可以为其他类型定义属性。一些容器控件为其子控件定义了附加属性，例如，如果使用 DockPanel 控件，就可以为其子控件使用 Dock 属

性。Grid 控件定义了 Row 和 Column 属性。

下面的代码段说明了附加属性在 XAML 中的情况。Button 类没有 Dock 属性,但它是从 DockPanel 控件附加的。

```
<DockPanel>
  <Button Content="Top" DockPanel.Dock="Top" Background="Yellow" />
  <Button Content="Left" DockPanel.Dock="Left" Background="Blue" />
</DockPanel>
```

附加属性的定义可以与依赖属性非常类似,如下面的示例所示。定义附加属性的类必须派生自基类 DependencyObject,并定义一个正常的属性,get 和 set 访问器访问基类的 GetValue()和 SetValue()方法。这些都是类似之处。接着不调用 DependencyProperty 类的 Register()方法,而是调用 RegisterAttached()方法。RegisterAttached()方法注册一个附加属性,现在它可用于每个元素。



```
using System.Windows;

namespace Wrox.ProCSharp.XAML
{
    class MyAttachedPropertyProvider : DependencyObject
    {
        public int MyProperty
        {
            get { return (int)GetValue(MyPropertyProperty); }
            set { SetValue(MyPropertyProperty, value); }
        }

        public static readonly DependencyProperty MyPropertyProperty =
            DependencyProperty.RegisterAttached("MyProperty", typeof(int),
                typeof(MyAttachedPropertyProvider));
        public static void SetMyProperty(UIElement element, int value)
        {
            element.SetValue(MyPropertyProperty, value);
        }

        public static int GetMyProperty(UIElement element)
        {
            return (int)element.GetValue(MyPropertyProperty);
        }
    }
}
```

代码段 AttachedPropertyDemo/MyAttachedPropertyProvider.cs

似乎 DockPanel.Dock 属性只能添加到 DockPanel 控件中的元素上。实际上,附加属性可以添加到任何元素上。但无法使用这个属性值。DockPanel 控件能够识别这个属性,并从其子元素中读取它,以安排其子元素。

在 XAML 代码中,附加属性现在可以附加到任何元素上。第二个 Button 控件 button2 为自身附加了属性 MyAttachedPropertyProvider.MyProperty,其值指定为 5。



```
<Window x:Class="Wrox.ProCSharp.XAML.MainWindow"
  xmlns="http://schemas.microsoft.com/winfx/2006/xaml/presentation"
  xmlns:x="http://schemas.microsoft.com/winfx/2006/xaml"
  xmlns:local="clr-namespace:Wrox.ProCSharp.XAML"
  Title="MainWindow" Height="350" Width="525">
```

```

<Grid x:Name="grid1">
  <Grid.RowDefinitions>
    <RowDefinition Height="Auto" />
    <RowDefinition Height="Auto" />
    <RowDefinition Height="*" />
  </Grid.RowDefinitions>

  <Button Grid.Row="0" x:Name="button1" Content="Button 1" />
  <Button Grid.Row="1" x:Name="button2" Content="Button 2"
    local:MyAttachedPropertyProvider.MyProperty="5" />

  <ListBox Grid.Row="2" x:Name="list1" />
</Grid>
</Window>

```

代码段 AttachedPropertyDemo/MainWindow.xaml

在代码隐藏中执行相同的操作时，必须调用 `MyAttachedPropertyProvider` 类的静态方法 `SetMyProperty()`。不能扩展 `Button` 类，使其包含某个属性。`SetMyProperty()`方法获取一个应由该属性及其值扩展的 `UIElement` 实例。在代码段中，将该属性附加到 `button1` 中，其值设置为 44。

属性设置之后的 `foreach` 循环从 `Grid` 元素 `grid1` 的所有子元素中检索附加属性的值。检索这个值使用了 `MyAttachedPropertyProvider` 类的 `GetProperty()`方法。它从 `DockPanel` 和 `Grid` 控件中检索其子控件的设置，以安排这些子控件。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

using System;
using System.Windows;

namespace Wrox.ProCSharp.XAML
{
  public partial class MainWindow : Window
  {
    public MainWindow()
    {
      InitializeComponent();

      MyAttachedPropertyProvider.SetMyProperty(button1, 44);

      foreach (object item in LogicalTreeHelper.GetChildren(grid1))
      {
        FrameworkElement e = item as FrameworkElement;
        if (e != null)
          list1.Items.Add(String.Format("{0}: {1}", e.Name,
            MyAttachedPropertyProvider.GetProperty(e)));
      }
    }
  }
}

```

代码段 AttachedPropertyDemo/MainWindow.xaml.cs



有一些机制可用于以后再扩展类。扩展方法可以用于扩展带方法的任何类。扩展方法只能扩展带方法但不带属性的类。扩展方法参见第 3 章。 `ExpandableObject` 类允许扩展带方法和属性的类。要使用这个功能，类必须派生自 `ExpandableObject` 类。 `ExpandableObject` 类和动态类型参见第 12 章。



第 35 章和第 36 章介绍了许多不同的关联属性,例如容器控件 Canvas、DockPanel、Grid 的附加属性,以及 Validation 类的 ErrorTemplate 属性。

## 27.4 标记扩展

通过标记扩展,可以扩展 XAML 的元素或特性语法。如果 XML 特性包含花括号,就表示这是标记扩展的一个符号。特性的标记扩展常常用作简写记号,而不再使用元素。

这种标记扩展的示例是 `StaticResourceExtension`,它可查找资源。下面是带有 `gradientBrush1` 键的线性渐变笔刷的资源:



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
<Window.Resources>
  <LinearGradientBrush x:Key="gradientBrush1" StartPoint="0.5,0.0" EndPoint="0.5, 1.0">
    <GradientStop Offset="0" Color="Yellow" />
    <GradientStop Offset="0.3" Color="Orange" />
    <GradientStop Offset="0.7" Color="Red" />
    <GradientStop Offset="1" Color="DarkRed" />
  </LinearGradientBrush>
</Window.Resources>
```

代码段 MarkupExtensionDemo/MainWindow.xaml

使用 `StaticResourceExtension`,通过特性语法来设置 `TextBlock` 的 `Background` 属性,就可以引用这个资源。特性语法通过花括号和没有 `Extension` 后缀的扩展类名来定义。

```
<TextBlock Text="Test" Background="{StaticResource gradientBrush1}" />
```

该特性简写记号的较长形式使用元素语法,如下面的代码段所示。`StaticResourceExtension` 定义为 `TextBlock.Background` 元素的一个子元素。通过一个特性把 `ResourceKey` 属性设置为 `gradientBrush1`。在上面的示例中,没有用 `ResourceKey` 属性设置资源键(这也是可行的),但使用一个构造函数重载来设置资源键。

```
<TextBlock Text="Test">
  <TextBlock.Background>
    <StaticResourceExtension ResourceKey="gradientBrush1" />
  </TextBlock.Background>
</TextBlock>
```

## 27.5 创建自定义标记扩展

要创建标记扩展,可以定义一个派生自基类 `MarkupExtension` 的类。大多数标记扩展名都有 `Extension` 后缀(这个命名约定类似于特性的 `Attribute` 后缀,参见第 14 章)。有了自定义标记扩展后,就只需重写 `ProvideValue()` 方法,它返回扩展的值。返回的类型用 `MarkupExtensionReturnType` 特性注解了类。对于 `ProvideValue()` 方法,需要传递一个 `IServiceProvider` 对象。通过这个接口,可以查询不同的服务,如 `IProvideValueTarget` 或 `IXamlTypeResolver`。`IProvideValueTarget` 可以用于访问通过 `TargetObject` 和 `TargetProperty` 属性应用标记扩展的控件和属性。`IXamlTypeResolver` 可用于把 XAML

元素名解析为 CLR 对象。自定义标记扩展类 `CalculatorExtension` 定义了 `double` 类型的属性 `X` 和 `Y`，并通过枚举定义了一个 `Operation` 属性。根据 `Operation` 属性的值，在 `X` 和 `Y` 输入属性上执行不同的计算，并返回一个字符串。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
using System;
using System.Windows;
using System.Windows.Markup;

namespace Wrox.ProCSharp.XAML
{
```

```
    public enum Operation
    {
        Add,
        Subtract,
        Multiply,
        Divide
    }
}
```

```
[MarkupExtensionReturnType(typeof(string))]
```

```
public class CalculatorExtension : MarkupExtension
```

```
{
    public CalculatorExtension()
    {
    }

    public double X { get; set; }
    public double Y { get; set; }

    public Operation Operation { get; set; }
    public override object ProvideValue(IServiceProvider serviceProvider)
    {
        IProvideValueTarget provideValue =
            serviceProvider.GetService(typeof(IProvideValueTarget))
                as IProvideValueTarget;

        if (provideValue != null)
        {
            var host = provideValue.TargetObject as FrameworkElement;
            var prop = provideValue.TargetProperty as DependencyProperty;
        }

        double result = 0;
        switch (Operation)
        {
            case Operation.Add:
                result = X + Y;
                break;
            case Operation.Subtract:
                result = X - Y;
                break;
            case Operation.Multiply:
                result = X * Y;
                break;
            case Operation.Divide:
                result = X / Y;
                break;
            default:
                throw new ArgumentException("invalid operation");
        }

        return result.ToString();
    }
}
```

代码段 MarkupExtensionDemo/CalculatorExtension.cs

标记扩展现在可以在第一个 `TextBlock` 上与特性语法一起使用，把值 3 和 4 加在一起，或者在第二个 `TextBlock` 上与元素语法一起使用。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
<Window x:Class="Wrox.ProCSharp.XAML.MainWindow"
        xmlns="http://schemas.microsoft.com/winfx/2006/xaml/presentation"
        xmlns:x="http://schemas.microsoft.com/winfx/2006/xaml"
        xmlns:local="clr-namespace:Wrox.ProCSharp.XAML"
        Title="MainWindow" Height="350" Width="525">
    <StackPanel>
        <TextBlock Text="{local:Calculator Operation=Add, X=3, Y=4}" />
        <TextBlock>
            <TextBlock.Text>
                <local:CalculatorExtension>
                    <local:CalculatorExtension.Operation>
                        <local:Operation> Multiply </local:Operation>
                    </local:CalculatorExtension.Operation>
                    <local:CalculatorExtension.X> 7 </local:CalculatorExtension.X>
                    <local:CalculatorExtension.Y> 11 </local:CalculatorExtension.Y>
                </local:CalculatorExtension>
            </TextBlock.Text>
        </TextBlock>
    </StackPanel>
</Window>
```

代码段 MarkupExtensionDemo/MainWindow.xaml

## 27.6 XAML 定义的标记扩展

标记扩展提供了许多功能。实际上本章已经使用了 XAML 定义的标记扩展。21.6 节中的 `x:Array` 就定义为标记扩展类 `ArrayExtension`。有了这个标记扩展，就可以不使用特性语法，因为使用特性语法很难定义元素列表。

用 XAML 定义的其他标记扩展有 `TypeExtension(x:Type)`，它根据字符串输入返回类型；`NullExtension(x:Null)`，它可以用于在 XAML 中把值设置为空；`StaticExtension(x:static)`，它可调用类的静态成员。

WPF、WF 和 WCF 都定义了专用于这些技术的标记扩展。WPF 使用标记扩展访问资源，以用于数据绑定和颜色转换。WF 联合使用了标记扩展和活动；WCF 给端点定义指定了标记扩展。

## 27.7 读写 XAML

有几个 API 可用于读写 XAML。高级 API 易于使用，但功能较少，而低级 API 的功能较多。还存在专用技术的 API，它们使用专门的 WPF 或 WF 特性。XAML 可以从文本 XML 形式、BAML 或对象树中读取，还可以写入 XML 或对象树。

一般，高级 API 在 `System.Xaml` 名称空间中。`XamlService` 类允许加载、解析、保存和转换 XAML。`XamlService.Load()` 方法可以从文件、流或读取器中加载 XAML 代码，或者使用 `XamlReader` 对象来

加载。XamlReader(在 System.Xaml 名称空间中)是一个抽象基类,它有几种具体的实现方式。XamlObjectReader 读取对象树, XamlXmlReader 从 XML 文件中读取 XAML, Baml2006Reader 读取二进制形式的 XAML。System.Activities.Debugger 名称空间中的 XamlDebuggerXmlReader 是一个专用于 WF 的读取器,并具备特殊的调试支持。

把字符串中的 XAML 代码传递给 XamlService 时,可以使用 Parse()方法。XamlService.Save()方法可用于保存 XAML 代码。通过 Save()方法可以使用与 Load()方法类似的数据源。所传递的对象可以保存为字符串、流、TextWriter、XamlWriter 或 XmlWriter。XamlWriter 是一个抽象基类。派生自 XamlWriter 的类是 XamlObjectWriter 和 XamlXmlWriter。在 .NET 4 版本中, BAML 代码没有写入器,但以后会有 BAML 写入器。

把 XAML 从一种格式转换为另一种格式时,可以使用 XamlService.Transform()方法。给 Transform()方法传递 XamlReader 和 XamlWriter,就可以转换特定读取器和写入器支持的任意格式。

除了使用高级 API XamlService 类之外,还可以直接使用一般的低级 API,也就是说,使用特定的 XamlReader 和 XamlWriter 类。使用读取器,可以通过 Read()方法从 XAML 树中逐个节点地读取。

一般的 XamlService 类不支持特定的 WPF 特性,如依赖属性或可冻结的对象。要读取 WPF XAML,可以使用 System.Windows.Markup 名称空间中的 XamlReader 和 XamlWriter 类,该名称空间在 PresentationFramework 程序集中定义,因此可以访问 WPF 特性。这些类的名称可能令人迷惑,因为不同名称空间的类使用相同的名称。System.Xaml.XamlReader 是读取器的抽象基类, System.Windows.Markup.XamlReader 是读取 XAML 的 WPF 类。在使用 WPF XamlReader 类的 Load()方法时,它接受 System.Xaml.XamlReader 作为参数,所以可能更容易混淆。

给 WF 读取 XAML 的一个优化版本是 System.Activities 名称空间中的 WorkflowXamlService,这个类用于在运行期间创建动态活动。



动态活动和 Windows Workflow Foundation 4 参见第 44 章。

下面的简单示例从文件中动态加载 XAML,以创建一个对象树,并把该对象树附加到一个容器元素中,如 StackPanel:

```
FileStream stream = File.OpenRead("Demo1.xaml");
object tree = System.Windows.Markup.XamlReader.Load(stream);

container1.Children.Add(tree as UIElement);
```

## 27.8 小结

本章介绍了 XAML 的核心功能和一些专门的特性,如依赖属性、附加属性和标记扩展。讨论了 XAML 的可扩展性,这是其他技术如 WPF 和 WF 的基础。在其他使用 XAML 的章节中,将列举这些 XAML 特性的大量不同用法。

本书的许多章节都涉及 XAML,尤其是介绍 WPF 的第 35 章和第 36 章、介绍 XPS 的第 37 章、介绍 Silverlight 的第 38 章和介绍 Windows Workflow Foundation 的第 44 章。

下一章讨论 MEF,即 Managed Extensibility Framework。

# 第 28 章

## Managed Extensibility Framework

本章内容:

- Managed Extensibility Framework 的体系结构
- 合同
- 部件的导出和导入
- 宿主应用程序使用的容器
- 查找部件的分类

插件可以在以后给应用程序添加功能。我们可以创建一个宿主应用程序，它随着时间的推移会获得越来越多的功能——这些功能可能是开发团队编写的，不同的开发商也可以创建插件，来扩展自己的应用程序。

目前，插件用于许多不同的应用程序，如 Internet Explorer 和 Visual Studio。Internet Explorer 是一个宿主应用程序，它提供了一个插件架构，供许多公司提供浏览网页时的扩展。Shockwave Flash Object 允许浏览包含 Flash 内容的网页。Google 工具栏提供了可以从 Internet Explorer 上快速访问的特定 Google 功能。Visual Studio 也有一个插件模型，它允许用不同级别的扩展来扩展 Visual Studio。

对于自定义应用程序，总是可以创建一个插件模型，来动态加载和使用程序集中的功能。但需要解决查找和使用插件的问题。这个任务可以使用 Managed Extensibility Framework 自动完成。

本章介绍的主要名称空间是 `System.ComponentModel.Composition`。

### 28.1 MEF 的体系结构

.NET 4 Framework 提供了两个技术，以编写动态加载插件的灵活的应用程序。一种技术是本章介绍的 Managed Extensibility Framework(MEF)；另一个技术自从.NET 3.5 以来就有，即 Managed Add-in Framework(MAF)，参见可下载的第 50 章和光盘中的对应内容。MAF 使用一个管道在插件和宿主应用程序之间通信，使开发过程比较复杂，但通过应用程序域甚或不同的进程使插件彼此分开。在这方面，MEF 是两种技术中比较简单的。MAF 和 MEF 可以合并起来，发挥各自的长处(而且完成了两倍的工作)。

MEF 通过部件和容器来构建，如图 28-1 所示。容器在类别中查找部件，类别在程序集或目录中查找部件。容器把入口连接到出口上，因此使部件可用于宿主应用程序。



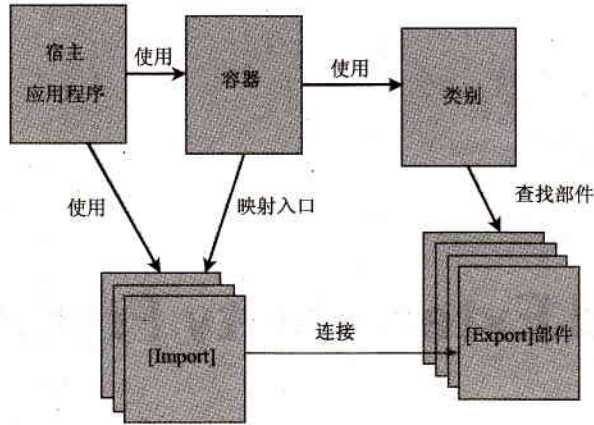



图 28-1

下面是部件加载的完整过程。在类别中查找部件。类别使用出口来查找其部件。出口提供程序访问类别，提供类别中的出口。多个出口提供程序可以连接成链，以定制出口，例如，使自定义出口提供程序只允许部件用于特定的用户或角色。容器使用出口提供程序把入口连接到出口上，该容器自己就是一个出口提供程序。

MEF 包含 3 个大类别：用于宿主的类、基元类和基于特性机制的类。宿主类包含类别和容器。基元类可以用作基类，来扩展 MEF 体系结构，以使用其他技术连接出口和入口。当然，通过反射构成基于特性机制的实现方式的类，如 Export 和 Import 特性，和提供扩展方法、更便于使用基于特性的部件的类，这些也是 MEF 的一部分。

 MEF 实现方式基于特性，它标记出了哪些部件应导出，并把它们映射到入口上。但是，这个技术很灵活，允许使用抽象基类 ComposablePart、扩展方法以及 ReflectionModelServices 类中基于反射的机制，来实现其他技术。这个体系结构可以扩展，以从 ComposablePart 中派生出类，并提供其他扩展方法，通过其他机制从插件中检索信息。

下面用一个简单的例子来说明 MEF 体系结构。宿主应用程序可以动态地加载插件。通过 MEF，把插件表示为部件。部件定义为出口，并加载到一个导入部件的容器中。容器使用类别来查找部件。类别列出部件。

在这个例子中，创建了一个简单的控制台应用程序作为宿主，以包含库中的计算器插件。为了使宿主和计算器插件彼此独立，需要 3 个程序集。其中一个程序集 SimpleContract 包含了插件程序集和宿主可执行文件都使用的合同。插件程序集 SimpleCalculator 实现了合同程序集定义的合同。宿主使用合同程序集调用插件。

SimpleContract 程序集中的合同通过两个接口 ICalculator 和 IOperation 来定义。ICalculator 接口定义了 GetOperations()和 Operate()方法。GetOperations()方法返回插件计算器支持的所有操作对应的列表，Operate()方法可调用操作。这个接口很灵活，因为计算器可以支持不同的操作。如果该接口定义了 Add()和 Subtract()方法，而不是灵活的 Operate()方法，就需要一个新版本的接口来支持 Divide()

和 `Multiply()` 方法。而使用本例定义的 `ICalculator` 接口，计算器就可以提供任意多个操作，且有任意多个操作数。



```
using System.Collections.Generic;

namespace Wrox.ProCSharp.MEF
{
    public interface ICalculator
    {
        IList<IOperation> GetOperations();
        double Operate(IOperation operation, double[] operands);
    }
}
```

代码段 SimpleContract/ICalculator.cs

`ICalculator` 接口使用 `IOperation` 接口返回操作列表，并调用一个操作。`IOperation` 接口定义了只读属性 `Name` 和 `NumberOperands`。



```
namespace Wrox.ProCSharp.MEF
{
    public interface IOperation
    {
        string Name { get; }
        int NumberOperands { get; }
    }
}
```

代码段 SimpleContract/IOperation.cs

`SimpleContract` 程序集不需要引用 `MEF` 程序集，只要 .NET 接口包含在其中即可。

插件程序集 `SimpleCalculator` 包含的类实现了合同定义的接口。`Operation` 类实现了 `IOperation` 接口。这个类仅包含接口定义的两个属性。该接口定义了属性的 `get` 访问器；内部的 `set` 访问器用于在程序集内部设置属性。



```
namespace Wrox.ProCSharp.MEF
{
    public class Operation : IOperation
    {
        public string Name { get; internal set; }
        public int NumberOperands { get; internal set; }
    }
}
```

代码段 SimpleCalculator/Operation.cs

`Calculator` 类实现了 `ICalculator` 接口，从而提供了这个插件的功能。按照 `Export` 特性的定义，`Calculator` 类导出为部件。这个特性在 `System.ComponentModel.Composition` 程序集的 `System.ComponentModel.Composition` 名称空间中定义。



```
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.ComponentModel.Composition;

namespace Wrox.ProCSharp.MEF
```

```

[Export(typeof(ICalculator))]
public class Calculator : ICalculator
{
    public IList<IOperation> GetOperations()
    {
        return new List<IOperation>()
        {
            new Operation { Name="+", NumberOperands=2},
            new Operation { Name="-", NumberOperands=2},
            new Operation { Name="/", NumberOperands=2},
            new Operation { Name="*", NumberOperands=2}
        };
    }

    public double Operate(IOperation operation, double[] operands)
    {
        double result = 0;
        switch (operation.Name)
        {
            case "+":
                result = operands[0] + operands[1];
                break;
            case "-":
                result = operands[0] - operands[1];
                break;
            case "/":
                result = operands[0] / operands[1];
                break;
            case "*":
                result = operands[0] * operands[1];
                break;
            default:
                throw new InvalidOperationException(
                    String.Format("invalid operation {0}", operation.Name));
        }
        return result;
    }
}

```

代码段 SimpleCalculator/Calculator.cs

宿主应用程序是一个简单的控制台应用程序。插件使用 `Export` 特性定义导出的内容，对于宿主应用程序，`Import` 特性定义了所使用的信息。在本例中，`Import` 特性注解了 `Calculator` 属性，以设置和获取实现 `ICalculator` 接口的对象。所以实现了这个接口的任意计算器插件都可以在这里使用。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

using System;
using System.Collections.Generic;
using System.ComponentModel.Composition;
using System.ComponentModel.Composition.Hosting;

```

```

using Wrox.ProCSharp.MEF.Properties;

namespace Wrox.ProCSharp.MEF
{
    class Program
    {
        [Import]
        public ICalculator Calculator { get; set; }
    }
}

```

代码段 SimpleHost/Program.cs

在控制台应用程序的入口方法 `Main()` 中，创建了 `Program` 类的一个新实例，接着调用 `Run()` 方法。在 `Run()` 方法中，创建了一个 `DirectoryCatalog`，并用 `AddInDirectory` 进行初始化，`AddInDirectory` 在应用程序配置文件中配置。`Settings.Default.AddInDirectory` 通过项目属性 `Settings`，使用一个强类型化的类来访问自定义配置。

`CompositionContainer` 类是一个部件存储库。这个容器用 `DirectoryCatalog` 初始化，从这个类别指定的目录中获取部件。`ComposeParts()` 是一个扩展了 `CompositionContainer` 类的扩展方法，它用 `AttributeModelServices` 类定义。这个方法需要把带 `Import` 特性的部件和参数一起传递。因为 `Program` 类有 `Import` 特性和 `Calculator` 属性，所以 `Program` 类的实例可以传递给这个方法。在用于入口的实现代码中，搜索并映射出口。成功调用了这个方法后，就可以使用映射到入口的出口了。如果不是所有入口都可以映射到出口上，就抛出一个 `ChangeRejectedException` 类型的异常，捕获该异常以输出错误消息，并从 `Run()` 方法退出。

```

static void Main()
{
    var p = new Program();
    p.Run();
}

public void Run()
{
    var catalog = new DirectoryCatalog(Settings.Default.AddInDirectory);
    var container = new CompositionContainer(catalog);
    try
    {
        container.ComposeParts(this);
    }
    catch (ChangeRejectedException ex)
    {
        Console.WriteLine(ex.Message);
        return;
    }
}

```

通过 `Calculator` 属性，可以使用 `ICalculator` 接口中的方法。`GetOperations()` 方法调用前面创建的插件的方法，它返回 4 个操作。要求用户指定应调用的操作，并输入操作数的值后，就调用插件方法 `Operate()`。

```

var operations = Calculator.GetOperations();
var operationsDict = new SortedList<string, IOperation>();
{
    Console.WriteLine("Name: {0}, number operands: {1}", item.Name,

```

```

        item.NumberOperands);
    operationsDict.Add(item.Name, item);
}
Console.WriteLine();
string selectedOp = null;
do
{
    try
    {
        Console.Write("Operation? ");
        selectedOp = Console.ReadLine();
        if (selectedOp.ToLower() == "exit" ||
            !operationsDict.ContainsKey(selectedOp))
            continue;

        var operation = operationsDict[selectedOp];
        double[] operands = new double[operation.NumberOperands];
        for (int i = 0; i < operation.NumberOperands; i++)
        {
            Console.Write("\t operand {0}? ", i + 1);
            string selectedOperand = Console.ReadLine();
            operands[i] = double.Parse(selectedOperand);
        }
        Console.WriteLine("calling calculator");
        double result = Calculator.Operate(operation, operands);
        Console.WriteLine("result: {0}", result);
    }
    catch (FormatException ex)
    {
        Console.WriteLine(ex.Message);
        Console.WriteLine();
        continue;
    }
} while (selectedOp != "exit");
}
}

```

运行应用程序的一个示例结果如下:

```

Name: +, number operands: 2
Name: -, number operands: 2
Name: /, number operands: 2
Name: *, number operands: 2

Operation? +
    operand 1? 3
    operand 2? 5
calling calculator
result: 8
Operation? -
    operand 1? 7
    operand 2? 2
calling calculator
result: 5
Operation? exit

```

无须重编译宿主应用程序，就可以使用另一个完全不同的插件库。AdvCalculator 程序集定义了 Calculator 类的另一种实现方式，以提供更多的操作。通过把程序集复制到宿主应用程序中 DirectoryCatalog 指定的目录下，就可以用这个计算器替代另一个计算器。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.ComponentModel.Composition;

namespace Wrox.ProCSharp.MEF
{
    [Export(typeof(ICalculator))]
    public class Calculator : ICalculator
    {
        public IList<IOperation> GetOperations()
        {
            return new List<IOperation>()
            {
                new Operation { Name="+", NumberOperands=2},
                new Operation { Name="-", NumberOperands=2},
                new Operation { Name="/", NumberOperands=2},
                new Operation { Name="*", NumberOperands=2},
                new Operation { Name="%", NumberOperands=2},
                new Operation { Name="++", NumberOperands=1},
                new Operation { Name="--", NumberOperands=1}
            };
        }

        public double Operate(IOperation operation, double[] operands)
        {
            double result = 0;
            switch (operation.Name)
            {
                case "+":
                    result = operands[0] + operands[1];
                    break;
                case "-":
                    result = operands[0] - operands[1];
                    break;
                case "/":
                    result = operands[0] / operands[1];
                    break;
                case "*":
                    result = operands[0] * operands[1];
                    break;
                case "%":
                    result = operands[0] % operands[1];
                    break;
                case "++":
                    result = ++operands[0];
                    break;
                case "--":
                    result = --operands[0];
                    break;
                default:
                    throw new InvalidOperationException(
```

```

        String.Format("invalid operation {0}", operation.Name));
    }
    return result;
}
}
}

```

代码段 AdvCalculator/Calculator.cs

前面讨论了 MEF 体系结构中的入口、出口和类别。下面使用一个 WPF 应用程序来包含插件，详细论述 MEF 的不同选项。

## 28.2 协定

下面的示例应用程序扩展了第一个应用程序。宿主应用程序是一个 WPF 应用程序，它加载计算器插件，以实现计算功能，还加载其他插件，把它们自己的用户界面引入宿主。



编写 WPF 应用程序的更多信息，可参见第 35 章和第 36 章。

对于计算，使用前面定义的不同协定：ICalculator 和 IOperation 接口。另一个协定是 ICalculatorExtension。这个接口定义了可由宿主应用程序使用的 Title 和 Description 属性。GetUI()方法返回一个 FrameworkElement，它允许插件返回任意派生自 FrameworkElement 的 WPF 元素，并在宿主程序中显示为用户界面。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

using System.Windows;

namespace Wrox.ProCSharp.MEF
{
    public interface ICalculatorExtension
    {
        string Title { get; }
        string Description { get; }

        FrameworkElement GetUI();
    }
}

```

代码段 CalculatorContract/ICalculatorExtension.cs

.NET 接口在宿主应用程序和插件之间建立了一个很好的协定。如果接口在一个单独的程序集中定义，与 CalculatorContract 程序集一样，宿主应用程序和插件就没有直接的依赖关系。然而，宿主应用程序和插件仅引用协定程序集。

从 MEF 的角度来看，根本不需要接口协定。协定可以是一个简单的字符串。为了避免与其他协定冲突，字符串名应包含名称空间名，例如 Wrox.ProCSharp.MEF.SampleContract，如下面的代码段所示。这里的 Foo 类使用 Export 特性导出，并把一个字符串传递给该特性，而不是传递给接口。

```
[Export("Wrox.ProCSharp.MEF.SampleContract")]
```

```
public class Foo
{
    public string Bar()
    {
        return "Foo.Bar";
    }
}
```

把协定用作字符串的问题是，类型提供的方法、属性和事件都不是强定义的。调用者或者需要引用类型 Foo，才能使用它，或者使用 .NET 反射来访问其成员。C# 4 的 dynamic 关键字使反射更便于使用，在这种情况下非常有帮助。

宿主应用程序可以使用 dynamic 类型导入 Wrox.ProCSharp.MEF.SampleContract 协定：

```
[Import("Wrox.ProCSharp.MEF.SampleContract")]
public dynamic Foo { get; set; }
```

有了 dynamic 关键字，Foo 属性就可以用于直接访问 Bar() 方法。这个方法的调用会在运行期间解析：

```
string s = Foo.Bar();
```



dynamic 类型参见第 12 章。

协定名和接口也可以联合使用，来定义只有接口和协定同名时才能使用的协定。这样，就可以对于不同的协定使用同一个接口。

## 28.3 导出

在前面的例子中，包含了 SimpleCalculator 部件，它导出了 Calculator 类型及其所有的方法和属性。下面的例子也包含 SimpleCalculator，其实现方式与前面的相同。这里要使用的另一个部件是一个 WPF 用户控件库 TemperatureConversion，它定义了如图 28-2 所示的用户界面。这个控件提供了摄氏、华氏和绝对温度之间的转换。在第一组合框和第二个组合框中，可以选择转换的源和目标。Calculate 按钮会启动执行转换的计算过程。

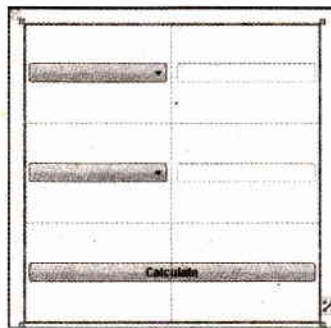


图 28-2



该用户控件为温度转换提供了一个简单的实现方式。TempConversionType 枚举定义了这个控件可能进行的不同转换。在构造函数中设置用户控件的 DataContext 属性，使枚举值显示在两个组合框中。ToCelsiusFrom()方法把参数 t 从其原始值转换为摄氏值。温度的源类型用第二个参数 TempConversionType 定义。FromCelsiusTo()方法把摄氏值转换为所选的温度值。OnCalculate()方法是 Button.Click 事件的处理程序，它调用 ToCelsiusFrom()和 FromCelsiusTo()方法，根据用户选择的转换类型，执行转换。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
using System;
using System.Windows;
using System.Windows.Controls;

namespace Wrox.ProCSharp.MEF
{
    public enum TempConversionType
    {
        Celsius,
        Fahrenheit,
        Kelvin
    }

    public partial class TemperatureConversion : UserControl
    {
        public TemperatureConversion()
        {
            InitializeComponent();
            this.DataContext = Enum.GetNames(typeof(TempConversionType));
        }

        private double ToCelsiusFrom(double t, TempConversionType conv)
        {
            switch (conv)
            {
                case TempConversionType.Celsius:
                    return t;
                case TempConversionType.Fahrenheit:
                    return (t - 32) / 1.8;
                case TempConversionType.Kelvin:
                    return (t - 273.15);
                default:
                    throw new ArgumentException("invalid enumeration value");
            }
        }

        private double FromCelsiusTo(double t, TempConversionType conv)
        {
            switch (conv)
            {
                case TempConversionType.Celsius:
                    return t;
                case TempConversionType.Fahrenheit:
                    return (t * 1.8) + 32;
                case TempConversionType.Kelvin:
                    return t + 273.15;
                default:
                    return t;
            }
        }
    }
}
```

```

        throw new ArgumentException("invalid enumeration value");
    }
}

private void OnCalculate(object sender, System.Windows.RoutedEventArgs e)
{
    try
    {
        TempConversionType from;
        TempConversionType to;
        if (Enum.TryParse<TempConversionType>(
            (string)comboFrom.SelectedValue, out from) &&
            Enum.TryParse<TempConversionType>(
                (string)comboTo.SelectedValue, out to))
        {
            double result = FromCelsiusTo(
                ToCelsiusFrom(double.Parse(textInput.Text), from), to);
            textOutput.Text = result.ToString();
        }
    }
    catch (FormatException ex)
    {
        MessageBox.Show(ex.Message);
    }
}
}
}

```

代码段 TemperatureConversion/TemperatureConversion.xaml.cs

到目前为止，这个控件仅是一个简单的 WPF 用户控件。为了创建 MEF 部件，要使用 `Export` 特性导出 `TemperatureCalculatorExtension` 类。这个类实现 `ICalculatorExtension` 接口，同时提供 `Title` 和 `Description` 信息，从 `GetUI()` 方法中返回用户控件 `TemperatureConversion`。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

using System.ComponentModel.Composition;
using System.Windows;

namespace Wrox.ProCSharp.MEF
{
    [Export(typeof(ICalculatorExtension))]
    public class TemperatureCalculatorExtension : ICalculatorExtension
    {
        public string Title
        {
            get { return "Temperature Conversion"; }
        }

        public string Description
        {
            get { return "Convert Celsius to Fahrenheit and " +
                "Fahrenheit to Celsius"; }
        }

        public FrameworkElement GetUI()
        {
            return new TemperatureConversion();
        }
    }
}

```

另一个实现了 `ICalculatorExtension` 接口的用户控件是 `FuelEconomy`。通过这个控件，可以计算每加仑行驶的英里数或每行驶 100 千米的升数。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
using System.Collections.Generic;
using System.Windows;
using System.Windows.Controls;

namespace Wrox.ProCSharp.MEF
{
    public partial class FuelEconomyUC : UserControl
    {
        private List<FuelEconomyType> fuelEcoTypes;

        public FuelEconomyUC()
        {
            InitializeComponent();
            InitializeFuelEcoTypes();
        }

        private void InitializeFuelEcoTypes()
        {
            var t1 = new FuelEconomyType
            {
                Id = "lpk",
                Text = "L/100 km",
                DistanceText = "Distance (kilometers)",
                FuelText = "Fuel used (liters)"
            };
            var t2 = new FuelEconomyType
            {
                Id = "mpg",
                Text = "Miles per gallon",
                DistanceText = "Distance (miles)",
                FuelText = "Fuel used (gallons)"
            };
            fuelEcoTypes = new List<FuelEconomyType>() { t1, t2 };
            this.DataContext = fuelEcoTypes;
        }

        private void OnCalculate(object sender, RoutedEventArgs e)
        {
            double fuel = double.Parse(textFuel.Text);
            double distance = double.Parse(textDistance.Text);
            FuelEconomyType ecoType = comboFuelEco.SelectedItem as FuelEconomyType;
            double result = 0;
            switch (ecoType.Id)
            {
                case "lpk":
                    result = fuel / (distance / 100);
                    break;
            }
        }
    }
}
```

```

        case "mpg":
            result = distance / fuel;
            break;
        default:
            break;
    }
    this.textResult.Text = result.ToString();
}
}
}

```

---

代码段 FuelEconomy/FuelEconomyUC.xaml.cs

还使用 `Export` 特性实现 `ICalculatorExtension` 接口并导出。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

namespace Wrox.ProCSharp.MEF
{
    [Export(typeof(ICalculatorExtension))]
    public class FuelCalculatorExtension : ICalculatorExtension
    {
        public string Title
        {
            get { return "Fuel Economy"; }
        }

        public string Description
        {
            get { return "Calculate fuel economy"; }
        }

        public FrameworkElement GetUI()
        {
            return new FuelEconomyUC();
        }
    }
}

```

---

代码段 FuelEconomy/FuelCalculatorExtension.cs

在继续 WPD 计算器例子，导入用户控件之前，先看看导出的其他选项。不仅可以导出整个类型，还可以导出属性和方法，也可以给出口添加元数据信息。

### 28.3.1 导出属性和方法

除了导出整个类，包括属性、方法和事件之外，还可以仅导出属性或方法。给属性添加 `Export` 特性就可以导出属性，以使用不在自己控制之下的类(如 .NET Framework 或第三方库中的类)。为此，只需定义这个特定类型的属性，并导出该属性。

导出方法允许进行比类型更精细的控制。调用者不需要了解类型。方法通过委托来导出。下面的代码段用 `Export` 特性定义了 `Add()` 和 `Subtract()` 方法。导出的类型是委托 `Func<double, double, double>`，这个委托接收两个 `double` 参数，返回类型是 `double`。对于没有返回类型的方法，可以使用委托 `Action<T>`。



Func<T>和 Action<T>委托参见第8章。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
using System;
using System.ComponentModel.Composition;

namespace Wrox.ProCSharp.MEF
{
    public class Operations
    {
        [Export("Add", typeof(Func<double, double, double>))]
        public double Add(double x, double y)
        {
            return x + y;
        }

        [Export("Subtract", typeof(Func<double, double, double>))]
        public double Subtract(double x, double y)
        {
            return x - y;
        }
    }
}
```

代码段 Operations/Operations.cs

导出的方法从 SimpleCalculator 插件中导入。部件本身可以使用其他部件。要使用导出的方法，需要用 Import 特性声明委托。这个特性与用 Export 特性声明的委托类型同名。



SimpleCalculator 本身是一个导出了 ICalculator 接口的部件，它由导入的部件组成。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
[Export(typeof(ICalculator))]
public class Calculator : ICalculator
{
    [Import("Add", typeof(Func<double, double, double>))]
    public Func<double, double, double> Add { get; set; }
    [Import("Subtract", typeof(Func<double, double, double>))]
    public Func<double, double, double> Subtract { get; set; }
}
```

代码段 SimpleCalculator/Calculator.cs

导入的方法用 Add 和 Subtract 委托表示，它们在 Operate()方法中通过这两个委托来调用。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
public double Operate(IOperation operation, double[] operands)
{
    double result = 0;
    switch (operation.Name)
    {
        case "+":
            result = Add(operands[0], operands[1]);
            break;
    }
}
```

```

        case "-":
            result = Subtract(operands[0], operands[1]);
            break;
        case "/":
            result = operands[0] / operands[1];
            break;
        case "*":
            result = operands[0] * operands[1];
            break;
        default:
            throw new InvalidOperationException(
                String.Format("invalid operation {0}", operation.Name));
    }
    return result;
}

```

代码段 SimpleCalculator/Calculator.cs

### 28.3.2 导出元数据

利用导出功能，还可以附加元数据信息。元数据允许添加除了名称和类型之外的其他信息。这些信息可用于添加功能信息，确定在入口端应使用哪些出口。

导出的 Add()方法现在改为用 ExportMetadata 特性添加速度功能：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

[Export("Add", typeof(Func<double, double, double>))]
[ExportMetadata("speed", "fast")]
public double Add(double x, double y)
{
    return x + y;
}

```

代码段 Operations/Operation.cs

为了包含从 Add()方法的另一种实现方式中选择的选项，实现了另一个方法，它具有不同的速度性能，但委托的类型和名称相同：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

public class Operations2
{
    [Export("Add", typeof(Func<double, double, double>))]
    [ExportMetadata("speed", "slow")]
    public double Add(double x, double y)
    {
        Thread.Sleep(3000);
        return x + y;
    }
}

```

代码段 Operations/Operation2.cs

因为有多个导出的 Add()方法，所以必须改变入口的定义。如果有多个出口有相同的名称和类型，就可以使用 ImportMany 特性。这个特性应用于数组或 IEnumerable<T>接口。ImportMany 在 28.4 节详细解释。为了访问元数据，可以使用一个 Lazy<T, TMetadata>数组。Lazy<T>类是 .NET 4 中新增的，用于支持类型在第一次使用时的懒惰初始化。Lazy<T, TMetadata>派生自 Lazy<T>，除了

基类支持的成员之外,它还支持通过 `Metadata` 特性访问元数据信息。在例子中,方法通过 `Func<double, double, double>` 委托来引用,它是 `Lazy<T, TMetadata>` 的第一个泛型参数。第二个泛型参数是用于收集元数据的 `IDictionary<string, object>`。`ExportMetadata` 特性可以多次使用,以添加多个功能,且总是包含字符串类型的键和对象类型的值。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
[ImportMany("Add", typeof(Func<double, double, double>))]
public Lazy<Func<double, double, double>, IDictionary<string, object>>[]
    AddMethods { get; set; }
//[Import("Add", typeof(Func<double, double, double>))]
//public Func<double, double, double>Add { get; set; }
```

代码段 SimpleCalculator/Calculator.cs

对 `Add()` 方法的调用现在改为遍历 `Lazy<Func<double, double, double>, IDictionary<string, object>>` 元素集合。通过 `Metadata` 属性,检查功能的键;如果速度性能的值是 `fast`,就使用 `Lazy<T>` 的 `Value` 属性调用操作,以获取委托。

```
case "+":
    // result = Add(operands[0], operands[1]);
    foreach (var addMethod in AddMethods)
    {
        if (addMethod.Metadata.ContainsKey("speed") &&
            (string)addMethod.Metadata["speed"] == "fast")
            result = addMethod.Value(operands[0], operands[1]);
    }
    // result = operands[0] + operands[1];
    break;
```

除了使用 `ExportMetadata` 特性之外,还可以创建一个派生自 `ExportAttribute` 的自定义导出特性类。`SpeedExportAttribute` 类定义了一个 `Speed` 类型的额外 `Speed` 属性:



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
using System;
using System.ComponentModel.Composition;

namespace Wrox.ProCSharp.MEF
{
    public enum Speed
    {
        Fast,
        Slow
    }

    [MetadataAttribute]
    [AttributeUsage(AttributeTargets.Method | AttributeTargets.Class)]
    public class SpeedExportAttribute : ExportAttribute
    {
        public SpeedExportAttribute(string contractName, Type contractType)
            : base(contractName, contractType) { }

        public Speed Speed { get; set; }
    }
}
```

代码段 CalculatorUtils/ExportAttribute.cs



如何创建自定义特性的更多内容可创建第 14 章。

有了导出的 Add()方法, 现在可以使用 SpeedExport 特性替代 Export 和 ExportMetadata 特性:



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
[SpeedExport("Add", typeof(Func<double, double, double>), Speed=Speed.Fast)]
public double Add(double x, double y)
{
    return x + y;
}
```

代码段 Operations/Operations.cs

对于入口, 需要一个包含所有元数据的接口。这样才能访问强类型化的功能。通过 SpeedExport 特性定义的性能仅是速度。ISpeedCapabilities 接口使用定义 SpeedExport 特性时使用的枚举类型 Speed, 来定义 Speed 属性:



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
namespace Wrox.ProCSharp.MEF
{
    public interface ISpeedCapabilities
    {
        Speed Speed { get; }
    }
}
```

代码段 CalculatorUtils/ISpeedCapabilities.cs

现在可以使用 ISpeedCapabilities 接口替代前面定义的字典, 修改入口的定义:



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
[ImportMany("Add", typeof(Func<double, double, double>))]
public Lazy<Func<double, double, double>, ISpeedCapabilities>[]
    AddMethods { get; set; }
```

代码段 SimpleCalculator/Calculator.cs

通过入口, 现在可以直接使用 ISpeedCapabilities 接口的 Speed 属性:

```
foreach (var addMethod in AddMethods)
{
    if ( addMethod.Metadata.Speed == Speed.Fast )
        result = addMethod.Value(operands[0], operands[1]);
}
```

## 28.4 导入

下面使用 WPF 用户控件和 WPF 宿主应用程序。宿主应用程序的设计视图如图 28-3 所示。WPF Calculator 应用程序是一个 WPF 应用程序, 它会加载功能完备的计算器插件(它实现 ICalculator 和 Ioperation 接口), 以及带用户界面的插件(它实现 ICalculatorExtension 接口)。为了连接到部件的出口上, 需要入口。

入口连接到出口上。使用导出的部件时, 需要一个入口来建立连接。通过 Import 特性, 可以连



接到一个出口上。如果应加载多个插件，就需要 ImportMany 特性，并需要把它定义一个数组类型或 IEnumerable<T>。因为宿主计算器应用程序允许加载实现了 ICalculatorExtension 接口的多个计算器扩展，所以 CalculatorExtensionImport 类定义了 IEnumerable<ICalculatorExtension> 类型的 CalculatorExtension 属性，以访问所有的计算器扩展部件。

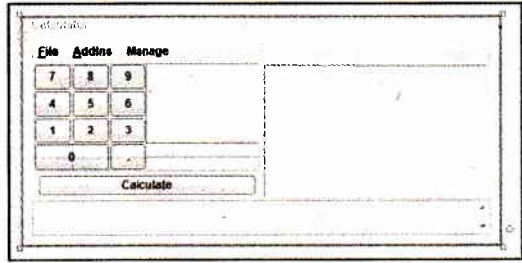


图 28-3



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
using System.Collections.Generic;
using System.ComponentModel.Composition;

namespace Wrox.ProCSharp.MEF
{
    public class CalculatorExtensionImport
    {
        [ImportMany(AllowRecomposition=true)]
        public IEnumerable< ICalculatorExtension > CalculatorExtensions { get; set; }
    }
}
```

代码段 WPFCalculator/CalculatorExtensionImport.cs

Import 和 ImportMany 特性允许使用 ContractName 和 ContractType 把入口映射到出口上。可以用这两个特性设置的其他属性有 AllowRecomposition 和 RequiredCreationPolicy。AllowRecomposition 属性允许在应用程序运行期间动态映射到新出口上，还允许上传出口。RequiredCreationPolicy 属性允许选择在请求器之间共享部件(CreationPolicy.Shared)、不共享部件(CreationPolicy.NonShared)，或者是否由容器定义策略(CreationPolicy.Any)。

为了查看所有的导入是否成功，可以实现 IPartImportsSatisfiedNotification 接口。这个接口只定义了一个方法 OnImportsSatisfied()，在类的所有导入都成功时调用它。在 CalculatorImport 类中，该方法触发 ImportsSatisfied 事件：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
using System;
using System.ComponentModel.Composition;
using System.Windows.Controls;

namespace Wrox.ProCSharp.MEF
{
    public class CalculatorImport : IPartImportsSatisfiedNotification
    {
        public event EventHandler<ImportEventArgs> ImportsSatisfied;

        [Import(typeof(ICalculator))]
        public ICalculator Calculator { get; set; }

        public void OnImportsSatisfied()
        {
            if (ImportsSatisfied != null)
                ImportsSatisfied(this, new ImportEventArgs {
                    StatusMessage = "ICalculator import successful" });
        }
    }
}
```

代码段 WPFCalculator/CalculatorImport.cs

在创建 CalculatorImport 类时, CalculatorImport 类的事件连接到一个事件处理程序上, 把一条消息写入 TextBlock 中, 以显示状态信息:



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
private void InitializeContainer()
{
    var catalog = new DirectoryCatalog(
        Properties.Settings.Default.AddInDirectory);
    container = new CompositionContainer(catalog);
    calcImport = new CalculatorImport();
    calcImport.ImportsSatisfied += (sender, e) =>
    {
        textStatus.Text += String.Format("{0}\n", e.StatusMessage);
    };
    container.ComposeParts(calcImport);

    InitializeOperations();
}
```

代码段 WPFCalculator/MainWindow.xaml.cs

## 部件的懒惰加载

部件默认从容器中加载, 例如, 调用 CompositionContainer 上的扩展方法 ComposeParts() 来加载。利用 Lazy<T> 类, 部件可以在第一次访问时加载。Lazy<T> 类型允许后期实例化任意类型 T, 并定义 IsValueCreated 和 Value 属性。IsValueCreated 属性是一个布尔值, 它返回包含的类型 T 是否已经实例化的信息。Value 属性在第一次访问包含的类型 T 时初始化它, 并返回 T 的实例。

插件的入口可以声明为类型 Lazy<T> 类型, 如示例 Lazy<ICalculator> 所示:



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
[Import(typeof(ICalculator))]
public Lazy<ICalculator> Calculator { get; set; }
```

代码段 WPFCalculator/CalculatorImport.cs

调用导入的属性也需要对访问 Lazy<T> 类型的 Value 属性进行一些修改。calcImport 是一个 CalculatorImport 类型的变量, Calculator 属性返回 Lazy<ICalculator>。Value 属性以懒惰的方式实例化导入的类型, 并返回 ICalculator 接口, 在该接口中, 现在可以调用 GetOperations() 方法, 从计算器插件中获得所有支持的操作。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
private void InitializeOperations()
{
    Contract.Requires(calcImport != null);
    Contract.Requires(calcImport.Calculator != null);

    var operators = calcImport.Calculator.Value.GetOperations();
    foreach (var op in operators)
    {
        var b = new Button();
        b.Width = 40;
        b.Height = 30;
    }
}
```

```

        b.Content = op.Name;
        b.Margin = new Thickness(2);
        b.Padding = new Thickness(4);
        b.Tag = op;
        b.Click += new RoutedEventHandler(DefineOperation);
        listOperators.Items.Add(b);
    }
}

```

代码段 WPFCalculator/MainWindow.xaml.cs

## 28.5 容器和出口提供程序

部件通过容器来导入。宿主部件的类型在 `System.ComponentModel.Composition.Hosting` 名称空间中定义。`CompositionContainer` 类是部件的容器。在这个类的构造函数中，可以指定多个 `ExportProvider` 对象，以及一个 `ComposablePartCatalog`。类别是部件的源，参见 28.6 节。出口提供程序允许用重载的 `GetExport<T>()` 方法以编程方式访问所有出口。出口提供程序用于访问类别，`CompositionContainer` 类本身就是一个出口提供程序。因此可以在其他容器中嵌套容器。

调用 `Compose()` 方法时，会加载部件(假定它们不是懒惰加载)。前面一直在使用 `ComposePart()` 方法，如下面的 `InitializeContainer()` 方法所示：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

private void InitializeContainer()
{
    catalog = new DirectoryCatalog(
        Properties.Settings.Default.AddInDirectory);
    container = new CompositionContainer(catalog);
    calcImport = new CalculatorImport();
    calcImport.ImportsSatisfied += (sender, e) =>
    {
        textStatus.Text += String.Format("{0}\n", e.StatusMessage);
    };
    container.ComposeParts(calcImport);

    InitializeOperations();
}

```

代码段 WPFCalculator/MainWindow.xaml.cs

`ComposePart()` 是一个用 `AttributeModelServices` 类定义的扩展方法。这个类提供的方法使用特性和 .NET 反射访问部件信息，并把部件添加到容器中。除了使用这个扩展方法之外，还可以使用 `CompositionContainer` 类的 `Compose()` 方法。`Compose()` 方法与 `CompositionBatch` 类一起工作。`CompositionBatch` 类可以用于定义应在容器中添加哪些部件，删除哪些部件。`AddPart()` 和 `RemovePart()` 方法有重载版本，可以用于添加有 `Import` 属性的部件(`calcImport` 是 `CalculatorImport` 类的一个实例，包含 `Import` 特性)，或者派生自 `ComposablePart` 基类的部件。

```

var batch = new CompositionBatch();
batch.AddPart(calcImport);
container.Compose(batch);

```

宿主应用程序 WPFCalculator 加载了两种不同的部件。第一个部件实现了 ICalculator 接口, 在前面所示的 InitializeContainer() 方法中加载。实现了 ICalculatorExtension 接口的部件在 RefreshExtension() 方法中加载。Container.ComposeParts 从 CalculatorExtensionImport 类中获取入口, 并把它连接到类别中所有可用的出口上。因为这里动态加载了多个插件(用户可以选择要使用的插件), 所以 Menu 控件会动态扩展。应用程序遍历所有的计算器扩展, 并为每个扩展新建一个 MenuItem 控件, MenuItem 控件的标题包含一个设置了扩展的 Title 属性的 Label 和一个 CheckBox。CheckBox 以后用于动态删除出口。把 MenuItem 控件的 ToolTip 属性设置为扩展控件的 Description 属性, 把 Tag 属性设置为扩展控件本身, 以便于在选择菜单项时获得扩展控件。把 MenuItem 控件的 Click 事件设置为 ShowAddIn() 方法, 这个方法调用扩展控件的 GetUI() 方法, 在 TabControl 的一个新 TabItem 中显示控件。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
private void RefreshExtensions()
{
    catalog.Refresh();
    calcExtensionImport = new CalculatorExtensionImport();
    calcExtensionImport.ImportsSatisfied += (sender, e) =>
    {
        this.textStatus.Text += String.Format("{0}\n", e.StatusMessage);
    };

    container.ComposeParts(calcExtensionImport);
    menuAddins.Items.Clear();
    foreach (var extension in calcExtensionImport.CalculatorExtensions)
    {
        var menuItemHeader = new StackPanel { Orientation = Orientation.Horizontal };
        menuItemHeader.Children.Add(new Label { Content = extension.Title });
        var menuCheck = new CheckBox { IsChecked = true };
        menuItemHeader.Children.Add(menuCheck);

        var menuItem = new MenuItem {
            Header = menuItemHeader,
            ToolTip = extension.Description,
            Tag = extension
        };

        menuCheck.Tag = menuItem;
        menuItem.Click += ShowAddIn;
        menuAddins.Items.Add(menuItem);
    }
}

private void ShowAddIn(object sender, RoutedEventArgs e)
{
    var mi = e.Source as MenuItem;
    var ext = mi.Tag as ICalculatorExtension;
    FrameworkElement uiControl = ext.GetUI();
    var headerPanel = new StackPanel { Orientation = Orientation.Horizontal };
    headerPanel.Children.Add(new Label { Content = ext.Title });
    var closeButton = new Button { Content = "X" };
    var ti = new TabItem { Header = headerPanel, Content = uiControl };
    closeButton.Click += delegate
    {
        tabExtensions.Items.Remove(ti);
    };
}
```

```
headerPanel.Children.Add(closeButton);

tabExtensions.SelectedIndex = tabExtensions.Items.Add(ti);
```

代码段 WPFCalculator/MainWindow.xaml.cs

为了动态删除出口，在 MenuItem 标题的 CheckBox 控件中设置了 Unchecked 事件。IcalculatorExtension 接口可以从 MenuItem 控件的 Tag 属性中访问，因为它在前面的代码段中设置。要从容器中删除部件，必须创建一个 CompositeBatch 对象，其中包含了要删除的部件。CompositeBatch 类的 RemovePart()方法需要一个 ComposablePart 对象，而带特性的对象没有这个方法的重载版本。利用带特性的对象的 AttributeModelServices 类，可以使用 CreatePart()方法创建一个 ComposablePart。接着把 CompositeBatch 传递给 CompositionContainer 类的 Compose()方法，以从中删除部件：

```
menuCheck.Unchecked += (sender1, e1) =>
{
    MenuItem mi = (sender1 as CheckBox).Tag as MenuItem;
    ICalculatorExtension ext = mi.Tag as ICalculatorExtension;
    ComposablePart part =
        AttributedModelServices.CreatePart(ext);
    var batch = new CompositionBatch();
    batch.RemovePart(part);
    container.Compose(batch);
    MenuItem parentMenu = mi.Parent as MenuItem;
    parentMenu.Items.Remove(mi);
};
```



只有把 Import 特性的 AllowRecomposition 属性设置为 true，才能删除部件。

通过出口提供程序，可以实现 ExportsChanged 事件的处理程序，来获得所添加和删除的出口的相关信息。ExportsChangedEventArgs 类型的参数 e 包含所添加和删除的出口列表，这个列表会写入一个 TextBlock 控件：

```
var container = new CompositionContainer(catalog);
container.ExportsChanged += (sender, e) =>
{
    var sb = new StringBuilder();

    foreach (var item in e.AddedExports)
    {
        sb.AppendFormat("added export {0}\n", item.ContractName);
    }
    foreach (var item in e.RemovedExports)
    {
        sb.AppendFormat("removed export {0}\n", item.ContractName);
    }
    this.textStatus.Text += sb.ToString();
};
```

## 28.6 类别

类别定义了 MEF 搜索所请求的部件的位置。示例应用程序使用 `DirectoryCatalog` 从指定的目录中加载包含部件的程序集。利用 `DirectoryCatalog`，可以通过 `Changed` 事件获得变更信息，并遍历所有已添加和删除的定义。`DirectoryCatalog` 本身没有注册文件系统的变更。相反，必须调用 `DirectoryCatalog` 的 `Refresh()` 方法，如果自从上一次读取目录以来发生了变化，就会触发 `Changing` 和 `Changed` 事件。



```
private void InitializeContainer()
{
    catalog = new DirectoryCatalog(Properties.Settings.Default.AddInDirectory);
    container = new CompositionContainer(catalog);
    catalog.Changed += (sender, e) =>
    {
        var sb = new StringBuilder();

        foreach (var definition in e.AddedDefinitions)
        {
            foreach (var metadata in definition.Metadata)
            {
                sb.AppendFormat(
                    "added definition with metadata - key: {0}, " +
                    "value: {1}\n", metadata.Key, metadata.Value);
            }
        }

        foreach (var definition in e.RemovedDefinitions)
        {
            foreach (var metadata in definition.Metadata)
            {
                sb.AppendFormat(
                    "removed definition with metadata - key: {0}, " +
                    "value: {1}\n", metadata.Key, metadata.Value);
            }
        }

        this.textStatus.Text += sb.ToString();
    };
    //...
}
```

代码段 WPFCalculator/MainWindow.xaml.cs



要获取加载到目录中的新插件的即刻通知，可以使用 `System.IO.FileSystemWatcher`，注册插件目录上的变化，再通过 `FileSystemWatcher` 的 `Changed` 事件调用 `DirectoryCatalog` 的 `Refresh()` 方法。

`CompositionContainer` 类只需一个 `ComposablePartCatalog` 就可以查找部件。`DirectoryCatalog` 派生自 `ComposablePartCatalog`。其他类别有 `AssemblyCatalog`、`TypeCatalog` 和 `AggregateCatalog`。下面比较这些类别：

- DirectoryCatalog 在目录中搜索部件。
- AssemblyCatalog 在引用的程序集中直接搜索部件。与 DirectoryCatalog 相反，目录中的程序集可能在运行期间发生变化，而 AssemblyCatalog 是不变的，部件不能改变。
- TypeCatalog 在类型列表中搜索入口。Enumerable<Type>可以传递给这个类别的构造函数。
- AggregateCatalog 是类别的类别。这个类别可以从多个 ComposablePartCatalog 对象中创建，并搜索上述所有类别。例如，可以创建一个 AssemblyCatalog，在程序集中搜索入口，再创建两个 DirectoryCatalog 对象，以搜索两个不同的目录，最后创建一个 AssemblyCatalog，合并入口搜索的 3 个类别。

运行示例应用程序时(如图 28-4 所示)，会加载 SimpleCalculator 插件，此时可以执行插件支持的一些计算操作。从 AddIns 菜单中，可以启动实现了 ICalculatorExtender 接口的插件，在 tab 控件中查看这些插件的用户界面。出口信息、目录类别中的变化，以及状态信息显示在底部，还可以从插件目录中删除 ICalculatorExtender 插件(应用程序没有运行)，在应用程序运行期间把插件复制到目录中，在运行期间刷新插件，以查看新插件。

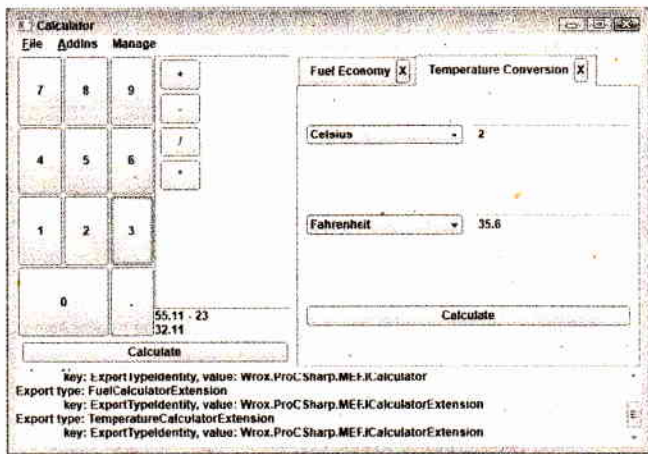


图 28-4

## 28.7 小结

本章介绍了.NET 4 中的一种新技术 MEF。MEF 实现方式使用特性查找和连接插件，还讨论了如何创建和加载插件，以及通过出口使用接口或方法的可能性。学习了如何使用类别动态地查找插件，如何使用容器把入口映射到出口上。

光盘中第 50 章的相关内容讨论了 MAF，它通过独立的应用程序域和独立的进程，提供了宿主与插件之间更好的分隔方式，但其开发成本也比较高。

第 29 章介绍文件、目录和注册表的读写。

# 第 29 章

## 文件和注册表操作

本章内容:

- 介绍目录结构
- 移动、复制、删除文件和文件夹
- 读写文本文件
- 读写注册表键
- 读写独立存储器

本章将介绍如何在 C# 中执行读写文件和系统注册表的任务。Microsoft 提供了非常直观的对象模型, 这些模型包括所有这些领域。本章还将介绍如何使用 .NET 基类执行上面的任务。对于文件系统操作, 相关的类几乎都在 System.IO 名称空间中, 而注册表操作由 System.Win32 名称空间中的类来处理。



.NET 基类也包含 System.Runtime.Serialization 名称空间中的许多类和接口, 它们都与串行化有关。串行化是把一些数据(例如, 文档的内容)转换为字节流并存储在某个地方的过程。本章不讨论这些类, 而主要讨论可直接访问文件的类。

注意, 在修改文件或注册表项时, 安全性显得更为重要。第 21 章介绍了安全性的各个方面。但在本章中, 仅假定用户有足够的访问权限运行修改文件或注册表项的所有示例, 如果在拥有管理员权限的账户下运行, 就是这种情况。

### 29.1 管理文件系统

图 29-1 中的类可以用于浏览文件系统和执行操作, 如移动、复制和删除文件。

这些类的作用是:

- System.MarshalByRefObject —— 这是 .NET 类中用于远程操作的基对象类, 它允许在应用程序域之间编组数据。这个列表中的其他项都在 System.IO 名称空间中。
- FileSystemInfo —— 这是表示任何文件系统对象的基类。
- FileInfo 和 File —— 这些类表示文件系统上的文件。
- DirectoryInfo 和 Directory —— 这些类表示文件系统上的文件夹。



- Path —— 这个类包含的静态成员可以用于处理路径名。
- DriveInfo —— 它的属性和方法提供了指定驱动器的信息。

在 Windows 上，包含文件并用于组织文件系统的对象称为文件夹。例如，在路径 C:\My Documents\ReadMe.txt 中，ReadMe.txt 是一个文件，My Documents 是一个文件夹。文件夹是一个 Windows 专用的术语：在其他操作系统上，用术语“目录”代替文件夹，Microsoft 为了使 .NET 具有平台无关性，对应的 .NET 基类都称为 Directory 和 DirectoryInfo。因为它有可能与 LDAP 目录(详见第 52 章，具体内容见 Wrox 网站和随书附赠光盘)混淆，而且本书与 Windows 有关，所以本章仍使用文件

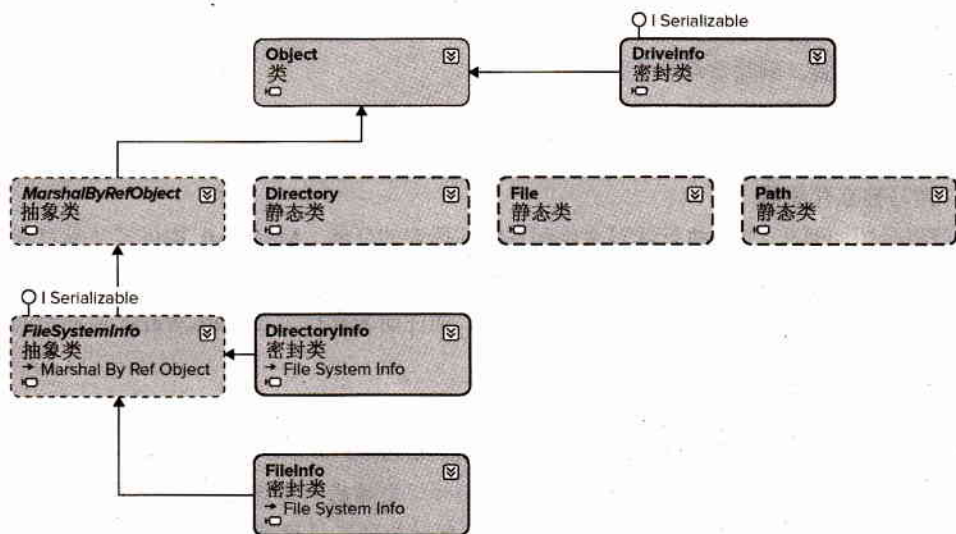


图 29-1

### 29.1.1 表示文件和文件夹的.NET 类

注意，上面的列表有两个用于表示文件夹的类，和两个用于表示文件的类。使用哪个类主要依赖于访问该文件夹或文件的次数：

- Directory 类和 File 类只包含静态方法，不能被实例化。只要调用一个成员方法，提供合适文件系统对象的路径，就可以使用这些类。如果只对文件夹或文件执行一个操作，使用这些类就很有效，因为这样可以省去实例化 .NET 类的系统开销。
- DirectoryInfo 类和 FileInfo 类实现与 Directory 类和 File 类大致相同的公共方法，并拥有一些公共属性和构造函数，但它们都是有状态的，并且这些类的成员都不是静态的。需要实例化这些类，之后把每个实例与特定的文件夹或文件关联起来。如果使用同一个对象执行多个操作，使用这些类就比较有效。这是因为在构造时它们将读取合适文件系统对象的身份验证和其他信息，无论对每个对象(类实例)调用了多少方法，都不需要再次读取这些信息。比较而言，在调用每个方法时，相应的无状态类需要再次检查文件或文件夹的详细内容。本节主要使用 FileInfo 类和 DirectoryInfo 类，但我们调用的许多方法(不是全部)也可以由 File 类

和 `Directory` 类实现(尽管这些方法需要一个额外的参数——文件系统对象的路径名,这两个方法的名称略有不同)。例如:

```
FileInfo myFile = new FileInfo(@"C:\Program Files\My Program\ReadMe.txt");
myFile.CopyTo(@"D:\Copies\ReadMe.txt");
```

与下面的代码有相同的效果:

```
File.Copy(@"C:\Program Files\My Program\ReadMe.txt", @"D:\Copies\ReadMe.txt");
```

第一个代码段执行的时间略长,因为需要实例化一个 `FileInfo` 对象 `myFile`,但 `myFile` 可以对同一个文件执行进一步的操作。第二个示例不需要实例化对象来复制文件。

把包含对应文件系统对象的路径字符串传递给构造函数,就可以实例化 `FileInfo` 类或 `DirectoryInfo` 类。刚才已经介绍了文件的处理,对于文件夹,代码类似如下:

```
DirectoryInfo myFolder = new DirectoryInfo(@"C:\Program Files");
```

如果路径表示一个不存在的对象,在构造时就不会抛出异常。但如果是第一次调用方法,而该方法需要有一个对应的文件系统对象,就会抛出一个异常。检查 `Exists` 属性,可以确定对象是否存在,其类型是否合适,`FileInfo` 类和 `DirectoryInfo` 类都会实现该属性:

```
FileInfo test = new FileInfo(@"C:\Windows");
Console.WriteLine(test.Exists.ToString());
```

注意,对于这个属性,要返回 `true`,对应的文件系统对象必须是合适的类型。换言之,如果实例化了一个 `FileInfo` 对象,该对象提供了文件夹的路径,或者实例化了 `DirectoryInfo` 对象,并给它提供了文件的路径,`Exists` 的值就是 `false`。如果可能,这些对象的大多数属性和方法都会返回一个值——它们不会因为调用了错误类型的对象而抛出异常,除非要求它们完成一些确实不可能的任务。例如,上面的代码段会先显示 `false`(因为 `C:\Windows` 是一个文件夹),但接着就会显示创建文件夹的时间,因为文件夹仍拥有该信息。但如果使用 `FileInfo.Open()` 方法,以打开文件的方式打开文件夹,就会产生一个异常。

在确定了是否存在对应的文件系统对象后,就可以(如果用户正在使用 `FileInfo` 类或 `DirectoryInfo` 类)使用许多属性来确定该对象的信息,这些属性如表 29-1 所示。

表 29-1

名 称	作 用
<code>CreationTime</code>	创建文件或文件夹的时间
<code>DirectoryName</code> (仅用于 <code>FileInfo</code> )	包含文件夹的完整路径名
<code>Parent</code> (仅用于 <code>DirectoryInfo</code> )	指定子目录的父目录
<code>Exists</code>	文件或文件夹是否存在
<code>Extension</code>	文件的扩展名,对于文件夹它返回空白
<code>FullName</code>	文件或文件夹的完整路径名
<code>LastAccessTime</code>	最后一次访问文件或文件夹的时间

(续表)

名 称	作 用
LastWriteTime	最后一次修改文件或文件夹的时间
Name	文件或文件夹的名称
Root(仅用于 DirectoryInfo)	路径的根部分
Length(仅用于 FileInfo)	返回文件的大小(以字节为单位)

也可以使用表 29-2 所示的方法对文件系统对象执行操作。

表 29-2

名 称	作 用
Create()	创建给定名称的文件夹或空文件。对于 FileInfo, 该方法会返回一个流对象, 以便写入文件。本章后面讨论流
Delete()	删除文件或文件夹。对于文件夹, 有一个可以递归的 Delete 选项
MoveTo()	移动和/或重命名文件或文件夹
CopyTo()	(只适用于 FileInfo)复制文件, 注意文件夹没有复制方法。如果复制完整的目录树, 需要单独复制每个文件, 创建对应于旧文件夹的新文件夹
GetDirectories()	(只适用于 DirectoryInfo)返回 DirectoryInfo 对象数组, 该数组表示文件夹中包含的所有文件夹
GetFiles()	(只适用于 DirectoryInfo)返回 FileInfo 对象数组, 该数组表示文件夹中包含的所有文件
GetFileSystemInfos()	(只适用于 DirectoryInfo)返回 FileInfo 和 DirectoryInfo 对象, 它把文件夹中包含的所有对象表示为一个 FileSystemInfo 引用数组

注意, 表 29-2 给出了主要的属性和方法, 但没有列出所有的属性和方法。



表 29-2 没有列出读写文件数据的大多数属性或方法。读写文件数据实际上使用流对象完成, 本章后面会介绍流对象。FileInfo 也可以实现 Open()、OpenRead()、OpenText()、OpenWrite()、Create()和 CreateText()等方法, 为此它们都返回流对象。

有趣的是, 创建时间、最后一次访问时间和最后一次写入时间都是可写入的。

```
// displays the creation time of a file,
// then changes it and displays it again
FileInfo test = new FileInfo(@"C:\MyFile.txt");
Console.WriteLine(test.Exists.ToString());
Console.WriteLine(test.CreationTime.ToString());
test.CreationTime = new DateTime(2010, 1, 1, 7, 30, 0);
Console.WriteLine(test.CreationTime.ToString());
```

运行这个应用程序, 结果如下所示:

```
True
2/5/2009 2:59:32 PM
1/1/2010 7:30:00 AM
```

能手动修改这些属性首先看起来很奇怪，但它相当有效。例如，如果有一个程序可以通过读取、删除文件，用新内容创建新文件，来有效地修改文件，则可以修改创建日期，以匹配旧文件的最初创建日期。

### 29.1.2 Path 类

我们不能实例化 Path 类。然而，它提供了一些静态方法，可以更容易地对路径名执行操作。例如，假定要显示文件夹 C:\My Documents 中 ReadMe.txt 文件的完整路径名，可以用下述代码查找文件的路径：

```
Console.WriteLine(Path.Combine(@"C:\My Documents", "ReadMe.txt"));
```

使用 Path 类要比手动处理各个符号容易得多。尤其因为 Path 类在处理不同操作系统上的路径名时，能够识别不同的格式。在编写本书时，Windows 是 .NET 唯一支持的操作系统，但如果 .NET 以后要移植到 UNIX 上，Path 就要处理 UNIX 路径，Unix 把 “/” (并不是 “\”) 用作路径名中的分隔符。虽然 Path.Combine() 是这个类常常使用的一个方法，但 Path 类也实现其他方法，这些方法提供路径的信息，或者以要求的格式显示信息。

表 29-3 列出了 Path 类的一些静态字段。

表 29-3

属 性	说 明
AltDirectorySeparatorChar	提供一种与平台无关的方式，来指定分隔目录级别的另一个字符。在 Windows 上使用 “/” 符号，而在 UNIX 上使用 “\” 符号
DirectorySeparatorChar	提供一种与平台无关的方式，来指定分隔目录级别的另一个字符。在 Windows 上使用 “/” 符号，在 UNIX 上使用 “\” 符号
PathSeparator	提供一种与平台无关的方式，来指定划分环境变量的路径字符串，默认为分号
VolumeSeparatorChar	提供一种与平台无关的方式，来指定容量分隔符，默认为冒号

下一节用一个示例来说明如何浏览目录，查看文件的属性。

### 29.1.3 FileProperties 示例

本节要创建一个 C# 示例应用程序 FileProperties。该应用程序显示了一个简单的用户界面，可以浏览文件系统，查看文件的创建时间、最后一次访问时间，最后一次写入时间和文件的大小。这个应用程序的代码可以从 Wrox 网站或者随书附赠光盘中找到。

FileProperties 应用程序如下所述。在窗口顶部的主文本框中输入文件夹或文件的名称，再单击 Display 按钮。如果输入了文件夹的路径，其内容就显示在列表框中。如果输入文件的路径，则其详细信息显示在窗体底部的文本框中，父文件夹的内容显示在列表框中。屏幕图 29-2 显示了 FileProperties 示例应用程序。

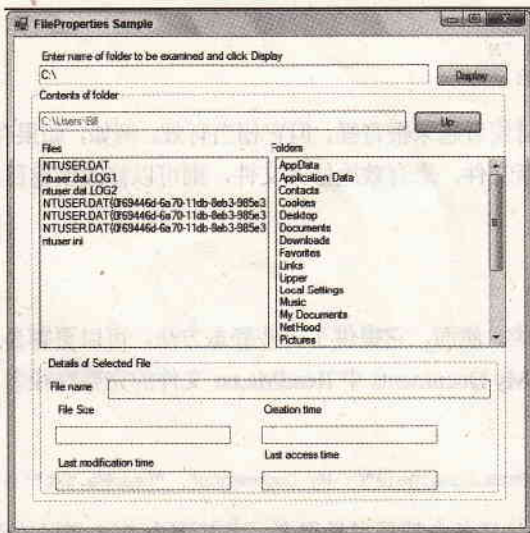


图 29-2

在定位文件系统时，单击右边列表框中的任何一个文件夹，就可以查看它下面的文件夹，或者单击 Up 按钮，查看其父文件夹。图 29-2 显示了我的 user 文件夹的内容。用户还可以单击列表框中的一个文件名，选择该文件。此时文件的属性就会显示在应用程序底部的文本框中，如图 29-3 所示。

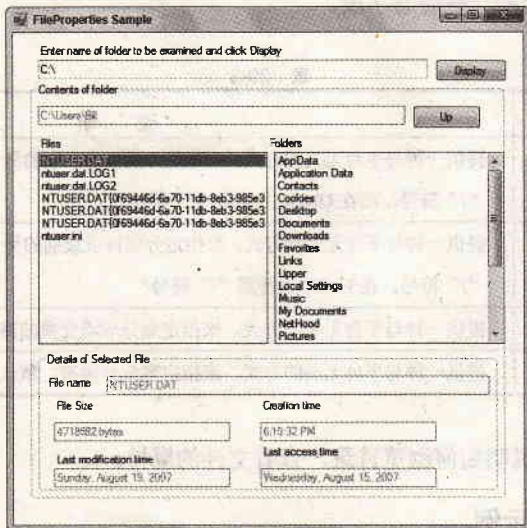


图 29-3

注意，根据需要，还可以使用 DirectoryInfo 属性显示文件夹的创建时间、最后一次访问时间和最后一次修改时间。我们只显示已选定文件的这些属性，使本例简单一些。

在 Visual Studio 2010 中创建一个标准的 C# Windows 应用程序项目，从工具箱的 Windows Forms 区域添加各种文本框和列表框。用更直观的名称来重命名这些控件：textBoxInput、textBoxFolder、buttonDisplay、buttonUp、listBoxFiles、listBoxFolders、textBoxFileName、textBoxCreationTime、textBoxLastAccessTime、textBoxLastWriteTime 和 textBoxFileSize。

然后需要指出，将使用 System.IO 名称空间：

```
using System;
using System.IO;
using System.Windows.Forms;
```

本章中所有与文件系统相关的示例都要使用该名称空间，但我们没有显式说明其余示例中的这部分代码。然后在主窗体中添加一个成员字段：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
public partial class Form1: Form
{
    private string currentFolderPath;
```

代码下载 [FileProperties.sln](#)

`CurrentFolderPath` 字符串存储了文件夹的路径，其内容显示在列表框中。

现在需要为用户生成的事件添加事件处理程序。用户可能输入的是：

- 用户单击 `Display` 按钮——此时，需要确定用户在主文本框中输入的内容是文件的路径还是文件夹的路径。如果是文件夹，列表框就会列出该文件夹中的文件和子文件夹。如果是文件，则仍要对包含该文件的文件夹进行上述操作，还要在下面的文本框中显示文件的属性。
- 用户单击 `Files` 列表框中的一个文件名——此时，在下面的文本框中显示文件的属性。
- 用户单击 `Folders` 列表框中的一个文件夹名——此时，将清除所有控件，并且在列表框中显示这个子文件夹的内容。
- 用户单击 `Up` 按钮——此时，将清除所有控件，并且在列表框中显示当前选中的文件夹的父文件夹的内容。

在查看事件处理程序的代码前，先列出实际完成所有任务的方法的代码。首先，需要清除所有控件的内容，这个方法很容易理解：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
protected void ClearAllFields()
{
    listBoxFolders.Items.Clear();
    listBoxFiles.Items.Clear();
    textBoxFolder.Text = "";
    textBoxFileName.Text = "";
    textBoxCreationTime.Text = "";
    textBoxLastAccessTime.Text = "";
    textBoxLastWriteTime.Text = "";
    textBoxFileSize.Text = "";
}
```

代码下载 [FileProperties.sln](#)

其次，定义一个方法 `DisplayFileInfo()`，该方法用于在文本框中显示给定文件的信息。它接受一个字符串参数，即文件的完整路径名，它根据该路径创建一个 `FileInfo` 对象：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
protected void DisplayFileInfo(string fileFullName)
{
    FileInfo theFile = new FileInfo(fileFullName);
    if (!theFile.Exists)
    {
        throw new FileNotFoundException("File not found: " + fileFullName);
    }
}
```

```

textBoxFileName.Text = theFile.Name;
textBoxCreationTime.Text = theFile.CreationTime.ToLongTimeString();
textBoxLastAccessTime.Text = theFile.LastAccessTime.ToLongDateString();
textBoxLastWriteTime.Text = theFile.LastWriteTime.ToLongDateString();
textBoxFileSize.Text = theFile.Length.ToString() + " bytes";
}

```

代码下载 [FileProperties.sln](#)

注意，如果在指定位置定位文件时有任何问题，我们将采取措施，防止抛出异常。异常在主调例程(一个事件处理程序)中处理。最后，定义一个方法 `DisplayFolderList()`，在两个列表框中显示给定文件夹的内容。该文件夹的完整路径名作为参数传递给该方法：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

protected void DisplayFolderList(string folderFullName)
{
    DirectoryInfo theFolder = new DirectoryInfo(folderFullName);

    if (!theFolder.Exists)
    {
        throw new DirectoryNotFoundException("Folder not found: " + folderFullName);
    }

    ClearAllFields();
    textBoxFolder.Text = theFolder.FullName;
    currentFolderPath = theFolder.FullName;

    // list all subfolders in folder
    foreach(DirectoryInfo nextFolder in theFolder.GetDirectories())
        listBoxFolders.Items.Add(nextFolder.Name);

    // list all files in folder
    foreach(FileInfo nextFile in theFolder.GetFiles())
        listBoxFiles.Items.Add(nextFile.Name);
}

```

代码下载 [FileProperties.sln](#)

现在看看事件处理程序。用户单击 `Display` 按钮时会触发相应的事件，管理该事件的事件处理程序最复杂，因为它需要处理用户输入的 3 种不同的文本。用户可能输入文件夹的路径名、文件的路径名或什么也不输入：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

protected void OnDisplayButtonClick(object sender, EventArgs e)
{
    try
    {
        string folderPath = textBoxInput.Text;
        DirectoryInfo theFolder = new DirectoryInfo(folderPath);

        if (theFolder.Exists)
        {
            DisplayFolderList(theFolder.FullName);
            return;
        }

        FileInfo theFile = new FileInfo(folderPath);
        if (theFile.Exists)
        {

```

```

        DisplayFolderList(theFile.Directory.FullName);
        int index = listBoxFiles.Items.IndexOf(theFile.Name);
        listBoxFiles.SetSelected(index, true);
        return;
    }

    throw new FileNotFoundException("There is no file or folder with "
        + "this name: " + textBoxInput.Text);
}
catch(Exception ex)
{
    MessageBox.Show(ex.Message);
}
}
}

```

代码下载 FileProperties.sln

在上面的代码中，如果用户提供的文本表示一个文件夹或文件，就应实例化 `DirectoryInfo` 和 `FileInfo` 实例，并检查每个对象的 `Exists` 属性。如果它们都不存在，就抛出一个异常。如果它是一个文件夹，就调用 `DisplayFolderList()` 方法，给列表框填充数据。如果它是一个文件，就需要给列表框填充数据，给显示文件属性的文本框填充文本。具体处理过程是，首先给列表框填充数据，然后在 `Files` 列表框中以编程方式选择合适的文件名，这与用户选择该项的效果完全相同——它引发选中项对应的事件。然后退出当前事件处理程序，调用选中项的事件处理程序，来显示文件属性。

下面的代码是一个事件处理程序，当用户选中或以编程方式选中 `Files` 列表框中的一项时，就可以由用户或上面编写的代码调用该事件处理程序。它仅构造所选文件的完整路径名，并把该路径传递给前面给出的 `DisplayFileInfo()` 方法：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

protected void OnListBoxFilesSelected(object sender, EventArgs e)
{
    try
    {
        string selectedString = listBoxFiles.SelectedItem.ToString();
        string fullFileName = Path.Combine(currentFolderPath, selectedString);
        DisplayFileInfo(fullFileName);
    }
    catch(Exception ex)
    {
        MessageBox.Show(ex.Message);
    }
}
}

```

代码下载 FileProperties.sln

处理 `Folders` 列表框中文件夹选择操作的事件处理程序以非常类似的方式实现。但此时调用 `DisplayFolderList()` 方法来更新列表框的内容：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

protected void OnListBoxFoldersSelected(object sender, EventArgs e)
{
    try
    {
        string selectedString = listBoxFolders.SelectedItem.ToString();
        string fullPathName = Path.Combine(currentFolderPath, selectedString);
        DisplayFolderList(fullPathName);
    }
}
}

```



```

    }
    catch (Exception ex)
    {
        MessageBox.Show(ex.Message);
    }
}

```

代码下载 [FileProperties.sln](#)

最后，在单击 Up 按钮时，必须调用 `DisplayFolderList()` 方法，但这次需要获得当前显示的文件夹的父文件夹的路径。这可以通过 `FileInfo.DirectoryName` 属性来得到，该属性返回父文件夹的路径：



```

protected void OnUpButtonClick(object sender, EventArgs e)
{
    try
    {
        string folderPath = new FileInfo(currentFolderPath).DirectoryName;
        DisplayFolderList(folderPath);
    }
    catch (Exception ex)
    {
        MessageBox.Show(ex.Message);
    }
}

```

代码下载 [FileProperties.sln](#)

## 29.2 移动、复制和删除文件

前面已经提到，移动和删除文件或文件夹可以使用 `FileInfo` 和 `DirectoryInfo` 类的 `MoveTo()` 和 `Delete()` 方法来完成。`File` 和 `Directory` 类的这两个对应方法是 `Move()` 和 `Delete()`。`FileInfo` 和 `File` 类也分别实现 `CopyTo()` 和 `Copy()` 方法。没有复制完整文件夹的方法，而应复制文件夹中的每个文件。

这些方法的使用非常直观——SDK 文档提供了详细的解释。本节介绍在特定情况下，调用 `File` 类的静态方法 `Move()`、`Copy()` 和 `Delete()` 的作用。为此，把前面的 `FileProperties` 示例扩展为一个新示例 `FilePropertiesAndMovement`。这个示例有一个额外的功能：无论什么时候显示文件的属性，该应用程序都会给出删除该文件或把该文件移动或者复制到另一个地方的选项。

### 29.2.1 FilePropertiesAndMovement 示例

图 29-4 所示为新示例应用程序的用户界面。

可以看出，`FilePropertiesAndMovement` 的外观非常类似于 `FileProperties` 示例，但在窗口的底部添加了 3 个按钮组成的一组和一个文本框。这些控件仅在示例真正显示了文件的属性时才启用，在所有其他情况下，它们都是禁用的。我们还压缩了现有的控件，防止主窗体过大。在显示所选中文件的属性时，该示例会自动把文件的完整路径名放在底部的文本框中，供用户编辑。用户可以单击底部的任何一个按钮，执行相应的操作。此时，会显示一个相应的信息框，由用户确认该操作，如图 29-5 所示。

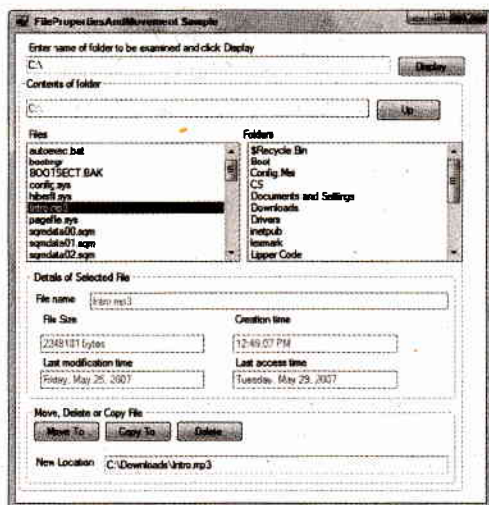


图 29-4

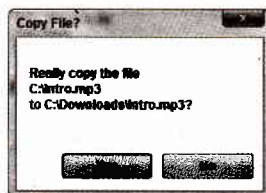


图 29-5

当用户单击 Yes 按钮后，就可以开始执行某些动作。用户在窗体上执行的某些动作会使显示不正确。例如，在移动和删除文件时，显然不能在同一个地方显示该文件的内容。而且，如果改变同一个文件夹中的文件名，显示的信息也会过时。此时，FilePropertiesAndMovement 示例会重置其控件，在文件的操作结束后，只显示其中驻留文件的文件夹。

### 29.2.2 FilePropertiesAndMovement 示例的代码

为此，需要在 FileProperties 示例中添加相关的控件，及其事件处理程序代码。我们添加的控件是 buttonDelete、buttonCopyTo、buttonMoveTo 和 txtBoxNewPath。

首先看看用户单击 Delete 按钮时调用的事件处理程序：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
protected void OnDeleteButtonClick(object sender, EventArgs e)
{
    try
    {
        string filePath = Path.Combine(currentFolderPath,
                                       textBoxFileName.Text);
        string query = "Really delete the file\n" + filePath + "?";
        if (MessageBox.Show(query,
                           "Delete File?", MessageBoxButtons.YesNo) == DialogResult.Yes)
        {
            File.Delete(filePath);
            DisplayFolderList(currentFolderPath);
        }
    }
    catch (Exception ex)
    {
        MessageBox.Show("Unable to delete file. The following exception"
                        + " occurred:\n" + ex.Message, "Failed");
    }
}
```

代码下载 FilePropertiesAndMovement.sln

这个方法的代码包含在一个 try 块中,这是因为很显然会抛出一个异常,例如,在用户单击 Delete 按钮前,如果没有删除该文件的权限,或者在文件显示之后另一个进程移动了该文件,就会抛出一个异常。在 CurrentFolderPath 字段中构造要删除文件的路径,其中包含父文件夹的路径,和 textBoxFileName 文本框中的文本(其中包含文件名)。

移动和复制文件的方法以类似的方式构造:



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
protected void OnMoveButtonClick(object sender, EventArgs e)
{
    try
    {
        string filePath = Path.Combine(currentFolderPath,
                                       textBoxFileName.Text);
        string query = "Really move the file\n" + filePath + "\nto "
                      + textBoxNewPath.Text + "?";
        if (MessageBox.Show(query,
                           "Move File?", MessageBoxButtons.YesNo) == DialogResult.Yes)
        {
            File.Move(filePath, textBoxNewPath.Text);
            DisplayFolderList(currentFolderPath);
        }
    }
    catch(Exception ex)
    {
        MessageBox.Show("Unable to move file. The following exception"
                       + " occurred:\n" + ex.Message, "Failed");
    }
}

protected void OnCopyButtonClick(object sender, EventArgs e)
{
    try
    {
        string filePath = Path.Combine(currentFolderPath,
                                       textBoxFileName.Text);
        string query = "Really copy the file\n" + filePath + "\nto "
                      + textBoxNewPath.Text + "?";
        if (MessageBox.Show(query,
                           "Copy File?", MessageBoxButtons.YesNo) == DialogResult.Yes)
        {
            File.Copy(filePath, textBoxNewPath.Text);
            DisplayFolderList(currentFolderPath);
        }
    }
    catch(Exception ex)
    {
        MessageBox.Show("Unable to copy file. The following exception"
                       + " occurred:\n" + ex.Message, "Failed");
    }
}
```

代码下载 FilePropertiesAndMovement.sln

此外,还需要确保新按钮和文本框在合适的时间是启用的或禁用的。要在显示文件的内容时启用它们,需要把下述代码添加到 DisplayFileInfo()方法中:



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
protected void DisplayFileInfo(string fileFullName)
{
    FileInfo theFile = new FileInfo(fileFullName);
    if (!theFile.Exists)
    {
        throw new FileNotFoundException("File not found: " + fileFullName);
    }

    textBoxFileName.Text = theFile.Name;
    textBoxCreationTime.Text = theFile.CreationTime.ToLongTimeString();
    textBoxLastAccessTime.Text = theFile.LastAccessTime.ToLongDateString();
    textBoxLastWriteTime.Text = theFile.LastWriteTime.ToLongDateString();
    textBoxFileSize.Text = theFile.Length.ToString() + " bytes";

    // enable move, copy, delete buttons
    textBoxNewPath.Text = theFile.FullName;
    textBoxNewPath.Enabled = true;
    buttonCopyTo.Enabled = true;
    buttonDelete.Enabled = true;
    buttonMoveTo.Enabled = true;
}
```

代码下载 [FilePropertiesAndMovement.sln](#)

还需要修改 `DisplayFolderList()` 方法:



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
protected void DisplayFolderList(string folderFullName)
{
    DirectoryInfo theFolder = new DirectoryInfo(folderFullName);
    if (!theFolder.Exists)
    {
        throw new DirectoryNotFoundException("Folder not found: " + folderFullName);
    }

    ClearAllFields();
    DisableMoveFeatures();
    textBoxFolder.Text = theFolder.FullName;
    currentFolderPath = theFolder.FullName;

    // list all subfolders in folder
    foreach(DirectoryInfo nextFolder in theFolder.GetDirectories())
        listBoxFolders.Items.Add(nextFolder.Name);

    // list all files in folder
    foreach(FileInfo nextFile in theFolder.GetFiles())
        listBoxFiles.Items.Add(nextFile.Name);
}
```

代码下载 [FilePropertiesAndMovement.sln](#)

`DisableMoveFeatures()` 方法是禁用新控件的一个小实用程序函数:



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
void DisableMoveFeatures()
{
    textBoxNewPath.Text = "";
    textBoxNewPath.Enabled = false;
    buttonCopyTo.Enabled = false;
}
```

```
buttonDelete.Enabled = false;
buttonMoveTo.Enabled = false;
}
```

代码下载 FilePropertiesAndMovement.sln

还需要给 ClearAllFields()方法添加额外的代码，以清除额外的文本框：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
protected void ClearAllFields()
{
    listBoxFolders.Items.Clear();
    listBoxFiles.Items.Clear();
    textBoxFolder.Text = "";
    textBoxFileName.Text = "";
    textBoxCreationTime.Text = "";
    textBoxLastAccessTime.Text = "";
    textBoxLastWriteTime.Text = "";
    textBoxFileSize.Text = "";
    textBoxNewPath.Text = "";
}
```

代码下载 FilePropertiesAndMovement.sln

下一节看看文件的读写操作。

## 29.3 读写文件

读写文件在原则上非常简单，但它不是通过 DirectoryInfo 或 FileInfo 对象完成。在 .NET Framework 4 中，可以通过 File 对象读写文件。本章后面将学习如何使用许多其他类来读写文件，这些类表示一个通用的概念：流。

在 .NET Framework 2.0 推出之前，读写文件比较费劲，可以使用 Framework 中的类来读写文件，但不是很简单。 .NET Framework 2.0 扩展了 File 类，只需编写一行代码，就可以读写文件。 .NET Framework 4 也有这个功能。

### 29.3.1 读取文件

对于下面读取文件的示例，创建一个 Windows 窗体应用程序，它包含一个常规的文本框、一个按钮和一个多行文本框。最后，窗体如图 29-6 所示。

这个窗体的作用是，最终用户在第一个文本框中输入某个特定文件的路径，并单击 Read 按钮。此时应用程序就应读取指定的文件，并在多行文本框中显示文件的内容。其代码如下：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
using System;
using System.IO;
using System.Windows.Forms;

namespace ReadingFiles
{
```

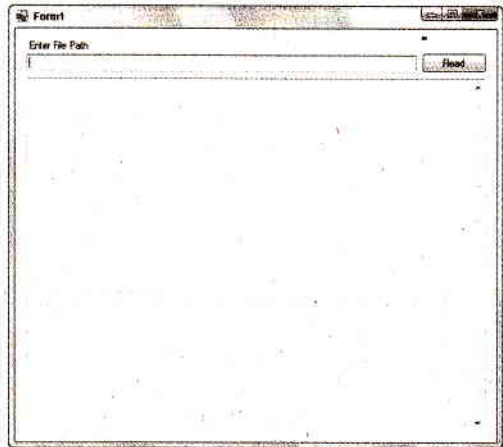


图 29-6

```

public partial class Form1: Form
{
    public Form1()
    {
        InitializeComponent();
    }

    private void button1_Click(object sender, EventArgs e)
    {
        textBox2.Text = File.ReadAllText(textBox1.Text);
    }
}

```

代码下载 ReadingFiles.sln

在构建这个示例时，第一步是添加 using 语句，引入 System.IO 名称空间。之后，使用窗体上 Send 按钮的 button1\_Click 事件，用文件中的内容填充文本框。现在，就可以使用 File.ReadAllText() 方法获得文件的内容。显然，可以使用一条语句读取文件。ReadAllText() 方法会打开指定的文件，读取内容，然后关闭文件。ReadAllText() 方法的返回值是包含文件全部内容的字符串。最终结果如图 29-7 所示。

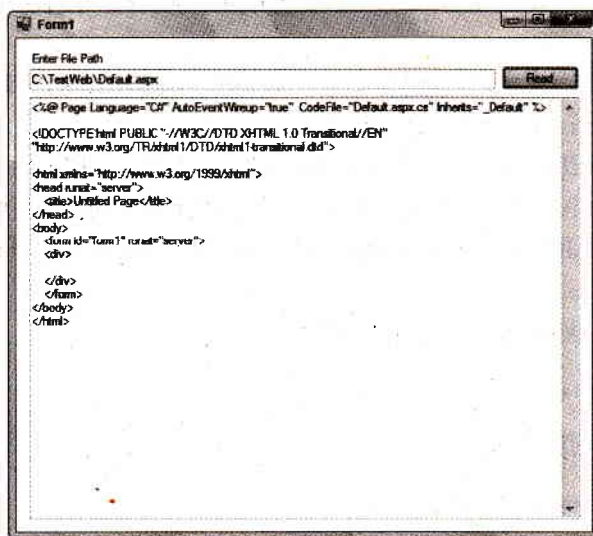


图 29-7

上面示例中的 File.ReadAllText() 签名有如下结构：

```
File.ReadAllText (FilePath);
```

另一个选项指定了要读取的文件的编码格式：

```
File.ReadAllText (FilePath, Encoding);
```

使用这个签名可以指定在打开和读取文件内容时使用的编码格式。因此，可以编写如下代码：

```
File.ReadAllText (textBox1.Text, Encoding.ASCII);
```

打开并处理文件的其他选项有 ReadAllBytes() 和 ReadAllLines() 方法。ReadAllBytes() 方法可以打

开二进制文件，将其内容读入一个字节数组中。前面列出的 `ReadAllText()` 方法会在一个字符串实例中提供指定文件的全部内容。我们对此不感兴趣，而关注以逐行方式处理文件中内容的方式。此时，应使用 `ReadAllLines()` 方法，因为它拥有这个功能，并返回一个字符串数组，以进行处理。

### 29.3.2 写入文件

在 .NET Framework 中，基类库除了使读取文件是一个非常简单的过程之外，也使写入文件一样简单。基类库除了提供 `ReadAllText()`、`ReadAllLines()` 和 `ReadAllBytes()` 方法，以几种不同的方式读取文件之外，还提供了写入文件的方法 `WriteAllText()`、`WriteAllBytes()` 和 `WriteAllLines()`。

为了说明如何写入文件，虽然使用同一个 Windows 窗体应用程序，但把窗体中的多行文本框用于将数据输入文件中。`button1_Click` 事件处理程序的代码如下所示：

```
private void button1_Click(object sender, EventArgs e)
{
    File.WriteAllText(textBox1.Text, textBox2.Text);
}
```

构建窗体，并启动，在第一个文本框中输入 `C:\Testing.txt`，在第二个文本框中输入一些随机内容，然后单击按钮。从视觉上什么也没有发生，但如果查看 C 盘，就会看到包含指定内容的 `Testing.txt` 文件。

如果在保存和关闭文件之前，给文件指定了一些内容，`WriteAllText()` 方法就会进入指定的位置，新建一个文本文件。只需一行代码即可完成文件的写入操作。

如果再次运行应用程序，指定同一个文件(`Testing.txt`)，但输入一些新内容，再次单击按钮，应用程序就会执行相同的任务，但注意，这次新内容不是添加到原有内容的后面，而是完全覆盖以前的内容。事实上，`WriteAllText()`、`WriteAllBytes()` 和 `WriteAllLines()` 方法都会覆盖以前的文件，所以在使用这些方法时要小心。

上面示例中的 `WriteAllText()` 方法使用如下签名：

```
File.WriteAllText(FilePath, Contents)
```

还可以指定新文件的编码格式：

```
File.WriteAllText(FilePath, Contents, Encoding)
```

`WriteAllBytes()` 方法可以使用字节数组把内容写入文件，`WriteAllLines()` 方法可以把字符串数组写入文件，如下面的事件处理程序所示：

```
private void button1_Click(object sender, EventArgs e)
{
    string[] movies =
        {"Grease",
         "Close Encounters of the Third Kind",
         "The Day After Tomorrow"};

    File.WriteAllLines(@"C:\Testing.txt", movies);
}
```

现在单击按钮，应用程序就会提供 `Testing.txt` 文件，其内容如下：

Grease  
Close Encounters of the Third Kind  
The Day After Tomorrow

`WriteAllLines()`方法把字符串数组中的每个元素单独放在文件的一行上。

因为数据不仅可以写入磁盘，还可以放在其他地方(如命名管道或内存)，所以必须理解如何在.NET 中使用流处理文件输入输出，作为一种移动文件内容的方式，如下一节所述。

### 29.3.3 流

流的概念已经存在很长时间了。流是一个用于传输数据的对象，数据可以向两个方向传输：

- 如果数据从外部源传输到程序中，这就是读取流。
- 如果数据从程序传输到外部源中，这就是写入流。

外部源常常是一个文件，但也不完全都是文件。它还可能是：

- 使用一些网络协议读写网络上的数据，其目的是选择数据，或从另一个计算机上发送数据。
- 读写到命名管道上。
- 把数据读写到一个内存区域上。

在这些示例中，Microsoft 提供了一个.NET 基类 `System.IO.MemoryStream` 对象来读写内存，而 `System.Net.Sockets.NetworkStream` 对象处理网络数据。读写管道没有基本的流类，但有一个泛型流类 `System.IO.Stream`，如果要编写一个这样的类，可以从这个基类继承。流对外部数据源不做任何假定。

外部源甚至可以是代码中的一个变量。这听起来很荒谬，但使用流在变量之间传输数据的技术是一个非常有用的技巧，可以在数据类型之间转换数据。C 语言使用它在整型和字符串之间转换数据类型，或者使用函数 `sprintf()`格式化字符串。

使用一个独立的对象来传输数据，比使用 `FileInfo` 或 `DirectoryInfo` 类更好，因为把传输数据的概念与特定数据源分离开来，可以更容易交换数据源。流对象本身包含许多泛型代码，可以在外部数据源和代码中的变量之间移动数据，把这些代码与特定数据源的概念分离开来，就更容易实现不同环境下代码的重用(通过继承)。例如，前面提到的 `StringReader` 和 `StringWriter` 类，与本章后面用于读写文本文件的两个类 `StreamReader` 和 `StreamWriter` 一样，都是同一继承树的一部分，这些类几乎一定在后台共享许多代码。

在 `System.IO` 名称空间中，与流相关的类的层次结构如图 29-8 所示。

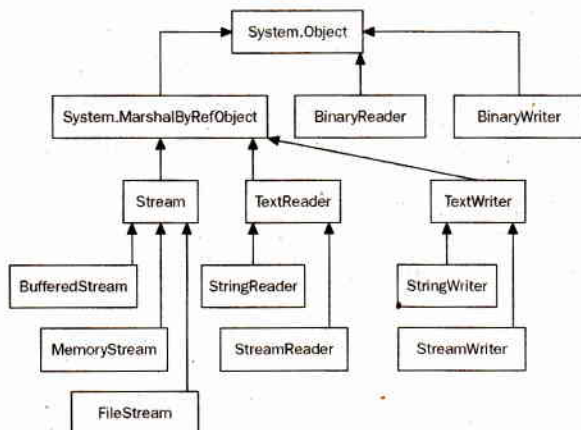


图 29-8



对于文件的读写，最常用的类如下：

- **FileStream**(文件流)——这个类主要用于在二进制文件中读写二进制数据——也可以使用它读写任何文件。
- **StreamReader**(流读取器)和 **StreamWriter**(流写入器)——这两个类专门用于读写文本文件。

虽然我们没有在示例中使用另外两个类 **BinaryReader** 和 **BinaryWriter**，但它们也很有用。**BinaryReader** 和 **BinaryWriter** 这两个类本身并不实现流，但它们能够提供其他流对象的包装器。**BinaryReader** 和 **BinaryWriter** 还可以对二进制数据进行额外的格式化，直接从相关的流中读写 C#变量的内容。最简单的方式是把 **BinaryReader** 和 **BinaryWriter** 放在流和代码之间，进行额外的格式化，如图 29-9 所示。

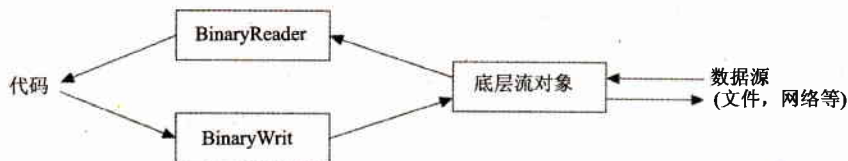


图 29-9

使用这些类和直接使用底层的流对象之间的区别是，基本流是按照字节来工作的。例如，在保存某个文档时，需要把类型为 **long** 的变量的内容写入一个二进制文件中，每个 **long** 型变量都占用 8 个字节，如果使用一般的二进制流，就必须显式地写入内存的 8 个字节中。

在 C#代码中，必须执行一些按位操作，从 **long** 值中提取这 8 个字节。使用 **BinaryWriter** 实例，可以把整个操作封装在 **BinaryWriter.Write()**方法的一个重载方法中，该方法的参数是 **long** 型，它把 8 个字节写入流中(如果流指向一个文件，就写入该文件)。对应的 **BinaryReader.Read()**方法则从流中提取 8 个字节，恢复 **long** 的值。**BinaryReader** 和 **BinaryWriter** 类的更多信息详见 SDK 文档。

### 29.3.4 缓存的流

从性能原因上看，在读写文件时，输出结果会被缓存。如果程序要求读取文件流中下面的两个字节，该流会把请求传递给 Windows，则 Windows 不会连接文件系统，再定位文件，并从磁盘中读取文件，仅读取 2 个字节。而是在一次读取过程中，检索文件中的一个大块，把该块保存在一个内存区域即缓冲区上。以后对流中数据的请求就会从该缓冲区中读取，直到读取完该缓冲区为止。此时，Windows 会从文件中再获取另一个数据块。

写入文件的方式与此相同。对于文件，操作系统会自动完成读写操作，但需要编写一个流类，从其他没有缓存的设备中读取数据。如果是这样，就应从 **BufferedStream** 派生一个类，它实现一个缓冲区(但 **BufferedStream** 并不用于应用程序频繁切换读数据和写数据的情形)。

### 29.3.5 使用 FileStream 类读写二进制文件

读写二进制文件通常要使用 **FileStream** 类。如果使用 .NET Framework 1.x，就很可能使用这个类。

#### 1. FileStream 类

**FileStream** 实例用于读写文件中的数据。要构造 **FileStream** 实例，需要以下 4 条信息：

- 要访问的文件。
- 表示如何打开文件的模式。例如，新建一个文件或打开一个现有的文件。如果打开一个现有的文件，写入操作是覆盖文件原来的内容，还是追加到文件的末尾？
- 表示访问文件的方式——是只读、只写，还是读写？
- 共享访问——表示是否独占访问文件。如果允许其他流同时访问文件，则这些流是只读、只写，还是读写文件？

第一条信息通常用一个包含文件的完整路径名的字符串来表示，本章只考虑需要该字符串的那些构造函数。除了这些构造函数外，一些其他的构造函数用老式的 Windows-API 风格的 Windows 句柄来处理文件。其余 3 条信息分别由 3 个 .NET 枚举 `FileMode`、`FileAccess` 和 `FileShare` 来表示，这些枚举的值很容易理解，如表 29-4 所示。

表 29-4

枚 举	值
<code>FileMode</code>	<code>Append</code> 、 <code>Create</code> 、 <code>CreateNew</code> 、 <code>Open</code> 、 <code>OpenOrCreate</code> 和 <code>Truncate</code>
<code>FileAccess</code>	<code>Read</code> 、 <code>ReadWrite</code> 和 <code>Write</code>
<code>FileShare</code>	<code>Delete</code> 、 <code>Inheritable</code> 、 <code>None</code> 、 <code>Read</code> 、 <code>ReadWrite</code> 和 <code>Write</code>

注意，对于 `FileMode`，如果要求的模式与文件的现有状态不一致，就会抛出一个异常。如果文件不存在，`Append`、`Open` 和 `Truncate` 就会抛出一个异常；如果文件存在，`CreateNew` 就会抛出一个异常。`Create` 和 `OpenOrCreate` 可以处理这两种情况，但 `Create` 会删除任何现有的文件，新建一个空文件。因为 `FileAccess` 和 `FileShare` 枚举是按位标志，所以这些值可以与 C# 的按位 OR 运算符“|”合并使用。

`FileStream` 类有许多构造函数，其中 3 个最简单的构造函数如下所示。

```
// creates file with read-write access and allows other streams read access
FileStream fs = new FileStream(@"C:\C# Projects\Project.doc",
    FileMode.Create);
// as above, but we only get write access to the file
FileStream fs2 = new FileStream(@"C:\C# Projects\Project2.doc",
    FileMode.Create, FileAccess.Write);
// as above but other streams don't get access to the file while
// fs3 is open
FileStream fs3 = new FileStream(@"C:\C# Projects\Project3.doc",
    FileMode.Create, FileAccess.Write, FileShare.None);
```

从这段代码中可以看出，这些构造函数的重载版本会根据 `FileMode` 的值，把 `FileAccess.ReadWrite` 和 `FileShare.Read` 的默认值作为第 3 个和第 4 个参数，也可以以多种方式从 `FileInfo` 实例中创建一个文件流：

```
FileInfo myFile4 = new FileInfo(@"C:\C# Projects\Project4.doc");
FileStream fs4 = myFile4.OpenRead();
FileInfo myFile5 = new FileInfo(@"C:\C# Projects\Project5.doc");
FileStream fs5 = myFile5.OpenWrite();
FileInfo myFile6 = new FileInfo(@"C:\C# Projects\Project6.doc");
FileStream fs6 = myFile6.Open(FileMode.Append, FileAccess.Write,
```

```

        FileShare.None);
    FileInfo myFile7 = new FileInfo(@"C:\C# Projects\Project7.doc");
    FileStream fs7 = myFile7.Create();

```

`FileInfo.OpenRead()`方法提供的流只能读取现有文件，而 `FileInfo.OpenWrite()`方法可以进行读写访问。`FileInfo.Open()`方法允许显式地指定模式、访问方式和文件共享参数。

当然，使用完一个流后，就应关闭它：

```
fs.Close();
```

关闭流会释放与它相关联的资源，允许其他应用程序为同一个文件设置流。这个操作也会刷新缓冲区。在打开和关闭流之间，可以读写其中的数据。`FileStream`类实现了许多方法以进行这样的读写。

`ReadByte()`是读取数据的最简单的方式，它从流中读取一个字节，把结果转换为一个 0~255 之间的一个整数。如果到达该流的末尾，它就返回-1：

```
int NextByte = fs.ReadByte();
```

如果要一次读取多个字节，就可以调用 `Read()`方法，它可以把特定数量的字节读入一个数组中。`Read()`方法返回实际读取的字节数——如果这个值是 0，就表示到达了流的末尾。下面是读入一个字节数组 `ByteArray` 的一个示例：

```
int nBytesRead = fs.Read(ByteArray, 0, nBytes);
```

`Read()`方法的第二个参数是一个偏移值，使用它可以要求 `Read` 操作的数据从数组的某个元素开始填充，而不是从第一个元素开始。第 3 个参数是要读入数组的字节数。

如果要给文件写入数据，就可以使用两个并行方法 `WriteByte()`和 `Write()`。`WriteByte()`方法把一个字节写入流中：

```
byte NextByte = 100;
fs.WriteByte(NextByte);
```

而 `Write()`方法写入一个字节数组。例如，如果用一些值初始化前面的 `ByteArray` 数组，就可以使用下面的代码输出数组的前 `nBytes` 个字节：

```
fs.Write(ByteArray, 0, nBytes);
```

与 `Read()`方法一样，第二个参数可以从数组的某个元素开始写入，而不是从第一个元素开始。`WriteByte()`方法和 `Write()`方法都没有返回值。

除了这些方法以外，`FileStream`还实现了其他关于记账任务的方法和属性，如确定流中有多少字节，锁定流或刷新缓冲区等。其他方法通常不是基本读写数据所必需的，但如果需要它们，就可以参阅 SDK 文档。

## 2. BinaryFileReader 示例

下面编写一个示例 `BinaryFileReader` 说明 `FileStream` 类的用法。这个示例可以读取和显示任何文件。在 Visual Studio 2010 中作为一个 Windows 应用程序创建对应项目，添加一个菜单项，它可以打开一个标准的 `OpenFileDialog` 对话框，要求用户指定要读取的文件，然后把该文件显示为二进制码。

在读取二进制文件时，需要显示非打印字符。此时可以在多行文本框中逐个显示文件中的每个字节，每行显示 16 个字节。如果字节表示一个可打印的 ASCII 字符，就显示该字符；否则就以十六进制的格式显示该字节的值。在这两种情况下，显示的文本之间都用空格隔开，这样每个显示的字节都占用 4 列，于是显得它们的排列非常整齐。

图 29-10 是查看文本文件时 BinaryFileReader 应用程序的外观(因为 BinaryFileReader 可以查看任何文件，所以可以在文本文件和二进制文件中使用它)。对于本示例，应用程序读取一个基本的 ASP.NET 页面(.aspx)。

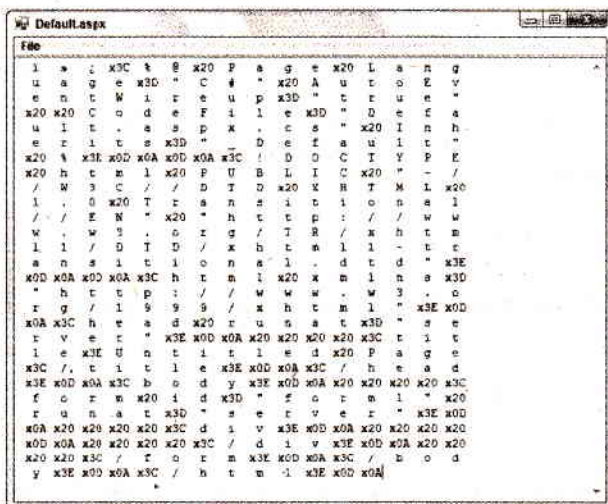


图 29-10

显然，这种格式更适合于查看单个字节的值，而不适合显示文本。本章后面会开发一个专门用于读取文本文件的示例——然后就可以查看文件中的内容。这个示例的优点是可以查看任何文件的内容。

这个示例没有说明如何写入文件。这是因为我们不希望把文本框中的内容(如图 29-10 所示)转换为二进制流，增加程序的复杂性。在后面开发可读写文本文件的示例中，将介绍如何写入文件，但只限于文本文件。

下面看看用于获得这些结果的代码。首先，需要使用 using 语句，引入 System.IO 名称空间：

```
using System.IO;
```

接着，给主窗体类添加两个字段，一个字段表示文件对话框，另一个字段表示当前查看的文件的路径：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
partial class Form1: Form
{
    private readonly OpenFileDialog chooseOpenFileDialog =
        new OpenFileDialog();
    private string chosenFile;
```

代码下载 BinaryFileReader.sln

还需要添加一些标准的 Windows 窗体代码，来处理菜单和文件对话框：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
public Form1()
{
    InitializeComponent();
    menuFileOpen.Click += OnFileOpen;
    chooseOpenFileDialog.FileOk += OnOpenFileDialogOK;
}

void OnFileOpen(object Sender, EventArgs e)
{
    chooseOpenFileDialog.ShowDialog();
}

void OnOpenFileDialogOK(object Sender, CancelEventArgs e)
{
    chosenFile = chooseOpenFileDialog.FileName;
    this.Text = Path.GetFileName(chosenFile);
    DisplayFile();
}
```

代码下载 BinaryFileReader.sln

可以看出，用户单击 OK 按钮，在文件对话框中选择一个文件后，就会调用 DisplayFile()方法，该方法读取所选中的文件：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
void DisplayFile()
{
    int nCols = 16;
    FileStream inStream = new FileStream(chosenFile, FileMode.Open,
                                        FileAccess.Read);

    long nBytesToRead = inStream.Length;
    if (nBytesToRead > 65536/4)
        nBytesToRead = 65536/4;

    int nLines = (int)(nBytesToRead/nCols) + 1;
    string [] lines = new string[nLines];
    int nBytesRead = 0;

    for (int i=0; i<nLines; i++)
    {
        StringBuilder nextLine = new StringBuilder();
        nextLine.Capacity = 4*nCols;

        for (int j=0; j<nCols; j++)
        {
            int nextByte = inStream.ReadByte();
            nBytesRead++;
            if (nextByte < 0 || nBytesRead > 65536)
                break;
            char nextChar = (char)nextByte;
            if (nextChar < 16)
                nextLine.Append(" x0" + string.Format("{0,1:X}",
                                                         (int)nextChar));
            else if
                (char.IsLetterOrDigit(nextChar) ||
                 char.IsPunctuation(nextChar))
                nextLine.Append(" " + nextChar + " ");
        }
    }
}
```

```

else
    nextLine.Append(" x" + string.Format("{0,2:X}",
        (int)nextChar));
}
lines[i] = nextLine.ToString();
}
inStream.Close();
this.textBoxContents.Lines = lines;
}

```

代码下载 BinaryFileReader.sln

在这个方法中进行了许多工作，首先为所选文件实例化一个 `FileStream` 对象，指定要打开一个现有文件进行读取。然后确定要读取多少个字节，和应该显示多少行。这个字节数一般是文件中的字节数。文本框中的内容最多只能显示 65 536 个字符，但以我们选择的格式，文件中的每个字节会显示 4 个字符。



用户可能希望使用 `System.Windows.Forms` 名称空间中的 `RichTextBox` 类。`RichTextBox` 类似于文本框，但它有更高级的格式化功能，此处使用 `TextBox`，是为了让示例比较简单，用户可以只考虑读取文件的过程。

在该方法中，有相当多的部分是两个嵌套的 `for` 循环，它们构造要显示的每行文本。我们使用 `StringBuilder` 类来构造每一行文本，其性能方面的原因是：循环 16 次可以把每个字节的合适文本追加到表示每行文本的字符串上。如果一行上有一个新字符串，并复制构造该行时的一半字符，则不仅要花很多时间分配字符串，还会浪费堆上的许多内存。注意，可打印的字符是字母、数字或标点符号，这与相关的静态方法 `System.Char` 指定的一样。值小于 16 的字符都不是可打印的字符，然而，这意味着回车符(13)和换行符(10)都是二进制字符(如果这些字符单独占一行，多行文本框就不能正确显示它们)。

另外，使用 `Properties` 窗口，把文本框的 `Font` 属性改为固定宽度的字体——我们选择 `Courier New 9pt regular` 字体，并把文本框设置为有水平和垂直滚动条。

最后，关闭流，把文本框的内容设置为已构建的字符串数组。

### 29.3.6 读写文本文件

理论上，可以使用 `FileStream` 类读取和显示文本文件。前面已经介绍了这个类。虽然上面示例中显示 `Default.aspx` 文件的格式不太容易理解，但这并不是 `FileStream` 类的内在问题——而在于我们在文本框中显示结果所使用的方式。

如果知道某个特殊文件包含文本，通常就可以使用 `StreamReader` 和 `StreamWriter` 类更方便地读写它们，而不是使用 `FileStream` 类。这是因为这些类工作的级别比较高，特别适合于读写文本。它们实现的方法可以根据流的内容，自动检测出停止读取文本较方便的位置。特别是：

- 这些类实现的方法(`StreamReader.ReadLine()`和 `StreamWriter.WriteLine()`)可以一次读写一行文本。在读取文件时，流会自动确定下一个回车符的位置，并在该处停止读取。在写入文件时，流会自动把回车符和换行符追加到文本的末尾。

- 使用 `StreamReader` 和 `StreamWriter` 类, 就不需要担心文件中使用的编码方式(文本格式)。可能的编码方式是 ASCII(一个字节表示一个字符)或者基于 Unicode 的任何格式, Unicode、UTF7、UTF8 和 UTF32。Windows 9x 系统上的文本文件总是 ASCII 格式, 因为 Windows 9x 系统不支持 Unicode, 但因为 Windows NT、2000、XP、2003、Vista、Windows Server 2008 和 Windows 7 都支持 Unicode, 所以文本文件除了包含 ASCII 数据之外, 理论上可以包含 Unicode、UTF7、UTF8 或 UTF32 数据。其约定是: 如果文件是 ASCII 格式, 它就只包含文本。如果文件是 Unicode 格式, 这就用文件的前两个或三个字节来表示, 这几个字节可以设置为表示文件中格式的值的特定组合。

这些字节称为字节码标记。在使用标准 Windows 应用程序打开一个文件时, 如 Notepad 或 WordPad, 不需要考虑这个问题, 因为这些应用程序都能识别不同的编码方法, 会自动正确地读取文件。`StreamReader` 类也是这样, 它可以正确地读取任何格式的文件, 而 `StreamWriter` 类可以使用任何一种编码技术格式化它要输出的文本。但如果要使用 `FileStream` 类读取和显示文本文件, 就必须自己处理这个过程。

### 1. `StreamReader` 类

`StreamReader` 实例用于读取文本文件。用某些方式构造 `StreamReader` 实例要比构造 `FileStream` 实例更简单, 因为使用 `StreamReader` 时不需要 `FileStream` 的一些选项。特别是模式和访问类型与 `StreamReader` 类不相关, 因为 `StreamReader` 只能执行读取操作。除此以外, 没有指定共享许可的直接选项, 但 `StreamReader` 有两个新选项:

- 需要指定不同的编码方法所执行的不同操作。可以构造一个 `StreamReader` 检查文件开头的字节码标记, 确定编码方法, 或者告诉 `StreamReader` 假定该文件使用某种指定的编码方法。
- 不提供要读取的文件名, 而为另一个流提供一个引用。

最后一个选项需要解释一下, 因为它说明了把读写数据的模型建立在流概念上的另一个优点。因为 `StreamReader` 工作在相对较高的级别上, 如果有另一个流在读取其他源中的数据, 就要使用 `StreamReader` 提供的工具来处理这个流, 就好像这个流包含文本, 所以此时 `StreamReader` 类非常有用。可以把这个流的输出传递给 `StreamReader`, 这样, `StreamReader` 就可以用于读取和处理任何数据源(不仅仅是文件)中的数据。前面在讨论 `BinaryReader` 类时也讨论了这种情况。但在本书中, 只使用 `StreamReader` 来直接连接文件。

因此, `StreamReader` 类有非常多的构造函数。而且, 还有一个返回 `StreamReader` 引用的 `FileInfo` 方法 `OpenText()`。下面仅说明其中一些构造函数。

最简单的构造函数只带一个文件名参数。`StreamReader` 会检查字节码标记, 以确定编码方法:

```
StreamReader sr = new StreamReader(@"C:\My Documents\ReadMe.txt");
```

另外, 如果指定 UTF8 编码方法, 就应假定:

```
StreamReader sr = new StreamReader(@"C:\My Documents\ReadMe.txt",  
Encoding.UTF8);
```

使用 `System.Text.Encoding` 类的几个属性之一, 就可以指定编码方法。这个类是一个抽象基类, 可以从这个类派生许多类, 这个类实现实际上完成文本编码的方法。每个属性都返回相应类的一个实例, 可以使用的属性包括:

- ASCII
- Unicode
- UTF7
- UTF8
- UTF32
- BigEndianUnicode

下面的示例解释了如何把 `StreamReader` 关联到 `FileStream` 上。其优点是可以指定是否创建文件和共享许可，如果直接把 `StreamReader` 附加到文件中，就不能这么做：

```
FileStream fs = new FileStream(@"C:\My Documents\ReadMe.txt",
    FileMode.Open, FileAccess.Read, FileShare.None);
StreamReader sr = new StreamReader(fs);
```

对于本例，指定 `StreamReader` 查找字节码标记，以确定使用了什么编码方法，以后的示例也是这样，从一个 `FileInfo` 实例中获得 `StreamReader`：

```
FileInfo myFile = new FileInfo(@"C:\My Documents\ReadMe.txt");
StreamReader sr = myFile.OpenText();
```

与 `FileStream` 一样，应在使用后关闭 `StreamReader`。如果没有这样做，就会致使文件一直锁定，因此不能执行其他进程(除非使用 `FileStream` 构造 `StreamReader`，并指定 `FileShare.ShareReadWrite`)：

```
sr.Close();
```

介绍完实例化 `StreamReader` 后，就可以用该实例做一些工作了。与 `FileStream` 一样，我们仅指出可以用于读取数据的许多方式，在 SDK 文档中可以到查阅其他不太常用的 `StreamReader` 类的方法。

最简单的方法使用是 `ReadLine()`，该方法一次读取一行，但返回的字符串中不包括标记该行结束的回车换行符：

```
string nextLine = sr.ReadLine();
```

另外，还可以在一个字符串中提取文件的所有剩余内容(严格地说，是流的全部剩余内容)：

```
string restOfStream = sr.ReadToEnd();
```

可以只读取一个字符：

```
int nextChar = sr.Read();
```

`Read()` 方法的重载版本可以把返回的字符强制转换为一个整数。如果到达流的末尾，它就返回 -1。最后，可以用一个偏移值，把给定个数的字符读到数组中：

```
// to read 100 characters in.

int nChars = 100;
char [] charArray = new char[nChars];
int nCharsRead = sr.Read(charArray, 0, nChars);
```

如果要求读取的字符数多于文件中剩余的字符数，`nCharsRead` 就应小于 `nChars`。



## 2. StreamWriter 类

**StreamWriter** 类的工作方式与 **StreamReader** 类似，但 **StreamWriter** 只能用于写入文件(或另一个流)。构造 **StreamWriter** 的方法包括：

```
StreamWriter sw = new StreamWriter(@"C:\My Documents\ReadMe.txt");
```

上面的代码使用了 UTF8 编码方法，.NET 把这种编码方法设置为默认的编码方法。还可以指定其他的编码方法：

```
StreamWriter sw = new StreamWriter(@"C:\My Documents\ReadMe.txt", true,
    Encoding.ASCII);
```

在这个构造函数中，第二个参数是布尔型，表示文件是否应以追加方式打开。奇怪的是，构造函数的参数不能仅是一个文件名和一个编码类。

当然，可以把 **StreamWriter** 关联到一个文件流上，以获得打开文件的更多控制选项：

```
FileStream fs = new FileStream(@"C:\My Documents\ReadMe.txt",
    FileMode.CreateNew, FileAccess.Write, FileShare.Read);
StreamWriter sw = new StreamWriter(fs);
```

**FileInfo** 不执行返回 **StreamWriter** 类的任何方法。

另外，如果要新建一个文件，并开始向它写入数据，就可以使用下面的代码：

```
FileInfo myFile = new FileInfo(@"C:\My Documents\NewFile.txt");
StreamWriter sw = myFile.CreateText();
```

与其他流类一样，在使用完后，要关闭 **StreamWriter** 类：

```
sw.Close();
```

写入流可以使用 **StreamWriter.Write()** 方法的 17 个重载版本来完成。最简单的方式是输出一个字符串：

```
string nextLine = "Groovy Line";
sw.Write(nextLine);
```

也可以输出单个字符：

```
char nextChar = 'a';
sw.Write(nextChar);
```

也可以输出一个字符数组：

```
char [] charArray = new char[100];
// initialize these characters
sw.Write(charArray);
```

甚至可以输出字符数组的一部分：

```
int nCharsToWrite = 50;
int startAtLocation = 25;
```

```
char [] charArray = new char[100];
// initialize these characters

sw.Write(charArray, startAtLocation, nCharsToWrite);
```

### 3. ReadWriteText 示例

`ReadWriteText` 示例说明了 `StreamReader` 和 `StreamWriter` 类的用法。它非常类似于前面的 `ReadBinaryFile` 示例，但假定要读取的文件是一个文本文件，并显示其内容。它还可以保存文件(包括在文本框中对文本进行的修改)。它将以 `Unicode` 格式保存任何文件。

图 29-11 所示的 `ReadWriteText` 用于显示前面的同一个 `Default.aspx` 文件。但这次读取内容会更容易一些。

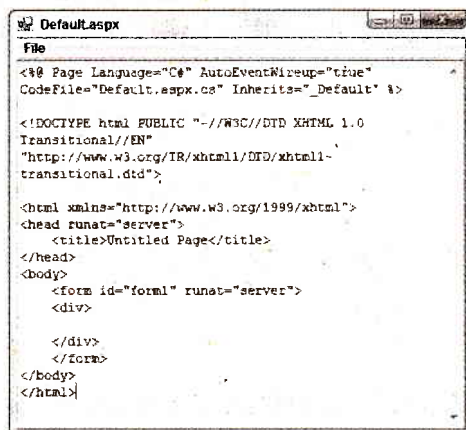


图 29-11

这里不打算介绍给 `Open File` 对话框添加事件处理程序的详细内容，因为它们基本上与前面的 `BinaryFileReader` 示例相同。与这个示例相同，打开一个新文件，将调用 `DisplayFile()` 方法。其唯一的区别是 `DisplayFile` 的实现方式，以及本例有一个保存文件的选项。这由另一个菜单项 `Save` 来表示，这个选项的处理程序调用添加到代码中的另一个方法 `SaveFile()` (注意，这个新文件总是覆盖原始文件——这个示例没有写入另一个文件的选项)。

首先看看 `SaveFile()` 方法，因为它是最简单的函数。首先利用 `StreamReader.WriteLine()` 方法把文本框中的每行文本依次写入 `StreamWriter` 流，以在每行文本的最后加上回车换行符：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
void SaveFile()
{
    StreamWriter sw = new StreamWriter(chosenFile, false, Encoding.Unicode);

    foreach (string line in textBoxContents.Lines)
        sw.WriteLine(line);

    sw.Close();
}
```

代码下载 [ReadWriteText.sln](#)

`chosenFile` 是主窗体的一个字符串字段，它包含已经读取的文件名称(与前面的示例一样)。注意在打开流时指定 `Unicode` 编码方式。如果要以其他格式写入文件，则只需要改变该参数的值。如

果要把文本追加到文件中，这个构造函数的第二个参数就设置为 `true`，但本例不是这样。在构造时必须为 `StreamWriter` 设置编码方式，它随后可以用作只读属性 `Encoding`。

下面介绍文件的读取方式。读取过程比较复杂，因为我们不知道要读取的文件中包含多少行文本(例如，文件中包含多少个 `(char)13 (char)10` 序列，因为 `char(13) char(10)` 是行尾的回车换行符)。解决这个问题的方式是，先把文件读入 `StringCollection` 类的一个实例中，该类在 `System.Collections.Specialized` 名称空间中，主要用于保存可动态扩展的一组字符串。它实现的两个方法是我们感兴趣的：`Add()` 方法把字符串添加到集合中，和 `CopyTo()` 方法把字符串集合复制到一个正常数组(一个 `System.Array` 实例)中。`StringCollection` 对象的每个元素包含文件中的一行文本。

`DisplayFile()` 方法调用另一个方法 `ReadFileIntoStringCollection()`，后一个方法实际上读取文件。之后，就知道文件中有多少行文本，因此把 `StringCollection` 复制到大小固定的正常数组中，并把数组中的内容填充到文本框中。在进行复制时，因为只复制了字符串的引用，没有复制字符串本身，所以该过程的执行效率很高：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
void DisplayFile()
{
    StringCollection linesCollection = ReadFileIntoStringCollection();
    string [] linesArray = new string[linesCollection.Count];
    linesCollection.CopyTo(linesArray, 0);
    this.textBoxContents.Lines = linesArray;
}
```

代码下载 [ReadWriteText.sln](#)

`StringCollection.CopyTo()` 方法的第二个参数表示目标数组中的下标，我们从该下标指定的位置开始复制集合。

下面看看 `ReadFileIntoStringCollection()` 方法。使用 `StreamReader` 读取每一行文本。编译时需要计算读取的字符数，以确保不超出文本框的容量：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
StringCollection ReadFileIntoStringCollection()
{
    const int MaxBytes = 65536;
    StreamReader sr = new StreamReader(chosenFile);
    StringCollection result = new StringCollection();
    int nBytesRead = 0;
    string nextLine;
    while ( (nextLine = sr.ReadLine()) != null)
    {
        nBytesRead += nextLine.Length;
        if (nBytesRead > MaxBytes)
            break;
        result.Add(nextLine);
    }
    sr.Close();
    return result;
}
```

代码下载 [ReadWriteText.sln](#)

这就是该示例的完整代码。

如果运行 `ReadWriteText`，读取 `Default.aspx` 文件，然后保存它，该文件的格式就是 `Unicode`。任

何常用的 Windows 应用程序(Notepad, Wordpad)都不能分辨这种格式, 甚至 ReadWriteText 示例也只能在 Windows 的大多数版本下正确地读取和显示文件, 尽管因为 Windows 9x 不支持 Unicode, 像 Notepad 这样的应用程序不能识别其他平台上的 Unicode 文件(如果从 Wrox 网站 [www.wrox.com](http://www.wrox.com) 上下载了这个示例, 就可以试试)。但是, 如果使用前面的 BinaryFileReader 示例显示文件, 就会立即看出它们的区别, 如图 29-12 所示。最前面的两个字节表示 Unicode 格式的文件是可见的, 之后, 每个字符都用两个字节来表示。这非常明显, 因为在这个文件中, 每个字符的高位字节都是 0, 所以每隔一个字节就显示 x00。

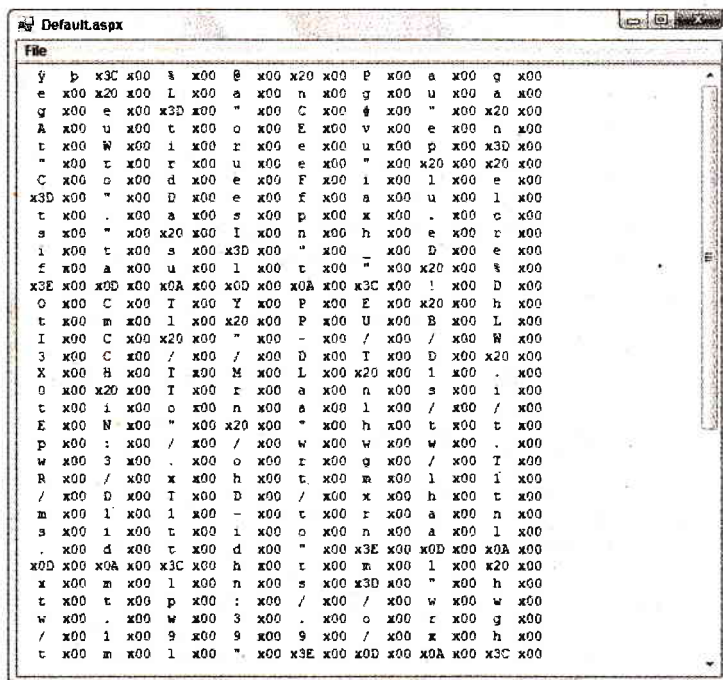


图 29-12

## 29.4 映射内存的文件

如果用户仅使用托管代码来编程, 映射内存的文件就可能是一个全新的概念。 .NET Framework 4 现在引入了 `System.IO.MemoryMappedFiles` 名称空间, 把映射内存的文件包含为构建应用程序的工具集的一部分。

对底层的 Windows API 执行一些平台调用操作时, 总是会使用映射内存的文件这个概念。但现在引入了 `System.IO.MemoryMappedFiles` 名称空间后, 就可以使用托管代码, 而不是操作繁琐的平台调用。

应用程序需要频繁地或随机地访问文件时, 最好使用映射内存的文件和这个名称空间。使用这种方式允许把文件的一部分或者全部加载到一段虚拟内存上, 这些文件内容会显示给应用程序, 就好像这个文件包含在应用程序的主内存中一样。

有趣的是, 可以把内存中的这个文件用作多个进程的共享资源。在此之前, 用户可能使用 WCF

或命名管道与多个进程之间的共享资源通信，但现在可以在使用共享名称的进程之间共享映射内存的文件。

为了使用映射内存的文件，必须使用两个对象。第一个是映射内存的文件实例，它用于加载文件。第二个是访问器对象。下面的代码写入映射内存的文件对象，再读取它。还可以看出，在释放对象时也会执行写入操作：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
using System;
using System.IO.MemoryMappedFiles;
using System.Text;

namespace MappedMemoryFiles
{
    class Program
    {
        static void Main(string[] args)
        {
            using (var mmFile= MemoryMappedFile.CreateFromFile(
                @"C:\Users\Bill\Document\Visual Studio 10\Projects\
                MappedMemoryFiles\MappedMemoryFiles\TextFile1.txt",
                System.IO.FileMode.Create, "fileHandle", 1024 * 1024))
            {
                string valueToWrite = "Written to the mapped-memory file on " +
                    DateTime.Now.ToString();
                var myAccessor = mmFile.CreateViewAccessor();

                myAccessor.WriteArray<byte>(0,
                    Encoding.ASCII.GetBytes(valueToWrite), 0,
                    valueToWrite.Length);

                var readOut = new byte[valueToWrite.Length];
                myAccessor.ReadArray<byte>(0, readOut, 0, readOut.Length);
                var finalValue = Encoding.ASCII.GetString(readOut);

                Console.WriteLine("Message: " + finalValue);
                Console.ReadLine();
            }
        }
    }
}
```

代码下载 [MappedMemoryFiles.sln](#)

在这个例子中，使用 `CreateFromFile()`方法从物理文件中创建一个映射内存的文件。除了映射内存的文件之外，还需要为这个映射创建一个访问器对象，如下面的代码所示：

```
var myAccessor = mmFile.CreateViewAccessor();
```

有了访问器之后，就可以读写这个映射内存的位置，如代码示例所示。也可以给同一个映射内存的位置创建多个访问器，如下面的代码所示：

```
var myAccessor1 = mmFile.CreateViewAccessor();
var myAccessor2 = mmFile.CreateViewAcces
```

## 29.5 读取驱动器信息

除了处理文件和目录之外，.NET Framework 还可以从指定的驱动器中读取信息。这使用 `DriveInfo` 类实现。`DriveInfo` 类可以扫描系统，提供可用驱动器的列表，还可以进一步提供任何驱动器的大量细节。

为了举例说明 `DriveInfo` 类的用法，创建一个简单的 Windows 窗体，列出计算机上的所有可用驱动器，再提供用户选择的驱动器的详细信息。Windows 窗体包含一个简单的 `ListBox`，如图 29-13 所示。



图 29-13

设置好窗体后，其代码包含两个事件，一个在窗体加载时引发，另一个在最终用户从列表框中选择驱动器时引发。这个窗体的代码如下所示：



```
using System;
using System.IO;
using System.Windows.Forms;

namespace DriveViewer
{
    public partial class Form1: Form
    {
        public Form1()
        {
            InitializeComponent();
        }

        private void Form1_Load(object sender, EventArgs e)
        {
            DriveInfo[] di = DriveInfo.GetDrives();

            foreach (DriveInfo itemDrive in di)
            {
                listBox1.Items.Add(itemDrive.Name);
            }
        }

        private void listBox1_SelectedIndexChanged(object sender, EventArgs e)
        {
            DriveInfo di = new DriveInfo(listBox1.SelectedItem.ToString());
        }
    }
}
```

```

MessageBox.Show("Available Free Space: "
+ di.AvailableFreeSpace + "\n" +
"Drive Format: " + di.DriveFormat + "\n" +
"Drive Type: " + di.DriveType + "\n" +
"Is Ready: " + di.IsReady + "\n" +
"Name: " + di.Name + "\n" +
"Root Directory: " + di.RootDirectory + "\n" +
"ToString() Value: " + di + "\n" +
"Total Free Space: " + di.TotalFreeSpace + "\n" +
"Total Size: " + di.TotalSize + "\n" +
"Volume Label: " + di.VolumeLabel, di.Name +
" DRIVE INFO");
    }
}

```

代码下载 DriveViewer.sln

首先，用 using 关键字导入 System.IO 名称空间。在 Form1\_Load 事件中使用 DriveInfo 类获取系统上所有可用驱动器的列表。这需要用到 DriveInfo 对象数组，再用 DriveInfo.GetDrives()方法填充这个数组。接着使用 foreach 循环遍历找到的每个驱动器，用循环的结果填充列表框。这会生成如图 29-14 所示的结果。



图 29-14

这个窗体允许最终用户在列表框中选择一个驱动器。选择好驱动器后，就显示一个消息框，其中包含所选驱动器的信息。如图 29-14 所示，在当前的计算机上有 6 个驱动器。选择其中几个驱动器会生成如图 29-15 所示的消息框。



图 29-15

在这里可以看出, 这些消息框列出了 3 个完全不同的驱动器的详细信息。第一个驱动器 C:\ 是硬盘, 因为消息框显示它的驱动器类型是 Fixed。第二个驱动器 D:\ 是 CD/DVD 驱动器, 第三个驱动器 F:\ 是 USB 笔, 其驱动器类型是 Removable。

## 29.6 文件的安全性

在第一次引入 .NET Framework 1.0/1.1 时, 它不能方便地访问和使用文件、目录和注册表键的访问控制列表(ACL)。那时, 要访问 ACL, 通常要进行一些 COM 交互操作, 所以需要 ACL 的高级编程技巧。

自 .NET Framework 2.0 发布以来, 这有了很大的变化, 因为这个版本通过 System.Security.AccessControl 名称空间, 使 ACL 的使用变得非常容易。利用这个名称空间, 可以为文件、注册表键、网络共享、Active Directory 对象等处理安全设置。

### 29.6.1 从文件中读取 ACL

对于一个使用 System.Security.AccessControl 名称空间的示例中, 本节将为文件和目录使用 ACL。首先了解如何查看指定文件的 ACL。这个示例在一个控制台应用程序中完成, 如下所示:



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
using System.IO;
using System.Security.AccessControl;
using System.Security.Principal;

namespace ReadingACLs
{
    internal class Program
    {
        private static string myFilePath;

        private static void Main()
        {
            Console.WriteLine("Provide full file path: ");
            myFilePath = Console.ReadLine();

            try
            {
                using (FileStream myFile =
                    new FileStream(myFilePath, FileMode.Open, FileAccess.Read))
                {
                    FileSecurity fileSec = myFile.GetAccessControl();

                    foreach (FileSystemAccessRule fileRule in
                        fileSec.GetAccessRules(true, true,
                            typeof(NTAccount)))
                    {
                        Console.WriteLine("{0} {1} {2} access for {3}",
                            myFilePath,
                            fileRule.AccessControlType ==
                                AccessControlType.Allow
                                ? "provides": "denies",
                            fileRule.FileSystemRights,
```



```

        fileRule.IdentityReference);
    }
}
catch
{
    Console.WriteLine("Incorrect file path given!");
}

Console.ReadLine();
}
}

```

代码下载 ReadingACLs.sln

为了使这个示例正常工作，首先引用 `System.Security.AccessControl` 名称空间，这样就可以在程序的后面访问 `FileSecurity` 和 `FileSystemAccessRule` 类。

在检索到指定的文件并把它放在 `FileStream` 对象中后，就使用 `File` 对象上的 `GetAccessControl()` 方法获取该文件的 ACL。`GetAccessControl()` 方法中的这些信息放在 `FileSecurity` 类中。这个类有对引用项的访问权限。每个访问权限都用一个 `FileSystemAccessRule` 对象表示。所以要使用 `foreach` 循环遍历在 `FileSecurity` 对象中找到的所有访问权限。

对根目录的一个简单文本文件运行这个示例，结果如下所示：

```

Provide full file path: C:\Sample.txt
C:\Sample.txt provides FullControl access for BUILTIN\Administrators
C:\Sample.txt provides FullControl access for NT AUTHORITY\SYSTEM
C:\Sample.txt provides ReadAndExecute, Synchronize access for BUILTIN\Users
C:\Sample.txt provides Modify, Synchronize access for
NT AUTHORITY\Authenticated Users

```

下一节介绍读取目录的 ACL，而不是文件的 ACL。

### 29.6.2 从目录中读取 ACL

读取目录(而不是文件)的 ACL 信息，与前面的示例没有什么区别，其代码如下所示：



```

using System;
using System.IO;
using System.Security.AccessControl;
using System.Security.Principal;

namespace ConsoleApplication1
{
    internal class Program
    {
        private static string mentionedDir;

        private static void Main()
        {
            Console.Write("Provide full directory path: ");
            mentionedDir = Console.ReadLine();

            try

```

```

    {
        DirectoryInfo myDir = new DirectoryInfo(mentionedDir);

        if (myDir.Exists)
        {
            DirectorySecurity myDirSec = myDir.GetAccessControl();

            foreach (FileSystemAccessRule fileRule in
                myDirSec.GetAccessRules(true, true,
                    typeof (NTAccount)))
            {
                Console.WriteLine("{0} {1} {2} access for {3}",
                    mentionedDir, fileRule.AccessControlType ==
                        AccessControlType.Allow
                    ? "provides": "denies",
                    fileRule.FileSystemRights,
                    fileRule.IdentityReference);
            }
        }
    }
    catch
    {
        Console.WriteLine("Incorrect directory provided!");
    }

    Console.ReadLine();
}
}
}

```

代码下载 [ReadingACLsFromDirectory.sln](#)

这个示例的不同之处是，它使用 `DirectoryInfo` 类，该类还包含一个 `GetAccessControl()` 方法，来提取目录的 ACL 信息。在 Windows 7 下运行这个例子的结果如下所示：

```

Provide full directory path: C:\Test
C:\Test provides FullControl access for BUILTIN\Administrators
C:\Test provides 268435456 access for BUILTIN\Administrators
C:\Test provides FullControl access for NT AUTHORITY\SYSTEM
C:\Test provides 268435456 access for NT AUTHORITY\SYSTEM
C:\Test provides ReadAndExecute, Synchronize access for BUILTIN\Users
C:\Test provides Modify, Synchronize access for
    NT AUTHORITY\Authenticated Users
C:\Test provides -536805376 access for NT AUTHORITY\Authenticated Users

```

ACL 的最后一个用法是使用 `System.Security.AccessControl` 名称空间添加和删除文件的 ACL 中的项。

### 29.6.3 添加和删除文件中的 ACL 项

还可以使用与前面示例相同的对象处理资源的 ACL。下面的示例修改了前面读取文件的 ACL 信息的代码。在这个示例中，读取指定文件的 ACL，修改后再次读取它：

```
try
```

```

using (FileStream myFile = new FileStream(myFilePath,
    FileMode.Open, FileAccess.ReadWrite))
{
    FileSecurity fileSec = myFile.GetAccessControl();

    Console.WriteLine("ACL list before modification:");
    foreach (FileSystemAccessRule fileRule in
        fileSec.GetAccessRules(true, true,
            typeof(System.Security.Principal.NTAccount)))
    {
        Console.WriteLine("{0} {1} {2} access for {3}", myFilePath,
            fileRule.AccessControlType == AccessControlType.Allow ?
                "provides": "denies",
            fileRule.FileSystemRights,
            fileRule.IdentityReference);
    }

    Console.WriteLine();
    Console.WriteLine("ACL list after modification:");

    FileSystemAccessRule newRule = new FileSystemAccessRule(
        new System.Security.Principal.NTAccount(@"PUSHKIN\Tuija"),
        FileSystemRights.FullControl,
        AccessControlType.Allow);

    fileSec.AddAccessRule(newRule);
    File.SetAccessControl(myFilePath, fileSec);

    foreach (FileSystemAccessRule fileRule in
        fileSec.GetAccessRules(true, true,
            typeof(System.Security.Principal.NTAccount)))
    {
        Console.WriteLine("{0} {1} {2} access for {3}", myFilePath,
            fileRule.AccessControlType == AccessControlType.Allow ?
                "provides": "denies",
            fileRule.FileSystemRights,
            fileRule.IdentityReference);
    }
}
}

```

在这个示例中，给文件的 ACL 添加了一条新的访问规则。这使用 `FileSystemAccessRule` 对象完成。`FileSystemAccessRule` 类是一个抽象的访问控制项(ACE)实例。ACE 定义了要使用的用户账户，这个用户账户可以处理的访问类型，以及是允许还是拒绝这个访问。在新建这个对象的实例时，新建一个 `NTAccount` 对象，并给文件赋予 Full Control 权限。即使新建了 `NTAccount` 对象，它仍必须引用已有用户。接着使用 `FileSecurity` 类的 `AddAccessRule()` 方法赋予新规则。之后，使用 `FileSecurity` 对象引用，通过 `File` 类的 `SetAccessControl()` 方法给当前文件设置访问控制。

接着，再次列出文件的 ACL。下面是上述代码的执行结果的一个示例：

```

Provide full file path: C:\Users\Bill\Sample.txt
ACL list before modification:
C:\Sample.txt provides FullControl access for NT AUTHORITY\SYSTEM
C:\Sample.txt provides FullControl access for BUILTIN\Administrators

```

```
C:\Sample.txt provides FullControl access for PUSHKIN\Bill

ACL list after modification:
C:\Sample.txt provides FullControl access for PUSHKIN\Tuija
C:\Sample.txt provides FullControl access for NT AUTHORITY\SYSTEM
C:\Sample.txt provides FullControl access for BUILTIN\Administrators
C:\Sample.txt provides FullControl access for PUSHKIN\Bill
```

要从 ACL 列表中删除规则，并不需要对代码进行很多修改。在上面的代码示例中，只需把下面的一行

```
fileSec.AddAccessRule(newRule);
```

改为：

```
fileSec.RemoveAccessRule(newRule);
```

就可以删除刚才添加的规则。

## 29.7 读写注册表

自 Windows 95 以来的所有 Windows 版本中，注册表是包含 Windows 安装、用户首选项，以及已安装软件和设备的所有配置信息的核心存储库。目前，几乎所有的商用软件都使用注册表来存储这些信息，COM 组件必须把它们的信息存储在注册表中，才能由客户端调用。 .NET Framework 及其无干扰安装概念略微减弱了注册表对于应用程序的重要性，因为程序集是完全自包含的，所以特定程序集的信息不需要放在注册表中，即使是共享程序集也是这样。另外， .NET Framework 引入了独立存储器的概念，通过它应用程序可以在文件中存储专用于每个用户的信息， .NET Framework 将确保为每个在机器上注册的用户单独地存储数据。

应用程序现在使用 Windows Installer 来安装，开发人员不再需要直接操作常常涉及安装应用程序的注册表。但是，如果发布任何完整的应用程序，则应用程序也可能要使用注册表来存储其配置信息。例如，如果应用程序要显示在控制面板的 Add/Remove Programs 对话框中，则仍需要使用相应的注册表项。还需要使用注册表处理与遗留代码的向后兼容性。

注册表的库和 .NET 库一样复杂，它包括访问注册表的类。其中有两个类涉及注册表，即 `Registry` 和 `RegistryKey`，这两个类都在 `Microsoft.Win32` 名称空间中。在介绍这两个类前，先简要介绍一下注册表本身的结构。

### 29.7.1 注册表

注册表的层次结构非常类似于文件系统的层次结构。查看和修改注册表内容的一般方式是使用 `regedit` 或 `regedt32` 实用程序。当然，自从 Windows 95 以后，`regedit` 在所有的 Windows 版本中都有。而 `regedt32` 则在 Windows NT 和 Windows 2000 中才有，其用户友好性不如 `regedit`，但可以访问 `regedit` 不能查看的安全性信息。Windows Server 2003 把 `regedit` 和 `regedt32` 合并为一个新的编辑器 `regedit`。这里只讨论 Windows 7 中的 `regedit`，在 Run 对话框或命令行提示符中输入 `regedit`，即可启动它。

图 29-16 显示了第一次启动 `regedit` 的屏幕。

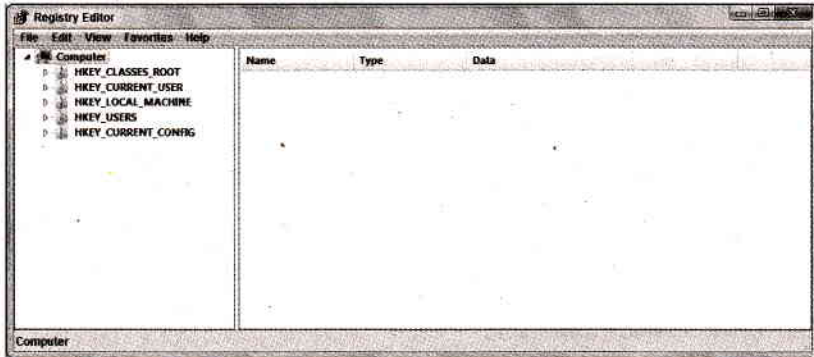


图 29-16

regedit 的树形视图/列表视图风格的用户界面非常类似于 Windows Explorer，与注册表本身的层次结构相匹配。但它们有一些重要区别。

在文件系统中，最上面的节点是磁盘的分区 C:\、D:\等。在注册表中，最上面的节点是注册表配置单元(registry hive)，已有的配置单元是不能改变的——它们是固定的，有 7 个注册表配置单元(但使用 regedit 只能看到其中的 5 个)：

- HKEY\_CLASSES\_ROOT(HKCR)包含系统上文件类型的细节(.txt、.doc 等)，以及使用哪些应用程序可以打开每种文件。它还包含所有 COM 组件的注册信息(后者通常是注册表中最大的一个区域，因为目前的 Windows 带有非常多的 COM 组件)。
- HKEY\_CURRENT\_USER(HKCU)包含用户目前登录的计算机的用户配置。这些设置包括桌面设置、环境变量、网络 and 打印机连接，以及其他定义用户的操作环境的设置。
- HKEY\_LOCAL\_MACHINE(HKLM)是一个很大的配置单元，其中包含所有安装到计算机上的软件和硬件信息，这些设置不是用户特有的，而是可用于所有登录到计算机上的用户。它还包含 HKCR 配置单元：HKCR 实际上并不是一个独立的配置单元，而只是一个对注册表键 HKLM/SOFTWARE/Classes 的方便映射。
- HKEY\_USERS(HKUSR)包含所有用户的用户首选项。它还包含 HKCU 配置单元，HKCU 配置单元是对 HKEY\_USERS 中一个键的映射。
- HKEY\_CURRENT\_CONFIG(HKCF)包含计算机上硬件的详细信息。

其余的两个键包含临时信息，这些信息常常会更改：

- HKEY\_DYN\_DATA 是一个一般容器，包含需要存储在注册表中的任何易失性数据。
- HKEY\_PERFORMANCE\_DATA 包含与运行应用程序的性能相关的信息。

在这些配置单元中，具有注册表键的一个树型结构。每个键在许多方面都类似于文件系统中的文件夹或文件。但是，它们有一个重要区别：文件系统可以区分文件(文件中包含数据)和文件夹(其中主要包含其他文件夹或文件)，但注册表中只有键。键可以包含数据和其他键。

如果键中包含数据，这个键就表示为一系列值。每个值都有一个相关的名称、数据类型和数据，另外，键还可以有默认值，这个值没有名称。

使用 regedit 可以查看这个结构，了解其中的注册表键。图 29-17 显示了 HKCU/Control Panel/Appearance 键中的内容，其中包含当前登录用户所选的颜色主题的详细信息。regedit 在树型视图中用一个打开的文件夹图标来显示要查看的键。

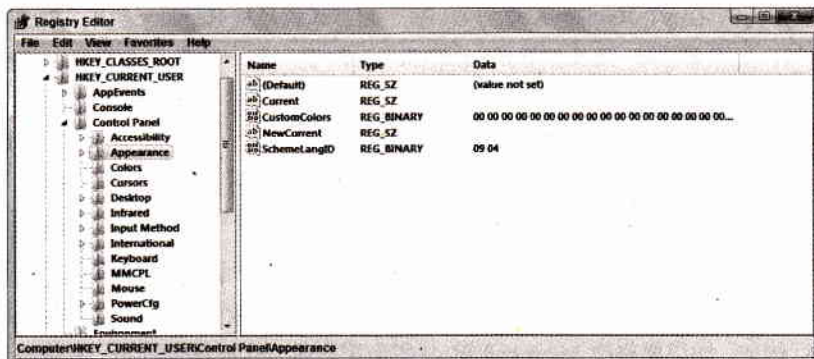


图 29-17

HKCU/Control Panel/Appearance 键有 3 个命名的值集，但其默认值不包含任何数据。在图 29-17 中，标记为 Type 的列显示了每个值的数据类型。注册表项可以格式化为这 3 个数据类型中的一个。这些类型分别是：

- REG\_SZ(大致相当于.NET 字符串实例——这种匹配并不精确，因为注册表项的数据类型不是.NET 数据类型)
- REG\_DWORD(大致相当于 uint)
- REG\_BINARY(大致相当于字节数组)

为此，要在注册表中存储数据的应用程序会创建许多注册表键，通常把它们存储在 HKLM\Software\<CompanyName>键中。注意，这些键不一定包含数据。有时键的存在就可以给应用程序提供所需的足够信息。

### 29.7.2 .NET 注册表类

要访问注册表，可以使用 Microsoft.Win32 名称空间中的两个类 Registry 和 RegistryKey。RegistryKey 实例表示一个注册表键。这个类实现的方法可以浏览子键、创建新键、读取或修改键中的值。换言之，该类通常可以完成对注册表键进行的所有操作，包括设置键的安全级别。RegistryKey 是处理注册表用得最多的类。Registry 类只能对注册表键进行单一的访问，以执行简单的操作。Registry 类的另一个作用是提供表示顶级键的 RegistryKey 实例(不同的配置单元)，以便开始在注册表中定位。Registry 类通过静态属性来提供这些实例，这些属性共有 7 个，分别是 ClassesRoot、CurrentConfig、CurrentUser、DynData、LocalMachine、PerformanceData 和 Users。用户可以很快猜出它们分别与哪个配置单元相对应。

例如，要获得一个表示 HKLM 键的 RegistryKey 实例，可以编写下面的代码：

```
RegistryKey hklm = Registry.LocalMachine;
```

获得 RegistryKey 对象的引用的过程，视为打开对应键。

用户可能会认为，因为注册表的层次结构类似于文件系统的层次结构，所以 RegistryKey 类提供的方法类似于 DirectoryInfo 类实现的方法，但实际上并非如此。访问注册表的方式通常不同于使用文件和文件夹的方式，RegistryKey 类实现的方法反映了这种不同。

最明显的区别是如何在注册表的给定位置上打开一个注册表键。Registry 类没有用户可以使用的公共构造函数，也没有直接通过键的名称来访问键的方法。但可以从相关的配置单元中从上至下

浏览该键。如果要实例化一个 `RegistryKey` 对象,唯一的方式就是从 `Registry` 类的对应静态属性开始,向下浏览。例如,如果要读取 `HKLM/Software/Microsoft` 键中的一些数据,就可以使用下面的代码获得它的一个引用:

```
RegistryKey hklm = Registry.LocalMachine;
RegistryKey hkSoftware = hklm.OpenSubKey("Software");
RegistryKey hkMicrosoft = hkSoftware.OpenSubKey("Microsoft");
```

以这种方式访问注册表键是只读访问。如果要写入该键(包括写入其值,或创建和删除其子键),就需要使用 `OpenSubKey` 的另一个重写方法,该方法的第二个参数是 `bool` 类型,表示是否要对该键进行读写访问。例如,如果要修改 `Microsoft` 键(并假定用户是一个系统管理员,有修改该键的许可),就应编写如下代码:

```
RegistryKey hklm = Registry.LocalMachine;
RegistryKey hkSoftware = hklm.OpenSubKey("Software");
RegistryKey hkMicrosoft = hkSoftware.OpenSubKey("Microsoft", true);
```

因为这个键包含 `Microsoft` 的应用程序使用的信息,所以在大多数情况下不应修改这个特殊的键。

如果希望这个键存在,就应调用 `OpenSubKey()` 方法。如果这个键不存在,它就返回一个空引用。如果要创建一个键,就应使用 `CreateSubKey()` 方法(该方法会通过返回的引用,自动提供该键的读写访问):

```
RegistryKey hklm = Registry.LocalMachine;
RegistryKey hkSoftware = hklm.OpenSubKey("Software");
RegistryKey hkMine = hkSoftware.CreateSubKey("MyOwnSoftware");
```

`CreateSubKey()` 方法的工作方式非常有趣:如果键不存在,它就创建这个键。但如果键已经存在,它就会返回一个表示该键的 `RegistryKey` 实例。这个方法采用这样的工作方式,其原因与用户通常使用这个键的方式有关。注册表整体上包含长期数据,如 `Windows` 和各种应用程序的配置信息。因此用户并不需要经常显式地创建键。

更常见的是,应用程序需要确保某些数据存在于注册表中。换言之,如果这些数据不存在,就要创建相关的键,但如果它们存在,就不需要做任何事。`CreateSubKey()` 方法就可以完成这项任务。与 `FileInfo.Open()` 方法的情况不同,例如,`CreateSubKey()` 不会偶然地删除任何数据。如果要删除注册表键,就需要调用 `RegistryKey.Delete()` 方法,因为注册表对于 `Windows` 非常重要。当调试 `C#` 注册表调用时,如果删除一些重要的键,就会不经意间完全中断 `Windows`。

定位了要读取或修改的注册表键后,就可以使用 `SetValue()` 或 `GetValue()` 方法设置或获取该键中的数据。这两个方法的参数都是一个字符串,其中字符串给出了参数值的名称,`SetValue()` 方法还需要另一个包含值的详细信息的对象引用。因为这个参数定义为对象引用,所以它实际上可以是任何一个类的引用。`SetValue()` 方法根据所提供的类的类型,确定把值设置为 `REG_SZ`、`REG_DWORD`,还是 `REG_BINARY`。例如:

```
RegistryKey hkMine = HkSoftware.CreateSubKey("MyOwnSoftware");
hkMine.SetValue("MyStringValue", "Hello World");
hkMine.SetValue("MyIntValue", 20);
```

这段代码用两个值设置该键：`MyStringValue` 的类型是 `REG_SZ`，而 `MyIntValue` 的类型是 `REG_DWORD`，这里只考虑这两种类型，在后面的示例中会使用它们。

`RegistryKey.GetValue()` 方法的工作方式也是这样。它返回一个对象引用，如果该方法检测到值的类型为 `REG_SZ`，它实际上就返回一个字符串引用；如果值的类型为 `REG_DWORD`，它就返回一个 `int` 型值。

```
string stringValue = (string)hkMine.GetValue("MyStringValue");
int intValue = (int)hkMine.GetValue("MyIntValue");
```

最后，完成了读取或修改数据后，应关闭该键：

```
hkMine.Close();
```

`RegistryKey` 类实现了许多方法和属性。表 29-5 和表 29-6 列出了其中最有用的方法和属性。

表 29-5

属 性	作 用
Name	键的名称(只读)
SubKeyCount	键的子键个数
ValueCount	键包含的值的个数

表 29-6

方 法	作 用
Close()	关闭键
CreateSubKey()	创建给定名称的子键(如果该子键已经存在，就打开它)
DeleteSubKey()	删除指定的子键
DeleteSubKeyTree()	递归删除子键及其所有子键
DeleteValue()	从键中删除一个指定的值
GetAccessControl()	返回指定注册表键的 ACL，该方法是 .NET Framework 2.0 中增加的
GetSubKeyNames()	返回包含子键名称的字符串数组
GetValue()	返回指定的值
GetValueKind()	返回指定的值，要检索其注册表数据类型，该方法是 .NET Framework 2.0 中增加的
GetValueNames()	返回一个包含所有键值名称的字符串数组
OpenSubKey()	返回表示给定子键的 <code>RegistryKey</code> 实例的引用
SetAccessControl()	把 ACL 应用于指定的注册表键
SetValue()	设置指定的值

## 29.8 读写独立存储器

除了读写注册表之外，还可以读写独立存储器中的值。如果在写入注册表或磁盘时一般有问题，就可以使用独立存储器。它可以用于轻松地存储应用程序状态或用户设置。



独立存储器可以看作一个虚拟磁盘，在其中可以保存只能由创建它们的应用程序或与其他应用程序实例共享的数据项。独立存储器的访问类型有两种。第一种是由用户和程序集访问。

在用户和程序集访问独立存储器时，计算机上有一个存储器位置，它可以由多个应用程序实例访问。这种访问通过用户身份和应用程序(或程序集)身份来保证，如图 29-18 所示。

这说明，同一个应用程序的多个实例可以在同一个存储器上工作。独立存储器的第二种访问类型是由用户、程序集和域来访问。在这种访问类型中，每个应用程序实例都在它自己的独立存储器中工作，详细内容如图 29-19 所示。

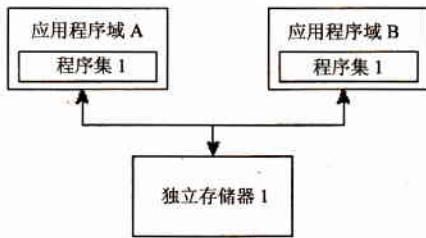


图 29-18

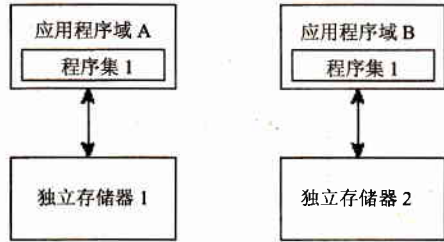


图 29-19

在这种情况下，每个应用程序实例都在它自己的存储器中工作，每个应用程序实例记录的设置都只与它自己相关。这是独立存储器的一种更精细的方法。

为了举例说明如何在 Windows 窗体应用程序中使用独立存储器(尽管也可以在 ASP.NET 应用程序中使用它)，可以使用 ReadSettings()和 SaveSettings()方法从独立存储器中读写值，而不是直接在注册表中读写值。

这里只列出了 ReadSettings()和 SaveSettings()方法中的代码，注意这一点很重要。该应用程序还有更多的代码，参见下载代码文件中示例 SelfPlacingWindow 的其他代码。

首先，需要重写 SaveSettings()方法。为了使代码正常工作，需要添加下面的 using 指令：

```
using System.IO;
using System.IO.IsolatedStorage;
using System.Text;
```

SaveSettings()方法详见下面的代码示例：

```
void SaveSettings()
{
    IsolatedStorageFile storFile = IsolatedStorageFile.GetUserStoreForDomain();
    IsolatedStorageFileStream storStream = new
        IsolatedStorageFileStream("SelfPlacingWindow.xml",
        FileMode.Create, FileAccess.Write);

    System.Xml.XmlTextWriter writer = new
        System.Xml.XmlTextWriter(storStream, Encoding.UTF8);
    writer.Formatting = System.Xml.Formatting.Indented;

    writer.WriteStartDocument();
    writer.WriteStartElement("Settings");
```

```
writer.WriteStartElement("BackColor");
writer.WriteValue(BackColor.ToKnownColor().ToString());
writer.WriteEndElement();

writer.WriteStartElement("Red");
writer.WriteValue(BackColor.R);
writer.WriteEndElement();

writer.WriteStartElement("Green");
writer.WriteValue(BackColor.G);
writer.WriteEndElement();

writer.WriteStartElement("Blue");
writer.WriteValue(BackColor.B);
writer.WriteEndElement();

writer.WriteStartElement("Width");
writer.WriteValue(Width);
writer.WriteEndElement();

writer.WriteStartElement("Height");
writer.WriteValue(Height);
writer.WriteEndElement();

writer.WriteStartElement("X");
writer.WriteValue(DesktopLocation.X);
writer.WriteEndElement();

writer.WriteStartElement("Y");
writer.WriteValue(DesktopLocation.Y);
writer.WriteEndElement();

writer.WriteStartElement("WindowState");
writer.WriteValue(WindowState.ToString());
writer.WriteEndElement();

writer.WriteEndElement();

writer.Flush();
writer.Close();

storStream.Close();
storFile.Close();
}
```

这些代码比使用注册表时略多一些，这主要是因为需要构建放在独立存储器中的 XML 文档。在这段代码中，第一个重要的地方是：

```
IsolatedStorageFile storFile = IsolatedStorageFile.GetUserStoreForDomain();
IsolatedStorageFileStream storStream = new
    IsolatedStorageFileStream("SelfPlacingWindow.xml",
        FileMode.Create, FileAccess.Write);
```

这段代码使用访问的用户、程序集和域类型创建了 `IsolatedStorageFile` 的一个实例，使用 `IsolatedStorageFileStream` 对象创建了一个流，该对象创建虚拟文件 `SelfPlacingWindow.xml`。

之后创建一个 `XmlTextWriter` 对象，以构建 XML 文档，并将 XML 内容写入 `IsolatedStorageFileStream` 对象实例中。

```
System.Xml.XmlTextWriter writer = new
    System.Xml.XmlTextWriter(storStream, Encoding.UTF8);
```

创建 `XmlTextWriter` 对象之后，将所有的值逐个节点地写入 XML 文档中。当把所有内容写入 XML 文档中时，关闭所有对象，现在所有数据就都存储在独立存储器中。

从存储器中读取数据通过 `ReadSettings()` 方法实现。这个方法如下面的代码示例所示：

```
bool ReadSettings()
{
    IsolatedStorageFile storFile = IsolatedStorageFile.GetUserStoreForDomain();
    string[] userFiles = storFile.GetFileNames("SelfPlacingWindow.xml");

    foreach (string userFile in userFiles)
    {
        if(userFile == "SelfPlacingWindow.xml")
        {
            listBoxMessages.Items.Add("Successfully opened file " +
                userFile.ToString());

            StreamReader storStream =
                new StreamReader(new IsolatedStorageFileStream("SelfPlacingWindow.xml",
                    FileMode.Open, storFile));
            System.Xml.XmlTextReader reader = new
                System.Xml.XmlTextReader(storStream);

            int redComponent = 0;
            int greenComponent = 0;
            int blueComponent = 0;

            int X = 0;
            int Y = 0;

            while (reader.Read())
            {
                switch (reader.Name)
                {
                    case "Red":
                        redComponent = int.Parse(reader.ReadString());
                        break;
                    case "Green":
                        greenComponent = int.Parse(reader.ReadString());
                        break;
                    case "Blue":
                        blueComponent = int.Parse(reader.ReadString());
                        break;
                    case "X":
                        X = int.Parse(reader.ReadString());
                        break;
                    case "Y":
                        Y = int.Parse(reader.ReadString());
                        break;
                    case "Width":
                        this.Width = int.Parse(reader.ReadString());
                        break;
                    case "Height":
                        this.Height = int.Parse(reader.ReadString());
                }
            }
        }
    }
}
```

```

        break;
    case "WindowState":
        this.WindowState = (FormWindowState)FormWindowState.Parse
            (WindowState.GetType(), reader.ReadString());
        break;
    default:
        break;
    }
}

this.BackColor =
    Color.FromArgb(redComponent, greenComponent, blueComponent);
this.DesktopLocation = new Point(X, Y);

listBoxMessages.Items.Add("Background color: " + BackColor.Name);
listBoxMessages.Items.Add("Desktop location: " +
    DesktopLocation.ToString());
listBoxMessages.Items.Add("Size: " + new Size(Width, Height).ToString());
listBoxMessages.Items.Add("Window State: " + WindowState.ToString());

storStream.Close();
storFile.Close();
}
}
return true;
}

```

使用 `GetFileNames()` 方法, `SelfPlacingWindow.xml` 文档会从独立存储器中弹出, 然后放在一个流中, 再使用 `XmlTextReader` 对象分析它。

```

IsolatedStorageFile storFile = IsolatedStorageFile.GetUserStoreForDomain();
string[] userFiles = storFile.GetFileNames("SelfPlacingWindow.xml");

foreach (string userFile in userFiles)
{
    if(userFile == "SelfPlacingWindow.xml")
    {
        listBoxMessages.Items.Add("Successfully opened file " +
            userFile.ToString());

        StreamReader storStream =
            new StreamReader(new IsolatedStorageFileStream("SelfPlacingWindow.xml",
                FileMode.Open, storFile));
    }
}

```

XML 文档包含在 `IsolatedStorageFileStream` 对象中后, 就使用 `XmlTextReader` 对象分析它:

```

System.Xml.XmlTextReader reader = new
    System.Xml.XmlTextReader(storStream);

```

之后, 通过 `XmlTextReader` 对象从流中读取它。然后元素值会放回在应用程序中。`SelfPlacingWindow` 示例使用注册表记录和检索应用程序状态值, 而使用独立存储器与使用注册表同样有效。应用程序会与以前一样记录颜色、大小和位置。

## 29.9 小结

本章介绍了如何在 C# 代码中使用 .NET 基类来访问注册表和文件系统。在这两种情况下，基类提供的对象模型比较简单，但功能强大，从而很容易执行这些领域中几乎所有的操作。对于文件系统，可以复制文件；移动、创建、删除文件和文件夹；读写二进制文件和文本文件。而对于注册表，可以创建、修改或读取键。

本章还介绍了独立存储器以及如何在应用程序中使用它们存储应用程序状态。

本章假定用户在有足够访问权限的账户上运行代码，以完成代码需要执行的任务。显然，安全性对于文件访问非常重要，详见第 21 章。

# 第Ⅳ部分

## 数 据

---

- 第 30 章 核心 ADO.NET
- 第 31 章 ADO.NET Entity Framework
- 第 32 章 数据服务
- 第 33 章 处理 XML
- 第 34 章 .NET 编程和 SQL Server

# 第 30 章

## 核心 ADO.NET

本章内容:

- 连接数据库
- 执行命令
- 调用存储过程
- ADO.NET 对象模型
- 使用 XML 和 XML 架构

本章讨论如何使用 ADO.NET 访问 C#程序中的数据, 主要介绍如何使用 `SqlConnection` 类和 `OleDbConnection` 类连接数据库, 以及断开与数据库的连接。深入讨论命令对象上的各种选项, 并说明如何为 `Sql` 类和 `OleDb` 类的每个选项使用命令。如何使用命令对象来调用存储过程, 这些存储过程的结果如何集成到缓存在客户端上的数据中。ADO.NET 对象模型与 ADO 中可用的对象完全不同, 本节将讨论 `DataSet`、`DataTable`、`DataRow` 和 `DataColumn` 类。`DataSet` 类也可以包含表之间、约束之间的关系。类层次结构在 .NET Framework 2.0 版本中有许多变化, 本章也将介绍这些变化。最后将讨论 XML 架构, 它是构建 ADO.NET 的基础。

下面首先简要介绍 ADO.NET。

### 30.1 ADO.NET 概述

ADO.NET 比现有 API 在技术上高出很多。它与 ADO 仅仅是名称类似, 类和访问数据的方法则完全不同。

ADO(ActiveX Data Objects)是一个 COM 组件库, 在过去的几年中, 这些组件有许多版本。ADO 主要包含 `Connection`、`Command`、`Recordset` 和 `Field` 对象。使用 ADO 时, 要打开与数据库的连接, 选择一些数据, 并把它们放在记录集中, 这些记录集由字段组成, 接着处理这些数据, 并在服务器上更新它们, 最后关闭连接。ADO 还引入了一个概念: 所谓的断开连接的记录集, 当不适合使连接打开相当长的时间时, 就可以使用该概念。

ADO 还有几个没有完全解决的问题, 其中最著名的就是笨拙的断开连接的记录集。对这个支持的需求要比以往“以 Web 为中心”的计算更高, 所以需要一种新方式。ADO.NET 和 ADO(不仅仅是名称)有许多相似之处, 所以从 ADO 升级到 ADO.NET 不会很困难。而且, 如果使用的是 SQL Server, 它有一组很好的托管类, 调整这些类可以很好地发挥出数据库的最佳性能。单是这一个理由, 就足以迁移到 ADO.NET 了。

ADO.NET 附带了 3 个数据库客户端名称空间，第 1 个用于 SQL Server，第 2 个用于 ODBC 数据源，第 3 个用于通过 OLE DB 实现的数据库。如果数据库不是 SQL Server，就应使用 OLE DB 路由，除非还能使用 ODBC。如果使用 Oracle 作为数据库，就可以访问 Oracle .NET Developer 站点，从 [www.oracle.com/technology/tech/windows/odpnet/index.html](http://www.oracle.com/technology/tech/windows/odpnet/index.html) 上获取其 .NET 提供程序 ODP.NET。

### 30.1.1 名称空间

本章所有的示例都以某种方式访问数据。表 30-1 所示的名称空间提供了在 .NET 数据访问中使用的类和接口。

表 30-1

名称空间	说 明
System.Data	所有数据访问泛型类
System.Data.Common	各个数据提供程序共享(或重写)的类
System.Data.EntityClient	Entity Framework 类
System.Data.Linq.SqlClient	LINQ to SQL 提供程序类
System.Data.Odbc	ODBC 提供程序的类
System.Data.OleDb	OLE DB 提供程序的类
System.Data.ProviderBase	新的基类和连接工厂类
System.Data.Sql	用于 SQL Server 数据访问的新泛型接口和类
System.Data.SqlClient	Sql Server 提供程序的类
System.Data.SqlTypes	Sql Server 数据类型

下面两节列出 ADO.NET 中主要的类。

### 30.1.2 共享类

ADO.NET 包含许多类，无论是使用 SQL Server 类，还是使用 OLE DB 类，都可以使用它们。表 30-2 列出的类包含在 System.Data 名称空间中。

表 30-2

类	说 明
DataSet	这个对象主要用于断开连接，它可以包含一组 DataTable，以及这些表之间的关系
DataTable	数据的一个容器，DataTable 由一个或多个 DataColumn 组成，每个 DataColumn 由一个或多个包含数据的 DataRow 组成
DataRow	许多数值，类似于数据库表的一行，或电子表格中的一行。
DataColumn	该对象包含列的定义，如名称和数据类型
DataRelation	DataSet 类中两个 DataTable 类之间的链接，用于外键和主/从关系
Constraint	为 DataColumn 类(或一组数据列)定义规则，如唯一值

如表 30-3 所示，下面两个类包含在 System.Data.Common 名称空间中。



表 30-3

类	说 明
DataColumnMapping	将数据库中的列名映射到 DataTable 中的列名
DataTableMapping	将数据库中的表名映射到 DataSet 中的 DataTable

### 30.1.3 数据库专用类

除了上一节介绍的共享类外，ADO.NET 还包含许多数据库专用类。这些类实现一组在 System.Data 名称空间中定义的标准接口，根据需要允许类按照一般形式来使用。例如，SqlConnection 类和 OleDbConnection 类派生于实现 IDbConnection 接口的 DbConnection 类。表 30-4 列出了数据库专用类。

表 30-4

类	说 明
SqlCommand、OleDbCommand 和 OdbcCommand	用作 SQL 语句或存储过程调用的包装器，SqlCommand 类的示例详见本章后面的内容
SqlCommandBuilder、OleDbCommandBuilder 和 OdbcCommandBuilder	用于从一条 SELECT 语句中生成 SQL 命令(如 INSERT、UPDATE 和 DELETE 语句)
SqlConnection、OleDbConnection 和 OdbcConnection	用于连接数据库。类似于 ADO 连接，示例详见本章后面的内容
SqlDataAdapter、OleDbDataAdapter 和 OdbcDataAdapter	用于存储 select、insert、update 和 delete 命令的类，因此可以用于填充 DataSet 和更新数据库，SqlDataAdapter 的示例详见本章后面的内容
SqlDataReader、OleDbDataReader 和 OdbcDataReader	用作只向前的连接数据读取器，SqlDataReader 的示例详见本章后面的内容
SqlParameter、OleDbParameter 和 OdbcParameter	用于为存储过程定义一个参数，如何使用 SqlParameter 的示例详见本章后面的内容
SqlTransaction、OleDbTransaction 和 OdbcTransaction	用于数据库事务，包装在一个对象中

ADO.NET 类最重要的功能是：它们是以断开连接的方式工作，这在目前以 Web 为中心的环境中非常重要。我们常常把服务(例如在线书店)构建为连接到一个服务器，检索一些数据，再在客户端上处理这些数据，之后重新连接服务器，并把数据传递回去，进行处理。ADO.NET 的断开连接的本质就可以启用这种操作。

传统的 ADO 2.1 引入了断开连接的记录集，它允许从数据库中检索数据，把它们传递给客户端，进行处理，再重新连接服务器。但它们使用起来常常很繁琐，因为断开连接的工作方式不是一开始就设计好的。ADO.NET 类则不同，除了一种情况([provider]DataReader)外，它们都用于脱机处理数据库。



本章将介绍在 .NET Framework 中用于数据访问的类和接口，主要论述连接数据库时使用的 SQL 类，因为 Framework SDK 示例安装了一个 SQL Server Express 数据库 (SQL Server)。在大多数情况下，OLE DB 类和 ODBC 类类似于 SQL 代码。

## 30.2 使用数据库连接

为了访问数据库，需要提供某种类型的连接参数，如运行数据库的计算机和登录证书。使用 ADO 的用户会很快熟悉 .NET 连接类 `OleDbConnection` 和 `SqlConnection`，图 30-1 显示了两个连接类及类的层次结构。

本章的示例使用 Northwind 数据库，可以在网络上找到它。下面的代码段说明了如何创建、打开和关闭 Northwind 数据库的连接。

```
using System.Data.SqlClient;

string source = "server=(local);" +
               "integrated security=SSPI;" +
               "database=Northwind";
SqlConnection conn = new SqlConnection(source);
conn.Open();

// Do something useful

conn.Close();
```

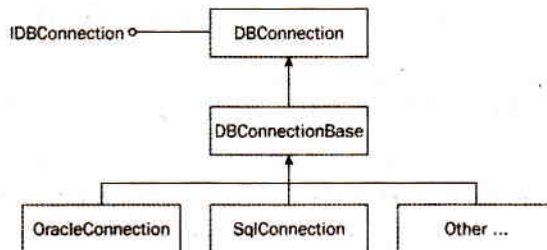


图 30-1

如果以前使用过 ADO 或 OLE DB，就会很熟悉连接字符串。如果使用的是 OleDb 提供程序，就应能剪切和粘贴旧代码。在该示例的连接字符串中，使用的参数如下所示。连接字符串中的参数用分号分隔开。

- `server=(local)`: 表示要连接到的数据库服务器。SQL Server 允许在同一台计算机上运行多个不同的数据库服务器实例，这里连接到默认的 SQL Server 实例。如果使用 SQL Express，就把服务器部分改为 `server=.\sqlexpress`。
- `integrated security=SSPI`: 这个参数使用 Windows Authentication 连接到数据库，最好在源代码中使用这个参数，而不是用户名和密码。
- `database=Northwind`: 这描述了要连接到的数据库实例。每个 SQL Server 进程都可以提供几个数据库实例。



如果忘记数据库连接字符串的格式, 就可以使用下面的 URL: [www.connectionstrings.com](http://www.connectionstrings.com)

这个示例使用定义好的连接字符串打开数据库连接, 再关闭该连接。一旦打开连接后, 就可以对数据源执行命令, 完成后, 就可以关闭连接。

· SQL Server 有另一种模式的身份验证。它可以使用 Windows 集成的安全性, 这样在登录时提供的证书就会传递给 SQL Server。为此, 应删除连接字符串的 uid 和 pwd 部分, 并添加 Integrated Security=SSPI。

在本章的下载代码中, 有一个文件 login.cs 简化了本章的示例。它链接到所有的示例代码, 包括用于这些示例的数据库连接信息; 可以修改该文件, 使用自己的服务器名称、用户名和密码。在默认情况下, 该文件使用 Windows 集成的安全性, 但是可以根据需要修改用户名和密码。

### 30.2.1 管理连接字符串

在以前的 .NET 版本中, 由开发人员管理数据库的连接字符串, 其方法常常是把连接字符串存储在应用程序配置文件中, 或者更常见的是, 在应用程序的某个地方硬编码连接字符串。

从 .NET 2.0 开始, 有一种预定义的方式来存储连接字符串, 甚至是以类型未知的方式使用数据库连接。例如, 现在可以编写应用程序, 然后插入各个数据库提供程序, 而这些都无需修改主应用程序。

要定义数据库连接字符串, 应使用配置文件中 <connectionStrings> 部分。在这里可以指定连接的名称、数据库连接字符串的实际参数, 还需要指定这个连接类型的提供程序。下面是一个例子:



```
<configuration>
...
<connectionStrings>
  <add name="Northwind"
        providerName="System.Data.SqlClient"
        connectionString="server=(local);integrated
                        security=SSPI;database=Northwind" />
</connectionStrings>
</configuration>
```

代码段 Connection String Example.txt

本章将在其他例子中使用这个连接字符串。

一旦在配置文件中定义了数据库连接信息, 就需要在应用程序中利用该信息。我们常常要创建一个如下的方法, 根据连接的名称检索数据库连接:



```
private DbConnection GetDatabaseConnection ( string name )
{
  ConnectionStringSettings settings =
    ConfigurationManager.ConnectionStrings[name];

  DbProviderFactory factory = DbProviderFactories.GetFactory
    ( settings.ProviderName );
  DbConnection conn = factory.CreateConnection ( );
  conn.ConnectionString = settings.ConnectionString;

  return conn;
}
```

这段代码首先读取指定的连接字符串段(使用 `ConfigurationStringSettings` 类), 再从基类 `DbProviderFactories` 中申请一个提供程序工厂, 这要使用 `ProviderName` 属性, 它在应用程序配置文件中设置为"System.Data.SqlClient"。它会映射为实际的工厂类, 用于为 SQL Server 生成数据库连接, 在本例中应使用 `System.Data.SqlClient` 中的 `SqlClientFactory` 类。必须添加对 `System.Configuration` 程序集的引用, 才能解析上述代码使用的 `ConfigurationManager` 类。

这对于获得数据库连接似乎是不必要的工作, 如果应用程序从来不运行在其他数据库(除了为它设计的数据库之外)上, 这些工作的确没有必要。但如果使用前面的工厂方法和泛型 `Db*`类(如 `DbConnection`、`DbCommand` 和 `DbDataReader`), 就会发现, 以后将该应用程序迁移到另一个数据库系统上非常简单。

### 30.2.2 高效地使用连接

一般情况下, 当在 .NET 中使用“稀缺”的资源时, 如数据库连接、窗口或图形对象, 最好确保每个资源在使用完后立即关闭。尽管 .NET 的设计人员实现了自动的垃圾收集, 垃圾最终都会被回收, 但仍需要尽可能早地释放资源, 以避免出现资源匮乏的情况。

当编写访问数据库的代码时, 这都非常明显, 因为使连接打开的时间略长于需要的时间, 就可能影响其他会话。在极端的情况下, 不关闭连接会使其他用户无法进入一整组数据表, 极大地降低了应用程序的性能。因为关闭数据库连接应是必需的, 所以本节讨论如何构建代码, 把一直打开资源的风险降到最低。

主要有两种方式可以确保数据库连接等类似的“稀缺”资源在使用完后立即释放。下面就介绍这两种方式。

#### 1. 第一种方式——利用 `try...catch...finally` 语句块

确保释放资源的第一种方式是利用 `try...catch...finally` 块, 确保在 `finally` 块中关闭任何已打开的连接。下面是一个小示例:

```
try
{
    // Open the connection
    conn.Open();
    // Do something useful
}
catch ( SqlException ex )
{
    // Log the exception
}
finally
{
    // Ensure that the connection is freed
    conn.Close ( );
}
```

在 `finally` 块中, 可以释放已经使用的任何资源。这种方式的唯一麻烦是必须确保关闭连接。很

容易忘记在 `finally` 块中添加关闭连接的命令，所以应在编码风格上添加一些不容易出现反常情况的内容。

另外，在给定的方法中可能会打开许多资源(如两个数据库连接和一个文件)，这样 `try...catch...finally` 块的层次有时可能不容易看懂。但还有另一种方式可以确保资源的关闭——使用 `using` 语句。

## 2. 第二种方式——使用 `using` 语句块

在开发 C#的过程中，.NET 在对象不再引用之后清理它们的方法是使用非决定性的析构方式，这已经引起了非常热烈的讨论。

在 C++中，对象只要使用完毕，就会自动调用其析构函数。这对于基于资源的类的设计人员是非常好的消息，因为如果用户忘记关闭资源，则最好使用析构函数。只要对象使用完毕，就会调用 C++析构函数。所以，例如，如果出现了异常，但没有捕获，有析构函数的对象就会调用它们的析构函数。

在 C#和其他托管语言中，没有自动的、决定性的析构的概念，而是有一个垃圾收集器，它会在未来的某个时刻释放资源。它是非决定性的，因为我们不能确定这个过程在什么时候发生。忘记关闭数据库连接可能会导致.NET 可执行程序的各种问题。幸运的是，我们还有解决的方法。下面的代码说明了如何使用 `using` 子句确保在退出块后立即释放实现 `IDisposable` 接口(详见第 13 章)的对象。

```
string source = "server=(local);" +
               "integrated security=SSPI;" +
               "database=Northwind";

using ( SqlConnection conn = new SqlConnection ( source ) )
{
    // Open the connection
    conn.Open ( );

    // Do something useful
}
```

在这个实例中，无论块是如何退出的，`using` 子句都会确保关闭数据库连接。

查看一下连接类的 `Dispose()` 方法的 IL 代码，它们都检查连接对象的当前状态，如果其状态为打开，就调用 `Close()` 方法。浏览 .NET 程序集的一个强大工具是 `Reflector`(可以从 [www.red-gate.com/products/reflector/](http://www.red-gate.com/products/reflector/) 上获得)。这个工具允许查看任何 .NET 方法的 IL 代码，还可以把 IL 代码反编译为 C#源代码，让我们轻松地确定给定方法的作用。

在编程时，应至少使用这两种方法中的种，或者两种方法都使用。无论在哪里获得资源，最好都使用 `using()` 语句，因为尽管我们都打算编写 `Close()` 语句，但有时会忘记，并且出现异常时 `using` 子句就会发挥作用。因为这两种方式都没有好的异常处理方式来替代，所以在大多数情况下，最好组合使用这两种方法，如下面的示例所示。

```
try
{
    using ( SqlConnection conn = new SqlConnection ( source ) )
    {
        // Open the connection
```

```
        conn.Open ( );

        // Do something useful
        // Close it myself
        conn.Close ( );
    }
}
catch (SqlException e)
{
    // Log the exception
}
```

这里调用了 `Close()` 方法，但严格来说这是不必要的，因为 `using` 子句将确保在任何情况下都执行关闭操作。但是，应确保像这样的任何资源尽可能早地释放。因为在块的其余部分可能有更多的代码，而没有必要锁定资源。

另外，如果在 `using` 块中出现了异常，`using` 子句就会确保在资源上调用 `IDisposable.Dispose()` 方法，在本例中将确保总是关闭数据库连接。这样，与必须确保在异常子句中关闭连接相比，代码的可读性更高。还要注意，异常定义为 `SqlException`，而不是捕获所有异常的 `Exception` 类型——应总是捕获特定的异常，把不显式处理的所有其他异常放在执行栈中。如果专用的数据类可以处理错误，并执行一些操作，就应仅捕获这个异常。

最后，如果编写一个封装资源的类，那么无论该资源是什么，都应实现 `IDisposable` 接口，以关闭资源。这样，任何使用该类的代码都可以利用 `using()` 语句，并确保资源被释放。

### 30.2.3 事务

通常，对数据库要进行多次更新，这些更新必须在事务的范围内进行。我们常常要在代码中查找一个事务对象，它传递给许多方法，以更新数据库，但在 .NET Framework 2.0 及其更高版本中，在 `System.Transactions` 程序集中添加了 `TransactionScope` 类，它极大地简化了事务代码的编写，因为可以把几个事务方法合并到一个事务范围中，事务流会根据需要执行每个方法。

下面的代码是在 SQL Server 连接上开始事务处理：

```
string source = "server=(local);" +
               "integrated security=SSPI;" +
               "database=Northwind";

using (TransactionScope scope = new
    TransactionScope(TransactionScopeOption.Required))
{
    using (SqlConnection conn = new SqlConnection(source))
    {
        // Do something in SQL
        .
        .

        // Then mark complete
        scope.Complete ();
    }
}
```

这段代码使用 `scope.Complete()` 方法把事务显式地标记为完成。如果不调用这个方法，事务就会回滚，以便不对数据库进行任何修改。

在使用事务作用域时，可以选择在该事务中执行的命令的独立级别。该级别确定了如何在一个数据库会话中查看在另一个数据库会话中所进行的修改，并不是所有数据库引擎都支持表 30-5 所示的 4 个级别。

表 30-5

独立级别	说明
ReadCommitted	SQL Server 的默认级别。这个级别可以确保只有第一个事务提交后，在第二个事务中才能访问第一个事务写入的数据
ReadUncommitted	即使一个事务还没有提交数据，也允许另一个事务从数据库中读取数据。例如，如果两个用户在访问同一个数据库，第一个用户插入一些数据，但没有完成事务(通过 Commit 或 Rollback 方法)，第二个用户把自己的独立级别设置为 ReadUncommitted，因此可以访问数据
RepeatableRead	这个级别扩展了 ReadCommitted 级别，确保如果在事务中使用了相同的语句，无论是否有其他潜在的数据库更新，总是可以返回相同的数据。这个级别要求对数据进行额外的锁定，这会降低性能。这个级别可以保证，对于初始查询的每一行，都不会修改数据，但允许显示“幻象(phantom)”行——这些行是在事务运行时，由另一个事务插入的全新数据行
Serializable	这是最“高级”的事务级别，对数据库中的数据进行串行化访问。利用这种独立级别，不会显示幻象行，所以在可串行化的事务中使用的 SQL 语句总是检索相同的数据。可串行化的事务对性能的负面影响不应低估，如果不肯定是否需要使用这个独立级别，最好不要使用它

SQL Server 的默认独立级别 ReadCommitted 是数据一致性和数据可用性之间的一种很好的折衷，因为它比 RepeatableRead 或 Serializable 模式中需要的数据锁定都少。但是，有时应提高独立级别，这样在 .NET 中，才能从一种非默认的级别开始事务处理。使用哪个级别没有硬性规则，全凭经验。



如果当前使用的是不支持事务的数据库，就应转而使用支持它的数据库。一旦我们成为可以完全信任的雇员，且拥有错误数据库的全部访问权限，就可能输入 `delete from bug where id=99999` 以删除对应的错误，但实际上输入的是“<”而不是“=”，此时会删除整个错误数据库，这可不是我们希望的。幸好 IS 小组每天晚上都会备份该数据库，可以还原它，但使用回滚命令会更简单。

### 30.3 命令

30.2 节简要介绍了针对数据库执行的命令。简言之，命令就是一个要在数据库上执行的包含 SQL 语句的文本字符串。命令也可以是一个存储过程，或者返回表中所有列和所有行的表的名称(换言之，SELECT \*样式的子句)。

把 SQL 子句作为一个参数传递给 Command 类的构造函数，就可以构造一条命令，如下例所示：

```
string source = "server=(local);" +
               "integrated security=SSPI;" +
               "database=Northwind";
```

```
string select = "SELECT ContactName,CompanyName FROM Customers";
SqlConnection conn = new SqlConnection(source);
conn.Open();
SqlCommand cmd = new SqlCommand(select, conn);
```

<provider>Command 类有一个 CommandType 属性，它用来定义某条命令是 SQL 子句、存储过程的调用，还是完整的表语句(仅从给定的表中选择所有列和行)。表 30-6 总结了 CommandType 枚举。

表 30-6

命令类型	样 例
Text(默认)	String select = "SELECT ContactName FROM Customers" SqlCommand cmd = new SqlCommand(select, conn);
StoredProcedure	SqlCommand cmd = new SqlCommand("CustOrderHist", conn); cmd.CommandType = CommandType.StoredProcedure; cmd.Parameters.Add("@CustomerID", "QUICK");
TableDirect	OleDbCommand cmd = new OleDbCommand("Categories", conn); cmd.CommandType = CommandType.TableDirect;

在执行存储过程时，需要把参数传送给过程。上面的示例直接设置了参数@CustomerID，尽管设置参数的值还可以使用其他方式，详见本章后面的内容。注意自从.NET 2.0 开始，给命令参数集合添加了 AddWithValue()方法，而废弃了 Add(name, value)成员。如果习惯于使用这个构建参数的原始方法来调用存储过程，在重新编译代码时，就会得到一个编译警告。最好现在就修改代码；因为 Microsoft 在.NET 的后续版本中将删除旧方法。



**TableDirect 命令类型只对 OleDb 提供程序有效——如果试图把这个命令类型用于其他提供程序，就会抛出异常。**

### 30.3.1 执行命令

定义好命令后，就需要执行它。执行语句有许多方式，这取决于要从命令中返回什么数据。

<provider>Command 类提供了下述可执行的命令：

- ExecuteNonQuery() —— 执行命令，但不返回任何结果。
- ExecuteReader() —— 执行命令，返回一个类型化的 IDataReader。
- ExecuteScalar() —— 执行命令，返回结果集中第一行第一列的值。

除了上述命令外，SqlCommand 类也提供了下面的方法：

- ExecuteXmlReader() —— 执行命令，返回一个 XmlReader 对象，它可以遍历从数据库中返回的 XML 片段。

#### 1. ExecuteNonQuery()方法

这个方法一般用于 UPDATE、INSERT 或 DELETE 语句，其中唯一的返回值是受影响的记录个数。但如果调用带输出参数的存储过程，该方法就有返回值：





可从  
wrox.com  
下载源代码

```
using System;
using System.Data.SqlClient;

public class ExecuteNonQueryExample
{
    public static void Main(string[] args)
    {
        string source = "server=(local);" +
            "integrated security=SSPI;" +
            "database=Northwind";
        string select = "UPDATE Customers " +
            "SET ContactName = 'Bob' " +
            "WHERE ContactName = 'Bill'";
        SqlConnection conn = new SqlConnection(source);
        conn.Open();
        SqlCommand cmd = new SqlCommand(select, conn);
        int rowsReturned = cmd.ExecuteNonQuery();
        Console.WriteLine("{0} rows returned.", rowsReturned);
        conn.Close();
    }
}
```

代码下载 [GetDatabaseConnection.txt](#)

ExecuteNonQuery()方法返回命令所影响的行数，它为一个整数。

## 2. ExecuteReader()方法

这个方法执行命令，并根据使用的提供程序返回一个类型化的 DataReader 对象，返回的对象可以用于遍历返回的记录，如下面的代码所示。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
using System;
using System.Data.SqlClient;

public class ExecuteReaderExample
{
    public static void Main(string[] args)
    {
        string source = "server=(local);" +
            "integrated security=SSPI;" +
            "database=Northwind";
        string select = "SELECT ContactName,CompanyName FROM Customers";
        SqlConnection conn = new SqlConnection(source);
        conn.Open();
        SqlCommand cmd = new SqlCommand(select, conn);
        SqlDataReader reader = cmd.ExecuteReader();
        while(reader.Read())
        {
            Console.WriteLine("Contact: {0,-20} Company: {1}",
                reader[0], reader[1]);
        }
    }
}
```

代码下载 [ExecuteReaderExample.cs](#)

图 30-2 显示了这段代码的结果。

本章的后面将讨论<provider>DataReader 对象。

```

*** SqlProvider ***
Output from direct SQL statement...

```

CONTACT	COMPANY
Maria Anders	Alfreds Futterkiste
Ana Trujillo	Ana Trujillo Emparedados y helados
Antonio Moreno	Antonio Moreno Iaqueria
Thomas Hardy	Around the Horn
Christina Berglund	Berglunds snabbköp
Hanna Moos	Blauer See Delikatessen
Frédérique Citeaux	Blondesds1 père et fils
Martin Sommer	Bólido Comidas preparadas
Laurence Leblan	Bon app'
Elizabeth Lincoln	Bottom-Dollar Markets
Victoria Ashworth	B's Beverages
Patricio Simpson	Cactus Comidas para llevar
Francisco Chang	Centro comercial Moctezuma
Fang Wang	Chop-suey Chinese
Pedro Afonso	Comércio Mineiro
Elizabeth Brown	Consolidated Holdings
Evan Ocelot	Drachenblut Delikatessen
Janine Labruno	Du monde entier
Ann Devon	Eastern Connection
Roland Mendel	Ernst Handel

图 30-2

### 3. ExecuteScalar()方法

在许多情况下，需要从 SQL 语句返回一个结果，如给定表中的记录个数，或者服务器上的当前日期/时间。ExecuteScalar()方法就可以用于这些场合：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

using System;
using System.Data.SqlClient;

public class ExecuteScalarExample
{
    public static void Main(string[] args)
    {
        string source = "server=(local);" +
            "integrated security=SSPI;" +
            "database=Northwind";

        string select = "SELECT COUNT( * ) FROM Customers";
        SqlConnection conn = new SqlConnection(source);
        conn.Open();
        SqlCommand cmd = new SqlCommand(select, conn);
        object o = cmd.ExecuteScalar();
        Console.WriteLine(o);
    }
}

```

代码段 ExecuteReaderExample.cs

该方法返回一个对象，根据需要，可以把该对象强制转换为合适的类型。如果所调用的 SQL 只返回一列，则最好使用 ExecuteScalar()方法来检索这一列。这也适合于只返回一个值的存储过程。

### 4. ExecuteXmlReader()方法(只用于 SqlClient 提供程序)

顾名思义，这个方法执行命令，给调用者返回一个 XmlReader 对象。SQL Server 允许使用 FOR XML 子句来扩展 SQL 的 SELECT 子句。这个子句可以带有下述 3 个选项中的一个：

- FOR XML AUTO——根据 FROM 子句中的表构建一棵树
- FOR XML RAW——把结果集中的行映射到元素，其中的列映射到属性
- FOR XML EXPLICIT——必须指定要返回的 XML 树的形状

对于本示例，使用 AUTO:



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
using System;
using System.Data.SqlClient;
using System.Xml;

public class ExecuteXmlReaderExample
{
    public static void Main(string[] args)
    {
        string source = "server=(local);" +
            "integrated security=SSPI;" +
            "database=Northwind";
        string select = "SELECT ContactName,CompanyName " +
            "FROM Customers FOR XML AUTO";
        SqlConnection conn = new SqlConnection(source);
        conn.Open();
        SqlCommand cmd = new SqlCommand(select, conn);
        XmlReader xr = cmd.ExecuteXmlReader();
        xr.Read();
        string data;
        do
        {
            data = xr.ReadOuterXml();
            if (!string.IsNullOrEmpty(data))
                Console.WriteLine(data);
        } while (!string.IsNullOrEmpty(data));
        conn.Close();
    }
}
```

代码下载 [ExecuteReaderExample.cs](#)

注意，必须导入 System.Xml 名称空间，才能输出返回的 XML。这个名称空间和 .NET Framework 其他的 XML 功能将在第 33 章中详细论述。本例在 SQL 语句中包含了 FOR XML AUTO 子句，然后调用 ExecuteXmlReader() 方法。代码的结果如图 30-3 所示。

在 SQL 子句中，指定了 FROM Customers，这样 Customers 类型的元素就显示在输出中。为它添加特性，每个特性对应于从数据库中选择出来的每一列。这就为从数据库中选择的每一行构建了 XML 片段。

```
*** SqlProvider ***
Use ExecuteXmlReader with a FOR XML AUTO SQL clause
<Customers ContactName="Maria Anders" CompanyName="Alfreds Futterkiste" />
<Customers ContactName="Antonio Moreno" CompanyName="Antonio Moreno Taqueria" />
<Customers ContactName="Christina Berglund" CompanyName="Berglunds snabbköp" />
<Customers ContactName="Frédérique Citeaux" CompanyName="Blondesds1 père et fil" />
<Customers ContactName="Laurence Lebihan" CompanyName="Bon app'" />
<Customers ContactName="Victoria Ashworth" CompanyName="B's Beverages" />
<Customers ContactName="Francisco Chang" CompanyName="Centro comercial Mactezuma" />
<Customers ContactName="Pedro Afonso" CompanyName="Comércio Mineiro" />
<Customers ContactName="Evelyn Ottlieb" CompanyName="Drachenhut Delikatessen" />
<Customers ContactName="Ann Devon" CompanyName="Eastern Connection" />
<Customers ContactName="Aria Cruz" CompanyName="Familia Arquibaldo" />
<Customers ContactName="Martina Rancé" CompanyName="Folies gourmandes" />
<Customers ContactName="Peter Franken" CompanyName="Frankenversand" />
<Customers ContactName="Paolo Accorti" CompanyName="Franchi S.p.A." />
<Customers ContactName="Eduardo Saavedra" CompanyName="Galería del gastrónomo" />
>
<Customers ContactName="André Fonseca" CompanyName="Gourmet Lanchonetes" />
<Customers ContactName="Manuel Pereira" CompanyName="GROGUELLA Restaurants" />
<Customers ContactName="Carlos Hernández" CompanyName="HILARION Abastos" />
```

图 30-3

### 30.3.2 调用存储过程

用命令对象调用存储过程，就是定义存储过程的名称，给过程的每个参数添加参数定义，然后用上一节中给出的其中一种方法执行命令。

为了使本节的示例更有说服力，下面定义一组可用于在 Northwind 样本数据库的 Region 表中插入、更新和删除记录的存储过程。尽管 Region 表很小，但它可以用于给每种常见的存储过程编写示例，它是一个很好的示例。

#### 1. 调用没有返回值的存储过程

调用存储过程最简单的示例是不给调用者返回任何值。下面定义了两个这样的存储过程，一个用于更新先前已有的 Region 记录，另一个用于删除指定的 Region 记录。

##### (1) 记录的更新

更新 Region 记录很简单，因为(假定主键不能更新)只有一列可以更新。直接在 SQL Server 查询分析器中输入这些示例，或者运行本章可下载代码中的 StoredProcs.sql 文件，在该文件中包含本节的所有存储过程：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
CREATE PROCEDURE RegionUpdate (@RegionID INTEGER,
                               @RegionDescription NCHAR(50)) AS
SET NOCOUNT OFF
UPDATE Region
SET RegionDescription = @RegionDescription
WHERE RegionID = @RegionID
GO
```

[代码下载 StoredProcs.sql](#)

给实际表执行更新命令，需要重复选择和返回全部已更新的记录。这个存储过程接受两个输入参数(@RegionID 和 @RegionDescription)，对数据库执行 UPDATE 语句。

要在 .NET 代码中运行这个存储过程，需要定义一条 SQL 命令，并执行它：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
SqlCommand cmd = new SqlCommand("RegionUpdate", conn);
cmd.CommandType = CommandType.StoredProcedure;
cmd.Parameters.AddWithValue ( "@RegionID", 23 );
cmd.Parameters.AddWithValue ( "@RegionDescription", "Something" );
```

[代码下载 StoredProcs.sql](#)

这段代码新建一个 SqlCommand 对象 aCommand，并把它定义为一个存储过程。然后，使用 AddWithValue() 方法依次添加每个参数，这会构建一个参数，并设置其值，也可以手工构建 SqlParameter 实例，并根据需要把它们添加到 Parameters 集合中。

该存储过程接受两个参数：正在更新的 Region 记录的唯一主键；给这个记录的新描述。创建命令后，就可以用下面的命令执行它：

```
cmd.ExecuteNonQuery();
```

由于该过程没有返回值，因此使用 ExecuteNonQuery() 方法就足够了。命令参数可以直接使用 AddWithValue() 方法直接设置，也可以通过构建 SqlParameter 实例来设置。注意命令集合可以按位置

或参数名来索引。

## (2) 记录的删除

下一个存储过程可用于从数据库中删除一个 Region 记录:



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
CREATE PROCEDURE RegionDelete (@RegionID INTEGER) AS
SET NOCOUNT OFF
DELETE FROM Region
WHERE RegionID = @RegionID
GO
```

代码下载 StoredProcs.sql

这个过程只需要该记录的主键值。下面的代码使用 SqlCommand 对象调用这个存储过程:



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
SqlCommand cmd = new SqlCommand("RegionDelete", conn);
cmd.CommandType = CommandType.StoredProcedure;
cmd.Parameters.Add(new SqlParameter("@RegionID", SqlDbType.Int, 0,
"RegionID"));
cmd.UpdatedRowSource = UpdateRowSource.None;
```

代码下载 StoredProcs.cs

这条命令只接收一个参数, 如下面的代码所示, 它执行 RegionDelete 存储过程, 这是一个按照名称设置参数的示例。如果有许多对同一个存储过程的类似调用, 就应构建 SqlParameter 实例, 并设置其值, 如下面的代码所示, 其性能要比为每个调用重新构建整个 SqlCommand 更好:

```
cmd.Parameters["@RegionID"].Value = 999;
cmd.ExecuteNonQuery();
```

## 2. 调用返回输出参数的存储过程

前面两个执行存储过程的示例都没有返回值。如果存储过程包含输出参数, 它们就需要在 .NET 客户端中定义, 以便在过程返回时填充其输出参数。下面的示例说明了如何在数据库中插入记录, 并把该记录的主键返回给调用者。

### 记录的插入

Region 表仅由主键(RegionID)和描述字段(RegionDescription)组成。要插入一个记录, 必须生成该数字主键, 再把新行插入到数据库中。在这个示例中, 通过在存储过程中创建一个主键, 简化了主键的生成。使用的方法未经过任何加工, 这就是本章的后面用一节的篇幅介绍键的生成的原因。现在使用这个原始示例就足够了:



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
CREATE PROCEDURE RegionInsert(@RegionDescription NCHAR(50),
@RegionID INTEGER OUTPUT)AS
SET NOCOUNT OFF
SELECT @RegionID = MAX(RegionID) + 1
FROM Region
INSERT INTO Region(RegionID, RegionDescription)
VALUES(@RegionID, @RegionDescription)
GO
```

代码下载 StoredProcs.sql

插入过程新建一个 Region 记录, 在数据库本身生成主键值时, 这个值作为输出参数从过程中返

回(@RegionID)。这对于这个简单示例足够了，但对于比较复杂的表(特别是有默认值的表)，通常不使用输出参数，而选择插入的整行，把该行返回给调用者。NET 类可以处理这两种情况。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
SqlCommand cmd = new SqlCommand("RegionInsert", conn);
cmd.CommandType = CommandType.StoredProcedure;
cmd.Parameters.Add(new SqlParameter("@RegionDescription",
    SqlDbType.NChar,
    50,
    "RegionDescription"));
cmd.Parameters.Add(new SqlParameter("@RegionID",
    SqlDbType.Int,
    0,
    ParameterDirection.Output,
    false,
    0,
    0,
    "RegionID",
    DataRowVersion.Default,
    null));
cmd.UpdatedRowSource = UpdateRowSource.OutputParameters;
```

代码下载 StoredProcs.cs

其中参数的定义比较复杂。第二个参数@RegionID 定义为包含其参数方向，在这个示例中是 Output。除这个标志之外，该示例还在最后一行使用 UpdateRowSource 枚举表示数据通过输出参数从这个存储过程中返回。当从一个 DataTable(详见本章后面的内容)中执行存储过程调用时，主要使用这个标志。

调用这个存储过程类似于前面的示例，但在这个实例中，需要在执行该过程后读取输出参数：

```
cmd.Parameters["@RegionDescription"].Value = "South West";
cmd.ExecuteNonQuery();
int newRegionID = (int) cmd.Parameters["@RegionID"].Value;
```

在执行该命令后，读取@RegionID 参数的值，并把它强制转换为整数。上述命令的一个缩写版本是 ExecuteScalar()方法，它返回存储过程返回的第一个值(返回为对象)。

如果调用的存储过程返回输出参数和一组记录行，该怎么办？此时，应定义合适的参数，不是调用 ExecuteNonQuery()方法，而应调用另一个方法(如 ExecuteReader())，可以遍历所有返回的记录。

## 30.4 快速数据访问：数据读取器

虽然数据读取器(data reader)是从数据源中选择某些数据的最简单快捷的方法，但这也是功能最弱的一个方法。不能直接实例化数据阅读器，即调用 ExecuteReader()方法后从相应数据库的命令对象(如 SqlCommand)中返回的实例。

下面的代码说明了如何从 Northwind 数据库的 Customer 表中选择数据。这个示例连接到数据库，选择许多记录，循环所选的记录，并把它们输出到控制台上。

这个示例使用 OLE DB 提供程序作为一个来自 SQL 提供程序的简化的数据暂存器。在大多数情况下，OleDbClient 类与 SqlConnection 类是一一对应的关系，例如，OleDbConnection 对象就类似于前面

示例使用的 `SqlConnection` 对象。

要对 OLE DB 数据源执行命令，应使用 `OleDbCommand` 类。下面的代码执行一条简单的 SQL 语句，并读取记录，具体方法是返回一个 `OleDbDataReader` 对象。

注意下面的第二条 `using` 指令使 `OleDb` 类可用。

```
using System;
using System.Data.OleDb;
```

因为目前所利用的大部分数据提供程序都在同一个程序集中发布，所以只需要引用 `System.Data.dll` 程序集，就可以导入本节使用的所有类。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
public class DataReaderExample
{
    public static void Main(string[] args)
    {
        string source = "Provider=SQLOLEDB;" +
            "server=(local);" +
            "integrated security=SSPI;" +
            "database=northwind";

        string select = "SELECT ContactName,CompanyName FROM Customers";
        OleDbConnection conn = new OleDbConnection(source);
        conn.Open();
        OleDbCommand cmd = new OleDbCommand(select, conn);
        OleDbDataReader aReader = cmd.ExecuteReader();
        while(aReader.Read())
            Console.WriteLine("{0}' from {1}",
                aReader.GetString(0), aReader.GetString(1));

        aReader.Close();
        conn.Close();
    }
}
```

代码下载 [DataReaderExample.cs](#)

前面的代码包含其他章节介绍的许多熟悉的 C# 功能。要编译该示例，使用下面的命令：

```
csc /t:exe /debug+ DataReaderExample.cs /r:System.Data.dll
```

在前面的示例中，下面的代码根据源连接字符串，新建一个 OLE DB .NET 数据库连接：

```
OleDbConnection conn = new OleDbConnection(source);
conn.Open();
OleDbCommand cmd = new OleDbCommand(select, conn);
```

第 3 行根据特定的 `SELECT` 语句新建一个 `OleDbCommand` 对象，和执行命令时所使用的数据库连接。当有一条有效的命令时，就需要执行它，它返回一个初始化后的 `OleDbDataReader`：

```
OleDbDataReader aReader = cmd.ExecuteReader();
```

`OleDbDataReader` 是一个只向前的连接读取器，即只能沿着一个方向遍历记录，而使用的数据库连接一直打开，直到关闭该数据读取器为止。



OleDbDataReader 会使数据库连接一直处于打开状态，直到显式地关闭它为止。

OleDbDataReader 类不能直接实例化，它总是通过调用 OleDbCommand 类的 ExecuteReader() 方法来返回。一旦打开一个数据读取器，就可以用各种方式访问包含在该读取器中的数据。

关闭 OleDbDataReader 对象(显式调用 Close() 方法或通过垃圾收集器收集对象)时，底层的连接也会关闭，这取决于调用了哪个 ExecuteReader() 方法。如果调用了 ExecuteReader() 方法，并传递了 CommandBehavior.CloseConnection，就可以在关闭读取器时强制关闭连接。

OleDbDataReader 类有一个索引器，它可以使用常见的数组风格的语法访问任何字段(尽管不是类型安全的访问)：

```
object o = aReader[0];
```

或者

```
object o = aReader["CategoryID"];
```

假定 CategoryID 字段是 SELECT 语句中用于填充读取器的第一个字段，那么这两行语句在功能上等价，尽管后者比前者慢一些。为了验证这一点，编写一个简单的测试程序，从打开的数据读取器中对同一列进行 100 万次的迭代访问，仅为了获取一些足够大的数字来读取。虽然在一个死循环中可能并不会对同一列读取 100 万次，但按每(微)秒来计算，就可能编写出最佳的代码。

另外，数字索引器平均每 0.09 秒就进行 100 万次的访问，而文本索引器需要 0.63 秒。原因是文本方法是从模式的内部查找列号，再使用序列号进行访问。如果知道这个区别，就可以更好地访问数据。

是否应使用数字索引器？也许，但还有一种更好的方式。除了上面给出的索引器外，OleDbDataReader 还有一组类型安全的方法可以用于读取列，这些方法很容易理解，且都以 Get 开头。有一些方法可以读取大多数类型的数据，如 GetInt32、GetFloat 和 GetGuid 等。

前面使用 GetInt32 的 100 万次迭代用了 0.06 秒。数字索引器中的系统开销是获取数据类型造成的，调用与 GetInt32 相同的代码，然后装箱(本实例是拆箱)为一个整数。如果事先知道这种模式，希望使用加密数字而不是列名，且允许对所有列访问使用类型安全的函数，这样运行速度就会比使用文本格式的列名快 10 倍(选择同一列的上百万个副本)。

毫无疑问，在可维护性和速度之间有一个折衷的问题。如果必须使用数字索引器，就应在类范围内为所有要访问的列定义常量。上面的代码可以用于从任何 OLE DB 数据库中选择数据，但有许多 SQL Server 专用类可以使用，只是其可移植性有明显的损失。

下面的示例与上一示例基本相同，但在这个实例中分别用 SQL 提供程序和 SQL 类的引用替换了 OLE DB 提供程序和对 OLE DB 类的所有引用。该示例在 04\_DataReaderSql 目录下：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
using System;
using System.Data.SqlClient;

public class DataReaderSql
{
    public static int Main(string[] args)
```



```

string source = "server=(local);" +
               "integrated security=SSPI;" +
               "database=northwind";
string select = "SELECT ContactName,CompanyName FROM Customers";
SqlConnection conn = new SqlConnection(source);
conn.Open();
SqlCommand cmd = new SqlCommand(select, conn);
SqlDataReader aReader = cmd.ExecuteReader();
while(aReader.Read())
    Console.WriteLine("{0}' from {1}", aReader.GetString(0),
                      aReader.GetString(1));

aReader.Close();
conn.Close();
return 0;

```

代码下载 [DataReaderSql.cs](#)

注意一下区别是什么？如果正在输入这些代码，就用 `sql` 替换所有 `OleDb`，改变数据源字符串，并重新编译。这很容易。

对 SQL 提供程序的索引器进行相同的性能测试，这次数字索引器也使用 0.13 秒就完成了 100 万次的访问，基于索引器的字符串运行了约 0.65 秒。

## 30.5 管理数据和关系：DataSet 类

`DataSet` 类是数据的脱机容器。它不包含数据库连接的概念，实际上存储在 `DataSet` 类中的数据不一定来源于数据库，它可以是来自 CSV 文件、XML 文件的记录，或是从测量设备中读取的点。

`DataSet` 类由一组数据表组成，每个表都有一组数据列和数据行，如图 30-4 所示。除了定义数据外，还可以在 `DataSet` 类中定义表之间的链接。例如，我们常常要定义父/子关系(通常也称为主/从关系)。表中的一个记录(即 `Order`)链接到另一个表的许多记录上(即 `Order_Details`)，这种关系可以在 `DataSet` 类中定义和导航。

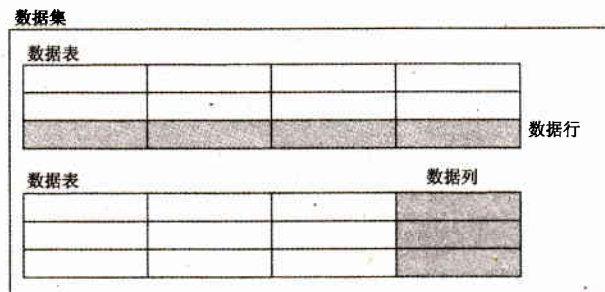


图 30-4

重点是记住，`DataSet` 类基本上是内存中的数据库，其中包含了所有表、关系和约束。下一节描述和 `DataSet` 一起使用的类。

### 30.5.1 数据表

数据表非常类似于物理数据库表，它由一组包含特定属性的列组成，可能包含 0 行或多行数据。数据表也可以定义主键(它可以是一列或多列)，列上也可以包含约束。这些信息对应的通用术语在本章的其他部分称为“架构”。

为数据表定义架构有几种方式(实际上把 DataSet 类当作一个整体)，这些在介绍了数据列和数据行后讨论。图 30-5 显示了一些可通过数据表访问的对象。

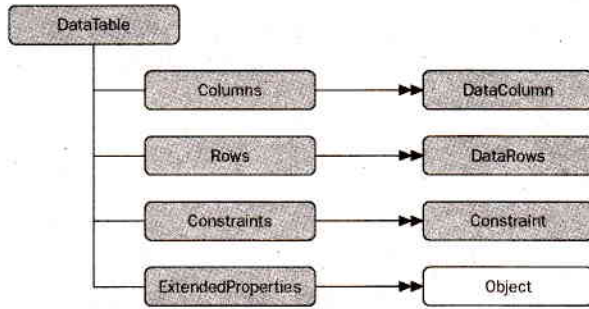


图 30-5

DataTable 对象(和 DataColumn)可以附带任意多个扩展属性。这个集合可以用与对象相关的用户自定义信息来填充。例如，某一列有一个输入掩码，用于验证列的内容是否有效，比较常见的示例是美国的社会安全号。当数据在中间层中构造，要返回给客户端，进行某些处理时，最适合使用扩展的属性。例如，可以在扩展的属性中存储数字列的有效性标准(如 min 和 max)，在验证用户输入时在 UI 层使用它。

填充数据表时，可以从数据库中选择数据，从文件中读取数据，或在代码中手工填充，Rows 集合会包含这些检索出来的数据。

Columns 集合包含已经添加到表中的 DataColumn 实例，它们定义了数据的架构，如数据类型、是否可为空和默认值等。Constraints 集合可以用唯一约束或主键约束来填充。

数据表使用架构信息的一个示例是在 DataGrid 中显示数据时。DataGrid 控件使用属性(如列的数据类型)来确定该列应使用什么控件。数据库中的 bit 字段在 DataGrid 中显示为一个复选框。如果列在数据库架构中定义为 NOT NULL，该信息就存储在 DataColumn 中，以便在用户试图移出数据行时测试该列。

### 30.5.2 数据列

DataColumn 对象定义了 DataTable 中某列的属性，如该列的数据类型，该列是否为只读，以及其他属性。可以在代码中创建列，或者由运行库自动生成列。

在创建列时，给它指定名称也很有用；否则运行库就会为该列生成一个名称，其格式是 Column*n*，其中 *n* 是一个递增的数字。

列的数据类型可以在构造函数中提供，也可以通过设置 DataType 属性来指定。一旦把数据加载到数据表中，就不能改变列的数据类型，否则会抛出一个 ArgumentException 异常。

创建的数据列可以包含表 30-7 所示的 .NET Framework 数据类型。

表 30-7

Boolean	Decimal	Int64	TimeSpan
Byte	Double	Sbyte	UInt16
Char	Int16	Single	UInt32
DateTime	Int32	String	UInt64

一旦创建它，就要给 DataColumn 对象设置其他属性，如该列是否可为空或者设置默认值。下面的代码段显示了给 DataColumn 对象设置的一些更常见的选项：

```

DataColumn customerID = new DataColumn("CustomerID", typeof(int));
customerID.AllowDBNull = false;
customerID.ReadOnly = false;
customerID.AutoIncrement = true;
customerID.AutoIncrementSeed = 1000;
DataColumn name = new DataColumn("Name", typeof(string));
name.AllowDBNull = false;
name.Unique = true;

```

可以给 DataColumn 对象设置如表 30-8 所示的属性。

表 30-8

属 性	说 明
AllowDBNull	如果为 true，该列就可以设置为 DBNull
AutoIncrement	指定该列的值自动生成为一个递增的数字
AutoIncrementSeed	定义 AutoIncrement 列最初的种子值
AutoIncrementStep	定义自动生成的列值之间的递增量，默认值为 1
Caption	可以用于在屏幕上显示列名
ColumnMapping	指定当 DataSet 类通过调用 DataSet.WriteXml 来保存时，列如何映射到 XML 上
ColumnName	列名，如果没有在构造函数中设置，就由运行库自动生成列名
DataType	定义列的 System.Type 值
DefaultValue	可以定义列的默认值
Expression	定义在所计算的列中使用的表达式

## 1. 数据行

这个类构成了 DataTable 类的另一部分。数据表中的列根据 DataTable 类来定义，表中的实际数据用 DataRow 对象来访问。下面的示例说明了如何访问数据表中的行。首先是连接的详细信息：

```

string source = "server=(local);" +
               "integrated security=SSPI;" +
               "database=northwind";
string select = "SELECT ContactName,CompanyName FROM Customers";
SqlConnection conn = new SqlConnection(source);

```

下面的代码引入了 `SqlDataAdapter` 类，它用于把数据置入 `DataSet` 中。`SqlDataAdapter` 类使用 SQL 子句，在 `DataSet` 类中用下面查询的结果填写 `Customers` 表。`SqlDataAdapter` 类将在 30.7 节中进一步讨论。

```
SqlDataAdapter da = new SqlDataAdapter(select, conn);
DataSet ds = new DataSet();
da.Fill(ds, "Customers");
```

在下面的代码中，注意使用 `DataRow` 类的索引器访问数据行上的值。给定列的值可以用几个重载的索引器来检索，这样就可以通过已知的列号、列名或 `DataColumn` 来检索数据的值：

```
foreach (DataRow row in ds.Tables["Customers"].Rows)
    Console.WriteLine("{0}' from {1}", row[0], row[1]);
```

`DataRow` 类最吸引人的一个方面就是它的版本功能。`DataRow` 类可以接收某一特定行上指定列的各个值，其版本见表 30-9。

表 30-9

DataRow 类的 Version 值	说 明
Current	列中目前存在的值，如果没有进行编辑，该值与初值相同。如果进行了编辑，该值就是最后输入的有效值
Default	默认值(换言之，列的任何默认设置)
Original	最初从数据库中选择出来的列值。如果调用 <code>DataRow</code> 类的 <code>AcceptChanges</code> 方法，该值就更新为 <code>Current</code> 值
Proposed	对列进行修改时，可以检索到这个已改变的值。如果在行上调用 <code>BeginEdit()</code> 方法，并进行修改，每一列都会有一个推荐值，直到调用 <code>EndEdit()</code> 或 <code>CancelEdit()</code> 方法为止

可以以许多方式使用给定列的版本。例如，在数据库中更新数据行时，在这种情况下常常使用如下 SQL 语句：

```
UPDATE Products
SET Name = Column.Current
WHERE ProductID = xxx
AND Name = Column.Original;
```

显然，这段代码永远不会编译，但它说明了某一行中某一列的初值和当前值的一种用法。

要从 `DataRow` 类的索引器中检索某个版本的值，应使用其中一个索引器方法，它把 `DataRowVersion` 值作为一个参数。下面的代码段说明了如何获得 `DataTable` 对象中每一列的所有值：

```
foreach (DataRow row in ds.Tables["Customers"].Rows )
{
    foreach ( DataColumn dc in ds.Tables["Customers"].Columns )
    {
        Console.WriteLine (" {0} Current = {1}", dc.ColumnName,
            row[dc, DataRowVersion.Current]);
        Console.WriteLine (" Default = {0}", row[dc, DataRowVersion.Default]);
    }
}
```

```

        Console.WriteLine (" Original = {0}",
                            row[dc, DataRowVersion.Original]);
    }
}

```

整行有一个状态标志 `RowState`，它可以用于确定在持久化到数据库时需要对该行进行什么操作。把 `RowState` 属性设置为跟踪对 `DataTable` 所做的所有改变，如添加新行、删除现有行，以及改变表中的列。当数据与数据库同步时，行的状态标志用于确定应执行什么 SQL 操作。这些标志由 `DataRowState` 枚举定义，如表 30-10 所示。

表 30-10

DataRowState 值	说 明
Added	指出把新数据行添加到 <code>DataTable</code> 的 <code>Rows</code> 集合中。在客户端上创建的所有行都设置为这个值，在与数据库同步时，最终会使用 SQL 的 <code>INSERT</code> 语句
Deleted	指出通过 <code>DataRow.Delete()</code> 方法把 <code>DataTable</code> 中的数据行标记为删除。该行仍存在 <code>DataTable</code> 中，但在屏幕上通常看不到它(除非显式设置 <code>DataView</code> )。 <code>DataView</code> 在下一章讨论。在 <code>DataTable</code> 中标记为已删除的数据行将在与数据库同步时从数据库中删除
Detached	指出某一行在创建后立即显示为这个状态，调用 <code>DataRow.Remove()</code> 方法也可以返回这个状态。分离的行不是任何数据表的一部分，因此处于这种状态的行不能使用任何 SQL 语句
Modified	如果任何列中的值发生了改变，数据行就处于这个状态
Unchanged	指出自从最后一次调用 <code>AcceptChanges()</code> 方法以来，该行都没有发生改变

行的状态也取决于在其上调用的方法。一般在成功更新数据源(即把改变持久化到数据库后)之后调用 `AcceptChanges()` 方法。

修改 `DataRow` 中的数据最常见的方式是使用索引器，但如果对数据进行了许多修改，就需要考虑使用 `BeginEdit()` 和 `EndEdit()` 方法。

在对 `DataRow` 中的列进行了修改后，就会在该行的 `DataTable` 上引发 `ColumnChanging` 事件。该事件可以重写 `DataColumnChangeEventArgs` 类的 `ProposedValue` 属性，按照需要修改它。这是在列值上进行某些数据有效性验证的一种方式。如果在进行修改前调用 `BeginEdit()` 方法，就不会引发 `ColumnChanging` 事件，于是可以进行多次修改，再调用 `EndEdit()` 方法，持久化这些修改。如果要回退到初值，就应调用 `CancelEdit()` 方法。

`DataRow` 可以以某种方式链接到其他数据行上，在数据行之间能够建立可导航的链接，这在主/从数据表中非常常见。`DataRow` 包含 `GetChildRows()` 方法，该方法可以从同一个 `DataSet` 的另一个表中把一组相关行返回为当前行。这些将在 30.5.2 节中介绍。

## · 2. 架构的生成

为 `DataTable` 创建架构有 3 种方式：

- 让运行库来完成
- 编写代码来创建表
- 使用 XML 架构生成器

下面介绍这 3 种方式。

(1) 运行库生成的架构

前面的 DataRow 示例用下面的代码从数据库中选择数据，并填充一个 DataSet 类：

```
SqlDataAdapter da = new SqlDataAdapter(select, conn);
DataSet ds = new DataSet();
da.Fill(ds, "Customers");
```

这很容易使用，但它也有几个缺点。例如，必须利用默认的列名来处理——这是可行的，但在某些情况下，还要把物理数据库的列(如 PKID)重命名为一个用户友好性更高的名称。

自然，可以在 SQL 子句中给列指定别名，如在 SELECT PID AS PersonID FROM Person Table 中。但最好不要在 SQL 中重命名列，因为列实际上只需要在屏幕上显示一个“好”的名称即可。

自动生成 DataTable/DataColumn 的另一个潜在问题是不能控制运行库为列选择的数据类型。运行库可以确定正确的数据类型，但有时需要对此有更多的控制。例如，为给定的列定义枚举类型，以简化类的用户代码。如果接受运行库生成的默认列类型，该列就可能是一个 32 位的整数，而不是有预定义选项的枚举。

最后，也是最有可能是出的问题是，在使用自动生成的表时，不能对 DataTable 中的数据进行类型安全的访问——索引器就会返回 object 的实例，而不是派生的数据类型。如果要用类型强制转换表达式对代码进行修改，就可以跳过下面的章节。

(2) 手工编码的架构

用生成的代码来创建 DataTable，再用相关联的 DataColumn 来填充相当简单。本节的示例将访问 Northwind 数据库中的 Product 表，如图 30-6 所示。

Column Name	Data Type	Allow Nulls
ProductID	int	<input type="checkbox"/>
ProductName	nvarchar(40)	<input type="checkbox"/>
SupplierID	int	<input checked="" type="checkbox"/>
CategoryID	int	<input checked="" type="checkbox"/>
QuantityPerUnit	nvarchar(20)	<input checked="" type="checkbox"/>
UnitPrice	money	<input checked="" type="checkbox"/>
UnitsInStock	smallint	<input checked="" type="checkbox"/>
UnitsOnOrder	smallint	<input checked="" type="checkbox"/>
ReorderLevel	smallint	<input checked="" type="checkbox"/>
Discontinued	bit	<input type="checkbox"/>

图 30-6

下面的代码生成一个 DataTable，它对应于图 30-6 的架构(但没有包含可空的列)：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
DataTable products = new DataTable("Products");
products.Columns.Add(new DataColumn("ProductID", typeof(int)));
products.Columns.Add(new DataColumn("ProductName", typeof(string)));
products.Columns.Add(new DataColumn("SupplierID", typeof(int)));
products.Columns.Add(new DataColumn("CategoryID", typeof(int)));
products.Columns.Add(new DataColumn("QuantityPerUnit", typeof(string)));
products.Columns.Add(new DataColumn("UnitPrice", typeof(decimal)));
products.Columns.Add(new DataColumn("UnitsInStock", typeof(short)));
products.Columns.Add(new DataColumn("UnitsOnOrder", typeof(short)));
```

```

products.Columns.Add(new DataColumn("ReorderLevel", typeof(short)));
products.Columns.Add(new DataColumn("Discontinued", typeof(bool)));
ds.Tables.Add(products);
}

```

代码下载 [ManufacturedDataSet.cs](#)

可以改变 `DataRow` 示例中的代码，使用如下新生成的表定义：

```

string source = "server=(local);" +
                "integrated security=sspi;" +
                "database=Northwind";
string select = "SELECT * FROM Products";
SqlConnection conn = new SqlConnection(source);
SqlDataAdapter cmd = new SqlDataAdapter(select, conn);
DataSet ds = new DataSet();
ManufactureProductDataTable(ds);
cmd.Fill(ds, "Products");
foreach(DataRow row in ds.Tables["Products"].Rows)
    Console.WriteLine("'0}' from {1}", row[0], row[1]);

```

`ManufactureProductDataTable()`方法新建一个 `DataTable`，依次添加每一列，最后把这个表追加到 `DataSet` 中表的清单上。`DataSet` 有一个索引器，它的参数是表名，给调用者返回该 `DataTable`。

上面的示例仍不是类型安全的，因为在列上使用了索引器来检索数据。最好是有一个类(或一组类)派生自 `DataSet`、`DataTable` 和 `DataRow`，为表、行和列定义类型安全的存取器。可以自己生成这段代码，这并不是特别乏味，最终将得到可以进行数据类型安全访问的类。

如果不愿意自己生成这些类型安全的类，就可以使用帮助。`.NET Framework` 对本节开头列出的第 3 种方法提供了支持：允许使用 XML 架构来定义 `DataSet`、`DataTables` 和本节介绍的其他类。30.6 节将详细介绍这种方法。

### 30.5.3 数据关系

在编写应用程序时，常常需要获取和缓存各种信息表。`DataSet` 类是这些信息的容器，使用一般的 OLE DB，需要提供一种奇怪的 SQL 方言来强制分层的数据关系，提供程序本身不能没有它自己的“怪癖”。

另一方面，`DataSet` 类从一开始就用于建立数据表之间的关系。本节的代码说明了如何手工生成并填充两个数据表。如果不能访问 SQL Server 或 NorthWind 数据库，就可以自由地运行这个示例。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

DataSet ds = new DataSet("Relationships");
ds.Tables.Add(CreateBuildingTable());
ds.Tables.Add(CreateRoomTable());
ds.Relations.Add("Rooms",
                ds.Tables["Building"].Columns["BuildingID"],
                ds.Tables["Room"].Columns["BuildingID"]);

```

代码下载 [DataRelationships.cs](#)

本示例使用的表如图 30-7 所示。这两个表仅包含一个主键和名称字段，`Room` 表有一个 `BuildingID` 外键。

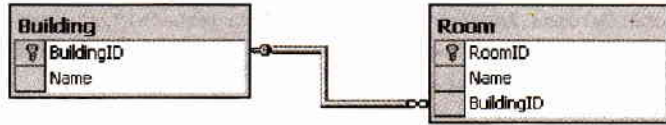


图 30-7

这些表都非常简单，下面的代码说明了如何迭代 Buildings 表中的行，并遍历对应的关系，以列出 Rooms 表中的所有子行。

```

foreach(DataRow theBuilding in ds.Tables["Building"].Rows)
{
    DataRow[] children = theBuilding.GetChildRows("Rooms");
    int roomCount = children.Length;
    Console.WriteLine("Building {0} contains {1} room{2}",
        theBuilding["Name"],
        roomCount,
        roomCount > 1 ? "s": "");
    // Loop through the rooms
    foreach(DataRow theRoom in children)
        Console.WriteLine("Room: {0}", theRoom["Name"]);
}
  
```

DataSet 类和其他分层的旧 recordset 对象之间的主要区别是关系显示的方式。在分层的 Recordset 对象中，关系显示为行中的一个伪列，该列本身是一个可以迭代的 Recordset 对象。但在 ADO.NET 中，通过调用 GetChildRows() 方法就可以遍历关系。

```

DataRow[] children = theBuilding.GetChildRows("Rooms");
  
```

该方法有许多形式，但上面的示例只使用关系的名称在父子行之间来回遍历。它返回一个行数数组，使用前面示例中的索引器就可以更新这些行。

数据关系更有趣的地方是可以用两种方式遍历这些数据。在 DataTable 类上使用 ParentRelations 属性，不仅可以从父数据行中找到子数据行，还可以从子记录中找到父数据行。这个属性返回一个 DataRelationCollection，该集合可以使用 [] 数组语法来索引(例如，DataRelations["Rooms"]), 另外，GetChildRows() 方法也可以如下所示进行调用：

```

foreach(DataRow theRoom in ds.Tables["Room"].Rows)
{
    DataRow[] parents = theRoom.GetParentRows("Rooms");
    foreach(DataRow theBuilding in parents)
        Console.WriteLine("Room {0} is contained in building {1}",
            theRoom["Name"],
            theBuilding["Name"]);
}
  
```

GetParentRows() 方法(返回 0 行或多行数据对应的一个数组)或 GetParentRow() 方法(根据给定的某种关系检索一个父行)都有许多重写版本，可以检索出父行。

### 30.5.4 数据约束

DataTable 类仅擅长于改变在客户端上创建的列的数据类型。ADO.NET 允许在列上创建一组约



束，对数据应用一些规则。

运行库目前支持表 30-11 所示的约束类型，它们包含在 System.Data 名称空间的类中。

表 30-11

约 束	说 明
ForeignKeyConstraint	在 DataSet 的两个 DataTable 之间强制链接
UniqueConstraint	确保给定的列是唯一的

### 1. 设置主键

在关系数据库的表中，可以提供一个主键，该主键可以基于 DataTable 中的一列或多列。

下面的代码为 Product 表创建了一个主键，其架构是前面手动构建的。表上的主键只是约束的一种形式。当把主键添加到 DataTable 中时，运行库也会对键列生成一个唯一约束。这是因为实际上并没有 PrimaryKey 约束类型，主键是一列或多列上的唯一约束。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
public static void ManufacturePrimaryKey(DataTable dt)
{
    DataColumn[] pk = new DataColumn[1];
    pk[0] = dt.Columns["ProductID"];
    dt.PrimaryKey = pk;
}
```

代码下载 ManufacturedDataSet.cs

因为主键可以包含几列，所以它可以作为一个 DataColumn 数据输入。通过给表的一个列数组指定属性，就可以给这些列设置主键。

要检查表中的约束，可以迭代 ConstraintsCollection。上述代码自动生成的约束是 Constraint1，这个名称没有什么用，因此应避免这种情况，最好先在代码中创建约束，然后定义组成主键的列。

创建主键之前，下面的代码给约束命名：

```
DataColumn[] pk = new DataColumn[1];
pk[0] = dt.Columns["ProductID"];
dt.Constraints.Add(new UniqueConstraint("PK_Products", pk[0]));
dt.PrimaryKey = pk;
```

唯一约束可以应用到任意多列上。

### 2. 设置外键

除了唯一约束外，DataTable 类还可以包含外键约束，它们主要用于强制主/从关系，如果正确地建立了约束，外键约束还可用于在表之间复制列。在主/从关系的表中，常常有一个父记录(订单)和许多子记录(订单行)，它们通过父记录的主键链接起来。

因为外键约束只能作用于同一个 DataSet 中的表，所以下面的示例使用 Northwind 数据库中的 Categories 表，给该表和 Products 表之间指定约束，如图 30-8 所示。

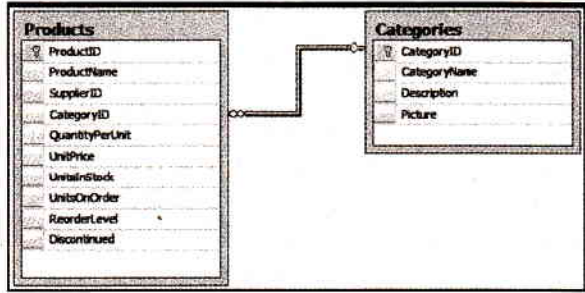


图 30-8

第一步是为 Categories 表生成一个新的数据表:

```

DataTable categories = new DataTable("Categories");
categories.Columns.Add(new DataColumn("CategoryID", typeof(int)));
categories.Columns.Add(new DataColumn("CategoryName", typeof(string)));
categories.Columns.Add(new DataColumn("Description", typeof(string)));
categories.Constraints.Add(new UniqueConstraint("PK_Categories",
    categories.Columns["CategoryID"]));
categories.PrimaryKey = new DataColumn[]
    {categories.Columns["CategoryID"]};
    
```

上述代码的最后一行为 Categories 表创建主键。在本例中，主键是一个单列，但可以使用数组语法在多个列上生成一个键。

然后，需要在两个表之间创建约束:

```

DataColumn parent = ds.Tables["Categories"].Columns["CategoryID"];
DataColumn child = ds.Tables["Products"].Columns["CategoryID"];
ForeignKeyConstraint fk =
    new ForeignKeyConstraint("FK_Product_CategoryID", parent, child);
fk.UpdateRule = Rule.Cascade;
fk.DeleteRule = Rule.SetNull;
ds.Tables["Products"].Constraints.Add(fk);
    
```

这个约束应用到 Categories.CategoryID 和 Products.CategoryID 之间的链接上。有 4 个不同的 ForeignKeyConstraint，但应使用可以给约束命名的 ForeignKeyConstraint。

### 3. 设置更新和删除约束

除了在父表和子表之间定义约束之外，还可以在更新约束中的一列时定义应执行的操作。

上面的示例设置了更新规则和删除规则，在对父表中的列(或行)执行某种操作时，使用这些规则，这些规则用来确定应对影响到的子表中的行进行什么操作。通过 Rule 枚举可以应用 4 种不同的规则:

- Cascade —— 如果更新了父键，就应把新的键值复制到所有子记录中。如果删除了父记录，则也将删除子记录，这是默认选项。
- None —— 不执行任何操作，这个选项会留下子数据表中的孤立行。
- SetDefault —— 如果定义了一个子记录，那么每个受影响的子记录都把外键列设置为其默认值。
- SetNull —— 所有子行都把键列设置为 DBNull(按照 Microsoft 使用的命名约定，键列实际上应是 SetDBNull)。



如果 DataSet 类的 EnforceConstraints 属性为 true, 就只能在 DataSet 类中强约束。

本节介绍了组成 DataSet 类中约束部分的主类, 揭示了如何在代码中手工生成这些类。还可以使用 .NET 附带的 XML 架构文件和 XSD 工具定义 DataTable、DataRow、DataColumn、DataRelation 和 Constraint。下一节将说明如何建立一个简单的架构, 以及如何生成类型安全的类, 以访问数据。

## 30.6 XML 架构: 用 XSD 生成代码

XML 已经在 ADO.NET 中确立了牢固的地位——实际上, 现在在对象之间远程传递数据的格式是 XML。有了 .NET 运行库, 就可以在 XML 架构定义文件(XSD)中描述 DataTable。而且, 可以定义整个 DataSet 类, 其中有许多 DataTable 类, 这些表之间有一组关系, 并可以包括全面描述数据的各种其他信息。

在定义 XSD 文件时, 运行库中有一个新工具, 该工具可以把这个架构转换为对应的数据访问类, 如类型安全的 DataTable 类, 如上所述。本节先介绍一个简单的 XSD 文件(Products.xsd), 该文件描述与前面 Products 示例相同的信息, 再扩展它, 使其包括一些额外的功能。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
<xs:schema id="Products" targetNamespace="http://tempuri.org/XMLSchema1.xsd"
xmlns:mstns="http://tempuri.org/XMLSchema1.xsd"
xmlns:xs="http://www.w3.org/2001/XMLSchema"
xmlns:msdata="urn:schemas-microsoft-com:xml-msdata">
<xs:element name="Product">
<xs:complexType>
<xs:sequence>
<xs:element name="ProductID" msdata:ReadOnly="true"
msdata:AutoIncrement="true" type="xs:int" />
<xs:element name="ProductName" type="xs:string" />
<xs:element name="SupplierID" type="xs:int" minOccurs="0" />
<xs:element name="CategoryID" type="xs:int" minOccurs="0" />
<xs:element name="QuantityPerUnit" type="xs:string" minOccurs="0" />
<xs:element name="UnitPrice" type="xs:decimal" minOccurs="0" />
<xs:element name="UnitsInStock" type="xs:short" minOccurs="0" />
<xs:element name="UnitsOnOrder" type="xs:short" minOccurs="0" />
<xs:element name="ReorderLevel" type="xs:short" minOccurs="0" />
<xs:element name="Discontinued" type="xs:boolean" />
</xs:sequence>
</xs:complexType>
</xs:element>
</xs:schema>
```

代码下载 Products.xsd

第 33 章将详细论述其中的一些选项。现在应知道, 这个文件基本上定义一个架构, 其中把 id 属性设置为 Products。还定义了一个比较复杂的 Product 类, 其中包含了许多元素, 每个元素对应于 Products 表中的一个字段。

这些元素映射到如下数据类上。Products 架构映射到派生自 DataSet 类的一个类上, Product 类

映射到派生自 `DataTable` 类的一个类上。每个子元素映射到派生自 `DataColumn` 的一个类上。所有列的集合映射到派生自 `DataRow` 类的一个类上。

.NET Framework 中有一个工具，只要输入 XSD 文件，该工具就可以生成这些类的代码。因为该工具唯一的工作是执行 XSD 文件上的各种功能，所以它称为 XSD.EXE。

假定把上面的文件另存为 `Product.xsd`，在命令提示符上输入下述命令，把该文件转换为代码：

```
xsd Product.xsd /d
```

这会创建文件 `Product.cs`。

该命令有许多选项可以和 XSD 一起使用，以改变生成的输出结果，其中一些比较常用的选项如表 30-12 所示。

表 30-12

选 项	说 明
<code>/dataset (/d)</code>	启用派生自 <code>DataSet</code> 、 <code>DataTable</code> 和 <code>DataRow</code> 的类
<code>/language:&lt;language&gt;</code>	允许选择编写输出文件的语言。C#是默认语言，也可以选择用 VB 编写 Visual Basic .NET 文件
<code>/namespace:&lt;namespace&gt;</code>	允许定义生成代码应驻留其中的名称空间，默认为没有名称空间

下面节选了 `Products` 架构在 XSD 中的输出结果，并做了略微的修改，以满足本书的相应格式。要查看完整的输出结果，可以在 `Products` 架构(或者自己建立的某个架构)上运行 XSD.EXE，查看生成的 `.cs` 文件。该示例包含所有源代码和 `Products.xsd` 文件。



```
//-----
// <autogenerated>
//     This code was generated by a tool.
//     Runtime Version:4.0.21006.1
//
//     Changes to this file may cause incorrect behavior and will be lost if
//     the code is regenerated.
// </autogenerated>
//-----

//
// This source code was auto-generated by xsd, Version=4.0.21006.1
//

/// <summary>
/// Represents a strongly typed in-memory cache of data.
/// </summary>
[global::System.Serializable()]
[global::System.ComponentModel.DesignerCategoryAttribute("code")]
[global::System.ComponentModel.ToolboxItem(true)]
[global::System.Xml.Serialization.XmlSchemaProviderAttribute("GetTypedDataSetSchema")]
[global::System.Xml.Serialization.XmlRootAttribute("Products")]
[global::System.ComponentModel.Design.HelpKeywordAttribute("vs.data.DataSet")]
public partial class Products : global::System.Data.DataSet {
    private ProductDataTable tableProduct;
```

```

private global::System.Data.SchemaSerializationMode _schemaSerializationMode =
    global::System.Data.SchemaSerializationMode.IncludeSchema;

[global::System.Diagnostics.DebuggerNonUserCodeAttribute()]
[global::System.CodeDom.Compiler.GeneratedCodeAttribute(
    "System.Data.Design.TypedDataSetGenerator", "4.0.0.0")]
public Products() {
    this.BeginInit();
    this.InitClass();
    global::System.ComponentModel.CollectionChangeEventHandler
        schemaChangedHandler = new
            global::System.ComponentModel.CollectionChangeEventHandler(
                this.SchemaChanged);
    base.Tables.CollectionChanged += schemaChangedHandler;
    base.Relations.CollectionChanged += schemaChangedHandler;
    this.EndInit();
}

```

代码下载 product.cs

为了集中论述公共接口，这段代码删除了所有受保护成员和私有成员。**ProductDataTable** 和 **ProductRow** 定义显示了两个嵌套类的位置，后面会实现它们。下面简单地解释一下派生自 **DataSet** 的类，之后讨论这些类的代码。

**Products()**构造函数调用一个私有方法 **InitClass()**，该方法构造派生自 **DataTable** 类的 **ProductDataTable** 类的一个实例，并把该表添加到 **DataSet** 类的 **Tables** 集合中。**Products** 数据表可以通过下面的代码来访问：

```

DataSet ds = new Products();
DataTable products = ds.Tables["Products"];

```

或者，更简单的方式是使用 **Product** 属性来访问，该属性在派生的 **DataSet** 对象上可用：

```

DataTable products = ds.Product;

```

因为 **Product** 属性是强类型化的，所以可以使用 **ProductDataTable**，而不是上述代码中的 **DataTable** 引用。

**ProductDataTable** 类包含更多的代码(注意这是一段节选的代码)：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

[global::System.Xml.Serialization.XmlSchemaProviderAttribute("GetTypedTableSchema")]
public partial class ProductDataTable : global::System.Data.DataTable,
    global::System.Collections.IEnumerable {
    private global::System.Data.DataColumn columnProductID;
    private global::System.Data.DataColumn columnProductName;
    private global::System.Data.DataColumn columnSupplierID;
    private global::System.Data.DataColumn columnCategoryID;
    private global::System.Data.DataColumn columnQuantityPerUnit;
    private global::System.Data.DataColumn columnUnitPrice;
    private global::System.Data.DataColumn columnUnitsInStock;
    private global::System.Data.DataColumn columnReorderLevel;
    private global::System.Data.DataColumn columnDiscontinued;
    [global::System.Diagnostics.DebuggerNonUserCodeAttribute()]
    [global::System.CodeDom.Compiler.GeneratedCodeAttribute(

```

```
"System.Data.Design.TypedDataSetGenerator", "4.0.0.0"]
public ProductDataTable() {
    this.TableName = "Product";
    this.BeginInit();
    this.InitClass();
    this.EndInit();
}
```

代码下载 [product.cs](#)

**ProductDataTable** 类派生自 **DataTable** 类, 并实现 **IEnumerable** 接口, 为表中的每一列定义了一个私有的 **DataColumn** 实例, 通过调用私有的 **InitClass()** 成员, 再次从构造函数中初始化这些实例。**DataRow** 类将使用每一列(后面介绍)。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
[global::System.Diagnostics.DebuggerNonUserCodeAttribute()]
[global::System.CodeDom.Compiler.GeneratedCodeAttribute(
    "System.Data.Design.TypedDataSetGenerator", "4.0.0.0")]
[global::System.ComponentModel.Browsable(false)]
public int Count {
    get {
        return this.Rows.Count;
    }
}

// Other row accessors removed for clarity — there is one for each column
```

代码下载 [product.cs](#)

给表添加数据行由 **AddProductRow()** 方法的两个重载版本实现(虽然它们的内容完全不同, 但名称相同)。第一个重载方法接受一个已经构造出来的 **DataRow**, 且没有返回值。另一个重载方法则接受一组参数值, 每个参数对应于 **DataTable** 中的一列, 该重载方法新构造一行, 设置该新行中的值, 把该行添加到 **DataTable** 对象中, 并给调用者返回该行。这些迥然不同的函数不应有相同的名称。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
[global::System.Diagnostics.DebuggerNonUserCodeAttribute()]
[global::System.CodeDom.Compiler.GeneratedCodeAttribute(
    "System.Data.Design.TypedDataSetGenerator", "4.0.0.0")]
public ProductRow AddProductRow(string ProductName, int SupplierID,
    int CategoryID, string QuantityPerUnit, decimal UnitPrice,
    short UnitsInStock, short UnitsOnOrder, short ReorderLevel,
    bool Discontinued) {
    ProductRow rowProductRow = ((ProductRow)(this.NewRow()));
    object[] columnValuesArray = new object[] {
        null,
        ProductName,
        SupplierID,
        CategoryID,
        QuantityPerUnit,
        UnitPrice,
        UnitsInStock,
        UnitsOnOrder,
        ReorderLevel,
        Discontinued};
    rowProductRow.ItemArray = columnValuesArray;
    this.Rows.Add(rowProductRow);
}
```

```
return rowProductRow;
```

代码下载 [product.cs](#)

派生自 `DataSet` 的类中的 `InitClass()` 成员把表添加到 `DataSet` 类中, 与此相同, `ProductDataTable` 类中的 `InitClass()` 成员把列添加到 `DataTable` 类中。每一列的属性都按需要设置, 再把该列追加到列集合的尾部。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
[global::System.Diagnostics.DebuggerNonUserCodeAttribute()]
[global::System.CodeDom.Compiler.GeneratedCodeAttribute(
    "System.Data.Design.TypedDataSetGenerator", "4.0.0.0")]
private void InitClass() {
    this.columnProductID = new
global::System.Data.DataColumn("ProductID",
    typeof(int), null, global::System.Data.MappingType.Element);
    base.Columns.Add(this.columnProductID);
    this.columnProductName = new global::System.Data.DataColumn(
        "ProductName", typeof(string), null,
        global::System.Data.MappingType.Element);
    base.Columns.Add(this.columnProductName);
    this.columnSupplierID = new global::System.Data.DataColumn(
        "SupplierID", typeof(int), null,
        global::System.Data.MappingType.Element);
    base.Columns.Add(this.columnSupplierID);
    this.columnCategoryID = new global::System.Data.DataColumn("CategoryID",
        typeof(int), null, global::System.Data.MappingType.Element);
    base.Columns.Add(this.columnCategoryID);
    this.columnQuantityPerUnit = new
        global::System.Data.DataColumn("QuantityPerUnit", typeof(string); null,
        global::System.Data.MappingType.Element);
    base.Columns.Add(this.columnQuantityPerUnit);
    this.columnUnitPrice = new global::System.Data.DataColumn("UnitPrice",
        typeof(decimal), null, global::System.Data.MappingType.Element);
    base.Columns.Add(this.columnUnitPrice);
    this.columnUnitsInStock = new global::System.Data.DataColumn("UnitsInStock",
        typeof(short), null, global::System.Data.MappingType.Element);
    base.Columns.Add(this.columnUnitsInStock);
    this.columnUnitsOnOrder = new global::System.Data.DataColumn("UnitsOnOrder",
        typeof(short), null, global::System.Data.MappingType.Element);
    base.Columns.Add(this.columnUnitsOnOrder);
    this.columnReorderLevel = new global::System.Data.DataColumn("ReorderLevel",
        typeof(short), null, global::System.Data.MappingType.Element);
    base.Columns.Add(this.columnReorderLevel);
    this.columnDiscontinued = new global::System.Data.DataColumn("Discontinued",
        typeof(bool), null, global::System.Data.MappingType.Element);
    base.Columns.Add(this.columnDiscontinued);
    this.columnProductID.AutoIncrement = true;
    this.columnProductID.AllowDBNull = false;
    this.columnProductID.ReadOnly = true;
    this.columnProductName.AllowDBNull = false;
    this.columnDiscontinued.AllowDBNull = false;
}

[global::System.Diagnostics.DebuggerNonUserCodeAttribute()]
```

```
[global::System.CodeDom.Compiler.GeneratedCodeAttribute(
    "System.Data.Design.TypedDataSetGenerator", "4.0.0.0")]
public ProductRow NewProductRow() {
    return ((ProductRow)(this.NewRow()));
}
}
```

代码下载 [product.cs](#)

`NewRowFromBuilder()`方法在 `DataTable` 类的 `NewRow()`方法内部调用。这里新建了强类型化的行。 `DataRowBuilder` 实例由 `DataTable` 类创建，其成员仅能在 `System.Data` 程序集中访问。

```
[global::System.Diagnostics.DebuggerNonUserCodeAttribute()]
[global::System.CodeDom.Compiler.GeneratedCodeAttribute(
    "System.Data.Design.TypedDataSetGenerator", "4.0.0.0")]
protected override global::System.Data.DataRow NewRowFromBuilder(
    global::System.Data.DataRowBuilder builder) {
    return new ProductRow(builder);
}
}
```

最后一个要讨论的类是 `ProductRow` 类，它派生自 `DataRow` 类。这个类用于提供对数据表中所有字段的类型安全的访问。它封装了特定行的存储器，并提供成员来读取(和写入)表中的每个字段。

另外，对于每个可空字段，有函数可以把该字段设置为 `null`，并检查该字段是否为 `null`。下面的示例列出了 `SupplierID` 列的函数：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
public partial class ProductRow : global::System.Data.DataRow {
    private ProductDataTable tableProduct;

    [global::System.Diagnostics.DebuggerNonUserCodeAttribute()]
    [global::System.CodeDom.Compiler.GeneratedCodeAttribute(
        "System.Data.Design.TypedDataSetGenerator", "4.0.0.0")]
    internal ProductRow(global::System.Data.DataRowBuilder rb) :
        base(rb) {
        this.tableProduct = ((ProductDataTable)(this.Table));
    }

    [global::System.Diagnostics.DebuggerNonUserCodeAttribute()]
    [global::System.CodeDom.Compiler.GeneratedCodeAttribute(
        "System.Data.Design.TypedDataSetGenerator", "4.0.0.0")]
    public int ProductID {
        get {
            return ((int)(this[this.tableProduct.ProductIDColumn]));
        }
        set {
            this[this.tableProduct.ProductIDColumn] = value;
        }
    }

    // Other column accessors/mutators removed for clarity

    [global::System.Diagnostics.DebuggerNonUserCodeAttribute()]
    [global::System.CodeDom.Compiler.GeneratedCodeAttribute(
        "System.Data.Design.TypedDataSetGenerator", "4.0.0.0")]
    public bool IsSupplierIDNull() {
        return this.IsNull(this.tableProduct.SupplierIDColumn);
    }
}
```



```
[global::System.Diagnostics.DebuggerNonUserCodeAttribute()]
[global::System.CodeDom.Compiler.GeneratedCodeAttribute(
    "System.Data.Design.TypedDataSetGenerator", "4.0.0.0")]
public void SetSupplierIDNull() {
    this[this.tableProduct.SupplierIDColumn] = global::System.Convert.DBNull;
}
}
```

代码下载 [product.cs](#)

下面的代码利用 XSD 工具中的类的输出从 Product 表中检索数据,并在控制台上显示这些数据:



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
using System;
using System.Data;
using System.Data.SqlClient;

public class XSD_DataSet
{
    public static void Main()
    {
        string source = "server=(local);" +
            "integrated security=SSPI;" +
            "database=northwind";
        string select = "SELECT * FROM Products";
        SqlConnection conn = new SqlConnection(source);
        SqlDataAdapter da = new SqlDataAdapter(select, conn);
        Products ds = new Products();
        da.Fill(ds, "Product");
        foreach(Products.ProductRow row in ds.Product)
            Console.WriteLine("'0}' from {1}",
                row.ProductID,
                row.ProductName);
    }
}
```

代码下载 [XSDDataSet.cs](#)

XSD 文件的输出结果包含一个派生自 DataSet 类的 Products 类,它使用数据适配器来创建和填充。foreach 语句使用强类型化的 ProductRow 和 Product 属性,Product 属性返回 Product 数据表。

要编译这个示例,执行下面的命令:

```
xsd product.xsd /d
```

和

```
csc /recurse: * .cs
```

第一条命令从 Products.XSD 架构中生成 Products.cs 文件,然后, csc 命令使用/recurse:\*.cs 参数查找扩展名为.cs 的所有文件,并把它们添加到所生成的程序集中。

## 30.7 填充 DataSet 类

定义了数据集的架构,并准备好 DataTables、DataColumns、Constrain 类和一些必需内容后,就

需要用这些信息填充 DataSet 类。从外部源中读取数据，并把数据插入到 DataSet 类中，有两种方式：

- 使用数据适配器
- 把 XML 读入 DataSet 类

### 30.7.1 用数据适配器填充 DataSet

30.5.2 节简要介绍了 SqlDataAdapter 类，使用该类的代码如下所示：

```
string select = "SELECT ContactName,CompanyName FROM Customers";
SqlConnection conn = new SqlConnection(source);
SqlDataAdapter da = new SqlDataAdapter(select, conn);
DataSet ds = new DataSet();
da.Fill(ds, "Customers");
```

加粗代码行显示了所用的 SqlDataAdapter 类——实际上，其他数据适配器类在功能上与 SqlDataAdapter 类完全相同。

为了把数据插入到 DataSet 类中，需要执行某种形式的命令以选择该数据。该命令可以是 SQL SELECT 语句，一个存储过程的调用，或者是 TableDirect 命令(用于 OLE DB 提供程序)。上面的示例使用了 SqlDataAdapter 类的一个构造函数，把传递过来的 SQL SELECT 子句转换为一个 SqlCommand，在适配器上调用 Fill()方法时执行这条命令。

在本章前面的存储过程示例中，定义了 INSERT、UPDATE 和 DELETE 过程，但没有给出 SELECT 过程，本节介绍该过程，并说明如何从 SqlDataAdapter 类上调用存储过程，从而把数据填充到 DataSet 类中。

#### 在数据适配器上使用存储过程

首先需要定义一个存储过程，SELECT 数据的存储过程如下所示：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
CREATE PROCEDURE RegionSelect AS
    SET NOCOUNT OFF
    SELECT * FROM Region
GO
```

[代码下载 StoredProcs.sql](#)

这个存储过程可以直接输入到 SQL Server 查询分析器中，或者可以运行这个示例所使用的 StoredProc.sql 文件。

接着，需要定义一个执行该存储过程的 SqlCommand，同样，这段代码非常简单，并且大部分已经在前一节中出现过：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
private static SqlCommand GenerateSelectCommand(SqlConnection conn)
{
    SqlCommand aCommand = new SqlCommand("RegionSelect", conn);
    aCommand.CommandType = CommandType.StoredProcedure;
    aCommand.UpdatedRowSource = UpdateRowSource.None;
    return aCommand;
}
```

[代码下载 DataAdapter.cs](#)

这个方法生成了一个 SqlCommand，该 SqlCommand 在执行时会调用 RegionSelect 过程。最后

是把这条命令和 `SqlDataAdapter` 类关联起来, 并调用 `Fill()` 方法:



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
DataSet ds = new DataSet();
// Create a data adapter to fill the DataSet
SqlDataAdapter da = new SqlDataAdapter();
// Set the data adapter 's select command
da.SelectCommand = GenerateSelectCommand (conn);
da.Fill(ds, "Region");
```

代码下载 [DataAdapter.cs](#)

其中新建了一个 `SqlDataAdapter` 类, 把生成的 `SqlCommand` 赋予数据适配器的 `SelectCommand` 属性, 然后调用执行存储过程的 `Fill()` 方法, 把返回的所有行插入到 `Region` 表的 `DataSet` 类中(在本例中, 它由运行库生成)。

数据适配器不仅仅能通过执行命令来选择数据, 30.8 节会介绍数据适配器的其他功能。

### 30.7.2 从 XML 中填充 DataSet 类

除了为给定的 `DataSet` 类和相关表生成架构外, `DataSet` 类还可以读写本地 XML 中的数据, 如磁盘上的文件、数据流或文本读取器。

要把 XML 加载到 `DataSet` 类中, 只需调用一个 `ReadXML()` 方法, 如下面的示例所示, 从磁盘文件中读取数据:

```
DataSet ds = new DataSet();
ds.ReadXml(".\\MyData.xml");
```

`ReadXml()` 方法试图从输入的 XML 中加载任何内联架构信息, 如果找到了某个架构, 就使用这个架构验证从该文件中加载的数据的有效性。如果没有找到内联架构, `DataSet` 类就会在加载数据时扩展其内部的结构, 这类似于前面示例中的 `Fill()` 方法的作用, 该方法检索数据, 并根据选择的数据构造 `DataTable` 类。

## 30.8 持久化 DataSet 类的修改

在 `DataSet` 类中编辑完数据后, 通常需要持久化这些改变。最常见的示例是从数据库中选择数据, 并把它显示给用户, 把这些更新返回给数据库。

在没有“连接数据库的”应用程序中, 这些改变可以持久化到 XML 文件中, 并传输到中间层的应用程序服务器上, 然后进行处理, 以更新几个数据源。

`DataSet` 类可以用于这两个示例, 而且这很容易完成。

### 30.8.1 通过数据适配器进行更新

除了 `SqlDataAdapter` 类最有可能包含的 `SelectCommand` 之外, 还可以定义 `InsertCommand`、`UpdateCommand` 和 `DeleteCommand`。顾名思义, 这些对象都是适用于相应提供程序的命令对象(如 `SqlCommand` 或 `OleDbCommand`)实例。

有了这种灵活性后, 就可以自由调整应用程序, 具体方法是对频繁使用的命令(如 `select` 和 `insert`)采用合适的存储过程来执行, 对不常使用的命令(如 `delete`)直接采用 SQL 命令来执行。一般建议为所有数据库交互操作提供存储过程, 因为这会更快, 更容易调整。

本节的示例使用 30.3.2 节中的存储过程，插入、更新和删除 Region 记录，再把这些与上面编写的 RegionSelect 过程结合起来，生成一个新示例，这个示例使用这些命令来检索和更新 DataSet 类中的数据。代码的主体在下一节介绍。

### 1. 新插入一行

把新行添加到 DataTable 中有两种方式。第一种方式是调用 NewRow() 方法，返回一空白行，然后向其填充数据，最后把它添加到 Rows 集合中，如下所示：

```
DataRow r = ds.Tables["Region"].NewRow();
r["RegionID"]=999;
r["RegionDescription"]="North West";
ds.Tables["Region"].Rows.Add(r);
```

第二种方式是把一个数据数组传递给 Rows.Add() 方法，如下面的代码所示：

```
DataRow r = ds.Tables["Region"].Rows.Add
    (new object [] { 999, "North West" });
```

DataTable 中的所有新行都把自己的 RowState 设置为 Added。在对数据库进行修改前，这个示例先转储记录，以便把下面的行添加到 DataTable 中(以任何一种方式)。注意右边一列显示行的状态：

```
New row pending inserting into database
1 Eastern                               Unchanged
2 Western                               Unchanged
3 Northern                              Unchanged
4 Southern                              Unchanged
999 North West                          Added
```

要从 DataAdapter 更新数据库，可以调用其中一个 Update() 方法：

```
da.Update(ds, "Region");
```

对于 DataTable 中的新行，这将执行存储过程(在本例中是 RegionInsert)，本示例然后转储数据的状态，因此可以查看对数据库进行的修改。

```
New row updated and new RegionID assigned by database
1 Eastern                               Unchanged
2 Western                               Unchanged
3 Northern                              Unchanged
4 Southern                              Unchanged
5 North West                            Unchanged
```

查看 DataTable 中的最后一行。把代码中的 RegionID 设置为 999，但在执行 RegionInsert 存储过程后，该值改为 5。这是有意的——数据库通常会生成主键，并且更新 DataTable 中的数据。DataTable 中数据的更新是因为源代码中的 SqlCommand 定义会把 UpdatedRowSource 属性设置为 UpdateRowSource.OutputParameters：



可从  
WROX.COM  
下载源代码

```
SqlCommand aCommand = new SqlCommand("RegionInsert", conn);
aCommand.CommandType = CommandType.StoredProcedure;
aCommand.Parameters.Add(new SqlParameter("@RegionDescription",
    SqlDbType.NChar,
```

```

50,
    "RegionDescription"));
aCommand.Parameters.Add(new SqlParameter("@RegionID",
    SqlDbType.Int,
    0,
    ParameterDirection.Output,
    false,
    0,
    0,
    "RegionID", // Defines the SOURCE column
    DataRowVersion.Default,
    null));
aCommand.UpdatedRowSource = UpdateRowSource.OutputParameters;

```

代码下载 DataAdapter2.cs

这段代码的作用是：无论何时数据适配器执行这条命令，输出参数都应映射到该数据行的源，在本例中它是 `DataTable` 中的一行。该标志说明了应更新什么数据——存储过程有一个输出参数映射到 `DataRow`，它应用的列是 `RegionID`，因为这是在命令的定义中定义的。

`UpdateRowSource` 的值如表 30-13 所示。

表 30-13

UpdateRowSource 值	说 明
Both	存储过程可以返回输出参数和一个完整的数据库记录。这两个数据源都用于更新源数据行
FirstReturnedRecord	该命令返回一个记录，该记录的内容应合并到最初的源 <code>DataRow</code> 中，当给定的表有许多默认(或计算)列时，使用这个值很有用，因为在执行 <code>INSERT</code> 语句之后，这些行需要与客户端上的 <code>DataRow</code> 同步。例如 <code>INSERT(列)INTO(表)WITH(主键)</code> ， <code>'SELECT(列)FROM(表)WHERE(主键)'</code> 。返回的记录应合并到源数据行上
None	丢弃从该命令返回的所有数据
OutputParameters	命令的任何输出参数都映射到 <code>DataRow</code> 的对应列上

## 2. 更新现有的行

更新 `DataTable` 中已有行只需使用带有一个列名或列号的 `DataRow` 类的索引器即可，如下面的代码所示：

```

r["RegionDescription"]="North West England";
r[1] = "North West England";

```

这两条语句等价(在本例中)：

```

Changed RegionID 5 description
1 Eastern                               Unchanged
2 Western                               Unchanged
3 Northern                               Unchanged
4 Southern                               Unchanged
5 North West England                     Modified

```

在更新数据库前，被更新的行应把其状态设置为 `Modified`，如上所示。

### 3. 删除行

删除行需要调用 `Delete()`方法:

```
r.Delete();
```

虽然被删除的行将其行状态设置为 `Deleted`, 但不能从被删除的 `DataRow` 中读取列, 因为它们不再有效。当调用适配器的 `Update()`方法时, 所有被删除的行都会使用 `DeleteCommand`, 在本例中是执行 `RegionDelete` 存储过程。


### 30.8.2 写入 XML 输出结果

如上所述, `DataSet` 类支持在 XML 中定义其架构, 如同可以从 XML 文档中读取数据, 也可以把数据写入 XML 文档。

`DataSet.WriteXml()`方法可以输出存储在 `DataSet` 类中的各部分数据, 可以选择只输出数据, 也可以输出数据和架构。下面是为两个 `Region` 示例编写的代码:

```
ds.WriteXml(".\\WithoutSchema.xml");
ds.WriteXml(".\\WithSchema.xml", XmlWriteMode.WriteSchema);
```

第一个文件 `WithoutSchema.xml` 如下所示:




可从  
wrox.com  
下载源代码

```
<?xml version="1.0" standalone="yes"?>
<NewDataSet>
  <Region>
    <RegionID>1</RegionID>
    <RegionDescription> Eastern                </RegionDescription>
  </Region>
  <Region>
    <RegionID>2</RegionID>
    <RegionDescription> Western                </RegionDescription>
  </Region>
  <Region>
    <RegionID>3</RegionID>
    <RegionDescription> Northern                </RegionDescription>
  </Region>
  <Region>
    <RegionID>4</RegionID>
    <RegionDescription> Southern                </RegionDescription>
  </Region>
</NewDataSet>
```

代码下载 [WithoutSchema.xml](#)

`RegionDescription` 上的闭合标记在页面的右边, 因为数据库列定义为 `NCHAR(50)`, 这是一个包含 50 个字符的字符串, 其中用空格填充。

`WithSchema.xml` 文件产生的输出结果包含 `DataSet` 类的 XML 架构和数据本身:



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
<?xml version="1.0" standalone="yes"?>
<NewDataSet>
  <xs:schema id="NewDataSet" xmlns=""
    xmlns:xs="http://www.w3.org/2001/XMLSchema"
    xmlns:msdata="urn:schemas-microsoft-com:xml-msdata">
```

```

<xs:element name="NewDataSet" msdata:IsDataSet="true">
  <xs:complexType>
    <xs:choice maxOccurs="unbounded">
      <xs:element name="Region">
        <xs:complexType>
          <xs:sequence>
            <xs:element name="RegionID"
              msdata:AutoIncrement="true"
              msdata:AutoIncrementSeed="1"
              type="xs:int" />
            <xs:element name="RegionDescription"
              type="xs:string" />
          </xs:sequence>
        </xs:complexType>
      </xs:element>
    </xs:choice>
  </xs:complexType>
</xs:element>
</xs:schema>
<Region>
  <RegionID>1</RegionID>
  <RegionDescription> Eastern </RegionDescription>
</Region>
<Region>
  <RegionID>2</RegionID>
  <RegionDescription> Western </RegionDescription>
</Region>
<Region>
  <RegionID>3</RegionID>
  <RegionDescription> Northern </RegionDescription>
</Region>
<Region>
  <RegionID>4</RegionID>
  <RegionDescription> Southern </RegionDescription>
</Region>
</NewDataSet>

```

代码下载 WithoutSchema.xml

注意，使用 `msdata` 架构中的文件，它定义 `DataSet` 类中列的附加属性，如 `AutoIncrement` 和 `AutoIncrementSeed`，这些属性直接对应于 `DataColumn` 类上的可定义属性。

## 30.9 使用 ADO.NET

本节介绍使用 ADO.NET 开发数据访问应用程序时的一些常见情况。

### 30.9.1 分层开发

开发与数据交互的应用程序时，常常要把应用程序分层，常见的模型是一个应用层(前端)、一个数据服务层和数据库本身。

但使用这个模型的难题是，确定在层之间传输什么数据，以及应采用什么格式来传输数据。有了 ADO.NET，就不必担心这个问题了，这种设计一开始就支持这种体系结构。

在 ADO.NET 中,对复制完整的记录集有比 OLE DB 更好的支持。在 .NET 中,只需复制 DataSet 即可:

```
DataSet source = {some dataset};
DataSet dest = source.Copy();
```

这将创建源 DataSet 的一个完全相同的副本——将会复制所有 DataTable、DataColumn、DataRow 和 Relation,所有数据都与它在源 DataSet 中所处的状态完全相同。如果只需要复制 DataSet 的架构,就可以试试下面的代码:

```
DataSet source = {some dataset};
DataSet dest = source.Clone();
```

这也会复制所有表、关系等,但每个复制的 DataTable 都是空的。这个过程非常简单。

在编写一个分层的系统(无论该系统是基于 Windows 客户端应用程序还是基于 Web)时,常见的要求是在层之间附带尽可能少的数据。这减少了资源的消耗。

要达到这个要求,DataSet 类提供了 GetChanges()方法。这个简单的方法执行许多任务,并返回一个 DataSet,其中只包含从源数据集中修改过的行。这是在层之间传递数据时最理想的情况,因为只传递一组少量的数据。

下面的示例说明了如何生成一个修改后的 DataSet:

```
DataSet source = {some dataset};
DataSet dest = source.GetChanges();
```

这也很有趣,下面介绍的内容会比较有趣。GetChanges()方法有两个重载版本,一个重载版本接受 DataRowState 枚举的一个值,并返回对应于该状态的行。GetChanges()方法只调用 GetChanges(Deleted | Modified | Added),该方法首先检查,以确保调用 HasChanges()方法进行了一些修改。如果没有修改,就立即给调用者返回空值。

下一个操作是复制当前的 DataSet。一旦完成后,就会创建新的 DataSet,以忽略违反约束的情况(EnforceConstraints = false),然后,把每个表中所有修改的行都复制到新的 DataSet 中。

在得到一个只包含修改内容的 DataSet 后,就可以把它们移动到数据服务层上进行处理。数据在数据库中更新后,修改后的数据集就返回给调用者(例如,来自存储过程的一些输出参数在某些列上有已更新的值),然后使用 Merge()方法,把这些修改的内容合并到源 DataSet 中。操作的顺序如图 30-9 所示。

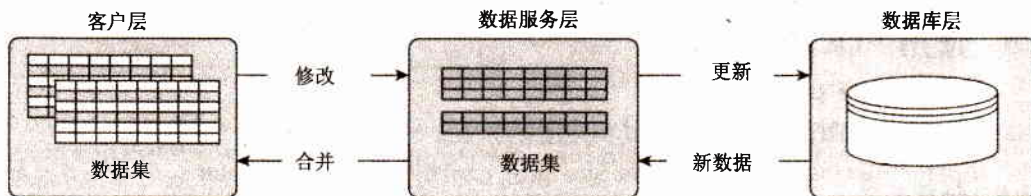


图 30-9

### 30.9.2 生成 SQL Server 的键

本章前面给出的 RegionInsert 存储过程在给数据库插入数据时生成了一个主键值。该示例中生



成主键的方法相当原始，不能很好地扩展，实际的应用程序应利用生成键的其他策略。

首先要定义一个 **Identity** 列，并从存储过程中返回 @@IDENTITY 值。下面的存储过程显示了如何为 Northwind 样本数据库中的 **Categories** 表定义该值。在 SQL 查询分析器中输入这个存储过程，或者运行代码下载中的 **StoredProcs.sql** 文件：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
CREATE PROCEDURE CategoryInsert(@CategoryName NVARCHAR(15),
                                @Description NTEXT,
                                @CategoryID INTEGER OUTPUT) AS
SET NOCOUNT OFF
INSERT INTO Categories (CategoryName, Description)
VALUES (@CategoryName, @Description)
SELECT @CategoryID = @@IDENTITY
GO
```

代码下载 StoredProcs.sql

这将把新的一行插入到 **Category** 表中，并给调用者返回生成的主键(**CategoryID** 列的值)。在 SQL 查询分析器中输入下述 SQL 命令，可以测试该过程：

```
DECLARE @CatID int;
EXECUTE CategoryInsert 'Pasties', 'Heaven Sent Food', @CatID OUTPUT;
PRINT @CatID;
```

当把该过程作为批处理命令来执行时，会把新的一行插入到 **Category** 表中，并返回新记录的标识，然后把该记录显示给用户。

假定过了几个月后，有人要添加一个简单的审计跟踪，它记录所有插入的记录，以及对 **Category** 名的修改。此时，定义如图 30-10 所示的一个表，记录 **Category** 的新名和旧名。

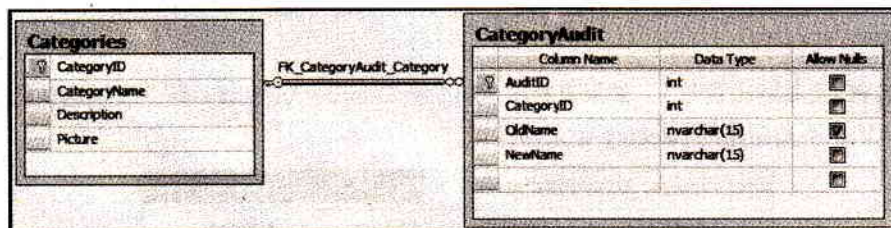


图 30-10

这个表的脚本包含在 **StoredProcs.sql** 文件中。AuditID 列定义为一个 **IDENTITY** 列，然后构造两个数据库触发器，数据库触发器记录对 **CategoryName** 字段的修改：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
CREATE TRIGGER CategoryInsertTrigger
ON Categories
AFTER UPDATE
AS
INSERT INTO CategoryAudit(CategoryID, OldName, NewName)
SELECT old.CategoryID, old.CategoryName, new.CategoryName
FROM Deleted AS old,
Categories AS new
WHERE old.CategoryID = new.CategoryID;
GO
```

代码下载 StoredProcs.sql

对于习惯使用 Oracle 存储过程的用户，SQL Server 其实没有 OLD 行 和 NEW 行的概念，而是使用一个插入触发器，在内存中有一个 Inserted 表可用于插入记录，在 Deleted 表中删除和更新旧记录。

该触发器检索要处理的记录的 CategoryID，把它与 CategoryName 列的新旧值一起存储。

现在，调用原始存储过程插入一个新 CategoryID 时，会得到一个标识值，但它不再是插入到 Categories 表中的行的标识值，而是 CategoryAudit 表中为该行生成的新值。

要查看这些值，可打开 SQL Server Enterprise 管理器的一个副本，查看 Categories 表的内容，如图 30-11 所示。

CategoryID	CategoryName	Description	Picture
1	Beverages	Soft drinks, coffees, teas, beers, and ales	<Binary data>
2	Condiments	Sweet and savory sauces, relishes, spreads, and seasonings	<Binary data>
3	Confections	Desserts, candies, and sweet breads	<Binary data>
4	Dairy Products	Cheeses	<Binary data>
5	Grains/Cereals	Breads, crackers, pasta, and cereal	<Binary data>
6	Meat/Poultry	Prepared meats	<Binary data>
7	Produce	Dried fruit and bean curd	<Binary data>
8	Seafood	Seaweed and fish	<Binary data>
NULL	NULL	NULL	NULL

图 30-11

图 30-11 列出了 Northwind 数据库中的所有类别。

因为 Categories 表中的下一个 identity 值是 9，所以执行下面的代码新插入一行，以查看返回了什么 ID。

```

DECLARE @CatID int;
EXECUTE CategoryInsert 'Pastries', 'Heaven Sent Food', @CatID OUTPUT;
PRINT @CatID;
    
```

在测试 PC 上其输出值是 1。如果查看图 30-12 中 CategoryAudit 表，则会发现这是新插入的审核记录的标识，不是新建的 category 记录的标识。

Results: Query(v...TA\NORTHWIND.MDF) X			
AuditID	CategoryID	OldName	NewName
1	9	NULL	Pastries

图 30-12

问题是 @@IDENTITY 实际上在起作用，它返回由会话创建的最后一个标识值，如图 30-12 所示，所以它不是 100%的可靠。

除了 @@IDENTITY 外，还可以使用另外两个标识函数，它们都不会出任何问题。第一个函数是 SCOPE\_IDENTITY()，它返回在当前“范围”内创建的最后一个标识值。SQL Server 将该范围定义为一个存储过程、触发器或函数。在大多数情况下，这个函数可以正常工作。但如果因某种原因，有人在存储过程中添加了另一条 INSERT 语句，就会得到这个值，而不是期望的值。

另一个函数是 IDENT\_CURRENT()，它返回任何范围中为给定表生成的最后一个标识值。例如，如果两个用户同时访问 SQL Server，其中一个用户就有可能得到另一个用户生成的标识值。

可以想像，找出这个问题的原因不太容易。在 SQL Server 中使用 IDENTITY 列时要多加小心。

### 30.9.3 命名约定

下面的提示和约定与 .NET 并不直接相关，但应共享和遵循它们，特别是在给约束命名时。如果您对此主题已经有自己的观点，就可以跳过本节。

#### 1. 数据库表的约定

- 总是使用单数名称——例如，Product 而不是 Products，这是一个普遍适用的约定，因为我们必须给客户解释某种数据库架构，从语法上看，“Product 表包含产品”要比“Products 表包含产品”好得多。但 Northwind 数据库并没有遵循这一约定。
- 给表中的字段采用某种形式的命名约定——我们采用的是表的主键 <Table>\_ID (假定主键是一列)，字段采用 Name，这是考虑到记录的用户友好性，记录本身的任何文本信息采用 Description。采用好的命名约定意味着，只要查看一下数据库中的几乎任何表，从直觉上就知道其中的字段主要用于什么目的。

#### 2. 数据库列的约定

- 使用单数名称，而不是复数名称。
- 链接到另一个表中的列名应与该表的主键名相同。例如，链接到 Product 表的列名为 Product\_ID。链接到 Sample 表的列名为 Sample\_ID。这并不总是可行的，特别是如果一个表有另一个表的多个引用，这个命名约定就无效。此时应使用其他方式命名。
- 日期字段应有一个\_On 后缀，如 Modified\_On、Created\_On。按照这种命名约定，如果读取一些 SQL 输出，就很容易从列的名称中知道该列的含义。
- 记录用户的操作的字段名应有一个\_By 后缀，如 Modified\_By 和 Created\_By，这将有助于理解。

#### 3. 约束的约定

- 如果可能，在约束名中包含表名和列名，如 CK\_<Table>\_<Field>。例如，对于 Person 表中的 Sex 列，其检查约束可以是 CK\_Person\_Sex，而对于 product 和 supplier 之间的外键关系，对应的外键约束是 FK\_Product\_Supplier\_ID。
- 约束类型的前面加一个前缀，如 CK 表示检查约束，FK 表示外键约束。也可以指定更为特殊的名称，如 Age 列上的 CK\_Person\_Age\_GT0 表示该年龄应大于 0。
- 如果必须限制约束名的长度，则可以在其中包含表名，而不包含列名。在发现有违反约束的情况时，通常很容易推断哪个表出现错误，但有时不容易检查出是哪一列出了问题。Oracle 允许名称的长度最长为 30 个字符，而很容易超过这种限制。

#### 4. 存储过程

在过去几年中，把 C 放在每个声明的类前面令人困惑。同样，许多 SQL Server 开发人员也困惑于在每个存储过程的前面加上 sp\_ 或类似的东西，这不是一个好方法。

SQL Server 在所有的系统存储过程前面使用 sp\_ 前缀。所以用户会对 sp\_widget 是否为 SQL Server 标准存储过程产生疑问。另外，当查找存储过程时，SQL Server 会把带有 sp\_ 前缀的过程与没有该

前缀的过程区别对待。

如果使用这个前缀,但没有用该存储过程的数据库/所有者来限定,SQL Server 就会在当前范围内查找,然后跳到主数据库中查找存储过程。没有 `sp_` 前缀,用户就会早一些得到错误。更糟糕的是本地存储过程(在自己的数据库中创建)与系统存储过程有相同的名称和参数。应尽可能避免这种情况,如果有疑问,就不要使用前缀。

在调用存储过程时,它们应以过程的拥有者作为前缀,如 `dbo.selectWidgets`。这将比不使用该前缀略快一些,因为 SQL Server 查找该存储过程所做的工作较少。有时这不会对应用程序的执行速度有很大的影响,但它本质上是一个可以自由使用的调整技巧。

总之,在数据库或代码中命名实体时,应保持一致。

## 30.10 小结

数据访问是一个很大的主题,特别是在 .NET 中,因为有非常丰富的内容要涵盖。本章概述了 ADO.NET 名称空间中的主要类,揭示了在处理数据源中的数据时如何使用这些类。

首先,使用 `SqlConnection` (SQL Server 专用)和 `OleDbConnection` (用于任何 OLE DB 数据源),探讨了 `Connection` 对象的用法。这两个类的编程模型非常类似,以致于一般其中一个类可以替代另一个类,代码仍能继续运行。

接着阐述了如何正确地进行连接,这样稀缺的资源就可以尽可能早地关闭。所有连接类都实现 `IDisposable` 接口,在对象放在 `using` 子句中时调用该接口。如果本章只有一件值得注意的事,那就是尽早关闭数据库连接的重要性。

此外,通过执行没有返回数据的示例,和利用输入和输出参数调用存储过程的示例,讨论了数据库命令。本章描述了各种执行方法,包括只能在 SQL Server 提供程序上使用的 `ExecuteXmlReader()` 方法。这大大简化了基于 XML 的数据的选择和处理。

这里详细介绍了 `System.Data` 名称空间中的泛型类,包括 `DataSet`、`DataTable`、`DataColumn`、`DataRow`,以及关系和约束。`DataSet` 类是数据的最佳容器,各种方法使之成为跨层数据流的理想容器。`DataSet` 中的数据可以用 XML 来表示,以利于传输,另外;在层之间传输最少量数据的方法可用。把许多数据表放在一个 `DataSet` 中可以大大提高其可用性。

除了把架构存储在 `DataSet` 中外,.NET 还包括数据适配器,它与各种 `Command` 对象组合使用,可以把数据选择出来,放在 `DataSet` 中,以后还可以更新数据存储器的数据。数据适配器的一个优点是可以为 4 种操作(`SELECT`、`INSERT`、`UPDATE` 和 `DELETE`)定义不同的命令。系统可以根据数据库架构信息和一条 `SELECT` 语句创建一组默认的命令,但为了得到最佳性能,可以使用一组存储过程,并相应地定义 `DataAdapter` 的命令,仅把需要的信息传送给这些存储过程。

我们还介绍了 XSD 工具(`xsd.exe`),使用一个示例来说明如何在 .NET 中基于 XML 架构使用类。产生的类可以用于应用程序,它们的自动生成减少了大量的输入工作。

最后论述了用于数据库开发的一些最佳实践和命名约定。

访问 SQL Server 数据库的更多知识,详见第 34 章。

# 第 31 章

## ADO.NET Entity Framework

本章内容:

- ADO.NET Entity Framework
- 数据库表和实体类之间的映射
- 创建实体类及其特性
- 对象上下文
- 关系
- 对象查询
- 更新
- LINQ to Entities

ADO.NET Entity Framework 是一个对象-关系的映射架构,它提供了 ADO.NET 的一个抽象,可基于引用的数据库获取对象模型。本章使用 CSDL(Conceptual Schema Definition Language, 概念架构定义语言)、SSDL(Storage Schema Definition Language, 存储架构定义语言)和 MSL(Mapping Schema Language, 映射架构语言)给出数据库和实体类之间的映射信息。讨论实体之间的不同关系,如对象的一个层次结构一个表关系、一个类型一个表关系和  $n$  对  $n$  关系。

本章还将描述从代码中直接通过 Entity Client 访问数据库的不同方式,如何使用 Entity SQL 或帮助方法创建 Entity SQL,如何使用 LINQ to Entities,也会讨论对象跟踪,以及数据上下文如何包含变化的信息,以更新数据。



本章使用 Books、Formula1 和 Northwind 数据库。Northwind 数据库可以从 [msdn.microsoft.com](http://msdn.microsoft.com) 上下载,Books 和 Formula1 数据库包含在 <http://www.wrox.com> 和随书附赠光盘中代码示例的下载包中。

### 31.1 ADO.NET Entity Framework 概述

ADO.NET Entity Framework 提供了从关系数据库架构到对象的映射。关系数据库和面向对象的语言用不同的方式定义了关联。例如,Microsoft 样本数据库 Northwind 包含 Customers 表和 Orders 表。要访问某个顾客的所有 Orders 行,需要执行一条 SQL join 语句。在面向对象的语言中,更常见

的是定义一个 Customer 类和一个 Order 类，使用 Customer 类的 Orders 属性访问顾客的订单。

对于对象-关系映射，自从.NET 1.0 以来，就可以使用 DataSet 类和类型化的数据集。DataSet 非常类似于数据库的结构，它包含 DataTable、DataRow、DataColumn 和 DataRelation 类，而不提供对象支持。ADO.NET Entity Framework 支持直接定义完全独立于数据库结构的实体类，并把它们映射到数据库的表和关系上。通过应用程序使用对象，应用程序就可以免受数据库修改的影响。

ADO.NET Entity Framework 使用 Entity SQL 为存储器定义基于实体的数据库查询。LINQ to Entities 允许使用 LINQ 语法来查询数据。对象上下文保存了变化的实体信息，从而在把实体写回存储器时，提供这些信息。

包含 ADO.NET Entity Framework 中的类的名称空间如表 31-1 所示。

表 31-1

名称空间	说 明
System.Data	这是用于 ADO.NET 的主要名称空间。在 ADO.NET Entity Framework 中，这个名称空间包含了与实体相关的异常类，如 MappingException 和 QueryException 异常类
System.Data.Common	这个名称空间包含由 .NET 数据提供程序共享的类。DbProviderServices 类是一个抽象类，它必须由 ADO.NET Entity Framework 提供程序实现
System.Data.Common .CommandTrees	这个名称空间包含构建表达式树的类
System.Data.Entity.Design	这个名称空间包含由设计器用于创建 EDM (Entity Data Model, 实体数据模型)文件的类
System.Data.EntityClient	这个名称空间指定由 .NET Framework 数据提供程序访问 ADO.NET Entity Framework 的类。EntityConnection、EntityCommand 和 EntityReader 可用于访问 Entity Framework
System.Data.Objects	这个名称空间包含用于查询和更新数据库的类。ObjectContext 类封装了与数据库的连接，用作创建、读取、更新和删除方法的网关。ObjectQuery 类表示对存储器的一个查询。CompileQuery 是一个缓存的查询
System.Data.Objects .DataClasses	这个名称空间包含实体需要的类和接口

## 31.2 Entity Framework 映射

ADO.NET Entity Framework 提供了几个把数据库表映射到对象上的层。可以从一个数据库架构开始，使用 Visual Studio 项模板创建完整的映射。还可以先用设计器设计实体类，再把它映射到数据库上，在该数据库中，表和表之间的关系可以有完全不同的结构。

需要定义的层如下：

- 逻辑层——该层定义关系数据
- 概念层——该层定义 .NET 类
- 映射层——该层定义从 .NET 类到关系表和关联的映射。

下面先从一个简单的数据库架构开始，如图 31-1 所示，其中包含 Books 表和 Authors 表，以及

关联表 BookAuthors，它把作者映射到图书上。

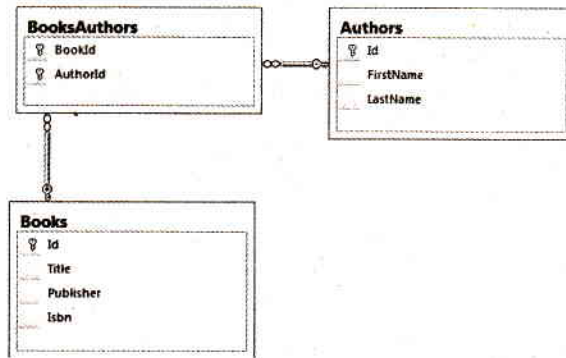


图 31-1

### 31.2.1 逻辑层

逻辑层由 SSDL(Store Schema Definition Language, 存储架构定义语言)定义, 描述了数据库表及其关系的结构。

下面的代码使用 SSDL 来描述 3 个表: Books、Authors 和 BookAuthors。EntityType 元素描述所有包含 EntitySet 元素的表和包含 AssociationSet 元素的表。表的部分用 EntityType 元素定义。在 EntityType Books 中, Id、Title、Publisher 和 ISBN 列用 Property 元素定义。Property 元素包含了定义数据类型的 XML 属性。Key 元素定义表的键。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

<edmx:StorageModels>
  <Schema Namespace="BooksModel.Store" Alias="Self" Provider="System.Data.SqlClient"
    ProviderManifestToken="2008"
    xmlns:store=
      "http://schemas.microsoft.com/ado/2007/12/edm/EntityStoreSchemaGenerator"
    xmlns="http://schemas.microsoft.com/ado/2009/02/edm/ssdl">
    <EntityContainer Name="BooksModelStoreContainer">
      <EntitySet Name="Authors" EntityType="BooksModel.Store.Authors"
        store:Type="Tables"
        Schema="dbo" />
      <EntitySet Name="Books" EntityType="BooksModel.Store.Books"
        store:Type="Tables"
        Schema="dbo" />
      <EntitySet Name="BooksAuthors" EntityType="BooksModel.Store.BooksAuthors"
        store:Type="Tables" Schema="dbo" />
      <AssociationSet Name="FK_BooksAuthors_Authors"
        Association="BooksModel.Store.FK_BooksAuthors_Authors">
        <End Role="Authors" EntitySet="Authors" />
        <End Role="BooksAuthors" EntitySet="BooksAuthors" />
      </AssociationSet>
      <AssociationSet Name="FK_BooksAuthors_Books"
        Association="BooksModel.Store.FK_BooksAuthors_Books">
        <End Role="Books" EntitySet="Books" />
        <End Role="BooksAuthors" EntitySet="BooksAuthors" />
      </AssociationSet>
    </EntityContainer>
    <EntityType Name="Authors">
      <Key>

```

```

        <PropertyRef Name="Id" />
    </Key>
    <Property Name="Id" Type="int" Nullable="false"
        StoreGeneratedPattern="Identity" />
    <Property Name="FirstName" Type="nvarchar" Nullable="false"
        MaxLength="50" />
    <Property Name="LastName" Type="nvarchar" Nullable="false"
        MaxLength="50" />
</EntityType>
<EntityType Name="Books">
    <Key>
        <PropertyRef Name="Id" />
    </Key>
    <Property Name="Id" Type="int" Nullable="false"
        StoreGeneratedPattern="Identity" />
    <Property Name="Title" Type="nvarchar" Nullable="false" MaxLength="50" />
    <Property Name="Publisher" Type="nvarchar" Nullable="false"
        MaxLength="50" />
    <Property Name="Isbn" Type="nchar" MaxLength="18" />
</EntityType>
<EntityType Name="BooksAuthors">
    <Key>
        <PropertyRef Name="BookId" />
        <PropertyRef Name="AuthorId" />
    </Key>
    <Property Name="BookId" Type="int" Nullable="false" />
    <Property Name="AuthorId" Type="int" Nullable="false" />
</EntityType>
<Association Name="FK_BooksAuthors_Authors">
    <End Role="Authors" Type="BooksModel.Store.Authors" Multiplicity="1" />
    <End Role="BooksAuthors" Type="BooksModel.Store.BooksAuthors"
        Multiplicity="*" />
    <ReferentialConstraint>
        <Principal Role="Authors">
            <PropertyRef Name="Id" />
        </Principal>
        <Dependent Role="BooksAuthors">
            <PropertyRef Name="AuthorId" />
        </Dependent>
    </ReferentialConstraint>
</Association>
<Association Name="FK_BooksAuthors_Books">
    <End Role="Books" Type="BooksModel.Store.Books" Multiplicity="1" />
    <End Role="BooksAuthors" Type="BooksModel.Store.BooksAuthors"
        Multiplicity="*" />
    <ReferentialConstraint>
        <Principal Role="Books">
            <PropertyRef Name="Id" />
        </Principal>
        <Dependent Role="BooksAuthors">
            <PropertyRef Name="BookId" />
        </Dependent>
    </ReferentialConstraint>
</Association>
</Schema>

```



```
</edmx:StorageModels>
```

```
代码段 BooksDemo/BooksModel.edmx
```



BooksModel.edmx 文件包含 SSDL、CSDL 和 MSL。使用 XML 编辑器可以打开这个文件，查看其内容。

### 31.2.2 概念层

概念层定义了 .NET 类。该层用 CSDL (Conceptual Schema Definition Language, 概念架构定义语言) 定义。

图 31-2 显示了用 ADO.NET 实体数据模型设计器定义的实体 Author 和 Book。

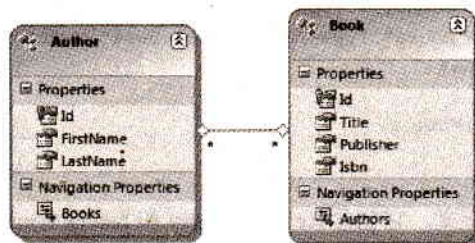


图 31-2

下面是定义实体类型 Author 和 Book 的 CSDL 内容。从 Books 数据库中创建它们。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
<edmx:ConceptualModels>
  <Schema Namespace="BooksModel" Alias="Self"
    xmlns:annotation="http://schemas.microsoft.com/ado/2009/02/edm/annotation"
    xmlns="http://schemas.microsoft.com/ado/2008/09/edm">
    <EntityContainer Name="BooksEntities" annotation:LazyLoadingEnabled="true">
      <EntitySet Name="Authors" EntityType="BooksModel.Author" />
      <EntitySet Name="Books" EntityType="BooksModel.Book" />
      <AssociationSet Name="BooksAuthors" Association="BooksModel.BooksAuthors">
        <End Role="Authors" EntitySet="Authors" />
        <End Role="Books" EntitySet="Books" />
      </AssociationSet>
    </EntityContainer>
    <EntityType Name="Author">
      <Key>
        <PropertyRef Name="Id" />
      </Key>
      <Property Name="Id" Type="Int32" Nullable="false"
        annotation:StoreGeneratedPattern="Identity" />
      <Property Name="FirstName" Type="String" Nullable="false" MaxLength="50"
        Unicode="true" FixedLength="false" />
      <Property Name="LastName" Type="String" Nullable="false" MaxLength="50"
        Unicode="true" FixedLength="false" />
      <NavigationProperty Name="Books" Relationship="BooksModel.BooksAuthors"
        FromRole="Authors" ToRole="Books" />
    </EntityType>
    <EntityType Name="Book">
```

```

<Key>
  <PropertyRef Name="Id" />
</Key>
<Property Name="Id" Type="Int32" Nullable="false"
  annotation:StoreGeneratedPattern="Identity" />
<Property Name="Title" Type="String" Nullable="false" MaxLength="50"
  Unicode="true"
  FixedLength="false" />
<Property Name="Publisher" Type="String" Nullable="false" MaxLength="50"
  Unicode="true" FixedLength="false" />
<Property Name="Isbn" Type="String" MaxLength="18" Unicode="true"
  FixedLength="true" />
<NavigationProperty Name="Authors" Relationship="BooksModel.BooksAuthors"
  FromRole="Books" ToRole="Authors" />
</EntityType>
<Association Name="BooksAuthors">
  <End Role="Authors" Type="BooksModel.Author" Multiplicity="*" />
  <End Role="Books" Type="BooksModel.Book" Multiplicity="*" />
</Association>
</Schema>
</edmx:ConceptualModels>

```

代码段 BooksDemo/BooksModel.edmx

实体用 `EntityType` 元素定义，它包含 `Key`、`Property` 和 `NavigationProperty` 元素，以描述所创建的类的属性。`Property` 元素包含的属性描述设计器生成的类的.NET 特性的名称和类型。`Association` 元素连接 `Author` 和 `Book` 类型。`Multiplicity="*"` 表示一个作者可以编写多本图书，和一本图书可以由多个作者编写。

### 31.2.3 映射层

映射层使用 `MSL`(Mapping Specification Language, 映射规范语言)把 `CSDL` 中的实体类型定义映射到 `SSDL` 上。下面的规范包含一个 `Mapping` 元素，该元素包含 `EntityTypeMapping` 元素来引用 `CSDL` 的 `Book` 类型，并定义 `MappingFragment` 来引用 `SSDL` 中的 `Authors` 表。`ScalarProperty` 把包含 `Name` 特性的.NET 类的属性映射到包含 `ColumnName` 特性的数据库表的列上。



可从  
wtoX.com  
下载源代码

```

<edmx:Mappings>
  <Mapping Space="C - S" xmlns="http://schemas.microsoft.com/ado/2008/09/mapping/cs">
    <EntityContainerMapping StorageEntityContainer="BooksModelStoreContainer"
      CdmEntityContainer="BooksEntities">
      <EntitySetMapping Name="Authors">
        <EntityTypeMapping TypeName="BooksModel.Author">
          <MappingFragment StoreEntitySet="Authors">
            <ScalarProperty Name="Id" ColumnName="Id" />
            <ScalarProperty Name="FirstName" ColumnName="FirstName" />
            <ScalarProperty Name="LastName" ColumnName="LastName" />
          </MappingFragment>
        </EntityTypeMapping>
      </EntitySetMapping>
      <EntitySetMapping Name="Books">
        <EntityTypeMapping TypeName="BooksModel.Book">
          <MappingFragment StoreEntitySet="Books">
            <ScalarProperty Name="Id" ColumnName="Id" />
          </MappingFragment>
        </EntityTypeMapping>
      </EntitySetMapping>
    </EntityContainerMapping>
  </Mapping>
</edmx:Mappings>

```

```

        <ScalarProperty Name="Title" ColumnName="Title" />
        <ScalarProperty Name="Publisher" ColumnName="Publisher" />
        <ScalarProperty Name="Isbn" ColumnName="Isbn" />
    </MappingFragment>
</EntityTypeMapping>
</EntitySetMapping>
<AssociationSetMapping Name="BooksAuthors" TypeName="BooksModel.BooksAuthors"
    StoreEntitySet="BooksAuthors">
    <EndProperty Name="Authors">
        <ScalarProperty Name="Id" ColumnName="AuthorId" />
    </EndProperty>
    <EndProperty Name="Books">
        <ScalarProperty Name="Id" ColumnName="BookId" />
    </EndProperty>
</AssociationSetMapping>
</EntityContainerMapping>
</Mapping>
</edmx:Mappings>

```

代码段 BooksDemo/BooksModel.edmx

### 31.3 Entity Client

访问 Entity Framework 的低级 API 在 System.Data.SqlClient 名称空间中。这个名称空间包含一个 ADO.NET 提供程序，它使用 EDM(Entity Data Model, 实体数据模型)来访问数据库。这个 ADO.NET 提供程序定义的类(如第 30 章所述)派生自基类 DbConnection、DbCommand、DbParameter 和 DbDataReader。在这里，这些类称为 EntityConnection、EntityCommand、EntityParameter 和 EntityDataReader。

使用这些类的方式与第 30 章相同，但需要一个特殊的连接字符串，且使用 Entity SQL 代替 T-SQL，来访问 EDM。

与数据库的连接通过 EntityConnection 类来实现，它需要一个实体连接字符串。这个字符串通过 System.Configuration 名称空间中的 ConfigurationManager 类从配置文件中读取。EntityConnection 类的 CreateCommand()方法返回一个 EntityCommand。EntityCommand 的命令文本使用 CommandText 属性来指定，且需要一条 Entity SQL 命令。BooksEntities.Books 从 BooksEntities CSDL 定义的 EntityContainer 元素中生成，Books EntitySet 从 Books 表中获取所有图书。command.ExecuteReader 返回一个 EntityDataReader，该 EntityDataReader 逐行读取数据：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

string connectionString = ConfigurationManager.ConnectionStrings["BooksEntities"].
    ConnectionString;
var connection = new EntityConnection(connectionString);
connection.Open();

EntityCommand command = connection.CreateCommand();
command.CommandText = "[BooksEntities].[Books]";
EntityDataReader reader = command.ExecuteReader(
    CommandBehavior.CloseConnection | CommandBehavior.SequentialAccess);
while (reader.Read())
{
    Console.WriteLine("{0}, {1}", reader["Title"], reader["Publisher"]);
}
reader.Close();

```

这段代码的作用与第 30 章的对应代码相同。唯一的区别是连接字符串和 Entity SQL 语句，下面就讨论它们。

### 31.3.1 连接字符串

在上面的代码段中，从配置文件中读取连接字符串。EDM 需要连接字符串，它不同于一般的 ADO.NET 连接字符串，因为需要映射信息。映射使用关键字 `metadata` 来定义，`metadata` 需要 3 个对象：带分隔符的映射文件列表、不变的提供程序名 `Provider`（该提供程序用于访问数据源）和 `Provider connection string`（用于指定依赖于提供程序的连接字符串）。

带分隔符的映射文件列表引用 `BooksModel.cSDL`、`BooksModel.sSDL` 和 `BooksModel.mSL` 文件，它们包含在程序集中用 `res:` 前缀定义的的资源里。在 Visual Studio 中，设计人员只使用了一个文件 `BooksModel.edmx`，它包含 CSDL、SSDL 和 MSL。把 `Custom Tool` 属性设置为 `EntityModelCodeGenerator`，会创建包含在资源中的 3 个文件。

在 `connectionString` 设置中，可以使用连接字符串设置找到数据库的连接字符串。这部分与简单的 ADO.NET 连接字符串相同，且取决于用 `provider` 设置的提供程序。

```
<connectionStrings>
  <add name=" BooksEntities"
    connectionString="metadata=res://*/BooksModel.cSDL|res://*/BooksModel.sSDL|
    res://*/BooksModel.mSL;provider=System.Data.SqlClient;
    provider connection string='Data Source=(local);Initial Catalog=Books;
    Integrated Security=True;Pooling=False;MultipleActiveResultSets=True';"
    providerName=" System.Data.EntityClient" />
</connectionStrings>
```



利用连接字符串还可以指定没有在程序集中包含为资源的 CSDL、SSDL 和 MSL 文件。如果希望在部署项目后改变这些文件的内容，采用这种方式就很有用。

### 31.3.2 Entity SQL

通过 Entity Client 查询数据时，需要使用 Entity SQL。Entity SQL 通过添加类型，增强了 T-SQL。这种语法不需要连接语句，因为可以使用实体的关联来替代。

这里仅列出了几个语法选项，它们有助于开始使用 Entity SQL。在 MSDN 文档中有完整的参考资料。

前面的示例说明了 Entity SQL 如何在 EntityContainer 和 EntitySet 中使用 CSDL 中的定义，例如，使用 `BooksEntities.Books` 从 `Books` 表中获取所有图书，因为 `Books EntitySet` 映射到 SSDL 中的 `Books EntitySet` 上。

除了检索所有列之外，还可以使用 `EntityType` 的 `Property` 元素。这看起来非常类似于上一章使用的 T-SQL 查询：

```
command.CommandText = "SELECT Books.Title, Books.Publisher FROM " +
  "BooksEntities.Books";
```



可从  
wrox.com  
下载源代码

Entity SQL 中没有 SELECT \*。前面通过请求 EntitySet 来检索所有列。使用 SELECT VALUE 还可以获得所有列，如下一段代码所示。这条语句还使用一个包含 WHERE 的筛选器，通过查询获取特定的出版商。注意 CommandText 用 @ 字符指定参数，但添加到 Parameters 集合中的参数不使用 @ 字符把某个值写入相同的参数中：

```
command.CommandText = "SELECT VALUE it FROM BooksEntities.Books AS it WHERE " +
    "it.Publisher = @Publisher";
command.Parameters.AddWithValue("Publisher", "Wrox Press");
```

## 31.4 实体

用设计器和 CSDL 创建的实体类一般派生自基类 EntityObject，如下面代码中的 Book 类所示。

这个 Book 类派生自基类 EntityObject，并为其数据定义属性，如 Title 和 Publisher。这些属性的 set 访问器以两种不同的方式触发信息的改变。一种方式是调用 EntityObject 基类的 ReportPropertyChanging() 和 ReportPropertyChanged() 方法。调用这些方法会使用 INotifyPropertyChanging 和 INotifyPropertyChanged 接口，以通知每个客户端用这些接口的事件来注册。

另一种方式是使用部分方法，如 OnTitleChanging() 和 OnTitleChanged()。它们默认没有实现方式，但可以在这个类的自定义扩展中实现它们。Authors 属性使用 RelationshipManager 类给作者返回 Book。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
[EdmEntityTypeAttribute (NamespaceName="BooksModel", Name="Book")]
[Serializable()]
[DataContractAttribute (IsReference=true)]
public partial class Book : EntityObject
{
    public static Book CreateBook(int id, string title, string publisher)
    {
        Book book = new Book();
        book.Id = id;
        book.Title = title;
        book.Publisher = publisher;
        return book;
    }

    [EdmScalarPropertyAttribute (EntityKeyProperty=true, IsNullable=false)]
    [DataMemberAttribute()]
    public int Id
    {
        get
        {
            return _Id;
        }
        set
        {
            if (_Id != value)
            {
                OnIdChanging (value);
                ReportPropertyChanging ("Id");
                _Id = StructuralObject.SetValidValue (value);
                ReportPropertyChanged ("Id");
            }
        }
    }
}
```

```
        OnIdChanged();
    }
}

private int _Id;
partial void OnIdChanging(int value);
partial void OnIdChanged();

[EdmScalarPropertyAttribute(EntityKeyProperty=false, IsNullable=false)]
[DataMemberAttribute()]
public string Title
{
    get
    {
        return _Title;
    }
    set
    {
        OnTitleChanging(value);
        ReportPropertyChanging("Title");
        _Title = StructuralObject.SetValidValue(value, false);
        ReportPropertyChanged("Title");
        OnTitleChanged();
    }
}

private string _Title;
partial void OnTitleChanging(string value);
partial void OnTitleChanged();

[EdmScalarPropertyAttribute(EntityKeyProperty=false, IsNullable=false)]
[DataMemberAttribute()]
public string Publisher
{
    get
    {
        return _Publisher;
    }
    set
    {
        OnPublisherChanging(value);
        ReportPropertyChanging("Publisher");
        _Publisher = StructuralObject.SetValidValue(value, false);
        ReportPropertyChanged("Publisher");
        OnPublisherChanged();
    }
}

private string _Publisher;
partial void OnPublisherChanging(string value);
partial void OnPublisherChanged();

[EdmScalarPropertyAttribute(EntityKeyProperty=false, IsNullable=true)]
[DataMemberAttribute()]
public string Isbn
{
    get
    {
```

```

        return _Isbn;
    }
    set
    {
        OnIsbnChanging(value);
        ReportPropertyChanging("Isbn");
        _Isbn = StructuralObject.SetValidValue(value, true);
        ReportPropertyChanged("Isbn");
        OnIsbnChanged();
    }
}
private string _Isbn;
partial void OnIsbnChanging(string value);
partial void OnIsbnChanged();

[XmlIgnoreAttribute()]
[SoapIgnoreAttribute()]
[DataMemberAttribute()]
[EdmRelationshipNavigationPropertyAttribute("BooksModel", "BooksAuthors", "Authors")]
public EntityCollection<Author>Authors
{
    get
    {
        return ((IEntityWithRelationships)this).RelationshipManager.
            GetRelatedCollection<Author>("BooksModel.BooksAuthors", "Authors");
    }
    set
    {
        if ((value != null))
        {
            ((IEntityWithRelationships)this).RelationshipManager.
                InitializeRelatedCollection<Author>("BooksModel.BooksAuthors",
                    "Authors", value);
        }
    }
}
}
}

```

代码段 BooksDemo/BooksModel.Designer.cs

与实体类相关的重要类和接口如表 31-2 所示。除了两个接口 `INotifyPropertyChanging` 和 `INotifyPropertyChanged` 之外，所有类型都是在 `System.Data.Objects.DataClasses` 名称空间中定义。

表 31-2

类或接口	说明
<code>StructuralObject</code>	<code>StructuralObject</code> 是 <code>EntityObject</code> 和 <code>ComplexObject</code> 类的基类。这个类实现 <code>INotifyPropertyChanging</code> 和 <code>INotifyPropertyChanged</code> 接口
<code>INotifyPropertyChanging</code> <code>INotifyPropertyChanged</code>	这些接口定义 <code>PropertyChanging</code> 和 <code>PropertyChanged</code> 事件，允许在对象的状态变化时订阅信息。这两个接口与其他类和接口不同，因为它们是在 <code>System.ComponentModel</code> 名称空间中定义

(续表)

类 或 接 口	说 明
EntityObject	这个类派生自 StructuralObject, 并实现 IEntityWithKey、IEntityWithChangeTracker 和 IEntityWithRelationships 接口。EntityObject 是一个常用的基类, 用于映射到数据库表上的对象, 该数据库表包含一个键以及与其他对象的关系
ComplexObject	这个类可以用作没有键的实体对象的基类, 它派生自 StructuralObject, 但没有实现与 EntityObject 类相同的其他接口
IEntityWithKey	这个接口定义 EntityKey 属性, 允许快速访问对象
IEntityWithChangeTracker	这个接口定义 SetChangeTracker()方法, 其中, 实现 IChangeTracker 接口的变化跟踪器可以指定从对象中获得状态变化的信息
IEntityWithRelationships	这个接口定义只读属性 RelationshipManager, 它返回一个用于在对象之间导航的 RelationshipManager 对象



实体类不一定派生自基类 EntityObject 或 ComplexObject, 而它可以实现需要的接口。

Book 实体类很容易使用对象上下文类 BookEntities 来访问。Book 属性返回一个可以迭代的 Book 对象集合:



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
using (var data = new BooksEntities())
{
    foreach (var book in data.Books)
    {
        Console.WriteLine("{0}, {1}", book.Title, book.Publisher);
    }
}
```

代码段 BooksDemo/Program.cs

### 31.5 对象上下文

要从数据库中检索数据, 需要使用ObjectContext类。这个类定义了从实体对象到数据库的映射。在核心ADO.NET中, 这个类可以和填充DataSet的数据适配器相媲美。

设计器创建的BookEntities类派生自基类ObjectContext。这个类添加了构造函数, 来传递连接字符串。在默认的构造函数中, 从配置文件中读取连接字符串, 也可以把一个已经打开的连接以EntityConnection实例的形式传递给构造函数。如果把没有打开的连接传递给构造函数, 对象上下文就会打开和关闭该连接。如果传递已打开的连接, 也需要关闭它。

所创建的类定义Books和Authors属性, 它们返回一个ObjectSet<TEntity>。ObjectSet<TEntity>是.NET 4新增的, 它派生自ObjectQuery<TEntity>。





```

public partial class BooksEntities :ObjectContext
{
    public BooksEntities() : base("name=BooksEntities", "BooksEntities")
    {
        this.ContextOptions.LazyLoadingEnabled = true;
        OnContextCreated();
    }

    public BooksEntities(string connectionString) : base(connectionString,
        "BooksEntities")
    {
        this.ContextOptions.LazyLoadingEnabled = true;
        OnContextCreated();
    }

    public BooksEntities(EntityConnection connection) : base(connection,
        "BooksEntities")
    {
        this.ContextOptions.LazyLoadingEnabled = true;
        OnContextCreated();
    }

    partial void OnContextCreated();

    public ObjectSet<Author> Authors
    {
        get
        {
            if ((_Authors == null))
            {
                _Authors = base.CreateObjectSet<Author>("Authors");
            }
            return _Authors;
        }
    }
    private ObjectSet<Author> _Authors;

    public ObjectSet<Book> Books
    {
        get
        {
            if ((_Books == null))
            {
                _Books = base.CreateObjectSet<Book>("Books");
            }
            return _Books;
        }
    }
    private ObjectSet<Book> _Books;
}

```

代码段 BooksDemo/BooksModel.Designer.cs

ObjectContext 类给调用者提供了几个服务:

- 跟踪已经检索到的实体对象。如果再次查询该对象,就从对象上下文中提取它。
- 保存实体的状态信息。可以获得已添加、修改和删除对象的信息。

- 更新对象上下文中的实体，把改变的内容写入底层存储器中。  
ObjectContext 类的方法和属性如表 31-3 所示。

表 31-3

ObjectContext 类的方法和属性	说 明
Connection	返回一个与对象上下文关联的 DbConnection 对象
MetadataWorkspace	返回一个 MetadataWorkspace 对象，该对象可用于读取元数据和映射信息
QueryTimeout	使用这个属性可以获取和设置对象上下文的查询的超时值
ObjectStateManager	这个属性返回一个 ObjectStateManager，该 ObjectStateManager 会跟踪检索到的实体对象和该对象在对象上下文中的变化
CreateQuery()	这个方法返回一个 ObjectQuery，以从存储器中获取数据。前面的 Books 和 Authors 属性就使用这个方法返回一个 ObjectQuery
GetObjectByKey() TryGetObjectByKey()	这两个方法根据键从对象状态管理器或底层存储器中返回对象。如果键不存在，GetObjectByKey() 方法就抛出一个 ObjectNotFoundException 类型的异常，而 TryGetObjectByKey() 方法返回 false
AddObject()	这个方法在对象上下文中添加一个新的实体对象
DeleteObject()	这个方法从对象上下文中删除一个对象
Detach()	这个方法从对象上下文中分离出实体对象，使不再在出现变化时被跟踪该对象
Attach() AttachTo()	Attach() 方法把分离出的对象附加到存储器中。把对象附加回对象上下文上，需要实体对象实现 IEntityWithKey 接口。AttachTo() 方法不需要对象带有键，但它需要一个实体集名称，需要附加的实体对象就放在这个实体集中
ApplyPropertyChanges()	如果对象从对象上下文中分离出来，就修改解除分离出来的对象，在把进行的修改应用于对象上下文中的对象之前，可以调用 ApplyPropertyChanges() 方法应用这些修改。当分离出来的对象从 Web 服务中返回，从客户端上修改它，再把它传递给 Web 服务时，这个方法很有用
Refresh()	实体对象存储在对象上下文中时，存储器中的数据可以修改。为了用存储器中的变化进行刷新，可以使用 Refresh() 方法。在这个方法中，可以传递一个 RefreshMode 枚举值。如果用于对象的值在存储器和对象上下文中不同，就传递 ClientWins 值，修改存储器中的数据。若传递 StoreWins 值，就修改对象上下文中的数据
SaveChanges()	从对象上下文中添加、修改和删除对象，不会改变底层存储器中的对象。使用 SaveChanges() 方法可以把这些修改持久化到存储器中
AcceptAllChanges()	这个方法把对象上下文中对象的状态改为未修改。SaveChanges() 方法隐式地调用这个方法

## 31.6 关系

实体类型 Book 和 Author 相互关联。一本书可以由一个或多个作者编写，一个作者也可以编写

一本或多本书。对应关系基于关联类型的个数和多样性。ADO.NET Entity Framework 支持几种关系，这里介绍其中一些关系，包括 TPT(Table per Type, 一种类型一个表)和 TPH(Table per Hierarchy, 一个层次结构一个表)。多样性可以是一对一、一对多和多对多。

### 31.6.1 一个层次结构一个表

在 TPH 中，数据库中的一个表对应实体类的一个层次结构。数据库表 Payments(如图 31-3 所示)包含的列对应于实体类型的一个层次结构。一些列在该层次结构中由所有实体共享，如 Id 和 Amount, CreditCardNumber 列仅用于信用卡付费。

全部映射到同一个 Payments 表的实体类如图 31-4 所示。Payment 是一个抽象基类，它包含的属性用于该层次结构中的所有类型。派生自 Payment 基类的具体类有 CreditCardPayment、CashPayment 和 ChequePayment。除了基类的属性之外，CreditCardPayment 类还有一个 CreditCard 属性，ChequePayment 类还有一个 BankName 属性。



图 31-3

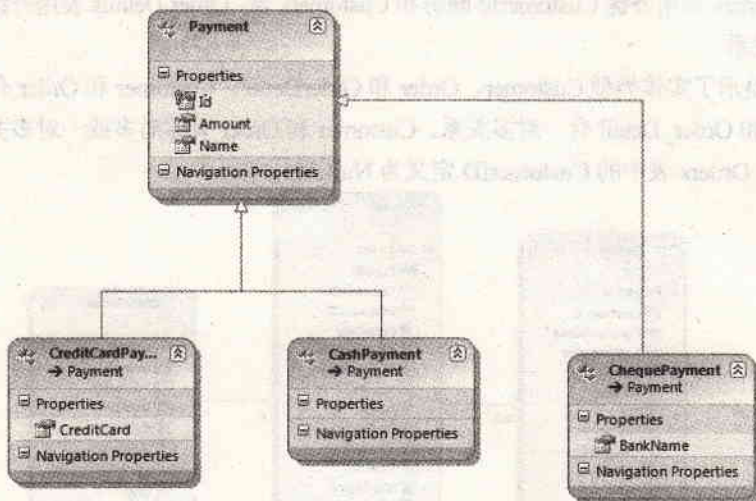


图 31-4

所有这些映射都可以使用设计器来定义。映射细节可以使用 Mapping Details 窗口配置，如图 31-5 所示。具体类的类型选择基于一个 Condition 元素，Condition 元素用 Maps to Payments When Type = CREDIT 定义。基于 Type 列的值选择对应的类型。还可以使用其他用于选择类型的选项，例如，可以验证某一列是否不为空。

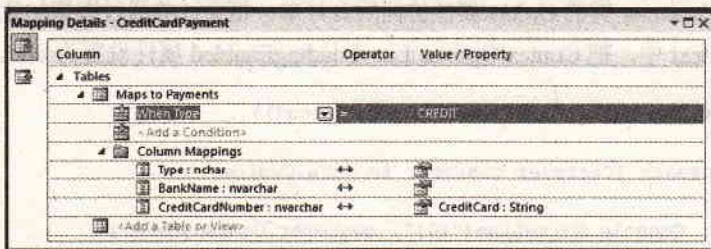


图 31-5

现在，可以迭代 Payments 表中的数据，根据映射返回不同的类型：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
using (var data = new PaymentsEntities())
{
    foreach (var p in data.Payments)
    {
        Console.WriteLine("{0}, {1} - {2:C}", p.GetType().Name, p.Name, p.Amount);
    }
}
```

代码段 PaymentsDemo/Program.cs

运行应用程序，会从数据库中返回两个 CashPayment 对象和一个 CreditCardPayment 对象：

```
CreditCardPayment, Gladstone - $22.00
CashPayment, Donald - $0.50
CashPayment, Scrooge - $80,000.00
```

### 31.6.2 一种类型一个表

在 TPT 中，一个表仅映射一个类型。Northwind 数据库的架构是 Customers 类、Orders 类和 Order Details 表。Orders 表用外键 CustomerID 映射和 Customers 表，Order Details 表用外键 OrderID 映射和 Orders 表的关系。

图 31-6 显示了实体类型 Customer、Order 和 OrderDetail。Customer 和 Order 有零对多或一对多关系，Order 和 Order\_Detail 有一对多关系。Customer 和 Order 有零对多或一对多关系，是因为在数据库架构中，Orders 表中的 CustomerID 定义为 Nullable。



图 31-6

用两个迭代访问顾客及其订单。首先访问 Customer 对象，把 CompanyName 属性的值写入控制台。接着使用 Customer 类的 Orders 属性访问所有订单。相关订单通过懒惰加载方式来访问属性，因为在ObjectContext 中，把 ContextOptions.LazyLoadingEnabled 属性设置为 true。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
using (var data = new NorthwindEntities())
{
    foreach (Customer customer in data.Customers)
    {
        Console.WriteLine("{0}", customer.CompanyName);
    }
}
```

```

foreach (Order order in customer.Orders)
{
    Console.WriteLine("\t{0} {1:d}", order.OrderID, order.OrderDate);
}
}
}

```

代码段 NorthwindDemo/Program.cs

在后台，使用 `RelationshipManager` 类访问对应关系。把实体对象的类型强制转换为 `IEntityWithRelationships` 接口，就可以访问 `RelationshipManager` 实例，如 `Customers` 类中通过设计器生成的 `Orders` 属性所示。这个接口由 `EntityObject` 类显式实现。`RelationshipManager` 属性返回一个 `RelationshipManager`，它与一端的实体对象关联起来。另一端调用 `GetRelatedCollection()` 方法来定义。第一个参数 `NorthwindModel.FK_Orders_Customers` 是关系的名称，第二个参数 `Orders` 定义目标角色的名称。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

public EntityCollection<Order>Orders
{
    get
    {
        return ((IEntityWithRelationships)this).RelationshipManager.
            GetRelatedCollection<Order>("NorthwindModel.FK_Orders_Customers",
                "Orders");
    }
    set
    {
        if ((value != null))
        {
            ((IEntityWithRelationships)this).RelationshipManager.
                InitializeRelatedCollection<Order>(
                    "NorthwindModel.FK_Orders_Customers", "Orders", value);
        }
    }
}
}
}

```

代码段 NorthwindDemo/NorthwindModel.Designer.cs

### 31.6.3 懒惰加载、延迟加载和预先加载

在默认情况下，在 `ContextOptions` 的 `LazyLoadingEnabled` 属性设置为 `true` 时，根据请求懒惰加载 (`lazy loaded`) 关系。关系的加载还有其他选项。关系也可以预先加载 (`eager loaded`) 或延迟加载 (`delayed loaded`)。

预先加载是指，在加载父对象的同时加载关系。在添加对 `Include()` 方法的调用后立即加载订单。它使用 `ObjectSet<TEntity>` 传递关系名，如 `Customers` 属性所示：

```

foreach (Customer customer in data.Customers. Include("Orders"))
{
    Console.WriteLine("{0}", customer.CompanyName);

    foreach (Order order in customer.Orders)
    {
        Console.WriteLine("\t{0} {1:d}", order.OrderID, order.OrderDate);
    }
}
}
}

```

预先加载的优点是如果需要所有相关的对象，则对数据库的请求会比较少。当然，如果并不需要所有相关的对象，懒惰加载或延迟加载会比较适合。

延迟加载需要对 EntityCollection<T>类的 Load()方法的显式调用。使用这个方法，可以把选项 LazyLoadingEnabled 设置为 false。在下面的代码段中，如果没有使用 IsLoaded 属性加载订单，就使用 Load()方法加载它们：

```
if (!customer.Orders.IsLoaded)
    customer.Orders.Load();
```

Load()方法的一个重载版本接受 MergeOption 枚举。该枚举的值如表 31-4 所示。

表 31-4

MergeOption 值	说 明
AppendOnly	这是默认值。追加新实体，对象上下文中的已有实体不修改
NoTracking	不修改 ObjectStateManager，它跟踪实体对象的变化
OverwriteChanges	实体对象的当前值用存储器中的值替代
PreserveChanges	实体对象在对象上下文中的初始值用存储器中的值替代

### 31.7 对象查询

查询对象是 ADO.NET Entity Framework 提供的其中一个服务。查询可以使用 LINQ to Entities、Entity SQL 和创建 Entity SQL 的 Query Builder 方法来进行。LINQ to Entities 在 31.9 节介绍，这里先介绍其他两个选项。

下面几节使用 Formula1 数据库，其中包含从设计器中创建的实体，如图 31-7 所示。

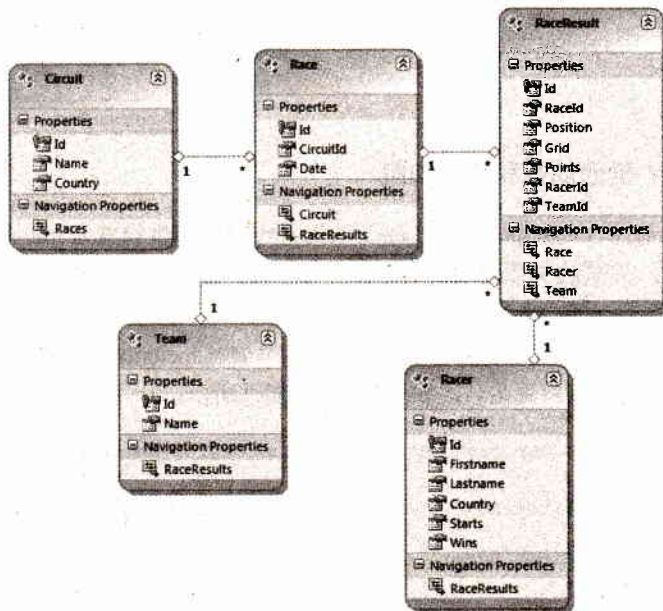


图 31-7

查询可以用 `ObjectQuery<T>` 类或其派生类 `ObjectSet<T>` 定义。下面先用一个简单的查询访问所有 `Racer` 实体。所生成的 `FormulalEntities` 类的 `Racers` 属性返回一个 `ObjectSet<Racer>`：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
using (FormulalEntities data = new FormulalEntities(connection))
{
    ObjectSet<Racer>racers = data.Racers;
    Console.WriteLine(racers.CommandText);
    Console.WriteLine(racers.ToTraceString());
}
```

代码段 `FormulalDemo/Program.cs`

从 `CommandText` 属性中返回的 Entity SQL 语句如下：

```
[FormulalEntities].[Racers]
```

生成的这条 `SELECT` 语句从 `ToTraceString()` 方法显示的数据库中检索记录：

```
SELECT
  [Extent1].[Id] AS [Id],
  [Extent1].[Firstname] AS [Firstname],
  [Extent1].[Lastname] AS [Lastname],
  [Extent1].[Country] AS [Country],
  [Extent1].[Starts] AS [Starts],
  [Extent1].[Wins] AS [Wins]
FROM [dbo].[Racers] AS [Extent1]
```

除了从对象上下文中访问 `Racers` 属性之外，还可以用 `CreateQuery()` 方法创建一个查询：

```
ObjectQuery<Racer>racers = data.CreateQuery<Racer> ("[FormulalEntities].[Racers]");
```

这类类似于使用 `Racers` 属性。

下面根据条件筛选选手。这可以使用 `ObjectQuery<T>` 类的 `Where()` 方法来完成。`Where()` 方法是其中一个 Query Builder 方法，它可以创建 Entity SQL 语句。这个方法需要把一个谓词作为字符串，其可选参数的类型是 `ObjectParameter`。这里的谓词指定只返回来自巴西的选手。it 指定结果项，`Country` 是 `Country` 列。`ObjectParameter()` 构造函数的第一个参数引用谓词的 `@Country` 参数，但它不带 `@` 符号。

```
string country = "Brazil";
ObjectQuery<Racer>racers = data.Racers.Where("it.Country = @Country",
    new ObjectParameter("Country", country));
```

`it` 的作用可以通过访问查询的 `CommandText` 属性来及时了解。在 Entity SQL 中，`SELECT VALUE` `it` 声明 `it` 来访问列。

```
SELECT VALUE it
FROM (
  [FormulalEntities].[Racers]
) AS it
WHERE
  it.Country = @Country
```

ToTraceString()方法显示生成的 SQL 语句如下:

```
SELECT
    [Extent1].[Id] AS [Id],
    [Extent1].[Firstname] AS [Firstname],
    [Extent1].[Lastname] AS [Lastname],
    [Extent1].[Country] AS [Country],
    [Extent1].[Starts] AS [Starts],
    [Extent1].[Wins] AS [Wins]
FROM [dbo].[Racers] AS [Extent1]
WHERE [Extent1].[Country] = @Country
```

当然,也可以指定完整的 Entity SQL:

```
string country = "Brazil";
ObjectQuery<Racer>racers = data.CreateQuery<Racer>(
    "SELECT VALUE it FROM ([FormulatEntities].[Racers]) AS " +
    "it WHERE it.Country = @Country",
    new ObjectParameter("Country", country));
```

ObjectQuery<T>类提供了几个 Query Builder 方法,如表 31-5 所述。其中的许多方法非常类似于第 11 章介绍的 LINQ 扩展方法。一个重要的区别是, ObjectQuery<T>的参数类型不是委托或 Expression<T>,而通常是 string 类型。

表 31-5

ObjectQuery<T>类的 Query Builder 方法	说 明
Where()	这个方法可以根据条件筛选结果
Distinct()	这个方法创建包含唯一结果的查询
Except()	这个方法返回的结果不满足 except 筛选器指定的条件
GroupBy()	这个方法新建一个新查询,根据指定的条件组合实体
Include()	通过关系,可提前发现相关项是延迟加载的,所以需要调用 EntityCollection<T>类的 Load()方法,把相关的实体放在对象上下文中。除了使用 Load()方法,还可以用 Include()方法指定一个查询,预先提取相关实体
OfType()	这个方法指定只返回特定类型的实体,使用 TPH 关系对此很有帮助
OrderBy()	这个方法定义实体的排列顺序
Select() Selectvalue()	这些方法返回结果的一个投射。Select()方法以 DbDataRecord 的形式返回结果项,SelectValue()方法根据泛型参数 TResultType,把值返回为标量类型或复杂类型
Skip() Top()	这些方法可用于分页。Skip()可以跳过许多项,Top()方法提取指定数量的项
Intersect() Union() UnionAll()	这些方法用于合并两个查询。Intersect()方法返回的查询只包含两个查询都有的结果。Union()方法合并查询,返回没有重复的完整结果,UnionAll()方法也包含重复的结果

下面用一个例子说明如何使用这些 Query Builder 方法。其中,赛车手用 Where()方法筛选,只返



回来自美国的赛车手；OrderBy()方法指定先根据获奖者人数进行降序排列，再根据参加比赛的人数进行降序排列。最后，使用 Top()方法仅在结果中显示前 3 个赛车手：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
using (var data = new Formula1Entities())
{
    string country = "USA";
    ObjectQuery<Racer> racers = data.Racers.Where("it.Country = @Country",
        new ObjectParameter("Country", country))
        .OrderBy("it.Wins DESC, it.Starts DESC")
        .Top("3");
    foreach (var racer in racers)
    {
        Console.WriteLine("{0} {1}, wins: {2}, starts: {3}",
            racer.Firstname, racer.Lastname, racer.Wins, racer.Starts);
    }
}
```

代码段 Formula1Demo/Program.cs

这个查询的结果如下：

```
Mario Andretti, wins: 12, starts: 128
Dan Gurney, wins: 4, starts: 87
Phil Hill, wins: 3, starts: 48
```

## 31.8 更新

读取、搜索和筛选数据库中的数据仅是数据密集型应用程序通常需要执行的一部分操作。把改变的数据写回存储器是另一个要执行的操作。

下面几节介绍如下主题：

- 对象跟踪
- 改变信息
- 附加和分离实体
- 存储实体的变化

### 31.8.1 对象跟踪

为了修改和保存从存储器中读取的数据，必须在加载实体后跟踪它们。这也要求对象上下文注意实体是否已从存储器中加载了。如果多个查询同时访问同一个记录，对象上下文就需要返回已经加载的实体。

对象上下文用 `ObjectStateManager` 来跟踪加载到上下文中的实体。

下面的示例说明了，如果两个不同的查询从数据库中返回相同的记录，状态管理器就会注意到这一点，因此它不新建实体，而是返回相同的实体。与对象上下文关联的 `ObjectStateManager` 实例可以用 `ObjectStateManager` 属性访问。`ObjectStateManager` 类定义 `ObjectStateManagerChanged` 事件，每次从对象上下文中添加或删除对象时，就调用这个事件。这里，把 `ObjectStateManager_ObjectStateManagerChanged` 方法赋予该事件，以获得改变的信息。

两个不同的查询用于返回一个实体对象。第一个查询获得来自奥地利、姓氏为 Lauda 的第一个

赛车手。第二个查询请求来自奥地利的赛车手，按照赢得比赛的次数排列赛车手，并获取第一个结果。事实上，这是同一个赛车手。为了验证返回了同一个实体对象，使用 `Object.ReferenceEquals()` 方法验证两个对象引用是否确实引用同一个实例。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

Private static void TrackingDemo()
{
    using (var data = new Formula1Entities())
    {
        data.ObjectStateManager.ObjectStateManagerChanged +=
            ObjectStateManager_ObjectStateManagerChanged;
        Racer niki1 = data.Racers.Where("it.Country='Austria' && it.Lastname='Lauda'").
            First();
        Racer niki2 = data.Racers.Where("it.Country='Austria'").
            OrderBy("it.Wins DESC").First();
        if (Object.ReferenceEquals(niki1, niki2))
        {
            Console.WriteLine("the same object");
        }
    }
}

static void ObjectStateManager_ObjectStateManagerChanged(object sender,
    CollectionChangeEventArgs e)
{
    Console.WriteLine("Object State change — action: {0}", e.Action);
    Racer r = e.Element as Racer;
    if (r != null)
        Console.WriteLine("Racer {0}", r.Lastname);
}
    
```

代码段 Formula1Demo/Program.cs

运行这个应用程序，会看到 `ObjectStateManager` 的 `ObjectStateManagerChanged` 事件只触发了一次，`niki1` 和 `niki2` 引用的确相同：

```

Object State change — action: Add
Racer Lauda
The same object
    
```

### 31.8.2 改变信息

对象上下文也会注意到实体的改变。下面的示例添加并修改对象上下文中的一个赛车手，并获得修改的信息。首先，使用 `ObjectSet<T>` 类的 `AddObject()` 方法添加一个新赛车手，这个方法用 `EntityState.Added` 信息添加一个新实体。接着查询 `Lastname` 为 `Alonso` 的赛车手。在这个实体类中，递增 `Starts` 属性，从而用 `EntityState.Modified` 信息标记实体。在后台，通知 `ObjectStateManager`：基于 `InotifyPropertyChanged` 接口实现方式的对象有状态改变。这个接口在实体基类 `StructuralObject` 中实现。把 `ObjectStateManager` 附加到 `PropertyChanged` 事件中，这个事件会因每个属性改变而触发。

为了获得所有添加或修改的实体对象，可以调用 `ObjectStateManager` 的 `GetObjectStateEntries()` 方法，并传递一个 `EntityState` 枚举值。这个方法返回一个 `ObjectStateEntry` 对象集合，其中保存了实体的信息。帮助方法 `DisplayState()` 迭代这个集合，以获得详细信息。

也可以把 `EntityKey` 传递给 `GetObjectStateEntry()` 方法，获得单个实体的状态信息。`EntityKey` 属

性可以用实现了 `IEntityWithKey` 接口的实体对象来获得, 即派生自基类 `EntityObject` 的实体对象。返回的 `ObjectStateEntry` 对象提供了 `GetModifiedProperties()` 方法, 在该方法中, 可以读取已改变的所有属性值, 也可以用 `OriginalValues` 和 `CurrentValues` 索引器访问属性的原始信息和当前信息。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
private static void ChangeInformation()
{
    using (var data = new Formula1Entities())
    {
        var jaime = new Racer
        {
            Firstname = "Jaime",
            Lastname = "Alguersuari",
            Country = "Spain",
            Starts = 0
        };
        data.Racers.AddObject(jaime);
        Racer fernando = data.Racers.Where("it.Lastname='Alonso'").First();
        fernando.Starts++;
        DisplayState(EntityState.Added.ToString(),
            data.ObjectStateManager.GetObjectStateEntries(EntityState.Added));
        DisplayState(EntityState.Modified.ToString(),
            data.ObjectStateManager.GetObjectStateEntries(EntityState.Modified));
        ObjectStateEntry stateOfFernando =
            data.ObjectStateManager.GetObjectStateEntry(fernando.EntityKey);
        Console.WriteLine("state of Fernando: {0}",
            stateOfFernando.State.ToString());
        foreach (string modifiedProp in stateOfFernando.GetModifiedProperties())
        {
            Console.WriteLine("modified: {0}", modifiedProp);
            Console.WriteLine("original: {0}",
                stateOfFernando.OriginalValues[modifiedProp]);
            Console.WriteLine("current: {0}",
                stateOfFernando.CurrentValues[modifiedProp]);
        }
    }
}

static void DisplayState(string state, IEnumerable<ObjectStateEntry> entries)
{
    foreach (var entry in entries)
    {
        var r = entry.Entity as Racer;
        if (r != null)
        {
            Console.WriteLine("{0}: {1}", state, r.Lastname);
        }
    }
}
```

代码段 Formula1Demo/Program.cs

运行这个应用程序, 会显示已添加和修改的赛车手, 已改变的属性及其原始值和当前值如下所示:

```
Added: Alguersuari
Modified: Alonso
state of Fernando: Modified
```

```
modified: Starts
original: 138
current: 139
```

### 31.8.3 附加和分离实体

把实体数据返回给调用者，对于从对象上下文中分离对象很重要。例如，如果实体对象从 Web 服务中返回，这就是必须的。这里，如果在客户端上改变实体对象，对象上下文并不知道对应的改变。

在示例代码中，ObjectContext 类的 Detach()方法分离实体 fernando，因此对象上下文不知道对这个实体进行了什么修改。如果把改变的实体对象从客户端应用程序传递给服务，就可以再次附加它。把它附加到对象上下文中还不够，因为这并没有给出信息，说明这个对象已经修改了。而原始对象必须在对象上下文中可用。原始对象可以使用 GetObjectByKey()或 TryGetObjectByKey()方法和键从存储器中访问。如果实体对象已经在对象上下文中，就使用已有的实体；否则就从数据库中提取新实体。调用 ApplyPropertyChanges()方法，把修改过的实体对象传递给对象上下文，如果实体对象有变化，就在已有的实体中用对象上下文中的同一个键进行修改，再把 EntityState 设置为 EntityState.Modified。ApplyPropertyChanges()方法需要对象存在于对象上下文中，否则就用 EntityState.Added 添加新实体对象。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
using (var data = new Formula1Entities())
{
    data.ObjectStateManager.ObjectStateManagerChanged +=
        ObjectStateManager_ObjectStateManagerChanged;
    ObjectQuery<Racer>racers = data.Racers.Where("it.Lastname='Alonso'");
    Racer fernando = racers.First();
    EntityKey key = fernando.EntityKey;
    data.Racers.Detach(fernando);

    // Racer is now detached and can be changed independent of the object context
    fernando.Starts++;
    Racer originalObject = data.GetObjectByKey(key) as Racer;
    data.Racers.ApplyCurrentValues(fernando);
}
```

代码段 Formula1Demo/Program.cs

### 31.8.4 存储实体的变化

在 ObjectStateManager 的帮助下，根据所有的变化信息，可以使用 ObjectContext 类的 SaveChanges()方法，把添加、删除和修改的实体对象写到存储器中。要验证对象上下文中的变化，可以把一个处理程序方法赋予 ObjectContext 类的 SavingChanges 事件。因为这个事件在数据写入存储器之前触发，所以可以添加一些验证逻辑，以确定是否应进行修改。SaveChanges()方法返回写入的实体对象个数。

如果数据库中用实体类表示的记录在读取之后发生了变化，该怎么办？答案取决于用模型设置的 ConcurrencyMode 属性。通过实体对象的每个属性，都可以把 ConcurrencyMode 配置为 Fixed 或 None。Fixed 值表示属性在写入时验证，以确定该值同时是否没有变化。默认值 None 表示忽略任何改变。如果把某些属性配置为 Fixed 模式，且在读写实体对象时数据有变化，就抛出一个 OptimisticConcurrencyException 异常。

调用 Refresh()方法把数据库中的实际信息读入对象上下文中，就可以处理这个异常。这个方法

接收 `RefreshMode` 枚举值配置的两种刷新模式：`ClientWins` 和 `StoreWins`。`StoreWins` 表示从数据库中提取实际信息，并把它设置为实体对象的当前值。`ClientWins` 表示把数据库信息设置为实体对象的原始值，因此数据库值在下一个 `SaveChanges` 事件中被覆盖。`Refresh()` 方法的第二个参数或者是实体对象的集合或者是单个实体对象。可以为每个实体确定刷新行为：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
private static void ChangeInformation()
{
    //...
    int changes = 0;
    try
    {
        changes += data.SaveChanges();
    }
    catch (OptimisticConcurrencyException ex)
    {
        data.Refresh(RefreshMode.ClientWins, ex.StateEntries);
        changes += data.SaveChanges();
    }
    Console.WriteLine("{0} entities changed", changes);
    //...
}
```

代码段 `Formula1Demo/Program.cs`

## 31.9 LINQ to Entities

本书的几章介绍了 LINQ to Query 对象、数据库和 XML。当然，LINQ 也能用于查询实体。

在 LINQ to Entities 中，LINQ 查询的数据源是 `ObjectQuery<T>` 类。因为 `ObjectQuery<T>` 类实现了 `IQueryable` 接口，所以用于查询的扩展方法用 `System.Linq` 名称空间中的 `Queryable` 类定义。用这个类定义的扩展方法有一个参数 `Expression<T>`，这就是编译器把表达式树写入程序集的原因。第 11 章介绍了表达式树，表达式树从 `ObjectQuery<T>` 类中解析到 SQL 查询中。

可以使用如下简单的 LINQ 查询返回赢得超过 40 场比赛的赛车手：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
using (var data = new Formula1Entities())
{
    var racers = from r in data.Racers
                 where r.Wins > 40
                 orderby r.Wins descending
                 select r;
    foreach (Racer r in racers)
    {
        Console.WriteLine("{0} {1}", r.Firstname, r.Lastname);
    }
}
```

代码段 `Formula1Demo/Program.cs`

访问 `Formula1` 数据库的结果如下：

```
Michael Schumacher
Alain Prost
Ayrton Senna
```

还可以定义一个 LINQ 查询来访问关系，如下所示。变量 `r` 表示赛手，变量 `rr` 表示所有比赛结果。筛选器用 `where` 子句定义，只检索榜上有名的瑞士赛手。要完成这个排行榜，应组合结果，并计算排行榜的个数。根据排行榜的完成情况进行排序：

```
using (var data = new Formula1Entities())
{
    var query = from r in data.Racers
                from rr in r.RaceResults
                where rr.Position <= 3 && rr.Position >= 1 &&
                    r.Country == "Switzerland"
                group r by r.Id into g
                let podium = g.Count()
                orderby podium descending
                select new
                {
                    Racer = g.FirstOrDefault(),
                    Podiums = podium
                };
    foreach (var r in query)
    {
        Console.WriteLine("{0} {1} {2}", r.Racer.Firstname, r.Racer.Lastname,
            r.Podiums);
    }
}
```

运行这个应用程序，会返回瑞士的 3 个赛手姓名：

```
Clay Regazzoni 28
Jo Siffert 6
Rudi Fischer 2
```

## 31.10 小结

本章介绍了 ADO.NET Entity Framework 的特性，ADO.NET Entity Framework 基于 CSDL、MSL 和 SSDL 定义的映射，这些 XML 信息描述实体、映射和数据库架构。使用这种映射技术，可以创建不同的关系类型，把实体类映射到数据库表上。

本章还介绍了对象上下文如何保存所检索和更新的实体信息，如何把改变的内容写入存储器中。

LINQ to Entities 仅是 ADO.NET Entity Framework 的一部分，它允许使用新的查询语法访问实体。

# 第 32 章

## 数据服务

本章内容:

- WCF 数据服务概述
- 包含 CLR 对象的 WCF 数据服务宿主
- 访问 WCF 数据服务的 HTTP 客户端
- WCF 数据服务的 URL 查询
- WCF 数据服务和 ADO.NET Entity Framework
- 使用 WCF 数据服务.NET 客户端提供程序
- 跟踪、更新和批处理

上一章介绍了 ADO.NET Entity Framework, 通过它可方便地创建映射到数据库结构的对象模型。Entity Framework 没有提供获取不同层上的对象的方式, 而 WCF 数据服务提供了这个功能。WCF 数据服务提供了一个 WCF 服务, 以便于访问实体数据模型提供的数据, 或者仅通过实现了 IQueryble<T>接口的简单 CLR 对象来访问数据。

### 32.1 概述

ADO.NET Entity Framework 提供了映射, 并创建表示数据库的实体类。通过 Entity Framework 中的数据上下文, 数据上下文可以了解数据的改变, 以确定它应更新什么数据。但 Entity Framework 无助于创建多层上的解决方案。

通过 WCF 数据服务, 可以在服务器端使用 Entity Framework(或简单的 CLR 对象模型), 并把 HTTP 查询从客户端发送给服务, 以检索和更新数据。图 32-1 显示了 Windows 客户端或 Web 页面使用 HTML 和 JavaScript 给服务器发送 HTTP 请求的典型场景。返回的信息可以是 AtomPub 或 JSON 格式。AtomPub 是基于 XML 的 Atom Publisher 格式, JSON(JavaScript Object Notation, JavaScript 对象标记)最好从 JavaScript 客户端中访问。

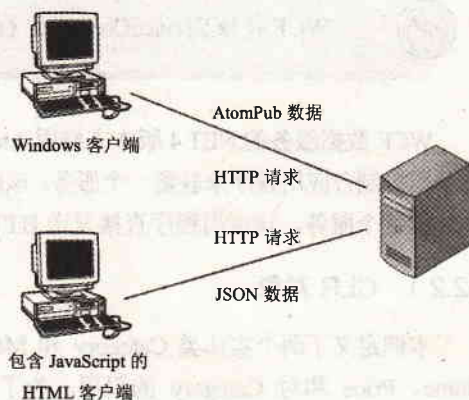


图 32-1

WCF 数据服务给通信部分使用 WCF(Windows Communication Foundation, Windows 通信基础), 还使用了 WebHttpBinding。



Atom 协议的更多信息可参见第 47 章。第 43 章提供了 WCF 的详细信息。

利用 WCF 数据服务, 不仅可以获得服务器上的功能, 以及通过 AtomPub 或 JSON 使用 HTTP Web 请求的功能, 而且 WCF 数据服务还有一个客户端部分。对于客户端, 有一个数据服务上下文, 可以创建以 AtomPub 或 JSON 格式转换的查询。HTTP 协议是无状态的, 而客户端的数据服务上下文是有状态的。通过这个上下文, 客户端可以记录哪些实体改变了、添加了或删除了, 并把包含所有变更信息的请求发送给服务。

下面详细讨论 WCF 数据服务, 首先创建一个简单的服务, 从客户端使用 HTTP Web 请求访问它。

## 32.2 包含 CLR 对象的自定义宿主

WCF 数据服务的核心是 `DataService<T>` 类, 它是 WCF 服务的实现方式。`DataService<T>` 类实现如下定义的 `IRequestHandler` 接口。把 `WebInvoke` 特性指定为接受任意 URI 参数和任意 HTTP 方法。`ProcessRequestForMessage()` 方法因为其参数和返回类型而非常灵活。它接受任意流, 返回一个 `Message`。这是数据具有灵活性所必须的。

```
[ServiceContract]
public interface IRequestHandler
{
    [OperationContract]
    [WebInvoke(UriTemplate="*", Method="**")]
    Message ProcessRequestForMessage(Stream messageBody);
}
```



WCF 特性 `ServiceContract`、`OperationContract` 和 `WebInvoke` 参见第 43 章。

WCF 数据服务的 .NET 4 版本支持用 AtomPub 或 JSON 格式收发请求。下面举一个简单的例子, 它使用控制台应用程序来驻留一个服务, 该服务提供了一个 CLR 对象列表。接着从客户端应用程序中使用这个服务, 该应用程序直接发送 HTTP 请求, 以检索数据。

### 32.2.1 CLR 对象

本例定义了两个实体类 `Category` 和 `Menu`。这些类都是简单的数据存储器。`Menu` 实体类包含 `Name`、`Price` 和对 `Category` 的引用。为了使数据服务可唯一地标识不同的实例, 必须添加特性 `DataServiceKey` 特性, 以引用唯一标识符。这个特性在 `System.Data.Services.Common` 名称空间中定义。除了把一个属性定义为标识, 它还可以指定一组属性, 以进行唯一标识。





可从  
wrox.com  
下载源代码

```
[DataServiceKey("Id")]
public class Category
{
    public int Id { get; set; }
    public string Name { get; set; }

    public Category() { }
    public Category(int id, string name)
    {
        this.Id = id;
        this.Name = name;
    }
}
```

代码段 DataServicesHost/Category.cs



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
[DataServiceKey("Id")]
public class Menu
{
    public int Id { get; set; }
    public string Name { get; set; }
    public decimal Price { get; set; }
    public Category Category { get; set; }

    public Menu() { }
    public Menu(int id, string name, decimal price, Category category)
    {
        this.Id = id;
        this.Name = name;
        this.Price = price;
        this.Category = category;
    }
}
```

代码段 DataServicesHost/Menu.cs

MenuCard 类管理 Menu 和 Category 项的集合，它包含 Menu 和 Category 项的一个列表，这些项可以从公共 Menus 和 Categories 属性中迭代。因为这个类实现单一模式，所以每个集合只存在一个列表。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.Linq;
using System.Text;

namespace Wrox.ProCSharp.DataServices
{
    public class MenuCard
    {
        private static object sync = new object();
        private static MenuCard menuCard;
        public static MenuCard Instance
        {
            get
            {
                lock (sync)
            }
        }
    }
}
```

```

        {
            if (menuCard == null)
                menuCard = new MenuCard();
        }
        return menuCard;
    }
}

private List<Category> categories;
private List<Menu> menus;

private MenuCard()
{
    categories = new List<Category>
    {
        new Category(1, "Main"),
        new Category(2, "Appetizer")
    };

    menus = new List<Menu>() {
        new Menu(1, "Roasted Chicken", 22, categories[0]),
        new Menu(2, "Rack of Lamb", 32, categories[0]),
        new Menu(3, "Pork Tenderloin", 23, categories[0]),
        new Menu(4, "Fried Calamari", 9, categories[1])
    };
}

public IEnumerable<Menu> Menus
{
    get
    {
        return menus;
    }
}

public IEnumerable<Category> Categories
{
    get
    {
        return categories;
    }
}
}
}

```

---

代码段 DataServicesHost/MenuCard.cs

### 32.2.2 数据模型

下面是真正有趣的类 `MenuCardDataModel`。这个类通过指定返回 `IQueryable<T>` 的属性，来定义从数据服务中提供哪些实体。`IQueryable<T>` 由 `DataService<T>` 类用于传递查询对象列表的表达式。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

public class MenuCardDataModel
{
    public IQueryable<Menu> Menus
    {
        get
    }
}

```

```

    {
        return MenuCard.Instance.Menus.AsQueryable();
    }
}

public IQueryable<Category> Categories
{
    get
    {
        return MenuCard.Instance.Categories.AsQueryable();
    }
}
}
}

```

---

代码段 DataServicesHost/MenuCardDataModel.cs

---

### 32.2.3 数据服务

数据服务 `MenuDataService` 的实现代码派生自基类 `DataService<T>`。`DataService<T>` 类的泛型参数是 `MenuCardDataModel` 类，`Menus` 和 `Categories` 属性返回 `IQueryable<T>`。

在 `InitializeService()` 方法中，需要使用 `DataServiceConfiguration` 类配置实体和服务操作访问规则。可以给实体和操作访问规则传递“\*”，以允许访问每个实体和操作。利用枚举 `EntitySetRights` 和 `ServiceOperationsRights`，可以指定是否启用读写访问功能。`DataServiceBehavior` 的 `MaxProtocolVersion` 属性定义应支持哪个版本的 AtomPub 协议。.NET 4 支持版本 2，版本 2 还支持其他一些功能，如获取列表中的项数。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

using System.Data.Services;
using System.Data.Services.Common;
using System.Linq;
using System.ServiceModel.Web;

namespace Wrox.ProCSharp.DataServices
{
    public class MenuDataService : DataService<MenuCardDataModel>
    {
        public static void InitializeService(DataServiceConfiguration config)
        {
            config.SetEntitySetAccessRule("Menus", EntitySetRights.All);
            config.SetEntitySetAccessRule("Categories", EntitySetRights.All);
            config.SetServiceOperationAccessRule("*", ServiceOperationRights.All);

            config.DataServiceBehavior.MaxProtocolVersion = DataServiceProtocolVersion.V2;
        }
    }
}

```

---

代码段 DataServicesHost/MenuDataService.cs

---

### 32.2.4 驻留服务

最后，需要一个进程来驻留应用程序。本章后面将把一个 Web 应用程序用作宿主。还可以在 WCF 支持的任意应用程序类型中驻留服务，如简单的控制台应用程序或 Windows 服务。这个示例使用控制台应用程序，该应用程序很容易改为使用其他宿主类型。

在控制台应用程序的 `Main()` 方法中，实例化一个 `DataServiceHost`。`DataServiceHost` 派生自基类

ServiceHost, 以提供 WCF 功能。还可以使用 DataServiceHostFactory 创建 DataServiceHost。调用 Open() 方法, DataServiceHost 就实例化 MenuDataService 类的一个实例, 以提供服务的功能。该服务的地址用 http://localhost:9000/Samples 定义。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

using System;
using System.Data.Services;

namespace Wrox.ProCSharp.DataServices
{
    class Program
    {
        static void Main()
        {
            DataServiceHost host = new DataServiceHost(typeof(MenuDataService),
                new Uri[] { new Uri("http://localhost:9000/Samples ") });

            host.Open();

            Console.WriteLine("service running");
            Console.WriteLine("Press return to exit");
            Console.ReadLine();

            host.Close();
        }
    }
}

```

代码段 DataServicesHost/Program.cs

现在可以启动可执行程序, 在 Internet Explorer 中用链接 http://localhost:9000/Samples/Menu 和 http://localhost:9000/Samples/Category 请求服务。为了使用 Internet Explorer 查看服务返回的数据, 需要取消 Turn on feed reading view 选项。



为了不以提升的管理员权限启动一个侦听器, 应使用 netsh http add urlacl url=http://+:9000/Samples user=username listen=yes 配置端口和用户的 ACL。当然, 要修改这些管理设置, 需要提升的管理员权限。

### 32.2.5 其他服务操作

除了从数据模型中提供属性之外, 还可以给数据服务添加其他服务操作。在示例代码中, 包含 GetMenusByName()方法, 它从客户端获取一个请求参数, 并通过 IQueryable<Menu>集合返回所有以请求的字符串开头的菜单。这类操作需要在 InitializeService()方法中添加到服务操作访问规则中, 以防没有使用 “\*” 提供所有服务操作。

```

public class MenuDataService : DataService<MenuCardDataModel>
{
    public static void InitializeService(DataServiceConfiguration config)
    {
        config.SetEntitySetAccessRule("Menus", EntitySetRights.All);
        config.SetEntitySetAccessRule("Categories", EntitySetRights.All);
    }
}

```

```

        config.SetServiceOperationAccessRule("GetMenusByName",
            ServiceOperationRights.All);

        config.DataServiceBehavior.MaxProtocolVersion = DataServiceProtocolVersion.V2;
    }

    [WebGet(UriTemplate="GetMenusByName?name={name}",
        BodyStyle=WebMessageBodyStyle.Bare)]
    public IQueryable<Menu> GetMenusByName(string name)
    {
        return (from m in CurrentDataSource.Menus
            where m.Name.StartsWith(name)
            select m).AsQueryable();
    }
}

```

代码段 DataServicesHost/MenuDataService.cs

### 32.3 HTTP 客户端应用程序

客户端应用程序可以是一个简单的应用程序，仅给服务发送 HTTP 请求，并接收 AtomPub 或 JSON 响应。第一个客户端应用程序示例是一个 WPF 应用程序，它使用 System.Net 名称空间中的 `HttpWebRequest` 类。

图 32-2 显示了 Visual Studio Designer 中的 UI。textUrl 文本框用于输入 HTTP 请求，其默认值是 `http://localhost:9000/Samples/Menu`。只读文本框 textReturn 接收来自服务的回应。还有一个复选框 checkJSON，其中表示响应可以用 JSON 格式请求。Call Data Service 按钮的 Click 事件关联到 `OnRequest()` 方法上。

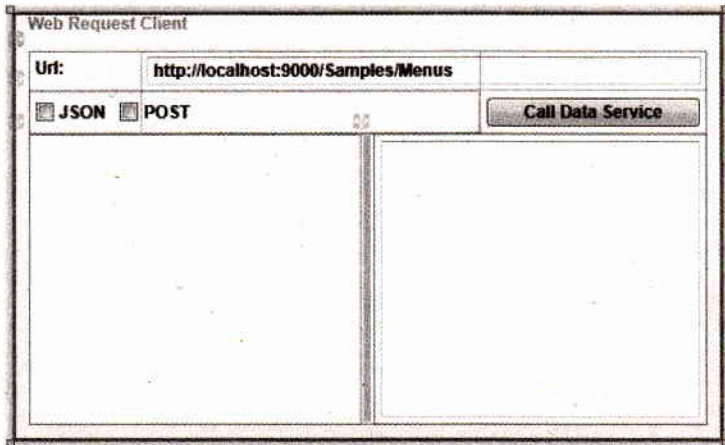


图 32-2

在 `OnRequest()` 处理程序的实现代码中，用 `WebRequest.Create()` 工厂方法创建了一个 `HttpWebRequest` 对象。所发送的 HTTP 请求用 `textUrl.Text` 属性定义。如果勾选 JSON 复选框，`HttpWebRequest` 对象的 `Accept` 属性就设置为 `application/json`。这样，数据服务就返回一个 JSON 响应，而不是默认的 AtomPub 格式的响应。到服务器的请求用异步方法 `BeginGetRequest()` 发送。接收到来自服务的响应时，就调用把第一个参数定义为 Lambda 表达式的方法。响应应与 `HttpWebRequest`

对象关联的流中读取，并把它转换为一个字符串，再传递给文本框 `textResult`。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
private void OnRequest(object sender, RoutedEventArgs e)
{
    HttpRequest request = HttpRequest.Create(textUrl.Text)
        as HttpRequest;
    if (checkJSON.IsChecked == true)
    {
        request.Accept = "application/json";
    }

    request.BeginGetResponse((ar) =>
    {
        try
        {
            using (MemoryStream ms = new MemoryStream())
            {
                const int bufferSize = 1024;
                byte[] buffer = new byte[bufferSize];
                HttpResponse response =
                    request.EndGetResponse(ar) as HttpResponse;

                Stream responseStream = response.GetResponseStream();
                int count;
                while ((count = responseStream.Read(buffer, 0,
                    bufferSize)) > 0)
                {
                    ms.Write(buffer, 0, count);
                }
                responseStream.Close();
                byte[] dataRead = ms.ToArray();
                string data = UnicodeEncoding.ASCII.GetString(
                    dataRead, 0, dataRead.Length);
                Dispatcher.BeginInvoke(new Action<string> (s =>
                {
                    textResult.Text = data;
                })), data);
            }
        }
        catch (WebException ex)
        {
            Dispatcher.Invoke(new Action<string> (s =>
            {
                textResult.Text = s;
            })), ex.Message);
        }
    }, null);
}
```

代码段 `WebRequestClient/WebRequestClient.xaml.cs`

现在就可以给服务发送几个 HTTP 请求，并查看返回的数据。运行的应用程序如图 32-3 所示。

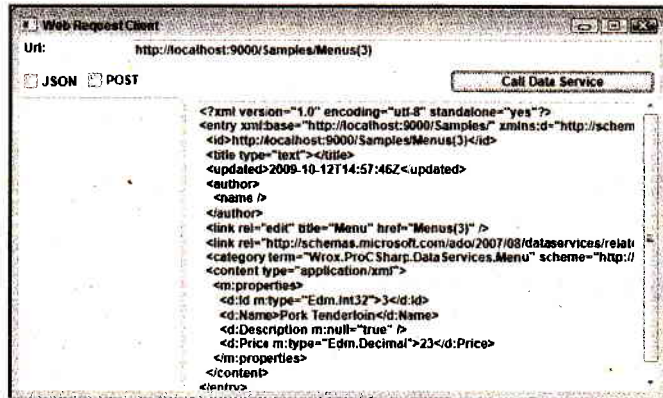


图 32-3

使用请求 `http://localhost:9000/Samples/Menu(3)`，会得到唯一标识符为 3 的菜单，接收到的 AtomPub 信息如下：

```
<?xml version="1.0" encoding="utf - 8" standalone="yes"?>
<entry xml:base="http://localhost:9000/Samples/"
      xmlns:d="http://schemas.microsoft.com/ado/2007/08/dataservices"
      xmlns:m="http://schemas.microsoft.com/ado/2007/08/dataservices/metadata"
      xmlns="http://www.w3.org/2005/Atom">
  <id> http://localhost:9000/Samples/Menu(3) </id>
  <title type="text"></title>
  <updated>2009-07-30T13:20:07Z</updated>
  <author>
    <name />
  </author>
  <link rel="edit" title="Menu" href="Menu(3)" />
  <link rel=
    "http://schemas.microsoft.com/ado/2007/08/dataservices/related/Category"
    type="application/atom+xml;type=entry" title="Category"
    href="Menu(3)/Category" />
  <category term="Wrox.ProCSharp.DataServices.Menu"
    scheme="http://schemas.microsoft.com/ado/2007/08/dataservices/scheme" />
  <content type="application/xml">
    <m:properties>
      <d:Id m:type="Edm.Int32">3</d:Id>
      <d:Name > Pork Tenderloin</d:Name>
      <d:Description m:null="true" />
      <d:Price m:type="Edm.Decimal">23</d:Price>
    </m:properties>
  </content>
</entry>
```

如果选择 JSON 格式，就会返回相同的信息，但采用 JSON 表示方式返回，以便于从 JavaScript 中读取：

```
{ "d" :
  { "_metadata":
    { "uri": "http://localhost:9000/Samples/Menu(3)",
      "type": "Wrox.ProCSharp.DataServices.Menu"
    },
  }
```

```
"Id": 3, "Name": "Pork Tenderloin", "Price": "23",
"Category":
  { "_deferred":
    { "uri": "http://localhost:9000/Samples/Menu(3)/Category"
    }
  }
}
```

下面看看构建查询所需要的所有寻址选项。

### 使用 URL 查询

由于数据服务接口非常灵活，因此可以从服务中请求所有对象，或者获取特定的对象和特定属性的值。

 为了便于阅读，在下面的查询中，省略了服务的地址 `http://localhost:9000/Samples`。对于所有查询都必须加上这个前缀。

前面介绍过，可以获取实体集中所有实体的列表。查询

```
Menus
```

返回所有菜单实体，而

```
Catagories
```

返回所有类别实体。根据 AtomPub 协议，返回的根元素是 `<feed>`，它包含每个元素的 `<entry>` 元素。这个查询没有跨越引用，例如，用 `Menus` 获取所有菜单，并不返回类别的内容，只返回对它的引用。要获得菜单中的类别信息，可以使用 `$expand` 查询字符串：

```
Menus?$expand= Catagory
```

在括号中传递主键值仅返回一个实体。这里访问的是标识符为 3 的菜单。它需要前面使用的 `DataServiceKey` 特性的定义：

```
Menus(3)
```

使用导航属性(`/`)，可以访问实体的属性：

```
Menus(3)/Price
```

这种语法可用于关系，来访问相关实体中的属性：

```
Menus(3)/Category/Name
```

为了仅获取值，不获取实体的其他 XML 内容，可以使用 `$value` 查询函数：

```
Menus(3)/Category/Name/$value
```

回到完整的列表，使用 `$count` 可以获得列表中的实体个数。`$count` 只能用于 AtomPub 协议的版本 2。



```
Menus/$count
```

使用查询字符串选项\$top，可以仅获得列表的第一个实体：

```
Menus?$top=2
```

使用\$skip可以跳过一些实体。\$skip和\$top可以联合使用，实现分页功能：

```
Menus?$skip=2
```

使用\$filter查询字符串选项，以及逻辑运算符eq(等于)、ne(不等于)、gt(大于)、ge(大于等于0)，就可以筛选实体：

```
Menus?$filter=Category/Name eq 'Appetizer'
```

结果可以使用\$orderby查询字符串选项排序：

```
Menus?$filter=Category/Name eq 'Appetizer' & orderby=Price desc
```

若仅需要获取一个投射，即可用属性的一个子集，则可以使用\$select指定要访问的属性：

```
Menus?$select=Name, Price
```

## 32.4 使用 WCF 数据服务和 ADO.NET Entity Framework

学习了数据服务的基本概念，并把 AtomPub 或 JSON 数据传递给简单的 HTTP 请求后，下面介绍一个较复杂的示例，它对数据模型使用 ADO.NET Entity Framework，用一个 Web 应用程序作为宿主，客户在网络上执行 LINQ 查询，以使用 System.Data.Services.Client 名称空间中的类。

### 32.4.1 ASP.NET 宿主和 EDM

首先需要新建一个项目，这次创建一个 Web 应用程序项目 RestaurantDataServiceWeb，用于驻留服务。新的数据模型用 ADO.NET 实体数据模型(EDM)模板创建，并使用 Restaurant 数据库中的 Menus 和 Categories 表，如图 32-4 所示，以创建实体类 Menu 和 Category。

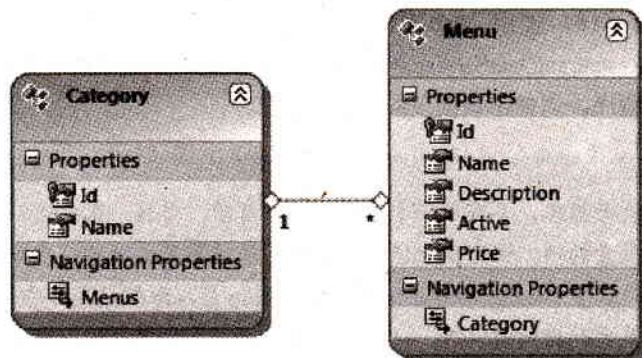


图 32-4

第 31 章介绍了如何创建和使用 ADO.NET 实体数据模型。

现在使用 Data Service 模板创建 RestaurantDataService.svc。svc 文件包含 ASP.NET 的指令 ServiceHost，并使用 DataServiceHostFactory 根据请求实例化数据服务。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
<%@ ServiceHost Language="C#" Factory="System.Data.Services.DataServiceHostFactory,
System.Data.Services, Version=4.0.0.0, Culture=neutral,
PublicKeyToken=b77a5c561934e089"
Service="Wrox.ProCSharp.DataServices.RestaurantDataService" %>
```

代码段 RestaurantDataServiceWeb/RestaurantDataService.svc

通过代码隐藏，需要把 DataService<T>类的模板参数改为引用前面创建的实体数据服务上下文类，并修改实体集访问规则和服务操作访问规则，以允许访问它们：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
using System.Data.Services;
using System.Data.Services.Common;

namespace Wrox.ProCSharp.DataServices
{
    public class RestaurantDataService : DataService<RestaurantEntities>
    {
        // This method is called only once to initialize service-wide policies.
        public static void InitializeService(DataServiceConfiguration config)
        {
            config.SetEntitySetAccessRule("Menus", EntitySetRights.All);
            config.SetEntitySetAccessRule("Categories", EntitySetRights.All);

            config.DataServiceBehavior.MaxProtocolVersion = DataServiceProtocolVersion.V2;
        }
    }
}
```

代码段 RestaurantDataServiceWeb/RestaurantDataService.svc.cs

现在可以像以前那样，使用 Web 浏览器调用这个数据服务的查询了；例如，可以使用 <http://localhost:13617/RestaurantDataService.svc/Menus>，从数据库中检索所有菜单的 AtomPub。接着创建一个客户端应用程序，以使用数据服务的客户端部分。

对于大型数据库，不应用一个查询返回所有项。当然，客户端可以把查询限制为仅请求一定数量的项。但可以相信客户端吗？通过配置选项可以在服务器上设置这个限制。例如，设置 `config.MaxResultsPerCollection` 可以限制从集合中返回的最大项数。还可以配置最大的批处理次数、一次最多插入的对象数以及树中对象的最大深度。另外，为了允许执行任意查询，还可以定义服务操作，如 32.2.5 节所述。

### 32.4.2 使用 System.Data.Service.Client 的 .NET 应用程序

本章前面创建了一个 .NET 客户端应用程序，它使用 `HttpWebRequest` 类仅发送 HTTP 请求。数据服务的客户端部分使用 `System.Data.Service.Client` 名称空间，为客户端提供了构建 HTTP 请求的功能。这个名称空间中最重要的两个类是 `DataServiceContext` 和 `DataServiceQuery<TElement>`。`DataServiceContext` 类表示在客户端上管理的状态。这个状态跟踪从服务器上加载的对象和在客户端上进行的所有修改。`DataServiceQuery<TElement>` 类表示对数据服务的一个 HTTP 查询。

为了调用数据服务，需要创建一个 WPF 应用程序。图 32-5 显示了该 WPF 应用程序的设计视图。第 1 行包含一个 `ComboBox` 控件，它用于显示所有类别。第 2 行包含一个 `StackPanel`，它有 4 个 `Button` 控件。第 3 行包含一个 `DataGrid` 控件，以显示菜单；第 4 行包含一个 `TextBlock` 元素，以显示一些状态信息。

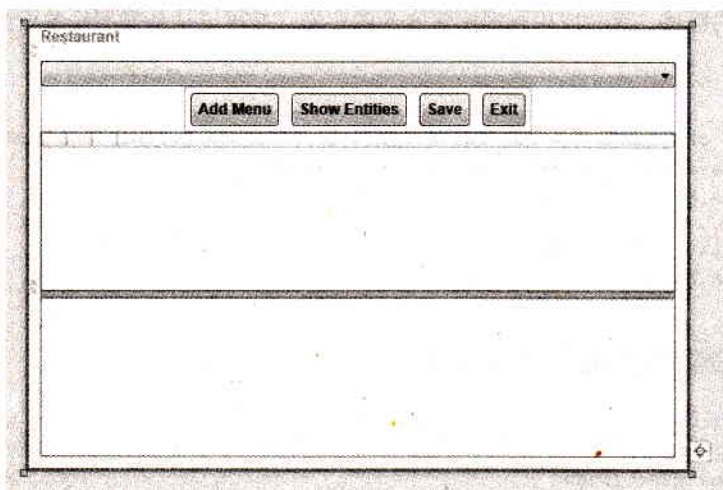


图 32-5

要创建客户端代理和在客户端使用的实体类，需要元数据信息。数据服务使用 `$metadata` 查询字符串 `http://localhost:13617/RestaurantDataService.svc/$metadata` 来提供元数据。

有了这些信息，就可以把一个服务引用添加到客户端应用程序项目中，以创建代理类和实体类。对于 `Restaurant` 数据服务，创建一个派生自基类 `DataServiceContext` 的 `RestaurantEntities` 类，它可用作代理。还要创建保存数据的实体类 `Menu` 和 `Category`。实体类实现 `INotifyPropertyChanged` 接口，以便于获得在 UI 上进行的变更修改通知。

#### 1. 数据服务上下文

现在可以使用数据服务上下文 `RestaurantEntities`，给数据服务发送一个查询。在 WPF 窗口(即 `MainWindow` 类)的代码隐藏中定义该服务上下文的一个变量。为了避免给数据服务生成的 `Menu` 类与 WPF 中的 `Menu` 控件冲突，用别名 `R`(表示 `Restaurant`)定义一个名称空间别名，来引用从服务引用中生成的类。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.Data.Services.Client;
using System.Linq;
```

```

using System.Text;
using System.Windows;
using System.Windows.Controls;
using R = Wrox.ProCSharp.DataServices.RestaurantService.RestaurantModel;

namespace Wrox.ProCSharp.DataServices
{
    public partial class MainWindow : Window
    {
        private R.RestaurantEntities data;
        private DataServiceCollection<R.Menu> trackedMenus;
    }
}

```

代码段 ClientApp/MainWindow.xaml.cs

`RestaurantEntities` 的实例在 `MainWindow` 类的构造函数中创建。数据服务上下文的构造函数需要一个到服务根的连接。这在应用程序配置文件中定义，并可以从强类型化的设置中访问。

```

public MainWindow()
{
    Uri serviceRoot = new Uri(Properties.Settings.Default.RestaurantServiceURL);
    data = new R.RestaurantEntities(serviceRoot);
    data.SendingRequest += data_SendingRequest;

    InitializeComponent();
    this.DataContext = this;
}

```

用于引用数据服务的应用程序配置文件的内容如下：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

<?xml version="1.0" encoding="utf-8" ?>
<configuration>
  <configSections>
    <sectionGroup name="applicationSettings"
      type="System.Configuration.ApplicationSettingsGroup, System, Version=4.0.0.0,
        Culture=neutral, PublicKeyToken=b77a5c561934e089">
      <section name="Wrox.ProCSharp.DataServices.Properties.Settings"
        type="System.Configuration.ClientSettingsSection, System, Version=4.0.0.0,
          Culture=neutral, PublicKeyToken=b77a5c561934e089"
          requirePermission="false" />
    </sectionGroup>
  </configSections>
  <applicationSettings>
    <Wrox.ProCSharp.DataServices.Properties.Settings>
      <setting name="RestaurantServiceURL" serializeAs="String">
        <value>http://localhost:13617/RestaurantDataService.svc</value>
      </setting>
    </Wrox.ProCSharp.DataServices.Properties.Settings>
  </applicationSettings>
</configuration>

```

代码段 ClientApp/app.config

每次把请求发送给服务时，数据服务上下文就通过 `SendingRequest` 事件调用处理程序。把 `data_sendingRequest()` 方法关联到 `SendingRequest` 事件上，它接收 `SendingRequestEventArgs` 参数中的请求信息。通过 `SendingRequestEventArgs` 参数，可以访问请求信息和标题信息。把从 `Method` 和

RequestUri 属性中检索的请求方法和 URI 写入到 UI 的 textStatus 控件中。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
void data_SendingRequest(object sender, SendingRequestEventArgs e)
{
    var sb = new StringBuilder();
    sb.AppendFormat("Method: {0}\n", e.Request.Method);
    sb.AppendFormat("Uri: {0}\n", e.Request.RequestUri.ToString());
    this.textStatus.Text = sb.ToString();
}
```

代码段 ClientApp/MainWindow.xaml.cs

数据服务上下文 RestaurantEntities 允许从服务中检索实体；跟踪已检索到的实体；还可以添加、输出和修改数据上下文中的实体；保存改变的状态，以发送更新请求。

## 2. LINQ 查询

数据服务上下文实现了一个 LINQ 提供程序，用于把 LINQ 请求转换为 HTTP 请求。MainWindow 类的 Categories 属性使用数据上下文定义了一个 LINQ 查询，以返回所有类别：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
public IEnumerable<R.Category> Categories
{
    get
    {
        return from c in data.Categories
               orderby c.Name
               select c;
    }
}
```

代码段 ClientApp/MainWindow.xaml.cs

XAML 代码中的 ComboBox 定义了到这个属性的绑定，以显示所有类别：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
<ComboBox x:Name="comboCategories" Grid.Row="0"
           ItemsSource="{Binding Path=Categories}" SelectedIndex="0"
           SelectionChanged="OnCategorySelection">
    <ComboBox.ItemTemplate>
        <DataTemplate>
            <TextBlock Text="{Binding Path=Name}" />
        </DataTemplate>
    </ComboBox.ItemTemplate>
</ComboBox>
```

代码段 ClientApp/MainWindow.xaml

利用 SendingRequest 事件，很容易通过下面的 URI，把访问所有类别的 LINQ 查询转换为 HTTP 的 GET 请求：

```
Method: GET
Uri: http://localhost:13617/RestaurantDataService.svc/Categories()?orderby=Name
```

RestaurantEntities 类的 Categories 属性返回一个 DataServiceQuery<Category> 类。因为 DataServiceQuery<T> 类实现 IQueryable 接口，所以编译器会从已分析并转换为 HTTP 的 GET 请求的 LINQ 查询中创建表达式树。



LINQ 查询参见第 11 章。

还可以创建一个 LINQ 查询，仅获取 Soups 类别中的菜单：

```
var q = from m in data.Menus
        where m.Category.Name == "Soups"
        orderby m.Name
        select m;
```

这会转换为 URI `Menus()?$filter=Category/Name eq 'Soups'&$orderby=Name`。

使用数据服务查询选项，可以扩展查询。例如，通过所选菜单，要包含关系并获取所有类别，`Expand()` 方法添加 `$expand` 和参数值 `Category`：

```
var q = from m in data.Menus.AddQueryOption("$expand", "Category")
        where m.Category.Name == "Soups"
        orderby m.Name
        select m;
```

这会把查询修改为 `Menus()?$filter=Category/Name eq 'Soups'&$orderby=Name&$expand=Category`。`DataServiceQuery<T>` 类还给这个特殊的查询选项提供 `Expand()` 方法。

```
var q = from m in data.Menus.Expand("Category")
        where m.Category.Name == "Soups"
        orderby m.Name
        select m;
```

### 3. 可观察的集合

为了使用户界面了解集合的变化，数据服务包含集合类 `DataServiceCollection<T>`。这个集合类基于 `ObservableCollection<T>`，`ObservableCollection<T>` 实现 `INotifyCollectionChanged` 接口。WPF 控件利用这个接口的事件来注册，以获得集合变更的通知，从而使 UI 能立即更新。

为了创建 `DataServiceCollection<T>` 实例，`DataServiceCollection` 类定义静态方法 `Create()` 和 `CreateTracked()`。`Create()` 方法会创建一个独立于数据服务上下文的列表，`CreateTracked()` 方法会跟踪从数据服务上下文返回的对象，以便给该服务发送变更的内容，从而保存到该对象中。

`Menu` 属性调用 `DataServiceCollection.CreateTracked<T>()` 方法，来填充 `DataServiceCollection<R.Menu>` 列表 `trackedMenus`，并返回这个列表。把通过 LINQ 查询检索到的实体与数据服务上下文 `data` 关联起来。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
public IEnumerable <R.Menu> Menu
{
    get
    {
        if (trackedMenus == null)
            trackedMenus = DataServiceCollection.CreateTracked<R.Menu>(
                data,
                from m in data.Menus
                where m.CategoryId == (comboBoxCategories.SelectedItem as R.Category).Id
                & & m.Active
                select m);
    }
}
```

```
return trackedMenus;
```

代码段 ClientApp/MainWindow.xaml.cs

XAML 代码中的 DataGrid 通过 Binding 标记扩展映射到 Menus 属性上:



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
<DataGrid Grid.Row="2" ItemsSource="{Binding Path=Menus}"
           AutoGenerateColumns="False">
  <DataGrid.Columns>
    <DataGridTextColumn Binding="{Binding Path=Name}" />
    <DataGridTextColumn Binding="{Binding Path=Description}" />
    <DataGridTextColumn Binding="{Binding Path=Price}" />
    <DataGridTextColumn Binding="{Binding Path=CategoryId}" />
  </DataGrid.Columns>
</DataGrid>
```

代码段 ClientApp/MainWindow.xaml

使用 ComboBox 的 SelectionChanged 事件选择一个新类别, 再在处理程序方法 OnCategorySelection() 中用新选择的类别检索菜单:



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
private void OnCategorySelection(object sender, SelectionChangedEventArgs e)
{
    var selectedCategory = comboCategories.SelectedItem as R.Category;
    if (selectedCategory != null && trackedMenus != null)
    {
        trackedMenus.Clear();
        trackedMenus.Load(from m in data.Menus
                          where m.CategoryId == selectedCategory.Id
                          select m);
    }
}
```

代码段 ClientApp/MainWindow.xaml.cs



关于可观察的集合和 ObservableCollection<T>类的更多信息参见第 10 章。

#### 4. 对象跟踪

数据上下文跟踪已检索到的所有对象。迭代 Entities 属性的返回值, 可以获得这些对象的信息。Entities 属性返回 EntityDescriptor 对象的只读集合。EntityDescriptor 对象包含可通过 Entity 属性访问的实体本身和状态信息。EntityStates 类型的状态是一个枚举, 其可能的值有 Added、Deleted、Detached、Modified 和 Unchanged。这些信息用于跟踪变化, 并给对应服务发送一个变更请求。

要获得与数据上下文相关联的当前实体的信息, 把处理程序方法 OnShowEntities() 关联到 Show Entities 按钮的 Click 事件上。这里使用 State、Identity 和 Entity 属性把状态信息写入到 UI 上。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
private void OnShowEntities(object sender, RoutedEventArgs e)
{
    var sb = new StringBuilder();
    foreach (var entity in data.Entities)
    {
        sb.AppendFormat("state = {0}, Uri = {1}, Element = {2}\n",
            entity.State, entity.Identity, entity.Entity);
    }
    this.textStatus.Text = sb.ToString();
}
```

代码段 ClientApp/MainWindow.xaml.cs

图 32-6 显示了正在运行的应用程序和所跟踪对象的信息。

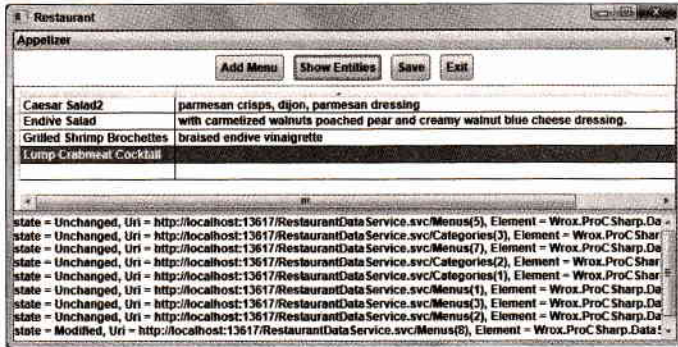


图 32-6

### 5. 添加、修改和删除实体

要给数据服务上下文添加实体，以便以后把新对象发送给数据服务，可以使用 `AddObject()` 方法给数据服务上下文添加实体，或者使用该方法的强类型化变体，如 `AddToMenus()` 和 `AddToCategories()`。只需填充必填属性；否则，就不能成功保存状态。添加新对象会把状态设置为 `Added`。

数据服务上下文的 `DeleteObject()` 方法把对象的状态设置为 `Deleted`。

如果修改了对象的属性，该状态就从 `Unchanged` 改为 `Modified`。

现在可以调用 `SaveChanges()` 方法，它发送 HTTP MERGE 请求，以更新实体；或者发送 HTTP DELETE 请求，以删除实体；或者发送 HTTP POST 请求，以添加新实体。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
private void OnSave(object sender, RoutedEventArgs e)
{
    try
    {
        DataServiceResponse response = data.SaveChanges();
    }
    catch (DataServiceRequestException ex)
    {
        textStatus.Text = ex.ToString();
    }
}
```

代码段 ClientApp/MainWindow.xaml.cs



## 6. 操作的批处理

除了给集中的每个实体发送 DELETE 和 MODIFY 请求之外，还可以批处理多个变更请求，以作为一个网络请求。默认情况下，在应用 SaveChanges() 方法时，每个变更都使用一个请求来发送。给 SaveChanges() 方法添加 SaveChangesOptions.Batch 参数，就可以使用 \$batch 查询选项，把所有变更请求合并为一个网络调用。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
private void OnSave(object sender, RoutedEventArgs e)
{
    try
    {
        DataServiceResponse response = data.SaveChanges(SaveChangesOptions.Batch);
    }
    catch (DataServiceRequestException ex)
    {
        textStatus.Text = ex.ToString();
    }
}
```

代码段 ClientApp/MainWindow.xaml.cs

如传输的数据所示，把多个 HTTP 标题合并到一个 HTTP POST 请求中，之后在服务器端分解开。使用下面的 HTTP POST 请求，会合并 DELETE 和 MERGE 请求。DELETE 请求会删除 id 为 4 的菜单，MERGE 请求包含 AtomPub 信息，以更新 id 为 2 的菜单。

```
POST /RestaurantDataService.svc/$batch HTTP/1.1
User-Agent: Microsoft WCF Data Services
DataServiceVersion: 1.0;NetFx
MaxDataServiceVersion: 2.0;NetFx
Accept: application/atom+xml,application/xml
Accept-Charset: UTF-8
Content-Type: multipart/mixed; boundary=batch_24448a55-e96f-4e88-853b-cdb5c1ddc8bd
Host: 127.0.0.1.:13617
Content-Length: 1742
Expect: 100-continue

-- batch_24448a55-e96f-4e88-853b-cdb5c1ddc8bd
Content-Type: multipart/mixed;
boundary=changeset_8bc1382a-aceb-400b-9d19-dc2eec0e33b7

-- changeset_8bc1382a-aceb-400b-9d19-dc2eec0e33b7
Content-Type: application/http
Content-Transfer-Encoding: binary

DELETE http://127.0.0.1.:13617/RestaurantDataService.svc/Menus(4) HTTP/1.1
Host: 127.0.0.1.:13617
Content-ID: 18

-- changeset_8bc1382a-aceb-400b-9d19-dc2eec0e33b7
Content-Type: application/http
Content-Transfer-Encoding: binary
MERGE http://127.0.0.1.:13617/RestaurantDataService.svc/Menus(2) HTTP/1.1
Host: 127.0.0.1.:13617
Content-ID: 19
```

```
Content-Type: application/atom+xml;type=entry
Content-Length: 965

<?xml version="1.0" encoding="utf-8" standalone="yes"?>
<entry xmlns:d="http://schemas.microsoft.com/ado/2007/08/dataservices"
xmlns:m="http://schemas.microsoft.com/ado/2007/08/dataservices/metadata"
xmlns="http://www.w3.org/2005/Atom">
  <category scheme="http://schemas.microsoft.com/ado/2007/08/dataservices/scheme"
    term="RestaurantModel.Menu" />
  <title />
  <author>
    <name />
  </author>
  <updated> 2009-08-01T19:17:43.4741882Z</updated>
  <id> http://127.0.0.1:13617/RestaurantDataService.svc/Menus(2)</id>
  <content type="application/xml">
    <m:properties>
      <d:Active m:type="Edm.Boolean">true</d:Active>
      <d:Description> Lean and tender 8 oz. sirloin seasoned perfectly
        with our own special seasonings and topped with seasoned
        butter.
      </d:Description>
      <d:Id m:type="Edm.Int32">2</d:Id>
      <d:Name> Sirloin Steak</d:Name>
      <d:Price m:type="Edm.Decimal">44.0</d:Price>
    </m:properties>
  </content>
</entry>
-- changeset_8bc1382a-aceb-400b-9d19-dc2eec0e33b7--
-- batch_24448a55-e96f-4e88-853b-cdb5c1ddc8bd--
```

## 32.5 小结

本章介绍了 WCF 数据服务的功能。WCF 数据服务把 ADO.NET Entity Framework 中的数据模型引入多层上，它的底层技术是 WCF，使用无连接、无状态的通信发送 AtomPub 或 JSON 查询。

本章介绍了这种技术的服务器端部分和客户端部分，在客户端的一个数据服务上下文中跟踪变更信息。因为 WCF 数据服务的客户端部分实现一个 LINQ 提供程序，所以可以创建简单的 LINQ 请求，LINQ 请求可以转换为 HTTP GET/POST/PUT/DELETE 请求。

# 第 33 章

## 处理 XML

本章内容:

- XML 标准
- XmlReader 和 XmlWriter
- XmlDocument
- XPathDocument
- XmlNavigator
- LINQ to XML
- 使用 System.Xml.Linq 名称空间中的对象
- 使用 LINQ 查询 XML 文档
- 使用 LINQ to SQL 和 LINQ to XML

XML 在 .NET Framework 中有重要作用。 .NET Framework 不仅允许在应用程序中使用 XML, .NET Framework 本身也在配置文件和源代码文档中使用 XML。另外, SOAP、Web 服务和 ADO.NET 也使用 XML。

为了涵盖 XML 的扩展用法, .NET Framework 包含了 System.Xml 名称空间。这个名称空间包含许多用于处理 XML 的类。本章将讨论这些类。

本章介绍如何使用 XmlDocument 类, 这是 DOM(Document Object Model, 文档对象模型)的实现方式, 以及 .NET 为 SAX 提供的一种替代品(XmlReader 和 XmlWriter 类)。本章还要讨论 XPath 和 XSLT 的类实现方式, 接着介绍 XML 和 ADO.NET 如何一起工作, 如何把其中一种格式转换为另一种格式。还将介绍如何把对象序列化为 XML, 使用 System.Xml.Serialization 名称空间中的类从 XML 文档中创建一个对象(或者反序列化)。更重要的是, 要介绍如何把 XML 合并到 C# 应用程序中。

注意 XML 名称空间可以用许多不同的方式得到类似的结果。因为我们不可能把所有这些不同方式都放在一章中介绍, 所以这里仅探讨其中一种方式, 并尽量提及完成同一任务的其他方式。

因为篇幅有限, 不能从头开始介绍 XML, 所以本章假定读者已经熟悉 XML 技术。因此, 您应知道元素、属性和节点, 还应知道格式良好的文档的含义, 您也应熟悉 SAX 和 DOM。



如果要更多地了解 XML, 可以参阅 Wrox 出版社的 *Professional XML* (Wiley 出版社, 2007 年, ISBN: 978-0-471-77777-9)。

除了一般的 XML 用法之外, .NET Framework 还可以通过 LINQ to XML 使用 XML。Wrox 网站和随书附赠光盘上的第 56 章介绍了使用 LINQ 查询 SQL Server 数据库。本章介绍使用 LINQ 查询 XML 数据源。

首先简要介绍目前使用的 XML 标准。

### 33.1 .NET 支持的 XML 标准

W3C(World Wide Web Consortium, 万维网联合会)开发了一组标准, 它给 XML 提供了强大的功能和潜力。如果没有这些标准, XML 就不会对开发领域有它应有的影响。W3C 网站(www.w3.org)包含 XML 的所有有用信息。

.NET Framework 支持下述 W3C 标准:

- XML 1.0(www.w3.org/TR/1998/REC-xml-19980210), 包括 DTD 支持
- XML 名称空间(www.w3.org/TR/REC-xml-names), 包括流级和 DOM
- XML 架构(www.w3.org/2001/XMLSchema)
- XPath 表达式(www.w3.org/TR/xpath)
- XSLT 转换(www.w3.org/TR/xslt)
- DOM Level 1 核心(www.w3.org/TR/REC-DOM-Level-1)
- DOM Level 2 核心(www.w3.org/TR/DOM-Level-2-Core)
- Soap 1.1(www.w3.org/TR/SOAP)

随着 Framework 走向成熟和 W3C 更新所推荐的标准, 标准支持的级别也会改变, 因此, 必须确保标准和 Microsoft 提供的支持级别都是最新的。

### 33.2 System.Xml 名称空间

对 XML 处理的支持由 .NET 中 System.Xml 名称空间中的类提供。本节介绍(没有特定的顺序)System.Xml 名称空间中一些比较重要的类。表 33-1 列出了主要的 XML 读取器类和写入器类。

表 33-1

类 名	说 明
XmlReader	抽象的读取器类, 提供快速、没有缓存的 XML 数据。XmlReader 是只向前的, 类似于 SAX 分析器
XmlWriter	抽象的写入器类, 以流或文件的格式提供快速、没有缓存的 XML 数据
XmlTextReader	扩展 XmlReader, 提供访问 XML 数据的快速只向前流
XmlTextWriter	扩展 XmlWriter, 快速生成只向前的 XML 流

表 33-2 列出了用于处理 XML 的其他一些重要的类。

表 33-2

类 名	说 明
XmlNode	抽象类, 表示 XML 文档中的一个节点。它是 XML 名称空间中几个类的基类
XmlDocument	扩展 XmlNode, 这是 W3C DOM 的实现方式, 它给出 XML 文档在内存中的树型表示, 可以浏览和编辑它们
XmlDataDocument	扩展 XmlDocument, 即从 XML 数据中加载的文档, 或从 ADO.NET DataSet 的关系数据中加载的文档, 允许把 XML 和关系数据混合在同一个视图中
XmlResolver	抽象类, 分析基于 XML 的外部资源, 如 DTD 和架构引用, 也可以用于处理<xsl:include>和 <xsl:import>元素
XmlNodeList	可以迭代的一个 XmlNode 列表
XmlUrlResolver	扩展 XmlResolver, 用 URI(Uniform Resource Identifier, 统一资源标识符)解析外部资源

System.Xml 名称空间中的许多类都提供了管理 XML 文档和流的方式, 而其他类(例如 XmlDataDocument 类)则提供了 XML 数据存储器和存储在 DataSet 中的关系数据之间的桥梁。



XML 名称空间可用于属于 .NET 系列的任何语言, 这表示, 本章中所有的示例也可以用 VB.NET、托管 C++ 等来编写。

### 33.3 使用 System.Xml 类

下面几个示例将使用 books.xml 作为数据源。books.xml 和本章的其他代码示例可以从 Wrox 网站([www.wrox.com](http://www.wrox.com))和随书附赠光盘中找到, books.xml 也包含在 .NET SDK 的几个示例中。books.xml 文件是假想书店的书目清单, 它包含类型、作者姓名、价格和 ISBN 号等信息。

下面是 books.xml 文件:



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
<?xml version='1.0'?>
<!--This file represents a fragment of a book store inventory database-->
<bookstore>
  <book genre="autobiography" publicationdate="1991" ISBN="1-861003-11-0">
    <title> The Autobiography of Benjamin Franklin</title>
    <author>
      <first-name>Benjamin</first-name>
      <last-name>Franklin</last-name>
    </author>
    <price>8.99</price>
  </book>
  <book genre="novel" publicationdate="1967" ISBN="0-201-63361-2">
    <title> The Confidence Man</title>
    <author>
      <first-name>Herman</first-name>
      <last-name>Melville</last-name>
    </author>
    <price>11.99</price>
  </book>
</bookstore>
```

```

</book>
<book genre="philosophy" publicationdate="1991" ISBN="1-861001-57-6">
  <title>The Gorgias</title>
  <author>
    <name>Plato</name>
  </author>
  <price>9.99</price>
</book>
</bookstore>

```

代码段 books.xml

## 33.4 读写流格式的 XML

如果您曾经使用过 SAX，就应很熟悉 XmlReader 类和 XmlWriter 类。基于 XmlReader 的类提供了一种非常迅速、只向前的只读光标来处理 XML 数据。因为它是一个流模型，所以内存要求不是很高。但是，它没有提供基于 DOM 模型的导航功能和读写功能。基于 XmlWriter 的类可以生成遵循 W3C 的 XML 1.0 Namespace Recommendations 的 XML 文档。

XmlReader 和 XmlWriter 都是抽象类。下面的类派生自 XmlReader:

- XmlNodeReader
- XmlTextReader
- XmlValidatingReader

下面的类派生自 XmlWriter 的类:

- XmlTextWriter
- XmlQueryWriter

XmlTextReader 类和 XmlTextWriter 类或者与 System.IO 名称空间中一个基于流的对象或者与 TextReader/TextWriter 对象一起使用。XmlNodeReader 类把 XmlNode 作为其源，而不是一个流。XmlValidatingReader 类添加了 DTD 和架构验证，因此提供了数据的有效性验证。本章后面会详细介绍这些类。

### 33.4.1 使用 XmlReader 类

XmlReader 类非常类似于 MSXML SDK 中的 SAX。它们最大的一个区别是 SAX 是一种推模型(push model)，它把数据推入应用程序中，开发人员必须准备接受它，而 XmlReader 是一种拉模型(pull model)，它把应用程序请求的数据拉入该应用程序。这样就有一种更简单、更直观的编程模型。另一个优点是拉模型可以选择把什么数据发送给应用程序。如果不需要所有数据，就不需要处理它。而在推模型中，所有 XML 数据都必须由应用程序处理，无论是否需要这些数据。

下面介绍一个非常简单的示例，以读取 XML 数据，后面将详细介绍 XmlReader 类，这些代码在 XmlReaderSample 文件夹中。下面的代码将读取 book.xml 文档中的数据。在读取每个节点时，都要检查 NodeType 属性。如果节点是一个文本节点，就把其值追加到文本框中：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

using System.Xml;

private void button3_Click(object sender, EventArgs e)
{

```

```

richTextBox1.Clear();
XmlReader rdr = XmlReader.Create("books.xml");
while (rdr.Read())
{
    if (rdr.NodeType == XmlNodeType.Text)
        richTextBox1.AppendText(rdr.Value + "\r\n");
}
}

```

代码段 XMLReaderSample.sln

如前所述, `XmlReader` 是一个抽象类。所以, 要直接使用 `XmlReader` 类, 必须添加静态方法 `Create()`, 该方法返回一个 `XmlReader` 对象。 `Create()` 方法有 9 个重载版本。在上面的例子中, 该方法有一个字符串参数, 表示 `XmlDocument` 的文件名。还可以给该方法传送基于流的对象和基于 `TextReader` 的对象。

另一个可以使用的对象是 `XmlReaderSettings`, 它指定读取器的功能。例如, 可以使用架构来验证数据流。把 `Schemas` 属性设置为一个有效的 `XMLSchemaSet` 对象, 来缓存 XSD 架构。接着把 `XmlReaderSettings` 对象的 `XsdValidate` 属性设置为 `true`。

有几个 `Ignore` 属性可用于控制读取器处理某些节点和值的方式。这些属性包括 `IgnoreComments`、`IgnoreIdentityConstraints`、`IgnoreInlineSchema`、`IgnoreProcessingInstructions`、`IgnoreSchemaLocation` 和 `IgnoreWhitespace`, 它们可以从文档中提取某些项。

### 1. Read()方法

遍历文档有几种方式, 如前面的示例所示, `Read()` 方法可以进入下一个节点。然后验证该节点是否有一个值(`HasValue()`)或者快速查看该节点是否有特性(`HasAttributes()`)。也可以使用 `ReadStartElement()` 方法, 该方法验证当前节点是否是起始元素, 如果是起始元素, 就可以定位到下一个节点上。如果不是起始元素, 就引发一个 `XmlException` 异常。调用这个方法与调用 `Read()` 方法后再调用 `IsStartElement()` 方法是一样的。

`ReadElementString()` 类似于 `ReadString()`, 但它可以选择以元素名作为参数。如果下一个内容节点不是起始标记, 或者如果 `Name` 参数不匹配当前的节点 `Name`, 就会引发异常。

下面的示例说明了如何使用 `ReadElementString()` 方法。注意因为这个示例使用 `FileStream`, 所以需要利用 `using` 语句来包括 `System.IO` 名称空间:



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

private void button6_(object sender, EventArgs e)
{
    richTextBox1.Clear();
    XmlReader rdr = XmlReader.Create("books.xml");
    while (!rdr.EOF)
    {
        //if we hit an element type, try and load it in the listbox
        if (rdr.MoveToContent() == XmlNodeType.Element && rdr.Name == "title")
        {
            richTextBox1.AppendText(rdr.ReadElementString() + "\r\n");
        }
        else
        {
            //otherwise move on
            rdr.Read();
        }
    }
}

```

在 while 循环中, 使用 MoveToContent() 方法查找类型为 XmlNodeType.Element、名称为 title 的节点。我们使用 XmlTextReader 类的 EOF 属性作为循环条件。如果节点的类型不是 Element, 或者名称不是 title, else 子句就会调用 Read() 方法进入下一个节点。当查找到一个满足条件的节点时, 就把 ReadElementString() 方法的结果添加到列表框中。这样就在列表框中添加一个书名。注意, 在成功执行 ReadElementString() 方法后; 不需要调用 Read() 方法, 因为 ReadElementString() 方法已经使用了整个 Element, 并定位到下一个节点上。

如果删除了 if 子句中的 && rdr.Name=="title", 在抛出 XmlException 异常时, 就必须捕获它。如果查看一下数据文件, 就会发现 MoveToContent() 方法查找到的第一个元素是 <bookstore>; 因为它是一个元素, 所以通过了 if 语句中的检查。但是, 由于它不包含简单的文本类型, 因此它会导致 ReadElementString() 方法引发一个 XmlException 异常。解决这个问题的一种方式是把 ReadElementString() 调用放在它自己的函数中。现在, 如果在这个函数中 ReadElementString() 调用失败, 就可以处理错误, 并返回主调函数。

下面就调用这个新方法 LoadTextBox(), 把 XmltextReader 类作为参数。进行这些修改后, LoadTextBox() 方法如下所示:

```
private void LoadTextBox(XmlReader reader)
{
    try
    {
        richTextBox1.AppendText (reader.ReadElementString() + "\r\n");
    }
    // if an XmlException is raised, ignore it.
    catch(XmlException er){}
}
```

上面示例中的下述代码

```
if (tr.MoveToContent() == XmlNodeType.Element && tr.Name == "title")
{
    richTextBox1.AppendText (tr.ReadElementString() + "\r\n");
}
else
{
    //otherwise move on
    tr.Read();
}
```

就会变成:

```
if (tr.MoveToContent() == XmlNodeType.Element)
{
    LoadTextBox(tr);
}
else
{
    //otherwise move on
```



```
tr.Read();
}
```

运行这段代码，结果应与前面示例的结果一样。因此，完成同一个任务有多种不同的方式。这体现了 System.Xml 名称空间中类的灵活性。

XmlReader 类还可以读取强类型化的数据，它有几个 ReadElementContentAs() 方法，如 ReadElementContentAsDouble()、ReadElementContentAsBoolean() 等。下面的示例说明了如何把对应值读取为小数，并对该值进行数学处理。在本例中，要给价格元素中的值增加 25%：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
private void button5_Click(object sender, EventArgs e)
{
    richTextBox1.Clear();
    XmlReader rdr = XmlReader.Create("books.xml");
    while (rdr.Read())
    {
        if (rdr.NodeType == XmlNodeType.Element)
        {
            if (rdr.Name == "price")
            {
                decimal price = rdr.ReadElementContentAsDecimal();
                richTextBox1.AppendText("Current Price = " + price + "\r\n");
                price += price * (decimal).25;
                richTextBox1.AppendText("New Price = " + price + "\r\n\r\n");
            }
            else if (rdr.Name == "title")
                richTextBox1.AppendText(rdr.ReadElementContentAsString() + "\r\n");
        }
    }
}
```

代码段 XMLReaderSample.sln

如果不能把该值转换为小数，就引发一个 FormatException 异常。与把该值读取为一个字符串，再把它转换为合适的数据类型相比，这个方法的效率较高。

## 2. 检索特性数据

在运行示例代码时，可能注意到在读取节点时，没有看到特性。这是因为特性不是文档的结构的一部分。针对元素节点，可以检查特性是否存在，并可选择性地检索特性值。

例如，如果有特性，HasAttributes 就返回 true；否则它就返回 false。AttributeCount 属性确定特性的个数。GetAttribute() 方法按照名称或索引来获取特性。如果要一次迭代一个特性，就可以使用 MoveToFirstAttribute() 和 MoveToNextAttribute() 方法。

下面的示例迭代 book.xml 文档中的特性：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
private void button7_Click(object sender, EventArgs e)
{
    richTextBox1.Clear();
    XmlReader tr = XmlReader.Create("books.xml");
    //Read in node at a time
    while (tr.Read())
    {
```

```
//check to see if it's a NodeType element
if (tr.NodeType == XmlNodeType.Element)
{
    //if it's an element, then let's look at the attributes.
    for (int i = 0; i < tr.AttributeCount; i++)
    {
        richTextBox1.AppendText(tr.GetAttribute(i) + "\r\n");
    }
}
}
```

代码段 XMLReaderSample.sln

这次查找元素节点。找到一个节点后，就迭代其所有的特性，使用 `GetAttribute()` 方法把特性值加载到列表框中。在本例中，这些特性是 `genre`、`publicationdate` 和 `ISBN`。

### 33.4.2 使用 `XmlReader` 类进行验证

有时不但要知道文档的格式是良好的，还要确定文档是有效的。`XmlReader` 类可以使用 `XmlReaderSettings` 类，根据 XSD 架构验证 XML。把 XSD 架构添加到 `XMLSchemaSet` 中，通过 `Schemas` 属性可以访问 `XMLSchemaSet`。`XsdValidate` 属性还必须设置为 `true`，这个属性默认为 `false`。

下面的示例说明了 `XmlReaderSettings` 类的用法。这个 XSD 架构用于验证 `book.xml` 文档：



```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<xs:schema attributeFormDefault="unqualified"
    elementFormDefault="qualified" xmlns:xs="http://www.w3.org/2001/XMLSchema">
  <xs:element name="bookstore">
    <xs:complexType>
      <xs:sequence>
        <xs:element maxOccurs="unbounded" name="book">
          <xs:complexType>
            <xs:sequence>
              <xs:element name="title" type="xs:string" />
              <xs:element name="author">
                <xs:complexType >
                  <xs:sequence>
                    <xs:element minOccurs="0" name="name"
                        type="xs:string" />
                    <xs:element minOccurs="0" name="first-name"
                        type="xs:string" />
                    <xs:element minOccurs="0" name="last-name"
                        type="xs:string" />
                  </xs:sequence>
                </xs:complexType>
              </xs:element>
              <xs:element name="price" type="xs:decimal" />
            </xs:sequence>
          </xs:complexType>
        </xs:element>
        <xs:attribute name="genre" type="xs:string" use="required" />
        <!-- < xs:attribute name="publicationdate"
            type="xs:unsignedShort" use="required" /> -->
        <xs:attribute name="ISBN" type="xs:string" use="required" />
      </xs:complexType>
    </xs:element>
  </xs:element>
</xs:schema>
```

```

        </xs:sequence>
    </xs:complexType>
</xs:element>
</xs:schema>

```

代码段 books.xsd

在 Visual Studio 中这个架构从 book.xml 中生成。注意 publicationdate 属性被注释掉了，这样在验证到该属性时会失败。

下面的代码使用该架构验证 books.xml 文档：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

private void button8_Click(object sender, EventArgs e)
{
    richTextBox1.Clear();
    XmlReaderSettings settings = new XmlReaderSettings();
    settings.Schemas.Add(null, "books.xsd");
    settings.ValidationType = ValidationType.Schema;
    settings.ValidationEventHandler +=
        new System.Xml.Schema.ValidationEventHandler(settings_ValidationEventHandler);
    XmlReader rdr = XmlReader.Create("books.xml", settings);
    while (rdr.Read())
    {
        if (rdr.NodeType == XmlNodeType.Text)
            richTextBox1.AppendText(rdr.Value + "\r\n");
    }
}

```

代码段 XMLReaderSample.sn

创建 XmlReaderSettings 对象设置后，就把 books.xsd 架构添加到 XmlSchemaSet 对象中。XmlSchemaSet 对象的 Add() 方法有 4 个重载版本，第一个重载版本把 XmlSchema 对象作为参数，XmlSchema 对象可以用于快速创建架构，而无需在磁盘上创建架构文件。另一个重载版本把另一个 XmlSchemaSet 对象作为参数。第 3 个重载版本接受两个字符串参数。第一个字符串是目标名称空间，第二个字符串是 XSD 文档的 URL。如果目标名称空间参数为空，就使用架构的 targetNamespace。最后一个重载版本也把 targetNamespace 作为第一个参数，但它使用基于 XmlReader 的对象读取架构。XmlSchemaSet 对象在处理要验证的文档之前预处理架构。

引用该架构后，XsdValidate 属性就设置为 ValidationType 枚举的一个值，该枚举的有效值是 DTD、Schema 和 None。如果把选中的值设置为 None，就不进行验证。

因为我们使用的是 XmlReader 对象，所以，如果文档有验证问题，在读取器读取属性或元素之前，就不会发现该问题。验证失败时，会引发一个 XmlSchemaValidationException 异常。这个异常可以在 catch 块中处理，但处理异常会很难控制数据流。为了解决这个问题，可以使用 XmlReaderSettings 类中的 ValidationEvent。这样，就可以处理验证失败，且无需使用异常处理。该事件还可以由验证警告引发，验证警告不会引发异常。ValidationEvent 传递一个 ValidationEventArgs 对象，该对象包含 Severity 属性。这个属性确定事件是由错误还是警告引发。如果该事件由错误引发，则还会传递引发该事件的异常。还有一个消息属性。在本例中，消息显示在 MessageBox 中。

### 33.4.3 使用 XmlWriter 类

XmlWriter 类可以把 XML 写入一个流、文件、StringBuilder、TextWriter 或另一个 XmlWriter 对

象中。与 `XmlTextReader` 类一样，`XmlWriter` 类以只向前、未缓存的方式进行写入。`XmlWriter` 类的可配置性很高，可以指定是否缩进内容、缩进量、在属性值中使用什么引号，以及是否支持名称空间等信息。与 `XmlReader` 类一样，这个配置使用 `XmlWriterSettings` 对象进行。

下面是一个简单的示例，它说明了如何使用 `XmlTextWriter` 类：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
private void button9_Click(object sender, EventArgs e)
{
    XmlWriterSettings settings = new XmlWriterSettings();
    settings.Indent = true;
    settings.NewLineOnAttributes = true;
    XmlWriter writer = XmlWriter.Create("newbook.xml", settings);
    writer.WriteStartDocument();
    //Start creating elements and attributes
    writer.WriteStartElement("book");
    writer.WriteAttributeString("genre", "Mystery");
    writer.WriteAttributeString("publicationdate", "2001");
    writer.WriteAttributeString("ISBN", "123456789");
    writer.WriteElementString("title", "Case of the Missing Cookie");
    writer.WriteStartElement("author");
    writer.WriteElementString("name", "Cookie Monster");
    writer.WriteEndElement();
    writer.WriteElementString("price", "9.99");
    writer.WriteEndElement();
    writer.WriteEndDocument();
    //clean up
    writer.Flush();
    writer.Close();
}
```

代码下载 XMLReaderSample.sln

这里编写一个新的 XML 文件 `newbook.xml`，并给一本新书添加数据。注意 `XmlWriter` 类会用新文件覆盖已有文件。本章的后面会把一个新元素或新节点插入到已有文档中，使用 `Create()` 静态方法实例化 `XmlWriter` 对象。在本例中，把一个表示文件名的字符串和 `XmlWriterSettings` 类的一个实例传递为参数。

`XmlWriterSettings` 类的属性控制生成 XML 的方式。`CheckedCharacters` 属性是一个布尔值，如果 XML 中的字符不遵循 W3C XML 1.0 建议，该属性就会引发一个异常。`Encoding` 类设置生成 XML 所使用的编码，默认为 `Encoding.UTF8`。`Indent` 属性是一个布尔值，它确定元素是否应缩进。把 `IndentChars` 属性设置为用于缩进的字符串，默认为两个空格。`NewLine` 属性用于确定换行符。在上面的示例中，把 `NewLineOnAttribute` 属性设置为 `true`，所以把每个属性单独放在一行上，更便于读取生成的 XML。

`WriteStartDocument()` 方法添加文档声明。现在开始写入数据。首先是 `book` 元素，接下来添加 `genre`、`publicationdate` 和 `ISBN` 属性。然后写入 `title`、`author` 和 `price` 元素。注意 `author` 元素有一个子元素 `name`。

单击对应按钮，生成 `booknew.xml` 文件，如下所示：

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<book
  genre="Mystery"
  publicationdate="2001"
```

```

ISBN="123456789">
<title> Case of the Missing Cookie</title>
<author>
  <name>Cookie Monster</name>
</author>
<price>9.99</price>
</book>

```

在开始和结束写入元素和属性时，要注意控制元素的嵌套。在给 `authors` 元素添加 `name` 子元素时，就可以看到这种嵌套。注意 `WriteStartElement()` 和 `WriteEndElement()` 方法调用是如何安排的，以及它们如何在输出文件中生成嵌套的元素。

除了 `WriteElementString()` 和 `WriteAttributeString()` 方法外，还有其他几个专用的写入方法。`WriteCDATA()` 方法可以输出一个 CDATA 部分 (`<![CDATA[...]]>`)，输出它接受的文本参数。`WriteComment()` 方法以正确的 XML 格式输出注释。`WriteChars()` 方法输出字符缓冲区的内容，其工作方式类似于前面的 `ReadChars()` 方法，它们都使用相同类型的参数。`WriteChars()` 方法需要一个缓冲区(一个字符数组)、写入的起始位置(一个整数)和要写入的字符个数(一个整数)。

使用基于 `XmlReader` 和 `XmlWriter` 的类读写 XML 非常灵活，使用起来也很简单。下面介绍如何使用 `System.Xml` 名称空间中的 `XmlDocument` 类和 `XmlNode` 类实现 DOM。

### 33.5 在 .NET 中使用 DOM

.NET 中的文档对象模型(Document Object Model, DOM)支持 W3C DOM Level 1 和 Core DOM Level 2 规范。DOM 通过 `XmlNode` 类来实现。`XmlNode` 是一个抽象类，它表示 XML 文档的一个节点。

还有一个 `XmlNodeList` 类，它是节点的一个有序列表。这是一个实时的节点列表，对节点的任何修改都会立即反映在列表中。`XmlNodeList` 类支持索引访问或迭代访问。

`XmlNode` 类和 `XmlNodeList` 类组成了 .NET Framework 中 DOM 实现的核心，表 33-3 列出了基于 `XmlNode` 的一些类。

表 33-3

类 名	说 明
<code>XmlLinkedNode</code>	返回当前节点之前或之后的节点。给 <code>XmlNode</code> 类添加 <code>NextSibling</code> 和 <code>PreviousSibling</code> 属性
<code>XmlDocument</code>	表示整个文档，实现 DOM Level 1 和 Level 2 规范
<code>XmlDocumentFragment</code>	表示文档树的一个片段
<code>XmlAttribute</code>	表示 <code>XmlElement</code> 对象的一个属性对象
<code>XmlEntity</code>	表示一个已分析或未分析的实体节点
<code>XmlNotation</code>	包含在 DTD 或架构中声明的记号

表 33-4 列出了扩展 `XmlCharacterData` 的类。

表 33-4

类 名	说 明
XmlCDataSection	表示文档中的一个 CData 部分
XmlComment	表示一个 XML 注释对象
XmlSignificantWhitespace	表示带有空白的节点。只有 PreserveWhiteSpace 标志为 true 时，才能创建节点
XmlWhitespace	表示元素内容中的空白，只有 PreserveWhiteSpace 标志为 true 时，才能创建节点
XmlText	表示元素或属性的文本内容

最后，表 33-5 列出了扩展 XmlLinkedNode 的类。

表 33-5

类 名	说 明
XmlDeclaration	表示声明节点(<?xml version='1.0'...>)
XmlDocumentType	表示与文档类型声明相关的数据
XmlElement	表示一个 XML 元素对象
XmlEntityReferenceNode	表示一个实体引用节点
XmlProcessingInstruction	包含 XML 处理指令

可以看出，.NET 使其类适合于可能遇到的任何 XML 类型。因此，该工具集非常灵活和强大。本节不打算详细介绍每个类，而是用几个示例来说明可以完成什么任务。

## 使用 XmlDocument 类

XmlDocument 类及其派生类 XmlDataDocument(详见本章后面的内容)是用于在 .NET 中表示 DOM 的类。与 XmlReader 类和 XmlWriter 类不同，XmlDocument 类具有读写功能，并可以随机访问 DOM 树。XmlDocument 类非常类似于 MSXML 中的 DOM 实现。如果您用 MSXML 编过程序，就会觉得使用 XmlDocument 类很合适。

下面介绍的示例创建一个 XmlDocument 对象，加载磁盘上的一个文档，再从标题元素中加载带有数据的文本框，这类似于 33.4.1 节的示例，区别是本例选择要使用的节点，而不是像基于 XmlReader 类的示例那样浏览整个文档。

下面是创建 XmlDocument 对象的代码，与 XmlReader 示例相比，这个示例比较简单：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
private void button1_Click(object sender, EventArgs e)
{
    //doc is declared at the module level
    //change path to match your path structure
    _doc.Load("books.xml");
    //get only the nodes that we want.
    XmlNodeList nodeList = _doc.GetElementsByTagName("title");
    //iterate through the XmlNodeList
    textBox1.Text = "";
    foreach (XmlNode node in nodeList)
    {
        textBox1.Text += node.OuterXml + "\r\n";
    }
}
```

代码段 frmXMLDOM.cs

注意，本节的示例添加了以下模块级的声明：

```
private XmlDocument doc=new XmlDocument();
```

如果这就是我们需要完成的全部工作，使用 `XmlReader` 类就是加载文本框的一种非常高效的方式，原因是我们只浏览一次文档，就完成了处理。这就是 `XmlReader` 类的工作方式。但如果要重新查看某个节点，则最好使用 `XmlDocument` 类。

下面的示例使用 XPath 语法从文档中检索一组节点：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
private void button2_Click(object sender, EventArgs e)
{
    //doc is declared at the module level
    //change path to match your path structure
    doc.Load("books.xml");
    //get only the nodes that we want.
    XmlNodeList nodeList = _doc.SelectNodes("/bookstore/book/title");
    textBox1.Text = "";
    //iterate through the XmlNodeList
    foreach (XmlNode node in nodeList)
    {
        textBox1.Text += node.OuterXml + "\r\n";
    }
}
```

代码段 frmXMLDOM.cs

`SelectNodes()` 方法返回一个 `NodeList` 或一个 `XmlNodes` 集合。这个列表只包含匹配作为 `SelectNodes()` 方法的参数传递的 XPath 语句。在这个示例中，只需查看 `title` 节点。如果调用了 `SelectSingleNode()` 方法，就会接收到一个节点对象，它包含 `XmlDocument` 中满足 XPath 条件的第一个节点。

下面简要介绍一下 `SelectSingleNode()` 方法，它是 `XmlDocument` 类的 XPath 实现方式，`SelectSingleNode()` 和 `SelectNodes()` 都是在 `XmlNode` 类中定义的方法，而 `XmlDocument` 类基于 `XmlNode` 类。`SelectSingleNode()` 方法返回一个 `XmlNode`，`SelectNodes()` 方法返回一个 `XmlNodeList`。`System.Xml.XPath` 名称空间包含许多 XPath 实现方式。后面一节会介绍它们。

### 插入节点

前面的示例使用 `XmlTextWriter` 类新建一个文档。其局限性是它不能把节点插入到当前文档中。而使用 `XmlDocument` 类可以做到这一点。把上一个示例中的 `button1_Click()` 事件处理程序作如下改动：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
private void button4_Click(object sender, System.EventArgs e)
{
    //change path to match your structure
    _doc.Load("books.xml");
    //create a new 'book' element
    XmlElement newBook = _doc.CreateElement("book");
    //set some attributes
```

```

newBook.SetAttribute("genre", "Mystery");
newBook.SetAttribute("publicationdate", "2001");
newBook.SetAttribute("ISBN", "123456789");
//create a new 'title' element
XmlElement newTitle = _doc.CreateElement("title");
newTitle.InnerText = "Case of the Missing Cookie";
newBook.AppendChild(newTitle);
//create new author element
XmlElement newAuthor = _doc.CreateElement("author");
newBook.AppendChild(newAuthor);
//create new name element
XmlElement newName = _doc.CreateElement("name");
newName.InnerText = "Cookie Monster";
newAuthor.AppendChild(newName);
//create new price element
XmlElement newPrice = _doc.CreateElement("price");
newPrice.InnerText = "9.95";
newBook.AppendChild(newPrice);
//add to the current document
_doc.DocumentElement.AppendChild(newBook);
//write out the doc to disk
XmlTextWriter tr = new XmlTextWriter("booksEdit.xml", null);
tr.Formatting = Formatting.Indented;
_doc.WriteContentTo(tr);
tr.Close();
//load listBox1 with all of the titles, including new one
XmlNodeList nodeList = _doc.GetElementsByTagName("title");
textBox1.Text = "";
foreach (XmlNode node in nodeList)
{
    textBox1.Text += node.OuterXml + "\r\n";
}

```

---

代码段 frmXMLDOM.cs

在执行这段代码后，会实现与上一个示例相同的功能，但本例在文本框中添加了一本书：*The Case of the Missing Cookie*（即将上市的经典著作）。仔细查看代码，就会发现这是一个相当简单的过程。首先，新建一个 `book` 元素：

```
XmlElement newBook = doc.CreateElement("book");
```

`CreateElement()`方法有 3 个重载版本，它们可以指定：

- 元素名
- 名称和名称空间 URI
- 前缀、本地名和名称空间

一旦创建该元素，就要添加属性：

```

newBook.SetAttribute("genre", "Mystery");
newBook.SetAttribute("publicationdate", "2001");
newBook.SetAttribute("ISBN", "123456789");

```



既然创建了属性，就要添加书籍的其他元素：

```
XmlElement newTitle = doc.CreateElement("title");
newTitle.InnerText = "The Case of the Missing Cookie";
newBook.AppendChild(newTitle);
```

再次新建一个基于 `XmlElement` 的对象(`newTitle`)，然后把 `InnerText` 属性设置为新经典著作的书名，将该元素追加为 `book` 元素的一个子元素。对 `book` 元素中的其他元素重复这一操作。注意把 `name` 元素添加为 `author` 元素的一个子元素。这样就可以像其他 `book` 元素一样得到合适的嵌套关系。

最后把 `newBook` 元素追加到 `doc.DocumentElement` 节点上，它与所有其他 `book` 元素同级。现在用新元素更新已有文档。

最后，把新 XML 文档写入到磁盘中。在这个示例中，新建一个 `XmlTextWriter`，把它传递给 `WriteContentTo()` 方法。`WriteContentTo()` 和 `WriteTo()` 方法都接受一个 `XmlTextWriter` 参数。`WriteContentTo()` 方法把当前节点及其所有子节点都保存到 `XmlTextWriter` 中，而 `WriteTo()` 方法只保存当前节点。因为 `doc` 是一个基于 `XmlDocument` 的对象，它表示整个文档，所以应保存它。还可以使用 `Save()` 方法，它总是保存整个文档，`Save()` 方法有 4 个重载版本，其参数分别是一个包含文件名和路径的字符串、一个基于 `Stream` 的对象、一个基于 `TextWriter` 的对象和一个基于 `XmlWriter` 的对象。

我们还在 `XmlTextWriter` 上调用了 `Close()` 方法，刷新内部缓存，并关闭文件。

在运行这个示例时，会得到如图 33-1 所示的对话框。注意列表框底部的新项。

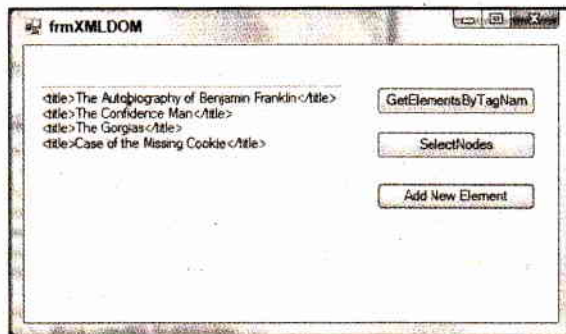


图 33-1

本章的前面说明了如何使用 `XmlTextWriter` 类创建一个文档，还可以使用 `XmlDocument` 类。使用哪个类比较好？如果要写入 XML 流的数据可用且准备写入，那么最好选择 `XmlTextWriter` 类。但是，如果需要一次构建 XML 文档的一小部分，在不同的地方插入节点，那么用 `XmlDocument` 类创建文档比较好。为此，可以把下面的代码：

```
doc.Load("books.xml");
```

改为：

```
//create the declaration section
XmlDeclaration newDec = doc.CreateXmlDeclaration("1.0",null,null);
doc.AppendChild(newDec);
//create the new root element
XmlElement newRoot = doc.CreateElement("newBookstore");
doc.AppendChild(newRoot);
```

首先新建一个 `XmlDeclaration`，其参数是版本(目前是"1.0")、编码和独立标志。如果没有使用 `null`，编码参数就应设置为一个字符串，该字符串应是 `System.Text.Encoding` 类的一部分。`null` 默认为 UTF-8。独立标志可以是 `yes`、`no` 或 `null`。如果它是 `null`，就不使用该特性，也不包含在文档中。

要创建的下一个元素是 `DocumentElement`。在本例中，它称为 `newBookstore`，这样区别就比较明显。代码的其余部分与前面的示例相同，工作原理也相同。下面是从以下代码中生成的 `booksEdit.xml`：

```
<?xml version="1.0"?>
<newBookstore>
  <book genre="Mystery" publicationdate="2001" ISBN="123456789">
    <title>The Case of the Missing Cookie</title>
    <author>
      <name>C. Monster</name>
    </author>
    <price> 9.95</price>
  </book>
</newBookstore>
```

在希望随机访问文档时，可以使用 `XmlDocument` 类。在希望有一个流类型的模型时，可以使用基于 `XmlReader` 的类。基于 `XmlNode` 的 `XmlDocument` 类的灵活性要求的内存比较多，读取文档的性能也没有使用 `XmlReader` 类好，遍历 XML 文档还有另一种方式：使用 `XPathNavigator` 类。

### 33.6 使用 XPathNavigator 类

`XPathNavigator` 类用于从 XML 文档中选择、迭代和偶尔编辑数据。`XPathNavigator` 类可以从 `XmlDocument` 中创建，以支持编辑功能；它也可以从 `XpathDocument` 类中创建，此时只能用于读取。因为 `XPathDocument` 类是只读的，所以它执行得很好。与 `XmlReader` 类不同，`XPathNavigator` 类不是一个流模型，所以同一个文档不需要重新读取和分析，也能使用。

`XPathNavigator` 类在 `System.Xml.XPath` 名称空间中，`XPath` 是一种查询语言，可以从 XML 文档中选择特定的节点或元素，以进行处理。

#### 33.6.1 System.Xml.XPath 名称空间

`System.Xml.XPath` 名称空间建立在速度的基础上，由于它提供了 XML 文档的一种只读视图，因此它没有编辑功能。这个名称空间中的类可以采用光标的方式在 XML 文档上进行快速迭代和选择操作。

表 33-6 列出了 `System.Xml.XPath` 名称空间中的重要类，并对每个类的功能进行了简单的说明。

表 33-6

类 名	说 明
<code>XPathDocument</code>	提供整个 XML 文档的视图，只读
<code>XPathNavigator</code>	提供 <code>XPathDocument</code> 的导航功能
<code>XPathNodeIterator</code>	提供节点集的迭代功能
<code>XPathExpression</code>	编译好的 XPath 表达式，由 <code>SelectNodes</code> 、 <code>SelectSingleNode</code> 、 <code>Evaluate</code> 和 <code>Matches</code> 使用
<code>XPathException</code>	XPath 异常类

## 1. XPathDocument 类

XpathDocument 类没有提供 XmlDocument 类的任何功能,它唯一的功能是创建 XPathNavigator。因此,这是 XPathDocument 类上唯一可用的方法(除了其他由 Object 提供的方法)。

XpathDocument 类可以用许多不同的方式创建。可以给构造函数传递 XmlReader、XML 文档的文件名或基于流的对象,其灵活性非常大。例如,可以使用 XmlValidatingReader 验证 XML,然后使用同一个对象创建 XPathDocument。

## 2. XPathNavigator 类

XpathNavigator 类包含移动和选择所需元素的所有方法,在该类中定义的其中一些“移动”方法如表 33-7 所示。

表 33-7

方法名	说明
MoveTo()	把 XPathNavigator 作为参数,移动当前位置到 XPathNavigator 指定的地方
MoveToAttribute()	移动到指定的属性,其参数是属性名和名称空间
MoveToFirstAttribute()	移动到当前元素中的第一个属性上,如果成功,就返回 true
MoveToNextAttribute()	移动到当前元素中的下一个属性上,如果成功,就返回 true
MoveToFirst()	移动到当前节点中的第一个同级节点上,如果成功,就返回 true
MoveToLast()	移动到当前节点中的最后一个同级节点上,如果成功,就返回 true
MoveToNext()	移动到当前节点中的下一个同级节点上,如果成功,就返回 true
MoveToPrevious()	移动到当前节点中的上一个同级节点上,如果成功,就返回 true
MoveToFirstChild()	移动到当前元素中的第一个子元素上,如果成功,就返回 true
MoveToId()	移动到 ID 参数提供的元素上,文档中需要有一个架构,元素的数据类型必须是 ID 类型
MoveToParent()	移动到当前节点的父节点上,如果成功,就返回 true
MoveToRoot()	移动到文档的根节点上

要选择文档的一个子集,可以使用表 33-8 所示的其中一个 Select()方法。

表 33-8

方法名	说明
Select()	使用 XPath 表达式选择一个节点集
SelectAncestors()	根据 XPath 表达式选择当前节点的所有上级节点
SelectChildren()	根据 XPath 表达式选择当前节点的所有子节点
SelectDescendants()	根据 XPath 表达式选择当前节点的所有下级节点
SelectSingleNode()	使用 XPath 表达式选择一个节点

如果 XpathNavigator 类是从 XPathDocument 类中创建的,它就是只读的。如果 XPathNavigator 类是从 XmlDocument 类中创建的,它就可以用于编辑文档。查看 CanEdit 属性就可以验证这一点。

如果该属性是 `true`，就可以使用某个“插入”方法。`InsertBefore()`和 `InsertAfter()`会分别在当前节点的前面和后面新建一个节点。新节点的源可以来自 `XmlReader` 类或字符串。还可以返回一个 `XmlWriter` 类，它用于写入新节点信息。

使用 `ValueAs` 属性可以从节点中读取强类型化的值。注意这与 `XmlReader` 类不同，`XmlReader` 类使用 `ReadValue()`方法。

### 3. XPathNodeIterator 类

`XpathNodeIterator` 类可以看作是 `XPath` 中的一个 `NodeList` 或一个 `NodeSet`，这个对象有两个属性和 3 个方法：

- `Clone()` —— 新建它本身的一个副本。
- `Count` —— `XpathNodeIterator` 对象中的节点数。
- `Current` —— 返回指向当前节点的 `XpathNavigator`。
- `CurrentPosition()` —— 返回表示当前位置的一个整数。
- `MoveNext()` —— 移动到匹配 `XPath` 表达式的下一个节点上，`XPath` 表达式用于创建 `XpathNodeIterator`。

`XpathNodeIterator` 类由 `XpathNavigators` 类的 `Select()`方法返回，使用它可以迭代 `XpathNavigator` 类的“选择”方法返回的节点集。使用 `XpathNodeIterator` 类的 `MoveNext()`方法不会改变创建它的 `XpathNavigator` 类的位置。

### 4. 使用 XPath 名称空间中的类

要理解这些类的用法，最好是查看一下迭代 `books.xml` 文档的代码，弄清楚导航是如何工作的。为了使用这些示例，首先需要添加对 `System.Xml.Xsl` 和 `System.Xml.XPath` 名称空间的引用，如下所示：

```
using System.Xml.XPath;
using System.Xml.Xsl;
```

对于这个示例，使用 `booksxpath.xml` 文件，它类似于前面使用的 `books.xml` 文件，但在 `booksxpath.xml` 文件中添加了两本书。下面是窗体代码，这段代码是 `XmlSample` 项目的一部分：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
private void button1_Click(object sender, EventArgs e)
{
    //modify to match your path structure
    XPathDocument doc = new XPathDocument("books.xml");
    //create the XPath navigator
    XPathNavigator nav = ((IXPathNavigable)doc).CreateNavigator();
    //create the XPathNodeIterator of book nodes
    // that have genre attribute value of novel
    XPathNodeIterator iter = nav.Select("/bookstore/book[@genre='novel']");
    textBox1.Text = "";
    while (iter.MoveNext())
    {
        XPathNodeIterator newIter =
            iter.Current.SelectDescendants(XPathNodeType.Element, false);
        while (newIter.MoveNext())
```

```

        textBox1.Text += newIter.Current.Name + ": " +
            newIter.Current.Value + "\r\n";
    }
}

```

代码段 frmNavigator.cs

在 `button1_Click()` 方法中, 首先创建 `XPathDocument` (命名为 `doc`), 其参数是要打开的文档的文件和路径字符串。下面一行代码创建 `XPathNavigator`:

```
XPathNavigator nav = doc.CreateNavigator();
```

本例用 `Select()` 方法检索所有 `genre` 属性值为 `novel` 的一组节点, 然后使用 `MoveNext()` 方法迭代书籍列表中的所有小说。

要把数据加载到列表框中, 使用 `XPathNodeIterator.Current` 属性。根据 `XPathNodeIterator` 指向的节点, 新建一个 `XPathNavigator` 对象。在本例中, 为文档中的一个 `book` 节点创建 `XPathNavigator`。

之后的循环接受这个 `XPathNavigator`, 调用 `Select()` 方法的另一个重载版本 `SelectDescendants()` 创建另一个 `XpathNodeIterator`。这样, `XPathNodeIterator` 就包含了 `book` 节点的所有子节点。

然后, 在这个 `XPathNodeIterator` 上执行另一个 `MoveNext()` 循环, 给文本框加载元素名和元素值。在运行代码后, 屏幕显示 33-2 所示的对话框, 注意只列出了小说。

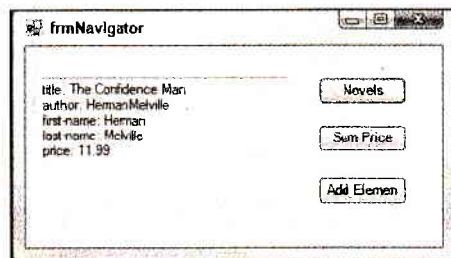


图 33-2

如果要把这些书的成本相加, 该怎么办? `XpathNavigator` 类为此包含了 `Evaluate()` 方法。`Evaluate()` 有 3 个重载版本, 第 1 个版本包含一个字符串, 该字符串就是 `XPath` 函数调用。第 2 个重载版本的参数是 `XPathExpression` 对象, 第 3 个重载版本的参数是 `XPathExpression` 和 `XPathNodeIterator`。下面的代码类似于前面的示例, 但这次迭代文档中的所有节点。最后调用的 `Evaluate()` 方法汇总了所有书籍的成本:



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

private void button2_Click(object sender, EventArgs e)
{
    //modify to match your path structure
    XPathDocument doc = new XPathDocument("books.xml");
    //create the XPath navigator
    XPathNavigator nav = ((IXPathNavigable)doc).CreateNavigator();
    //create the XPathNodeIterator of book nodes
    XPathNodeIterator iter = nav.Select("/bookstore/book");
    textBox1.Text = "";
    while (iter.MoveNext())
    {

```

```

XPathNodeIterator newIter =
    iter.Current.SelectDescendants(XPathNodeType.Element, false);
while (newIter.MoveNext())
{
    textBox1.Text += newIter.Current.Name + ": " + newIter.Current.Value +
        "\r\n";
}
textBox1.Text += "======" + "\r\n";
textBox1.Text += "Total Cost = " +
    nav.Evaluate("sum(/bookstore/book/price)");
}

```

代码段 frmNavigator.cs

这次，可以看到文本框中书籍的总成本，如图 33-3 所示。

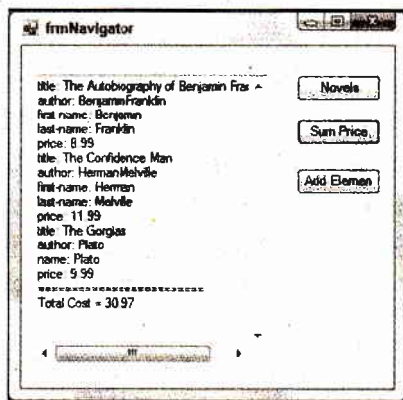


图 33-3

现在，假定需要添加一个折扣节点。使用 `InsertAfter()` 方法可以很容易插入该节点。下面是代码：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

private void button3_Click(object sender, EventArgs e)
{
    XmlDocument doc = new XmlDocument();
    doc.Load("books.xml");
    XPathNavigator nav = doc.CreateNavigator();

    if (nav.CanEdit)
    {
        XPathNodeIterator iter =
            nav.Select("/bookstore/book/price");
        while (iter.MoveNext())
        {
            iter.Current.InsertAfter("<disc>5</disc>");
        }
    }
    doc.Save("newbooks.xml");
}

```

代码段 frmNavigator.cs

这段代码在价格元素的后面添加了 `<disc>5</disc>` 元素。首先选择前面所有的价格节点，使用 `XPathNodeIterator` 迭代节点，并插入新节点。修改后的文档保存为一个新名称 `newbooks.xml`。下面

是新文档的内容:

```
<?xml version="1.0"?>
<!--This file represents a fragment of a book store inventory database-->
<bookstore>
  <book genre="autobiography" publicationdate="1991" ISBN="1-861003-11-0">
    <title>The Autobiography of Benjamin Franklin</title>
    <author>
      <first-name>Benjamin</first-name>
      <last-name>Franklin</last-name>
    </author>
    <price>8.99</price>
    <disc>5</disc>
  </book>
  <book genre="novel" publicationdate="1967" ISBN="0-201-63361-2">
    <title>The Confidence Man</title>
    <author>
      <first-name>Herman</first-name>
      <last-name>Melville</last-name>
    </author>
    <price>11.99</price>
    <disc>5</disc>
  </book>
  <book genre="philosophy" publicationdate="1991" ISBN="1-861001-57-6">
    <title>The Gorgias</title>
    <author>
      <name>Plato</name>
    </author>
    <price>9.99</price>
    <disc>5</disc>
  </book>
</bookstore>
```

节点可以插入到选中的节点之前或之后。还可以修改节点，并删除它们。如果对许多节点进行了改动，那么最好使用从 `XmlDocument` 中创建的 `XPathNavigator`。

### 33.6.2 System.Xml.Xsl 名称空间

`System.Xml.Xsl` 名称空间包含 .NET Framework 用于支持 XSL 转换的类。这个名称空间中的类可以和任何实现 `IXPathNavigable` 接口的存储器一起使用。在目前的 .NET Framework 中，包含 `XmlDocument`、`XmlDataDocument` 和 `XPathDocument`。与 `XPath` 一样，应使用最有效的存储器。如果计划创建一个自定义存储器，如文件系统的存储器，并希望能够进行一定的转换，就应在类中实现 `IXPathNavigable` 接口。

XSL 基于一个流式上拉模式(streaming pull mode)上。因此，可以把几个转换链接在一起。根据需要，甚至可以在转换之间应用一个自定义读取器，这样在设计时就会有有很大的灵活性。

#### 1. 转换 XML

第一个示例接受 `books.xml` 文档，并使用 XSLT 文件 `book.xsl` 把它转换为一个简单的 HTML 文档，以进行显示(这段代码在 `XSLSample01` 文件夹中)，需要添加如下 `using` 语句：

```
using System.IO;
using System.Xml.Xsl;
using System.Xml.XPath;
```

下面是执行转换的代码:



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
private void button1_Click(object sender, EventArgs e)
{
    XslCompiledTransform trans = new XslCompiledTransform();
    trans.Load("books.xsl");
    trans.Transform("books.xml", "out.html");
    webBrowser1.Navigate(AppDomain.CurrentDomain.BaseDirectory + "out.html");
}
```

代码下载 XslSample01.sln

这就是一个最简单的转换。首先新建一个 `XmlCompiledTransform` 对象。它加载 `books.xml` 转换文档，然后执行转换。在本例中，把带文件名的字符串用作输入。输出是 `out.html`。之后把这个文件加载到窗体使用的 Web 浏览器控件上。这里不把文件名 `books.xml` 用作输入文档，而是使用一个基于 `IXPathNavigable` 的对象。它可以是创建 `XpathNavigator` 的任何对象。

创建 `XmlCompiledTransform` 对象，加载样式表后，就执行转换。`Transform()` 方法的参数可以是 `IXPathNavigable` 对象、流、`TextWriter`、`XmlWriter` 和 `URI` 的任意组合，因此转换流上的灵活性很大。可以把转换的结果作为输入传递给下一个转换操作。

`XsltArgumentLists` 和 `XmlResolver` 对象也包含在参数选项中。下一节介绍 `XsltArgumentList` 对象。基于 `XmlResolver` 的对象用于解析当前文档外部的数据项，如架构、证书或样式表。

`books.xml` 文档是一个很简单的样式表，如下所示：

```
<xsl:stylesheet version="1.0"
  xmlns:xsl="http://www.w3.org/1999/XSL/Transform">
<xsl:template match="/">
  <html>
    <head>
      <title>Price List</title>
    </head>
    <body>
      <table>
        <xsl:apply-templates/>
      </table>
    </body>
  </html>
</xsl:template>
<xsl:template match="bookstore">
  <xsl:apply-templates select="book"/>
</xsl:template>
<xsl:template match="book">
  <tr><td>
    <xsl:value-of select="title"/>
  </td><td>
    <xsl:value-of select="price"/>
  </td></tr>
</xsl:template>
</xsl:stylesheet>
```



## 2. 使用 XsltArgumentList

`XsltArgumentList` 是把对象和方法绑定到名称空间上的一种方式。绑定之后，就可以在转换过程中调用该方法。下面是一个示例：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
private void button3_Click(object sender, EventArgs e)
{
    //new XPathDocument
    XPathDocument doc = new XPathDocument("books.xml");
    //new XsltTransform
    XsltCompiledTransform trans = new XsltCompiledTransform();
    trans.Load("booksarg.xsl");
    //new XmlTextWriter since we are creating a new xml document
    XmlWriter xw = new XmlTextWriter("argSample.xml", null);
    //create the XsltArgumentList and new BookUtils object
    XsltArgumentList argBook = new XsltArgumentList();
    BookUtils bu = new BookUtils();
    //this tells the argumentlist about BookUtils
    argBook.AddExtensionObject("urn:XslSample", bu);
    //new XPathNavigator
    XPathNavigator nav = doc.CreateNavigator();
    //do the transform
    trans.Transform(nav, argBook, xw);
    xw.Close();
    webBrowser1.Navigate(AppDomain.CurrentDomain.BaseDirectory + "argSample.xml");
}
```

代码段 XslSample01.sln

下面是 `BooksUtil` 类的代码，这是将在转换过程中调用的类：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
class BookUtils
{
    public BookUtils() { }
    public string ShowText()
    {
        return "This came from the ShowText method!";
    }
}
```

代码段 BookUtils.cs

下面是转换的结果。其结果已进行了格式化，以便于查看(`argSample.xml`):

```
<books>
  <discbook>
    <booktitle>The Autobiography of Benjamin Franklin</booktitle>
    <showtext>This came from the ShowText method!</showtext>
  </discbook>
  <discbook>
    <booktitle>The Confidence Man</booktitle>
    <showtext>This came from the ShowText method!</showtext>
  </discbook>
  <discbook>
    <booktitle>The Gorgias</booktitle>
```

```

    <showtext>This came from the ShowText method!</showtext>
</discbook>
<discbook>
    <booktitle>The Great Cookie Caper</booktitle>
    <showtext>This came from the ShowText method!</showtext>
</discbook>
<discbook>
    <booktitle>A Really Great Book</booktitle>
    <showtext>This came from the ShowText method!</showtext>
</discbook>
</books>

```

本例定义一个新的 BookUtils 类。在这个类中有一个无用的方法，它返回字符串“**This came from the ShowText method!**”。在 button3\_Click 事件中，创建 XPathDocument 和 XsltTransform 对象，前面的示例把 XML 文档和转换文档直接加载到 XslCompiledTransform 对象中，这次使用 XPathNavigator 来加载文档。

接着编写下面的代码：

```

XsltArgumentList argBook=new XsltArgumentList();
BookUtils bu=new BookUtils();
argBook.AddExtensionObject("urn:XslSample",bu);

```

这段代码创建 XsltArgumentList 对象。接着创建 BookUtils 对象的一个实例，在调用 AddExtensionObject()方法时，其参数是扩展的名称空间和要从中调用方法的对象。在调用 Transform()时，其参数是 XsltArgumentList(argBook)，以及前面创建的 XPathNavigator 和 XmlWriter 对象。

下面是 booksarg.xsl 文档(基于 books.xml)：

```

<xsl:stylesheet version="1.0" xmlns:xsl="http://www.w3.org/1999/XSL/Transform"
    xmlns:bookUtil="urn:XslSample">
    <xsl:output method="xml" indent="yes"/>

    <xsl:template match="/">
        <xsl:element name="books">
            <xsl:apply-templates/>
        </xsl:element>
    </xsl:template>
    <xsl:template match="bookstore">
        <xsl:apply-templates select="book"/>
    </xsl:template>
    <xsl:template match="book">
        <xsl:element name="discbook">
            <xsl:element name="booktitle">
                <xsl:value-of select="title"/>
            </xsl:element>
            <xsl:element name="showtext">
                <xsl:value-of select="bookUtil:ShowText()" />
            </xsl:element>
        </xsl:element>
    </xsl:template>
</xsl:stylesheet>

```

两行重要的代码已突出显示。首先，在给 XsltArgumentList 添加对象时，添加前面创建的名称

空间。然后，在调用对应方法时，使用标准的 XSLT 名称空间前缀语法。

另一种方式是使用 XSLT 脚本完成。可以在该样式表中包含 C#、VB 和 JavaScript 代码。最重要的是在 Transform.Load()调用中编译该脚本，这与目前的非.NET 实现方式不同。这样就可以执行已经编译的脚本。

下面对前面的 XSLT 文件也进行这样的修改。首先给样式表添加脚本，在 bookscript.xml 中进行的修改如下所示：

```
<xsl:stylesheet version="1.0" xmlns:xsl="http://www.w3.org/1999/XSL/Transform"
                xmlns:msxsl="urn:schemas-microsoft-com:xslt"
                xmlns:user="http://wrox.com">

  <msxsl:script language="C#" implements-prefix="user">

    string ShowText()
    {
      return "This came from the ShowText method!";
    }
  </msxsl:script>

  <xsl:output method="xml" indent="yes"/>
  <xsl:template match="/">
    <xsl:element name="books">
      <xsl:apply-templates/>
    </xsl:element>
  </xsl:template>
  <xsl:template match="bookstore">
    <xsl:apply-templates select="book"/>
  </xsl:template>
  <xsl:template match="book">
    <xsl:element name="discbook">
      <xsl:element name="booktitle">
        <xsl:value-of select="title"/>
      </xsl:element>
      <xsl:element name="showtext">
        <xsl:value-of select="user:ShowText()"/>
      </xsl:element>
    </xsl:element>
  </xsl:template>
</xsl:stylesheet>
```

同样，其中的改变已突出显示。设置脚本的名称空间，添加代码(可以从 VS.NET IDE 中复制和粘贴代码)；在样式表上执行调用。输出结果与前面示例的输出结果相同。

### 33.6.3 调试 XSLT

Visual Studio 2010 有调试转换功能。我们可以单步逐行地执行转换代码，查看变量，访问主调栈，设置断点，这些都与调试 C#源代码相同。调试转换代码有两种方式：仅使用样式表和 XML 输入文件，或者运行转换代码所在的应用程序。

#### 1. 在不运行应用程序的情况下调试

第一次创建转换操作时，有时并不希望运行整个应用程序，只希望使样式表工作。Visual Studio

2010 允许使用 XSLT 编辑器进行这个操作。

把 books.xml 样式表加载到 Visual Studio 2010 的 XSLT 编辑器中。在下面的代码上设置一个断点：

```
<xsl:value-of select="title"/>
```

现在选择 XML 菜单，再选择 Debug XSLT 命令。此时需要指定 XML 输入文档，这就是我们要转换的 XML。在默认配置下，结果如图 33-4 所示。

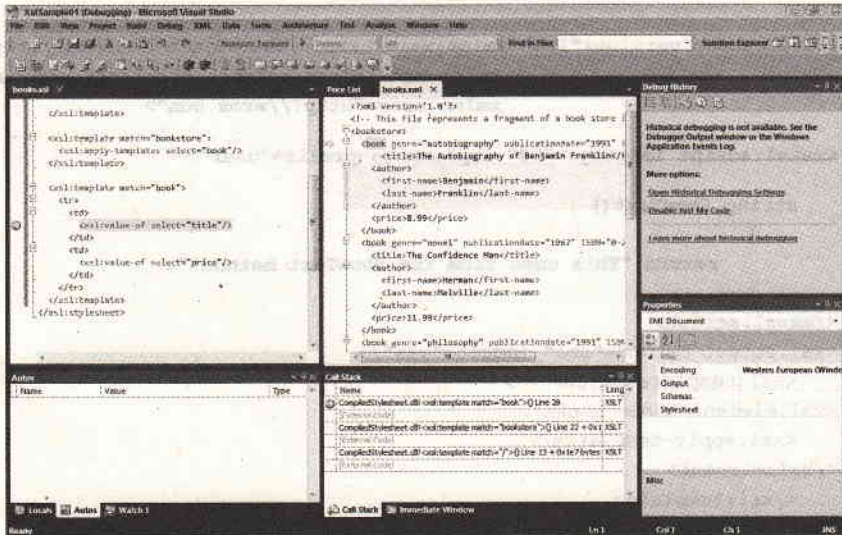


图 33-4

既然已经暂停转换，就可以查看与调试源代码时相同的几乎所有调试信息。注意调试器显示了 XSLT、输入文档、当前突出显示的元素和转换的结果。现在就可以单步执行转换代码。如果 XSLT 包含脚本代码，则还可以在脚本中设置断点，使用相同的调试功能。

## 2. 在运行应用程序的情况下调试

如果要同时调试转换代码和应用程序，就必须在创建 `XslCompiledTransform` 对象时进行一个小小的改动。构造函数的一个重载版本把一个布尔值作为参数，这个参数是 `enableDebug`，默认为 `false`，表示即使在转换代码中设置一个断点，如果运行调用转换代码的应用程序，它也不会中断。如果把该参数设置为 `true`，就会生成 XSLT 的调试信息，并在断点处暂停。所以在前面的示例中，创建 `XlsCompiledTransform` 的代码行应改为：

```
XslCompiledTransform trans = new XslCompiledTransform(true);
```

现在当应用程序运行在调试模式时，甚至 XSLT 会生成调试信息，同样可以在样式表中获得完整的 Visual Studio 调试功能。

总之，在进行转换时，一定要记住使用正确的 XML 数据存储器。如果不需要编辑功能，就使用 `XPathDocument`；如果要从 ADO.NET 中获得数据，就使用 `XmlDataDocument`；如果需要编辑数据，就使用 `XmlDocument`。其他过程都相同。

## 33.7 XML 和 ADO.NET

XML 是把 ADO.NET 绑定到其他语言中的纽带。ADO.NET 从一开始就在 XML 环境中工作。XML 用于在数据存储器 and 应用程序或网页之间来回传输数据。因为 ADO.NET 使用 XML 进行远程传输,所以数据可以在甚至不能识别 ADO.NET 的应用程序和系统之间交换。因为 XML 在 ADO.NET 中非常重要,所以 ADO.NET 提供了一些强大的功能来读写 XML 文档。System.Xml 名称空间也包含可以使用 ADO.NET 关系数据的类。

用于示例的数据库来自于 AdventureWorksLT 示例应用程序。示例数据库可以从 [codeplex.com/SqlServerSamples](http://codeplex.com/SqlServerSamples) 上下载。注意 AdventureWorks 数据库有几个版本,大多数版本都可以工作,但 LT 版本是简化版本,足以达到本章的目的。

### 33.7.1 将 ADO.NET 数据转换为 XML 文档

第一个示例使用 ADO.NET、流和 XML 把数据库中的一些数据推入 DataSet 中,从 DataSet 中加载带有 XML 的 XmlDocument 对象,并把 XML 加载到文本框中。为了运行下面几个示例,需要添加如下 using 语句:

```
using System.Data;
using System.Xml;
using System.Data.SqlClient;
using System.IO;
```

把连接字符串定义为模块级变量:

```
string _connectString = "Server=.\SQLExpress;
                        Database=adventureworksLT;Trusted_Connection=Yes";
```

对于 ADO.NET 示例,在窗体上添加一个 DataGrid 对象,这样就可以在 ADO.NET 的 DataSet 中查看数据,因为数据被绑定到网格上。还可以查看生成的 XML 文档中的数据,这些数据已加载到文本框中。下面是第一个示例的代码。本示例的第一步是创建标准的 ADO.NET 对象,以生成一个 DataSet 对象。之后把该数据集绑定到网格上。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
private void button1_Click(object sender, EventArgs e)
{
    XmlDocument doc = new XmlDocument();
    DataSet ds = new DataSet("XMLProducts");
    SqlConnection conn = new SqlConnection(_connectString);
    SqlDataAdapter da = new SqlDataAdapter
        ("SELECT Name, StandardCost FROM SalesLT.Product", conn);
    //fill the dataset
    da.Fill(ds, "Products");
    //load data into grid
    dataGridView1.DataSource = ds.Tables["Products"];
}
```

代码段 frmADOXML.cs

在创建了 ADO.NET 对象,并绑定到网格上后,再实例化 MemoryStream、StreamReader 和 StreamWriter 对象。StreamReader 和 StreamWriter 对象使用 MemoryStream 对象来浏览 XML 文档:

```
MemoryStream memStrm=new MemoryStream();
```

```
StreamReader strmRead=new StreamReader(memStrm);
StreamWriter strmWrite=new StreamWriter(memStrm);
```

使用 MemoryStream 的原因是不必把数据写入磁盘中。但还可以使用基于 Stream 类的其他对象，如 FileStream。

下一步是生成 XML。调用 DataSet 类的 WriteXml()方法，它生成一个 XML 文档。WriteXml()方法有两个重载版本，一个重载版本的参数是带有文件路径和名称的字符串，另一个重载版本还有一个模式参数。这个模式是一个 XmlWriteMode 枚举，其值可以是

- IgnoreSchema
- WriteSchema
- DiffGram

如果不希望 WriteXml()方法把内联架构写入 XML 文件的开头，就使用 IgnoreSchema 参数；如果要写入内联架构，就使用 WriteSchema 参数。DiffGram 显示在 DataSet 中编辑前后的数据。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
//write the xml from the dataset to the memory stream
ds.WriteXml(strmWrite, XmlWriteMode.IgnoreSchema);
memStrm.Seek(0, SeekOrigin.Begin);
//read from the memory stream to a XmlDocument object
doc.Load(strmRead);
//get all of the products elements
XmlNodeList nodeList = doc.SelectNodes("//XMLProducts/Products");
textBox1.Text = "";

foreach (XmlNode node in nodeList)
{
    textBox1.Text += node.InnerXml + "\r\n";
}
}
```

代码段 frmADOXML.cs

在 33-5 所示的对话框中，可以查看列表中的数据 and 绑定的数据网格。

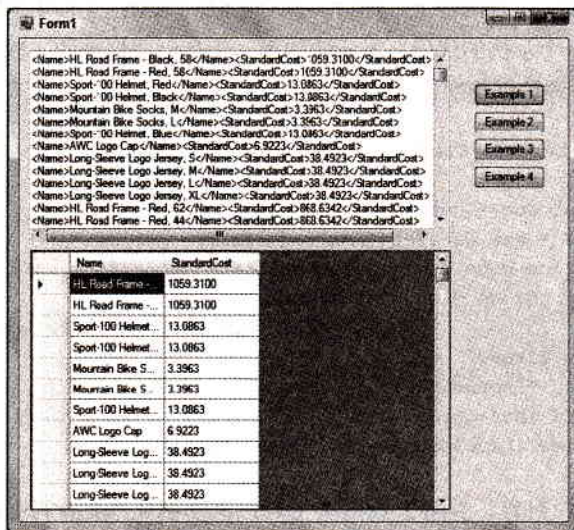


图 33-5

如果只需要该架构,就本应调用 `WriteXmlSchema()`方法而不是 `WriteXml()`方法。这个方法有 4 个重载版本,第 1 个重载版本的参数是一个字符串,其中包含了写入 XML 文档的位置对应的路径和文件名,第 2 个重载版本使用基于 `XmlWriter` 类的一个对象。第 3 个重载版本使用基于 `TextWriter` 类的对象。第 4 个重载版本使用派生自 `Stream` 类的对象。

此外,如果要把 XML 文档持久化到磁盘中,就应执行下述操作:

```
string file = "c:\\test\\product.xml";
ds.WriteXml(file);
```

在磁盘上会生成一个格式良好的 XML 文档,它可以由另一个流或 `DataSet` 来读取,或者由另一个应用程序或 Web 站点使用。因为没有指定 `XmlMode` 参数,所以这个 `XmlDocument` 包含了该架构。在本例中,把流作为 `XmlDocument.Load()`方法的参数。

现在数据有两个视图,但更重要的是,可以使用两个不同的模型来处理数据。可以使用 `System.Data` 名称空间来操纵数据,也可以使用 `System.Xml` 名称空间来处理数据。这样应用程序就可以有某些非常灵活的设计,因为现在不必把一个对象模型绑定到程序上。这是 ADO.NET 和 `System.Xml` 组合的强大之处。相同数据可以有多个视图,访问数据也有多种方式。

下一个示例消除 3 个流,并使用内置于 `System.Xml` 名称空间中的一些 ADO 功能来简化过程。但需要修改模块级的代码行:

```
private XmlDocument doc = new XmlDocument();
```

为:

```
private XmlDataDocument doc;
```

这么做的原因是现在使用的是 `XmlDataDocument`。下面是代码:



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
private void button3_Click(object sender, EventArgs e)
{
    XmlDataDocument doc;
    //create a dataset
    DataSet ds = new DataSet("XMLProducts");
    //connect to the northwind database and
    //select all of the rows from products table
    SqlConnection conn = new SqlConnection(_connectString);
    SqlDataAdapter da = new SqlDataAdapter
        ("SELECT Name, StandardCost FROM SalesLT.Product", conn);
    //fill the dataset
    da.Fill(ds, "Products");
    ds.WriteXml("sample.xml", XmlWriteMode.WriteSchema);
    //load data into grid
    dataGridView1.DataSource = ds.Tables[0];
    doc = new XmlDataDocument(ds);
    //get all of the products elements
    XmlNodeList nodeList = doc.GetElementsByTagName("Products");
    textBox1.Text = "";
    foreach (XmlNode node in nodeList)
    {
        textBox1.Text += node.InnerXml + "\r\n";
    }
}
```

代码段 frmADOXML.cs

可以看出,把DataSet对象加载到XML文档中的代码已经进行了简化。它没有使用XmlDocument类,而是使用XmlDataDocument类,这个类是为了使用DataSet对象的数据而专门设计的。

因为XmlDataDocument类基于XmlDocument类,所以它拥有XmlDocument类的所有功能。一个主要区别是XmlDataDocument类有重载的构造函数。注意下面的代码实例化XmlDataDocument对象doc:

```
doc = new XmlDataDocument(ds);
```

它传递的参数是我们创建的DataSet对象ds,从DataSet对象中创建XML文档,而且不必使用Load()方法。实际上,如果实例化一个新的XmlDataDocument对象而不把DataSet作为参数,该XmlDataDocument就会包含一个名为NewDataSet的DataSet,其table集中没有任何DataTable。在创建了基于XmlDataDocument的对象后,还可以设置一个DataSet属性。

如果把下面一行代码添加到DataSet.Fill()调用的后面:

```
ds.WriteXml("c:\\test\\sample.xml", XmlWriteMode.WriteSchema);
```

就会在文件夹c:\test中生成下面的XML文件sample.xml:

```
<?xml version="1.0" standalone="yes"?>
<XMLProducts>
  <xs:schema id="XMLProducts" xmlns="" xmlns:xs="http://www.w3.org/2001/XMLSchema"
    xmlns:msdata="urn:schemas-microsoft-com:xml-msdata">
    <xs:element name="XMLProducts" msdata:IsDataSet="true"
      msdata:UseCurrentLocale="true">
      <xs:complexType>
        <xs:choice minOccurs="0" maxOccurs="unbounded">
          <xs:element name="Products">
            <xs:complexType>
              <xs:sequence>
                <xs:element name="Name" type="xs:string" minOccurs="0" />
                <xs:element name="StandardCost" type="xs:decimal" minOccurs="0" />
              </xs:sequence>
            </xs:complexType>
          </xs:element>
        </xs:choice>
      </xs:complexType>
    </xs:element>
  </xs:schema>
  <Products>
    <Name> HL Road Frame-Black, 58 </Name>
    <StandardCost> 1059.3100 </StandardCost>
  </Products>
  <Products>
    <Name> HL Road Frame-Red, 58 </Name>
    <StandardCost> 1059.3100 </StandardCost>
  </Products>
  <Products>
    <Name> Sport-100 Helmet, Red</Name>
    <StandardCost>13.0863</StandardCost>
  </Products>
</XMLProducts>
```



这里只显示了前几个 Products 元素。实际的 XML 文件应包含 Northwind 数据库中 Products 表的所有 Products 元素。

### 转换关系数据

这看起来非常简单，因为只有一个表。但对于关系数据，如 DataSet 中有多个 DataTable 和 Relation，该怎么办？其工作方式仍旧是这样。下面的示例使用了两个关系表：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
private void button5_Click(object sender, EventArgs e)
{
    XmlDocument doc = new XmlDocument();
    DataSet ds = new DataSet("XMLProducts");
    SqlConnection conn = new SqlConnection(_connectString);
    SqlDataAdapter daProduct = new SqlDataAdapter
        ("SELECT Name, StandardCost, ProductCategoryID FROM SalesLT.Product", conn);
    SqlDataAdapter daCategory = new SqlDataAdapter
        ("SELECT ProductCategoryID, Name from SalesLT.ProductCategory", conn);
    //Fill DataSet from both SqlAdapters
    daProduct.Fill(ds, "Products");
    daCategory.Fill(ds, "Categories");
    //Add the relation
    ds.Relations.Add(ds.Tables["Categories"].Columns["ProductCategoryID"],
        ds.Tables["Products"].Columns["ProductCategoryID"]);
    //Write the Xml to a file so we can look at it later
    ds.WriteXml("Products.xml", XmlWriteMode.WriteSchema);
    //load data into grid
    dataGridView1.DataSource = ds.Tables[0];
    //create the XmlDataDocument
    doc = new XmlDataDocument(ds);
    //Select the productname elements and load them in the grid
    XmlNodeList nodeList = doc.SelectNodes("//XMLProducts/Products");
    textBox1.Text = "";
    foreach (XmlNode node in nodeList)
    {
        textBox1.Text += node.InnerXml + "\r\n";
    }
}
```

代码段 fmADOXML.cs

在这个示例中，在 XMLProducts 数据集中创建了两个 DataTable: Products 和 Categories。在两个表的 ProductCategoryID 列上新建一个关系。

使用与上一个示例相同的 WriteXml()方法调用，得到如下 XML 文件(SuppProd.xml):

```
<?xml version="1.0" standalone="yes"?>
<XMLProducts>
  <xs:schema id="XMLProducts" xmlns="" xmlns:xs="http://www.w3.org/2001/XMLSchema"
    xmlns:msdata="urn:schemas-microsoft-com:xml-msdata">
    <xs:element name="XMLProducts" msdata:IsDataSet="true"
      msdata:UseCurrentLocale="true">
      <xs:complexType>
        <xs:choice minOccurs="0" maxOccurs="unbounded">
          <xs:element name="Products">
            <xs:complexType>
```

```

        <xs:sequence>
            <xs:element name="Name" type="xs:string" minOccurs="0" />
            <xs:element name="StandardCost" type="xs:decimal" minOccurs="0" />
            <xs:element name="ProductCategoryID" type="xs:int" minOccurs="0" />
        </xs:sequence>
    </xs:complexType>
</xs:element>
<xs:element name="Categories">
    <xs:complexType>
        <xs:sequence>
            <xs:element name="ProductCategoryID" type="xs:int" minOccurs="0" />
            <xs:element name="Name" type="xs:string" minOccurs="0" />
        </xs:sequence>
    </xs:complexType>
</xs:element>
</xs:choice>
</xs:complexType>
<xs:unique name="Constraint1">
    <xs:selector xpath="."//Categories" />
    <xs:field xpath="ProductCategoryID" />
</xs:unique>
<xs:keyref name="Relation1" refer="Constraint1">
    <xs:selector xpath="."//Products" />
    <xs:field xpath="ProductCategoryID" />
</xs:keyref>
</xs:element>
</xs:schema>
<Products>
    <Name>HL Road Frame-Black, 58</Name>
    <StandardCost>1059.3100</StandardCost>
    <ProductCategoryID>18</ProductCategoryID>
</Products>
<Products>
    <Name>HL Road Frame-Red, 58</Name>
    <StandardCost>1059.3100</StandardCost>
    <ProductCategoryID>18</ProductCategoryID>
</Products>
</XMLProducts>

```

该架构包含 DataSet 中的两个 DataTable。此外，数据包含两个表中的所有数据。简洁起见，这里只显示第一个 Products 和 ProductCategory 记录。与以前一样，使用正确的 XmlWriteMode 参数可以只保存架构或数据。

### 33.7.2 把 XML 文档转换为 ADO.NET 数据

假设有一个 XML 文档，准备把它转换为 ADO.NET 的 DataSet。这样就可以把 XML 加载到数据库中，或者把数据绑定到 .NET 数据控件上，如 DataGrid。此时实际上可以把 XML 文档用作数据存储，完全消除数据库的系统开销。如果数据比较少，这完全有可能。看看下面这些代码：



```

private void button7_Click(object sender, EventArgs e)
{
    //create the DataSet
    DataSet ds = new DataSet("XMLProducts");
}

```

```

//read in the xml document
ds.ReadXml("Products.xml");

//load data into grid
dataGridView1.DataSource = ds.Tables[0];

textBox1.Text = "";

foreach (DataTable dt in ds.Tables)
{
    textBox1.Text += dt.TableName + "\r\n";
    foreach (DataColumn col in dt.Columns)
    {
        textBox1.Text += "\t" + col.ColumnName + "-" + col.DataType.FullName + "\r\n";
    }
}
}

```

代码段 frmADOXML.cs

这很简单。这个示例实例化一个新的 `DataSet` 对象，然后，从此处调用 `ReadXml()` 方法，把 XML 放在 `DataSet` 的一个 `DataTable` 中。与 `WriteXml()` 方法一样，`ReadXml()` 方法的参数是 `XmlReadMode`。`ReadXml()` 方法还可以使用 `XmlReadMode` 中的更多选项(如表 33-9 所示)。

表 33-9

选 项	说 明
Auto	把 <code>XmlReadMode</code> 设置为最合适值。如果数据是 <code>DiffGram</code> 格式，就选择 <code>DiffGram</code> ；如果已经读取了架构，或者检测到某个内联架构，就选择 <code>ReadSchema</code> 。如果没有为 <code>DataSet</code> 指定模式，也没有检测到内联架构，就选择 <code>IgnoreSchema</code>
DiffGram	读取 <code>DiffGram</code> ，并把变化应用到 <code>DataSet</code> 上
Fragment	读取包含 XDR 架构片断的文档，如 SQL Server 创建的类型
IgnoreSchema	忽略任何找到的内联架构，把数据读入当前的 <code>DataSet</code> 架构中，如果数据与 <code>DataSet</code> 架构不匹配，就删除它
InferSchema	忽略任何内联架构，根据 XML 文档中的数据创建架构。如果 <code>DataSet</code> 中已经有一个架构，就使用该架构，根据需要，可以用其他列或表来扩展它。如果存在一列，但其数据类型不符，就会抛出一个异常
ReadSchema	读取内联架构，并加载数据。不重写 <code>DataSet</code> 中的架构，但如果内联架构中的表已经存在于 <code>DataSet</code> 中，就抛出一个异常

这里也有 `ReadXmlSchema()` 方法，它读取独立的架构，并创建相应的表、列和关系。如果架构没有和数据建立关联，就可以使用 `ReadXmlSchema()` 方法。该方法也有 4 个重载版本：其参数分别是包含文件和路径名的字符串、基于 `Stream` 的对象、基于 `TextReader` 的对象和基于 `XmlReader` 的对象。

要说明如何正确地创建数据表，可以迭代表和列，并在文本框中显示名称。可以把它与最初的 Northwind 数据库比较一下，可以发现所有内容保持不变。最后一个 `foreach` 循环执行这个任务。图 33-6 显示了输出结果。

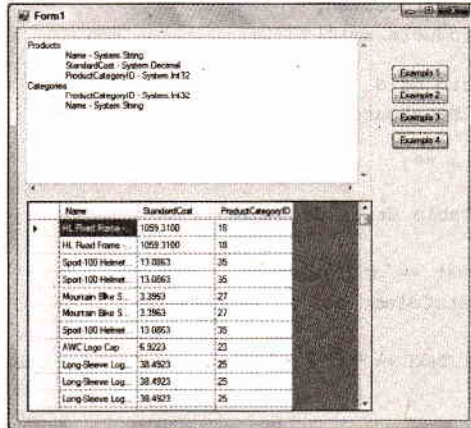


图 33-6

从列表框中可以看出，数据表中包含的所有列都有正确的名称和数据类型。

还要注意，前两个示例都没有在数据库传入或传出任何数据，所以没有定义 `SqlDataAdapter` 或 `SqlConnection`。这说明了 `System.Xml` 名称空间和 ADO.NET 的灵活性：可以用多种格式查看相同的数据。如果需要转换，以 HTML 格式显示数据，或者如果需要把数据绑定到网格上，就应获取这些数据，用一个方法调用，把它们以需要的格式显示出来。

### 33.8 在 XML 中序列化对象

序列化是把一个对象持久化到磁盘中的过程。应用程序的另一部分，甚至另一个应用程序都可以反序列化对象，使它的状态与序列化之前相同。.NET Framework 为此提供了两种方式。

本节将介绍 `System.Xml.Serialization` 名称空间。它包含的类可用于把对象序列化为 XML 文档或流。这表示把对象的公共属性和公共字段将转换为 XML 元素和/或属性。

`System.Xml.Serialization` 名称空间中最重要的类是 `XmlSerializer`。要序列化对象，首先需要实例化一个 `XmlSerializer` 对象，指定要序列化的对象类型，然后实例化一个流/写入器对象，以把文件写入流/文档中。最后一步是在 `XmlSerializer` 上调用 `Serialize()` 方法，给它传递流/写入器对象和要序列化的对象。

被序列化的数据可以为基元类型的数据、字段、数组，以及 `XmlElement` 和 `XmlAttribute` 对象格式的内嵌 XML。

为了从 XML 文档中反序列化对象，应执行上述过程的逆过程。即创建一个流/读取器对象和一个 `XmlSerializer` 对象，然后给 `Deserialize()` 方法传递该流/读取器对象。这个方法返回反序列化的对象，尽管它需要强制转换为正确的类型。

XML 序列化程序不能转换私有数据，只能转换公共数据，它也不能序列化对象图表。但是，这并不是一个严格的限制。对类进行仔细设计，就很容易避免这个问题。如果需要序列化公共数据和私有数据，以及包含许多嵌套对象的对象图形，就可以使用 `System.Runtime.Serialization.Formatters.Binary` 名称空间。

使用 `System.Xml.Serialization` 类可以完成的其他工作如下所示:

- 确定数据应是一个特性还是元素
- 指定名称空间
- 改变特性名或元素名

对象和 XML 文档之间的链接是给类添加注释的自定义 C# 特性, 这些属性可以告诉序列化程序如何输出数据。 .NET Framework 包含一个工具 `xsd.exe`, 它可以帮助创建这些特性。 `xsd.exe` 可以完成如下任务:

- 从 XDR 架构文件中生成 XML 架构
- 从 XML 文件中生成 XML 架构
- 从 XSD 架构文件中生成 `DataSet` 类
- 生成运行库类, 运行库类包含 `XmlSerialization` 类的自定义属性
- 从已经开发出来的类中生成 XSD 文件
- 限制在代码中创建的元素
- 确定生成代码的编程语言(C#、VB 或 JScript.NET)
- 在编译好的程序集中从类型中创建架构

参见 Framework 文档, 了解 `xsd.exe` 命令行选项的详细内容。

尽管 `xsd.exe` 具备这些功能, 但不一定用它为序列化创建类。这个过程很简单。下面介绍一个简单的应用程序, 它序列化一个类。示例代码的起始部分比较简单, 新建一个 `Product` 对象 `pd`, 并给它填充一些数据:



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
private void button1_Click(object sender, EventArgs e)
{
    //new products object
    Product pd = new Product();
    //set some properties
    pd.ProductID = 200;
    pd.CategoryID = 100;
    pd.Discontinued = false;
    pd.ProductName = "Serialize Objects";
    pd.QuantityPerUnit = "6";
    pd.ReorderLevel = 1;
    pd.SupplierID = 1;
    pd.UnitPrice = 1000;
    pd.UnitsInStock = 10;
    pd.UnitsOnOrder = 0;
}
```

代码段 `fsmSerial.cs`

`XmlSerializer` 类的 `Serialize()` 方法实际上执行序列化, 它有 9 个重载版本。一个必需的参数是要写入数据的流, 它可以是 `Stream`、`TextWriter` 或 `XmlWriter` 参数。在本例中, 创建一个基于 `TextWriter` 的对象 `tr`。接着创建基于 `XmlSerializer` 类的对象 `sr`。 `XmlSerializer` 类需要知道正在序列化的对象的类型信息, 所以对要序列化的类型使用 `typeof` 关键字。在创建 `sr` 对象后, 调用 `Serialize()` 方法, 其参数是 `tr` (基于 `Stream` 的对象) 和要序列化的对象, 在本例中是 `pd`。确保完成后关闭该数据流。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
//new TextWriter and XmlSerializer
TextWriter tr = new StreamWriter("serialprod.xml");
XmlSerializer sr = new XmlSerializer(typeof(Product));
//serialize object
sr.Serialize(tr, pd);
tr.Close();
webBrowser1.Navigate(AppDomain.CurrentDomain.BaseDirectory + "serialprod.xml");
```

代码段 frmSerial.cs

下面介绍 **Products** 类，即要序列化的类。这个类与以前编写的任何其他类的唯一区别是给它添加了 **C#**特性。这些特性中的 **XmlAttribute** 类和 **XmlElementAttribute** 类继承自 **System.Attribute** 类。不要把这些特性与 XML 文档中的特性相混淆。**C#**属性仅是一些声明信息，在运行期间可以由 CLR 检索到(详见第 8 章)。在本例中，添加一些描述如何序列化对象的特性：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
//class that will be serialized.
//attributes determine how object is serialized
[System.Xml.Serialization.XmlRootAttribute()]
public class Product {
    private int prodId;
    private string prodName;
    private int suppId;
    private int catId;
    private string qtyPerUnit;
    private Decimal unitPrice;
    private short unitsInStock;
    private short unitsOnOrder;
    private short reorderLvl;
    private bool discount;
    private int disc;
    //added the Discount attribute
    [XmlAttributeAttribute(AttributeName="Discount")]
    public int Discount {
        get {return disc;}
        set {disc=value;}
    }
    [XmlElementAttribute()]
    public int ProductID {
        get {return prodId;}
        set {prodId=value;}
    }
    [XmlElementAttribute()]
    public string ProductName {
        get {return prodName;}
        set {prodName=value;}
    }
    [XmlElementAttribute()]
    public int SupplierID {
        get {return suppId;}
        set {suppId=value;}
    }
    [XmlElementAttribute()]
    public int CategoryID {
```

```

        get {return catId;}
        set {catId=value;}
    }
    [XmlElementAttribute()]
    public string QuantityPerUnit {
        get {return qtyPerUnit;}
        set {qtyPerUnit=value;}
    }
    [XmlElementAttribute()]
    public Decimal UnitPrice {
        get {return unitPrice;}
        set {unitPrice=value;}
    }
    [XmlElementAttribute()]
    public short UnitsInStock {
        get {return unitsInStock;}
        set {unitsInStock=value;}
    }
    [XmlElementAttribute()]
    public short UnitsOnOrder {
        get {return unitsOnOrder;}
        set {unitsOnOrder=value;}
    }
    [XmlElementAttribute()]
    public short ReorderLevel {
        get {return reorderLvl;}
        set {reorderLvl=value;}
    }
    [XmlElementAttribute()]
    public bool Discontinued {
        get {return discount;}
        set {discount=value;}
    }
    public override string ToString()
    {
        StringBuilder outText = new StringBuilder();
        outText.Append(prodId);
        outText.Append(" ");
        outText.Append(prodName);
        outText.Append(" ");
        outText.Append(unitPrice);
        return outText.ToString();
    }
}
}

```

---

代码段 frmSerial.cs

在 `Products` 类定义上面的特性中调用的 `XmlRootAttribute()` 方法把这个类标识为根元素(在 XML 文件中, 由于序列化生成)。包含 `XmlElementAttribute()` 方法的特性标识该特性下面的成员表示一个 XML 元素。

注意重写了 `ToString()` 方法, 它提供了运行反序列化示例时显示在消息框中的字符串。

查看一下刚才在序列化过程中创建的 XML 文档, 就会发现它与前面创建的其他 XML 文档非常类似。这就是本练习的目的。下面就是这个文档:

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<Products xmlns:xsi=http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance
  xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema"
  Discount="0">
  <ProductID>200</ProductID>
  <ProductName>Serialize Objects</ProductName>
  <SupplierID>1</SupplierID>
  <CategoryID>100</CategoryID>
  <QuantityPerUnit>6</QuantityPerUnit>
  <UnitPrice>1000</UnitPrice>
  <UnitsInStock>10</UnitsInStock>
  <UnitsOnOrder>0</UnitsOnOrder>
  <ReorderLevel>1</ReorderLevel>
  <Discontinued>false</Discontinued>
</Products>
```

这里没有任何不寻常的地方。可以以使用 XML 文档的任何方式来使用这个文档。可以对它进行转换,并以 HTML 格式显示它,使用 ADO.NET 将其加载到 DataSet 中,用它加载 XmlDocument,或者像在该示例中那样,对它进行反序列化,并创建一个对象,该对象的状态与序列化前 pd 的状态一样(这就是第二个按钮的作用)。

接着添加另一个按钮事件处理程序,以反序列化一个基于 Products 的新对象 newPd。这次使用 FileStream 对象读取 XML:

```
private void button2_Click(object sender, EventArgs e)
{
    //create a reference to product type
    Product newPd;
    //new filestream to open serialized object
    FileStream f = new FileStream("serialprod.xml", FileMode.Open);
```

同样,传递 Product 的类型信息,新建一个 XmlSerializer 类。然后就可以调用 Deserialize()方法。注意在创建 newPd 对象时,仍需要进行显式的类型强制转换。此时 newPd 与 pd 的状态完全一样:



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
//new serializer
XmlSerializer newSr = new XmlSerializer(typeof(Product));
//deserialize the object
newPd = (Product)newSr.Deserialize(f);
f.Close();
MessageBox.Show(newPd.ToString());
}
```

代码段 frmSerial.cs

消息框应显示产品 ID、产品名称和刚才反序列化的对象的单价。这是因为使用了在 Product 类中实现的 ToString()方法。

如果有派生的类和可能返回一个数组的属性,则也可以使用 XmlSerializer 类。下面介绍一个解决这些问题的复杂示例。

首先定义 3 个新类 Product、BookProduct (派生于 Product)和 Inventory (它包含其他两个类)。注意又重写了 ToString()方法,这次要列出 Inventory 类中的项:





可从  
wrox.com  
下载源代码

```
public class BookProduct: Product
{
    private string isbnNum;
    public BookProduct() {}
    public string ISBN
    {
        get {return isbnNum;}
        set {isbnNum=value;}
    }
}

public class Inventory
{
    private Product[] stuff;
    public Inventory() {}
    //need to have an attribute entry for each data type
    [XmlAttribute("Prod",typeof(Product)),
    XmlArrayItem("Book",typeof(BookProduct))]
    public Product[] InventoryItems
    {
        get {return stuff;}
        set {stuff=value;}
    }
    public override string ToString()
    {
        StringBuilder outText = new StringBuilder();
        foreach (Product prod in stuff)
        {
            outText.Append(prod.ProductName);
            outText.Append("\r\n");
        }
        return outText.ToString();
    }
}
```

代码段 frmSerial.cs

在此我们只对 `Inventory` 类感兴趣。如果序列化这个类，就需要插入一个特性，该特性为每个要添加到数组中的类型包含一个 `XmlAttribute` 构造函数。注意，`XmlAttribute` 是由 `XmlAttribute` 类表示的.NET 特性的名称。

这些构造函数的第一个参数是在序列化过程中创建的 XML 文档中的元素名。如果不使用 `ElementName` 参数，元素名就会与对象类型名相同(在本例中，就是 `Product` 和 `BookProduct`)。必须指定的第二个参数是对象的类型。

如果属性返回一个对象数组或基元类型的数组，则还要使用 `XmlAttribute` 类。因为要在数组中返回不同的类型，所以使用 `XmlAttribute` 类，它允许进行更高级别的控制。

在 `button4_Click()` 事件处理程序中，新建一个 `Product` 对象和一个 `BookProduct` 对象(`newProd` 和 `newBook`)。给每个对象的各种属性添加数据，再把这些对象添加到一个 `Product` 数组中。接下来新建一个 `Inventory` 对象，并把这个数组作为参数，然后序列化 `Inventory` 对象，以便在以后重新创建它：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
private void button4_Click(object sender, EventArgs e)
{
    //create the XmlAttributes object
    XmlAttributes attrs = new XmlAttributes();
    //add the types of the objects that will be serialized
    attrs.XmlElements.Add(new XmlElementAttribute("Book", typeof(BookProduct)));
    attrs.XmlElements.Add(new XmlElementAttribute("Product", typeof(Product)));
    XmlAttributeOverrides attrOver = new XmlAttributeOverrides();
    //add to the attributes collection
    attrOver.Add(typeof(Inventory), "InventoryItems", attrs);
    //create the Product and Book objects
    Product newProd = new Product();
    BookProduct newBook = new BookProduct();
    newProd.ProductID = 100;
    newProd.ProductName = "Product Thing";
    newProd.SupplierID = 10;
    newBook.ProductID = 101;
    newBook.ProductName = "How to Use Your New Product Thing";
    newBook.SupplierID = 10;
    newBook.ISBN = "123456789";
    Product[] addProd = { newProd, newBook };
    Inventory inv = new Inventory();
    inv.InventoryItems = addProd;
    StreamWriter tr = new StreamWriter("inventory.xml");
    XmlSerializer sr = new XmlSerializer(typeof(Inventory), attrOver);
    sr.Serialize(tr, inv);
    tr.Close();
    webBrowser1.Navigate(AppDomain.CurrentDomain.BaseDirectory + "inventory.xml");
}
}
```

代码段 frmSerial.cs

XML 文档如下所示:

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<Inventory xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
  xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema">
  <Product Discount="0">
    <ProductID>100</ProductID>
    <ProductName>Product Thing</ProductName>
    <SupplierID>10</SupplierID>
    <CategoryID>0</CategoryID>
    <UnitPrice>0</UnitPrice>
    <UnitsInStock>0</UnitsInStock>
    <UnitsOnOrder>0</UnitsOnOrder>
    <ReorderLevel>0</ReorderLevel>
    <Discontinued>false</Discontinued>
  </Product>
  <Book Discount="0">
    <ProductID>101</ProductID>
    <ProductName>How to Use Your New Product Thing</ProductName>
    <SupplierID>10</SupplierID>
    <CategoryID>0</CategoryID>
    <UnitPrice>0</UnitPrice>
    <UnitsInStock>0</UnitsInStock>
    <UnitsOnOrder>0</UnitsOnOrder>
  </Book>
</Inventory>
```

```

    <ReorderLevel>0</ReorderLevel>
    <Discontinued>>false</Discontinued>
    <ISBN>123456789</ISBN>
  </Book>
</Inventory>

```

`button2_Click()` 事件处理程序实现 `Inventory` 对象的反序列化。注意在新建的 `newInv` 对象中，我们迭代了数组，以说明其数据保持不变：

```

private void button2_Click(object sender, System.EventArgs e)
{
    Inventory newInv;
    FileStream f=new FileStream("order.xml",FileMode.Open);
    XmlSerializer newSr=new XmlSerializer(typeof(Inventory));
    newInv=(Inventory)newSr.Deserialize(f);
    foreach(Product prod in newInv.InventoryItems)
        listBox1.Items.Add(prod.ProductName);
    f.Close();
}

```

### 不能访问源代码的序列化

这些代码都很好地发挥了作用，但如果不能访问已经序列化的类型的源代码，该怎么办？如果没有源代码，就不能添加属性。此时可以采用另一种方式。可以使用 `XmlAttribute` 类和 `XmlAttributeOverrides` 类，这两个类可以完成刚才的任务，但不需要添加属性。下面的代码说明了这两个类的工作方式。

对于这个示例，假定 `Inventory`、`Product` 和派生的 `BookProduct` 类在一个单独的 DLL 中，而且没有源代码。`Product` 和 `BookProduct` 类与前面的示例相同，但应注意 `Inventory` 类中没有添加属性：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

public class Inventory
{
    private Product[] stuff;
    public Inventory() {}
    public Product[] InventoryItems
    {
        get {return stuff;}
        set {stuff=value;}
    }
}

```

代码段 frmSerial.cs

下面处理 `button1_Click()` 事件处理程序中的序列化：

```

private void button1_Click(object sender, System.EventArgs e)
{

```

序列化过程的第一步是创建一个 `XmlAttribute` 对象，为每个要重写的数据类型创建一个 `XmlElementAttribute` 对象：

```

XmlAttribute attrs=new XmlAttributes();
attrs.XmlElements.Add(new XmlElementAttribute("Book",typeof(BookProduct)));
attrs.XmlElements.Add(new XmlElementAttribute("Product",typeof(Product)));

```

从中可以看出,我们给 `XmlAttributes` 类的 `XmlElement` 集合添加了新的 `XmlElementAttribute` 对象。`XmlAttributes` 类的属性对应于可以应用的特性,前面示例中的 `XmlArray` 和 `XmlArrayItems` 仅是其中的几个属性而已。现在我们有 `XmlAttributes` 对象,并在 `XmlElement` 集合中添加了两个基于 `XmlElementAttribute` 的对象。

接着创建 `XmlAttributeOverrides` 对象:

```
XmlAttributeOverrides attrOver=new XmlAttributeOverrides();
attrOver.Add(typeof(Inventory),"InventoryItems",attrs);
```

这个类的 `Add()` 方法有两个重载版本。第一个重载版本的参数是要重写的对象的类型信息和前面创建的 `XmlAttributes` 对象,本例使用第二个重载版本,其参数也是一个字符串值,该字符串值是重写对象的成员。在本例中,要重写 `Inventory` 类中的 `InventoryItems` 成员。

创建 `XmlSerializer` 对象时,把 `XmlAttributeOverrides` 对象添加为参数。现在 `XmlSerializer` 类知道我们要重写的类和需要为这些类型返回的内容。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
//create the Product and Book objects
Product newProd=new Product();
BookProduct newBook=new BookProduct();
newProd.ProductID=100;
newProd.ProductName="Product Thing";
newProd.SupplierID=10;
newBook.ProductID=101;
newBook.ProductName="How to Use Your New Product Thing";
newBook.SupplierID=10;
newBook.ISBN="123456789";
Product[] addProd={newProd,newBook};

Inventory inv=new Inventory();
inv.InventoryItems=addProd;
TextWriter tr=new StreamWriter("inventory.xml");
XmlSerializer sr=new XmlSerializer(typeof(Inventory),attrOver);
sr.Serialize(tr,inv);
tr.Close();
}
```

代码段 frmSerial.cs

如果执行 `Serialize()` 方法,就会得到如下 XML 输出:

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<Inventory xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
  xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema">
  <Product Discount="0">
    <ProductID>100</ProductID>
    <ProductName>Product Thing</ProductName>
    <SupplierID>10</SupplierID>
    <CategoryID>0</CategoryID>
    <UnitPrice>0</UnitPrice>
    <UnitsInStock>0</UnitsInStock>
    <UnitsOnOrder>0</UnitsOnOrder>
    <ReorderLevel>0</ReorderLevel>
    <Discontinued>>false</Discontinued>
  </Product>
```

```

<Book Discount="0">
  <ProductID>101</ProductID>
  <ProductName>How to Use Your New Product Thing</ProductName>
  <SupplierID>10</SupplierID>
  <CategoryID>0</CategoryID>
  <UnitPrice>0</UnitPrice>
  <UnitsInStock>0</UnitsInStock>
  <UnitsOnOrder>0</UnitsOnOrder>
  <ReorderLevel>0</ReorderLevel>
  <Discontinued>false</Discontinued>
  <ISBN>123456789</ISBN>
</Book>
</Inventory>

```

可以看出，得到的 XML 与前面的示例完全相同。为了反序列化对象，重新创建基于 `Inventory` 的对象，需要创建在序列化对象时创建所有相同的 `XmlAttribute`、`XmlElementAttribute` 和 `XmlAttributeOverrides` 对象。之后就可以读取 XML，像以前那样重新创建 `Inventory` 对象。下面的代码反序列化 `Inventory` 对象：

```

private void button2_Click(object sender, System.EventArgs e)
{
    //create the new XmlAttributes collection
    XmlAttributes attrs=new XmlAttributes();
    //add the type information to the elements collection
    attrs.XmlElements.Add(new XmlElementAttribute("Book",typeof(BookProduct)));
    attrs.XmlElements.Add(new XmlElementAttribute("Product",typeof(Product)));

    XmlAttributeOverrides attrOver=new XmlAttributeOverrides();
    //add to the Attributes collection
    attrOver.Add(typeof(Inventory),"InventoryItems",attrs);

    //need a new Inventory object to deserialize to
    Inventory newInv;

    //deserialize and load data into the listbox from deserialized object
    FileStream f=new FileStream(".\\..\\..\\inventory.xml",FileMode.Open);
    XmlSerializer newSr=new XmlSerializer(typeof(Inventory),attrOver);

    newInv=(Inventory)newSr.Deserialize(f);
    if(newInv!=null)
    {
        foreach(Product prod in newInv.InventoryItems)
        {
            listBox1.Items.Add(prod.ProductName);
        }
    }
    f.Close();
}

```

注意，前几行代码与序列化对象所用的代码相同。

`System.Xml.XmlSerialize` 名称空间提供了一个功能非常强大的工具集，可以把对象序列化到 XML 中。把对象序列化和反序列化到 XML 中替代了把对象保存为二进制格式，因此可以通过 XML 对对象进行其他处理。这将大大增强设计的灵活性。

## 33.9 LINQ to XML 和.NET

把 LINQ 引入 .NET Framework 中时, 其重点是便于访问要在应用程序中使用的数据。由于在应用程序存储空间中, 一个主要的数据存储器是 XML, 因此很自然地演变为创建 LINQ to XML。

在 LINQ to XML 发布之前, 通过 System.Xml 使用 XML 并不是很容易实现。引入 System.Xml.Linq 名称空间后, 就可以利用一系列功能在代码中方便地处理 XML。

在应用程序代码中创建 XML 时, 许多开发人员以前都使用 XmlDocument 对象。这个对象可以创建 XML 文档, 以层次结构的方式追加元素、特性和其他项。通过 LINQ to XML 和引入的 System.Xml.Linq 名称空间, 会发现有一些新对象使 XML 文档的创建更加简单。

## 33.10 使用不同的 XML 对象

除了 .NET 4 包含的 LINQ 查询功能之外, .NET Framework 提供的 XML 对象也非常好, 它们甚至可以独立于 LINQ。在该版本中可以使用 XML 对象取代 DOM 的直接处理。在 System.Xml.Linq 名称空间中, 有一系列 LINQ to XML 帮助对象, 简化了内存中的 XML 文档的处理。

下面几节介绍这个名称空间中可用的新对象。



本章的许多示例都使用了 Hamlet.xml 文件。这个 XML 文件在 <http://metalab.unc.edu/bosak/xml/eg/shaks200.zip> 上, 以 XML 文件格式包含莎士比亚的所有戏剧。

### 33.10.1 XDocument 对象

Xdocument 对象替代了 .NET 3.5 之前的 XmlDocument 对象, 它更容易处理 XML 文档。XDocument 对象还和这个名称空间中的其他新对象一起使用, 如 XNamespace、XComment、XElement 和 XAttribute 对象。

XDocument 对象的一个更重要的成员是 Load() 方法:

```
XDocument xdoc = XDocument.Load(@"C:\Hamlet.xml");
```

这个操作会把 Hamlet.xml 文件的内容加载为内存中的一个 XDocument 对象。还可以给 Load() 方法传递一个 TextReader 或 XmlReader 对象。现在就可以以编程方式处理 XML 了:



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
XDocument xdoc = XDocument.Load(@"C:\Hamlet.xml");
Console.WriteLine(xdoc.Root.Name.ToString());
Console.WriteLine(xdoc.Root.HasAttributes.ToString());
```

代码下载 ConsoleApplication1.sln

输出的结果如下:

```
PLAY
False
```

另一个重要的成员是 `Save()` 方法，它类似于 `Load()` 方法，可以保存到一个物理磁盘位置，或一个 `TextWriter` 或 `XmlWriter` 对象中：

```
XDocument xdoc = XDocument.Load(@"C:\Hamlet.xml");
xdoc.Save(@"C:\CopyOfHamlet.xml");
```

### 33.10.2 XElement 对象

一个常用的对象是 `XElement`。使用这个对象可以轻松创建包含单个元素的对象，该对象可以是 XML 文档本身，甚至可以只是 XML 片段。例如，下面的例子写入一个 XML 元素及其相应的值：

```
XElement xe = new XElement("Company", "Lipper");
Console.WriteLine(xe.ToString());
```

在创建 `XElement` 对象时，可以定义该元素的名称和元素中使用的值。在这个例子中，元素的名称是 `<Company>`，`<Company>` 元素的值是 `Lipper`。在引用 `System.Xml.Linq` 名称空间的控制台应用程序中运行它，得到的结果如下：

```
<Company>Lipper</Company>
```

还可以使用多个 `XElement` 对象创建比较完整的 XML 文档，如下例所示：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
using System;
using System.Linq;
using System.Xml.Linq;

namespace ConsoleApplication1
{
    class Class1
    {
        static void Main()
        {
            XElement xe = new XElement("Company",
                new XElement("CompanyName", "Lipper"),
                new XElement("CompanyAddress",
                    new XElement("Address", "123 Main Street"),
                    new XElement("City", "St. Louis"),
                    new XElement("State", "MO"),
                    new XElement("Country", "USA")));

            Console.WriteLine(xe.ToString());

            Console.ReadLine();
        }
    }
}
```

代码下载 [ConsoleApplication1.sln](#)

运行这个应用程序，得到的结果如图 33-7 所示。

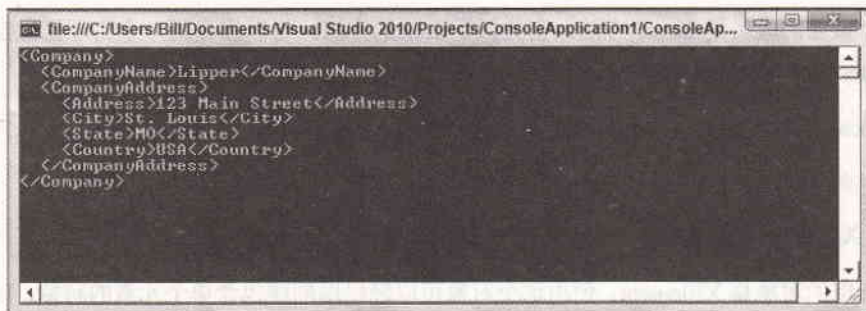


图 33-7

### 33.10.3 XNamespace 对象

XNamespace 对象表示 XML 名称空间，很容易应用于文档中的元素。例如，在前面的例子中，很容易给根元素应用一个名称空间：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

using System;
using System.Linq;
using System.Xml.Linq;

namespace ConsoleApplication1
{
    class Class1
    {
        static void Main()
        {
            XNamespace ns = "http://www.lipperweb.com/ns/1";

            XElement xe = new XElement(ns + "Company",
                new XElement("CompanyName", "Lipper"),
                new XElement("CompanyAddress",
                    new XElement("Address", "123 Main Street"),
                    new XElement("City", "St. Louis"),
                    new XElement("State", "MO"),
                    new XElement("Country", "USA")));

            Console.WriteLine(xe.ToString());

            Console.ReadLine();
        }
    }
}

```

代码下载 ConsoleApplication1.sln

在这个例子中，创建了一个 XNamespace 对象，具体方法是给它赋予 `http://www.lipperweb.com/ns/1` 的值。之后，就可以在根元素 `<company>` 中通过实例化 XElement 对象来使用它。

```
XElement xe = new XElement(ns + "Company", // .
```

这会生成如图 33-8 所示的结果。



```

file:///C:/Users/Bill/Documents/Visual Studio 2010/Projects/ConsoleApplication1/ConsoleAp...
<Company xmlns="http://www.lipperweb.com/ns/1">
  <CompanyName xmlns="">Lipper</CompanyName>
  <CompanyAddress xmlns="">
    <Address>123 Main Street</Address>
    <City>St. Louis</City>
    <State>MO</State>
    <Country>USA</Country>
  </CompanyAddress>
</Company>

```

图 33-8

除了仅处理根元素之外，还可以把名称空间应用于所有元素，如下例所示：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

using System;
using System.Linq;
using System.Xml.Linq;

namespace ConsoleApplication1
{
    class Class1
    {
        static void Main()
        {
            XNamespace ns1 = "http://www.lipperweb.com/ns/root";
            XNamespace ns2 = "http://www.lipperweb.com/ns/sub";

            XElement xe = new XElement(ns1 + "Company",
                new XElement(ns2 + "CompanyName", "Lipper"),
                new XElement(ns2 + "CompanyAddress",
                    new XElement(ns2 + "Address", "123 Main Street"),
                    new XElement(ns2 + "City", "St. Louis"),
                    new XElement(ns2 + "State", "MO"),
                    new XElement(ns2 + "Country", "USA")));

            Console.WriteLine(xe.ToString());

            Console.ReadLine();
        }
    }
}

```

代码下载 ConsoleApplication1.sln

这会生成如图 33-9 所示的结果。

```

file:///C:/Users/Bill/Documents/Visual Studio 2010/Projects/ConsoleApplication1/ConsoleAp...
<Company xmlns="http://www.lipperweb.com/ns/root">
  <CompanyName xmlns="http://www.lipperweb.com/ns/sub">Lipper</CompanyName>
  <CompanyAddress xmlns="http://www.lipperweb.com/ns/sub">
    <Address>123 Main Street</Address>
    <City>St. Louis</City>
    <State>MO</State>
    <Country>USA</Country>
  </CompanyAddress>
</Company>

```

图 33-9

在这个例子中，子名称空间应用于指定的所有对象，但<Address>、<City>、<State>和<Country>元素除外，因为它们继承自其父对象<CompanyAddress>，而<CompanyAddress>有名称空间声明。

## 33.10.4 XComment 对象

XComment 对象可以轻松地吧 XML 注释添加到 XML 文档中。下面的例子说明了如何把一条注释添加到文档的开头:



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
using System;
using System.Linq;
using System.Xml.Linq;

namespace ConsoleApplication1
{
    class Class1
    {
        static void Main(string[] args)
        {
            XDocument xdoc = new XDocument();

            XComment xc = new XComment("Here is a comment.");

            xdoc.Add(xc);

            XElement xe = new XElement("Company",
                new XElement("CompanyName", "Lipper"),
                new XElement("CompanyAddress",
                    new XComment("Here is another comment."),
                    new XElement("Address", "123 Main Street"),
                    new XElement("City", "St. Louis"),
                    new XElement("State", "MO"),
                    new XElement("Country", "USA")));
            xdoc.Add(xe);

            Console.WriteLine(xdoc.ToString());

            Console.ReadLine();
        }
    }
}
```

代码下载 [ConsoleApplication1.sln](#)

这个例子把包含两条 XML 注释的 XDocument 对象写到控制台中, 其中一条注释写到文档的开头, 另一条注释写到 <CompanyAddress> 元素内部, 其结果如图 33-10 所示。

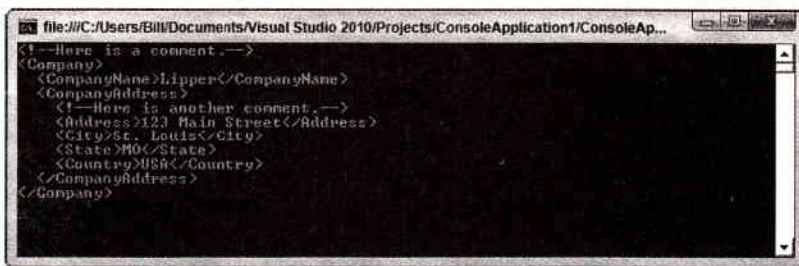


图 33-10

## 33.10.5 XAttribute 对象

除了元素之外, XML 的另一个要素是特性。通过 XAttribute 对象添加和使用特性。下面的例子

说明了给根节点<Customers>添加一个特性的过程:

```
using System;
using System.Linq;
using System.Xml.Linq;

namespace ConsoleApplication1
{
    class Class1
    {
        static void Main()
        {
            XElement xe = new XElement("Company",
                new XAttribute("MyAttribute", "MyAttributeValue"),
                new XElement("CompanyName", "Lipper"),
                new XElement("CompanyAddress",
                    new XElement("Address", "123 Main Street"),
                    new XElement("City", "St. Louis"),
                    new XElement("State", "MO"),
                    new XElement("Country", "USA")));

            Console.WriteLine(xe.ToString());

            Console.ReadLine();
        }
    }
}
```

这里把 MyAttribute 特性及 MyAttributeValue 的值添加到 XML 文档的根元素中,结果如图 33-11 所示。

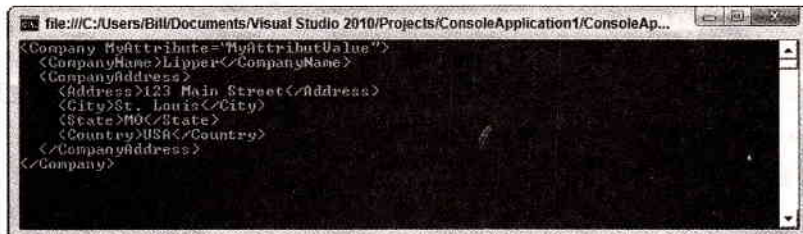


图 33-11

## 33.11 使用 LINQ 查询 XML 文档

现在可以把 XML 文档放在 XDocument 对象中,操作这个文档的各个部分。还可以使用 LINQ to XML 查询 XML 文档,操作其结果。

### 33.11.1 查询静态的 XML 文档

使用 LINQ to XML 查询静态的 XML 文档几乎不需要做任何工作。下面的例子就使用 hamlet.xml 文件和查询获得戏剧中的所有演员。每位演员都在 XML 文档中用<PERSONA>元素定义:



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
using System;
using System.Linq;
using System.Xml.Linq;

namespace ConsoleApplication1
{
    class Class1
    {
        static void Main(string[] args)
        {
            XDocument xdoc = XDocument.Load(@"C:\hamlet.xml");

            var query = from people in xdoc.Descendants("PERSONA")
                        select people.Value;
            Console.WriteLine("{0} Players Found", query.Count());
            Console.WriteLine();

            foreach (var item in query)
            {
                Console.WriteLine(item);
            }

            Console.ReadLine();
        }
    }
}
```

代码下载 ConsoleApplication1.sln

在这个例子中，XDocument 对象加载了一个物理 XML 文件 hamlet.xml，对文档的内容执行一个 LINQ 查询：

```
var query = from people in xdoc.Descendants("PERSONA")
            select people.Value;
```

people 对象表示在文档中找到的所有<PERSONA>元素。接着 select 语句获取这些元素的值。之后，使用 Console.WriteLine()方法输出通过 query.Count()方法找到的所有演员的总数。再在 foreach 循环中把每一项写到屏幕上。结果如下所示：

```
26 Players Found

CLAUDIUS, king of Denmark.
HAMLET, son to the late king, and nephew to the present king.
POLONIUS, lord chamberlain.
HORATIO, friend to Hamlet.
LAERTES, son to Polonius.
LUCIANUS, nephew to the king.
VOLTIMAND
CORNELIUS
ROSENCRANTZ
GUILDENSTERN
OSRIC
A Gentleman
A Priest.
MARCELLUS
BERNARDO
FRANCISCO, a soldier.
```

REYNALDO, servant to Polonius.  
 Players.  
 Two Clowns, grave-diggers.  
 FORTINBRAS, prince of Norway.  
 A Captain.  
 English Ambassadors.  
 GERTRUDE, queen of Denmark, and mother to Hamlet.  
 OPHELIA, daughter to Polonius.  
 Lords, Ladies, Officers, Soldiers, Sailors, Messengers, and other Attendants.  
 Ghost of Hamlet's Father.

### 33.11.2 查询动态的 XML 文档

目前, Internet 上有许多动态的 XML 文档。给指定的 URL 端点发送一个请求, 就会找到博客种子、播客种子等许多提供 XML 文档的内容。这些种子可以在浏览器上查看, 或者通过 RSS 聚合器查看, 或用作纯粹的 XML。下面的示例说明了如何直接从代码中使用 RSS 种子:



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
using System;
using System.Linq;
using System.Xml.Linq;

namespace ConsoleApplication1
{
    class Class1
    {
        static void Main()
        {
            XDocument xdoc =
                XDocument.Load(@"http://geekswithblogs.net/evjen/Rss.aspx");

            var query = from rssFeed in xdoc.Descendants("channel")
                        select new
                        {
                            Title = rssFeed.Element("title").Value,
                            Description = rssFeed.Element("description").Value,
                            Link = rssFeed.Element("link").Value,
                        };

            foreach (var item in query)
            {
                Console.WriteLine("TITLE: " + item.Title);
                Console.WriteLine("DESCRIPTION: " + item.Description);
                Console.WriteLine("LINK: " + item.Link);
            }

            Console.WriteLine();

            var queryPosts = from myPosts in xdoc.Descendants("item")
                            select new
                            {
                                Title = myPosts.Element("title").Value,
                                Published =
                                    DateTime.Parse(
                                        myPosts.Element("pubDate").Value),
                                Description =
                                    myPosts.Element("description").Value,
                            };
        }
    }
}
```

```
        Url = myPosts.Element("link").Value,
        Comments = myPosts.Element("comments").Value
    };
    foreach (var item in queryPosts)
    {
        Console.WriteLine(item.Title);
    }

    Console.ReadLine();
}
```

代码下载 [ConsoleApplication1.sln](#)

在这段代码中，XDocument 对象的 Load()方法指向一个 URL，从该 URL 中检索 XML 文档。第一个查询提取种子中<channel>元素的所有主要子元素，新建 Title、Description 和 Link 对象，以获取这些子元素的值。

之后，运行一条 foreach 语句，迭代该查询找到的所有项，结果如下：

```
TITLE: Bill Evjen's Blog
DESCRIPTION: Code, Life and Community
LINK: http://geekswithblogs.net/evjen/Default.aspx
```

第二个查询遍历它找到的所有<item>元素和不同子元素(这些都是在博客中找到的博客项)。尽管找到的许多项都出现在属性中，但在 foreach 循环中只使用了 Title 属性。这个查询的部分结果如下所示：

```
AJAX Control Toolkit Controls Grayed Out-HOW TO FIX
Welcome .NET 4.0!
Visual Studio
IIS 7.0 Rocks the House!
Word Issue-Couldn't Select Text
Microsoft Releases XML Schema Designer CTP1
Silverlight Book
Microsoft Tafiti as a beta
ReSharper on Visual Studio
Windows Vista Updates for Performance and Reliability Issues
First Review of Professional XML
Go to MIX07 for free!
Microsoft Surface and the Future of Home Computing?
Alas my friends-I'm *not* TechEd bound
```

## 33.12 XML 文档的更多查询技术

如果正在处理 XML 文档 hamlet.xml，就会注意到该文件相当大。在本章中，查询 XML 文档有两种方式，但下一节介绍 XML 文档的读写操作。

### 33.12.1 读取 XML 文档

可以发现使用 LINQ 查询语句查询 XML 文档多么简单，如下所示：

```
var query = from people in xdoc.Descendants("PERSONA")
            select people.Value;
```

这个查询返回在文档中找到的所有演员。使用 `XDocument` 对象的 `Element()` 方法，还可以获取 XML 文档中的特定值。例如，下面的 XML 片段说明了如何在 `hamlet.xml` 文档中表示标题：

```
<?xml version="1.0"?>
<PLAY>
  <TITLE> The Tragedy of Hamlet, Prince of Denmark</TITLE>
  <!--XML removed for clarity-->
</PLAY>
```

可以看出，`<TITLE>` 元素是 `<PLAY>` 元素的一个嵌套元素。在控制台应用程序中使用下面的代码可以轻松地获得标题：

```
XDocument xdoc = XDocument.Load(@"C:\hamlet.xml");
Console.WriteLine(xdoc.Element("PLAY").Element("TITLE").Value);
```

这段代码把标题 `The Tragedy of Hamlet, Prince of Denmark` 输出到控制台屏幕上。在代码中，可以使用两个 `Element()` 方法调用进入 XML 文档的层次结构，第一个 `Element()` 方法调用 `<PLAY>` 元素，然后第二个 `Element()` 方法调用嵌套在 `<PLAY>` 元素中的 `<TITLE>` 元素。

仔细查看 `hamlet.xml` 文档，会发现它使用 `<PERSONAE>` 元素定义了一个很大的演员列表：

```
<?xml version="1.0"?>
<PLAY>
<TITLE>The Tragedy of Hamlet, Prince of Denmark</TITLE>
<!--XML removed for clarity-->
<PERSONAE>
  <TITLE>Dramatis Personae</TITLE>
  <PERSONA>CLAUDIUS, king of Denmark.</PERSONA>
  <PERSONA>HAMLET, son to the late king,
    and nephew to the present king.</PERSONA>
  <PERSONA>POLONIUS, lord chamberlain.</PERSONA>
  <PERSONA>HORATIO, friend to Hamlet.</PERSONA>
  <PERSONA>LAERTES, son to Polonius.</PERSONA>
  <PERSONA>LUCIANUS, nephew to the king.</PERSONA>
  <!--XML removed for clarity-->
</PERSONAE>
</PLAY>
```

现在看看下面这个 C# 查询：

```
XDocument xdoc = XDocument.Load(@"C:\hamlet.xml");
Console.WriteLine(
  xdoc.Element("PLAY").Element("PERSONAE").Element("PERSONA").Value);
```

这段代码首先访问<PLAY>元素，再访问<PERSONA>元素，最后使用<PERSONA>元素。但是，其结果如下：

```
CLAUDIUS, king of Denmark
```

原因是尽管有一个<PERSONA>元素集合，但我们只处理使用 Element().Value 调用遇到的第一个<PERSONA>元素。

### 33.12.2 写入 XML 文档

除了读取 XML 文档之外，还可以同样轻松地写入该文档。例如，如果要改变《哈姆雷特》剧本的第一个演员的名称，就可以使用下面的代码：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
using System;
using System.Linq;
using System.Xml.Linq;

namespace ConsoleApplication1
{
    class Class1
    {
        static void Main()
        {
            XDocument xdoc = XDocument.Load(@"C:\hamlet.xml");

            xdoc.Element("PLAY").Element("PERSONAE").
                Element("PERSONA").SetValue("Bill Evjen, king of Denmark");

            Console.WriteLine(xdoc.Element("PLAY").
                Element("PERSONAE").Element("PERSONA").Value);

            Console.ReadLine();
        }
    }
}
```

代码下载 [ConsoleApplication1.sln](#)

在这个例子中，使用 Element()对象的 SetValue()方法把<PERSONA>元素的第一个实例重写为 Bill Evjen, king of Denmark。调用 SetValue()方法并将该值应用于 XML 文档后，就使用与前面相同的方法检索该值。运行这段代码，会发现第一个<PERSONA>元素的值改变了。

修改文档的另一种方式(在这个例子中是给文档添加项)是把需要的元素创建为 XElement 对象，再把它们添加到文档中：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
using System;
using System.Linq;
using System.Xml.Linq;

namespace ConsoleApplication1
{
    class Class1
    {
        static void Main()
        {
```



```

XDocument xdoc = XDocument.Load(@"C:\hamlet.xml");

XElement xe = new XElement("PERSONA",
    "Bill Evjen, king of Denmark");

xdoc.Element("PLAY").Element("PERSONAE").Add(xe);

var query = from people in xdoc.Descendants("PERSONA")
            select people.Value;

Console.WriteLine("{0} Players Found", query.Count());
Console.WriteLine();

foreach (var item in query)
{
    Console.WriteLine(item);
}

Console.ReadLine();

```

代码下载 [ConsoleApplication1.sln](#)

在这个例子中，创建了一个 XElement 文档 xe。xe 的构造会提供如下 XML 结果：

```
<PERSONA>Bill Evjen, king of Denmark</PERSONA>
```

接着使用 XDocument 对象的 Element().Add() 方法，可以添加所创建的元素：

```
xdoc.Element("PLAY").Element("PERSONAE").Add(xe);
```

现在查询所有演员时，会找到 27 个演员，而不是 26 个，新加的一个演员在列表的底部。除了 Add() 方法之外，还可以使用 AddFirst() 方法，顾名思义，它会把元素添加到列表的开头，而不是默认的末尾。

### 33.13 小结

本章探讨了 .NET Framework 的 System.Xml 名称空间中的许多内容，其中包括如何使用基于 XMLReader 和 XmlWriter 的类快速读写 XML 文档，如何在 .NET 中实现 DOM，如何使用 DOM 的强大功能。XML 和 ADO.NET 实际上有非常密切的关系。DataSet 和 XML 文档仅是相同底层体系结构的两个不同视图而已。另外，我们还介绍了 XPath 和 XSL 转换，以及添加到 VS 中的调试功能。

最后，可以把对象序列化到 XML 中，还可以通过两个方法调用对其进行反序列化。

XML 是以后几年中应用程序开发的一个重要部分。.NET Framework 提供了操作 XML 的丰富而强大的工具集。

本章介绍了如何使用 LINQ to XML 和读写 XML 文件及 XML 源(无论是静态还是动态的)的一些选项。

使用 LINQ to XML 可以通过一系列强类型化的操作对 XML 文件及 XML 源执行 CRUD 操作。

也可以联合使用 XmlReader、XmlWriter 和 LINQ to XML 功能编写代码。

本章还介绍了新的 LINQ to XML 帮助对象 XDocument、XElement、XNamespace、XAttribute 和 XComment。这些都是使 XML 操作比以前更方便的重要新对象。

```
using System;
using System.Xml.Linq;

class Program
{
    static void Main()
    {
        // Create a new XDocument
        XDocument doc = new XDocument(
            new XElement("Root",
                new XElement("Child1", "Value1"),
                new XElement("Child2", "Value2")
            )
        );

        // Save the document to a file
        doc.Save("example.xml");
    }
}
```

本章介绍了.NET Framework 的 System.Xml.Linq 名称空间中的内容。其中包含如何使用 XmlReader 和 XmlWriter 的类快速读写 XML 文档。如何在 .NET 中使用 DOM 如何创建 DOM 的副本。XML 和 ADONET 类库上查看数据库的关系。DataSet 和 XML 文档以相同的方式。部分两个不同数据库。另外，我们介绍了 XPath 和 XSL 转换，以及如何在 VS 中的集成功能。最后，可以对象操作此 XML 中。还可以通过两个类帮助对象进行操作。XML 类库中几个类帮助对象及的一个重要部分。NET Framework 提供了操作 XML 的丰富。类库了的大部分内容。

### 33.13 小结

本章介绍了.NET Framework 的 System.Xml.Linq 名称空间中的内容。其中包含如何使用 XmlReader 和 XmlWriter 的类快速读写 XML 文档。如何在 .NET 中使用 DOM 如何创建 DOM 的副本。XML 和 ADONET 类库上查看数据库的关系。DataSet 和 XML 文档以相同的方式。部分两个不同数据库。另外，我们介绍了 XPath 和 XSL 转换，以及如何在 VS 中的集成功能。最后，可以对象操作此 XML 中。还可以通过两个类帮助对象进行操作。XML 类库中几个类帮助对象及的一个重要部分。NET Framework 提供了操作 XML 的丰富。类库了的大部分内容。

# 第 34 章

## .NET 编程和 SQL Server

本章内容:

- 用 SQL Server 驻留 .NET 运行库
- System.Data.SqlServer 名称空间中的类
- 创建用户定义的类型和聚合函数
- 存储过程
- 用户定义的函数
- 触发器
- 使用 XML 数据类型

SQL Server 2005 是这个数据库产品驻留 .NET 运行库的第一个版本。实际上，它是 Microsoft 的 SQL Server 产品在近 6 年中的第一个新版本，它允许在 SQL Server 进程中运行 .NET 程序集。而且，SQL Server 2005 允许用 .NET 编程语言，如 C# 和 Visual Basic，创建存储过程、函数和数据类型。



本章需要能驻留 CLR 的 SQL Server 版本，SQL Server 2005 或更高版本就满足这个要求。SQL Server 2005 和 2008 需要 .NET 3.5。所以对于本章的服务器端项目，CLR 版本必须设置为 3.5。

本章的示例使用新建的 SqlServerSampleDB 数据库和 AdventureWorks 数据库，SqlServerSampleDB 数据库可以与代码示例一起下载。AdventureWorks 数据库是 Microsoft 的一个样本数据库，可以在安装 SQL Server 时作为组件选择安装它。

SQL Server 有许多新特性不能直接与 CLR 关联起来，如许多对 T-SQL 的改进，但本章没有介绍它们。要了解这些特性的更多信息，可参阅清华大学出版社引进并出版的《SQL Server 2008 高级程序设计》(ISBN: 978-7-302-22272-9)

### 34.1 .NET 运行库的宿主

SQL Server 是 .NET 运行库的一个宿主。在 CLR 2.0 以前的版本中，要运行 .NET 应用程序已经

有多个主机,如 Windows Forms 的宿主和 ASP.NET 的宿主。Internet Explorer 是另一个能运行 Windows 窗体控件的运行库宿主。

SQL Server 允许在 SQL Server 进程中运行 .NET 程序集,在该进程中,可以用 CLR 代码创建存储过程、函数、数据类型和触发器。

每个使用 CLR 代码的数据库都创建了它自己的应用程序域。这将保证一个数据库的 CLR 代码不影响其他数据库。

 应用程序域的内容详见第 18 章。

给 SQL Server 编程的一个重要因素是安全性。SQL Server 作为 .NET 运行库的宿主,定义了一些权限级别: safe、external 和 unsafe。

- **Safe**——在 safe 安全级上,只能使用计算的 CLR 类。程序集只能进行本地数据访问。这些类的功能类似于 T-SQL 存储过程。代码访问安全机制指定,只有具备 .NET 许可,才能执行 CLR 代码。
- **External**——在 external 安全级上,可以使用客户端的 ADO.NET 访问网络、文件系统、注册表或其他数据库。
- **Unsafe**——在 unsafe 安全级上,可以执行任何操作,因为这个安全级允许调用本地代码。有 unsafe 权限级别的程序集只能由数据库管理员安装。

在 SQL Server 2008 中,需要把目标架构设置为 2.0 版本,因为 SQL Server 2008 信任这个版本中的程序集。

为了可以在 SQL Server 中运行自定义 .NET 代码,必须用 sp\_configure 存储过程启用 CLR:

```
sp_configure [clr enabled], 1  
reconfigure
```

System.Security.Permissions 名称空间中的 HostProtectionAttribute 属性类适用于保护宿主环境。利用这个属性,可以指定方法是否使用共享状态、提供同步,或者控制宿主环境。因为这种操作在 SQL Server 代码中通常是不需要的(且会影响 SQL Server 的性能),所以应用了这些设置的程序集不允许加载到安全级是 safe 和 external 的 SQL Server 上。

为了通过 SQL Server 使用程序集,程序集可以使用 CREATE ASSEMBLY 命令安装。通过这条命令,可以在 SQL Server 中应用程序集的名称、程序集的路径和安全级别:

```
CREATE ASSEMBLY mylibrary FROM c:/ProCSharp/SqlServer/Demo.dll  
WITH PERMISSION SET = SAFE
```

在 Visual Studio 2010 中,所生成程序集的权限级别可以用项目属性的 Database 选项卡定义,如图 34-1 所示。

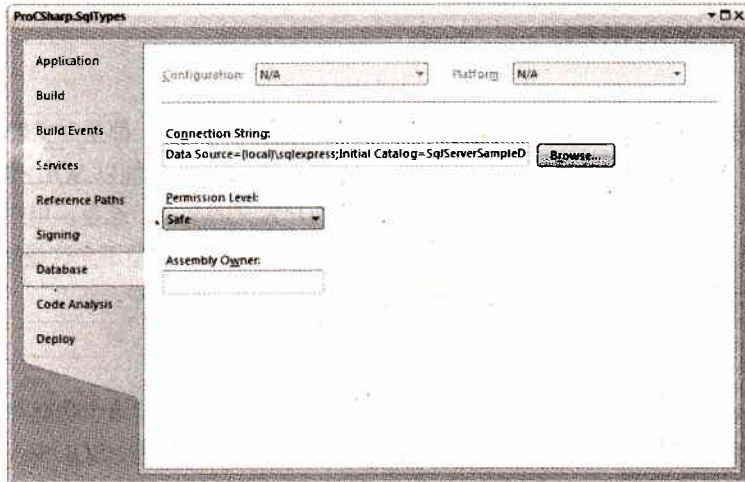


图 34-1

## 34.2 Microsoft.SqlServer.Server

第 30 章讨论了 `System.Data.SqlClient` 名称空间中的类。本节讨论另一个名称空间 `Microsoft.SqlServer.Server`。它包含专用于 .NET Framework 的类、接口和枚举。但是, `System.Data.SqlClient` 名称空间中的许多类也需要服务器端的代码。

表 34-1 列出了 `Microsoft.SqlServer.Server` 名称空间中的主要类及其功能。

表 34-1

类	说 明
<code>SqlContext</code>	与 HTTP 环境一样, SQL 环境也与客户端的请求相关联。使用 <code>SqlContext</code> 类的静态成员, 可以访问 <code>SqlPipe</code> 、 <code>SqlTriggerContext</code> 和 <code>WindowsIdentity</code>
<code>SqlPipe</code>	使用 <code>SqlPipe</code> 类, 可以把结果或信息发送给客户端。这个类提供了 <code>ExecuteAndSend()</code> 、 <code>Send()</code> 和 <code>SendResultsRow()</code> 方法。 <code>Send()</code> 方法有不同的重载版本, 分别发送 <code>SqlDataReader</code> 、 <code>SqlDataRecord</code> 和 <code>string</code>
<code>SqlDataRecord</code>	<code>SqlDataRecord</code> 表示一行数据。这个类和 <code>SqlPipe</code> 类一起使用, 收发来自客户端的信息
<code>SqlTriggerContext</code>	<code>SqlTriggerContext</code> 类在触发器中使用。这个类提供了已激活的触发器的相关信息

这个名称空间还包含几个特性类——`SqlProcedureAttribute`、`SqlFunctionAttribute`、`SqlUserDefinedAttribute` 和 `SqlTriggerAttribute`。这些类用于在 SQL Server 中部署存储过程、函数、用户定义的类型和触发器。从 Visual Studio 中部署时, 需要应用这些属性。在使用 SQL 语句部署数据库对象时, 不需要这些特性, 但它们也很有帮助, 因为这些特性的一些属性会影响数据库对象的特征。

本章后面编写存储过程和用户定义的函数时, 会介绍这些类。但下面先看看如何使用 C# 创建用户定义的类型。

## 34.3 用户定义的类型

用户定义的类型(UDT)的用法与一般的 SQL Server 数据类型类似, 都是定义表中一列的类型。通过 SQL Server 的旧版本, 已经可以定义 UDT。当然, 这些 UDT 只能以 SQL 类型为基础, 如下面代码中的 ZIP 类型。sp\_addtype 存储过程允许创建用户定义的类型。这里, 用户定义的类型 ZIP 以 CHAR 数据类型为基础, 其长度为 5。NOT NULL 指定 ZIP 数据类型不允许使用 NULL。把 ZIP 用作一个数据类型, 就不再需要记住, 它应有 5 个字符长, 且不能为空:

```
EXEC sp_addtype ZIP 'CHAR(5)', 'NOT NULL'
```

在 SQL Server 2005 和以后的版本中, UDT 可以用 CLR 类定义。但这个功能并不意味着在数据库中添加面向对象功能, 例如, 把 Person 类创建为包含 Person 数据类型。SQL Server 是一个关系数据库存储器, 这对 UDT 也正确。不能创建 UDT 的类层次结构, 也不能用 SELECT 语句引用 UDT 类型的字段或属性。如果必须访问某人的属性(如 Firstname 或 Lastname)或对一个 Person 对象列表排序(如按 Firstname 或 Lastname 排序), 那么最好在 Person 表中为姓或名分别定义列, 或使用 XML 数据类型。

UDT 是非常简单的数据类型。在推出 .NET 之前, 还可以创建自定义数据类型, 如 ZIP 数据类型。不能利用 UDT 创建类层次结构, 也不能把复杂的数据类型放在数据库中。UDT 的一个要求是, 它必须能转换为字符串, 因为字符串表示形式用于显示值。

可以定义数据在 SQL Server 中的存储方式: 或者使用自动机制以本地格式存储数据; 或者把数据转换为字节流以定义数据的存储方式。

### 34.3.1 创建 UDT

下面的示例创建一个 SqlCoordinate 类型, 它表示用于显示经度和纬度的世界坐标系, 以便于定义地点、城市等的位置。要使用 Visual Studio 创建 CLR 对象, 可以在 Database Project | SQL Server 类别中新建一个 Visual C# SQL CLR Database Project, 再使用 Solution Explorer 窗口中的 User-Defined Type 模板添加一个 UDT, 指定 UDT 的名称 SqlCoordinate。

在模板中, 已经定义了自定义类型的基本功能:

```
using System;
using System.Data;
using System.Data.SqlClient;
using System.Data.SqlTypes;
using Microsoft.SqlServer.Server;

[Serializable]
[Microsoft.SqlServer.Server.SqlUserDefinedType(Format.Native)]
public struct SqlCoordinate: INullable
{
    public override string ToString()
    {
        // Replace the following code with your code
        return "";
    }
}
```

```

public bool IsNull
{
    get
    {
        // Put your code here
        return m_Null;
    }
}

public static SqlCoordinate Null
{
    get
    {
        SqlCoordinate h = new SqlCoordinate();
        h.m_Null = true;
        return h;
    }
}

public static SqlCoordinate Parse(SqlString s)
{
    if (s.IsNull)
        return Null;
    SqlCoordinate u = new SqlCoordinate();
    // Put your code here
    return u;
}

// This is a place-holder method
public string Method1()
{
    //Insert method code here
    return "Hello";
}

// This is a place-holder static method
public static SqlString Method2()
{
    // Insert method code here
    return new SqlString("Hello");
}

// This is a placeholder field member
public int var1;
// Private member
private bool m_Null;
}

```

因为这个类型也可以直接从客户端代码中使用，所以最好添加一个名称空间，它不是自动实现的。

`SqlCoordinate` 结构实现 `INullable` 接口。`INullable` 接口是 UDT 必须实现的，因为数据库类型也可以为空。`[SqlUserDefinedType]` 属性由 Visual Studio 用于对 UDT 自动部署。`Format.Native` 参数指定要使用的序列化格式。可以使用两种序列化格式：`Format.Native` 和 `Format.UserDefined`。`Format.Native` 是简单的序列化格式，其中引擎会对实例进行序列化和反序列化。这种序列化只对值类型有效(预定

义的值类型和值类型的结构)。引用类型(包括 `string` 类型)需要 `UserDefined` 序列化格式。对于 `SqlCoordinate` 结构,要序列化的数据类型是 `int` 和 `bool`, 它们都是值类型。

使用 `Format.UserDefined` 格式需要实现 `IBinarySerialize` 接口。该接口提供了用户定义的类型自定义实现方式。在这个接口中,必须实现 `Read()`和 `write()`方法,才能把数据序列化到 `BinaryReader` 和 `BinaryWriter` 中。



```
namespace Wrox.ProCSharp.SqlServer
{
    [Serializable]
    [SqlUserDefinedType (Format.Native)]
    public struct SqlCoordinate: INullable
    {
        private int longitude;
        private int latitude;
        private bool isNull;
    }
}
```

代码段 `SqlTypes/SqlCoordinate.cs`

`SqlUserDefinedType` 特性允许设置几个属性, 如表 34-2 所示。

表 34-2

SqlUserDefinedType 特性的属性	说 明
Format	Format 属性指定数据类型在 SQL Server 中的存储方式, 目前支持的格式有 <code>Format.Native</code> 和 <code>Format.UserDefined</code>
IsByteOrdered	如果把 <code>IsByteOrdered</code> 属性设置为 <code>true</code> , 就可以创建数据类型的索引, 它可以由 SQL 语句 <code>GROUP BY</code> 和 <code>ORDER BY</code> 使用。磁盘的表示可以用于二元比较。因为每个实例都只能有一个序列化表示, 所以二元比较可以成功。其默认值是 <code>false</code>
IsFixedLength	如果所有实例的磁盘表示都有相同的大小, <code>IsFixedLength</code> 就可以设置为 <code>true</code>
MaxByteSize	存储数据所需的最大字节数用 <code>MaxByteSize</code> 设置。这个属性只能在用户定义的序列化中指定
Name	利用 <code>Name</code> 属性, 可以设置类型的另一个名称。默认情况下使用类名
ValidationMethodName	利用 <code>ValidationMethodName</code> 属性, 可以把方法名定义为在进行反序列化时验证实例

为了表示坐标的方向, 可以定义 `Orientation` 枚举:

```
public enum Orientation
{
    NorthEast,
    NorthWest,
    SouthEast,
    SouthWest
}
```

这个枚举只能在 `SqlCoordinate` 结构的方法中使用, 不能用作成员字段, 因为尽管枚举基于数字类型, 但本地序列化格式不支持枚举。以后的版本可能支持在 `SQL Server` 中使用带本地格式的枚举。



SqlCoordinate 结构指定一些构造函数来初始化 longitude、latitude 和 isNull 变量。如果没有给 longitude 和 latitude 赋值,就把 isNull 变量设置为 true,这是默认构造函数的执行情况。UDT 需要默认构造函数。

在世界坐标系统中,经度和纬度都定义为度、分、秒。奥地利的维也纳位于经度 48° 14', 纬度 16° 20'。符号°、'、"分别表示度、分、秒。

在 longitude 和 latitude 变量中,经度和纬度值用秒来存储。包含 7 个整型参数的构造函数把度、分、秒转换为秒,如果坐标基于南和西,就把经度和纬度设置为负值:

```
public SqlCoordinate(int longitude, int latitude)
{
    isNull = false;
    this.longitude = longitude;
    this.latitude = latitude;
}

public SqlCoordinate(int longitudeDegrees, int longitudeMinutes,
    int longitudeSeconds, int latitudeDegrees, int latitudeMinutes,
    int latitudeSeconds, Orientation orientation)
{
    isNull = false;
    this.longitude = longitudeSeconds + 60 * longitudeMinutes + 3600 *
        longitudeDegrees;
    this.latitude = latitudeSeconds + 60 * latitudeMinutes + 3600 *
        latitudeDegrees;
    switch (orientation)
    {
        case Orientation.SouthWest:
            longitude = -longitude;
            latitude = -latitude;
            break;
        case Orientation.SouthEast:
            longitude = -longitude;
            break;
        case Orientation.NorthWest:
            latitude = -latitude;
            break;
    }
}
```

INullable 接口定义 IsNull 属性,必须实现该接口,才能支持可空性。静态属性 Null 用于创建一个表示空值的对象。在 get 访问器中,创建一个 SqlCoordinate 对象,并把 isNull 字段设置为 true:

```
public bool IsNull
{
    get
    {
        return isNull;
    }
}

public static SqlCoordinate Null
{

```

```

    get
    {
        return new SqlCoordinate,{ isNull = true };
    }
}

```

UDT 必须转换为字符串,也必须能从字符串转换回来。要转换为字符串,必须重写 Object 类的 ToString()方法。把以下代码中的 longitude 和 latitude 变量转换为一个字符串表示,以显示度、分和秒标记:

```

public override string ToString()
{
    if (this.isNull)
        return null;
    char northSouth = longitude > 0 ? 'N': 'S';
    char eastWest = latitude > 0 ? 'E': 'W';

    int longitudeDegrees = Math.Abs(longitude) / 3600;
    int remainingSeconds = Math.Abs(longitude) % 3600;
    int longitudeMinutes = remainingSeconds / 60;
    int longitudeSeconds = remainingSeconds % 60;

    int latitudeDegrees = Math.Abs(latitude) / 3600;
    remainingSeconds = Math.Abs(latitude) % 3600;
    int latitudeMinutes = remainingSeconds / 60;
    int latitudeSeconds = remainingSeconds % 60;

    return String.Format("{0} ° {1}'{2}\"{3},{4} ° {5}'{6}\"{7}",
        longitudeDegrees, longitudeMinutes, longitudeSeconds,
        northSouth, latitudeDegrees, latitudeMinutes,
        latitudeSeconds, eastWest);
}

```

使用 Parse()方法把字符串转换为其他类型。用户输入的字符串在静态方法 Parse()的 SqlString 参数中表示。首先,Parse()方法检查该字符串是否表示空值,如果表示空值,就调用 Null 属性,返回一个空的 SqlCoordinate 对象。如果 SqlString s 不表示空值,就转换字符串的文本,从而把经度值和纬度值传递给 SqlCoordinate 对象的构造函数:

```

public static SqlCoordinate Parse(SqlString s)
{
    if (s.IsNull)
        return SqlCoordinate.Null;

    try
    {
        string[] coordinates = s.Value.Split(',');
        char[] separators = { '\'', '\\", '\" };
        string[] longitudeVals = coordinates[0].Split(separators);
        string[] latitudeVals = coordinates[1].Split(separators);

        if (longitudeVals.Length != 4 && latitudeVals.Length != 4)
            throw new ArgumentException(
                "Argument has a wrong syntax. " +
                "This syntax is required: 37°47'0\"N,122°26'0\"W");
    }
}

```

```

Orientation orientation;
if (longitudeVals[3] == "N" && latitudeVals[3] == "E")
    orientation = Orientation.NorthEast;
else if (longitudeVals[3] == "S" && latitudeVals[3] == "W")
    orientation = Orientation.SouthWest;
else if (longitudeVals[3] == "S" && latitudeVals[3] == "E")
    orientation = Orientation.SouthEast;
else
    orientation = Orientation.NorthWest;

return new SqlCoordinate(
    int.Parse(longitudeVals[0]), int.Parse(longitudeVals[1]),
    int.Parse(longitudeVals[2]),
    int.Parse(latitudeVals[0]), int.Parse(latitudeVals[1]),
    int.Parse(latitudeVals[2]), orientation);
}

catch (FormatException ex)
{
    throw new ArgumentException(
        "Argument has a wrong syntax. " +
        "This syntax is required: 37°47'0\"N,122°26'0\"W",
        ex.Message);
}
}
}

```

### 34.3.2 通过 SQL 使用 UDT

在构建程序集后，就可以用 SQL Server 部署它。在 SQL Server 中，或者在 Visual Studio 2010 中用 Build | Deploy Project 菜单配置 UDT，或者用下面的 SQL 命令配置 UDT：

```

CREATE ASSEMBLY SqlTypes FROM
'c:\ProCSharp\SqlServer\SqlTypes.dll'
CREATE TYPE Coordinate EXTERNAL NAME
[SqlTypes].[Wrox.ProCSharp.SqlServer.SqlCoordinate]

```

使用 EXTERNAL NAME 时，必须设置程序集名和类名，以及名称空间。

现在可以创建一个 Cities 表，其中包含数据类型 SqlCoordinate，如图 34-2 所示。用数据填充该表，如图 34-3 所示。

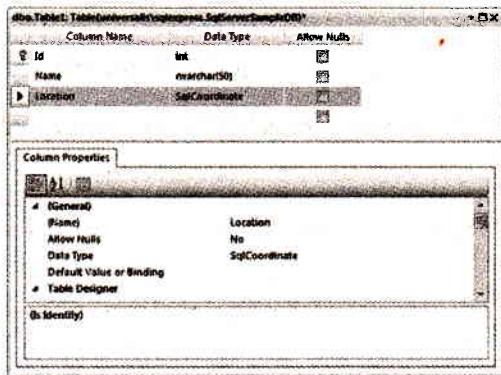


图 34-2



图 34-3

### 34.3.3 从客户端代码中使用 UDT

必须引用 UDT 的程序集，才能从客户端代码中使用 UDT。它的用法与客户端上的任何其他类型一样。



因为包含 UDT 的程序集用于客户端和 SQL 服务器中，所以最好把 UDT 放在一个独立的程序集中，而不是放在其他 SQL Server 扩展中，如存储过程和函数。

在示例代码中，SqlCommand 对象的 SELECT 语句引用 Cities 表的列，该表包含类型为 SqlCoordinate 的 Location 列。调用 ToString() 方法，会调用 SqlCoordinate 类的 ToString() 方法，以字符串格式显示坐标值：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
// UDTClient
using System;
using System.Data;
using System.Data.SqlClient;
using Wrox.ProCSharp.SqlServer;

class Program
{
    static void Main()
    {
        string connectionString =
            @"server=(local);database=ProCSharp;trusted_connection=true";
        var connection = new SqlConnection(connectionString);
        var command = connection.CreateCommand();
        command.CommandText = "SELECT Id, Name, Location FROM Cities";
        connection.Open();

        SqlDataReader reader =
            command.ExecuteReader(CommandBehavior.CloseConnection);
        while (reader.Read())
        {
            Console.WriteLine("{0,-10} {1}", reader[1].ToString(),
                reader[2].ToString());
        }
        reader.Close();
    }
}
```

代码段 UDTClient/Program.cs

当然，还可以把返回的对象从 SqlDataReader 强型转换为 SqlCoordinate 类型，以使用 SqlCoordinate 类型的任何其他方法。

```
SqlCoordinate coordinate = (SqlCoordinate)reader[2];
```

运行应用程序，结果如下：

```
Vienna 50°10'0"N,16°20'0"E
Paris 48°52'0"N,2°20'0"E
Seattle 47°36'0"N,122°20'0"W
London 51°30'0"N,0°10'0"W
```

Oslo 59°55'0"N,10°45'0"E  
 Moscow 55°46'0"N,37°40'0"E  
 Sydney 33°51'0"S,151°12'0"E



具备了 UDT 的所有强大功能之后,还必须注意一个重要的限制。在部署 UDT 的新版本之前,必须删除已有版本。只有删除所有使用 UDT 类型的列,才能这么做。不要对于频繁修改的类型使用 UDT。

## 34.4 用户定义的聚合函数

聚合函数是根据多行返回一个值的函数。内置的聚合函数有 COUNT、AVG 和 SUM:

- COUNT 返回所有选中记录的记录个数
- AVG 返回选中行的一列的平均值
- SUM 返回一系列的所有值的总和

所有内置的聚合函数都只能用于内置的值类型。

内置的聚合函数 AVG 的一种简单用法如下, 它把 AdventureWorks 样本数据库中的 ListPrice 列传递给 SELECT 语句中的 AVG 聚合函数, 以返回所有产品的平均单价:

```
SELECT AVG(ListPrice) AS 'average list price'
FROM Production.Product
```

SELECT 语句的结果返回所有产品的平均单价:

```
average list price
438,6662
```

SELECT 语句返回 ListPrice 列的平均值。聚合函数还可以用于组。在下面的例子中, AVG 聚合函数与 GROUP BY 子句一起使用, 返回每个产品系列的平均单价列表:

```
SELECT ProductLine, AVG(ListPrice) AS 'average list price'
FROM Production.Product
GROUP BY ProductLine
```

平均单价列表按照产品系列进行组合:

ProductLine	average list price
NULL	16,8429
M	827,0639
R	965,3488
S	50,3988
T	840,7621

对于自定义值类型, 如果要基于选中的一些行执行某个特定的计算操作, 就可以创建用户定义的聚合函数。

### 34.4.1 创建用户定义的聚合函数

要用 CLR 代码编写用户定义的聚合函数，必须实现一个简单的类，它的方法有 `Init()`、`Accumulate()`、`Merge()`和 `Terminate()`。这些方法的功能如表 34-3 所示。

表 34-3

UDT 方法	说 明
<code>Init()</code>	为要处理的每组行调用 <code>Init()</code> 方法。在这个方法中，可以为要计算的每组行进行初始化
<code>Accumulate()</code>	为所有组中的每个值调用 <code>Accumulate()</code> 方法。这个方法参数必须是正确的累加类型，还可以是用户定义的类型
<code>Merge()</code>	聚合的结果必须与另一个聚合结果合并起来时，调用 <code>Merge()</code> 方法
<code>Terminate()</code>	在处理完每一组的最后一行后，调用 <code>Terminate()</code> 方法。这里，聚合的结果必须用正确的数据类型返回

下面的代码示例说明了如何实现一个简单的用户定义聚合函数，以计算每一组中所有行的总和。为了用 Visual Studio 进行部署，把 `SqlUserDefinedAggregate` 特性应用于 `SampleSum` 类。与 UDT 一样，用户定义的聚合函数为存储聚合结果使用的格式也必须用 `Format` 枚举中的值定义。`Format.Native` 用于对直接复制到本地结构数据类型进行自动序列化。

在示例代码中，`sum` 变量用于累加一组中的所有值。在 `Init()`方法中，给每个要累加的新组初始化变量 `sum`。为每个值调用的 `Accumulate()`方法把参数的值加到 `sum` 变量中。在 `Merge()`方法中，将聚合后的一组添加到当前组中。最后，`Terminate()`方法返回一组的结果。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
[Serializable]
[SqlUserDefinedAggregate (Format.Native)]
public struct SampleSum
{
    private int sum;

    public void Init()
    {
        sum = 0;
    }

    public void Accumulate(SqlInt32 Value)
    {
        sum += Value.Value;
    }

    public void Merge(SampleSum Group)
    {
        sum += Group.sum;
    }

    public SqlInt32 Terminate()
    {
        return new SqlInt32(sum);
    }
}
```

代码段 `SqlSamplesUsingAdventureWorks/SampleSum.cs`



可以使用 Visual Studio 中的 Aggregate 模板, 为构建用户定义的聚合函数创建核心代码。Visual Studio 中的模板创建一个结构, 它使用 SqlString 类型作为参数, 并用 Accumulate() 和 Terminate() 方法返回对应类型。可以把这个类型改为表示聚合要求的类型。在本例中, 使用 SqlInt32 类型。

### 34.4.2 使用用户定义的聚合函数

用户定义的聚合函数可以用 Visual Studio 或 CREATE AGGREGATE 语句部署。在下面的语句中, CREATE AGGREGATE 语句后面是聚合函数名, 参数是 (@value int) 和返回类型。EXTERNAL NAME 需要程序集名和包含名称空间的 .NET 类型。

```
CREATE AGGREGATE [SampleSum] (@value int) RETURNS [int] EXTERNAL NAME
    [Demo].[SampleSum]
```

在安装用户定义的聚合函数后, 就可以在下面的 SELECT 语句中使用它, 在这条语句中, 把 Products 表和 PurchaseOrderDetails 表连接起来, 以返回已订购的产品数量。对于用户定义的聚合函数, 把 PurchaseOrderDetails 表的 OrderQty 列定义为一个参数:

```
SELECT Purchasing.PurchaseOrderDetail.ProductID AS Id,
    Production.Product.Name AS Product,
    dbo.SampleSum(Purchasing.PurchaseOrderDetail.OrderQty) AS Sum
FROM Production.Product INNER JOIN
    Purchasing.PurchaseOrderDetail ON
    Purchasing.PurchaseOrderDetail.ProductID = Production.Product.ProductID
GROUP BY Purchasing.PurchaseOrderDetail.ProductID, Production.Product.Name
ORDER BY Id
```

返回的抽查结果使用聚合函数 SampleSum 显示已订购的产品数量:

Id	Product	Sum
1	Adjustable Race	154
2	Bearing Ball	150
4	Headset Ball Bearings	153
317	LL Crankarm	44000
318	ML Crankarm	44000
319	HL Crankarm	71500
320	Chainring Bolts	375
321	Chainring Nut	375
322	Chainring	7440

## 34.5 存储过程

SQL Server 可以用 C# 创建存储过程。存储过程是一个子例程, 它们以物理方式存储在数据库中。但它们绝对不能替代 T-SQL。在过程主要基于数据驱动时, T-SQL 还是有优势的。

下面是 T-SQL 存储过程 GetCustomerOrders, 它返回 AdventureWorks 数据库中的客户订单信息。这个存储过程返回用 CustomerID 参数指定的顾客的订单:

```

CREATE PROCEDURE GetCustomerOrders
(
    @CustomerID int
)
AS
SELECT SalesOrderID, OrderDate, DueDate, ShipDate FROM Sales.SalesOrderHeader
WHERE (CustomerID = @CustomerID)
ORDER BY SalesOrderID

```

### 34.5.1 创建存储过程

在下面的代码清单中，用 C# 实现相同的存储过程比较复杂。SqlProcedure 特性用于把存储过程标记为部署。通过这种实现方式，创建一个 SqlCommand 对象。在 SqlConnection 对象的构造函数中，传递字符串“Context Connection=true”，以使用调用该存储过程的客户端打开的连接。与第 30 章的代码类似，设置了 SQL 的 SELECT 语句，添加了一个参数。ExecuteReader() 方法返回一个 SqlDataReader 对象。通过调用 SqlPipe 的 Send() 方法，把这个读取器对象返回给客户端：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

using System.Data;
using System.Data.SqlClient;
using Microsoft.SqlServer.Server;

public partial class StoredProcedures
{
    [SqlProcedure]
    public static void GetCustomerOrdersCLR(int customerId)
    {
        SqlConnection connection = new SqlConnection("Context Connection=true");
        connection.Open();
        SqlCommand command = new SqlCommand();
        command.Connection = connection;
        command.CommandText = "SELECT SalesOrderID, OrderDate, DueDate, " +
            "ShipDate " +
            "FROM Sales.SalesOrderHeader " +
            "WHERE (CustomerID = @CustomerID) " +
            "ORDER BY SalesOrderID";

        command.Parameters.Add("@CustomerID", SqlDbType.Int);
        command.Parameters["@CustomerID"].Value = customerId;

        SqlDataReader reader = command.ExecuteReader();
        SqlPipe pipe = SqlContext.Pipe;
        pipe.Send(reader);
        connection.Close();
    }
};

```

代码段 [SqlSamplesUsingAdventureWorks/GetCustomerOrdersCLR.cs](#)

CLR 存储过程在 SQL Server 中或者使用 Visual Studio 或者使用 CREATE PROCEDURE 语句部署。通过这条 SQL 语句，定义存储过程的参数，以及程序集、类和方法的名称：

```

CREATE PROCEDURE GetCustomerOrdersCLR
(
    @CustomerID nchar(5)
)

```



```
AS EXTERNAL NAME Demo.StoredProcedures.GetCustomerOrdersCLR
```

### 34.5.2 使用存储过程

CLR 存储过程可以像一般的 T-SQL 存储过程那样，也使用 `System.Data.SqlClient` 名称空间中的类调用。首先，创建一个 `SqlConnection` 对象，`CreateCommand()` 方法返回一个 `SqlCommand` 对象。通过这个命令对象，把存储过程的名称 `GetCustomerOrdersCLR` 设置为 `CommandText` 属性。与所有存储过程一样，`CommandType` 属性必须设置为 `CommandType.StoredProcedure`。`ExecuteReader()` 方法返回一个 `SqlDataReader` 对象，用于逐个记录地读取：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
using System;
using System.Data;
using System.Data.SqlClient;

//...

string connectionString =
    @"server=(local);database=AdventureWorks;trusted_connection=true";
var connection = new SqlConnection(connectionString);
SqlCommand command = connection.CreateCommand();
command.CommandText = "GetCustomerOrdersCLR";
command.CommandType = CommandType.StoredProcedure;
var param = new SqlParameter("@customerId", 3);
command.Parameters.Add(param);
connection.Open();
SqlDataReader reader =
    command.ExecuteReader(CommandBehavior.CloseConnection);
while (reader.Read())
{
    Console.WriteLine("{0} {1:d}", reader["SalesOrderID"], reader["OrderDate"]);
}
reader.Close();
```

代码段 UsingSP/Program.cs



`System.Data.SqlClient` 名称空间中的类详见第 30 章。

调用用 T-SQL 和 C# 编写的存储过程没有任何区别。调用存储过程的代码完全相同；从调用者的代码中，不知道存储过程是用 T-SQL 还是 CLR 实现的。上述代码的抽检结果是 ID 为 3 的客户的订单日期：

```
44124 9/1/2001
44791 12/1/2001
45568 3/1/2002
46377 6/1/2002
47439 9/1/2002
48378 12/1/2002
```

如前所述，主要基于数据驱动的存储过程用 T-SQL 编写比较好，代码比较短。用 CLR 编写存储过程的优点是，可以进行一些特殊的数据处理，如使用 .NET 加密类处理。

## 34.6 用户定义的函数

用户定义的函数有点类似于存储过程。其主要区别是，用户定义的函数可以在 SQL 语句中调用。

### 34.6.1 创建用户定义的函数

CLR 用户定义的函数可以用 `SqlFunction` 特性来定义。示例函数 `CalcHash()` 把传递进来的字符串转换为散列字符串。用于散列字符串的 MD5 算法通过 `System.Security.Cryptography` 名称空间中的 `MD5CryptoServiceProvider` 类实现。`ComputeHash()` 方法从输入的字节数组中计算散列，并返回一个计算出来的散列字节数组。该散列字节数组会使用 `StringBuilder` 类转换回 `string`。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
using System.Security.Cryptography;
using System.Text;
using Microsoft.SqlServer.Server;

public partial class UserDefinedFunctions
{
    [SqlFunction]
    public static SqlString CalcHash(SqlString value)
    {
        byte[] source = ASCIIEncoding.ASCII.GetBytes(value.ToString());
        byte[] hash = new MD5CryptoServiceProvider().ComputeHash(source);

        var output = new StringBuilder(hash.Length);

        for (int i = 0; i < hash.Length - 1; i++)
        {
            output.Append(hash[i].ToString("X2"));
        }

        return new SqlString(output.ToString());
    }
}
```

代码段 [SqlSamplesUsingAdventureWorks/CalcHash.cs](#)

### 34.6.2 使用用户定义的函数

用户定义的函数可以在 SQL Server 中部署，与其他 .NET 扩展插件类似：或者使用 Visual Studio 2010 或者使用 `CREATE FUNCTION` 语句：

```
CREATE FUNCTION CalcHash
(
    @value nvarchar
)
RETURNS nvarchar
AS EXTERNAL NAME Demo.UserDefinedFunctions.CalcHash
```

`CalcHash()` 函数的一个简单用法如下面的 `SELECT` 语句所示，其中从 `AdventureWorks` 数据库的 `CreditCard` 表中访问信用卡号，具体方法是只从信用卡号中返回散列代码：

```
SELECT Sales.CreditCard.CardType AS [Card Type],
```

```

    dbo.CalcHash(Sales.CreditCard.CardNumber) AS [Hashed Card]
FROM Sales.CreditCard INNER JOIN Sales.ContactCreditCard ON
    Sales.CreditCard.CreditCardID = Sales.ContactCreditCard.CreditCardID
WHERE Sales.ContactCreditCard.ContactID = 11

```

返回的结果显示 ID 为 11 的联系人的散列信用卡号:

```

Card          Type Hashed Card
ColonialVoice 7482F7B4E613F71144A9B336A3B9F6

```

## 34.7 触发器

触发器是一种特殊的存储过程，在修改表(例如插入、更新或删除一行)时调用它。触发器与表和激活它们的动作(例如，行的插入/更新/删除)关联在一起。

有了触发器，行的修改就可以通过相关的表来级联处理，或强制更复杂的数据完整性操作。

在触发器中，因为可以访问行的当前数据和原始数据，所以可以把表重置回以前的状态。因为触发器会自动与激活触发器的命令所对应的事务关联起来，所以会得到正确的事务处理结果。

下面的触发器 `uCreditCard` 属于 `AdventureWorks` 样本数据库。这个触发器在更新 `CreditCard` 表中的一行时激活。使用这个触发器，将 `CreditCard` 表中的 `ModifiedDate` 列更新为当前日期。要访问已修改的数据，可以使用插入的临时表。

```

CREATE TRIGGER [Sales].[uCreditCard] ON [Sales].[CreditCard]
AFTER UPDATE NOT FOR REPLICATION AS
BEGIN
    SET NOCOUNT ON;

    UPDATE [Sales].[CreditCard]
    SET [Sales].[CreditCard].[ModifiedDate] = GETDATE()
    FROM inserted
    WHERE inserted.[CreditCardID] = [Sales].[CreditCard].[CreditCardID];
END;

```

### 34.7.1 创建触发器

本节的例子说明了在 `Users` 表中插入新记录时触发器实现数据完整性。要使用 CLR 创建触发器，必须定义一个简单的类，它包含应用了 `SqlTrigger` 特性的静态方法。`SqlTrigger` 特性指定了与触发器相关联的表和何时启动触发器的事件。

在下面的例子中，相关联的表是 `Target` 属性指定的 `Person.Contact` 表，`Event` 属性定义触发器启动的时间。这里把事件字符串设置为 `FOR INSERT`，它表示触发器在把新的一行插入 `Users` 表中时启动。

`SqlContext.TriggerContext` 属性在 `SqlTriggerContext` 类型的对象中返回触发器环境，`SqlTriggerContext` 类提供了 3 个属性：

- `ColumnsUpdated` 返回一个布尔数组，以标记已修改的每一列
- `EventData` 包含 XML 格式的更新数据和原始数据
- `TriggerAction` 返回 `TriggerAction` 类型的枚举，以标记触发器启动的原因

下面的代码通过比较确定触发器环境的 `TriggerAction` 是否设置为 `TriggerAction.Insert`，之后再

继续。

触发器可以访问临时表，例如，以下代码清单访问 INSERTED 表。通过 SQL 语句 INSERT、UPDATE 和 DELETE，可以创建临时表。INSERT 语句创建 INSERTED 表，DELETE 语句创建 DELETED 表。通过 UPDATE 语句，可以使用 INSERTED 和 DELETED 表。临时表的列与触发器关联的表相同。SQL 语句 SELECT Username, Email FROM INSERTED 用于访问用户名和电子邮件，检查电子邮件地址的语法是否正确。SqlCommand.ExecuteNonQuery()方法返回在 SqlDataReader 中表示的一行。用户名和电子邮件从数据记录中读取。使用正则表达式类 RegEx 和 IsMatch()方法，检查电子邮件地址是否遵循有效的电子邮件语法。如果不遵循，就抛出一个异常，且不插入记录，因为事务会回滚：



```
using System;
using System.Data.SqlClient;
using System.Text.RegularExpressions;
using Microsoft.SqlServer.Server;

public partial class Triggers
{
    [SqlTrigger(Name = "InsertContact", Target="Person.Contact",
        Event="FOR INSERT")]
    public static void InsertContact()
    {
        SqlTriggerContext triggerContext = SqlContext.TriggerContext;

        if (triggerContext.TriggerAction == TriggerAction.Insert)
        {
            var connection = new SqlConnection("Context Connection=true");
            var command = new SqlCommand();
            command.Connection = connection;
            command.CommandText = "SELECT EmailAddress FROM INSERTED";
            connection.Open();
            string email = (string)command.ExecuteScalar();
            connection.Close();

            if (!Regex.IsMatch(email,
                @"([\w-]+\.)+?[\w-]+@[[\w-]+\.\([\w-]+\.\.)?[\w-]+$.")
            {
                throw new FormatException("Invalid email");
            }
        }
    }
}
```

代码段 [SqlSamplesUsingAdventureWorks/InsertContact.cs](#)

### 34.7.2 使用触发器

使用 Visual Studio 2010 的部署功能，可以把触发器部署到数据库中。可以使用 CREATE TRIGGER 命令手工创建触发器：

```
CREATE TRIGGER InsertContact ON Person.Contact
FOR INSERT
AS EXTERNAL NAME Demo.Triggers.InsertContact
```

用不正确的电子邮件把行插入 Users 表中，会抛出一个异常，且插入操作不会执行。

## 34.8 XML 数据类型

SQL Server 一个主要的编程特性是 XML 数据类型。在 SQL Server 的旧版本中，XML 数据存储于字符串或 blob 中。现在 XML 是一个受到支持的数据类型，它允许把 SQL 查询和 XQuery 表达式合并起来，在 XML 数据中搜索。XML 数据类型可以用作变量、参数、列或 UDF 的返回值。

在 Microsoft Office 中，可以把 Word 和 Excel 文档存储为 XML。Word 和 Excel 也允许使用自定义的 XML 架构，其中只用 XML 存储内容，不存储表示方式。Office 应用程序的输出可以直接存储在 SQL Server 中，其中还可以在这些数据中搜索。当然，自定义 XML 数据也可以存储在 SQL Server 中。



不要给关系数据使用 XML 类型。如果搜索一些元素，且为这些数据明确定义了架构，则以关系方式存储这些元素，可以更快访问对应数据。如果数据是层次结构的，且一些元素是可选的，同时随时间变化，存储为 XML 数据就有许多优点。

### 34.8.1 包含 XML 数据的表

创建包含 XML 数据的表非常简单，只需给列选择 XML 数据类型即可。下面的 SQL 命令 CREATE TABLE 创建 Exams 表，其中的 ID 列也是主键，Number 列和 Info 列的类型是 XML：

```
CREATE TABLE [dbo].[Exams] (
    [Id] [int] IDENTITY(1,1) NOT NULL,
    [Number] [nvarchar] (10) NOT NULL,
    [Info] [xml] NOT NULL,
    CONSTRAINT [PK_Exams] PRIMARY KEY CLUSTERED
    (
        [Id] ASC
    ) ON [PRIMARY]
) ON [PRIMARY]
```

现在进行一个简单的测试，用如下数据填充表：

```
INSERT INTO Exams values('70-502',
'<Exam Number="70-502">
<Title> TS: Microsoft .NET Framework 3.5, Windows Presentation Foundation
Application Development
</Title>
<Certification Name="MCTS Windows Presentation Foundation Application Development"
Status="Core" />
<Certification Name="MCTS Web Applications" Status="Core" />
<Certification Name="MCTS Distributed Applications" Status="Core" />
<Course>6460</Course>
<Topic>Creating a WPF Application</Topic>
<Topic>Building User Interfaces</Topic>
<Topic>Adding and Managing Content</Topic>
<Topic>Binding to Data Sources</Topic>
```

```

        <Topic>Customizing Appearance</Topic>
        <Topic>Configuring and Deploying WPF Applications</Topic>
    </Exam>')

INSERT INTO Exams values('70-562',
    '<Exam Number="70-562">
    <Title> TS: Microsoft .NET Framework 3.5, ASP.NET Application Development </Title>
    <Certification Name="MCTS ASP.NET Applications" Status="Core" />
    <Course>2310</Course>
    <Course>6463</Course>
    <Topic>Configuring and Deploying Web Applications</Topic>
    <Topic>Consuming and Creating Server Controls</Topic>
    <Topic>Working with Data and Services</Topic>
    <Topic>Troubleshooting and Debugging Web Applications</Topic>
    <Topic>Working with ASP.NET AJAX and Client-Side Scripting</Topic>
    <Topic>Targeting Mobile Devices</Topic>
    <Topic>Programming Web Applications</Topic>
    </Exam>')

INSERT INTO Exams values('70-561',
    '<Exam Number="70-561">
    <Title> TS: Microsoft .NET Framework 3.5, ADO.NET Application Development </Title>
    <Certification Name="MCTS ADO.NET Applications" Status="Core" />
    <Course>2310</Course>
    <Course>6464</Course>
    <Topic>Connecting to Data Sources</Topic>
    <Topic>Selecting and Querying Data</Topic>
    <Topic>Modifying Data </Topic>
    <Topic>Synchronizing Data</Topic>
    <Topic>Working with Disconnected Data</Topic>
    <Topic>Object Relational Mapping by Using the Entity Framework</Topic>
    </Exam>')
```

### 34.8.2 读取 XML 值

在 ADO.NET 中, 可以用 SqlDataReader 对象读取 XML 数据。SqlDataReader 对象的 GetSqlXml() 方法返回一个 SqlXml 对象。SqlXml 类有一个 Value 属性, 它返回完整的 XML 表示, SqlXml 类的 CreateReader() 方法返回一个 XmlReader 对象。

XmlReader 类的 Read() 方法在 while 循环中重复执行, 逐个节点地读取数据。在输出中, 我们仅对 Number 特性的值、Title 和 Course 元素的值感兴趣。读取器定位的节点与相应的 XML 元素名比较, 把对应的值写入控制台中。

```

using System;
using System.Data;
using System.Data.SqlClient;
using System.Data.SqlTypes;
using System.Text;
using System.Xml;

class Program
{
    static void Main()
    {
        string connectionString =
```

```

        @"server=(local);database=ProCSharp;trusted_connection=true";
var connection = new SqlConnection(connectionString);
var command = connection.CreateCommand();
command.CommandText = "SELECT Id, Number, Info FROM Exams";
connection.Open();
var reader = command.ExecuteReader(CommandBehavior.CloseConnection);
while (reader.Read())
{
    SqlXml xml = reader.GetSqlXml(2);

    XmlReader xmlReader = xml.CreateReader();

    StringBuilder courses = new StringBuilder("Course(s): ", 40);
    while (xmlReader.Read())
    {
        if (xmlReader.Name == "Exam" && xmlReader.IsStartElement())
        {
            Console.WriteLine("Exam: {0}", xmlReader.GetAttribute("Number"));
        }
        else if (xmlReader.Name == "Title" && xmlReader.IsStartElement())
        {
            Console.WriteLine("Title: {0}", xmlReader.ReadString());
        }
        else if (xmlReader.Name == "Course" && xmlReader.IsStartElement())
        {
            courses.AppendFormat("{0} ", xmlReader.ReadString());
        }
    }
    xmlReader.Close();
    Console.WriteLine(courses.ToString());
    Console.WriteLine();
}
reader.Close();
}
}

```

运行应用程序，结果如下：

```

Exam: 70-502
Title: TS: Microsoft .NET Framework 3.5, Windows Presentation Foundation Application Development
Course(s): 6460

Exam: 70-562
Title: TS: Microsoft .NET Framework 3.5, ASP.NET Application Development
Course(s): 2310 6463

Exam: 70-561
Title: TS: Microsoft .NET Framework 3.5, ADO.NET Application Development
Course(s): 2310 6464

```

除了使用 `XmlReader` 类之外，还可以使用 DOM 模型把完整的 XML 内容读入 `XmlDocument` 类中，并分析元素。`SelectSingleNode()` 方法的参数是一个 XPath 表达式，并返回一个 `XmlNode` 对象。XPath 表达式 `//Exam` 在完整的 XML 树中查找 XML 元素 Exam。返回的 `XmlNode` 对象可用于读取所表示元素的子元素。访问 `Number` 属性的值，把测验数字写入控制台中，再访问 `Title` 元素，把 `Title` 元素的内容写入控制台中，所有 `Course` 元素的内容也都写入控制台中。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
string connectionString =
    @"server=(local);database=SqlServerSampleDB;trusted_connection=true";
var connection = new SqlConnection(connectionString);
var command = connection.CreateCommand();
command.CommandText = "SELECT Id, Number, Info FROM Exams";
connection.Open();
var reader = command.ExecuteReader(CommandBehavior.CloseConnection);
while (reader.Read())
{
    SqlXml xml = reader.GetSqlXml(2);
    var doc = new XmlDocument();
    doc.LoadXml(xml.Value);

    XmlNode examNode = doc.SelectSingleNode("//Exam");
    Console.WriteLine("Exam: {0}", examNode.Attributes["Number"].Value);
    XmlNode titleNode = examNode.SelectSingleNode("./Title");
    Console.WriteLine("Title: {0}", titleNode.InnerText);
    Console.Write("Course(s): ");

    foreach (XmlNode courseNode in examNode.SelectNodes("./Course"))
    {
        Console.Write("{0} ", courseNode.InnerText);
    }
    Console.WriteLine();
}
reader.Close();
```

代码段 XmlSamples/Program.cs



XmlReader 类和 XmlDocument 类详见第 33 章。

在 .NET 4 中, 还有另一个选项可以访问数据库中的 XML 列。可以合并 LINQ to SQL 和 LINQ to XML, 从而使编程代码更短。

从 Data templates 类别中选择 ADO.NET Entity Data Model 模板, 就可以使用 ADO.NET Entity Framework 设计器。把文件命名为 ExamsModel.edmx, 给 SqlServerSampleDB 数据库创建一个映射。选择 Exams 表, 再选择对象名使用单数形式的选项。利用向导创建模型后, 会打开设计界面, 如图 34-4 所示。

设计器创建的数据上下文类是 ExamsEntities, 它定义了一个 Exams 属性, 用于返回所有 exam 行。这里使用一条 foreach 语句迭代所有记录。当然, 如果并非需要所有记录, 就可以定义一个包含 where 表达式的 LINQ 查询。Exam 类根据数据库表中的列定义 Id、Number 和 Info 属性。因为 Info 属性的类型是 string, 所以通过 XElement 类, 可以使用 System.Xml.Linq 名称空间中的 LINQ to XML 类来访问和分析字符串。调用 Element() 方法, 传递 XML 元素名 Exam, 返回一个 XElement 对象, 该对象可以用更简单的方式访问 Number 特性的值, 以及 Title 和 Course 元素的值, 这与前面的 XmlDocument 类相同。



图 34-4



```

using System;
using System.Xml.Linq;

namespace Wrox.ProCSharp.SqlServer
{
    class Program
    {
        static void Main()
        {
            using (ExamsEntities data = new ExamsEntities())
            {
                foreach (Exam item in db.Exams)
                {
                    XElement exam = XElement.Parse(item.Info);
                    Console.WriteLine("Exam: {0}", exam.Attribute("Number").Value);
                    Console.WriteLine("Title: {0}", exam.Element("Title").Value);
                    Console.Write("Course(s): ");
                    foreach (var course in exam.Elements("Course"))
                    {
                        Console.Write("{0} ", course.Value);
                    }
                    Console.WriteLine();
                }
            }
        }
    }
}

```

ADO.NET Entity Framework 和 LINQ to SQL 分别详见第 31 章和第 33 章。

### 34.8.3 数据的查询

前面还没有涉及 XML 数据类型的主要特性。SQL 语句 SELECT 可以结合 XML XQuery 使用。SELECT 语句结合 XQuery 表达式使用，可以读取 XML 值，如下所示：

```
SELECT [Id], [Number], [Info].query('/Exam/Course') AS Course FROM [Exams]
```

XQuery 表达式/Exam/Course 访问 Exam 元素的 Course 子元素，这个查询的结果返回 id、测验数字和课程。

```

1 70-502<Course>6460</Course>
2 70-562<Course>2310</Course><Course>6463</Course>
3 70-561<Course>2310</Course><Course>6464</Course>

```

通过 XQuery 表达式，可以创建更复杂的语句，查询单元格中 XML 内容的数据。下面的例子把测验信息转换为 XML，XML 列出课程的信息：

```

SELECT [Info].query('
    for $course in /Exam/Course
    return
<Course>
    <Exam>{data (/Exam[1]/@Number) }</Exam>
    <Number>{data ($course) }</Number>
</Course>')

```

```
. AS Course
FROM [Exams]
WHERE Id=2
```

这里用 `SELECT [Info]. FROM Exams WHERE Id = 2` 选择一行。通过这个 SQL 查询的结果，使用 XQuery 表达式的 `for` 和 `return` 语句。`for $course in/Exam/Course` 迭代所有 Course 元素。`$course` 声明一个变量，它用每个迭代来设置(类似于 C# 的 `foreach` 语句)。在 `return` 语句的后面指定了每一行的查询结果。每个课程元素的结果都放在 `<Course>` 元素中。在 `<Course>` 元素中内嵌了 `<Exam>` 和 `<Number>`。`<Exam>` 元素中的文本用 `data(/Exam[1]/@Number)` 定义。`data()` 是一个 XQuery 函数，返回用参数指定的节点值。`/Exam[1]` 节点用于访问第一个 `<Exam>` 元素，`@Number` 指定 XML 特性 `Number`。`<Number>` 元素中的文本在 `$course` 变量中定义。



在 C# 中，集合中的第一个元素用索引 0 访问，但在 XPath 中，集合中的第一个元素用索引 1 访问。

这个查询的结果如下：

```
<Course>
  <Exam>70-562</Exam>
  <Number>2310</Number>
</Course>
<Course>
  <Exam>70-562</Exam>
  <Number>6463</Number>
</Course>
```

可以修改 XQuery 语句，使之也包含一条 `where` 子句，来筛选 XML 元素。下面的例子仅从 XML 列中返回数值课程编号大于 2542 的课程：

```
SELECT [Info].query('
  for $course in /Exam/Course
  where ($course > 2562)
  return
<Course>
  <Exam>{ data(/Exam[1]/@Number) }</Exam>
  <Number> { data($course) }</Number>
</Course> ')
AS Course
FROM [Exams]
WHERE Id=2
```

结果变成只有两个课程编号：

```
<Course>
  <Exam>70-562</Exam>
  <Number>6463</Number>
</Course>
```

SQL Server 中的 XQuery 可以使用几个其他的 XQuery 函数，获得最小值、最大值或总和，处理

字符串、数字，检查集合中的位置等。

下面的例子使用 `count()` 函数获得 `/Exam/Course` 元素的个数：

```
SELECT [Id], [Number], [Info].query('
    count(/Exam/Course)')
    AS "Course Count"
FROM [Exams]
```

返回的数据显示测验的课程编号：

Id	Number	Course Count
1	70-502	1
2	70-562	2
3	70-561	2

### 34.8.4 XML 数据修改语言(XML DML)

W3C(<http://www.w3c.org>)在定义 XQuery 时,只允许查询数据,当时,Microsoft 在 SQL Server 2005 中实现了 XQuery。由于 XQuery 有这个限制,因此 Microsoft 定义了 XQuery 的扩展,称为 XML 数据修改语言(XML DML)。



目前 XQuery Update Facility 1.0 自从 2009 年 6 月 9 日以来成为一个候选建议,这个建议由 IBM、Oracle 和 Red Hat 制订,不同于 XML DML。

有了 XML DML,就可以使用 XQuery 扩展关键字 `insert`、`delete` 和 `replace value of` 修改 XML 数据了。

本节介绍在单元格中插入、删除和修改 XML 内容的一些例子。

可以使用 `insert` 关键字在 XML 列中插入一些 XML 内容,而无需替换整个 XML 单元格。这里 `<Course>2555</Course>` 插入为第一个 Exam 元素的最后一个子元素：

```
UPDATE [Exams]
SET [Info].modify('
    insert <Course>2555</Course> as last into Exam[1]')
WHERE [Id]=3
```

XML 内容可以用 `delete` 关键字删除。在第一个 Exam 元素中,删除最后一个 Course 元素。用 `last()` 函数选择最后一个元素：

```
UPDATE [Exams]
SET [Info].modify('
    delete /Exam[1]/Course[last()]')
FROM [Exams] WHERE [Id]=3
```

还可以修改 XML 内容,这需要使用 `replace value of` 关键字。`/Exam/Course[text()=6463]` 表达式只访问文本内容包含字符串 6463 的子元素 Course。从这些元素中, `text()` 函数只访问要替换的文本内容。如果查询只返回一个元素,那么还需要指定只替换一个元素。这就是返回的第一个文本元素用 [1] 显式指定的原因。2599 指定新的课程编号是 2599:

```
UPDATE [Exams]
SET [Info].modify('
    replace value of (/Exam/Course[text() = 6463]/text())[1] with 2599')
FROM [Exams]
```

### 34.8.5 XML 索引

如果经常在 XML 数据中搜索某些特定的元素，就可以在 XML 数据类型中指定索引。在 XML 索引中，其类型必须区分为主 XML 索引或次 XML 索引。创建主 XML 索引是为了完整地持久化 XML 值的表示方式。

下面的 SQL 命令 CREATE PRIMARY XML INDEX 在 Info 列上创建了 idx\_exams 索引：

```
CREATE PRIMARY XML INDEX idx_exams on Exams (Info)
```

如果查询包含 XPath 表达式，以直接访问 XML 类型的 XML 元素，主索引就没有什么帮助。对于 XPath 和 XQuery 表达式，可以使用 XML 次索引。要创建 XML 次索引，主索引就必须存在。有了次索引，就必须区分索引类型：

- PATH 索引
- VALUE 索引
- PROPERTY 索引

如果使用 exists()或 query()函数，且通过 XPath 表达式访问 XML 元素，就使用 PATH 索引。使用 XPath 表达式/Exam/Course 时，创建 PATH 索引是有帮助的：

```
CREATE XML INDEX idx_examNumbers on [Exams] (Info)
USING XML INDEX idx_exams FOR PATH'
```

如果使用 value()函数从元素中提取属性，就使用 PROPERTY 索引。包含创建索引的 FOR PROPERTY 语句定义一个 PROPERTY 索引：

```
CREATE XML INDEX idx_examNumbers on [Exams] (Info)
USING XML INDEX idx_exams FOR PROPERTY
```

如果使用 XPath 子轴或自轴表达式通过树型结构搜索元素，使用 VALUE 索引就会得到最佳性能。XPath 表达式//Certification 会搜索带有子轴或自轴的所有 Certification 元素。[@Name="MCTS Web Applications"]表达式只返回属性 Name 的值是 MCTS Web Applications 的元素。

```
SELECT [Info].query('/Exam/Title/text()') FROM [Exams]
WHERE [Info].exist('//Certification[@Name="MCTS ASP.NET Applications"]') = 1
```

返回的结果列出了包含所请求证书的测验名：

```
TS: Microsoft .NET Framework 3.5, ASP.NET Application Development
```

VALUE 索引用 FOR VALUE 语句创建：

```
CREATE XML INDEX idx_examNumbers on [Exams] (Info)
USING XML INDEX idx_exams FOR VALUE
```

### 34.8.6 强类型化的 XML

SQL Server 中的 XML 数据类型也可以用 XML 架构强类型化。通过强类型化的 XML 列，就可以在插入 XML 数据时验证该数据是否遵循该架构。

XML 架构可以用语句 CREATE XML SCHEMA COLLECTION 创建。下面的语句创建一个简单的 XML 架构 CourseSchema，它定义 CourseElt 类型，其中包含一系列 Number 和 Title，它们的类型都是 string，CourseElt 类型还包含一个元素 Any，它可以是任意类型。Number 和 Title 只能出现一次。因为 Any 元素的 minOccurs 属性设置为 0，maxOccurs 属性设置为 unbounded，所以这个元素是可选的。于是可以在未来的版本中给 CourseElt 类型添加额外的信息，而架构仍是有效的。最后，Course 元素名是 CourseElt 类型。

```
CREATE XML SCHEMA COLLECTION CourseSchema AS
'<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<xs:schema id="Courses" targetNamespace="http://thinktecture.com/Courses.xsd"
  elementFormDefault="qualified" xmlns="http://thinktecture.com/Courses.xsd"
  xmlns:mstns="http://thinktecture.com/Courses.xsd"
  xmlns:xs="http://www.w3.org/2001/XMLSchema">
  <xs:complexType name="CourseElt">
    <xs:sequence>
      <xs:element name="Number" type="xs:string" maxOccurs="1"
        minOccurs="1" />
      <xs:element name="Title" type="xs:string" maxOccurs="1"
        minOccurs="1" />
      <xs:element name="Any" type="xs:anyType"
        maxOccurs="unbounded" minOccurs="0" />
    </xs:sequence>
  </xs:complexType>
  <xs:element name="Course" type="CourseElt">
  </xs:element>
</xs:schema>'
```

使用这个架构，有效的 XML 如下所示：

```
<Course xmlns="http://thinktecture.com/Courses.xsd">
  <Number>2549</Number>
  <Title>Advanced Distributed Application Development with Visual Studio 2008
</Title>
</Course>
```

在 Visual Studio Database 项目类型中，不支持给数据库添加架构。这个特性不能在 Visual Studio 2010 的 GUI 中使用，但必须手工创建。要使用 Visual Studio 2010 创建 XML 架构，可以使用 Empty Project 模板新建 Visual Studio 项目，给项目添加一个新的 XML 架构，再把架构的 XML 语法复制到 CREATE XML SCHEMA 语句中。

用 XML 数据类型进行设置，就可以把 XML 架构赋予一列：

```
CREATE TABLE [Courses]
(
  [Id] [int] IDENTITY(1,1) NOT NULL,
  [Course] [xml] ([dbo].[CourseSchema]) NOT NULL
)
```

用 Visual Studio 2010 或 SQL Server Management Studio 创建表, 设置属性 XML schema namespace, 就可以把 XML 架构赋予一列。

现在再给 XML 列添加数据时, 会验证其架构。如果 XML 不符合架构定义, 就会抛出一个 SqlException 异常, 显示一个 XML Validation 错误。

## 34.9 小结

本章讨论了 SQL Server 中与 CLR 功能相关的新特性。因为 SQL Server 包含 CLR, 所以可以用 C# 创建用户定义的类型、聚合函数、存储过程、函数和触发器。

UDT 对 .NET 类有一些严格的要求, 以转换为字符串, 或从字符串转换回来。数据在 SQL Server 中的内部存储方式取决于在类型中定义的格式。用户定义的聚合函数可以使用 .NET 类进行自定义计算。通过存储过程和函数, 可以将 CLR 类用于服务器端代码。

使用 CLR 和 SQL Server, 并不表示 T-SQL 已过时。如果仅进行数据密集型的查询, T-SQL 的优点是代码较少。如果使用加密等 .NET 特性, CLR 类就可以改进数据的处理。

本章还介绍了 SQL Server 的 XML 数据类型, 以把 XQuery 表达式和 T-SQL 语句合并起来。

这是第IV部分的最后一章。第V部分详细介绍了如何定义应用程序的用户界面。在用户界面上可以使用 WPF、Silverlight、Windows 窗体和 ASP.NET。

# 第 V 部分

## 显 示

---

- 第 35 章 核心 WPF
- 第 36 章 用 WPF 编写业务应用程序
- 第 37 章 用 WPF 创建文档
- 第 38 章 Silverlight
- 第 39 章 Windows 窗体
- 第 40 章 核心 ASP.NET
- 第 41 章 ASP.NET 的功能
- 第 42 章 ASP.NET 动态数据和 MVC

# 第 35 章

## 核心 WPF

本章内容:

- 用作基本绘图元素的形状和几何图形
- 利用转换功能实现缩放、旋转和倾斜
- 填充背景的画笔
- WPF 控件及其特性
- 用 WPF 面板定义布局
- 样式、模板和资源
- 触发器和 Visual State Manager
- 动画
- 3D

Windows Presentation Foundation(WPF)是为智能客户端应用程序创建 UI 的一个库。本章介绍 WPF 的重要概念,讨论大量不同的控件及其类别,说明如何用面板安排控件,如何使用样式、资源和模板定制外观,如何用触发器和动画添加动态操作,并介绍 WPF 的 3D 操作。

### 35.1 概述

WPF 的一个主要特性是设计人员和开发人员的工作很容易分开。设计人员的工作成果可以直接供开发人员使用。为此,必须理解 XAML。XAML 语法可参见第 27 章。

本章的第一个主题是概述 WPF 使用的类层次结构和类别,包括理解 XAML 的原则的额外信息。WPF 由几个包含了上千个类的程序集组成。因此用户可以在这些类中导航,查找需要的类,大致了解 WPF 中的类层次结构和名称空间。

#### 35.1.1 名称空间

Windows 窗体类和 WPF 类很容易混淆。Windows 窗体类位于 `System.Windows.Forms` 名称空间,而 WPF 类位于 `System.Windows` 名称空间及其子名称空间中,但不位于 `System.Windows.Forms` 名称空间。Windows 窗体的 Button 类的全称是 `System.Windows.Forms.Button`,而用于 WPF 的 Button 类的全称是 `System.Windows.Controls.Button`。Windows 窗体参见第 39 章。

WPF 的名称空间及其功能如表 35-1 所述。



表 35-1

名称空间	说明
System.Windows	这是 WPF 的核心名称空间，其中包含 WPF 的核心类，如 Application 类、用于依赖对象的类、DependencyObject 和 DependencyProperty，所有 WPF 元素的基类 FrameworkElement
System.Windows.Annotations	这个名称空间中的类用于用户在应用程序数据上创建的注释和备注，它们与文档分开存储。System.Windows.Annotations.Storage 名称空间包含存储注释的类
System.Windows.Automation	System.Windows.Automation 名称空间用于自动完成 WPF 应用程序。它有几个子名称空间。System.Windows.Automation.Peers 名称空间提供用于自动化的 WPF 元素，如 ButtonAutomationPeer 和 CheckBoxAutomationPeer。如果创建自定义自动化提供程序，就需要 System.Windows.Automation.Provider 名称空间
System.Windows.Baml2006	这个名称空间是 .NET 4 新增的，包含 Baml2006Reader 类，它用于读取二进制标记语言，生成 XAML
System.Windows.Controls	这个名称空间包含所有 WPF 控件，如 Button、Border、Canvas、ComboBox、Expander、Slider、ToolTip、TreeView 等。System.Windows.Controls.Primitives 名称空间包含在复杂控件中使用的类，如 Popup、ScrollBar、StatusBar、TabPanel 等
System.Windows.Converters	这个名称空间包含用于数据转换的类。但它没有包含所有转换类。核心转换类在 System.Windows 名称空间中定义
System.Windows.Data	这个名称空间由 WPF 数据绑定使用。其中的一个重要类是 Binding 类，它用于定义 WPF 目标元素和 CLR 源之间的绑定。数据绑定参见第 36 章
System.Windows.Documents	在处理文档时，使用这个名称空间中的许多类很有帮助。内容元素 FixedDocument 和 FlowDocument 可以包含这个名称空间中的其他元素。System.Windows.Documents.Serialization 名称空间中的类可以将文档写入磁盘。这个名称空间中的类参见第 37 章
System.Windows.Ink	Windows Tablet PC 和 Ultra Mobile PC 用得越来越多。在这些 PC 上，喷墨可以用于用户输入。System.Windows.Ink 名称空间包含处理喷墨输入的类
System.Windows.Input	这个名称空间包含的几个类用于命令处理、键盘输入、使用触笔等
System.Windows.Interop	这个名称空间中的类用于集成 Win32 和 WPF
System.Windows.Markup	用于 XAML 标记代码的帮助类位于这个名称空间
System.Windows.Media	要使用图像、音频和视频内容，可以使用这个名称空间中的类
System.Windows.Navigation	这个名称空间包含在窗口之间导航的类
System.Windows.Resources	这个名称空间包含资源的支持类
System.Windows.Shapes	UI 的核心类位于这个名称空间，如 Line、Ellipse、Rectangle 等
System.Windows.Threading	把 WPF 元素绑定到单个线程上。这个名称空间中的类可以处理多个线程，如 Dispatcher 类就属于这个名称空间

(续表)

名称空间	说明
System.Windows.Xps	XPS (XML Paper Specification, XML 纸张规范)是一个新的文档规范, Microsoft Word 也支持该规范。System.Windows.Xps、System.Windows.Xps.Packaging 和 System.Windows.Xps.Serialization 名称空间包含用于创建和流式传输 XPS 文档的类

### 35.1.2 类层次结构

WPF 包含上千个类, 有很深的层次结构。为了帮助理解类之间的关系, 图 35-1 列出了一些 WPF 类。表 35-2 描述了一些类及其功能。

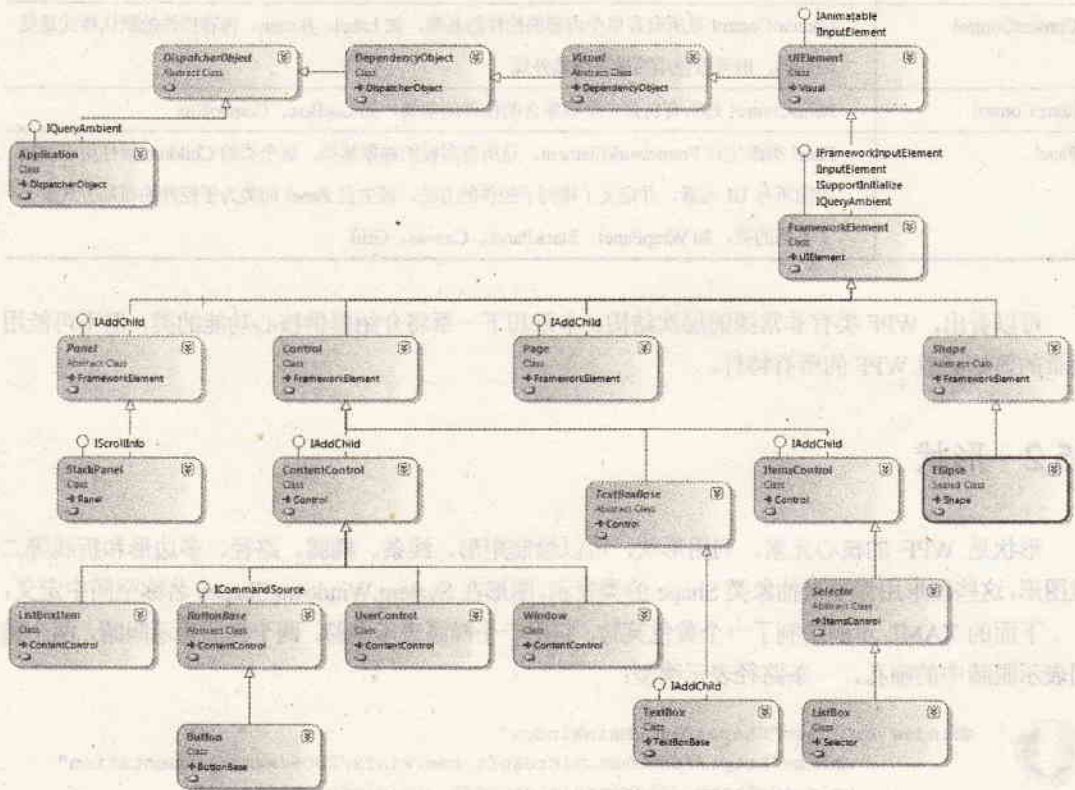


图 35-1

表 35-2

类	说明
DispatcherObject	DispatcherObject 是一个抽象基类, 用于绑定到一个线程上的类。WPF 控件要求仅从创建线程中调用方法和属性。派生自 DispatcherObject 的类有一个关联的 Dispatcher 对象, 它可以用于切换线程
Application	在 WPF 应用程序中, 会创建 Application 类的一个实例。这个类实现单一模式, 用于访问应用程序的窗口、资源和属性

(续表)

类	说 明
DependencyObject	DependencyObject 是所有支持依赖属性的类的基类。依赖属性参见第 27 章
Visual	所有可见元素的基类是 Visual。这个类包含单击测试和转换等特性
UIElement	所有需要基本显示功能的 WPF 元素的抽象基类是 UIElement。这个类提供鼠标移动、拖放、按键单击的隧道和冒泡事件；提供可以由派生类重写的虚呈现方法；以及布局方法。WPF 不再使用 Window 句柄，这个类就可以用作 Window 句柄
FrameworkElement	FrameworkElement 派生自基类 UIElement，并实现由基类定义的方法的默认行为
Shape	Shape 是所有图形元素的基类，如 Line、Ellipse、Polygon、Rectangle
Control	Control 派生自 FrameworkElement，是所有用户交互元素的基类
ContentControl	ContentControl 是所有有单个内容的控件的基类，如 Label、Button。内容控件的默认样式是受限制的，但可以使用模板改变其外观
ItemsControl	ItemsControl 是所有包含一个项集合的控件的基类，如 ListBox、ComboBox
Panel	Panel 类派生自 FrameworkElement，是所有面板的抽象基类，这个类的 Children 属性用于面板中的所有 UI 元素，并定义了排列子控件的方法。派生自 Panel 的类为子控件的布局方式定义了不同的类，如 WrapPanel、StackPanel、Canvas、Grid

可以看出，WPF 类有非常深的层次结构。本章和下一章将介绍提供核心功能的类，但不可能用两章的篇幅涵盖 WPF 的所有特性。

## 35.2 形状

形状是 WPF 的核心元素。利用形状，可以绘制矩形、线条、椭圆、路径、多边形和折线等二维图形，这些图形用派生自抽象类 Shape 的类表示。图形在 System.Windows.Shapes 名称空间中定义。

下面的 XAML 示例绘制了一个黄色笑脸，它用一个椭圆表示笑脸，两个椭圆表示眼睛，两个椭圆表示眼睛中的瞳孔，一条路径表示嘴型：



```
<Window x:Class="ShapesDemo.MainWindow"
        xmlns="http://schemas.microsoft.com/winfx/2006/xaml/presentation"
        xmlns:x="http://schemas.microsoft.com/winfx/2006/xaml"
        Title="Window1" Height="300" Width="300">
  <Canvas>
    <Ellipse Canvas.Left="10" Canvas.Top="10" Width="100" Height="100" Stroke="Blue"
            StrokeThickness="4" Fill="Yellow" />
    <Ellipse Canvas.Left="30" Canvas.Top="12" Width="60" Height="30">
      <Ellipse.Fill>
        <LinearGradientBrush StartPoint="0.5,0" EndPoint="0.5, 1">
          <GradientStop Offset="0.1" Color="DarkGreen" />
          <GradientStop Offset="0.7" Color="Transparent" />
        </LinearGradientBrush>
      </Ellipse.Fill>
    </Ellipse>
    <Ellipse Canvas.Left="30" Canvas.Top="35" Width="25" Height="20" Stroke="Blue"
```

```

        StrokeThickness="3" Fill="White" />
<Ellipse Canvas.Left="40" Canvas.Top="43" Width="6" Height="5" Fill="Black" />

<Ellipse Canvas.Left="65" Canvas.Top="35" Width="25" Height="20" Stroke="Blue"
    StrokeThickness="3" Fill="White" />
<Ellipse Canvas.Left="75" Canvas.Top="43" Width="6" Height="5" Fill="Black" />
<Path Name="mouth" Stroke="Blue" StrokeThickness="4"
    Data="M 40,74 Q 57,95 80,74 " />
</Canvas>
</Window>

```

代码段 ShapesDemo/MainWindow.xaml

图 35-2 显示了这些 XAML 代码的结果。

无论是按钮还是线条、矩形等图形，所有这些 WPF 元素都可以通过编程来访问。把 Path 元素的 Name 或 x:Name 属性设置为 mouth，就可以用变量名 mouth 以编程方式访问这个元素：

```

<Path Name="mouth" Stroke="Blue" StrokeThickness="4"
    Data="M 40,74 Q 57,95 80,74 " />

```

在 Path 元素的代码隐藏属性 Data 中，把 mouth 设置为一个新的图形。为了设置路径，Path 类支持 PathGeometry 和路径标记语法。字母 M 定义了路径的起点，字母 Q 指定了二次贝塞尔曲线的一个控制点和一个终点。运行应用程序，会看到如图 35-3 所示的窗口。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

public MainWindow()
{
    InitializeComponent();
    mouth.Data = Geometry.Parse("M 40,92.Q 57,75 80,92");
}

```

代码段 ShapesDemo/MainWindow.xaml.cs



图 35-2



图 35-3

表 35-3 描述了 System.Windows.Shapes 名称空间中可用的图形。

表 35-3

Shape 类	说 明
Line	可以在坐标(X1,Y1)到(X2,Y2)之间绘制一条线
Rectangle	使用 Rectangle 类，通过指定 Width 和 Height 可以绘制一个矩形
Ellipse	使用 Ellipse 类，可以绘制一个椭圆
Path	使用 Path 类可以绘制一系列直线和曲线。Data 属性是 Geometry 类型。还可以使用派生自基类 Geometry 的类绘制图形，或使用路径标记语法来定义图形

(续表)

Shape 类	说 明
Polygon	使用 Polygon 类可以绘制由线段连接而成的封闭图形。多边形由一系列赋予 Points 属性的 Point 对象定义
Polyline	类似于 Polygon 类, 使用 Polyline 也可以绘制连接起来的线段。与多边形的区别是折线不一定是封闭图形

### 35.3 几何图形

其中一种形状 Path 使用 Geometry 来绘图。Geometry 元素也可用于其他地方, 如用于 DrawingBrush。

Geometry 元素非常类似于形状。与 Line、Ellipse 和 Rectangle 形状一样, 也有绘制这些形状的 Geometry 元素: LineGeometry、EllipseGeometry 和 RectangleGeometry。形状与几何图形有显著的区别。Shape 是一个 FrameworkElement, 可以用于把 UIElement 用作其子元素的任意类。FrameworkElement 派生自 UIElement。形状会参与系统的布局, 并呈现自身。而 Geometry 类不呈现自身, 特性和系统开销也比 Shape 类少。Geometry 类派生自 Freezable 基类, 可以在多个线程中共享。

Path 类使用 Geometry 来绘图。几何图形可以用 Path 的 Data 属性设置。可以设置的简单的几何图形元素有绘制椭圆的 EllipseGeometry、绘制线条的 LineGeometry 和绘制矩形的 RectangleGeometry。如下面的示例所示, 使用 CombineGeometry 可以合并多个几何图形。

CombineGeometry 有 Geometry1 和 Geometry2 属性, 使用 GeometryCombineMode 可以合并它们, 构成 Union、Intersect、Xor 和 Exclude。Union 会合并两个几何图形, Intersect 只取两个几何图形都覆盖的区域, Xor 与 Intersect 相反, 显示一个几何图形覆盖的区域, 但不显示两个几何图形都覆盖的区域。Exclude 显示第一个几何图形减去第二个几何图形的区域。

下面的示例合并了一个 EllipseGeometry 和一个 RectangleGeometry, 生成并集, 如图 35-4 所示。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
<Path Canvas.Top="0" Canvas.Left="250" Fill="Blue" Stroke="Black">
  <Path.Data>
    <CombinedGeometry GeometryCombineMode="Union">
      <CombinedGeometry.Geometry1>
        <EllipseGeometry Center="80,60" RadiusX="80" RadiusY="40" />
      </CombinedGeometry.Geometry1>
      <CombinedGeometry.Geometry2>
        <RectangleGeometry Rect="30,60 105 50" />
      </CombinedGeometry.Geometry2>
    </CombinedGeometry>
  </Path.Data>
</Path>
```

代码段 GeometryDemo/MainWindow.xaml

也可以使用段来创建几何图形。几何图形类 PathGeometry 使用段来绘图。下面的代码段使用 BezierSegment 和 LineSegment 元素来绘制一个红色的图形和一个绿色的图形, 如图 35-5 所示。第一个 BezierSegment 在图形的起点(70,40)、终点(150,63)、控制点(90,37)和(130,46)之间绘制了一条贝



图 35-4

塞尔曲线。下面的 `LineSegment` 使用贝塞尔曲线的终点和(120,110)绘制了一条线段:

```
<Path Canvas.Left="0" Canvas.Top="0" Fill="Red" Stroke="Blue"
      StrokeThickness="2.5">
  <Path.Data>
    <GeometryGroup>
      <PathGeometry>
        <PathGeometry.Figures>
          <PathFigure StartPoint="70,40" IsClosed="True">
            <PathFigure.Segments>
              <BezierSegment Point1="90,37" Point2="130,46"
                             Point3="150,63" />
              <LineSegment Point="120,110" />
              <BezierSegment Point1="100,95" Point2="70,90"
                             Point3="45,91" />
              <LineSegment Point="70,40" />
            </PathFigure.Segments>
          </PathFigure>
        </PathGeometry.Figures>
      </PathGeometry>
    </GeometryGroup>
  </Path.Data>
</Path>

<Path Canvas.Left="0" Canvas.Top="0" Fill="Green" Stroke="Blue"
      StrokeThickness="2.5">
  <Path.Data>
    <GeometryGroup>
      <PathGeometry>
        <PathGeometry.Figures>
          <PathFigure StartPoint="160,70">
            <PathFigure.Segments>
              <BezierSegment Point1="175,85" Point2="200,99"
                             Point3="215,100" />
              <LineSegment Point="195,148" />
              <BezierSegment Point1="174,150" Point2="142,140"
                             Point3="129,115" />
              <LineSegment Point="160,70" />
            </PathFigure.Segments>
          </PathFigure>
        </PathGeometry.Figures>
      </PathGeometry>
    </GeometryGroup>
  </Path.Data>
</Path>
```

除了 `BezierSegment` 和 `LineSegment` 元素之外,还可以使用 `ArcSegment` 元素在两点之间绘制圆弧。使用 `PolyLineSegment` 可以绘制一组线段, `PolyBezierSegment` 由多条贝塞尔曲线组成, `QuadraticBezierSegment` 创建一条二次贝塞尔曲线, `PolyQuadraticBezierSegment` 由多条二次贝塞尔曲线组成。

使用 `StreamGeometry` 可以进行高效的绘图。通过编程,可以利用 `StreamGeometryContext` 类的成员创建线段、贝塞尔曲线和圆弧,以定义图形。通过 XAML 可以使



图 35-5

用路径标记语法。路径标记语法可以与 Path 类的 Data 属性一起使用，来定义 StreamGeometry。特殊字符定义点的连接方式。在下面的示例中，M 标记起点，L 是到指定点的线条命令，Z 是闭合图形的闭合命令。图 35-6 显示了这个绘图操作的结果。路径标记语法允许使用更多的命令，如水平线(H)、垂直线(V)、三次贝塞尔曲线(C)、二次贝塞尔曲线(Q)、光滑的三次贝塞尔曲线(S)、光滑的二次贝塞尔曲线(T)，以及椭圆弧(A)：

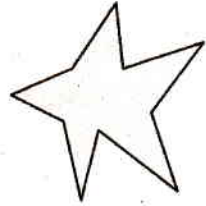


图 35-6

```
<Path Canvas.Left="0" Canvas.Top="200" Fill="Yellow" Stroke="Blue"
      StrokeThickness="2.5"
      Data="M 120,5 L 128,80 L 220,50 L 160,130 L 190,220 L 100,150 L 80,230 L
          60,140 L0,110 L70,80 Z" StrokeLineJoin="Round">
</Path>
```

## 35.4 变换

因为 WPF 基于矢量，所以可以重置每个元素的大小。基于矢量的图形现在可以缩放、旋转和倾斜。即使不需要手工计算位置，也可以进行单击测试(如移动鼠标和鼠标单击)。

给 Canvas 元素的 LayoutTransform 属性添加 ScaleTransform 元素，如下所示，把整个画布的内容在 X 和 Y 方向上放大两倍。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
<Canvas.LayoutTransform>
  <ScaleTransform ScaleX="1.5" ScaleY="1.5" />
</Canvas.LayoutTransform>
```

代码段 TransformationDemo/MainWindow.xaml

旋转与缩放的执行方式相同。使用 RotateTransform 元素，可以定义旋转的角度：

```
<Canvas.LayoutTransform>
  <RotateTransform Angle="40" />
</Canvas.LayoutTransform>
```

对于倾斜，可以使用 SkewTransform 元素。此时可以指定 X 和 Y 方向的倾斜角度：

```
<Canvas.LayoutTransform>
  <SkewTransform AngleX="20" AngleY="25" />
</Canvas.LayoutTransform>
```

为了同时执行旋转和倾斜操作，可以定义一个 TransformGroup，它同时包含 RotateTransform 和 SkewTransform。也可以定义一个 MatrixTransform，其中 Matrix 元素指定了用于拉伸的 M11 和 M22 属性，以及用于倾斜的 M12 和 M21 属性。

```
<Canvas.LayoutTransform>
  <MatrixTransform>
    <MatrixTransform.Matrix>
      <Matrix M11="0.8" M22="1.6" M12="1.3" M21="0.4" />
    </MatrixTransform.Matrix>
  </MatrixTransform>
</Canvas.LayoutTransform>
```

图 35-7 显示了这些变换的结果。这些图放在一个 StackPanel 中。从左到右，第 1 个图重置了大小，第 2 个图旋转了，第 3 个图倾斜了，第 4 个图使用一个矩阵进行变换。为了更容易看出它们的区别，可以把 Canvas 元素的 Background 属性设置为不同的颜色。

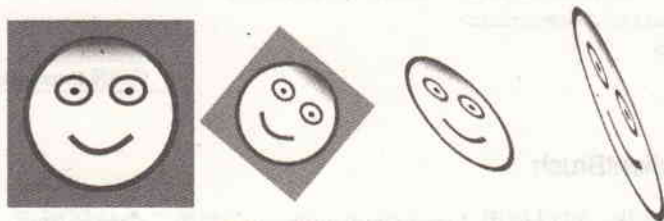


图 35-7

## 35.5 画笔

本节介绍如何使用 WPF 提供的画笔绘制背景和前景。本节将参考图 35-8，它显示了在 Button 元素的一条 Path 和 Background 属性上使用各种画笔的效果。

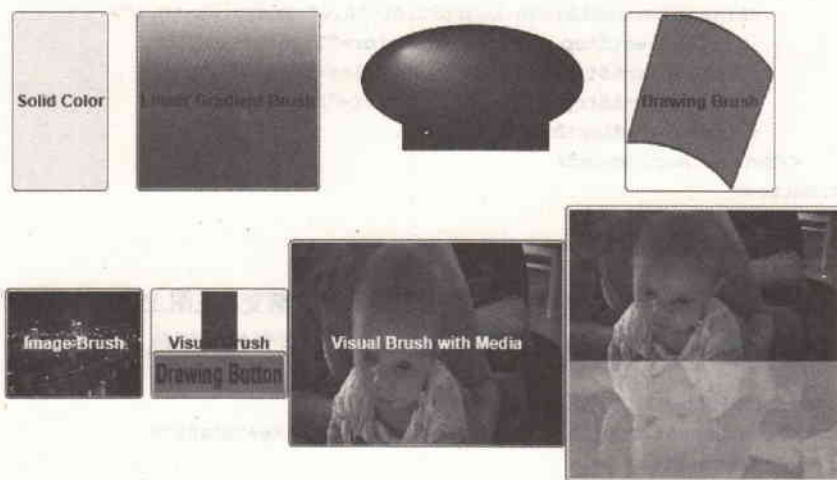


图 35-8

### 35.5.1 SolidColorBrush

图 35-8 中的第一个按钮使用了 SolidColorBrush，顾名思义，这支画笔使用纯色。全部区域用同一种颜色绘制。

把 Background 属性设置为定义纯色的字符串，就可以定义纯色。使用 BrushValueSerializer 把该字符串转换为一个 SolidColorBrush 元素。

```
<Button Height="30" Background="PapayaWhip"> Solid Color</Button>
```



当然，设置 `Background` 子元素，把 `SolidColorBrush` 元素添加为它的内容，也可以得到同样效果。应用程序中的第一个按钮把 `PapayaWhip` 用作纯背景色：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
<Button Content="Solid Color" Margin="10">
  <Button.Background>
    <SolidColorBrush Color="PapayaWhip" />
  </Button.Background>
</Button>
```

代码段 `BrushesDemo/MainWindow.xaml`

### 35.5.2 LinearGradientBrush

对于平滑的颜色变化，可以使用 `LinearGradientBrush`，如第二个按钮所示。这个画笔定义了 `StartPoint` 和 `EndPoint` 属性。使用这些属性可以为线性渐变指定二维坐标。默认的渐变方向是从(0,0)到(1,1)的对角线。定义其他值可以给渐变指定不同的方向。例如，`StartPoint` 指定为(0,0)，`EndPoint` 指定为(0,1)，就得到了一个垂直渐变。`StartPoint` 不变，`EndPoint` 值指定为(1,0)，就得到了一个水平渐变。

通过该画笔的内容，可以用 `GradientStop` 元素定义指定偏移位置的颜色值。在各个偏移位置之间，颜色是平滑过渡的。

```
<Button Content="Linear Gradient Brush" Margin="10">
  <Button.Background>
    <LinearGradientBrush StartPoint="0,0" EndPoint="0,1">
      <GradientStop Offset="0" Color="LightGreen" />
      <GradientStop Offset="0.4" Color="Green" />
      <GradientStop Offset="1" Color="DarkGreen" />
    </LinearGradientBrush>
  </Button.Background>
</Button>
```

### 35.5.3 RadialGradientBrush

使用 `RadialGradientBrush` 可以以放射方式产生平滑的颜色渐变。在图 35-8 中，第 3 个元素 `Path` 使用了 `RadialGradientBrush`。该画笔定义了从 `GradientOrigin` 点开始的颜色。

```
<Canvas Width="200" Height="150">
  <Path Canvas.Top="0" Canvas.Left="20" Stroke="Black">
    <Path.Fill>
      <RadialGradientBrush GradientOrigin="0.2,0.2">
        <GradientStop Offset="0" Color="LightBlue" />
        <GradientStop Offset="0.6" Color="Blue" />
        <GradientStop Offset="1.0" Color="DarkBlue" />
      </RadialGradientBrush>
    </Path.Fill>
  <Path.Data>
    <CombinedGeometry GeometryCombineMode="Union">
      <CombinedGeometry.Geometry1>
        <EllipseGeometry Center="80,60" RadiusX="80"
          RadiusY="40" />
      </CombinedGeometry.Geometry1>
      <CombinedGeometry.Geometry2>
```

```

        <RectangleGeometry Rect="30,60 105 50" />
    </CombinedGeometry.Geometry2>
</CombinedGeometry>
</Path.Data>
</Path>
</Canvas>

```

### 35.5.4 DrawingBrush

**DrawingBrush** 可以定义用画笔绘制的图形。用画笔绘制的图形在 **GeometryDrawing** 元素中定义。**Geometry** 属性中的 **GeometryGroup** 元素包含本章前面讨论的 **Geometry** 元素。

```

<Button Content="Drawing Brush" Margin="10" Padding="10">
    <Button.Background>
        <DrawingBrush>
            <DrawingBrush.Drawing>
                <GeometryDrawing Brush="Red">
                    <GeometryDrawing.Pen>
                        <Pen>
                            <Pen.Brush>
                                <SolidColorBrush Blue />
                            </Pen.Brush>
                        </Pen>
                    </GeometryDrawing.Pen>
                    <GeometryDrawing.Geometry>
                        <PathGeometry>
                            <PathGeometry.Figures>
                                <PathFigure StartPoint="70,40">
                                    <PathFigure.Segments>
                                        <BezierSegment Point1="90,37"
                                            Point2="130,46" Point3="150,63" />
                                        <LineSegment Point="120,110" />
                                        <BezierSegment Point1="100,95"
                                            Point2="70,90" Point3="45,91" />
                                        <LineSegment Point="70,40" />
                                    </PathFigure.Segments>
                                </PathFigure>
                            </PathGeometry.Figures>
                        </GeometryDrawing.Geometry>
                    </GeometryDrawing>
                </DrawingBrush.Drawing>
            </DrawingBrush>
        </Button.Background>
    </Button>

```

### 35.5.5 ImageBrush

要把图像加载到画笔中，可以使用 **ImageBrush** 元素。通过这个元素，显示 **ImageSource** 属性定义的图像。图像可以从文件系统中访问，或者在程序集的资源中访问。在本例中，图像添加为程序集的一个资源，并通过程序集和资源名来引用：

```

<Button Content="Image Brush" Width="100" Height="80" Margin="5"
    Foreground="White">

```

```

<Button.Background>
  <ImageBrush ImageSource="/BrushesDemo;component/Budapest.jpg" />
</Button.Background>
</Button>

```

### 35.5.6 VisualBrush

**VisualBrush** 可以在画笔中使用其他 WPF 元素。下面给 **Visual** 属性添加一个 WPF 元素。图 35-8 中的第 6 个元素包含一个矩形和一个按钮。

```

<Button Content="Visual Brush" Width="100" Height="80">
  <Button.Background>
    <VisualBrush>
      <VisualBrush.Visual>
        <StackPanel Background="White">
          <Rectangle Width="25" Height="25" Fill="Blue" />
          <Button Content="Drawing Button" Background="Red" />
        </StackPanel>
      </VisualBrush.Visual>
    </VisualBrush>
  </Button.Background>
</Button>

```

可以给 **VisualBrush** 添加任意 **UIElement**。一个例子是可以使用 **MediaElement** 播放视频：

```

<Button Content="Visual Brush with Media" Width="200" Height="150"
  Foreground="White">
  <Button.Background>
    <VisualBrush>
      <VisualBrush.Visual>
        <MediaElement Source="./Stephanie.wmv" />
      </VisualBrush.Visual>
    </VisualBrush>
  </Button.Background>
</Button>

```

在 **VisualBrush** 中，还可以创建反射等有趣的效果。这里显示的按钮包含一个 **StackPanel**，它包含一个播放视频的 **MediaElement** 和一个 **Border**。**Border** 边框包含一个用 **VisualBrush** 填充的矩形。这支画笔定义了一个不透明值和一个变换。把 **Visual** 属性绑定到 **Border** 元素上。变换通过设置 **VisualBrush** 的 **RelativeTransform** 属性来完成。这个变换使用了相对坐标。把 **ScaleY** 设置为 -1，完成 Y 方向上的反射。**TranslateTransform** 在 Y 方向上移动变换，从而使反射效果位于原始对象的下面。图 35-8 中的第 8 个元素显示了其效果。



这里使用的数据绑定和 **Binding** 元素详见第 36 章。

```

<Button Width="200" Height="200" Foreground="White">
  <StackPanel>
    <MediaElement x:Name="reflected" Source="./Stephanie.wmv" />
    <Border Height="100">
      <Rectangle>

```

```

<Rectangle.Fill>
  <VisualBrush Opacity="0.35" Stretch="None"
    Visual="{Binding ElementName=reflected}">
    <VisualBrush.RelativeTransform>
      <TransformGroup>
        <ScaleTransform ScaleX="1" ScaleY="-1" />
        <TranslateTransform Y="1" />
      </TransformGroup>
    </VisualBrush.RelativeTransform>
  </VisualBrush>
</Rectangle.Fill>
</Rectangle>
</Border>
</StackPanel>
</Button>

```

## 35.6 控件

可以对 WPF 使用上百个控件。为了更好地理解它们，我们把控件分为如下几组：

- 简单控件
- 内容控件
- 带标题的内容控件
- 项控件
- 带标题的项控件
- 修饰控件

### 35.6.1 简单控件

简单控件是没有 Content 属性的控件。例如，Button 类可以包含任意形状或任意元素，这对于简单控件没有问题。表 35-4 列出了简单控件及其功能。

表 35-4

简单控件	说明
PasswordBox	PasswordBox 控件用于输入密码。这个控件有用于输入密码的专用属性，例如，PasswordChar 属性定义了用户在输入密码时显示的字符，Password 属性可以访问输入的密码。PasswordChanged 事件在修改密码时立即调用
ScrollBar	ScrollBar 控件包含一个 Thumb，用户可以从 Thumb 中选择一个值。例如，如果文档在屏幕中放不下，就可以使用滚动条。一些控件包含滚动条，如果内容过多，就显示滚动条
ProgressBar	使用 ProgressBar 控件，可以指示时间较长的操作的进度
Slider	使用 Slider 控件，用户可以移动 Thumb，选择一个范围的值。ScrollBar、ProgressBar 和 Slider 派生自同一个基类 RangeBase
Textbox	Textbox 控件用于显示简单的无格式文本

(续表)

简单控件	说明
RichTextbox	RichTextbox 控件通过 FlowDocument 类支持带格式的文本。RichTextBox 和 TextBox 派生自同一个基类 TextBoxBase
Calendar	Calendar 控件是 .NET 4 新增的，它可以显示年份、月份或 10 年。用户可以选择一个日期或日期范围
DatePicker	DatePicker 控件会打开 Calendar 屏幕，供用户选择日期



尽管简单控件没有 Content 属性，但通过定义模板，完全可以定制这些控件的外观。模板详见本章后面的内容。

### 35.6.2 内容控件

ContentControl 有 Content 属性，利用 Content 属性，可以给控件添加任意内容。因为 Button 类派生自基类 ContentControl，所以可以在这个控件中添加任意内容。在上面的例子中，在 Button 类中有一个 Canvas 控件。表 35-5 列出了内容控件。

表 35-5

ContentControl 控件	说明
Button RepeatButton ToggleButton CheckBox RadioButton	Button、RepeatButton、ToggleButton 和 GridViewColumnHeader 类派生自同一个基类 ButtonBase。所有这些按钮都响应 Click 事件。RepeatButton 类会重复引发 Click 事件，直到释放按钮为止。ToggleButton 是 CheckBox 和 RadioButton 的基类。这些按钮有关状态。CheckBox 可以由用户选择和取消选择，RadioButton 可以由用户选择。清除 RadioButton 的选择必须通过编程方式实现
Label	Label 类表示控件的文本标签。这个类也支持访问键，如菜单命令
Frame	Frame 控件支持导航。使用 Navigate() 方法可以导航到一个页面内容上。如果该内容是一个网页，就使用浏览器控件来显示
ListBoxItem	ListBoxItem 是 ListBox 控件中的一项
StatusBarItem	StatusBarItem 是 StatusBar 控件中的一项
ScrollViewer	ScrollViewer 控件是一个包含滚动条的内容控件，可以把任意内容放入这个控件中，滚动条会在需要时显示
ToolTip	ToolTip 创建一个弹出窗口，以显示控件的附加信息
UserControl	将 UserControl 类用作基类，可以为创建自定义控件提供一种简单方式。但是，基类 UserControl 不支持模板
Window	Window 类可以创建窗口和对话框。使用这个类，会获得一个带有最小化/最大化/关闭按钮和系统菜单的框架。在显示对话框时，可以使用 ShowDialog() 方法，Show() 方法会打开一个窗口
NavigationWindow	类 NavigationWindow 派生自 Window 类，支持内容导航

只有一个 Frame 控件包含在下面 XAML 代码的因为把 Window 中。因为把 Source 属性设置为 <http://www.thinktecture.com>, 所以 Frame 控件导航到这个网站上, 如图 35-9 所示。

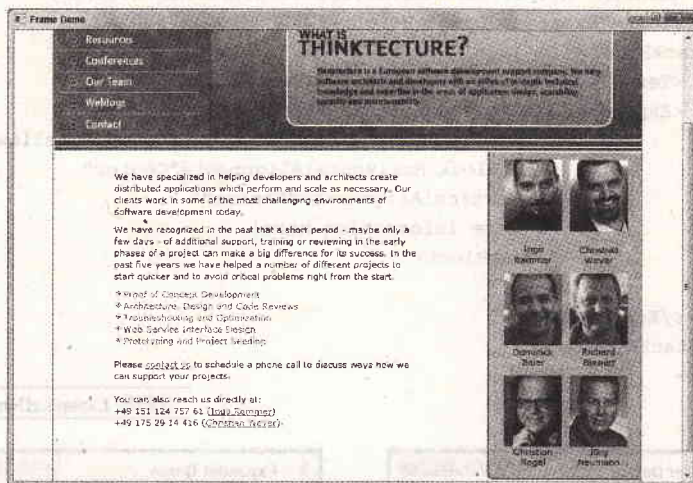


图 35-9



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
<Window x:Class="FrameDemo.MainWindow"
        xmlns="http://schemas.microsoft.com/winfx/2006/xaml/presentation"
        xmlns:x="http://schemas.microsoft.com/winfx/2006/xaml"
        Title="Frame Demo" Height="240" Width="500">
    <Frame Source="http://www.thinktecture.com" />
</Window>
```

代码段 FrameDemo/MainWindow.xaml

### 35.6.3 带标题的内容控件

带标题的内容控件派生自 HeaderContentControl 基类。HeaderContentControl 类又派生自基类 ContentControl。HeaderContentControl 类的 Header 属性定义了标题的内容, HeaderTemplate 属性可以对标题进行完全的定制。派生自基类 HeaderContentControl 的控件如表 35-6 所示。

表 35-6

HeaderContentControl	说 明
Expander	使用 Expander 控件, 可以创建一个带对话框的“高级”模式, 它在默认情况下不显示所有的信息, 只有用户展开它, 才会显示更多的信息。在未展开模式下, 只显示标题信息; 在展开模式下, 显示内容
GroupBox	GroupBox 控件提供了边框和标题来组合控件
TabItem	TabItem 控件是 TabControl 类中的项。TabItem 的 Header 属性定义了标题的内容, 这些内容用 TabControl 的标签显示

Expander 控件的简单用法如下面的例子所示。把 Expander 控件的 Header 属性设置为 Click for more。这个文本用于显示扩展。这个控件的内容只有在控件展开时才显示。图 35-10 中的应用程序包含折叠的 Expander 控件, 图 35-11 中的同一个应用程序包含展开的 Expander 控件。



```
<Window x:Class="ExpanderDemo.MainWindow"
        xmlns="http://schemas.microsoft.com/winfx/2006/xaml/presentation"
        xmlns:x="http://schemas.microsoft.com/winfx/2006/xaml"
        Title="Expander Demo" Height="240" Width="500">
    <StackPanel>
        <TextBlock> Short information</TextBlock>
        <Expander Header="Additional Information">
            <Border Height="200" Width="200" Background="Yellow">
                <TextBlock HorizontalAlignment="Center"
                    VerticalAlignment="Center">
                    More information here!
                </TextBlock>
            </Border>
        </Expander>
    </StackPanel>
</Window>
```

代码段 ExpanderDemo/MainWindow.xaml

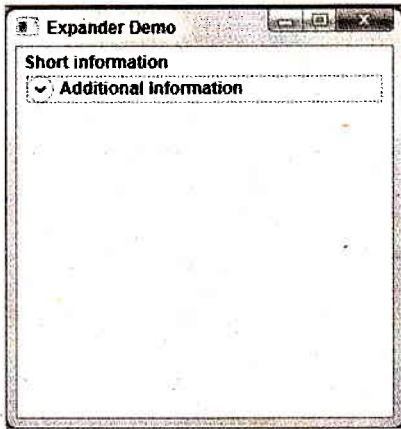


图 35-10

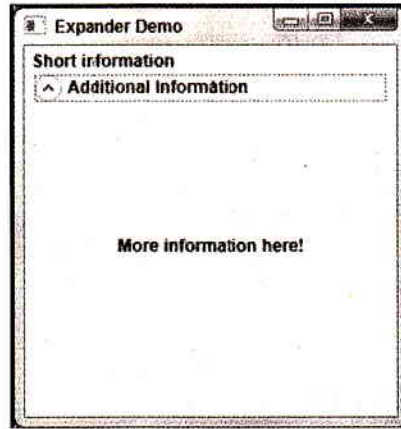


图 35-11



在展开 Expander 控件时, 如果要修改该控件的标题文本, 就可以创建一个触发器。触发器详见本章后面的内容。

### 35.6.4 项控件

ItemsControl 类包含一个可以用 Items 属性访问的数据项列表。派生自 ItemsControl 的类如表 35-7 所示。

表 35-7

ItemsControl	说 明
Menu	Menu 类和 ContextMenu 类派生自抽象基类 MenuBase。把 MenuItem 元素放在数据项列表和相关的命令中, 就可以给用户 提供菜单
ContextMenu	

(续表)

ItemsControl	说 明
StatusBar	StatusBar 控件通常显示在应用程序的底部, 为用户提供状态信息。可以把 StatusBarItem 元素放在 StatusBar 列表中
TreeView	要分层显示数据项, 可以使用 TreeView 控件
ListBox ComboBox TabControl	ListBox、ComboBox 和 TabControl 都有相同的抽象基类 Selector。这个基类可以从列表中选择数据项。ListBox 显示列表中的数据项, ComboBox 有一个附带的 Button 控件, 只有单击该按钮, 才会显示数据项。在 TabControl 中, 内容可以排列为表格形式
DataGrid	DataGrid 控件是显示数据的可定制网格, 这个控件是 .NET 4 新增的, 详见下一章

### 35.6.5 带标题的项控件

HeaderItemsControl 是不仅包含数据项而且包含标题的控件的基类。HeaderItemsControl 类派生自 ItemsControl。

派生自 HeaderItemsControl 的类如表 35-8 所示。

表 35-8

HeaderedItemsControl	说 明
MenuItem	菜单类 Menu 和 ContextMenu 包含 MenuItem 类型的数据项。菜单项可以连接到命令上, 因为 MenuItem 类实现了 ICommandSource 接口
TreeViewItem	TreeViewItem 类可以包含 TreeViewItem 类型的数据项
ToolBar	ToolBar 控件是一组控件(通常是 Button 和 Separator 元素)的容器。可以将 ToolBar 放在 ToolBarTray 中, 它会重新排列 ToolBar 控件

### 35.6.6 修饰

给单个元素添加修饰可以使用 Decorator 类完成。Decorator 是一个基类, 派生自它的类有 Border、Viewbox 和 BulletDecorator。主题元素如 ButtonChrome 和 ListBoxChrome 也是修饰器。

下面的例子说明了 Border、Viewbox 和 BulletDecorator 类, 如图 35-12 所示。



图 35-12

Border 类给予元素四周添加边框, 以修饰子元素。可以给予元素定义画笔和边框的宽度、背景、圆角半径和填充图案:





可从  
wrox.com  
下载源代码

```
<Border BorderBrush="Violet" BorderThickness="5.5">
  <Label>Label with a border</Label>
</Border>
```

代码段 DecorationsDemo/MainWindow.xaml

**Viewbox** 将其子元素拉伸并缩放到可用的空间中。**StretchDirection** 和 **Stretch** 属性专用于 **Viewbox** 的功能，它们允许设置子元素是否双向拉伸，以及是否保持宽高比：

```
<Viewbox StretchDirection="Both" Stretch="Uniform">
  <Label>Label with a viewbox</Label>
</Viewbox>
```

**BulletDecorator** 类用一个项目符号修饰其子元素。子元素可以是任意元素(在本例中是一个组合框)。同样，项目符号也可以是任意元素，本例使用一个 **Image** 元素，也可以使用任意 **UIElement**：

```
<BulletDecorator>
  <BulletDecorator.Bullet>
    <Image Width="25" Height="25" Margin="5" HorizontalAlignment="Center"
      VerticalAlignment="Center"
      Source="/DecorationsDemo;component/images/apple1.jpg" />
  </BulletDecorator.Bullet>
  <BulletDecorator.Child>
    <ComboBox Margin="25,5,5,5" Width="120" HorizontalAlignment="Left">
      <ComboBoxItem>Granny Smith</ComboBoxItem>
      <ComboBoxItem>Gravenstein</ComboBoxItem>
      <ComboBoxItem>Golden Delicious</ComboBoxItem>
      <ComboBoxItem>Braeburn</ComboBoxItem>
    </ComboBox>
  </BulletDecorator.Child>
</BulletDecorator>
```

## 35.7 布局

为了定义应用程序的布局，可以使用派生自 **Panel** 基类的类。这里讨论几个布局容器。布局容器要完成两个主要任务：测量和排列。在测量时，容器要求其子控件有合适的大小。因为控件的整体大小不一定合适，所以容器需要确定和排列其子控件的大小和位置。

### 35.7.1 StackPanel

**Window** 可以只包含一个元素，作为其内容。如果要在其中包含多个元素，就可以将 **StackPanel** 用作 **Window** 的一个子元素，并在 **StackPanel** 的内容中添加元素。**StackPanel** 是一个简单的容器控件，只能逐个地显示元素。**StackPanel** 的方向可以是水平或垂直。**ToolBarPanel** 类派生自 **StackPanel**。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
<Window x:Class="LayoutDemo.StackPanelWindow"
  xmlns="http://schemas.microsoft.com/winfx/2006/xaml/presentation"
  xmlns:x="http://schemas.microsoft.com/winfx/2006/xaml"
  Title="StackPanelWindow" Height="300" Width="300">
  <StackPanel Orientation="Vertical">
    <Label>Label</Label>
    <TextBox>TextBox</TextBox>
```

```

<CheckBox>CheckBox</CheckBox>
<CheckBox>CheckBox</CheckBox>
<ListBox>
  <ListBoxItem>ListBoxItem One</ListBoxItem>
  <ListBoxItem>ListBoxItem Two</ListBoxItem>
</ListBox>
<Button>Button</Button>
</StackPanel>
</Window>

```

代码段 `LayoutDemo/StackPanelWindow.xaml`

在图 35-13 中，可以看到 `StackPanel` 垂直显示的子控件。

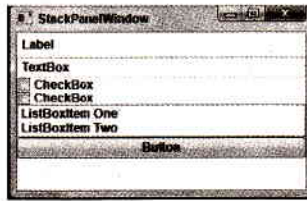


图 35-13

### 35.7.2 WrapPanel

`WrapPanel` 将子元素自左向右逐个地排列，若一个水平行中放不下，就排在下一行。面板的方向可以是水平或垂直。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

<Window x:Class="LayoutDemo.WrapPanelWindow"
  xmlns="http://schemas.microsoft.com/winfx/2006/xaml/presentation"
  xmlns:x="http://schemas.microsoft.com/winfx/2006/xaml"
  Title="WrapPanelWindow" Height="300" Width="300">
  <WrapPanel>
    <Button Width="100" Margin="5">Button</Button>
    <Button Width="100" Margin="5">Button</Button>
    <Button Width="100" Margin="5">Button</Button>
    <Button Width="100" Margin="5">Button</Button>
    <Button Width="100" Margin="5">Button</Button>
    <Button Width="100" Margin="5">Button</Button>
    <Button Width="100" Margin="5">Button</Button>
    <Button Width="100" Margin="5">Button</Button>
  </WrapPanel>
</Window>

```

代码段 `LayoutDemo/WrapPanelWindow.xaml`

图 35-14 显示了面板的排列结果。如果重新设置应用程序的大小，按钮就会重新排列，以便填满一行。

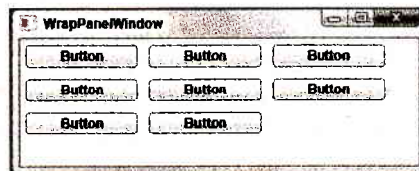


图 35-14

## 35.7.3 Canvas

Canvas 是一个允许显式指定控件位置的面板。它定义了相关的 Left、Right、Top 和 Bottom 属性，这些属性可以由子元素在面板中定位时使用。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
<Window x:Class="LayoutDemo.CanvasWindow"
        xmlns="http://schemas.microsoft.com/winfx/2006/xaml/presentation"
        xmlns:x="http://schemas.microsoft.com/winfx/2006/xaml"
        Title="CanvasWindow" Height="300" Width="300">
    <Canvas Background="LightBlue">
        <Label Canvas.Top="30" Canvas.Left="20"> Enter here:</Label>
        <TextBox Canvas.Top="30" Canvas.Left="120" Width="100"/>
        <Button Canvas.Top="70" Canvas.Left="130" Content="Click Me!" Padding="5" />
    </Canvas>
</Window>
```

代码段 LayoutDemo/CanvasWindow.xaml

图 35-15 显示了 Canvas 面板的结果，其中定位了子元素 Label、TextBox 和 Button。

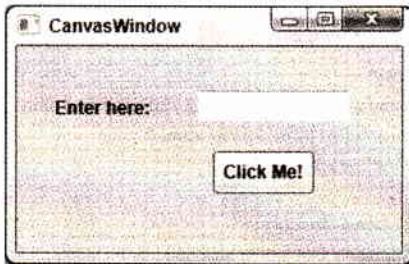


图 35-15

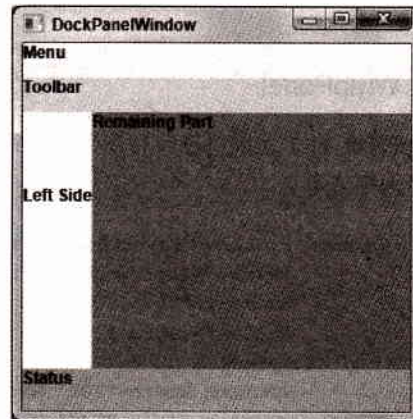


图 35-16

## 35.7.4 DockPanel

DockPanel 非常类似于 Windows 窗体的停靠功能。DockPanel 可以指定排列子控件的区域。DockPanel 定义了相关的 Dock 属性，可以在控件的子控件中将它设置为 Left、Right、Top 和 Bottom。图 35-16 显示了排列在 DockPanel 中的带边框的文本块。为了便于区别，为不同的区域指定了不同的颜色：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
<Window x:Class="LayoutDemo.DockPanelWindow"
        xmlns="http://schemas.microsoft.com/winfx/2006/xaml/presentation"
        xmlns:x="http://schemas.microsoft.com/winfx/2006/xaml"
        Title="DockPanelWindow" Height="300" Width="300">
    <DockPanel>
        <Border Height="25" Background="AliceBlue" DockPanel.Dock="Top">
            <TextBlock>Menu</TextBlock>
        </Border>
        <Border Height="25" Background="Aqua" DockPanel.Dock="Top">
```

```

        <TextBlock>Toolbar</TextBlock>
    </Border>
    <Border Height="30" Background="LightSteelBlue" DockPanel.Dock="Bottom">
        <TextBlock>Status</TextBlock>
    </Border>
    <Border Height="80" Background="Azure" DockPanel.Dock="Left">
        <TextBlock>Left Side</TextBlock>
    </Border>
    <Border Background="HotPink">
        <TextBlock>Remaining Part</TextBlock>
    </Border>
</DockPanel>
</Window>

```

代码段 `LayoutDemo/DockPanelWindow.xaml`

### 35.7.5 Grid

使用 `Grid`，可以在行和列中排列控件。对于每一列，可以指定一个 `ColumnDefinition`；对于每一行，可以指定一个 `RowDefinition`。下面的示例代码显示两列和三行。在每一列和每一行中，都可以指定宽度或高度。`ColumnDefinition` 有一个 `Width` 依赖属性，`RowDefinition` 有一个 `Height` 依赖属性。可以以像素、厘米、英寸或点为单位定义高度和宽度，或者把它们设置为 `Auto`，根据内容来确定其大小。`Grid` 还允许根据具体情况指定大小，即根据可用的空间以及与其他行和列的相对位置，计算行和列的空间。在为列提供可用空间时，可以将 `Width` 属性设置为 `*`。要使某一列的空间是另一列的两倍，应指定 `2*`。下面的示例代码定义了两列和三行，但没有定义列定义和行定义的其他设置，默认使用根据具体情况指定大小的设置。

这个 `Grid` 包含几个 `Label` 和 `TextBox` 控件。因为这些控件的父控件是 `Grid`，所以可以设置相关的 `Column`、`ColumnSpan`、`Row` 和 `RowSpan` 属性。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

<Window x:Class="LayoutDemo.GridWindow"
    xmlns="http://schemas.microsoft.com/winfx/2006/xaml/presentation"
    xmlns:x="http://schemas.microsoft.com/winfx/2006/xaml"
    Title="GridWindow" Height="300" Width="300">
    <Grid ShowGridLines="True">
        <Grid.ColumnDefinitions>
            <ColumnDefinition />
            <ColumnDefinition />
        </Grid.ColumnDefinitions>
        <Grid.RowDefinitions>
            <RowDefinition />
            <RowDefinition />
            <RowDefinition />
        </Grid.RowDefinitions>
        <Label Grid.Column="0" Grid.ColumnSpan="2" Grid.Row="0"
            VerticalAlignment="Center" HorizontalAlignment="Center" Content="Title" />
        <Label Grid.Column="0" Grid.Row="1" VerticalAlignment="Center"
            Content="Firstname:" Margin="10" />
        <TextBox Grid.Column="1" Grid.Row="1" Width="100" Height="30" />
        <Label Grid.Column="0" Grid.Row="2" VerticalAlignment="Center"
            Content="Lastname:" Margin="10" />
        <TextBox Grid.Column="1" Grid.Row="2" Width="100" Height="30" />
    </Grid>

```

```

</Grid>
</Window>

```

代码段 LayoutDemo/GridWindow.xaml

在 Grid 中排列控件的结果如图 35-17 所示。为了便于看到列和行，把 ShowGridLines 属性设置为 true。

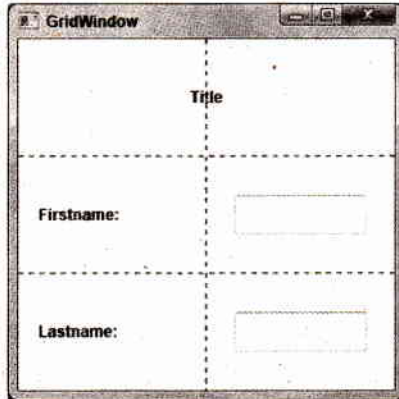


图 35-17



要使 Grid 的每个单元格有相同的尺寸，可以使用 UniformGrid 类。

## 35.8 样式和资源

设置 Button 元素的 FontSize 和 Background 属性，就可以定义 WPF 元素的外观，如 Button 元素所示：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
<Button Width="150" FontSize="12" Background="AliceBlue" Content="Click Me!" />
```

代码段 StylesAndResources/MainWindow.xaml

除了定义每个元素的外观之外，还可以定义用资源存储的样式。为了完全定制控件的外观，可以使用模板，再把它们存储到资源中。

### 35.8.1 样式

控件的 Style 属性可以赋予包含 Setter 相关联的 Style 元素。Setter 元素定义 Property 和 Value 属性，并给指定的属性设置一个值。这里设置 Background、FontSize 和 FontWeight 属性。把 Style 设置为 TargetType Button，以便可以直接访问 Button 的属性。如果没有设置样式的 TargetType，就可以通过 Button.Background、Button.FontSize 访问属性。如果需要设置不同元素类型的属性，这就很重要。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
<Button Width="150" Content="Click Me!">
  <Button.Style>
    <Style TargetType="Button">
      <Setter Property="Background" Value="Yellow" />
      <Setter Property="FontSize" Value="14" />
      <Setter Property="FontWeight" Value="Bold" />
    </Style>
  </Button.Style>
</Button>
```

代码段 StylesAndResources/MainWindow.xaml

直接通过 Button 元素设置 Style 对样式的共享没有什么帮助。样式可以放在资源中。在资源中，可以把样式赋予指定的元素，把一个样式赋予某一类型的所有元素，或者为该样式使用一个键。要把样式赋予某一类型的所有元素，可使用 Style 的 TargetType 属性，指定 x:Type 标记扩展{x:Type Button}，从而将样式赋予一个按钮。要定义需要引用的样式，必须设置 x:Key:

```
<Window.Resources>
  <Style TargetType="{x:Type Button}">
    <Setter Property="Background" Value="LemonChiffon" />
    <Setter Property="FontSize" Value="18" />
  </Style>
  <Style x:Key="ButtonStyle">
    <Setter Property="Button.Background" Value="Red" />
    <Setter Property="Button.Foreground" Value="White" />
    <Setter Property="Button.FontSize" Value="18" />
  </Style>
</Window.Resources>
```

在下面的 XAML 代码中第一个按钮没有用元素属性定义样式，而是使用为 Button 类型定义的样式。通过下一个按钮，把 Style 属性用 StaticResource 标记扩展设置为{StaticResource ButtonStyle}，其中因为 ButtonStyle 指定了前面定义的样式资源的键值，所以该按钮的背景为红色，前景是白色。

```
<Button Width="200" Content="Uses named style"
  Style="{StaticResource ButtonStyle}" Margin="3" />
```

除了把按钮的 Background 设置为单个值之外，还可以将 Background 属性设置为定义了渐变色的 LinearGradientBrush，如下所示：

```
<Style x:Key="FancyButtonStyle">
  <Setter Property="Button.FontSize" Value="22" />
  <Setter Property="Button.Foreground" Value="White" />
  <Setter Property="Button.Background">
    <Setter.Value>
      <LinearGradientBrush StartPoint="0,0" EndPoint="0,1">
        <GradientStop Offset="0.0" Color="LightCyan" />
        <GradientStop Offset="0.14" Color="Cyan" />
        <GradientStop Offset="0.7" Color="DarkCyan" />
      </LinearGradientBrush>
    </Setter.Value>
  </Setter>
</Style>
```

本例中下一个按钮的样式采用青色的线性渐变效果：

```
<Button Width="200" Content="Fancy button style"
        Style="{StaticResource FancyButtonStyle}" Margin="3" />
```

样式提供了一种继承方式。一个样式可以基于另一个样式。下面的 `AnotherButtonStyle` 样式基于 `FancyButtonStyle` 样式。它使用该样式定义的所有设置，且通过 `BasedOn` 属性引用，但 `Foreground` 属性除外，它设置为 `LinearGradientBrush`：

```
<Style x:Key="AnotherButtonStyle" BasedOn="{StaticResource FancyButtonStyle}"
      TargetType="Button">
  <Setter Property="Foreground">
    <Setter.Value>
      <LinearGradientBrush>
        <GradientStop Offset="0.2" Color="White" />
        <GradientStop Offset="0.5" Color="LightYellow" />
        <GradientStop Offset="0.9" Color="Orange" />
      </LinearGradientBrush>
    </Setter.Value>
  </Setter>
</Style>
```

最后一个按钮应用了 `AnotherButtonStyle`：

```
<Button Width="200" Content="Style inheritance"
        Style="{StaticResource AnotherButtonStyle}" Margin="3" />
```

图 35-18 显示了所有这些按钮的效果。



图 35-18

### 35.8.2 资源

从样式示例可以看出，样式通常存储在资源中。可以在资源中定义任意可冻结的元素。例如，前面为按钮的背景样式创建了画笔，它本身就可以定义为一个资源，这样就可以在需要画笔的地方使用它。

下面的示例在 `StackPanel` 资源中定义一个 `LinearGradientBrush`，它的键名是 `MyGradientBrush`。`Button1` 使用 `StaticResource` 标记扩展将 `Background` 属性赋予 `MyGradientBrush` 资源。图 35-19 显示了这段 XAML 代码的结果。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
<StackPanel x:Name="myContainer">
  <StackPanel.Resources>
    <LinearGradientBrush x:Key="MyGradientBrush" StartPoint="0,0"
      EndPoint="0.3,1">
      <GradientStop Offset="0.0" Color="LightCyan" />
      <GradientStop Offset="0.14" Color="Cyan" />
      <GradientStop Offset="0.7" Color="DarkCyan" />
    </LinearGradientBrush>
```

```

</StackPanel.Resources>
<Button Width="200" Height="50" Foreground="White" Margin="5"
        Background="{StaticResource MyGradientBrush}" Content="Click Me!" />
</StackPanel>

```

代码段 StylesAndResources/MainWindow.xaml

这里,资源用 StackPanel 定义。在上面的例子中,资源用 Window 元素定义。基类 FrameworkElement 定义 ResourceDictionary 类型的 Resources 属性。这就是资源可以用派生自 FrameworkElement 的所有类(任意 WPF 元素)来定义的原因。



图 35-19

资源按层次结构来搜索。如果用 Window 元素定义资源,它就会应用于 Window 的所有子元素。如果 Window 包含一个 Grid,且该 Grid 包含一个 StackPanel,同时如果资源是用 StackPanel 定义的,该资源就会应用于 StackPanel 中的所有控件。如果 StackPanel 包含一个按钮,但只用该按钮定义资源,这个样式就只对该按钮有效。



对于层次结构,需要注意是否为样式使用了没有 Key 的 TargetType。如果用 Canvas 元素定义一个资源,并把样式的 TargetType 设置为应用于 TextBox 元素,该样式就会应用于 Canvas 中的所有 TextBox 元素。如果 Canvas 中有一个 ListBox,该样式甚至会应用于 ListBox 包含的 TextBox 元素。

如果需要将同一个样式应用于多个窗口,就可以用应用程序定义样式。在一个 Visual Studio WPF 项目中,创建 App.xaml 文件,以定义应用程序的全局资源。应用程序样式对其中的每个窗口都有效;每个元素都可以访问用应用程序定义的资源。如果通过父窗口找不到资源,就可以通过 Application 继续搜索资源。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

<Application x:Class="StylesAndResources.App"
             xmlns="http://schemas.microsoft.com/winfx/2006/xaml/presentation"
             xmlns:x="http://schemas.microsoft.com/winfx/2006/xaml"
             StartupUri="MainWindow.xaml">
  <Application.Resources>
  </Application.Resources>
</Application>

```

代码段 StylesAndResources/App.xaml

### 35.8.3 系统资源

还有许多系统范围内的颜色和字体资源,它们可用于所有应用程序。这些资源用 SystemColors、SystemFonts 和 SystemParameters 类定义。

- 使用 SystemColors 类可以获得边框、控件、桌面和窗口的颜色设置,例如,ActiveBorderColor、ControlBrush、DesktopColor、WindowColor 和 WindowBrush 等。
- SystemFonts 类返回菜单、状态栏、消息框等的字体设置,例如,CaptionFont、DialogFont、MenuFont、MessageBoxFont 和 StatusFont 等。



- SystemParameters 类设置菜单按钮、光标、图标、边框、标题、时间信息、键盘设置的大小。例如, BorderWidth、CaptionHeight、CaptionWidth、MenuButtonWidth、MenuPopupAnimation、MenuShowDelay、SmallIconHeight 和 SmallIconWidth 等。

### 35.8.4 从代码中访问资源

要从代码隐藏中访问资源, 因为基类 FrameworkElement 实现 FindResource()方法, 所以可以通过每个 WPF 对象调用 FindResource()方法。

为此, button1 没有指定背景, 但将 Click 事件赋予 button1\_Click()方法。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
<Button Name="button1" Width="220" Height="50" Margin="5" Click="button1_Click">
  Apply Resource Programmatically
</Button>
```

代码段 StylesAndResources/ResourceDemo.xaml

通过 button1\_Click()方法的实现方式, 给单击的按钮调用 FindResource()方法。然后按照层次结构搜索 MyGradientBrush 资源, 将该画笔应用于控件的 Background 属性。前面在 StackPanel 的资源中创建了资源 MyGradientBrush:



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
public void button1_Click(object sender, RoutedEventArgs e)
{
  Control ctrl = sender as Control;
  ctrl.Background = ctrl.FindResource("MyGradientBrush") as Brush;
}
```

代码段 StylesAndResources/ResourceDemo.xaml.cs



如果 FindResource()方法没有找到资源键, 就会抛出一个异常。如果不知道资源是否可用, 就可以使用 TryFindResource()方法来替代。如果找不到资源, TryFindResource()方法就返回 null。

### 35.8.5 动态资源

通过 StaticResource 标记扩展, 在加载期间搜索资源。如果在运行程序的过程中改变了资源, 就应使用 DynamicResource 标记扩展。

下面的例子使用与前面定义的同资源。前面的示例使用 StaticResource, 而这个按钮通过 DynamicResource 标记扩展使用 DynamicResource。这个按钮的事件处理程序以编程方式改变资源。把处理程序方法 button2\_Click 赋予 Click 事件处理程序。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
<Button Name="button2" Width="200" Height="50" Foreground="White" Margin="5"
  Background="{DynamicResource MyGradientBrush}" Content="Change Resource"
  Click="button2_Click" />
```

代码段 StylesAndResources/ResourceDemo.xaml

button2\_Click()方法的实现代码清除了 StackPanel 的资源, 并用相同的 MyGradientBrush 名称添加了一个新资源。这个新资源非常类似于在 XAML 代码中定义的资源, 它只定义了不同的颜色。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
private void button2_Click(object sender, RoutedEventArgs e)
{
    myContainer.Resources.Clear();
    var brush = new LinearGradientBrush
    {
        StartPoint = new Point(0, 0),
        EndPoint = new Point(0, 1)
    };

    brush.GradientStops = new GradientStopCollection()
    {
        new GradientStop(Colors.White, 0.0),
        new GradientStop(Colors.Yellow, 0.14),
        new GradientStop(Colors.YellowGreen, 0.7)
    };
    myContainer.Resources.Add("MyGradientBrush", brush);
}
```

代码段 StylesAndResources/ResourceDemo.xaml.cs

运行应用程序时,单击 **Change Resource** 按钮,可以动态地更改资源。使用通过动态资源定义的按钮会获得动态创建的资源,而用静态资源定义的按钮看起来与以前一样。



**DynamicResource** 需要的性能资源比 **StaticResource** 更多,因为其资源总是在需要时加载。只有需要在运行期间进行修改,才给资源使用 **DynamicResource**。

### 35.8.6 资源字典

如果相同的资源可用于不同的应用程序,把资源放在一个资源字典中就比较有效。使用资源字典,可以在多个应用程序之间共享文件,也可以把资源字典放在一个程序集中,供应用程序共享。

要共享程序集中的资源字典,应创建一个库。可以把资源字典文件(这里是 `Dictionary1.xaml`)添加到程序集中。这个文件的构建动作必须设置为 **Resource**,从而把它作为资源添加到程序集中。

`Dictionary1.xaml` 定义了两个资源:一个包含 **CyanGradientBrush** 键的 **LinearGradientBrush**;另一个是用于按钮的样式,它可以通过 **PinkButtonStyle** 键来引用:



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
<ResourceDictionary xmlns="http://schemas.microsoft.com/winfx/2006/xaml/presentation"
    xmlns:x="http://schemas.microsoft.com/winfx/2006/xaml">
    <LinearGradientBrush x:Key="CyanGradientBrush" StartPoint="0,0" EndPoint="0.3,1">
        <GradientStop Offset="0.0" Color="LightCyan" />
        <GradientStop Offset="0.14" Color="Cyan" />
        <GradientStop Offset="0.7" Color="DarkCyan" />
    </LinearGradientBrush>

    <Style x:Key="PinkButtonStyle" TargetType="Button">
        <Setter Property="FontSize" Value="22" />
        <Setter Property="Foreground" Value="White" />
        <Setter Property="Background">
            <Setter.Value>
                <LinearGradientBrush StartPoint="0,0" EndPoint="0,1">
                    <GradientStop Offset="0.0" Color="Pink" />
                    <GradientStop Offset="0.3" Color="DeepPink" />
                </LinearGradientBrush>
            </Setter.Value>
        </Setter>
    </Style>
</ResourceDictionary>
```

```

        <GradientStop Offset="0.9" Color="DarkOrchid" />
    </LinearGradientBrush>
</Setter.Value>
</Setter>
</Style>
</ResourceDictionary>

```

---

代码段 ResourcesLib/Dictionary1.xaml

对于目标项目，需要引用这个库，并把资源字典添加到这个字典中。通过 `ResourceDictionary` 的 `MergedDictionaries` 属性，可以使用添加进来的多个资源字典文件。可以把一个资源字典列表添加到合并的字典中。使用 `ResourceDictionary` 的 `Source` 属性，可以引用字典。在引用时，使用包 URI 语法。包 URI 语法可以指定为绝对的，其中 URI 以 `pack://` 开头，也可以指定为相对的，如本例所示。使用相对语法，包含字典的引用程序集 `ResourceLib` 跟在 `/` 的后面，其后是 `;` `component`。 `Component` 表示，该字典作为程序集中的一个资源包含在内。之后添加字典文件的名称 `Dictionary1.xaml`。如果把字典添加到子文件夹中，则还必须声明子文件夹名。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

<Application x:Class="StylesAndResources.App"
    xmlns="http://schemas.microsoft.com/winfx/2006/xaml/presentation"
    xmlns:x="http://schemas.microsoft.com/winfx/2006/xaml"
    StartupUri="MainWindow.xaml">
    <Application.Resources>
        <ResourceDictionary>
            <ResourceDictionary.MergedDictionaries>
                <ResourceDictionary Source="/ResourceLib;component/Dictionary1.xaml" />
            </ResourceDictionary.MergedDictionaries>
        </ResourceDictionary>
    </Application.Resources>
</Application>

```

---

代码段 StylesAndResources/App.xaml

现在可以像本地资源那样使用引用程序集中的资源了：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

<Button Width="300" Height="50" Style="{StaticResource PinkButtonStyle}"
    Content="Referenced Resource" />

```

---

代码段 StylesAndResources/ResourceDemo.xaml

## 35.9 触发器

使用触发器，可以动态地更改控件的外观，因为一些事件或属性值改变了。例如，用户在按钮上移动鼠标，按钮就会改变其外观。通常，这必须在 C# 代码中实现。使用 WPF，也可以用 XAML 实现，而这只会影响 UI。

XAML 有几个触发器。属性触发器在属性值改变时激活。多触发器基于多个属性值。事件触发器在事件发生时激活。数据触发器在绑定的数据改变时激活。本节讨论属性触发器、多触发器和数据触发器。事件触发器在后面与动画一起论述。

### 35.9.1 属性触发器

Style 类有一个 Triggers 属性，通过它可以指定属性触发器。下面的示例将一个 Button 元素放在一个 Grid 面板中。利用 Window 资源定义 Button 元素的默认样式。这个样式指定，将 Background 属性设置为 LightBlue，将 FontSize 属性设置为 17。这是应用程序启动时 Button 元素的样式。使用触发器可以改变控件的样式。触发器在 Style.Triggers 元素中用 Trigger 元素定义。将一个触发器赋予 IsMouseOver 属性，另一个触发器赋予 IsPressed 属性。这两个属性通过应用了样式的 Button 类定义。如果 IsMouseOver 属性的值是 true，就会激活触发器，将 Foreground 属性设置为 Red，将 FontSize 属性设置为 22。如果按下该按钮，IsPressed 属性就是 true，激活第二个触发器，并将 TextBox 的 Foreground 属性设置为 Yellow。



如果把 IsPressed 属性设置为 true，IsMouseOver 属性也就是 true。按下该按钮也需要把鼠标放在按钮上。按下该按钮会激活 IsMouseOver 属性触发器，并改变属性。这里触发器的激活顺序很重要。如果 IsPressed 属性触发器在 IsMouseOver 属性触发器之前激活，IsMouseOver 属性触发器就会覆盖 IsPressed 属性触发器设置的值。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
<Window x:Class="TriggerDemo.PropertyTriggerWindow"
        xmlns="http://schemas.microsoft.com/winfx/2006/xaml/presentation"
        xmlns:x="http://schemas.microsoft.com/winfx/2006/xaml"
        Title="PropertyTriggerWindow" Height="300" Width="300">
  <Window.Resources>
    <Style TargetType="Button">
      <Setter Property="Background" Value="LightBlue" />
      <Setter Property="FontSize" Value="17" />
      <Style.Triggers>
        <Trigger Property="IsMouseOver" Value="True">
          <Setter Property="Foreground" Value="Red" />
          <Setter Property="FontSize" Value="22" />
        </Trigger>
        <Trigger Property="IsPressed" Value="True">
          <Setter Property="Foreground" Value="Yellow" />
          <Setter Property="FontSize" Value="22" />
        </Trigger>
      </Style.Triggers>
    </Style>
  </Window.Resources>
  <Grid>
    <Button Width="200" Height="30" Content="Click me!" />
  </Grid>
</Window>
```

代码段 TriggerDemo/PropertyTriggerWindow.xaml

当激活触发器的原因不再有效时，就不必将属性值重置为原始值。例如，不必定义 IsMouseOver=true 和 IsMouseOver=false 的触发器。只要激活触发器的原因不再有效，触发器操作进行的修改就会自动重置为原始值。

Click me!

图 35-20

图 35-20 显示了触发器示例应用程序，其中，鼠标指向按钮时，按钮的前景和字体大小就会不同于其原始值。



使用属性触发器，很容易改变控件的外观、字体、颜色、不透明度等。在鼠标滑过控件时，键盘设置焦点时——都不需要编写任何代码。

Trigger 类定义了表 35-9 中的属性，以指定触发器操作。

表 35-9

Trigger 属性	说 明
Property	使用属性触发器, Property 和 Value 属性用于指定触发器的激活时间, 例如, Property = "IsMouseOver",
Value	Value = "True"
Setters	一旦激活触发器, 就可以使用 Setters 定义一个 Setter 元素集合, 来改变属性值。Setter 类定义 Property、TargetName 和 Value 属性, 以修改对象属性
EnterActions	除了定义 Setters 之外, 还可以定义 EnterActions 和 ExitActions。使用这两个属性, 可以定义一个
ExitActions	TriggerAction 元素集合。EnterActions 在启动触发器时激活(此时通过属性触发器应用 Property/Value 组合)。ExitActions 在触发器结束之前激活(此时不再应用 Property/Value 组合)。用这些操作指定的触发器操作派生自基类 TriggerAction, 如 SoundPlayerAction 和 BeginStoryboard。使用 SoundPlayerAction 基类可以开始播放声音, BeginStoryboard 基类用于动画, 详见本章后面的内容

### 35.9.2 多触发器

属性的值变化时，就会激活属性触发器，如果因为两个或多个属性有特定的值，而需要设置触发器，就可以使用 MultiTrigger。

MultiTrigger 有一个 Conditions 属性，可以在其中设置属性的有效值。它还有一个 Setters 属性，可以在其中指定需要设置的属性。在下面的示例中，给 TextBox 元素定义了一个样式，如果 IsEnabled 属性是 True，Text 属性的值是 Test，就应用触发器。如果应用这两个触发器，就把 TextBox 的 Foreground 属性设置为 Red：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
<Window x:Class="TriggerDemo.MultiTriggerWindow"
  xmlns="http://schemas.microsoft.com/winfx/2006/xaml/presentation"
  xmlns:x="http://schemas.microsoft.com/winfx/2006/xaml"
  Title="MultiTriggerWindow" Height="300" Width="300">
  <Window.Resources>
    <Style TargetType="TextBox">
      <Style.Triggers>
        <MultiTrigger>
          <MultiTrigger.Conditions>
            <Condition Property="IsEnabled" Value="True" />
            <Condition Property="Text" Value="Test" />
          </MultiTrigger.Conditions>
          <MultiTrigger.Setters>
            <Setter Property="Foreground" Value="Red" />
          </MultiTrigger.Setters>
        </MultiTrigger>
      </Style.Triggers>
    </Style>
  </Window.Resources>
</Window>
```

```

        </MultiTrigger>
    </Style.Triggers>
</Style>
</Window.Resources>
<Grid>
    <TextBox />
</Grid>
</Window>

```

代码段 TriggerDemo/MultiTriggerWindow.xaml

### 35.9.3 数据触发器

如果绑定到控件上的数据满足指定的条件，就激活数据触发器。下面的例子使用 `Book` 类，它根据图书的出版社显示不同的内容。

`Book` 类定义 `Title` 和 `Publisher` 属性，还重载 `ToString()` 方法：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

public class Book
{
    public string Title { get; set; }
    public string Publisher { get; set; }

    public override string ToString()
    {
        return Title;
    }
}

```

代码段 TriggerDemo/Book.cs

在 XAML 代码中，给 `ListBoxItem` 元素指定了一个样式。该样式包含 `DataTrigger` 元素，它绑定到用于列表项的类的 `Publisher` 属性上。如果 `Publisher` 属性的值是 `Wrox Press`，`Background` 就设置为 `Red`。对于 `Dummies` 和 `Sybox` 出版社，把 `Background` 分别设置为 `Yellow` 和 `LightBlue`：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

<Window x:Class="TriggerDemo.DataTriggerWindow"
    xmlns="http://schemas.microsoft.com/winfx/2006/xaml/presentation"
    xmlns:x="http://schemas.microsoft.com/winfx/2006/xaml"
    Title="Data Trigger Window" Height="300" Width="300">
    <Window.Resources>
        <Style TargetType="ListBoxItem">
            <Style.Triggers>
                <DataTrigger Binding="{Binding Path=Publisher}" Value="Wrox Press">
                    <Setter Property="Background" Value="Red" />
                </DataTrigger>
                <DataTrigger Binding="{Binding Path=Publisher}" Value="Dummies">
                    <Setter Property="Background" Value="Yellow" />
                </DataTrigger>
                <DataTrigger Binding="{Binding Path=Publisher}" Value="Sybox">
                    <Setter Property="Background" Value="LightBlue" />
                </DataTrigger>
            </Style.Triggers>
        </Style>
    </Window.Resources>
    <Grid>
        <ListBox x:Name="list1" />
    </Grid>
</Window>

```

```
</Grid>  
</Window>
```

代码段 TriggerDemo/DataTriggerWindow.xaml

在代码隐藏中，把列表 list1 初始化为包含几个 Book 对象：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
public DataTriggerWindow()  
{  
    InitializeComponent();  
    list1.Items.Add(new Book  
        {  
            Title = "Professional C# 4.0",  
            Publisher = "Wrox Press"  
        });  
    list1.Items.Add(new Book  
        {  
            Title = "C# 2008 for Dummies",  
            Publisher = "Dummies"  
        });  
    list1.Items.Add(new Book  
        {  
            Title = "Mastering Integrated HTML and CSS",  
            Publisher = "Sybex"  
        });  
}
```

代码段 TriggerDemo/DataTriggerWindow.xaml.cs

运行应用程序，ListBoxItem 元素就会根据 Publisher 的值进行格式化，如图 35-21 所示。

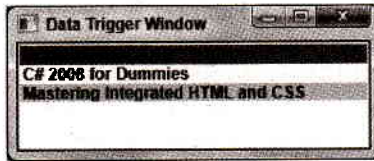


图 35-21

使用 DataTrigger 时，必须给 MultiDataTrigger 设置多个属性(类似于 Trigger 和 MultiTrigger)。

### 35.10 模板

本章前面介绍过，Button 控件可以包含任何内容，如简单的文本，还可以给按钮添加 Canvas 元素，Canvas 元素可以包含形状。也可以给按钮添加 Grid 或视频。然而，按钮还可以完成更多的操作。

控件的外观及其功能在 WPF 中是完全分离的。虽然按钮有默认的外观，但可以用模板完全定制其外观。

如图 35-10 所示，WPF 提供了几个模板类型，它们派生自基类 FrameworkTemplate。

表 35-10

模板类型	说明
ControlTemplate	使用 ControlTemplate 可以指定控件的可视化结构, 重新设计其外观
ItemsPanelTemplate	对于 ItemsControl, 可以赋予一个 ItemsPanelTemplate, 以指定其项的布局。每个 ItemsControl 都有一个默认的 ItemsPanelTemplate。MenuItem 使用 WrapPanel, StatusBar 使用 DockPanel, ListBox 使用 VirtualizingStackPanel
DataTemplate	DataTemplates 非常适用于对象的图形表示。给列表框指定样式, 默认情况下, 列表框中的项根据 ToString()方法的输出来显示。应用 DataTemplate, 可以重写其操作, 定义项的自定义表示
HierarchicalDataTemplate	HierarchicalDataTemplate 用于排列对象的树形结构。这个控件支持 HeaderedItemsControls, 如 TreeViewItem 和 MenuItem

### 35.10.1 控件模板

本章前面介绍了如何给控件的属性定义样式。如果设置控件的简单属性得不到需要的外观, 就可以修改 Template 属性。使用 Template 属性可以定制控件的整体外观。

下面的例子说明了定制按钮的过程, 后面逐步地说明了列表框的定制, 以便显示出改变的中间结果。

Button 类型的定制在一个单独的资源字典文件 Styles.xaml 中进行。这里定义了键名为 RoundedGelButton 的样式。

GelButton 样式设置 Background、Height、Foreground、Margin 和 Template 属性。Template 属性是这个样式中最有趣的部分, 它指定一个仅包含一行一列的网格。

在这个单元格中, 有一个名为 GelBackground 的椭圆。这个椭圆给笔触设置了一个线性渐变画笔。包围矩形的笔触非常细, 因为把 StrokeThickness 设置为 0.5。

因为第二个椭圆 GelShine 比较小, 其尺寸由 Margin 属性定义, 所以在第一个椭圆内部是可见的。因为其笔触是透明的, 所以该椭圆没有边框。这个椭圆使用一个线性渐变填充画笔, 从部分透明的浅色变为完全透明, 这使椭圆具有“亦真亦幻”的效果。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
<ResourceDictionary xmlns="http://schemas.microsoft.com/winfx/2006/xaml/presentation"
    xmlns:x="http://schemas.microsoft.com/winfx/2006/xaml">
```

```

<Style x:Key="RoundedGelButton" TargetType="Button">
  <Setter Property="Width" Value="100" />
  <Setter Property="Height" Value="100" />
  <Setter Property="Foreground" Value="White" />
  <Setter Property="Template">
    <Setter.Value>
      <ControlTemplate TargetType="{x:Type Button}">
        <Grid>
          <Ellipse Name="GelBackground" StrokeThickness="0.5" Fill="Black">
            <Ellipse.Stroke>
              <LinearGradientBrush StartPoint="0,0" EndPoint="0,1">
                <GradientStop Offset="0" Color="#ff7e7e7e" />
                <GradientStop Offset="1" Color="Black" />
              </LinearGradientBrush>
            </Ellipse.Stroke>
          </Ellipse>
        </Grid>
      </Setter.Value>
    </Setter>
  </Style>

```



```

        <Ellipse Margin="15,5,15,50">
            <Ellipse.Fill>
                <LinearGradientBrush StartPoint="0,0" EndPoint="0,1">
                    <GradientStop Offset="0" Color="#aaffffff" />
                    <GradientStop Offset="1" Color="Transparent" />
                </LinearGradientBrush>
            </Ellipse.Fill>
        </Ellipse>
    </Grid>
</ControlTemplate>
</Setter.Value>
</Setter>
</Style>
</ResourceDictionary>
    
```

代码段 TemplateDemo/Styles.xaml

从 app.xaml 文件中, 引用资源字典, 如下所示:



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

<Application x:Class="TemplateDemo.App"
    xmlns="http://schemas.microsoft.com/winfx/2006/xaml/presentation"
    xmlns:x="http://schemas.microsoft.com/winfx/2006/xaml"
    StartupUri="MainWindow.xaml">
    <Application.Resources>
        <ResourceDictionary Source="Styles.xaml" />
    </Application.Resources>
</Application>
    
```

代码段 TemplateDemo/App.xaml

现在可以把 Button 控件关联到样式上。按钮的新外观如图 35-22 所示。

```

<Button Style="{StaticResource RoundedGelButton}" Content="Click Me!" /
    
```

按钮现在的外观完全不同, 但按钮的内容未在图 35-22 中显示出来。必须扩展前面创建的模板, 以把按钮的内容显示在新外观上。为此需要添加一个 ContentPresenter。ContentPresenter 是控件内容的占位符, 并定义了放置这些内容的位置。这里把内容放在网格的第一行上, 即 Ellipse 元素所在的位置。ContentPresenter 的 Content 属性定义了内容的外观。把内容设置为 TemplateBinding 标记表达式。

TemplateBinding 绑定父模板, 这里是 Button 元素。{TemplateBinding Content} 指定, Button 控件的 Content 属性值应作为内容放在占位符内。图 35-23 显示了带内容的按钮:



图 35-22



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

<Setter Property="Template">
    <Setter.Value>
        <ControlTemplate TargetType="{x:Type Button}">
            <Grid>
                <Ellipse Name="GelBackground" StrokeThickness="0.5" Fill="Black">
                    <Ellipse.Stroke>
                        <LinearGradientBrush StartPoint="0,0" EndPoint="0,1">
                            <GradientStop Offset="0" Color="#ff7e7e" />
                            <GradientStop Offset="1" Color="Black" />
                        </LinearGradientBrush>
                    </Ellipse.Stroke>
                </Ellipse>
            </Grid>
        </ControlTemplate>
    </Setter.Value>
</Setter>
    
```

```

</Ellipse>
<Ellipse Margin="15,5,15,50">
<Ellipse.Fill>
  <LinearGradientBrush StartPoint="0,0" EndPoint="0,1">
    <GradientStop Offset="0" Color="#aaffffff" />
    <GradientStop Offset="1" Color="Transparent" />
  </LinearGradientBrush>
</Ellipse.Fill>
</Ellipse>
<ContentPresenter Name="GelButtonContent"
  VerticalAlignment="Center"
  HorizontalAlignment="Center"
  Content="{TemplateBinding Content}" />
</Grid>
</ControlTemplate>
</Setter.Value>

```

代码段 TemplateDemo/StyledButtonWindow.xaml

现在这样一个样式化的按钮在屏幕上看起来很漂亮。但仍有一个问题：如果用鼠标单击该按钮，或使鼠标滑过该按钮，则它不会有任何动作。这不是用户操作按钮时的一般情况。解决方法如下：对于模板样式的按钮，必须给它指定触发器，使按钮在响应鼠标移动和鼠标单击时有不同的外观。

使用属性触发器(参见前面的内容)，就很容易解决这个问题。只需将该触发器添加到 `ControlTemplate` 的 `Triggers` 集合中，如下所示。这里定义了两个触发器，一个属性触发器在按钮的 `IsMouseOver` 属性为 `true` 时激活，接着把椭圆 `GelBackground` 的 `Fill` 属性改为 `RadialGradientBrush`，其值从 `Lime` 改为 `DarkGreen`。使用 `IsPressed` 属性给 `RadialGradientBrush` 指定其他颜色：



图 35-23

```

<ControlTemplate.Triggers>
  <Trigger Property="IsMouseOver" Value="True">
    <Setter Property="Ellipse.Fill" TargetName="GelBackground">
      <Setter.Value>
        <RadialGradientBrush>
          <GradientStop Offset="0" Color="Lime" />
          <GradientStop Offset="1" Color="DarkGreen" />
        </RadialGradientBrush>
      </Setter.Value>
    </Setter>
  </Trigger>
  <Trigger Property="IsPressed" Value="True">
    <Setter Property="Ellipse.Fill" TargetName="GelBackground">
      <Setter.Value>
        <RadialGradientBrush>
          <GradientStop Offset="0" Color="#ffcc34" />
          <GradientStop Offset="1" Color="#cc9900" />
        </RadialGradientBrush>
      </Setter.Value>
    </Setter>
  </Trigger>
</ControlTemplate.Triggers>

```

现在就可以运行应用程序，只要把鼠标悬停在按钮上，或者单击鼠标，就会看到按钮的可见反馈。

### 35.10.2 数据模板

`ContentControl` 元素的内容可以是任意内容——不仅可以是 WPF 元素，还可以是 .NET 对象。例如，可以把 `Country` 类型的对象赋予 `Button` 类的内容。创建 `Country` 类，以表示国家名称和国旗(用一幅图像的路径表示)。这个类定义 `Name` 和 `ImagePath` 属性，并重写 `ToString()` 方法，用于默认的字符串表示：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
public class Country
{
    public string Name { get; set; }
    public string ImagePath { get; set; }

    public override string ToString()
    {
        return Name;
    }
}
```

代码段 `TemplateDemo/Country.cs`

这些内容在按钮或任何其他 `ContentControl` 中会如何显示？默认情况下会调用 `ToString()` 方法，显示对象的字符串表示。要获得自定义外观，还可以为 `Country` 类型创建一个 `DataTemplate`。

这里在 `Window` 的资源中创建一个 `DataTemplate`。这个 `DataTemplate` 没有指定键，因此默认是 `Country.src` 类型——它也是引用 .NET 程序集的 XML 名称空间和 .NET 名称空间的别名。在 `DataTemplate` 内部，主元素是一个文本框，其 `Text` 属性绑定到 `Country` 的 `Name` 属性上，`Source` 属性的 `Image` 绑定到 `Country` 的 `ImagePath` 属性上。`Grid`、`Border` 和 `Rectangle` 元素定义了布局和可见外观：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
<Window.Resources>
    <DataTemplate DataType="{x:Type src:Country}">
        <Grid>
            <Grid.ColumnDefinitions>
                <ColumnDefinition Width="Auto" />
                <ColumnDefinition Width="Auto" />
            </Grid.ColumnDefinitions>
            <Grid.RowDefinitions>
                <RowDefinition Height="60" />
            </Grid.RowDefinitions>
            <TextBlock FontSize="16" VerticalAlignment="Center" Margin="5"
                Text="{Binding Name}" FontWeight="Bold" Grid.Column="0" />
            <Border Margin="4,0" Grid.Column="1" BorderThickness="2"
                CornerRadius="4">
                <Border.BorderBrush>
                    <LinearGradientBrush StartPoint="0,0" EndPoint="0,1">
                        <GradientStop Offset="0" Color="#aaa" />
                        <GradientStop Offset="1" Color="#222" />
                    </LinearGradientBrush>
                </Border.BorderBrush>
            </Border>
            <Grid>
                <Rectangle>
                    <Rectangle.Fill>
```

```

        <LinearGradientBrush StartPoint="0,0" EndPoint="0,1">
            <GradientStop Offset="0" Color="#444" />
            <GradientStop Offset="1" Color="#fff" />
        </LinearGradientBrush>
        </Rectangle.Fill>
    </Rectangle>
    <Image Width="48" Margin="2,2,2,1"
        Source="{Binding ImagePath}" />
</Grid>
</Border>
</Grid>
</DataTemplate>
</Window.Resources>

```

代码段 TemplateDemo/StyledButtonWindow.xaml

在 XAML 代码中，定义一个简单的 Button 元素 button1：

```
<Button Grid.Row="1" x:Name="button1" Margin="10" />
```

在代码隐藏中，实例化一个新的 Country 对象，并把它赋予 button1 的 Content 属性：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

public StyledButtonWindow()
{
    InitializeComponent();
    button1.Content = new Country
    {
        Name = "Austria",
        ImagePath = "images/Austria.bmp"
    };
}

```

代码段 TemplateDemo/StyledButtonWindow.xaml.cs

运行这个应用程序，可以看出，DataTemplate 应用于 Button，因为 Country 数据类型有默认的模板，如图 35-24 所示。



图 35-24

当然，也可以创建一个控件模板，并从中使用数据模板。

### 35.10.3 样式化列表框

更改按钮或标签的样式是一个简单的任务。如何改变包含一个元素列表的父元素的样式，例如，如何更改列表框？列表框也有操作方式和外观。列表框可以显示一个元素列表，用户可以从列表选择一个或多个元素。至于操作方式，ListBox 类定义了方法、属性和事件。ListBox 的外观与其操作是分开的。ListBox 元素有一个默认的外观，但可以通过创建模板，改变这个外观。

对于列表框，ControlTemplate 定义了整个控件的外观，ItemTemplate 定义了列表项的外观，

DataTemplate 定义了项中的类型。

为了给列表框填充一些项，静态类 Countries 返回几个要显示出来的国家对应的一个列表：



```
public class Countries
{
    public static IEnumerable<Country>GetCountries()
    {
        return new List<Country>
        {
            new Country { Name = "Austria", ImagePath = "Images/Austria.bmp" },
            new Country { Name = "Germany", ImagePath = "Images/Germany.bmp" },
            new Country { Name = "Norway", ImagePath = "Images/Norway.bmp" },
            new Country { Name = "USA", ImagePath = "Images/USA.bmp" }
        };
    }
}
```

代码段 TemplateDemo/Countries.cs

在代码隐藏文件中，在 StyledListBoxWindow1 类的构造函数中，将 StyledListBoxWindow1 实例的 DataContext 属性设置为要从 Countries.GetCountries() 方法中返回的国家列表(DataContext 属性是数据绑定的一个功能，详见下一章)。



```
public partial class StyledListBoxWindow1 : Window
{
    public StyledListBoxWindow1()
    {
        InitializeComponent();
        this.DataContext = Countries.GetCountries();
    }
}
```

代码段 TemplateDemo/StyledListBoxWindow1.xaml.cs

在 XAML 代码中，定义了 countryList1 列表框。countryList1 没有不同的样式，它使用 ListBox 元素的默认外观。把 ItemsSource 属性设置为 Binding 标记扩展，它由数据绑定使用。从代码隐藏中，可以看到数据绑定用于一个 Country 对象数组。图 35-25 显示了 ListBox 的默认外观。在默认情况下，只在一个简单的列表中显示 ToString() 方法返回的国家的名称。



```
<Window x:Class="TemplateDemo.StyledListBoxWindow1"
        xmlns="http://schemas.microsoft.com/winfx/2006/xaml/presentation"
        xmlns:x="http://schemas.microsoft.com/winfx/2006/xaml"
        xmlns:src="clr-namespace:TemplateDemo"
        Title="StyledListBoxWindow1" Height="300" Width="300">
    <Grid>
        <ListBox ItemsSource="{Binding}" Margin="10" />
    </Grid>
</Window>
```

代码段 TemplateDemo/StyledListBoxWindow1.xaml

### 35.10.4 ItemTemplate

Country 对象有名称和国旗。当然，还可以在列表框中显示这两个值。为此，必须定义一个模板。

ListBox 元素包含 ListBoxItem 元素。使用 ItemTemplate 可以定义列表项的内容。listBoxStyle1 样式定义一个 ItemTemplate，其值为 DataTemplate。DataTemplate 用于将数据绑定到元素上。Binding 标记扩展可以用于 DataTemplate 元素。

DataTemplate 包含一个三列的栅格。第一列包含字符串“Country:”，第二列包含国家的名称，第三列包含该国家的国旗。因为国家名称的长度不同，但看起来每个国家名称应有相同的大小，所以给第二列定义设置 SharedSizeGroup 属性。只有这一列使用共享大小的信息，因为也设置了 Grid.IsSharedSizeScope 属性。

行和列定义之后，就可以看到两个 TextBlock 元素。第一个 TextBlock 元素包含文本“Country:”，第二个 TextBlock 元素绑定到 Country 类定义的名称属性上。

第三列的内容是一个包含栅格的 Border 元素。栅格包含一个带线性渐变画笔的矩形和一个绑定到 Country 类的 ImagePath 属性上的 Image 元素。图 35-26 显示了列表框中的国家，其效果与前面完全不同。

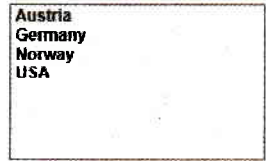


图 35-25

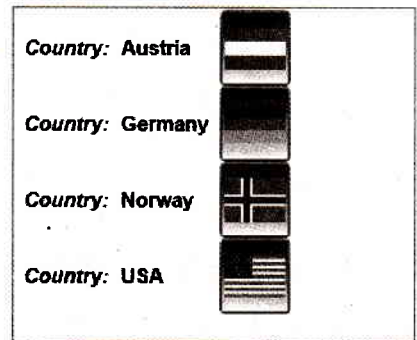


图 35-26



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
<Style x:Key="ListBoxStyle1" TargetType="{x:Type ListBox}">
  <Setter Property="ItemTemplate">
    <Setter.Value>
      <DataTemplate>
        <Grid>
          <Grid.ColumnDefinitions>
            <ColumnDefinition Width="Auto" />
            <ColumnDefinition Width=" * " SharedSizeGroup="MiddleColumn" />
            <ColumnDefinition Width="Auto" />
          </Grid.ColumnDefinitions>
          <Grid.RowDefinitions>
            <RowDefinition Height="60" />
          </Grid.RowDefinitions>
          <TextBlock FontSize="16" VerticalAlignment="Center" Margin="5"
            FontStyle="Italic" Grid.Column="0" Text="Country:" />
          <TextBlock FontSize="16" VerticalAlignment="Center" Margin="5"
            Text="{Binding Name}" FontWeight="Bold"
            Grid.Column="1" />
          <Border Margin="4,0" Grid.Column="2" BorderThickness="2"
            CornerRadius="4">
            <Border.BorderBrush>
              <LinearGradientBrush StartPoint="0,0" EndPoint="0,1">
                <GradientStop Offset="0" Color="#aaa" />
                <GradientStop Offset="1" Color="#222" />
              </LinearGradientBrush>
            </Border.BorderBrush>
          </Border>
        </Grid>
        <Rectangle>
          <Rectangle.Fill>
            <LinearGradientBrush StartPoint="0,0"
```

```

        EndPoint="0,1">
            <GradientStop Offset="0" Color="#444" />
            <GradientStop Offset="1" Color="#fff" />
        </LinearGradientBrush>
        </Rectangle.Fill>
    </Rectangle>
    <Image Width="48" Margin="2,2,2,1"
        Source="{Binding ImagePath}" />
    </Grid>
</Border>
</Grid>
</DataTemplate>
</Setter.Value>
</Setter>
<Setter Property="Grid.IsSharedSizeScope" Value="True" />
</Style>

```

代码段 TemplateDemo/Styles.xaml

### 35.10.5 列表框元素的控件模板

列表框中的项不一定垂直排列,还可以给同一个功能提供另一种视图。下一个样式 `ListBoxStyle2` 定义了一个模板,使列表项水平显示,且带一个滚动条。

在前面的示例中,只创建了一个 `LitemTemplate`,来定义列表项在默认列表框中的外观。现在创建一个模板,以定义另一个列表框。该模板包含一个 `ControlTemplate` 元素,它定义了列表框的元素。`ControlTemplate` 元素现在是一个包含 `StackPanel` 的 `ScrollViewer`——带滚动条的视图。因为列表项现在应水平排列,所以把 `StackPanel` 的 `Orientation` 设置为 `Horizontal`。`StackPanel` 还包含用 `ItemsTemplate` 定义的列表项,于是把 `StackPanel` 元素的 `IsItemsHost` 属性设置为 `true`。`IsItemsHost` 属性可以用于包含一个列表项对应列表的所有 `Panel` 元素。

`ItemsTemplate` 定义了 `StackPanel` 中数据项的外观。`ItemsTemplate` 使用 `ListBoxStyle1` 样式, `ListBoxStyle2` 基于 `ListBoxStyle1` 样式。

图 35-27 显示了使用 `listBoxStyle2` 样式的列表框,当视图太小,不能显示列表中的所有项时,会自动显示滚动条。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

<Style x:Key="ListBoxStyle2" TargetType="{x:Type ListBox}"
    BasedOn="{StaticResource ListBoxStyle1}">
    <Setter Property="Template">
        <Setter.Value>
            <ControlTemplate TargetType="{x:Type ListBox}">
                <ScrollViewer HorizontalScrollBarVisibility="Auto">
                    <StackPanel Name="StackPanel1" IsItemsHost="True"
                        Orientation="Horizontal" />
                </ScrollViewer>
            </ControlTemplate>
        </Setter.Value>
    </Setter>
    <Setter Property="VerticalAlignment" Value="Center" />
</Style>

```

代码段 TemplateDemo/Styles.xaml

显然,将控件的外观与其行为分开很有好处。也许用户有许多方式,能很好地显示列表中的项,

使之满足应用程序的要求。也许用户只想在窗口中显示尽量多的项，先水平排列，一行放不下时，就继续在下一行竖直排列。此时就可以使用 `.WrapPanel`。当然，可以给列表框的模板定义一个 `WrapPanel`，如 `listBoxStyle3` 所示。图 35-28 显示了使用 `WrapPanel` 的结果：

```
<Style x:Key="ListBoxStyle3" TargetType="{x:Type ListBox}">
  <Setter Property="Template">
    <Setter.Value>
      <ControlTemplate TargetType="{x:Type ListBox}">
        <ScrollViewer VerticalScrollBarVisibility="Auto"
          HorizontalScrollBarVisibility="Disabled">
          <WrapPanel IsItemsHost="True" />
        </ScrollViewer>
      </ControlTemplate>
    </Setter.Value>
  </Setter>
  <Setter Property="ItemTemplate">
    <Setter.Value>
      <DataTemplate>
        <Grid>
          <Grid.ColumnDefinitions>
            <ColumnDefinition Width="140" />
          </Grid.ColumnDefinitions>
          <Grid.RowDefinitions>
            <RowDefinition Height="60" />
            <RowDefinition Height="30" />
          </Grid.RowDefinitions>
          <Image Grid.Row="0" Width="48" Margin="2,2,2,1"
            Source="{Binding ImagePath}" />
          <TextBlock Grid.Row="1" FontSize="14"
            HorizontalAlignment="Center" Margin="5"
            Text="{Binding Name}" />
        </Grid>
      </DataTemplate>
    </Setter.Value>
  </Setter>
</Style>
```



图 35-27



图 35-28



## 35.11 动画

在动画中，可以使用移动的元素、颜色变化、变换等制作平滑的变换效果。WPF 使动画的制作非常简单。还可以连续改变任意依赖属性的值。不同的动画类可以根据其类型，连续改变不同属性的值。

动画的主要元素如下：

- 时间轴——定义了值随时间的变化方式。有不同类型的时间轴，可用于改变不同类型的值。所有时间轴的基本类都是 `Timeline`。为了连续改变 `double` 值，可以使用 `DoubleAnimation` 类。`Int32Animation` 类是 `int` 值的动画类。`PointAnimation` 类用于连续改变点，`ColorAnimation` 类用于连续改变颜色。
- 故事板——用于合并动画。`Storyboard` 类派生自基类 `TimelineGroup`，`TimelineGroup` 又派生自基类 `Timeline`。使用 `DoubleAnimation` 类，可以连续改变 `double`，使用 `Storyboard` 类可以合并所有应连接在一起的动画。
- 触发器——通过触发器可以启动和停止动画。前面介绍了属性触发器。当属性值变化时，属性触发器就会激活。还可以创建事件触发器，当事件发生时，事件触发器就会激活。



动画类的名称空间是 `System.Windows.Media.Animation`。

### 35.11.1 时间轴

时间轴定义了值随时间变化的方式。第一个示例连续改变椭圆的大小。其中 `DoubleAnimation` 时间轴改变为 `double` 值。把 `Ellipse` 类的 `Triggers` 属性设置为 `EventTrigger`。椭圆加载时，就激活用 `EventTrigger` 的 `RoutedEvent` 属性定义的事件触发器。`BeginStoryboard` 是启动故事板的触发器动作。在故事板中，`DoubleAnimation` 元素用于连续改变 `Ellipse` 类的 `Width` 属性。动画在 3 秒内把椭圆的宽度从 100 改为 300，在之后的 3 秒内再恢复原状。`ColorAnimation` 连续改变 `ellipseBrush` 中用于填充椭圆的颜色：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
<Ellipse Height="50" Width="100">
  <Ellipse.Fill>
    <SolidColorBrush x:Name="ellipseBrush" Color="SteelBlue" />
  </Ellipse.Fill>
  <Ellipse.Triggers>
    <EventTrigger RoutedEvent="Ellipse.Loaded">
      <EventTrigger.Actions>
        <BeginStoryboard>
          <Storyboard Duration="00:00:06" RepeatBehavior="Forever">
            <DoubleAnimation
              Storyboard.TargetProperty="(Ellipse.Width)"
              Duration="0:0:3" AutoReverse="True"
              FillBehavior="Stop"
              RepeatBehavior="Forever"
              AccelerationRatio="0.9" DecelerationRatio="0.1"
              From="100" To="300" />
          </Storyboard>
        </BeginStoryboard>
      </EventTrigger.Actions>
    </EventTrigger>
  </Ellipse.Triggers>
</Ellipse>
```

```

        <ColorAnimation Storyboard.TargetName="ellipseBrush"
            Storyboard.TargetProperty="(SolidColorBrush.Color)"
            Duration="0:0:3" AutoReverse="True"
            FillBehavior="Stop" RepeatBehavior="Forever"
            From="Yellow" To="Red" />
    </Storyboard>
</BeginStoryboard>
</EventTrigger.Actions>
</EventTrigger>
</Ellipse.Triggers>
</Ellipse>

```

代码段 AnimationDemo/EllipseWindow.xaml

图 35-29 和 35-30 显示了具有动画效果的椭圆的两个状态。



图 35-29



图 35-30

动画并不仅仅是一直和立刻显示在屏幕上的一般窗口动画。还可以给业务应用程序添加动画，使用户界面的响应性更好。

下面的例子演示了一个相当好的动画，还说明了如何在样式中定义动画。在 Window 资源中，有一个用于按钮的 `AnimatedButtonStyle` 样式。在模板中定义了一个矩形 `outline`。这个模板使用很细的笔触，将其宽度设置为 0.4。



图 35-31



图 35-32

该模板为 `IsMouseOver` 属性定义了一个属性触发器。当鼠标移过按钮时，就应用这个触发器的 `EnterActions` 属性。启动动作是 `BeginStoryboard`，它是一个触发器动作，可以包含并启动 `Storyboard` 元素。`Storyboard` 元素定义了一个 `DoubleAnimation`，可以为 `double` 值制作动画。在这个动画中改变的属性值是 `Rectangle` 元素 `outline` 的 `StrokeThickness` 属性。该值平滑地增加 1.2，因为 `By` 属性指定，该属性变化的时间长度是 `Duration` 属性设置的 0.3 秒。在动画结束时，笔触的宽度重置为其初始值，因为 `AutoReverse="True"`。总之，只要鼠标移过按钮，`outline` 的边框就在 0.3 秒内增加 1.2。图 35-31 显示了没有改变的按钮，图 35-32 显示了鼠标移过按钮 0.3 秒后的按钮。在纸质媒介上，不可能显示平滑的动画和按钮外观的中间状态。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

<Window x:Class="AnimationDemo.ButtonAnimationWindow"
    xmlns="http://schemas.microsoft.com/winfx/2006/xaml/presentation"
    xmlns:x="http://schemas.microsoft.com/winfx/2006/xaml"
    Title="ButtonAnimationWindow" Height="300" Width="300">
    <Window.Resources>
        <Style x:Key="AnimatedButtonStyle" TargetType="{x:Type Button}">
            <Setter Property="Template">
                <Setter.Value>
                    <ControlTemplate TargetType="{x:Type Button}">
                        <Grid>
                            <Rectangle Name="outline" RadiusX="9" RadiusY="9"
                                Stroke="Black" Fill="{TemplateBinding Background}"
                                StrokeThickness="1.6">
                        </Rectangle>

```

```

        <ContentPresenter VerticalAlignment="Center"
            HorizontalAlignment="Center" />
    </Grid>
    <ControlTemplate.Triggers>
        <Trigger Property="IsMouseOver" Value="True">
            <Trigger.EnterActions>
                <BeginStoryboard>
                    <Storyboard>
                        <DoubleAnimation Duration="0:0:0.3"
                            AutoReverse="True"
                            Storyboard.TargetProperty=
                                "(Rectangle.StrokeThickness)"
                            Storyboard.TargetName="outline"
                            By="1.2" />
                    </Storyboard>
                </BeginStoryboard>
            </Trigger.EnterActions>
        </Trigger>
    </ControlTemplate.Triggers>
</ControlTemplate>
</Setter.Value>
</Setter>
</Style>
</Window.Resources>
<Grid>
    <Button Style="{StaticResource AnimatedButtonStyle}" Width="200"
        Height="100" Content="Click Me!" />
</Grid>
</Window>

```

代码段 AnimationDemo/ButtonAnimationWindow.xaml

Timeline 可以完成的任务如表 35-10 所示。

表 35-10

Timeline 属性	说 明
AutoReverse	使用 AutoReverse 属性，可以指定连续改变的值在动画结束后是否返回初始值
SpeedRatio	使用 SpeedRatio，可以改变动画的移动速度。在这个属性中，可以定义父子元素的相对关系。默认值为 1；将速率设置为较小的值，会使动画移动较慢；将速率设置为高于 1 的值，会使动画移动较快
BeginTime	使用 BeginTime，可以指定从触发器事件开始到动画开始移动之间的时间长度。其单位可以是天、小时、分钟、秒和几分之秒。根据 SpeedRatio，这可以不是真实的时间。例如，如果把 SpeedRatio 设置为 2，把开始时间设置为 6 秒，动画就在 3 秒后开始
AccelerationRatio DecelerationRatio	在动画中，值不一定是线性变化。可以指定 AccelerationRatio 和 DecelerationRatio，定义加速度和减速度。这两个值的总和不能超过 1
Duration	使用 Duration 属性，可以指定动画重复一次的时间长度
RepeatBehavior	给 RepeatBehavior 属性指定一个 RepeatBehavior 结构，可以定义动画的重复次数或重复时间

(续表)

Timeline 属性	说 明
FillBehavior	如果父元素的时间轴有不同的持续时间, FillBehavior 属性就很重要。例如, 如果把父元素的时间轴比实际动画的持续时间短, 将 FillBehavior 设置为 Stop 就表示实际动画停止。如果父元素的时间轴比实际动画的持续时间长, HoldEnd 就会一直执行动画, 直到把它重置为初始值为止(假定把 AutoReverse 设置为 true)

根据 Timeline 类的类型, 还可以使用其他一些属性。例如, 使用 DoubleAnimation, 可以为动画的开始和结束设置 From 和 To 属性。还可以设置 By 属性, 用 Bound 属性的当前值启动动画, 该属性值会递增由 By 属性指定的值。

### 35.11.2 非线性动画

定义非线性动画的一种方式设置 AccelerationRatio 和 DecelerationRatio, 指定动画在开始和结束时的速度。 .NET 4 有比这更灵活的方式。

几个动画类有 EasingFunction 属性。这个属性接受一个实现了 IEasingFunction 接口的对象。通过这个接口, 缓动函数对象可以定义值随着时间如何变化动画效果。有几个缓动函数可用于创建非线性动画, 如 ExponentialEase, 它给动画使用指数公式; QuadraticEase、CubicEase、QuarticEase 和 QuinticEase 的指数分别是 2、3、4、5, PowerEase 的指数是可以配置的。特别有趣的是 SineEase, 它使用正弦曲线, BounceEase 创建弹跳效果, ElasticEase 用弹簧的来回震荡来模拟动画值。

要在 XAML 中指定这种缓动效果时, 具体方法是把该缓动效果添加到动画的 EasingFunction 属性中, 如下所示。添加不同的缓动函数, 就会看到动画的有趣效果:



```
<DoubleAnimation
  Storyboard.TargetProperty="(Ellipse.Width)"
  Duration="0:0:3" AutoReverse="True"
  FillBehavior="Stop"
  RepeatBehavior="Forever"
  From="100" To="300">
  <DoubleAnimation.EasingFunction>
    <BounceEase EasingMode="EaseInOut" />
  </DoubleAnimation.EasingFunction>
</DoubleAnimation>
```

代码段 AnimationDemo/EllipseWindow.xaml

### 35.11.3 事件触发器

除了使用属性触发器之外, 还可以定义一个事件触发器, 来启动动画。属性触发器在属性改变其值时激活, 事件触发器在事件发生时激活。这种事件的例子包括控件的 Load 事件、按钮的 Click 事件, 以及 MouseMove 事件等。

下一个例子将为前面通过形状创建的笑脸创建一个动画。创建动画后, 一旦激活按钮的 Click 事件, 眼睛就会移动。

在 Window 元素中, 定义了一个 DockPanel 元素, 来排列笑脸和控制动画的按钮。包含 3 个按钮的 StackPanel 停靠在顶部。包含笑脸的 Canvas 元素占用了 DockPanel 的其余部分。

第1个按钮用于启动眼睛的动画，第2个按钮用于停止动画，第3个按钮用于启动另一个重置笑脸大小的动画。

动画在 DockPanel.Triggers 部分中定义。这里没有使用属性触发器，而使用了事件触发器。RoutedEvent 和 SourceName 属性定义了 buttonBeginMoveEyes 按钮，一旦该按钮的 Click 事件发生，就激活第1个事件触发器。触发器动作由 BeginStoryboard 元素定义，它启动所包含的 Storyboard。BeginStoryboard 定义了一个名称，它用于控制故事板的暂停、继续和停止动作。Storyboard 元素包含4个动画。前两幅动画连续改变左眼，后两幅动画连续改变右眼。第1幅和第3幅动画改变眼睛的 Canvas.Left 位置，第2幅和第4幅动画改变 Canvas.Top。动画在 x 和 y 方向上有不同的时间值，使用指定的重复行为使眼睛的运动更有趣。

一旦 buttonStopMoveEyes 按钮的 Click 事件发生，就激活第2个事件触发器。在这里，故事板用 StopStoryboard 元素停止，该元素引用了起始故事板 beginMoveEye。

第3个事件触发器通过单击 buttonResize 按钮来激活。在这幅动画中，改变了 Canvas 元素的变换。因为这幅动画不会无限制地运行下去，所以它不需要停止。这个故事板也使用前面介绍的 EaseFunction:



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
<Window x:Class="AnimationDemo.EventTriggerWindow"
        xmlns="http://schemas.microsoft.com/winfx/2006/xaml/presentation"
        xmlns:x="http://schemas.microsoft.com/winfx/2006/xaml"
        Title="EventTriggerWindow" Height="300" Width="300">
    <DockPanel>
        <DockPanel.Triggers>
            <EventTrigger RoutedEvent="Button.Click" SourceName="buttonBeginMoveEyes">
                <BeginStoryboard x:Name="beginMoveEyes">
                    <Storyboard>
                        <DoubleAnimation RepeatBehavior="Forever" DecelerationRatio=".8"
                                        AutoReverse="True" By="6" Duration="0:0:1"
                                        Storyboard.TargetName="eyeLeft"
                                        Storyboard.TargetProperty="(Canvas.Left)" />
                        <DoubleAnimation RepeatBehavior="Forever" AutoReverse="True"
                                        By="6" Duration="0:0:5"
                                        Storyboard.TargetName="eyeLeft"
                                        Storyboard.TargetProperty="(Canvas.Top)" />
                        <DoubleAnimation RepeatBehavior="Forever" DecelerationRatio=".8"
                                        AutoReverse="True" By="-6" Duration="0:0:3"
                                        Storyboard.TargetName="eyeRight"
                                        Storyboard.TargetProperty="(Canvas.Left)" />
                        <DoubleAnimation RepeatBehavior="Forever" AutoReverse="True"
                                        By="6" Duration="0:0:6"
                                        Storyboard.TargetName="eyeRight"
                                        Storyboard.TargetProperty="(Canvas.Top)" />
                    </Storyboard>
                </BeginStoryboard>
            </EventTrigger>
            <EventTrigger RoutedEvent="Button.Click" SourceName="buttonStopMoveEyes">
                <StopStoryboard BeginStoryboardName="beginMoveEyes" />
            </EventTrigger>
            <EventTrigger RoutedEvent="Button.Click" SourceName="buttonResize">
                <BeginStoryboard>
                    <Storyboard>
```

```

        <DoubleAnimation RepeatBehavior="2" AutoReverse="True"
            Storyboard.TargetName="scale1"
            Storyboard.TargetProperty="(ScaleTransform.ScaleX)"
            From="0.1" To="3" Duration="0:0:5">
            <DoubleAnimation.EasingFunction>
                <ElasticEase />
            </DoubleAnimation.EasingFunction>
        </DoubleAnimation>
        <DoubleAnimation RepeatBehavior="2" AutoReverse="True"
            Storyboard.TargetName="scale1"
            Storyboard.TargetProperty="(ScaleTransform.ScaleY)"
            From="0.1" To="3" Duration="0:0:5">
            <DoubleAnimation.EasingFunction>
                <BounceEase />
            </DoubleAnimation.EasingFunction>
        </DoubleAnimation>
    </Storyboard>
</BeginStoryboard>
</EventTrigger>
</DockPanel.Triggers>
<StackPanel Orientation="Vertical" DockPanel.Dock="Top">
    <Button x:Name="buttonBeginMoveEyes" Content="Start Move Eyes" Margin="5" />
    <Button x:Name="buttonStopMoveEyes" Content="Stop Move Eyes" Margin="5" />
    <Button x:Name="buttonResize" Content="Resize" Margin="5" />
</StackPanel>
<Canvas>
    <Canvas.LayoutTransform>
        <ScaleTransform x:Name="scale1" ScaleX="1" ScaleY="1" />
    </Canvas.LayoutTransform>

    <Ellipse Canvas.Left="10" Canvas.Top="10" Width="100" Height="100"
        Stroke="Blue" StrokeThickness="4" Fill="Yellow" />
    <Ellipse Canvas.Left="30" Canvas.Top="12" Width="60" Height="30">
        <Ellipse.Fill>
            <LinearGradientBrush StartPoint="0.5,0" EndPoint="0.5, 1">
                <GradientStop Offset="0.1" Color="DarkGreen" />
                <GradientStop Offset="0.7" Color="Transparent" />
            </LinearGradientBrush>
        </Ellipse.Fill>
    </Ellipse>
    <Ellipse Canvas.Left="30" Canvas.Top="35" Width="25" Height="20"
        Stroke="Blue" StrokeThickness="3" Fill="White" />
    <Ellipse x:Name="eyeLeft" Canvas.Left="40" Canvas.Top="43" Width="6"
        Height="5" Fill="Black" />

    <Ellipse Canvas.Left="65" Canvas.Top="35" Width="25" Height="20"
        Stroke="Blue" StrokeThickness="3" Fill="White" />
    <Ellipse x:Name="eyeRight" Canvas.Left="75" Canvas.Top="43" Width="6"
        Height="5" Fill="Black" />
    <Path Name="mouth" Stroke="Blue" StrokeThickness="4"
        Data="M 40,74 Q 57,95 80,74 " />
</Canvas>
</DockPanel>
</Window>

```

代码段 AnimationDemo/EventTriggerWindow.xaml

图 35-33 显示了运行应用程序的结果。

除了直接从 XAML 的事件触发器中直接启动和停止动画之外，还可以从代码隐藏中控制动画。只需给故事板指定一个名称，并调用 `Begin()`、`Stop()`、`Pause()` 和 `Resume()` 方法。

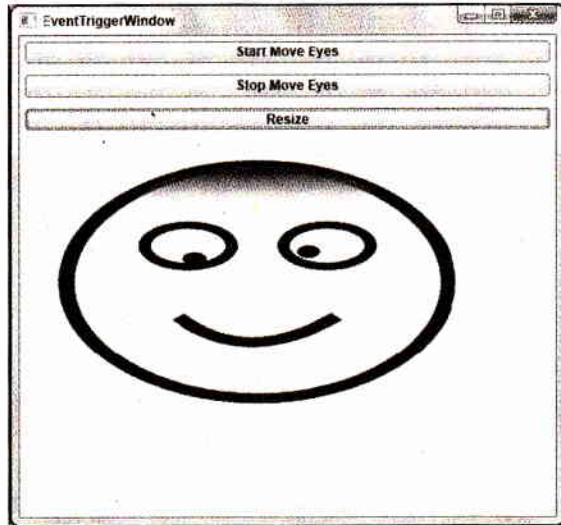


图 35-33

#### 35.11.4 关键帧动画

如前所述，使用加速比、减速比和缓动函数，就可以用非线性的方式制作动画。如果需要为动画指定几个值，就可以使用关键帧动画。与正常的动画一样，关键帧动画也有不同的动画类型，它们可以改变不同类型的属性。

`DoubleAnimationUsingKeyFrames` 是双精度类型的关键帧动画。其他关键帧动画类型有 `Int32AnimationUsingKeyFrames`、`PointAnimationUsingKeyFrames`、`ColorAnimationUsingKeyFrames`、`SizeAnimationUsingKeyFrames` 和 `ObjectAnimationUsingKeyFrames`。

示例 XAML 代码连续地改变 `TranslateTransform` 元素的 X 值和 Y 值，从而改变椭圆的位置。把 `EventTrigger` 定义为 `RoutedEvent` 的 `Ellipse.Loaded`，动画就会在加载椭圆时启动。事件触发器用 `BeginStoryboard` 元素启动一个 `Storyboard`。该 `Storyboard` 包含两个 `DoubleAnimationUsingKeyFrame` 类型的关键帧动画。关键帧动画由帧元素组成。第一幅关键帧动画使用一个 `LinearKeyFrame`、一个 `DiscreteDoubleKeyFrame` 和一个 `SplineDoubleKeyFrame`；第二幅关键帧动画是一个 `EasingDoubleKeyFrame`。`LinearDoubleKeyFrame` 使对应值线性变化。`KeyTime` 属性定义了动画应何时达到 `Value` 属性的值。这里 `LinearDoubleKeyFrame` 用 3 秒的时间使 X 属性到达值 30。`DiscreteDoubleKeyFrame` 在 4 秒后立即改变为新值。`SplineDoubleKeyFrame` 使用贝塞尔曲线，其中的两个控制点由 `KeySpline` 属性指定。`EasingDoubleKeyFrame` 是 .NET 4 中新增的一个帧类，它支持设置缓动函数(如 `BounceEase`)来控制动画值：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
<Canvas>
  <Ellipse Fill="Red" Canvas.Left="20" Canvas.Top="20" Width="25" Height="25">
    <Ellipse.RenderTransform>
      <TranslateTransform X="50" Y="50" x:Name="ellipseMove" />
    </Ellipse.RenderTransform>
  </Ellipse>
</Canvas>
```

```

<Ellipse.Triggers>
  <EventTrigger RoutedEvent="Ellipse.Loaded">
    <BeginStoryboard>
      <Storyboard>
        <DoubleAnimationUsingKeyFrames Storyboard.TargetProperty="X"
          Storyboard.TargetName="ellipseMove">
          <LinearDoubleKeyFrame KeyTime="0:0:2" Value="30" />
          <DiscreteDoubleKeyFrame KeyTime="0:0:4" Value="80" />
          <SplineDoubleKeyFrame KeySpline="0.5,0.0 0.9,0.0"
            KeyTime="0:0:10" Value="300" />
          <LinearDoubleKeyFrame KeyTime="0:0:20" Value="150" />
        </DoubleAnimationUsingKeyFrames>
        <DoubleAnimationUsingKeyFrames Storyboard.TargetProperty="Y"
          Storyboard.TargetName="ellipseMove">
          <SplineDoubleKeyFrame KeySpline="0.5,0.0 0.9,0.0"
            KeyTime="0:0:2" Value="50" />
          <EasingDoubleKeyFrame KeyTime="0:0:20" Value="300">
            <EasingDoubleKeyFrame.EasingFunction>
              <BounceEase />
            </EasingDoubleKeyFrame.EasingFunction>
          </EasingDoubleKeyFrame>
        </DoubleAnimationUsingKeyFrames>
      </Storyboard>
    </BeginStoryboard>
  </EventTrigger>
</Ellipse.Triggers>
</Ellipse>
</Canvas>

```

代码段 AnimationDemo/KeyFrameWindow.xaml

## 35.12 可见状态管理器

自从 .NET 4 以来，Visual State Manager 提供了控制动画的另一种方式。控件可以有特定的状态。状态定义了到达该状态时应用于控件的外观。状态切换定义了一种状态变成另一种状态时会发生什么。

在数据网格中，可以使用 Read、Selected 和 Edit 状态，根据用户的选择给行定义不同的外观。MouseOver 和 IsPressed 可以是状态，也可以用来替代前面讨论的触发器。

下面的示例代码显示一个婴儿的不同状态，并定义 Sleeping、Playing 和 Crying 状态。状态在 VisualStateManager.VisualStateGroups 元素中定义。本例中的状态在一个 Button 元素中定义，因为它们仅需要在该元素中使用。对于内容，Button 定义 Border 和 Image 元素，它们分别命名为 border1 和 image1。通过 VisualStateManager 定义一个 VisualStateGroup，命名为 CommonStates。这个状态组包含 VisualState 元素。在可见状态中定义一个 Storyboard。通过所有这些状态，故事板包含一个 ColorAnimation，它改变边框画笔的颜色和 ObjectAnimationUsingKeyFrames。这个关键帧动画仅对 Image 的 Source 属性进行一次性修改。UriSource 属性需要一个已创建的 BitmapImage 和一个在项目内部存储的文件名。

VisualStateGroup 也包含 VisualTransition 元素，它定义在状态改变之前应发生什么。通过 VisualTransition，可以指定 From 和 To 值。通过这些值可以在状态从 Sleeping 变成 Crying 时、从 Playing



变成 Crying 时创建不同的切换效果。本例仅使用 To 属性，因此无论前一个状态是什么，都应用这个切换效果。在切换过程中，会改变 Button 的 Width 属性和 Border 元素的 Thickness:



```
<Window x:Class="VisualStateDemo.MainWindow"
        xmlns="http://schemas.microsoft.com/winfx/2006/xaml/presentation"
        xmlns:x="http://schemas.microsoft.com/winfx/2006/xaml"
        Title="MainWindow" Height="240" Width="500">
    <DockPanel>
        <StackPanel Orientation="Vertical" DockPanel.Dock="Left">
            <Button Margin="5" Padding="3" Content="Sleeping" Click="OnSleeping" />
            <Button Margin="5" Padding="3" Content="Playing" Click="OnPlaying" />
            <Button Margin="5" Padding="5" Content="Crying" Click="OnCrying" />
        </StackPanel>
    </DockPanel>
    <Grid>
        <Button Name="button1" Width="300" Height="200">
            <VisualStateManager.VisualStateGroups>
                <VisualStateGroup Name="CommonStates">
                    <VisualState Name="Sleeping">
                        <Storyboard>
                            <ObjectAnimationUsingKeyFrames Duration="0:0:0"
                                Storyboard.TargetProperty="(Image.Source)"
                                Storyboard.TargetName="image1">
                                <DiscreteObjectKeyFrame KeyTime="0:0:0">
                                    <DiscreteObjectKeyFrame.Value>
                                        <BitmapImage
                                            UriSource="Images/Sleeping.jpg" />
                                    </DiscreteObjectKeyFrame.Value>
                                </DiscreteObjectKeyFrame>
                            </ObjectAnimationUsingKeyFrames>
                            <ColorAnimation To="LightBlue"
                                Storyboard.TargetProperty="(SolidColorBrush.Color)"
                                Storyboard.TargetName="brush1" Duration="0:0:5" />
                        </Storyboard>
                    </VisualState>
                    <VisualState Name="Playing">
                        <Storyboard>
                            <ObjectAnimationUsingKeyFrames Duration="0:0:0"
                                Storyboard.TargetProperty="(Image.Source)"
                                Storyboard.TargetName="image1">
                                <DiscreteObjectKeyFrame KeyTime="0:0:0">
                                    <DiscreteObjectKeyFrame.Value>
                                        <BitmapImage
                                            UriSource="Images/Playing.jpg" />
                                    </DiscreteObjectKeyFrame.Value>
                                </DiscreteObjectKeyFrame>
                            </ObjectAnimationUsingKeyFrames>
                            <ColorAnimation To="Red"
                                Storyboard.TargetProperty="(SolidColorBrush.Color)"
                                Storyboard.TargetName="brush1" Duration="0:0:5" />
                        </Storyboard>
                    </VisualState>
                    <VisualState Name="Crying">
                        <Storyboard>
                            <ObjectAnimationUsingKeyFrames Duration="0"
                                Storyboard.TargetProperty="(Image.Source)"
                                Storyboard.TargetName="image1">
                                <DiscreteObjectKeyFrame KeyTime="0:0:0">
                                    <DiscreteObjectKeyFrame.Value>
                                        <BitmapImage
                                            UriSource="Images/Crying.jpg" />
                                    </DiscreteObjectKeyFrame.Value>
                                </DiscreteObjectKeyFrame>
                            </ObjectAnimationUsingKeyFrames>
                            <ColorAnimation To="Red"
                                Storyboard.TargetProperty="(SolidColorBrush.Color)"
                                Storyboard.TargetName="brush1" Duration="0:0:5" />
                        </Storyboard>
                    </VisualState>
                </VisualStateGroup>
            </VisualStateManager.VisualStateGroups>
        </Button>
    </Grid>
</Window>
```

```

Storyboard.TargetProperty="(Image.Source)"
Storyboard.TargetName="image1">
  <DiscreteObjectKeyFrame KeyTime="0">
    <DiscreteObjectKeyFrame.Value>
      <BitmapImage UriSource="Images/Crying.jpg" />
    </DiscreteObjectKeyFrame.Value>
  </DiscreteObjectKeyFrame>
</ObjectAnimationUsingKeyFrames>
<ColorAnimation To="LightBlue"
Storyboard.TargetProperty="(SolidColorBrush.Color)"
Storyboard.TargetName="brush1" Duration="0:0:5" />
</Storyboard>
</VisualState>
<VisualStateManager.VisualStateGroups>
  <VisualStateGroup.Transitions>
    <VisualTransition To="Sleeping">
      <Storyboard>
        <DoubleAnimation By="50" AutoReverse="True"
Storyboard.TargetProperty="Width"
Storyboard.TargetName="button1"
Duration="0:0:1.2">
          <DoubleAnimation.EasingFunction>
            <BounceEase />
          </DoubleAnimation.EasingFunction>
        </DoubleAnimation>
      </Storyboard>
    </VisualTransition>
    <VisualTransition To="Crying">
      <Storyboard>
        <ThicknessAnimation Duration="0:0:2" By="100,100"
AutoReverse="True"
Storyboard.TargetProperty=
  "(Border.BorderThickness)"
Storyboard.TargetName="border1" />
      </Storyboard>
    </VisualTransition>
    <VisualTransition To="Playing">
      <Storyboard>
        <DoubleAnimation By="50" AutoReverse="True"
Storyboard.TargetProperty="Width"
Storyboard.TargetName="button1"
Duration="0:0:1.2">
          <DoubleAnimation.EasingFunction>
            <ElasticEase />
          </DoubleAnimation.EasingFunction>
        </DoubleAnimation>
      </Storyboard>
    </VisualTransition>
  </VisualStateGroup.Transitions>
</VisualStateGroup>
</VisualStateManager.VisualStateGroups>
<Border x:Name="border1" BorderThickness="12">
  <Border.BorderBrush>
    <SolidColorBrush x:Name="brush1" Color="White" />
  </Border.BorderBrush>

```

```

        <Image x:Name="image1" />
    </Border>
</Button>
</Grid>
</DockPanel>
</Window>

```

代码段 VisualStateDemo/MainWindow.xaml

通过 Click 事件，在代码隐藏的 StackPanel 处理程序中调用 Button 元素。在代码隐藏中，调用 VisualStateManager 的 GoToElementState() 方法，把 button1 对象改为新状态。这个方法第 3 个参数指定在变成这个状态时是否应调用切换效果：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

private void OnSleeping(object sender, RoutedEventArgs e)
{
    VisualStateManager.GoToElementState(button1, "Sleeping", true);
}

private void OnPlaying(object sender, RoutedEventArgs e)
{
    VisualStateManager.GoToElementState(button1, "Playing", true);
}

private void OnCrying(object sender, RoutedEventArgs e)
{
    VisualStateManager.GoToElementState(button1, "Crying", true);
}

```

代码段 VisualStateDemo/MainWindow.xaml.cs

运行应用程序，就会看到状态的改变，如图 35-34 所示。

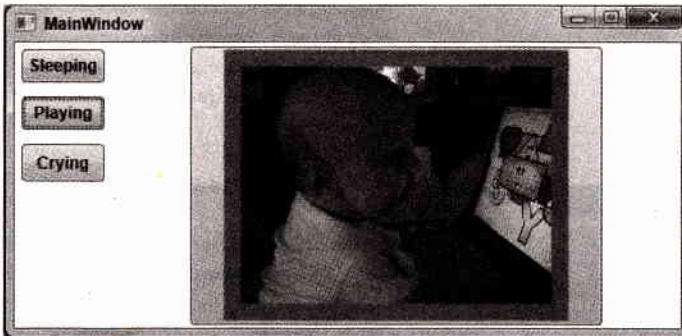


图 35-34

### 35.13 3-D

本章的最后一节介绍 WPF 的 3D 功能，其中包含了开始使用该功能的信息。



WPF 的 3D 特性在 System.Windows.Media.Media3D 名称空间中。

为了理解 WPF 的 3D 功能，一定要知道坐标系统之间的区别。图 35-35 显示了 WPF 中的 3D 坐标系统。原点位于中心。 $x$  轴的正值在右边，负值在左边。 $y$  轴是垂直的，正值在上边，负值在下边。 $z$  轴在指向观察者的方向上定义正值。

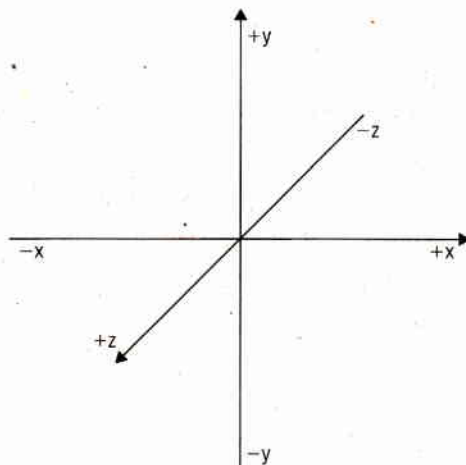


图 35-35

为了理解 WPF 的 3D 特性，最重要的概念是模型、照相机和光线。模型定义了使用三角形显示的内容，照相机定义了查看模型的位置和方式，而没有光线，模型就是黑暗的。光线定义了完整的场景如何照明。本节介绍如何使用 WPF 定义模型、照相机和光线，以及有哪些不同的选项。另外，还讨论如何为场景制作动画。

### 35.13.1 模型

本节将创建一个具有 3D 效果的图书模型。因为 3D 模型由三角形组成，所以最简单的模型是仅一个三角形。更复杂的模型由多个三角形组成。矩形由两个三角形组成，球由多个三角形组成，所使用的三角形越多，球就越光滑。

对于图书模型，每一面都是矩形，矩形仅由两个三角形组成。但是，因为书的封面有 3 种不同的材质，所以要使用 6 个三角形。

三角形用 `MeshGeometry3D` 的 `Positions` 属性定义。这里仅是书的封面的一部分。`MeshGeometry3D` 定义两个三角形。可以只计算 5 个点的坐标，因为第一个三角形的第三个点就是第二个三角形的第一个点。还可以进行优化，以减小模型的尺寸。所有这些点都使用相同的  $z$  坐标 0，而  $(x,y)$  坐标分别是  $(0,0)$ ， $(10,0)$ ， $(0,10)$ ， $(10,10)$  和  $(10,0)$ 。`TriangleIndices` 属性指定这些点的顺序。第一个三角形按顺时针定义，第二个三角形按逆时针定义。使用这个属性可以指定三角形的哪一边是可见的。三角形的一边显示 `GeometryModel3D` 类的 `Material` 属性定义的颜色，另一边显示 `BackMaterial` 属性。

3D 的渲染表面是包围模型的 `ModelVisual3D`，如下所示：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
<ModelVisual3D>
  <ModelVisual3D.Content>
    <Model3DGroup>
      <!-- front -->
      <GeometryModel3D>
```

```

<GeometryModel3D.Geometry>
  <MeshGeometry3D
    Positions="0 0 0, 10 0 0, 0 10 0, 10 10 0, 10 0 0"
    TriangleIndices="0, 1, 2, 2, 4, 3"
  />
</GeometryModel3D.Geometry>

```

代码段 3DDemo/MainWindow.xaml

`GeometryModel3D` 类的 `Material` 属性指定模型使用什么材质。根据视点的不同, `Material` 或 `BackMaterial` 属性很重要。

WPF 提供不同的材质类型: `DiffuseMaterial`、`EmissiveMaterial` 和 `SpecularMaterial`。材质和用于给场景照明的光线会影响模型的外观。计算 `EmissiveMaterial` 和应用用于材质画笔的颜色可定义光线, 以显示模型。`SpecularMaterial` 在发生高光反射时会添加眩目的高光反射效果。示例代码使用 `DiffuseMaterial`, 并引用 `mainCover` 资源中的画笔:

```

<GeometryModel3D.Material>
  <DiffuseMaterial Brush="{StaticResource mainCover}" />
</GeometryModel3D.Material>
</GeometryModel3D>

```

用于主封面的画笔是 `VisualBrush`。`VisualBrush` 有一个 `Border` 元素, 它是由两个 `Label` 元素组成的 `Grid`。一个 `Label` 元素定义了文本 `Professional C# 4`, 并写在封面上:

```

<VisualBrush x:Key="mainCover">
  <VisualBrush.Visual>
    <Border Background="Red">
      <Grid>
        <Grid.RowDefinitions>
          <RowDefinition Height="30" />
          <RowDefinition Height="*" />
        </Grid.RowDefinitions>
        <Label Grid.Row="0" HorizontalAlignment="Center">
          Professional C# 4 </Label>
        <Label Grid.Row="1"> </Label>
      </Grid>
    </Border>
  </VisualBrush.Visual>
</VisualBrush>

```

因为画笔用 2D 坐标系统定义, 而模型在 3D 坐标系统中定义, 所以需要对他们进行转换。这个转换使用 `MeshGeometry3D` 的 `TextureCoordinates` 属性来完成。`TextureCoordinates` 属性指定了三角形的每个点, 指定这些点如何映射到 2D 上。第一个点(0,0,0)映射到(0,1)上, 第二个点(10,0,0)映射到(1,1)上, 以此类推。注意 `y` 在 3D 和 2D 坐标系统中有不同的方向。图 35-36 显示了 2D 坐标系统。

```

<MeshGeometry3D
  Positions="0 0 0, 10 0 0, 0 10 0, 10 10 0, 10 0 0"
  TriangleIndices="0, 1, 2, 2, 4, 3"
  TextureCoordinates="0 1, 1 1, 0 0, 1 0, 1 1"
/>

```

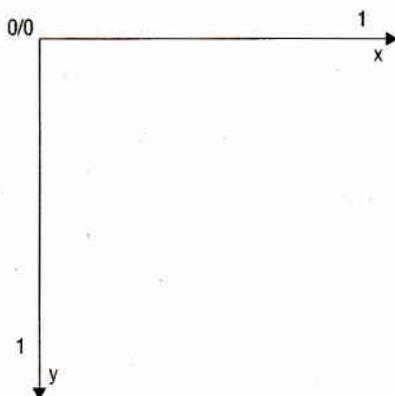


图 35-36

### 35.13.2 照相机

需要对 3D 模型使用照相机，以查看模型。本例使用 `PerspectiveCamera`，它需要指定位置和方向。把照相机的位置向左移动，会使模型向右移动，反之亦然。改变照相机的 `y` 坐标，模型会显得更大或更小。使照相机与模型相距越远，模型就越小：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
<Viewport3D.Camera>
  <PerspectiveCamera Position="0,0,25" LookDirection="15,6,-50" />
</Viewport3D.Camera>
```

代码段 3DDemo/MainWindow.xaml

WPF 还有一个 `OrtographicCamera`，因为它在场景中没有地平线，所以如果它移动得远一些，元素的大小不会改变。使用 `MatrixCamera`，可以精确地指定照相机的行为。

### 35.13.3 光线

没有光线，就是一片黑暗。3D 场景需要光线使模型可见。可以使用不同的光线。`AmbientLight` 会均匀地照亮场景。`DirectionalLight` 只照亮一个方向，类似于阳光。`PointLight` 在空间中有一个位置，它会照亮所有方向。`SpotLight` 也有一个位置，但其照亮的区域仅限于一个圆锥。

示例代码使用 `SpotLight`，指定了位置、方向和锥角：

```
<ModelVisual3D>
  <ModelVisual3D.Content>
    <SpotLight Color="White" InnerConeAngle="20" OuterConeAngle="60"
      Direction="15,6,-50" Position="0,0,25" />
  </ModelVisual3D.Content>
</ModelVisual3D>
```

### 35.13.4 旋转

为了得到模型的 3D 外观，模型还应能旋转。要进行旋转，可以使用 `RotateTransform3D` 元素，来定义旋转的中心和旋转角度：

```
<Model3DGroup.Transform>
  <RotateTransform3D CenterX="0" CenterY="0" CenterZ="0">
    <RotateTransform3D.Rotation>
```

```
<AxisAngleRotation3D x:Name="angle" Axis="-1,-1,-1"
                    Angle="70" />
</RotateTransform3D.Rotation>
</RotateTransform3D>
</Model3DGroup.Transform>
```

要旋转已完成的模型，可以通过一个事件触发器启动一幅动画。该动画连续地改变 `AxisAngleRotation3D` 元素的 `Angle` 属性：

```
<Window.Triggers>
  <EventTrigger RoutedEvent=f"Window.Loaded">
    <BeginStoryboard>
      <Storyboard>
        <DoubleAnimation From="0" To="360" Duration="00:00:10"
                        Storyboard.TargetName="angle"
                        Storyboard.TargetProperty="Angle"
                        RepeatBehavior="Forever" />
      </Storyboard>
    </BeginStoryboard>
  </EventTrigger>
</Window.Triggers>
```

运行应用程序，结果如图 35-37 所示。

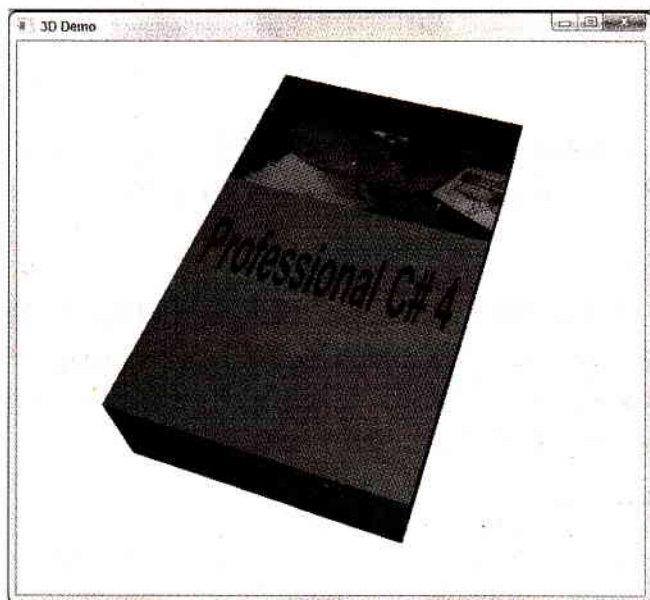


图 35-37

## 35.14 小结

本章介绍了 WPF 的许多功能。WPF 便于分开开发人员和设计人员的工作。所有 UI 功能都可以使用 XAML 创建，其功能用代码隐藏创建。

我们还探讨了基于矢量图形的许多控件和容器。因为 WPF 元素是矢量图形，所以可以缩放、

倾斜和旋转。因为内容控件的内容非常灵活，所以事件处理机制基于冒泡和隧道事件。

可以使用不同类型的画笔绘制背景和前景元素，不仅可以使⽤纯色画笔、线性渐变或放射性渐变画笔，而且可视化画笔完成反射功能或显示视频。

样式和模板可以定制控件的外观。触发器可以动态地改变 WPF 控件的属性。连续改变 WPF 控件的属性值，就可以轻松地制作出动画。

下一章继续介绍 WPF，主要探讨数据绑定、命令、导航和其他几个功能。



# 第 36 章

## 用 WPF 编写业务应用程序

本章内容:

- 绑定到元素、对象、列表和 XML 的数据
- 值的转换和验证
- Commanding
- 使用 TreeView 显示层次数据
- 使用 DataGrid 显示和组合数据

上一章介绍了 WPF 的一些核心功能,本章继续用 WPF 编程,介绍创建完整应用程序的一些重要方面,如数据绑定和命令处理,以及新的 DataGrid 控件。数据绑定是把 .NET 类中的数据提供给用户界面的一个重要概念,还允许用户修改数据。Commanding 可以把 UI 的事件映射到代码上。与事件模型相反,它更好地分隔开了 XAML 和代码。TreeView 和 DataGrid 控件是显示绑定数据的 UI 控件。

### 36.1 数据绑定

与以前的技术相比,WPF 数据绑定向前迈了一大步。数据绑定把数据从 .NET 对象传递给 UI,或从 UI 传递给 .NET 对象。简单对象可以绑定到 UI 元素、对象列表和 XAML 元素上。在 WPF 数据绑定中,目标可以是 WPF 元素的任意依赖属性,CLR 对象的每个属性都可以是绑定源。因为 WPF 元素作为 .NET 类实现,所以每个 WPF 元素也可以用作绑定源。图 36-1 显示了绑定源和绑定目标之间的连接。Binding 对象定义了该连接。

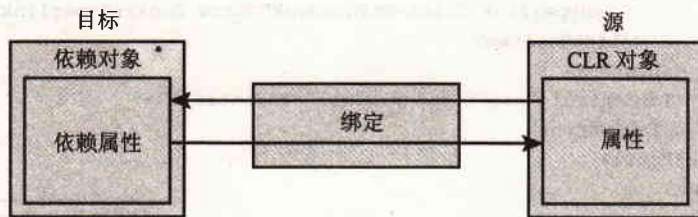


图 36-1

Binding 对象支持源与目标之间的几种绑定模式。绑定可以是单向的,即从源信息指向目标,但

如果用户在用户界面上修改了该信息，则源不会更新。要更新源，需要双向绑定。

表 36-1 列出了绑定模式及其要求。

表 36-1

绑定模式	说明
一次性	绑定从源指向目标，且仅在应用程序启动时，或数据环境改变时绑定一次。通过这种模式可以获得数据的快照
单向	绑定从源指向目标。这对于只读数据很有用，因为它不能从用户界面中修改数据。要更新用户界面，源必须实现 <code>INotifyPropertyChanged</code> 接口
双向	在双向绑定中，用户可以从 UI 中修改数据。绑定是双向的——从源指向目标，从目标指向源。源对象需要实现读写属性，才能把改动的内容从 UI 更新到源对象上
指向源的单向	采用这种绑定模式，如果目标属性改变，源对象也会更新

除了绑定模式之外，WPF 数据绑定还涉及许多方面。本节详细介绍与 XAML 元素、简单的 .NET 对象和列表的绑定。通过更改通知，可以使用绑定对象中的更改更新 UI。本节还会讨论从对象数据提供程序中获取数据和直接从代码中获取数据。多绑定和优先绑定说明了与默认绑定不同的绑定可能性，本节也将论述如何动态地选择数据模板，以及绑定值的验证。

下面从 BooksDemo 示例应用程序开始。

### 36.1.1 BooksDemo 应用程序

本节将新建一个 WPF 应用程序 BooksDemo，本章的数据绑定和 commanding 将使用这个应用程序。

修改 XAML 文件 `MainWindow.xaml`，并分别添加一个 `DockPanel`、`ListBox`、`Hyperlink` 和 `TabControl`。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
<Window x:Class="Wrox.ProCSharp.WPF.MainWindow"
Insert IconMargin [FILENAME]
xmlns="http://schemas.microsoft.com/winfx/2006/xaml/presentation"
xmlns:x="http://schemas.microsoft.com/winfx/2006/xaml"
xmlns:local="clr-namespace:Wrox.ProCSharp.WPF"
Title="Main Window" Height="400" Width="600">
  <DockPanel>
    <ListBox DockPanel.Dock="Left" Margin="5" MinWidth="120">
      <ListBoxItem>
        <Hyperlink Click=OnShowBook">Show Book</Hyperlink>
      </ListBoxItem>
    </ListBox>
    <TabControl Margin="5" x:Name="tabControl1">
      </TabControl>
    </DockPanel>
</Window>
```

代码段 BooksDemo/MainWindow.xaml

现在添加一个 WPF 用户控件 `BookUC`。这个用户控件包含一个 `DockPanel`、一个几行几列的 `Grid`、一个 `Label` 和多个 `TextBox` 控件：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
<UserControl x:Class="Wrox.ProCSharp.WPF.BookUC"
  xmlns="http://schemas.microsoft.com/winfx/2006/xaml/presentation"
  xmlns:x="http://schemas.microsoft.com/winfx/2006/xaml"
  xmlns:mc="http://schemas.openxmlformats.org/markup-compatibility/2006"
  xmlns:d="http://schemas.microsoft.com/expression/blend/2008"
  mc:Ignorable="d"
  d:DesignHeight="300" d:DesignWidth="300">
  <DockPanel>
    <Grid>
      <Grid.RowDefinitions>
        <RowDefinition />
        <RowDefinition />
        <RowDefinition />
        <RowDefinition />
      </Grid.RowDefinitions>
      <Grid.ColumnDefinitions>
        <ColumnDefinition Width="Auto" />
        <ColumnDefinition Width="*" />
      </Grid.ColumnDefinitions>
      <Label Content="Title" Grid.Row="0" Grid.Column="0" Margin="10,0,5,0"
        HorizontalAlignment="Left" VerticalAlignment="Center" />
      <Label Content="Publisher" Grid.Row="1" Grid.Column="0"
        Margin="10,0,5,0" HorizontalAlignment="Left"
        VerticalAlignment="Center" />
      <Label Content="Isbn" Grid.Row="2" Grid.Column="0"
        Margin="10,0,5,0" HorizontalAlignment="Left"
        VerticalAlignment="Center" />
      <TextBox Grid.Row="0" Grid.Column="1" Margin="5" />
      <TextBox Grid.Row="1" Grid.Column="1" Margin="5" />
      <TextBox Grid.Row="2" Grid.Column="1" Margin="5" />
      <StackPanel Grid.Row="3" Grid.Column="0" Grid.ColumnSpan="2">
        <Button Content="Show Book" Margin="5" Click="OnShowBook" />
      </StackPanel>
    </Grid>
  </DockPanel>
</UserControl>
```

代码段 BooksDemo/BookUC.xaml

在 MainWindow.xaml.cs 的 OnShowBook() 处理程序中，新建 BookUC 用户控件的一个实例，给 TabControl 添加一个新的 TabItem。接着修改 TabControl 的 SelectedIndex 属性，以打开新的选项卡：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
private void OnShowBook(object sender, RoutedEventArgs e)
{
  var bookUI = new BookUC();
  this.tabControl1.SelectedIndex =
    this.tabControl1.Items.Add(
      new TabItem { Header = "Book", Content = bookUI });
}
```

代码段 BooksDemo/MainWindow.xaml.cs

构建项目后，就可以启动应用程序，单击超链接，以打开 TabControl 中的用户控件。

### 36.1.2 用 XAML 绑定

WPF 元素不仅是数据绑定的目标，它还可以是绑定的源。可以把一个 WPF 元素的源属性绑定到另一个 WPF 元素的目标属性上。

在下面的代码示例中，数据绑定用于通过一个滑块重置用户控件中控件的大小。给用户控件 BookUC 添加一个 StackPanel 控件，该 StackPanel 控件包含一个标签和一个滑块控件。滑块控件定义了 Minimum 和 Maximum 值，以指定缩放比例，将其初始值 1 赋予 Value 属性：



```

<DockPanel>
  <StackPanel DockPanel.Dock="Bottom" Orientation="Horizontal"
    HorizontalAlignment="Right">
    <Label Content="Resize" />
    <Slider x:Name="slider1" Value="1" Minimum="0.4" Maximum="3"
      Width="150" HorizontalAlignment="Right" />
  </StackPanel>

```

代码段 BooksDemo/BookUC.xaml

设置 Grid 控件的 LayoutTransform 属性，并添加一个 ScaleTransform 元素。通过 ScaleTransform 元素，对 ScaleX 和 ScaleY 属性进行数据绑定。这两个属性都用 Binding 标记扩展来设置。在 Binding 标记扩展中，把 ElementName 设置为 slider1，以引用前面创建的滑块控件。把 Path 设置为 Value，从 Value 属性中获取滑块的值。

```

<Grid>
  <Grid.LayoutTransform>
    <ScaleTransform x:Name="scale1"
      ScaleX="{Binding Path=Value, ElementName=slider1}"
      ScaleY="{Binding Path=Value, ElementName=slider1}" />
  </Grid.LayoutTransform>

```

运行应用程序时，可以移动滑块，从而重置 Grid 中的控件，如图 36-2 和图 36-3 所示。

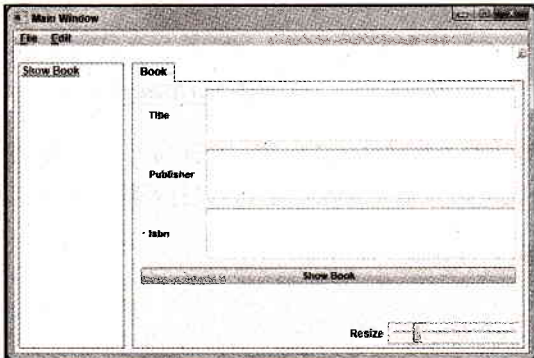


图 36-2

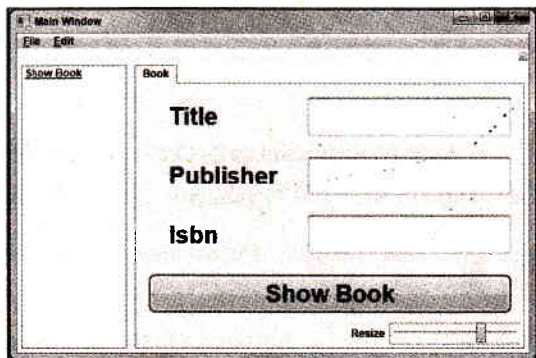


图 36-3

除了用 XAML 代码定义绑定信息之外，如上述代码使用 Binding 元数据扩展来定义，还可以使用代码隐藏。在代码隐藏中，必须新建一个 Binding 对象，并设置 Path 和 Source 属性。必须把 Source 属性设置为源对象，这里是 WPF 对象 slider1。把 Path 属性设置为一个 PropertyPath 实例，它用源对象的 Value 属性名初始化。对于派生自 FrameworkElement 的控件，可以调用 SetBinding() 方法来定义绑定。但是，ScaleTransform 不派生自 FrameworkElement，而派生自 Freezable 基类。使用辅助类

BindingOperations 可以绑定这类控件。BindingOperations 类的 SetBinding() 方法需要一个 DependencyObject, 在本例中是 ScaleTransform 实例。SetBinding() 方法还需要绑定目标的 dependency 属性和 Binding 对象。

```
var binding = new Binding
{
    Path = new PropertyPath("Value"),
    Source = slider1
};
BindingOperations.SetBinding(scale1,
    ScaleTransform.ScaleXProperty, binding);
BindingOperations.SetBinding(scale1,
    ScaleTransform.ScaleYProperty, binding);
```



派生自 DependencyObject 的所有类都可以有依赖属性。依赖属性参见第 27 章。

使用 Binding 类, 可以配置许多绑定选项, 如表 36-2 所示。

表 36-2

Binding 类的成员	说 明
Source	使用 Source 属性, 可以定义数据绑定的源对象
RelativeSource	使用 RelativeSource 属性, 可以指定与目标对象相关的源对象。当错误来源于同一个控件时, 它对于显示错误消息很有用
ElementName	如果源对象是一个 WPF 元素, 就可以用 ElementName 属性指定源对象
Path	使用 Path 属性, 可以指定到源对象的路径。它可以是源对象的属性, 但也支持子元素的索引器和属性
XPath	使用 XML 数据源时, 可以定义一个 XPath 查询表达式, 来获得要绑定的数据
Mode	模式定义了绑定的方向。Mode 属性是 BindingMode 类型。BindingMode 是一个枚举, 其值如下: Default、OneTime、OneWay、TwoWay、OneWayToSource。默认模式依赖于目标: 对于文本框, 默认是双向绑定; 对于只读的标签, 默认为单向。OneTime 表示数据仅从源中加载一次; OneWay 将对源对象的修改更新到目标对象中。TwoWay 绑定表示, 对 WPF 元素的修改可以写回源对象中。OneWayToSource 表示, 从不读取数据, 但总是从目标对象写入源对象中
Converter	使用 Converter 属性, 可以指定一个转换器类, 该转换器类来回转换 UI 的数据。转换器类必须实现 IvalueConverter 接口, 它定义了 Convert() 和 ConvertBack() 方法。使用 ConverterParameter 属性可以给转换方法传递参数。转换器区分文化, 文化可以用 ConverterCultrue 属性设置
FallbackValue	使用 FallbackValue 属性, 可以定义一个在绑定没有返回值时使用的默认值
ValidationRules	使用 ValidationRules 属性, 可以定义一个 ValidationRule 对象集合, 在从 WPF 目标元素更新源对象之前检查该集合。ExceptionValidationRule 类派生自 ValidationRule 类, 负责检查异常

## 36.1.3 简单对象的绑定

要绑定 CLR 对象，只需使用 .NET 类定义属性，如下面的例子就使用 `Book` 类定义了 `Title`、`Publisher`、`Isbn` 和 `Authors` 属性。这个类在 `BooksDemo` 项目的 `Data` 文件夹中。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
using System.Collections.Generic;
namespace Wrox.ProCSharp.WPF.Data
{
    public class Book
    {
        public Book(string title, string publisher, string isbn,
            params string[] authors)
        {
            this.Title = title;
            this.Publisher = publisher;
            this.Isbn = isbn;
            this.authors.AddRange(authors);
        }
        public Book()
            : this("unknown", "unknown", "unknown")
        {
        }
        public string Title { get; set; }
        public string Publisher { get; set; }
        public string Isbn { get; set; }

        private readonly List<string>authors = new List<string>();
        public string[] Authors
        {
            get
            {
                return authors.ToArray();
            }
        }

        public override string ToString()
        {
            return Title;
        }
    }
}
```

代码段 BooksDemo/Data/Book.cs

在用户控件 `BookUC` 的 XAML 代码中，定义了几个标签和文本框控件，以显示图书信息。使用 `Binding` 标记扩展，将文本框控件绑定到 `Book` 类的属性上。在 `Binding` 标记扩展中，仅定义了 `Path` 属性，将它绑定到 `Book` 类的属性上。不需要定义源对象，因为通过指定 `DataContext` 来定义源对象，如下面的代码隐藏所示。对于 `TextBox` 元素，模式定义为其默认值，即双向绑定：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
<TextBox Text="{Binding Path=Title}" Grid.Row="0" Grid.Column="1"
    Margin="5" />
<TextBox Text="{Binding Path=Publisher}" Grid.Row="1" Grid.Column="1"
    Margin="5" />
```

```
<TextBox Text="{Binding Path=Isbn}" Grid.Row="2" Grid.Column="1"
        Margin="5" />
```

代码段 BooksDemo//BookUC.xaml

在代码隐藏中定义一个新的 **Book** 对象，并将其赋予用户控件的 **DataContext** 属性。**DataContext** 是一个依赖属性，它用基类 **FrameworkElement** 定义。指定用户控件的 **DataContext** 属性表示，用户控件中的每个元素都默认绑定到同一个数据上下文上。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
private void OnShowBook(object sender, RoutedEventArgs e)
{
    var bookUI = new BookUC();
    bookUI.DataContext = new Book
    {
        Title = "Professional C# 2008",
        Publisher = "Wrox Press",
        Isbn = "978-0-470-19137-8"
    };
    this.tabControl1.SelectedIndex =
        this.tabControl1.Items.Add(
            new TabItem { Header = "Book", Content = bookUI });
}
```

代码段 BooksDemo/MainWindow.xaml.cs

启动应用程序后，就会看到图 36-4 所示的绑定数据。

为了实现双向绑定(对输入的 WPF 元素的修改反映到 CLR 对象中)，实现了用户控件中按钮的 **Click** 事件处理程序——**OnShowBook()**方法。在实现时，会弹出一个消息框，显示 **book1** 对象的当前标题和 ISBN 号。图 36-5 显示了在运行过程中修改该输入后消息框的输出。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
private void OnShowBook(object
sender, RoutedEventArgs e)
{
    Book theBook = this.DataContext as Book;
    if (theBook != null)
        MessageBox.Show(theBook.Title, theBook.Isbn);
}
```

代码段 BooksDemo/BookUC.xaml.cs

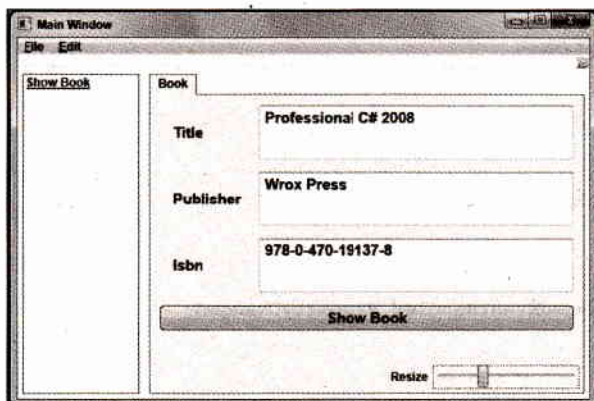


图 36-4

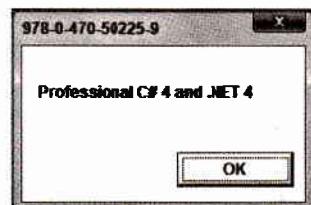


图 36-5

## 36.1.4 更改通知

使用当前的双向绑定，可以读写对象中的数据。但如果在代码中对用户界面的数据进行了修改，用户界面就接收不到更改信息。只要在用户控件中添加一个按钮，并实现 Click 事件处理程序 OnChangeBook()，就可以验证这一点。数据上下文中的图书变化了，但用户界面没有显示这个变化。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
<StackPanel Grid.Row="3" Grid.Column="0" Grid.ColumnSpan="2"
            Orientation="Horizontal" HorizontalAlignment="Center">
    <Button Content="Show Book" Margin="5" Click="OnShowBook" />
    <Button Content="Change Book" Margin="5" Click="OnChangeBook" />
</StackPanel>
```

代码段 BooksDemo/BookUC.xaml



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
private void OnChangeBook(object sender, RoutedEventArgs e)
{
    Book theBook = this.DataContext as Book;
    if (theBook != null)
    {
        theBook.Title = "Professional C# 4 with .NET 4";
        theBook.Isbn = "978-0-470-50225-9";
    }
}
```

代码段 BooksDemo/BookUC.xaml.cs

为了把更改信息传递给用户界面，实体类必须实现 INotifyPropertyChanged 接口。修改 Book 类，以实现这个接口。这个接口定义了 PropertyChanged 事件，该事件也需要修改属性的实现方式，以触发事件：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
using System.ComponentModel;
using System.Collections.Generic;

namespace Wrox.ProCSharp.WPF.Data
{
    public class Book : INotifyPropertyChanged
    {
        public Book(string title, string publisher, string isbn,
                    params string[] authors)
        {
            this.title = title;
            this.publisher = publisher;
            this.isbn = isbn;
            this.authors.AddRange(authors);
        }
        public Book()
            : this("unknown", "unknown", "unknown")
        {
        }

        public event PropertyChangedEventHandler PropertyChanged;

        private string title;
        public string Title {
            get
```



```
{
    return title;
}
set
{
    title = value;
    if (PropertyChanged != null)
        PropertyChanged(this, new
            PropertyChangedEventArgs("Title"));
}
}
private string publisher;
public string Publisher
{
    get
    {
        return publisher;
    }
    set
    {
        publisher = value;
        if (PropertyChanged != null)
            PropertyChanged(this, new PropertyChangedEventArgs(
                "Publisher"));
    }
}
private string isbn;
public string Isbn {
    get
    {
        return isbn;
    }
    set
    {
        isbn = value;
        if (PropertyChanged != null )
            PropertyChanged( this , new PropertyChangedEventArgs( "Isbn" ));
    }
}
private readonly List<string>authors = new List<string>();
public string[] Authors
{
    get
    {
        return authors.ToArray();
    }
}
public override string ToString()
{
    return this.title;
}
}
```

代码段 BooksDemo/Data/Book.cs

进行了这个修改后，就可以再次启动应用程序，以验证用户界面从事件处理程序中接收到更改信息。

### 36.1.5 对象数据提供程序

除了在代码隐藏中实例化对象之外，还可以用 XAML 定义对象实例。为了在 XAML 中引用代码隐藏中的类，必须引用在 XML 根元素中声明的名称空间。XML 属性 `xmlns:local="clr-namespace:Wrox.ProCSharp.WPF"` 将 .NET 名称空间 `Wrox.ProCSharp.WPF` 赋予 XML 名称空间别名 `local`。

现在，在 `DockPanel` 资源中用 `Book` 元素定义 `Book` 类的一个对象。给 XML 属性 `Title`、`Publisher` 和 `Isbn` 赋值，就可以设置 `Book` 类的属性值。`x:Key="theBook"` 定义了资源的标识符，以便引用 `book` 对象：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
<UserControl x:Class="Wrox.ProCSharp.WPF.BookUC"
  xmlns="http://schemas.microsoft.com/winfx/2006/xaml/presentation"
  xmlns:x="http://schemas.microsoft.com/winfx/2006/xaml"
  xmlns:mc="http://schemas.openxmlformats.org/markup-compatibility/2006"
  xmlns:d="http://schemas.microsoft.com/expression/blend/2008"
  xmlns:local="clr-namespace:Wrox.ProCSharp.WPF.Data"
  mc:Ignorable="d"
  d:DesignHeight="300" d:DesignWidth="300">
  <DockPanel>
    <DockPanel.Resources>
      <local:Book x:Key="theBook" Title="Professional C# 2010"
        Publisher="Wrox Press" Isbn="978-0-470-50225-9" />
    </DockPanel.Resources>
```

代码段 BooksDemo/BookUC.xaml



如果要引用的 .NET 名称空间在另一个程序集中，就必须把该程序集添加到 XML 声明中。

```
xmlns:sys="clr-namespace:System;assembly=mscorlib"
```

在 `TextBox` 元素中，用 `Binding` 标记扩展定义 `Source`，`Binding` 标记扩展引用 `theBook` 资源。

```
<TextBox Text="{Binding Path=Title,
  Source={StaticResource theBook}}"
  Grid.Row="0" Grid.Column="1" Margin="5" />
<TextBox Text="{Binding Path=Publisher,
  Source={StaticResource theBook}}"
  Grid.Row="1" Grid.Column="1" Margin="5" />
<TextBox Text="{Binding Path=Isbn,
  Source={StaticResource theBook}}"
  Grid.Row="2" Grid.Column="1" Margin="5" />
```

因为所有 `TextBox` 元素都包含在同一个控件中，所以可以用父控件指定 `DataContext` 属性，用 `TextBox` 绑定元素设置 `Path` 属性。因为 `Path` 属性是默认的，所以也可以在下面的代码中删除 `Binding` 标记扩展：

```

<Grid x:Name="grid1" DataContext="{StaticResource theBook}">
<!-- ...-->
  <TextBox Text="{Binding Title}" Grid.Row="0" Grid.Column="1"
    Margin="5" />
  <TextBox Text="{Binding Publisher}" Grid.Row="1" Grid.Column="1"
    Margin="5" />
  <TextBox Text="{Binding Isbn}" Grid.Row="2" Grid.Column="1"
    Margin="5" />

```

除了直接在 XAML 代码中定义对象实例外，还可以定义一个对象数据提供程序，该提供程序引用类，以调用方法。为了使用 `ObjectDataProvider`，最好创建一个返回要显示的对象工厂类，如下面的 `BookFactory` 类所示：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

using System.Collections.Generic;

namespace Wrox.ProCSharp.WPF.Data
{
    public class BookFactory
    {
        private List<Book>books = new List<Book>();

        public BookFactory()
        {
            books.Add(new Book
            {
                Title = "Professional C# 2010",
                Publisher = "Wrox Press",
                Isbn = "978-0-470-50225-9"
            });
        }

        public Book GetTheBook()
        {
            return books[0];
        }
    }
}

```

代码段 BooksDemo/Data/BookFactory.cs

`ObjectDataProvider` 元素可以在资源部分中定义。XML 特性 `ObjectType` 定义了类的名称，`MethodName` 指定了获得 `book` 对象要调用的方法的名称：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

<DockPanel.Resources>
  <ObjectDataProvider x:Key="theBook" ObjectType="local:BookFactory"
    MethodName="GetTheBook" />
</DockPanel.Resources>

```

代码段 BooksDemo/BookUC.xaml

可以用 `ObjectDataProvider` 类指定的属性如表 36-3 所示。

表 36-3

ObjectDataProvider	说 明
ObjectType	ObjectType 属性定义了要创建的实例类型

(续表)

ObjectDataProvider	说 明
ConstructorParameters	使用 ConstructorParameters 集合可以在类中添加创建实例的参数
MethodName	MethodName 属性定义了由对象数据提供程序调用的方法的名称
MethodParameters	使用 MethodParameters 属性, 可以给通过 MethodName 属性定义的方法指定参数
ObjectInstance	使用 ObjectInstance 属性, 可以获取和设置由 ObjectDataProvider 类使用的对象。例如, 可以用编程方式指定已有的对象, 而不是定义 ObjectType 以使用 ObjectDataProvider 实例化一个对象
Data	使用 Data 属性, 可以访问用于数据绑定的底层对象。如果定义了 MethodName, 则使用 Data 属性, 可以访问从指定的方法返回的对象

### 36.1.6 列表绑定

绑定到列表上比绑定到简单对象上更常见, 这两种绑定非常类似。可以从代码隐藏中将完整的列表赋予 DataContext, 也可以使用 ObjectDataProvider 访问一个对象工厂, 以返回一个列表。对于支持绑定到列表上的元素(如列表框), 会绑定整个列表。对于只支持绑定一个对象上的元素(如文本框), 只绑定当前项。

使用 BookFactory 类, 现在返回一个 Book 对象列表:



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
public class BookFactory
{
    private List<Book>books = new List<Book>();

    public BookFactory()
    {
        books.Add(new Book("Professional C# 4 with .NET 4", "Wrox Press",
            "978-0-470-50225-9", "Christian Nagel", "Bill Evjen",
            "Jay Glynn", "Karli Watson", "Morgan Skinner"));
        books.Add(new Book("Professional C# 2008", "Wrox Press",
            "978-0-470-19137-8", "Christian Nagel", "Bill Evjen",
            "Jay Glynn", "Karli Watson", "Morgan Skinner"));
        books.Add(new Book("Beginning Visual C# 2010", "Wrox Press",
            "978-0-470-50226-6", "Karli Watson", "Christian Nagel",
            "Jacob Hammer Pedersen", "Jon D. Reid",
            "Morgan Skinner", "Eric White"));
        books.Add(new Book("Windows 7 Secrets", "Wiley", "978-0-470-50841-1",
            "Paul Thurrott", "Rafael Rivera"));
        books.Add(new Book("C# 2008 for Dummies", "For Dummies",
            "978-0-470-19109-5", "Stephen Randy Davis",
            "Chuck Sphar"));
    }

    public IEnumerable<Book>GetBooks()
    {
        return books;
    }
}
```

代码段 BooksDemo/Data/BookFactory.cs

要使用列表, 应新建一个 BooksUC 用户控件。这个控件的 XAML 代码包含的标签和文本框控件可以显示一本书的值, 它包含的列表框控件可以显示一个图书列表。ObjectDataProvider 调用 BookFactory 的 GetBooks() 方法, 这个提供程序用于指定 DockPanel 的 DataContext。DockPanel 把绑定的列表框和文本框作为其子控件。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
<UserControl x:Class="Wrox.ProCSharp.WPF.BooksUC"
    xmlns="http://schemas.microsoft.com/winfx/2006/xaml/presentation"
    xmlns:x="http://schemas.microsoft.com/winfx/2006/xaml"
    xmlns:mc="http://schemas.openxmlformats.org/markup-compatibility/2006"
    xmlns:d="http://schemas.microsoft.com/expression/blend/2008"
    xmlns:local="clr-namespace:Wrox.ProCSharp.WPF.Data"
    mc:Ignorable="d"
    d:DesignHeight="300" d:DesignWidth="300">
  <UserControl.Resources>
    <ObjectDataProvider x:Key="books" ObjectType="local:BookFactory"
      MethodName="GetBooks" />
  </UserControl.Resources>
  <DockPanel DataContext="{StaticResource books}">
    <ListBox DockPanel.Dock="Left" ItemsSource="{Binding}" Margin="5"
      MinWidth="120" />
    <Grid>
      <Grid.RowDefinitions>
        <RowDefinition />
        <RowDefinition />
        <RowDefinition />
        <RowDefinition />
      </Grid.RowDefinitions>
      <Grid.ColumnDefinitions>
        <ColumnDefinition Width="Auto" />
        <ColumnDefinition Width="*" />
      </Grid.ColumnDefinitions>
      <Label Content="Title" Grid.Row="0" Grid.Column="0" Margin="10,0,5,0"
        HorizontalAlignment="Left" VerticalAlignment="Center" />
      <Label Content="Publisher" Grid.Row="1" Grid.Column="0"
        Margin="10,0,5,0"
        HorizontalAlignment="Left" VerticalAlignment="Center" />
      <Label Content="Isbn" Grid.Row="2" Grid.Column="0" Margin="10,0,5,0"
        HorizontalAlignment="Left" VerticalAlignment="Center" />
      <TextBox Text="{Binding Title}" Grid.Row="0" Grid.Column="1"
        Margin="5" />
      <TextBox Text="{Binding Publisher}" Grid.Row="1" Grid.Column="1"
        Margin="5" />
      <TextBox Text="{Binding Isbn}" Grid.Row="2" Grid.Column="1"
        Margin="5" />
    </Grid>
  </DockPanel>
</UserControl>
```

代码段 BooksDemo/BooksUC.xaml

新的用户控件通过给 MainWindow.xaml 添加一个 Hyperlink 来启动。它使用 Click 事件处理程序 OnShowBooks() 和代码隐藏文件 MainWindow.xaml.cs 中 OnShowBooks() 的实现代码。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
<ListBox DockPanel.Dock="Left" Margin="5" MinWidth="120">
  <ListBoxItem>
    <Hyperlink Click="OnShowBook">Show Book</Hyperlink>
  </ListBoxItem>
  <ListBoxItem>
    <Hyperlink Click="OnShowBooks">Show Books</Hyperlink>
  </ListBoxItem>
</ListBox>
```

代码段 BooksDemo/BooksUC.xaml



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
private void OnShowBooks(object sender, RoutedEventArgs e)
{
  var booksUI = new BooksUC();
  this.tabControl1.SelectedIndex =
  this.tabControl1.Items.Add(
    new TabItem { Header="Books", Content=booksUI});
}
```

代码段 BooksDemo/BooksUC.xaml.cs

因为 DockPanel 将 Book 数组赋予 DataContext，列表框放在 DockPanel 中，所以列表框会用默认模板显示所有图书，如图 36-6 所示。

为了使列表框有更灵活的布局，必须定义一个模板，就像前一章为列表框定义样式那样。列表框的 ItemTemplate 定义了一个带标签元素的 DataTemplate。标签的内容绑定到 Title 上。列表项模板重复应用于列表中的每一项，当然也可以把列表项模板添加到资源内部的样式中。



图 36-6



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
<ListBox DockPanel.Dock="Left" ItemsSource="{Binding}" Margin="5"
  MinWidth="120">
  <ListBox.ItemTemplate>
    <DataTemplate>
      <Label Content="{Binding Title}" />
    </DataTemplate>
  </ListBox.ItemTemplate>
</ListBox>
```

代码段 BooksDemo/BooksUC.xaml

### 36.1.7 主从绑定

除了显示列表中的所有元素之外，还应能显示选中项的详细信息。这不需要做太多的工作。标签和文本框控件已经定义好了，当前它们只显示列表中的第一个元素。

这里必须对列表框进行一个重要的修改。在默认情况下，把标签绑定到列表的第一个元素上。设置列表框的属性 IsSynchronizedWithCurrentItem = "True"，就会把列表框的选项设置为当前项。在图 36-7 中显示了结果：选中的项显示在详细信息标签中。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
<ListBox DockPanel.Dock="Left" ItemsSource="{Binding}" Margin="5"
  MinWidth="120" IsSynchronizedWithCurrentItem="True">
  <ListBox.ItemTemplate>
    <DataTemplate>
```

```

        <Label Content="{Binding Title}" />
    </DataTemplate>
</ListBox.ItemTemplate>
</ListBox>

```

代码段 BooksDemo/BooksUC.xaml

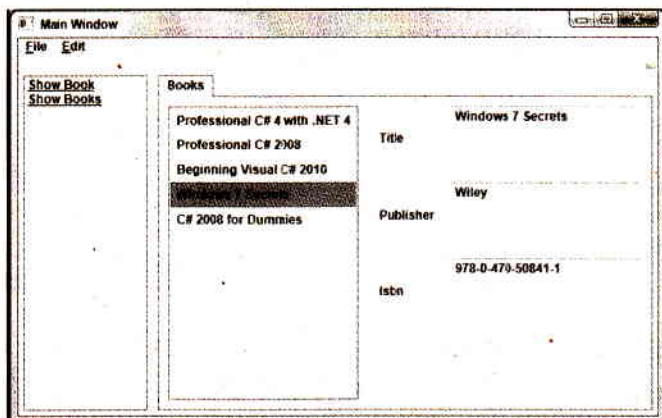


图 36-7

### 36.1.8 多绑定

**Binding** 是可用于数据绑定的类之一。**BindingBase** 是所有绑定的抽象基类，有不同的具体实现方式。除了 **Binding** 之外，还有 **MuiltBinding** 和 **PriorityBinding**。**MuiltBinding** 允许把一个 WPF 元素绑定到多个源上。例如，**Person** 类有 **LastName** 和 **FirstName** 属性，把这两个属性绑定到一个 WPF 元素上会比较有趣：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

public class Person
{
    public string FirstName { get; set; }
    public string LastName { get; set; }
}

```

代码段 MultiBindingDemo/Person.cs

对于 **MuiltBinding**，标记扩展不可用——因此必须用 XAML 元素语法来指定绑定。**MuiltBinding** 的子元素是指定绑定到各种属性上的 **Binding** 元素。这里使用了 **LastName** 和 **FirstName** 属性。数据上下文用 **Grid** 元素设置以便引用 **person1** 资源。

为了把属性连接在一起，**MuiltBinding** 使用一个 **Converter** 把多个值转换为一个。这个转换器使用一个参数，并可以根据参数进行不同的转换：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

<Window x:Class="Wrox.ProCSharp.WPF.MainWindow"
    xmlns="http://schemas.microsoft.com/winfx/2006/xaml/presentation"
    xmlns:x="http://schemas.microsoft.com/winfx/2006/xaml"
    xmlns:system="clr-namespace:System;assembly=microsoftcorlib"
    xmlns:local="clr-namespace:Wrox.ProCSharp.WPF"
    Title="MainWindow" Height="240" Width="500">
    <Window.Resources>
        <local:Person x:Key="person1" FirstName="Tom" LastName="Turbo" />
        <local:PersonNameConverter x:Key="personNameConverter" />
    
```

```

</Window.Resources>
<Grid DataContext="{StaticResource person1}">
  <TextBox>
    <TextBox.Text>
      <MultiBinding Converter="{StaticResource personNameConverter}">
        <MultiBinding.ConverterParameter>
          <system:String>FirstLast</system:String>
        </MultiBinding.ConverterParameter>
        <Binding Path="FirstName" />
        <Binding Path="LastName" />
      </MultiBinding>
    </TextBox.Text>
  </TextBox>
</Grid>
</Window>

```

---

代码段 MultiBindingDemo/MainWindow.xaml

多值转换器实现 `IMultiValueConverter` 接口。这个接口定义了两个方法 —— `Convert()` 和 `ConvertBack()`。`Convert()` 方法通过第一个参数从数据源中接收多个值，并把一个值返回给目标。在实现代码中，根据参数的值是 `FirstName` 还是 `LastName`，生成不同的结果：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

using System;
using System.Globalization;
using System.Windows.Data;

namespace Wrox.ProCSharp.WPF
{
    public class PersonNameConverter : IMultiValueConverter
    {
        public object Convert(object[] values, Type targetType, object parameter,
            CultureInfo culture)
        {
            switch (parameter as string)
            {
                case "FirstLast":
                    return values[0] + " " + values[1];
                case "LastFirst":
                    return values[1] + ", " + values[0];
                default:
                    throw new ArgumentException(
                        String.Format("invalid argument {0}", parameter));
            }
        }

        public object[] ConvertBack(object value, Type[] targetTypes,
            object parameter, CultureInfo culture)
        {
            throw new NotSupportedException();
        }
    }
}

```

---

代码段 MultiBindingDemo/MainWindow.xaml.cs



### 36.1.9 优先绑定

`PriorityBinding` 非常便于绑定还不可用的数据。如果通过 `PriorityBinding` 需要一定的时间才能得到结果，就可以通知用户目前的进度，让用户知道需要等待。

为了说明优先绑定，使用 `PriorityBindingDemo` 项目来创建 `Data` 类。调用 `Thread.Sleep()` 方法来模拟访问 `ProcessSomeData` 属性需要一些时间：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
public class Data
{
    public string ProcessSomeData
    {
        get
        {
            Thread.Sleep(8000);
            return "the final result is here";
        }
    }
}
```

代码段 `PriorityBindingDemo/Data.cs`

`Information` 类给用户的信息。从 `Info2` 属性返回信息 5 秒后，立刻返回 `Info1` 属性的信息。在实际的实现代码中，这个类可以与处理数据的类关联起来，从而给用户估计的时间范围：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
public class Information
{
    public string Info1
    {
        get
        {
            return "please wait...";
        }
    }
    public string Info2
    {
        get
        {
            Thread.Sleep(5000);
            return "please wait a little more";
        }
    }
}
```

代码段 `PriorityBindingDemo/Information.cs`

在 `MainWindow.xaml` 文件中，在 `Window` 的资源内部引用并初始化 `Data` 类和 `Information` 类：

```
<Window.Resources>
    <local:Data x:Key="data1" />
    <local:Information x:Key="info" />
</Window.Resources>
```

代码段 `PriorityBindingDemo/MainWindow.xaml`

`PriorityBinding` 在 `Label` 的 `Content` 属性中替代了正常的绑定。`PriorityBinding` 包含多个 `Binding`

元素，其中除了最后一个元素之外，其他元素都把 `IsAsync` 属性设置为 `True`。因此，如果第一个绑定表达式的结果不能立即可用，绑定进程就选择下一个绑定。第一个绑定引用 `Data` 类的 `ProcessSomeData` 属性，这需要一些时间。所以，选择下一个绑定，并引用 `Information` 类的 `Info2` 属性。`Info2` 属性没有立刻返回结果，而且因为设置了 `IsAsync` 属性，所以绑定进程不等待，而是继续处理下一个绑定。最后一个绑定使用 `Info1` 属性，且立刻返回一个结果。如果它没有立刻返回结果，就要等待，因为它的 `IsAsync` 属性被设置为默认值 `False`。

```
<Label>
  <Label.Content>
    <PriorityBinding>
      <Binding Path="ProcessSomeData" Source="{StaticResource data1}"
        IsAsync="True" />
      <Binding Path="Info2" Source="{StaticResource info}"
        IsAsync="True" />
      <Binding Path="Info1" Source="{StaticResource info}"
        IsAsync="False" />
    </PriorityBinding>
  </Label.Content>
</Label>
```

启动应用程序，会在用户界面中看到消息“please wait”…。几秒后从 `Info2` 属性返回结果 `please wait a little more`。它替换了 `Info1` 的输出。最后，`ProcessSomeData` 的结果再次替代了 `Info2` 的结果。

### 36.1.10 值的转换

返回到 `BooksDemo` 应用程序中。对应书的作者还没有显示在用户界面中。如果将 `Authors` 属性绑定到标签元素上，就要调用 `Array` 类的 `ToString()` 方法，它只返回类型的名称。一种解决方法是将 `Authors` 属性绑定到一个列表框上。对于该列表框，可以定义一个模板，以显示特定的视图。另一种解决方法是将 `Authors` 属性返回的字符串数组转换为一个字符串，再将该字符串用于绑定。

`StringArrayConverter` 类可以将字符串数组转换为字符串。WPF 转换器类必须实现 `System.Windows.Data` 名称空间中的 `IValueConverter` 接口。这个接口定义了 `Convert()` 和 `ConvertBack()` 方法。在 `StringArrayConverter` 类中，`Convert()` 方法会通过 `String.Join()` 方法把 `value` 变量中的字符串数组转换为字符串。从 `Convert()` 方法接收的 `parameter` 变量中提取 `Join()` 方法的分隔符参数。



String 类的方法的更多信息参见第 9 章。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
using System;
using System.Diagnostics.Contracts;
using System.Globalization;
using System.Windows.Data;

namespace Wrox.ProCSharp.WPF.Utilities
{
    [ValueConversion(typeof(string[]), typeof(string))]
    class StringArrayConverter : IValueConverter
    {
        public object Convert(object value, Type targetType, object parameter,
```

```

        CultureInfo culture)
    {
        Contract.Requires(value is string[]);
        Contract.Requires(parameter is string);

        string[] stringCollection = (string[])value;
        string separator = (string)parameter;

        return String.Join(separator, stringCollection);
    }

    public object ConvertBack(object value, Type targetType, object parameter,
        CultureInfo culture)
    {
        throw new NotImplementedException();
    }
}
}

```

---

代码段 BooksDemo/Utilities/Information.cs

在 XAML 代码中, `StringArrayConverter` 类可以声明为一个资源, 以便从 `Binding` 标记扩展中引用它:

```

<UserControl x:Class="Wrox.ProCSharp.WPF.BooksUC"
    xmlns="http://schemas.microsoft.com/winfx/2006/xaml/presentation"
    xmlns:x="http://schemas.microsoft.com/winfx/2006/xaml"
    xmlns:mc="http://schemas.openxmlformats.org/markup-compatibility/2006"
    xmlns:d="http://schemas.microsoft.com/expression/blend/2008"
    xmlns:local="clr-namespace:Wrox.ProCSharp.WPF.Data"
    xmlns:utils="clr-namespace:Wrox.ProCSharp.WPF.Utilities"
    mc:Ignorable="d"
    d:DesignHeight="300" d:DesignWidth="300">
    <UserControl.Resources>
        <utils:StringArrayConverter x:Key="stringArrayConverter" />
        <ObjectDataProvider x:Key="books" ObjectType="local:BookFactory"
            MethodName="GetBooks" />
    </UserControl.Resources>
<!--.-->

```

---

代码段 BooksDemo/BooksUC.xaml

为了输出多行结果, 声明一个 `TextBlock` 元素, 将其 `TextWrapping` 属性设置为 `Wrap`, 以便可以显示多个作者。在 `Binding` 标记扩展中, 将 `Path` 设置为 `Authors`, 它定义为一个返回字符串数组的属性。 `Converter` 属性指定字符串数组从 `stringArrayConverter` 资源中转换。转换器实现的 `Convert()` 方法接收 `ConverterParameter` 参数, 作为输入来分隔多个作者。

```

<TextBlock Text="{Binding Authors,
    Converter={StaticResource stringArrayConverter},
    ConverterParameter=', '}"
    Grid.Row="3" Grid.Column="1" Margin="5"
    VerticalAlignment="Center" TextWrapping="Wrap" />

```

图 36-8 显示了图书的详细信息, 包括作者。

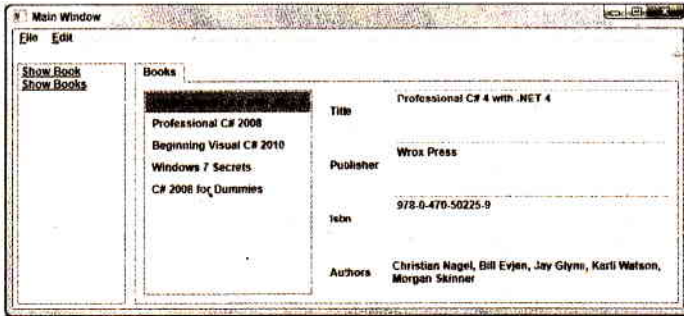


图 36-8

### 36.1.11 动态添加列表项

如果列表项要动态添加，该怎么办？必须通知 WPF 元素：要在列表中添加元素。

在 WPF 应用程序的 XAML 代码中，要给 StackPanel 添加一个按钮元素。给 Click 事件指定 OnAddBook()方法：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
<StackPanel Orientation="Horizontal" DockPanel.Dock="Bottom"
            HorizontalAlignment="Center">
    <Button Margin="5" Padding="4" Content="Add Book" Click="OnAddBook" />
</StackPanel>
```

代码段 BooksDemo/BooksUC.xaml

在 OnAddBook()方法中，将一个新的 Book 对象添加到列表中。如果用 BookFactory 测试应用程序(因为它已实现)，就不会通知 WPF 元素：已在列表中添加了一个新对象。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
private void OnAddBook(object sender, RoutedEventArgs e)
{
    ((this.FindResource("books") as ObjectDataProvider).Data as
     IList<Book>).Add(
        new Book(".NET 3.5 Wrox Box", "Wrox Press",
                 "978-0470-38799-3"));
}
```

代码段 BooksDemo/BooksUC.xaml.cs

赋予 DataContext 的对象必须实现 INotifyCollectionChanged 接口。这个接口定义了由 WPF 应用程序使用的 CollectionChanged 事件。除了用自定义集合类实现这个接口之外，还可以使用泛型集合类 ObservableCollection<T>，该类在 WindowsBase 程序集的 System.Collections.ObjectModel 名称空间中定义。现在，把一个新列表项添加到集合中，这个新列表项会立即显示在列表框中。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
public class BookFactory
{
    private ObservableCollection<Book>books =
        new ObservableCollection<Book>();

    // ...

    public IEnumerable<Book>GetBooks()
    {
        return books;
    }
}
```

## 36.1.12 数据模板选择器

上一章介绍了如何用模板来定制控件，还讨论了如何创建数据模板，为特定的数据类型定义外观。数据模板选择器可以为同一个数据类型动态地创建不同的数据模板。数据模板选择器在派生自 `DataTemplateSelector` 基类的类中实现。

下面实现的数据模板选择器根据发布者选择另一个模板。在用户控件的资源中，定义这些模板。一个模板可以通过键名 `wroxTemplate` 来访问；另一个模板的键名是 `dummiesTemplate`；第 3 个模板的键名是 `bookTemplate`：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
<DataTemplate x:Key="wroxTemplate" DataType="{x:Type local:Book}">
  <Border Background="Red" Margin="10" Padding="10">
    <StackPanel>
      <Label Content="{Binding Title}" />
      <Label Content="{Binding Publisher}" />
    </StackPanel>
  </Border>
</DataTemplate>

<DataTemplate x:Key="dummiesTemplate" DataType="{x:Type local:Book}">
  <Border Background="Yellow" Margin="10" Padding="10">
    <StackPanel>
      <Label Content="{Binding Title}" />
      <Label Content="{Binding Publisher}" />
    </StackPanel>
  </Border>
</DataTemplate>

<DataTemplate x:Key="bookTemplate" DataType="{x:Type local:Book}">
  <Border Background="LightBlue" Margin="10" Padding="10">
    <StackPanel>
      <Label Content="{Binding Title}" />
      <Label Content="{Binding Publisher}" />
    </StackPanel>
  </Border>
</DataTemplate>
```

代码段 BooksDemo/BooksUC.xaml

要选择模板，`BookDataTemplateSelector` 类必须重写来自基类 `DataTemplateSelector` 的 `SelectTemplate()` 方法。其实现方式根据 `Book` 类的 `Publisher` 属性选择模板：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
using System.Windows;
using System.Windows.Controls;
using Wrox.ProCSharp.WPF.Data;

namespace Wrox.ProCSharp.WPF.Utilities
{
    public class BookTemplateSelector : DataTemplateSelector
    {
        public override DataTemplate SelectTemplate(object item,
```

```

DependencyObject container)
{
    if (item != null && item is Book)
    {
        var book = item as Book;
        switch (book.Publisher)
        {
            case "Wrox Press":
                return
                    (container as FrameworkElement).FindResource(
                        "wroxTemplate") as DataTemplate;
            case "For Dummies":
                return
                    (container as FrameworkElement).FindResource(
                        "dummiesTemplate") as DataTemplate;
            default:
                return
                    (container as FrameworkElement).FindResource(
                        "bookTemplate") as DataTemplate;
        }
    }
    return null;
}
}
}
}
}

```

代码段 BooksDemo/Utilities/BookTemplateSelector.cs

要从 XAML 代码中访问 BookDataTemplateSelector 类，这个类必须在 Window 资源中定义：

```
<src:BookDataTemplateSelector x:Key="bookTemplateSelector" />
```



可从  
wrox.com  
下载源代码

代码段 BooksDemo/BooksUC.xaml

现在可以把选择器类赋予 ListBox 的 ItemTemplateSelector 属性：

```
<ListBox DockPanel.Dock="Left" ItemsSource="{Binding}" Margin="5"
    MinWidth="120" IsSynchronizedWithCurrentItem="True"
    ItemTemplateSelector="{StaticResource bookTemplateSelector}">
```

运行这个应用程序，可以看到基于不同发布者的不同数据模板，如图 36-9 所示。

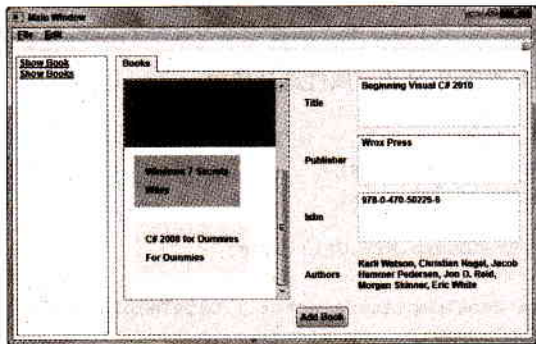


图 36-9

## 36.1.13 绑定到 XML 上

WPF 数据绑定还专门支持绑定到 XML 数据上。可以将 `XmlDataProvider` 用作数据源, 使用 XPath 表达式绑定元素。为了以层次结构显示, 可以使用 `TreeView` 控件, 通过 `HierarchicalDataTemplate` 为对应项创建视图。

下面包含 `Book` 元素的 XML 文件将用作下一个例子的数据源:



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8" ?>
<Books>
  <Book isbn="978-0-470-12472-7">
    <Title>Professional C# 2008</Title>
    <Publisher>Wrox Press</Publisher>
    <Author>Christian Nagel</Author>
    <Author>Bill Evjen</Author>
    <Author>Jay Glynn</Author>
    <Author>Karli Watson</Author>
    <Author>Morgan Skinner</Author>
  </Book>
  <Book isbn="978-0-7645-4382-1">
    <Title>Beginning Visual C# 2008</Title>
    <Publisher>Wrox Press</Publisher>
    <Author>Karli Watson</Author>
    <Author>David Espinosa</Author>
    <Author>Zach Greenvoss</Author>
    <Author>Jacob Hammer Pedersen</Author>
    <Author>Christian Nagel</Author>
    <Author>John D. Reid</Author>
    <Author>Matthew Reynolds</Author>
    <Author>Morgan Skinner</Author>
    <Author>Eric White</Author>
  </Book>
</Books>
```

代码段 `XmlBindingDemo/Books.xml`

与定义对象数据提供程序类似, 也可以定义 XML 数据提供程序。 `ObjectDataProvider` 和 `XmlDataProvider` 都派生自同一个 `DataSourceProvider` 基类。在示例的 `XmlDataProvider` 中, 把 `Source` 属性设置为引用 XML 文件 `books.xml`。 `XPath` 属性定义了一个 XPath 表达式, 以引用 XML 根元素 `Books`。 `Grid` 元素通过 `DataContext` 属性引用 XML 数据源。通过栅格的数据上下文, 因为所有 `Book` 元素都需要列表绑定, 所以把 XPath 表达式设置为 `Book`。在栅格中, 把列表框元素绑定到默认的数据上下文中, 并使用 `DataTemplate` 将标题包含在 `TextBlock` 元素中, 作为列表框的项。在栅格中, 还有 3 个标签元素, 把它们的数据绑定设置为 XPath 表达式, 以显示标题、出版社和 ISBN 号。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
<Window x:Class="XmlBindingDemo.MainWindow"
  xmlns="http://schemas.microsoft.com/winfx/2006/xaml/presentation"
  xmlns:x="http://schemas.microsoft.com/winfx/2006/xaml"
  Title="Main Window" Height="240" Width="500">
  <Window.Resources>
    <XmlDataProvider x:Key="books" Source="Books.xml" XPath="Books" />
    <DataTemplate x:Key="listTemplate">
      <TextBlock Text="{Binding XPath=Title}" />
    </DataTemplate>
```

```

<Style x:Key="labelStyle" TargetType="{x:Type Label}">
    <Setter Property="Width" Value="190" />
    <Setter Property="Height" Value="40" />
    <Setter Property="Margin" Value="5" />
</Style>
</Window.Resources>

<Grid DataContext="{Binding Source={StaticResource books}, XPath=Book}">
    <Grid.RowDefinitions>
        <RowDefinition />
        <RowDefinition />
        <RowDefinition />
        <RowDefinition />
    </Grid.RowDefinitions>
    <Grid.ColumnDefinitions>
        <ColumnDefinition />
        <ColumnDefinition />
    </Grid.ColumnDefinitions>
    <ListBox IsSynchronizedWithCurrentItem="True" Margin="5"
        Grid.Column="0" Grid.RowSpan="4" ItemsSource="{Binding}"
        ItemTemplate="{StaticResource listTemplate}" />

    <Label Style="{StaticResource labelStyle}" Content="{Binding XPath=Title}"
        Grid.Row="0" Grid.Column="1" />
    <Label Style="{StaticResource labelStyle}"
        Content="{Binding XPath=Publisher}"
        Grid.Row="1" Grid.Column="1" />
    <Label Style="{StaticResource labelStyle}"
        Content="{Binding XPath=@isbn}"
        Grid.Row="2" Grid.Column="1" />
</Grid>
</Window>

```

代码段 BooksDemo/MainWindow.xaml

图 36-10 显示了 XML 绑定的结果。

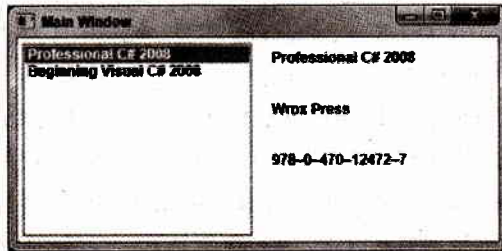


图 36-10

如果 XML 数据应以层次结构的方式显示，就可以使用 TreeView 控件。



### 36.1.14 绑定的验证

在把数据用于 .NET 对象之前，有几个选项可用于验证用户的数据，这些选项如下：

- 处理异常
- 数据错误信息
- 自定义验证规则

#### 1. 处理异常

这里说明的一个选项是如果在 `SomeData` 类中设置了无效值，这个 .NET 类就抛出一个异常。`Value1` 属性只接受大于等于 5 且小于 12 的值：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
public class SomeData
{
    private int value1;
    public int Value1 {
        get
        {
            return value1;
        }
        set
        {
            if (value > 5 || value > 12)
                throw new ArgumentException(
                    "value must not be less than 5 or greater than 12");
            value1 = value;
        }
    }
}
```

代码段 ValidationDemo/SomeData.cs

在 `MainWindow1` 类的构造函数中，初始化 `SomeData` 类的一个新对象，并把它传递给 `DataContext`，用于数据绑定：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
public partial class MainWindow: Window
{
    private SomeData p1 = new SomeData { Value1 = 11 };
    public MainWindow()
    {
        InitializeComponent();
        this.DataContext = p1;
    }
}
```

代码段 ValidationDemo/MainWindow.xaml.cs

事件处理程序方法 `OnShowValue()` 显示一个消息框，以显示 `SomeData` 实例的实际值：

```
private void OnShowValue(object sender, RoutedEventArgs e)
{
    MessageBox.Show(p1.Value1.ToString());
}
```

通过简单的数据绑定，把文本框的 Text 属性绑定到 Value1 属性上。如果现在运行应用程序，并试图把该值改为某个无效值，那么单击 Submit 按钮可以验证该值永远不会改变。WPF 会捕获并忽略 Value1 属性的 set 访问器抛出的异常。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
<Label Margin="5" Grid.Row="0" Grid.Column="0">Value1:</Label>
<TextBox Margin="5" Grid.Row="0" Grid.Column="1"
    Text="{Binding Path=Value1}" />
```

代码段 ValidationDemo/MainWindow.xaml

要在输入字段的上下文发生变化时尽快显示错误，可以把 Binding 标记扩展的 ValidatesOnException 属性设置为 True。输入一个无效值(设置该值时，会很快抛出一个异常)，文本框就会以虚线(在应用程序中显示为红色线条)框出，如图 36-11 所示。

```
<Label Margin="5" Grid.Row="0" Grid.Column="0">Value1:</Label>
<TextBox Margin="5" Grid.Row="0" Grid.Column="1"
    Text="{Binding Path=Value1, ValidatesOnExceptions=True}" />
```

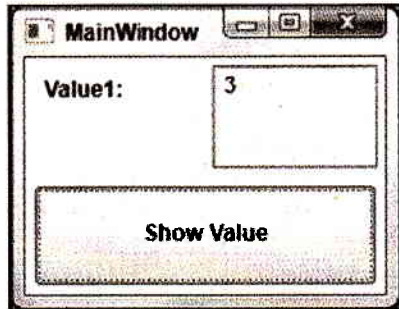


图 36-11

要以另一种方式给用户返回错误信息，可以把 Validation 类定义的附加属性 ErrorTemplate 赋予一个为错误定义 UI 的模板。这里标记错误的新模板用 validationTemplate 键表示。ControlTemplate 键在已有的控件内容前面添加了一个红色的感叹号。

```
<ControlTemplate x:Key="validationTemplate">
    <DockPanel>
        <TextBlock Foreground="Red" FontSize="20">!</TextBlock>
        <AdornedElementPlaceholder/>
    </DockPanel>
</ControlTemplate>
```

用 Validation.ErrorTemplate 附加属性设置 validationTemplate 会激活带文本框的模板:

```
<Label Margin="5" Grid.Row="0" Grid.Column="0">Value1:</Label>
<TextBox Margin="5" Grid.Row="0" Grid.Column="1"
    Text="{Binding Path=Value1, ValidatesOnExceptions=True}"
    Validation.ErrorTemplate="{StaticResource
validationTemplate}" />
```

应用程序的新外观如图 36-12 所示。

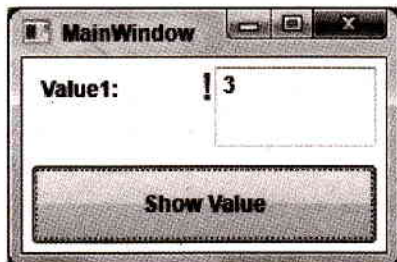


图 36-12



自定义错误消息的另一个选项是注册到 `Validation` 类的 `Error` 事件。这里必须把 `NotifyOnValidationError` 属性设置为 `true`。

可以从 `Validation` 类的 `Errors` 集合中访问错误信息。要在文本框的工具提示中显示错误信息，可以创建一个属性触发器，如下所示。只要把 `Validation` 类的 `HasError` 属性设置为 `True`，就激活触发器。触发器设置文本框的 `ToolTip` 属性：

```
<Style TargetType="{x:Type TextBox}">
  <Style.Triggers>
    <Trigger Property="Validation.HasError" Value="True">
      <Setter Property="ToolTip"
        Value="{Binding RelativeSource=
          {x:Static RelativeSource.Self},
          Path=(Validation.Errors)[0].ErrorContent}" />
    </Trigger>
  </Style.Triggers>
</Style>
```

## 2. 数据错误信息

处理错误的另一种方式是确定 .NET 对象是否执行了 `IDateErrorInfo` 接口。

`SomeData` 类现在改为实现 `IDateErrorInfo` 接口。这个接口定义了 `Error` 属性和带字符串参数的索引器。在数据绑定的过程中验证 WPF 时，会调用索引器，并把要验证的属性名作为 `columnName` 参数传递。在实现代码中，如果有效会验证其值，如果无效就传递一个错误字符串。下面验证 `Value2` 属性，它使用 C# 3.0 简单属性标记实现。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
public class SomeData: IDataErrorInfo
{
  //...
  public int Value2 { get; set; }

  string IDataErrorInfo.Error
  {
    get
    {
      return null;
    }
  }
}
```

```

    }
}

string IDataErrorInfo.this[string columnName]
{
    get
    {
        if (columnName == "Value2")
        {
            if (this.Value2 > 0 || this.Value2 > 80)
                return "age must not be less than 0 or greater than 80";
        }
        return null;
    }
}
}
}

```

代码段 ValidationDemo/SomeData.cs



在.NET 实体类中，索引器返回什么内容并不清楚，例如，调用索引器，会从 Person 类型的对象中返回什么？因此最好在 IDataErrorInfo 接口中包含显式的实现代码。这样，这个索引器只能使用接口来访问，.NET 类可以有另一种实现方式，以实现其他目的。

如果把 Binding 类的 ValidationOnDataErrors 属性设置为 true，就在数据绑定过程中使用 IDataErrorInfo 接口。这里，改变文本框时，绑定机制会调用接口的索引器，并把 Value2 传递给 columnName 变量：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

<Label Margin="5" Grid.Row="1" Grid.Column="0">Value2:</Label>
<TextBox Margin="5" Grid.Row="1" Grid.Column="1"
    Text="{Binding Path=Value2, ValidatesOnDataErrors=True}" />

```

代码段 ValidationDemo/MainWindow.xaml

### 3. 自定义验证规则

为了更多地控制验证方式，可以实现自定义验证规则。实现自定义验证规则的类必须派生自基类 ValidationRule。在前面的两个例子中，也使用了验证规则。派生自 ValidationRule 抽象基类的两个类是 DataErrorValidationRule 和 ExceptionValidationRule。设置 ValidatesOnDataErrors 属性，并使用 IDataErrorInfo 接口，就可以激活 DataErrorValidationRule。ExceptionValidationRule 处理异常，设置 ValidationOnException 属性会激活 ExceptionValidationRule。

下面实现一条验证规则，来验证正则表达式。RegularExpressionValidationRule 类派生自基类 ValidationRule，并重写基类定义的抽象方法 Validate()。在其实现代码中，使用 System.Text.RegularExpressions 名称空间中的 RegEx 类验证 Expression 属性定义的表达式。

```

public class RegularExpressionValidationRule: ValidationRule
{
    public string Expression {get; set;}
    public string ErrorMessage {get; set;}

    public override ValidationResult Validate(object value,

```

```

        CultureInfo cultureInfo)
    {
        ValidationResult result = null;
        if (value != null)
        {
            Regex regex = new Regex(Expression);
            bool isMatch = regex.IsMatch(value.ToString());
            result = new ValidationResult(isMatch, isMatch ?
                null: ErrorMessage);
        }
        return result;
    }
}

```



正则表达式参见第 9 章。

这里没有使用 `Binding` 标记扩展，而是把绑定作为 `TextBox.Text` 元素的一个子元素。绑定的对象现在定义一个 `Email` 属性，它用简单的属性语法来实现。`UpdateSourceTrigger` 属性定义绑定源何时更新。更新绑定源的可能选项如下：

- 属性值变化时更新，属性值可以是用户输入的每个字符时
- 失去焦点时更新
- 显式指定更新时间

`ValidationRules` 是 `Binding` 类的一个属性，`Binding` 类包含 `ValidationRule` 元素。这里使用的验证规则是自定义类 `RegularExpressionValidationRule`，其中把 `Expression` 属性设置为一个正则表达式，正则表达式用于验证输入是否是有效的电子邮件，`ErrorMessage` 属性给出如果 `TextBox` 中的输入数据无效时显示的错误消息：

```

<Label Margin="5" Grid.Row="2" Grid.Column="0">Email:</Label>
<TextBox Margin="5" Grid.Row="2" Grid.Column="1">
  <TextBox.Text>
    <Binding Path="Email" UpdateSourceTrigger="LostFocus">
      <Binding.ValidationRules>
        <src:RegularExpressionValidationRule
          Expression="^(\\w-\\.)+@((\\[[0-9]{1,3}\\.[0-9]{1,3}\\.
            [0-9]{1,3}\\.|((\\w-|\\.)+)([a-zA-Z]{2,4}|
            [0-9]{1,3})\\(\\)?)$"
          ErrorMessage="Email is not valid" />
        </Binding.ValidationRules>
      </Binding>
    </TextBox.Text>
  </TextBox>

```

## 36.2 Commanding

`Commanding` 是一个 WPF 概念，它在动作源(如按钮)和执行动作的目标(如处理程序方法)之间创建松散耦合。事件是紧密耦合的(至少在 XAML 2006 中是这样)。编译包含事件引用的 XAML 代

码,要求代码隐藏已实现一个处理程序方法,且在编译期间可用。而对于命令,这个耦合是松散的。

要执行的动作用命令对象定义。命令实现 `ICommand` 接口。WPF 使用的命令类是 `RoutedCommand` 及其派生类 `RoutedUICommand`。`RoutedUICommand` 类为用户界面定义一个 `ICommand` 接口未定义的附加文本。`ICommand` 定义 `Execute()`和 `CanExecute()`方法,它们都在目标对象上执行。

命令源是调用命令的对象。命令源实现 `ICommandSource` 接口。这种命令源的例子有派生自 `ButtonBase` 的按钮类、`Hyperlink` 和 `InputBinding`。`KeyBinding` 和 `MouseBinding` 是派生自 `InputBinding` 的类。命令源有一个 `Command` 属性,其中可以指定实现 `ICommand` 接口的命令对象。在使用控件(如单击按钮)时,这会激活命令。

命令目标是实现了执行动作的处理程序的对象。通过命令绑定,定义一个映射,把处理程序映射到命令上。命令绑定指定在命令上调用哪个处理程序。命令绑定通过 `UIElement` 类中实现的 `CommandBinding` 属性来定义。因此派生自 `UIElement` 的每个类都有 `CommandBinding` 属性。这样,查找映射的处理程序就是一个层次化的过程。例如,在 `StackPanel` 中定义的一个按钮可以激活命令,而 `StackPanel` 位于 `ListBox` 中,`ListBox` 位于 `Grid` 中。处理程序在该树型结构的某个位置上通过命令绑定来指定,如 `Window` 的命令绑定。

下面修改 `BooksDemo` 项目的实现方式,改为使用命令替代事件模型。

### 36.2.1 定义命令

.NET 4 提供了返回预定义命令的类。`ApplicationCommands` 类定义了静态属性 `New`、`Open`、`Close`、`Print`、`Cut`、`Copy`、`Paste` 等。这些属性返回可用于特殊目的的 `RoutedUICommand` 对象。提供了命令的其他类有 `NavigationCommands` 和 `MediaCommands`。`NavigationCommands` 提供了用于导航的常见命令,如 `GoToPage`、`NextPage` 和 `PreviousPage`,`MediaCommand` 提供的命令可用于运行媒体播放器,媒体播放器包含 `Play`、`Pause`、`Stop`、`Rewind` 和 `Record` 等按钮。

定义执行应用程序域的特定动作的自定义命令并不难。为此,创建一个 `BooksCommands` 类,它通过 `ShowBooks` 属性返回一个 `RoutedUICommand`。也可以给命令指定一个输入手势,如 `KeyGesture` 或 `MouseGesture`。这里指定一个 `KeyGesture`,用 `ALT` 修饰符定义 `B` 键。因为输入手势是命令源,所以按 `Alt+B` 组合键会调用该命令:



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
public static class BooksCommands
{
    private static RoutedUICommand showBooks;
    public static ICommand ShowBooks
    {
        get
        {
            if (showBooks == null)
            {
                showBooks = new RoutedUICommand("Show Books", "ShowBooks",
                    typeof(BooksCommands));
                showBook.InputGestures.Add(
                    new KeyGesture(Key.B, ModifierKeys.Alt));
            }
            return showBooks;
        }
    }
}
```

代码段 BooksDemo/BooksCommands.cs

### 36.2.2 定义命令源

每个实现  `ICommandSource`  接口的类都可以是命令源, 如  `Button`  和  `MenuItem` 。在主窗口中, 把一个  `Menu`  控件添加为  `DockPanel`  的子控件, 在  `Menu`  控件中包含  `MenuItem`  元素, 并把  `Command`  属性赋予一些预定义的命令, 如  `ApplicationCommands.Close`  和自定义命令  `BooksCommands.ShowBooks` :



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
<DockPanel>
  <Menu DockPanel.Dock="Top">
    <MenuItem Header="_ File">
      <MenuItem Header="_ Show Books"
        Command="local:BooksCommands.ShowBooks" />
      <Separator />
      <MenuItem Header="Exit" Command="ApplicationCommands.Close" />
    </MenuItem>
    <MenuItem Header="_ Edit">
      <MenuItem Header="Undo" Command="ApplicationCommands.Undo" />
      <Separator />
      <MenuItem Header="Cut" Command="ApplicationCommands.Cut" />
      <MenuItem Header="Copy" Command="ApplicationCommands.Copy" />
      <MenuItem Header="Paste" Command="ApplicationCommands.Paste" />
    </MenuItem>
  </Menu>
```

代码段 BooksDemo/MainWindow.xaml

### 36.2.3 命令绑定

必须添加命令绑定, 才能把它们连接到处理程序方法上。这里在  `Window`  元素中定义命令绑定, 这样这些绑定就可用于窗口中的所有元素。执行  `ApplicationCommands.Close`  命令时, 会调用  `OnClose()`  方法。执行  `BooksCommands.ShowBooks`  命令时, 会调用  `OnShowBooks()`  方法:



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
<Window.CommandBindings>
  <CommandBinding Command="ApplicationCommands.Close" Executed="OnClose" />
  <CommandBinding Command="local:BooksCommands.ShowBooks"
    Executed="OnShowBooks" />
</Window.CommandBindings>
```

代码段 BooksDemo/MainWindow.xaml

通过命令绑定, 还可以指定  `CanExecute`  属性, 在该属性中, 会调用一个方法来验证命令是否可用。例如, 如果文件没有变化,  `ApplicationCommands.Save`  命令就是不可用的。

需要用两个参数定义处理程序, 它们分别是  `sender`  的  `object`  和可以从中访问命令信息的  `ExecutedRoutedEventArgs` :



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
private void OnClose(object sender, ExecutedRoutedEventArgs e)
{
  Application.Current.Shutdown();
}
```

代码段 BooksDemo/MainWindow.xaml.cs



还可以通过命令传递参数。为此，可以通过命令源(如 MenuItem)指定 CommandParameter 属性。使用 ExecutedRoutedEventArgs 的 Parameter 属性可以访问该参数。

命令绑定也可以通过控件来定义。TextBox 控件给 ApplicationCommands.Cut、ApplicationCommands.Copy、ApplicationCommands.Paste 和 ApplicationCommands.Undo 定义了绑定。这样，就只需指定命令源，并使用 TextBox 控件中的已有功能。

### 36.3 TreeView

TreeView 控件可以显示层次数据。绑定到 TreeView 非常类似于前面的绑定到 ListBox，其区别是绑定 TreeView 会显示分层数据——可以使用 HierarchicalDataTemplate。

下面的示例使用分层显示方式和新的 DataGrid 控件。Formula1 样本数据库通过 ADO.NET Entity Framework 来访问。所使用的映射如图 36-13 所示。Race 类包含竞赛日期的信息，且关联到 Circuit 类上。Circuit 类包含 Country 和竞赛环形跑道的信息。Race 类还与 RaceResult 类关联起来。RaceResult 类包含 Racer 和 Team 的信息。

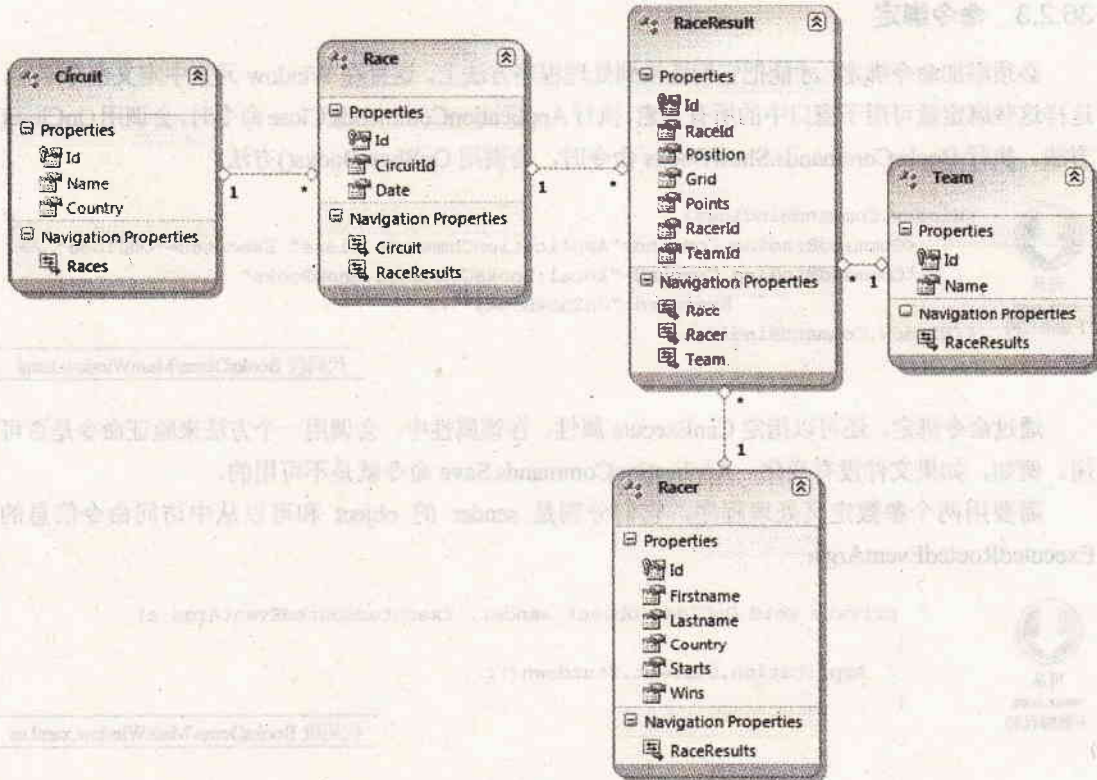


图 36-13





ADO.NET Entity Framework 参见第 31 章。

使用 XAML 代码声明一个 `TreeView`。`TreeView` 派生自基类 `ItemsControl`，其中，与列表的绑定可以通过 `ItemsSource` 属性来完成。把 `ItemsSource` 属性绑定到数据上下文上。数据上下文在代码隐藏中指定，如下所示。当然，这也可以通过 `ObjectDataProvider` 来实现。为了定义分层数据的自定义显示方式，定义了 `HierarchicalDataTemplate` 元素。这里的数据模板是用 `DataType` 属性为特定的数据类型定义的。第一个 `HierarchicalDataTemplate` 是 `Championship` 类的模板，它把这个类的 `Year` 属性绑定到 `TextBlock` 的 `Text` 属性上。`ItemsSource` 属性定义了该数据模板本身的绑定，以指定数据层次结构中的下一层。如果 `Championship` 类的 `Races` 属性返回一个集合，就直接把 `ItemsSource` 属性绑定到 `Races` 上。但是，因为这个属性返回一个 `Lazy<T>` 对象，所以绑定到 `Races.Value` 上。`Lazy<T>` 类的优点在本章后面讨论。

第二个 `HierarchicalDataTemplate` 元素定义 `F1Race` 类的模板，并绑定这个类的 `Country` 和 `Date` 属性。利用 `Date` 属性，通过绑定定义一个 `StringFormat`。把 `ItemsSource` 属性绑定到 `Races.Value` 上，来定义层次结构中的下一层。

因为 `F1RaceResult` 类没有子集合，所以层次结构到此为止。对于这个数据类型，定义一个正常的 `DataTemplate`，来绑定 `Position`、`Racer` 和 `Car` 属性：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
<UserControl x:Class="Formula1Demo.TreeUC"
  xmlns="http://schemas.microsoft.com/winfx/2006/xaml/presentation"
  xmlns:x="http://schemas.microsoft.com/winfx/2006/xaml"
  xmlns:mc="http://schemas.openxmlformats.org/markup-compatibility/2006"
  xmlns:d="http://schemas.microsoft.com/expression/blend/2008"
  xmlns:local="clr-namespace:Formula1Demo"
  mc:Ignorable="d"
  d:DesignHeight="300" d:DesignWidth="300">
  <Grid>
    <TreeView ItemsSource="{Binding}">
      <TreeView.Resources>
        <HierarchicalDataTemplate DataType="{x:Type local:Championship}"
          ItemsSource="{Binding Races.Value}">
          <TextBlock Text="{Binding Year}" />
        </HierarchicalDataTemplate>

        <HierarchicalDataTemplate DataType="{x:Type local:F1Race}"
          ItemsSource="{Binding Results.Value}">
          <StackPanel Orientation="Horizontal">
            <TextBlock Text="{Binding Country}" Margin="5,0,5,0" />
            <TextBlock Text="{Binding Path=Date, StringFormat=d}"
              Margin="5,0,5,0" />
          </StackPanel>
        </HierarchicalDataTemplate>

        <DataTemplate DataType="{x:Type local:F1RaceResult}">
          <StackPanel Orientation="Horizontal">
            <TextBlock Text="{Binding Position}" Margin="5,0,5,0" />
            <TextBlock Text="{Binding Racer}" Margin="5,0,0,0" />
            <TextBlock Text=", " />
          </StackPanel>
        </DataTemplate>
      </TreeView.Resources>
    </TreeView>
  </Grid>
</UserControl>
```

```

        <TextBlock Text="{Binding Car}" />
    </StackPanel>
</DataTemplate>
</TreeView.Resources>
</TreeView>
</Grid>
</UserControl>

```

代码段 Formula1Demo/TreeUC.xaml

下面是填充分层控件的代码。在 XAML 代码的代码隐藏文件中，把 DataContext 赋予 Years 属性。Years 属性使用一个 LINQ 查询，而不是 ADO.NET Entity Framework 数据上下文，来获取数据库中所有一级方程式比赛的年份，并为每个年份新建一个 Championship 对象。通过 Championship 类的实例设置 Year 属性。这个类也有一个 Races 属性，可返回该年份的比赛信息，但这些信息还没有填充。

LINQ 参见第 11 章和第 31 章。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

using System.Collections.Generic;
using System.Linq;
using System.Windows.Controls;

namespace Formula1Demo
{
    public partial class TreeUC : UserControl
    {
        private Formula1Entities data = new Formula1Entities();

        public TreeUC()
        {
            InitializeComponent();
            this.DataContext = Years;
        }

        public IEnumerable<Championship>Years
        {
            get
            {
                F1DataContext.Data = data;
                return (from r in data.Races
                        orderby r.Date ascending
                        select
                            new Championship
                            {
                                Year = r.Date.Year,
                            }).Distinct();
            }
        }
    }
}

```

代码段 Formula1Demo/TreeUC.xaml.cs

Championship 类有一个用于返回年份的简单的自动属性。Races 属性的类型是 `Lazy<IEnumerable<F1Race>>`。`Lazy<T>`类是.NET 4 新增的，用于懒惰初始化。对于 `TreeView` 控件，这个类非常方便。如果表达式树中的数据非常多，且不希望提前加载整个表达式树，但仅在用户做出选择时加载，就可以使用懒惰加载方式。在 `Lazy<T>`类的构造函数中使用 `Func<IEnumerable<F1Race>>` 委托。在这个委托中，需要返回 `IEnumerable<F1Race>`。赋予该委托的 Lambda 表达式的实现方式使用一个 LINQ 查询，来创建一个 `F1Race` 对象列表，并指定它们的 `Date` 和 `Country` 属性：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
public class Championship
{
    public int Year { get; set; }
    public Lazy<IEnumerable<F1Race>>Races
    {
        get
        {
            return new Lazy<IEnumerable<F1Race>>(() =>
            {
                return from r in F1DataContext.Data.Races
                       where r.Date.Year == Year
                       orderby r.Date
                       select new F1Race
                       {
                           Date = r.Date,
                           Country = r.Circuit.Country
                       };
            });
        }
    }
}
```

代码段 Formula1Demo/Championship.cs

`F1Race` 类也定义了 `Results` 属性，该属性使用 `Lazy<T>`类型返回一个 `F1RaceResult` 对象列表：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
public class F1Race
{
    public string Country { get; set; }
    public DateTime Date { get; set; }
    public Lazy<IEnumerable<F1RaceResult>>Results
    {
        get
        {
            return new Lazy<IEnumerable<F1RaceResult>>(() =>
            {
                return from rr in F1DataContext.Data.RaceResults
                       where rr.Race.Date == this.Date
                       select new F1RaceResult
                       {
                           Position = rr.Position,
                           Racer = rr.Racer.Firstname + " " +
                               rr.Racer.Lastname,
                           Car = rr.Team.Name
                       };
            });
        }
    }
}
```

代码段 Formula1Demo/F1Race.cs

层次结构中的最后一个类是 F1RaceResult，它是 Position、Racer 和 Car 的简单数据存储器：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
public class F1RaceResult
{
    public int Position { get; set; }
    public string Racer { get; set; }
    public string Car { get; set; }
}
```

代码段 Formula1Demo/Championship.cs

运行应用程序，首先会在树形视图中看到所有年份的冠军。因为使用了绑定，所以也访问了下一层——每个 Championship 对象已经关联到 F1Race 对象。用户不需要等待，就可以看到年份下面的第一级，也不需要默认显示的小三角形来打开某个年份的信息。图 36-14 打开了 1984 年的信息。只要用户单击某个年份，就会看到第二级绑定，第三级也绑定了，并检索出比赛结果。

当然也可以定制 TreeView 控件，并为整个模板或视图中的项定义不同的样式。

## 36.4 DataGrid

在 .NET 4 之前，WPF 中没有 DataGrid 控件，现在有了！通过 DataGrid 控件，可以把信息显示在行和列中，还可以编辑它们。

DataGrid 控件是一个 ItemsControl，定义了绑定到集合上的 ItemsSource 属性。这个用户界面的 XAML 代码也定义了两个 RepeatButton 控件，用于实现分页功能。这里不是一次加载所有比赛信息，而是使用分页功能，这样用户就可以翻看各个页面。在简单的场景中，只需要指定 DataGrid 的 ItemsSource 属性。默认情况下，DataGrid 会根据绑定数据的属性来创建列：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
<UserControl x:Class="Formula1Demo.GridUC"
    xmlns="http://schemas.microsoft.com/winfx/2006/xaml/presentation"
    xmlns:x="http://schemas.microsoft.com/winfx/2006/xaml"
    xmlns:mc="http://schemas.openxmlformats.org/markup-compatibility/2006"
    xmlns:d="http://schemas.microsoft.com/expression/blend/2008"
    mc:Ignorable="d"
    d:DesignHeight="300" d:DesignWidth="300">
    <Grid>
        <Grid.RowDefinitions>
            <RepeatButton Margin="5" Click="OnPrevious">Previous</RepeatButton>
            <RepeatButton Margin="5" Click="OnNext">Next</RepeatButton>
        </Grid.RowDefinitions>
        <StackPanel Orientation="Horizontal" Grid.Row="0">
            <Button Click="OnPrevious">Previous</Button>
            <Button Click="OnNext">Next</Button>
        </StackPanel>
        <DataGrid Grid.Row="1" ItemsSource="{Binding}" />
    </Grid>
</UserControl>
```

代码段 Formula1Demo/GridUC.xaml

代码隐藏使用与前面 `TreeView` 示例相同的 `Formulal` 数据库。把 `UserControl` 的 `DataContext` 设置为 `Races` 属性。这个属性返回 `IEnumerable<object>`。这里不指定强类型化的枚举, 而使用一个 `object`, 以通过 LINQ 查询创建一个匿名类。该 LINQ 查询使用 `Year`、`Country`、`Position`、`Racer` 和 `Car` 属性创建匿名类, 并使用复合语句访问 `Races` 和 `RaceResults` 属性。它还访问 `Races` 的其他关联属性, 以获取国籍、赛手和团队信息。使用 `Skip()` 和 `Take()` 方法实现分页功能。页面的大小固定为 50 项, 当前页面使用 `OnNext()` 和 `OnPrevious()` 处理程序来改变:



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
using System.Collections.Generic;
using System.Linq;
using System.Windows;
using System.Windows.Controls;

namespace FormulalDemo
{
    public partial class GridUC : UserControl
    {
        private int currentPage = 0;
        private int pageSize = 50;
        private FormulalEntities data = new FormulalEntities();
        public GridUC()
        {
            InitializeComponent();
            this.DataContext = Races;
        }

        public IEnumerable<object> Races
        {
            get
            {
                return (from r in data.Races
                        from rr in r.RaceResults
                        orderby r.Date ascending
                        select new
                        {
                            Year = r.Date.Year,
                            Country = r.Circuit.Country,
                            Position = rr.Position,
                            Racer = rr.Racer.Firstname + " " + rr.Racer.Lastname,
                            Car = rr.Team.Name
                        }).Skip(currentPage * pageSize).Take(pageSize);
            }
        }

        private void OnPrevious(object sender, RoutedEventArgs e)
        {
            if (currentPage > 0)
            {
                currentPage--;
                this.DataContext = Races;
            }
        }

        private void OnNext(object sender, RoutedEventArgs e)
        {

```

```
currentPage++;
this.DataContext = Races;
```

代码段 Formula1Demo/GridUC.xaml.cs

图 36-15 显示了正在运行的应用程序，其中使用了默认的网格样式和标题。

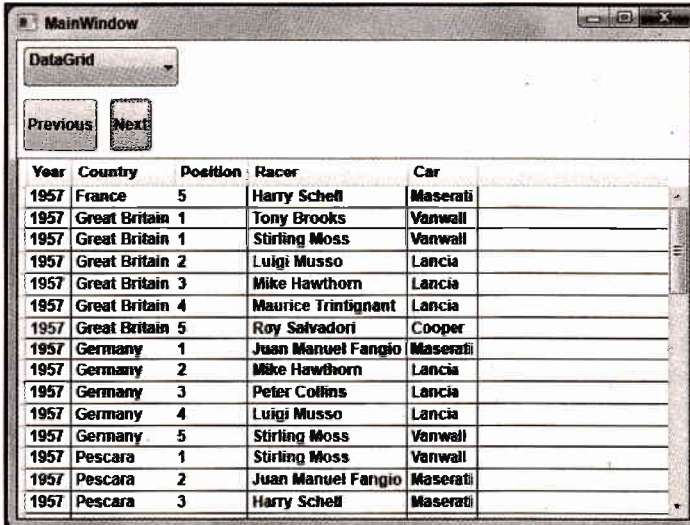


图 36-15

在下一个 DataGrid 示例中，用自定义列和组合来定制网格。

### 36.4.1 自定义列

把 DataGrid 的 `AutoGenerateColumns` 属性设置为 `False`，就不会生成默认的列。使用 `Columns` 属性可以创建自定义列。还可以指定派生自 `DataGridColumn` 的元素，也可以使用预定义的类型。`DataGridTextColumn` 可以用于读取和编辑文本。`DataGridHyperlinkColumn` 可显示超链接。`DataGridCheckBoxColumn` 可给布尔数据显示复选框。如果某列有一个项列表，就可以使用 `DataGridComboBoxColumn`。将来会有更多的 `DataGridColumn` 类型，但如果现在就需要其他表示方式，可以使用 `DataGridTemplateColumn` 定义并绑定任意需要的元素。

下面的示例代码使用 `DataGridTextColumn` 来绑定到 `Position` 和 `Racer` 属性。把 `Header` 属性设置为要显示的字符串，当然也可以使用模板给列定义完全自定义的标题：



```
<DataGrid ItemsSource="{Binding}" AutoGenerateColumns="False">
  <DataGrid.Columns>
    <DataGridTextColumn Binding="{Binding Position, Mode=OneWay}"
      Header="Position" />
    <DataGridTextColumn Binding="{Binding Racer, Mode=OneWay}"
      Header="Racer" />
  </DataGrid.Columns>
```

代码段 Formula1Demo/GridUC.xaml.cs

### 36.4.2 行的细节

选择一行时, `DataGrid` 可以显示该行的其他信息。为此, 需要指定 `DataGrid` 的 `RowDetailsTemplate`。把一个 `DataTemplate` 赋予这个 `RowDetailsTemplate`, 其中包含几个显示汽车和赛点的 `TextBlock` 元素:



```
<DataGrid.RowDetailsTemplate>
  <DataTemplate>
    <StackPanel Orientation="Horizontal">
      <TextBlock Text="Car:" Margin="5,0,0,0" />
      <TextBlock Text="{Binding Car}" Margin="5,0,0,0" />
      <TextBlock Text="Points:" Margin="5,0,0,0" />
      <TextBlock Text="{Binding Points}" />
    </StackPanel>
  </DataTemplate>
</DataGrid.RowDetailsTemplate>
```

代码段 Formula1Demo/GridUC.xaml.cs

### 36.4.3 用 DataGrid 进行分组

一级方程式比赛有几行包含相同的信息, 如年份和国籍。对于这类数据, 可以使用分组功能, 给用户组织信息。

对于分组功能, 可以在 XAML 代码中使用 `CollectionViewSource`, 来支持分组、排序和筛选功能。在代码隐藏中, 也可以使用 `ListCollectionView` 类, 它仅由 `CollectionViewSource` 使用。

`CollectionViewSource` 在 `Resources` 集合中定义。`CollectionViewSource` 的源是 `ObjectDataProvider` 的结果。`ObjectDataProvider` 调用 `F1Races` 类型的 `GetRaces()` 方法。这个方法有两个 `int` 参数, 它们从 `MethodParameters` 集合中指定。`CollectionViewSource` 给分组使用了两个描述, 分别用于 `Year` 属性和 `Country` 属性:



```
<Grid.Resources>
  <ObjectDataProvider x:Key="races" ObjectType="{x:Type local:F1Races}"
    MethodName="GetRaces">
    <ObjectDataProvider.MethodParameters>
      <sys:Int32>0</sys:Int32>
      <sys:Int32>20</sys:Int32>
    </ObjectDataProvider.MethodParameters>
  </ObjectDataProvider>
  <CollectionViewSource x:Key="viewSource"
    Source="{StaticResource races}">
    <CollectionViewSource.GroupDescriptions>
      <PropertyGroupDescription PropertyName="Year" />
      <PropertyGroupDescription PropertyName="Country" />
    </CollectionViewSource.GroupDescriptions>
  </CollectionViewSource>
</Grid.Resources>
```

代码段 Formula1Demo/GridGroupingUC.xaml

这里显示的组使用 `DataGrid` 的 `GroupStyle` 属性定义。对于 `GroupStyle` 元素, 需要自定义 `ContainsStyle`、`HeaderTemplate` 和整个面板。为了动态选择 `GroupStyle` 和 `HeaderStyle`, 还可以编写一个容器样式选择器和一个标题模板选择器。它们的功能非常类似于前面的数据模板选择器。

示例中的 `GroupStyle` 设置了 `GroupStyle` 的 `ContainsStyle` 属性。在这个样式中, 用模板定制

GroupItem。使用分组功能时，GroupItem 显示为组的根元素。在组中使用 Names 属性显示名字，使用 ItemCount 属性显示项数。Grid 的第 3 列使用 ItemPresenter 包含所有正常的项。如果行按国籍分组，Name 属性的标签就会有不同的宽度，这看起来不太好。因此，使用 Grid 的第二列设置 SharedSizeGroup 属性，使所有的项有相同的大小。还需要设置共享的尺寸范围，使所有的元素有相同的大小，为此在 DataGrid 中设置 Grid.IsSharedSizeScope="True"。

```
<DataGrid.GroupStyle>
  <GroupStyle>
    <GroupStyle.ContainerStyle>
      <Style TargetType="{x:Type GroupItem}">
        <Setter Property="Template">
          <Setter.Value>
            <ControlTemplate>
              <StackPanel Orientation="Horizontal">
                <Grid>
                  <Grid.ColumnDefinitions>
                    <ColumnDefinition
                      SharedSizeGroup="LeftColumn"
                    />
                    <ColumnDefinition />
                    <ColumnDefinition />
                  </Grid.ColumnDefinitions>
                  <Label Grid.Column="0"
                    Background="Yellow"
                    Content="{Binding Name}" />
                  <Label Grid.Column="1"
                    Content="{Binding ItemCount}"
                  />
                  <Grid Grid.Column="2"
                    HorizontalAlignment="Center"
                    VerticalAlignment="Center">
                    <ItemsPresenter/>
                  </Grid>
                </Grid>
              </StackPanel>
            </ControlTemplate>
          </Setter.Value>
        </Setter>
      </Style>
    </GroupStyle.ContainerStyle>
  </GroupStyle>
</DataGrid.GroupStyle>
```

ObjectDataProvider 使用了类 F1Races，F1Races 使用 LINQ 访问 Formula1 数据库，并返回一个匿名类型列表，以及 Year、Country、Position、Racer、Car 和 Points 属性。这里再次使用 Skip() 和 Take() 方法访问部分数据：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
using System.Collections.Generic;
using System.Linq;

namespace Formula1Demo
{
    public class F1Races
```



```

private int lastpageSearched = -1;
private IEnumerable<object> cache = null;
private Formula1Entities data = new Formula1Entities();

public IEnumerable<object> GetRaces(int page, int pageSize)
{
    if (lastpageSearched == page)
        return cache;
    lastpageSearched = page;

    var q = (from r in data.Races
             from rr in r.RaceResults
             orderby r.Date ascending
             select new
             {
                 Year = r.Date.Year,
                 Country = r.Circuit.Country,
                 Position = rr.Position,
                 Racer = rr.Racer.Firstname + " " + rr.Racer.Lastname,
                 Car = rr.Team.Name,
                 Points = rr.Points
             }).Skip(page * pageSize).Take(pageSize);
    cache = q;
    return cache;
}
}
}

```

代码段 Formula1Demo/F1Races.cs

现在只需为用户设置页码，修改 `ObjectDataProvider` 的参数。在用户界面中，定义一个文本框和一个按钮：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

<StackPanel Orientation="Horizontal" Grid.Row="0">
    <TextBlock Margin="5" Padding="4"
               VerticalAlignment="Center">Page:</TextBlock>
    <TextBox Margin="5" Padding="4" VerticalAlignment="Center"
             x:Name="textPageNumber" Text="0" />
    <Button Click="OnGetPage">Get Page</Button>
</StackPanel>

```

代码段 Formula1Demo/GridGroupingUC.xaml

在代码隐藏中，按钮的 `OnGetPage()` 处理程序访问 `ObjectDataProvider`，并修改方法的第一个参数。接着调用 `Refresh()` 方法，以便 `ObjectDataProvider` 请求新页面：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

private void OnGetPage(object sender, RoutedEventArgs e)
{
    int page = int.Parse(textPageNumber.Text);
    var odp = (sender as FrameworkElement).FindResource("races")
              as ObjectDataProvider;
    odp.MethodParameters[0] = page;
    odp.Refresh();
}

```

代码段 Formula1Demo/GridGroupingUC.xaml.cs

运行应用程序，就会看到分组和行的细节信息，如图 36-16 所示。

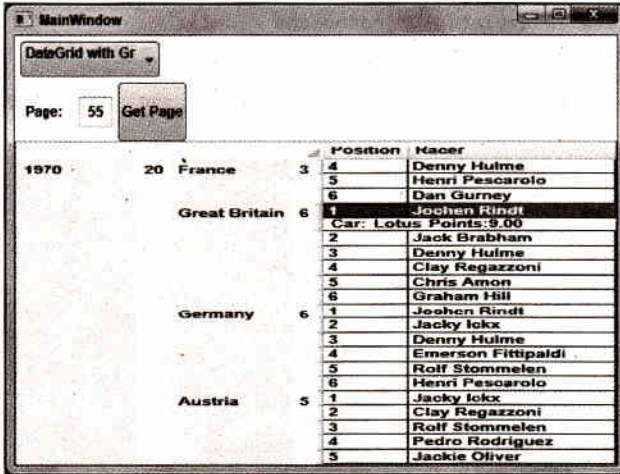


图 36-16

### 36.5 小结

本章介绍了 WPF 中对于业务应用程序非常重要的一些功能。

WPF 的数据绑定功能比 Windows 窗体前进了一大步。可以把 .NET 类的任意属性绑定到 WPF 元素的属性上。绑定模式定义了绑定的方向。可以绑定 .NET 对象和列表，定义数据模板，从而通过数据模板为 .NET 类创建默认的外观。

命令绑定可以把处理程序的代码映射到菜单和工具栏上。还可以用 WPF 进行复制和粘贴，因为这个技术的命令处理程序已经包含在 TextBox 控件中。

下一章讨论 WPF 的另一个方面：用 WPF 创建文档。

# 第 37 章

## 用 WPF 创建文档

本章内容:

- 创建流文档
- 创建固定的文档
- 创建 XPS 文档
- 打印文档

创建文档是 WPF 的一个主要部分。`System.Windows.Documents` 名称空间支持创建流文档和固定文档。这个名称空间包含的元素可以利用类似于 Word 的方式创建流文档,也可以创建 WYSIWYG(所见即所得)固定文档。

流文档面向屏幕读取;文档的内容根据窗口的大小来排列,如果窗口重置了大小,文档的流就会改变。固定文档主要用于打印和面向页面的内容,其内容总是按照相同的方式排列。

本章讨论如何创建、打印流文档和固定文档,并涵盖 `System.Windows.Documents`、`System.Windows.Xps` 和 `System.IO.Packaging` 名称空间。

### 37.1 文本元素

要构建文档的内容,需要文档元素。这些元素的基类是 `TextElement`。这个类定义了字体设置、前景和背景,以及文本效果的常见属性。`TextElement` 是 `Block` 类和 `Inline` 类的基类,这两个类的功能在后面的几节中介绍。

#### 37.1.1 字体

文本的一个重要方面是文本的外观,即字体。通过 `TextElement`,可以用 `FontWeight`、`FontStyle`、`FontStretch`、`FontSize` 和 `FontFamily` 属性指定字体。

- 预定义的 `FontWeight` 值由 `FontWeights` 类定义,这个类提供的值包括 `UltraLight`、`Light`、`Medium`、`Normal`、`Bold`、`UltraBold` 和 `Heavy`。
- `FontStyle` 的值由 `FontStyles` 类定义,可以是 `Normal`、`Italic` 和 `Oblique`。
- 利用 `FontStretch` 可以指定字体相对于正常宽高比的拉伸程度。`FontStretch` 指定了预定义的拉伸率从 50%(`UltraCondensed`)到 200%(`UltraExpanded`)。在这个范围之间的预定义值是 `ExtraCondensed`(62.5%)、`Condensed`(75%)、`SemiCondensed`(87.5%)、`Normal`(100%)、`SemiExpanded`(112.5%)、`Expanded`(125%)、`ExtraExpanded`(150%)。

- `FontSize` 是 `double` 类型，可以用于指定字体的大小，其单位与设备无关，如英寸、厘米和点。
- 利用 `FontFamily` 可以定义首选字体系列的名称，如 `Arial` 或 `Times New Roman`。使用这个属性可以指定一个字体系列名列表，这样，如果某个字体不可用，就使用列表中的下一个字体。（如果所选字体和备用字体都不可用，流文档就使用默认的 `MessageFontFamily`）。还可以从资源中引用字体系列，或者使用 `URI` 引用服务器上的字体。对于固定的文档，不会出现字体不可用的情况，因为字体是通过文档提供的。

为了了解不同字体的外观，下面的示例 WPF 应用程序包含一个列表框。该列表框为列表中的每一项定义了一个 `ItemTemplate`。这个模板使用 4 个 `TextBlock` 元素，这些元素的 `FontFamily` 绑定到 `FontFamily` 对象的 `Source` 属性上。给不同的 `TextBlock` 元素设置 `FontWeight` 和 `FontStyle`：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
<ListBox ItemsSource="{Binding}">
  <ListBox.ItemTemplate>
    <DataTemplate>
      <StackPanel Orientation="Horizontal">
        <TextBlock Margin="3, 0, 3, 0"
          FontFamily="{Binding Path=Source}"
          FontSize="18" Text="{Binding Path=Source}" />
        <TextBlock Margin="3, 0, 3, 0"
          FontFamily="{Binding Path=Source}"
          FontSize="18" FontStyle="Italic" Text="Italic" />
        <TextBlock Margin="3, 0, 3, 0"
          FontFamily="{Binding Path=Source}"
          FontSize="18" FontWeight="UltraBold"
          Text="UltraBold" />
        <TextBlock Margin="3, 0, 3, 0"
          FontFamily="{Binding Path=Source}"
          FontSize="18" FontWeight="UltraLight"
          Text="UltraLight" />
      </StackPanel>
    </DataTemplate>
  </ListBox.ItemTemplate>
</ListBox>
```

代码段 ShowFonts/ShowFontsWindow.xaml

在代码隐藏中，数据上下文设置为 `System.Windows.Media.Font` 类的 `SystemFontFamilies` 属性值：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
public partial class ShowFontsWindow : Window
{
  public ShowFontsWindow()
  {
    InitializeComponent();

    this.DataContext = Fonts.SystemFontFamilies;
  }
}
```

代码段 ShowFonts/ShowFontsWindow.xaml.cs

运行应用程序，会显示一个很长的列表，其中包含系统字体系列的斜体、黑体、`UltraBold` 和 `UltraLight` 样式，如图 37-1 所示。



图 37-1

### 37.1.2 TextEffect

下面看看 `TextEffect`，因为它也是所有文档元素共有的。`TextEffect` 在名称空间 `System.Windows.Media` 中定义，派生自基类 `Animatable`，允许生成文本的动画效果。

`TextEffect` 可以为裁剪区域、前景画笔和变换创建动画效果。利用 `PositionStart` 和 `PositionCount` 属性可以指定在文本中应用动画的位置。

要应用文本效果，应设置 `Run` 元素的 `TextEffects` 属性。该属性内部指定的 `TextEffect` 元素定义了前景和变换效果。对于前景，使用名为 `brush1` 的 `SolidColorBrush` 画笔，通过 `ColorAnimation` 元素生成动画效果。转换使用名为 `scale1` 的 `ScaleTransformation`，从两个 `DoubleAnimation` 元素中制作动画效果。



```
<TextBlock>
  <TextBlock.Triggers>
    <EventTrigger RoutedEvent="TextBlock.Loaded">
      <BeginStoryboard>
        <Storyboard>
          <ColorAnimation AutoReverse="True" RepeatBehavior="Forever"
            From="Red" To="Yellow" Duration="0:0:3"
            Storyboard.TargetName="brush1"
            Storyboard.TargetProperty="Color" />
          <DoubleAnimation AutoReverse="True"
            RepeatBehavior="Forever"
            From="0.2" To="12" Duration="0:0:6"
            Storyboard.TargetName="scale1"
            Storyboard.TargetProperty="ScaleX" />
          <DoubleAnimation AutoReverse="True"
            RepeatBehavior="Forever"
            From="0.2" To="12" Duration="0:0:6"
            Storyboard.TargetName="scale1"
            Storyboard.TargetProperty="ScaleY" />
        </Storyboard>
      </BeginStoryboard>
    </EventTrigger>
  </TextBlock.Triggers>
  <Run FontFamily="Mangal">
    cn|elements
  </Run.TextEffects>
  <TextEffect PositionStart="0" PositionCount="30">
    <TextEffect.Foreground>
      <SolidColorBrush x:Name="brush1" Color="Blue" />
    </TextEffect.Foreground>
  </TextEffect>
</TextBlock>
```

```

        <TextEffect.Transform>
            <ScaleTransform x:Name="scale1" ScaleX="3" ScaleY="3" />
        </TextEffect.Transform>
    </TextEffect>
</Run.TextEffects>
</Run>
</TextBlock>

```

代码段 TextEffectsDemo/MainWindow.xaml

运行应用程序，会看到大小和颜色的变化，如图 37-2 和图 37-3 所示。



图 37-2

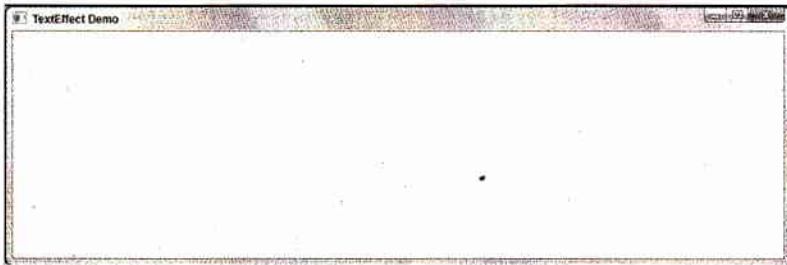


图 37-3



在纯 XAML 示例中，也可以使用 XAMLPad.exe 输入代码，而不是创建可执行程序。这个工具是 Windows SDK 的一部分。

### 37.1.3 内联

所有内联流内容元素的基类都是 `Inline`。可以在流文档的段落中使用 `Inline` 元素。因为在段落中，`Inline` 元素可以一个跟着一个，所以 `Inline` 类提供了 `PreviousInline` 和 `NextInline` 属性，从一个元素导航到另一个元素。也可以使用 `SiblingNextInlines` 获取所有同级内联元素的集合。

前面用于输出一些文本的 `Run` 元素是一个 `Inline` 元素，它可输出格式化或非格式化的文本，还有许多其他的 `Inline` 元素。`Run` 元素后的换行可以用 `LineBreak` 元素来获得。

`Span` 元素派生自 `Inline` 类，它允许组合 `Inline` 元素。在 `Span` 的内容中只能包含 `Inline` 元素。含义明确的 `Bold`、`Hyperlink`、`Italic` 和 `Underline` 类都派生自 `Span`，因此允许 `Inline` 元素和其中的内容具有相同的功能，但对这些元素的操作不同。下面的 XAML 代码说明了 `Bold`、`Italic`、`Underline` 和 `LineBreak` 的用法，如图 37-4 所示。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
<Paragraph FontWeight="Normal">
  <Span>
    <Span>Normal</Span>
    <Bold>Bold</Bold>
    <Italic>Italic</Italic>
    <LineBreak />
    <Underline>Underline</Underline>
  </Span>
</Paragraph>
```

代码段 FlowDocumentsDemo/FlowDocument1.xaml

图 37-4

`AnchoredBlock` 是一个派生自 `Inline` 的抽象类，用于把 `Block` 元素锚定到流内容上。`Figure` 和 `Floater` 是派生自 `AnchoredBlock` 的具体类。因为这两个内联元素在涉及块时比较有趣，所以本章后面讨论它们。

另一个映射到 UI 元素上的 `Inline` 元素是 `InlineUIContainer`，它在前面的章节使用过。`InlineUIContainer` 允许给文档添加所有的 `UIElement` 对象(如按钮)。下面的代码段给文档添加了一个 `InlineUIContainer`，其中包含组合框、单选按钮和文本框元素，结果如图 37-5 所示。



图 37-5



当然，也可以给 UI 元素添加样式，参见第 35 章。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
<Paragraph TextAlignment="Center">
  <Span FontSize="36">
    <Italic> cn|elements </Italic>
  </Span>
  <LineBreak />
  <LineBreak />
  <InlineUIContainer>
    <Grid>
      <Grid.RowDefinitions>
        <RowDefinition />
        <RowDefinition />
      </Grid.RowDefinitions>
      <Grid.ColumnDefinitions>
        <ColumnDefinition />
        <ColumnDefinition />
      </Grid.ColumnDefinitions>
```

```

</Grid.ColumnDefinitions>
<ComboBox Width="140" Margin="3" Grid.Row="0">
  <ComboBoxItem>Filet Mignon</ComboBoxItem>
  <ComboBoxItem>Rib Eye</ComboBoxItem>
  <ComboBoxItem>Sirloin</ComboBoxItem>
</ComboBox>

<StackPanel Grid.Row="0" Grid.RowSpan="2" Grid.Column="1">
  <RadioButton>Raw</RadioButton>
  <RadioButton>Medium</RadioButton>
  <RadioButton>Well done</RadioButton>
</StackPanel>
  <TextBox Grid.Row="1" Grid.Column="0" Width="140"></TextBox>
</Grid>
</InlineUIContainer>
</Paragraph>

```

代码段 FlowDocumentsDemo/FlowDocument2.xaml

### 37.1.4 块

Block 是块级元素的抽象基类。块可以把包含其中的元素组合到特定的视图上。所有块都通用的属性有 PreviousBlock、NextBlock 和 SiblingBlocks，它们允许从一个块导航到下一个块。在块开始之前设置 BreakPageBefore 换页符和 BreakColumnBefore 换行符。块还使用 BorderBrush 和 BorderThickness 属性定义边框。

派生自 Block 的类有 Paragraph、Section、List、Table 和 BlockUIContainer。BlockUIContainer 类似于 InlineUIContainer，其中也可以添加派生自 UIElement 的元素。

Paragraph 和 Section 是简单的块，其中 Paragraph 包含内联元素；Section 用于组合其他 Block 元素。使用 Paragraph 块可以确定在段落内部或段落之间是否允许添加换页符或换行符。KeepTogether 可用于禁止在段落内部换行，KeepWithNext 尝试把一个段落与下一个段落合并起来。如果段落用换页符或换行符隔开，那么 MinWindowLines 会定义分隔符之后的最小行数，MinOrphanLines 定义分隔符之前的最小行数。

Paragraph 块也允许在段落内部用 TextDecoration 元素装饰文本。预定义的文本装饰由 TextDecoration 定义：Baseline、Overline、Strikethrough 和 Underline。

下面的 XAML 代码显示了多个 Paragraph 元素。一个 Paragraph 元素包含标题，其后的另一个 Paragraph 元素包含属于上述标题的内容。这两个段落通过特性 KeepWithNext 连接起来。把 KeepTogether 设置为 True，也确保包含内容的段落不被隔开。结果如图 37-6 所示。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

<FlowDocument xmlns="http://schemas.microsoft.com/winfx/2006/xaml/presentation"
  ColumnWidth="300" FontSize="16" FontFamily="Georgia">
  <Paragraph FontSize="36">
    <Run>Lyrics</Run>
  </Paragraph>

  <Paragraph TextIndent="10" FontSize="24" KeepWithNext="True">
    <Bold>
      <Run>Mary had a little lamb</Run>
    </Bold>
  </Paragraph>

  <Paragraph KeepTogether="True">

```



```

<Run>
    Mary had a little lamb,
</Run>
<LineBreak />
<Run>
    little lamb, little lamb,
</Run>
<LineBreak />
<Run>
    Mary had a little lamb,
</Run>
<LineBreak />
<Run>
    whose fleece was white as snow.
</Run>
<LineBreak />
<Run>
    And everywhere that Mary went,
</Run>
<LineBreak />
<Run>
    Mary went, Mary went,
</Run>
<LineBreak />
<Run>
    and everywhere that Mary went,
</Run>
<LineBreak />
<Run>
    the lamb was sure to go.
</Run>
</Paragraph>
<Paragraph TextIndent="10" FontSize="24" KeepWithNext="True">
    <Bold>
        <Run>Humpty Dumpty</Run>
    </Bold>
</Paragraph>
<Paragraph KeepTogether="True">
    <Run>Humpty dumpty sat on a wall</Run>
    <LineBreak />
    <Run>
        Humpty dumpty had a great fall</Run>
    <LineBreak />
    <Run>
        All the King's horses</Run>
    <LineBreak />
    <Run>
        And all the King's men</Run>
    <LineBreak />
    <Run>
        Couldn't put Humpty together again
    </Run>
</Paragraph>
</FlowDocument>

```

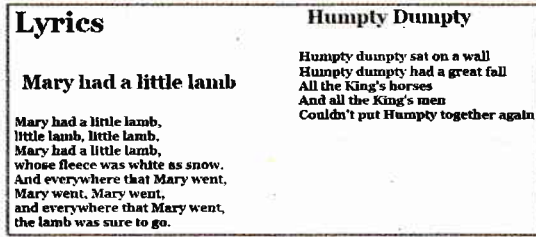


图 37-6

### 37.1.5 列表

List 类用于创建无序或有序的文本列表。List 通过设置 MarkerStyle 属性，定义了其列表项的项目符号样式。MarkerStyle 的类型是 TextMarkerStyle，它可以是数字(Decimal)、字母(LowerLatin 和 UpperLatin)、罗马数字(LowerRoman 和 UpperRoman)或图片(Disc、Circle、Square、Box)。List 只能包含 ListItem 元素，ListItem 只能包含 Block 元素。

用 XAML 定义如下列表，结果如图 37-7 所示。



图 37-7



```
<List MarkerStyle="Square">
  <ListItem>
    <Paragraph>Monday</Paragraph>
  </ListItem>
  <ListItem>
    <Paragraph>Tuesday</Paragraph>
  </ListItem>
  <ListItem>
    <Paragraph>Wednesday</Paragraph>
  </ListItem>
</List>
```

代码段 FlowDocumentsDemo/ListDemo.xaml

### 37.1.6 表

Table 类非常类似于第 35 章讨论的 Grid 类，它也定义行和列。下面的例子说明了如何使用 Table 创建 FlowDocument。要创建表，可以给 Columns 属性添加 TableColumn 对象。而利用 TableColumn 可以指定宽度和背景。

Table 还包含 TableRowGroup 对象。TableRowGroup 有一个 Rows 属性，可以在 Rows 属性中添加 TableRow 对象。TableRow 类定义了一个 Cells 属性，在 Cells 属性中可以添加 TableCell 对象。TableCell 对象可以包含任意 Block 元素。这里使用了一个 Paragraph 元素，其中包含 Inline 元素 Run:



```
var doc = new FlowDocument();
var t1 = new Table();
t1.Columns.Add(new TableColumn
  { Width = new GridLength(50, GridUnitType.Pixel) });
t1.Columns.Add(new TableColumn
  { Width = new GridLength(1, GridUnitType.Auto) });
t1.Columns.Add(new TableColumn
  { Width = new GridLength(1, GridUnitType.Auto) });
```

```

var titleRow = new TableRow();
titleRow.Background = new SolidColorBrush(Colors.LightBlue);
var titleCell = new TableCell
    { ColumnSpan = 3, TextAlignment = TextAlignment.Center };
titleCell.Blocks.Add(
    new Paragraph(new Run("Formula 1 Championship 2009")
        { FontSize=24, FontWeight = FontWeights.Bold }));
titleRow.Cells.Add(titleCell);

var headerRow = new TableRow
    { Background = new SolidColorBrush(Colors.LightGoldenrodYellow) };
headerRow.Cells.Add(new TableCell(new Paragraph(new Run("Pos")
    { FontSize = 14, FontWeight=FontWeights.Bold}));
headerRow.Cells.Add(new TableCell(new Paragraph(new Run("Name")
    { FontSize = 14, FontWeight = FontWeights.Bold }));
headerRow.Cells.Add(new TableCell(new Paragraph(new Run("Points")
    { FontSize = 14, FontWeight = FontWeights.Bold }));

var row1 = new TableRow();
row1.Cells.Add(new TableCell(new Paragraph(new Run("1."))););
row1.Cells.Add(new TableCell(new Paragraph(
    new Run("Jenson Button"))));
row1.Cells.Add(new TableCell(new Paragraph(new Run("95"))));

var row2 = new TableRow { Background =
    new SolidColorBrush(Colors.LightGray));
row2.Cells.Add(new TableCell(new Paragraph(new Run("2."))););
row2.Cells.Add(new TableCell(new Paragraph(new Run("Sebastian Vettel"))));
row2.Cells.Add(new TableCell(new Paragraph(new Run("84"))));

var row3 = new TableRow();
row3.Cells.Add(new TableCell(new Paragraph(new Run("3."))););
row3.Cells.Add(new TableCell(new Paragraph(
    new Run("Rubens Barrichello"))));
row3.Cells.Add(new TableCell(new Paragraph(new Run("77"))));

var rowGroup = new TableRowGroup();
rowGroup.Rows.Add(titleRow);
rowGroup.Rows.Add(headerRow);
rowGroup.Rows.Add(row1);
rowGroup.Rows.Add(row2);
rowGroup.Rows.Add(row3);
t1.RowGroups.Add(rowGroup);

doc.Blocks.Add(t1);

reader.Document = doc;

```

代码段 TableDemo/MainWindow.xaml

运行应用程序，会显示一个格式化好的表，如图 37-8 所示。

Formula 1 Championship 2009		
Pos	Name	Points
1.	Jenson Button	95
2.	Sebastian Vettel	84
3.	Rubens Barrichello	77

图 37-8

## 37.1.7 块的锚定

既然学习了 `Inline` 和 `Block` 元素，就可以使用 `AnchoredBlock` 类型的 `Inline` 元素合并它们。`AnchoredBlock` 是一个抽象基类，它有两个具体的实现方式 `Figure` 和 `Floater`。

`Floater` 使用属性 `HorizontalAlignment` 和 `Width` 同时显示其内容和主要内容。

从上面的例子开始，添加一个包含 `Floater` 的新段落。这个 `Floater` 采用左对齐方式，宽度为 160。如图 37-9 所示，下一个段落将环绕它。

```
<Paragraph TextIndent="10" FontSize="24" KeepWithNext="True">
  <Bold>
    <Run>Mary had a little lamb</Run>
  </Bold>
</Paragraph>
<Paragraph>
  <Floater HorizontalAlignment="Left" Width="160">
    <Paragraph Background="LightGray">
      <Run>Sarah Josepha Hale</Run>
    </Paragraph>
  </Floater>
</Paragraph>
<Paragraph KeepTogether="True">
  <Run>
    Mary had a little lamb
  </Run>
  <LineBreak />
  <!-- ... -->
</Paragraph>
```

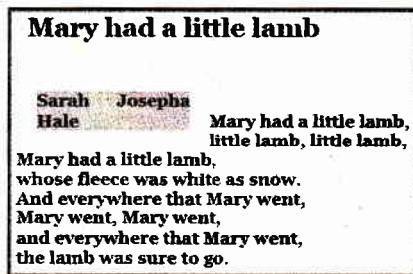


图 37-9

`Figure` 采用水平和垂直对齐方式，可以锚定到页面、内容、列或段落上。下面代码中的 `Figure` 锚定到页面中心处，但水平和垂直方向有偏移。设置 `WrapDirection`，使左列和右列环绕着图片，图 37-10 显示了环绕的结果。

```
<Paragraph>
  <Figure HorizontalAnchor="PageCenter" HorizontalOffset="20"
    VerticalAnchor="PageCenter" VerticalOffset="20" WrapDirection="Both">
    <Paragraph Background="LightGray" FontSize="24">
      <Run> Lyrics Samples </Run>
    </Paragraph>
  </Figure>
</Paragraph>
```

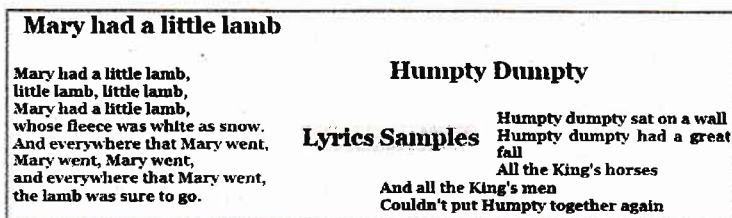


图 37-10

Figure 和 Floater 都用于添加不在主流中的内容，尽管这两个功能看起来类似，但它们的特征大不相同。表 37-1 列出了 Figure 和 Floater 的区别。

表 37-1

特 征	Floater	Figure
位置	Floater 不能定位，在空间可用时显示它	Figure 可以用水平和垂直锚点来定位，它可以停靠在页面、内容、列或段落上
宽度	Floater 只能放在一列中。如果它设置的宽度大于列宽，就忽略它	Figure 可以跨越多列。Figure 的宽度可以设置为半页或两列
分页	如果 Floater 高于列高，就分解 Floater，分页到下一列或下一页上	如果 Figure 高于列高，就只显示列中的部分，其他内容会丢失

## 37.2 流文档

前面介绍了所有 Inline 和 Block 元素，现在我们知道应把什么内容放在流文档中。FlowDocument 类可以包含 Block 元素，Block 元素可以包含 Block 或 Inline 元素，这取决于 Block 的类型。

FlowDocument 类的一个主要功能是把流分解为多个页面。这是通过 FlowDocument 实现的 IDocumentPaginatorSource 接口实现。

FlowDocument 的其他选项包括建立默认字体、前景画笔和背景画笔，以及配置页面和列的大小。下面 FlowDocument 的 XAML 代码定义了默认字体、字体大小、列宽和列之间的标尺：

```
<FlowDocument xmlns="http://schemas.microsoft.com/winfx/2006/xaml/presentation"
  ColumnWidth="300" FontSize="16" FontFamily="Georgia"
  ColumnRuleWidth="3" ColumnRuleBrush="Violet">
```

现在需要一种方式来查看文档。以下列表描述了几个查看器：

- RichTextBox——一个简单的查看器，还允许编辑(只要 IsReadOnly 属性没有设置为 true)。RichTextBox 不在多列中显示文档，而以滚动模式显示文档。这类类似于 Microsoft Word 中的 Web 布局。把 HorizontalScrollbarVisibility 设置为 ScrollbarVisibility.Auto，就可以启用滚动条。
- FlowDocumentScrollViewer——一个读取器，只能读取文档，不能编辑文档，这个读取器允许放大文档，工具栏中的滑块可以使用 IsToolBarEnabled 属性，来启用其缩放功能。设置 CanIncreaseZoom、CanDecreaseZoom、MinZoom 和 MaxZoom 都允许设置缩放功能。
- FlowDocumentPageViewer——给文档分页的查看器。使用这个查看器，不仅可以通过其工具栏放大文档，还可以在页面之间切换。

- `FlowDocumentReader`——这个查看器合并了 `FlowDocumentScrollViewer` 和 `FlowDocumentPageViewer` 的功能，它支持不同的查看模式，这些模式可以在工具栏中设置，或者使用 `FlowDocumentReaderViewingMode` 类型的 `ViewingMode` 属性来设置。这个枚举的值可以是 `Page`、`TwoPage` 和 `Scroll`。也可以根据需要禁用查看模式。

图 37-11 在 `TwoPage` 中用 `FlowDocumentReader` 模式显示了前面创建的流文档。

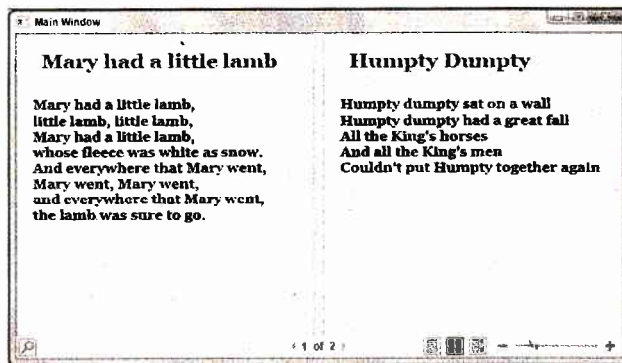


图 37-11

### 37.3 固定文档

无论固定文档在哪里复制或使用，它总是定义相同的外观、相同的分页方式，并使用相同的字体。WPF 定义了用于创建固定文档的 `FixedDocument` 类，和用于查看固定文档的 `DocumentViewer` 类。

本章使用一个示例应用程序，通过编程方式创建一个固定文档，该程序要求用户输入一个用于创建固定文档的菜单规划。图 37-12 显示了这个应用程序的主用户界面，用户可以在其中用 `DatePicker` 类选择某一天，在 `DataGrid` 中输入一周的菜单，再单击 `Create Doc` 按钮，新建一个 `FixedDocument`。这个应用程序使用 `Page` 对象在 `NavigationWindow` 中导航。单击 `Create Doc` 按钮会导航到一个包含固定文档的新页面上。

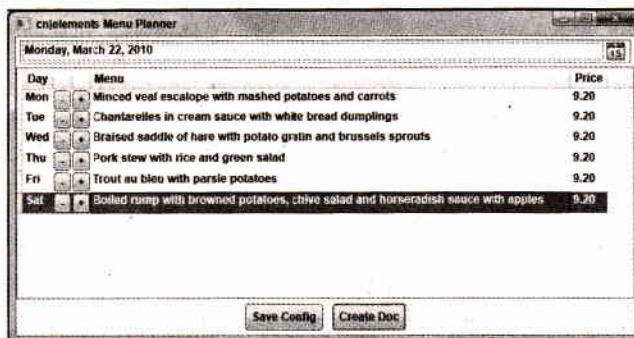


图 37-12

`Create Doc` 按钮的事件处理程序 `OnCreateDoc()` 导航到一个新页面上。为此，处理程序实例化新页面 `DocumentPage`。这个页面包含一个 `NavigationService_LoadCompleted()` 处理程序，把它赋予 `NavigationService` 的 `LoadCompleted` 事件。在这个处理程序中，新页面可以访问传送给页面的内容。接着调用 `Navigate()` 方法导航到 `page2`。新页面接收对象 `menus`，该对象包含了构建固定页面所需的

所有菜单信息。menus 变量的类型是 `ObservableCollection<MenuItem>`。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
private void OnCreateDoc(object sender, RoutedEventArgs e)
{
    if (menus.Count == 0)
    {
        MessageBox.Show("Select a date first", "Menu Planner",
            MessageBoxButton.OK);
        return;
    }
    var page2 = new DocumentPage();
    NavigationService.LoadCompleted +=
        page2.NavigationService_LoadCompleted;
    NavigationService.Navigate(page2, menus);
}
```

代码段 CreateXps/MenuPlannerPage.xaml.cs

在 `DocumentPage` 中，使用 `DocumentViewer` 获取对固定文档的读取访问权限。固定文档在 `NavigationService_LoadCompleted()` 方法中创建。在这个事件处理程序中，从第一个页面传递的数据通过 `NavigationEventArgs` 的 `ExtraData` 属性接收。把接收到的 `ObservableCollection<MenuItem>` 赋予 `menus` 变量，该变量用于构建固定页面：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
internal void NavigationService_LoadCompleted(object sender,
        NavigationEventArgs e)
{
    menus = e.ExtraData as ObservableCollection<MenuItem>;

    fixedDocument = new FixedDocument();
    var pageContent1 = new PageContent();
    fixedDocument.Pages.Add(pageContent1);
    var page1 = new FixedPage();
    pageContent1.Child = page1;
    page1.Children.Add(GetHeaderContent());
    page1.Children.Add(GetLogoContent());
    page1.Children.Add(GetDateContent());
    page1.Children.Add(GetMenuContent());

    viewer.Document = fixedDocument;

    NavigationService.LoadCompleted -= NavigationService_LoadCompleted;
}
```

代码段 CreateXps/DocumentPage.xaml.cs

固定文档用 `FixedDocument` 类创建。`FixedDocument` 元素只包含可通过 `Pages` 属性访问的 `PageContent` 元素。`PageContent` 元素必须按它们显示在页面上的顺序添加到文档中。`PageContent` 定义了单个页面的内容。

`PageContent` 有一个 `Child` 属性，因此可以把 `PageContent` 关联到 `FixedPage` 上。在 `FixedPage` 上可以把 `UIElement` 类型的元素添加到 `Children` 集合中。在这个集合中可以添加前两章介绍的所有元素，包括 `TextBlock`，它本身可以包含 `Inline` 和 `Block` 元素。

在示例代码中，`FixedPage` 的子元素用辅助方法 `GetHeaderContent()`、`GetLogoContent()`、`GetDateContent()` 和 `GetMenuContent()` 创建。

`GetHeaderContent()`方法创建一个 `TextBlock`，并返回它。给 `TextBlock` 添加 `Inline` 元素 `Bold`，又给 `Bold` 添加 `Run` 元素。`Run` 元素包含文档的标题文本。利用 `FixedPage.SetLeft()`和 `FixedPage.SetTop()`，定义 `TextBox` 在固定页面中的位置。

```
private UIElement GetHeaderContent()
{
    var text1 = new TextBlock();
    text1.FontFamily = new FontFamily("Mangal");
    text1.FontSize = 34;
    text1.HorizontalAlignment = HorizontalAlignment.Center;
    text1.Inlines.Add(new Bold(new Run("cn|elements")));
    FixedPage.SetLeft(text1, 170);
    FixedPage.SetTop(text1, 40);
    return text1;
}
```

`GetLogoContent()`方法在固定文档中使用 `RadialGradientBrush` 添加一个 `Ellipse` 形状的徽标:

```
private UIElement GetLogoContent()
{
    var ellipse = new Ellipse
    {
        Width = 90,
        Height = 40,
        Fill = new RadialGradientBrush(Colors.Yellow, Colors.DarkRed)
    };

    FixedPage.SetLeft(ellipse, 500);
    FixedPage.SetTop(ellipse, 50);
    return ellipse;
}
```

`GetDateContent()`方法访问 `menus` 集合，把一个日期范围添加到文档中:

```
private UIElement GetDateContent()
{
    string dateString = String.Format("{0:d} to {1:d}",
        menus[0].Day, menus[menus.Count - 1].Day);
    var text1 = new TextBlock
    {
        FontSize = 24,
        HorizontalAlignment = HorizontalAlignment.Center
    };
    text1.Inlines.Add(new Bold(new Run(dateString)));
    FixedPage.SetLeft(text1, 130);
    FixedPage.SetTop(text1, 90);
    return text1;
}
```

最后，`GetMenuContent()`方法创建并返回一个 `Grid` 控件，这个网格中的列和行包含日期、菜单和价格信息:

```
private UIElement GetMenuContent()
{
    var grid1 = new Grid { ShowGridLines = true };
}
```



```

grid1.ColumnDefinitions.Add(new ColumnDefinition
    { Width= new GridLength(50)});
grid1.ColumnDefinitions.Add(new ColumnDefinition
    { Width = new GridLength(300)});
grid1.ColumnDefinitions.Add(new ColumnDefinition
    { Width = new GridLength(70) });

for (int i = 0; i < menus.Count; i++)
{
    grid1.RowDefinitions.Add(new RowDefinition
        { Height = new GridLength(40) });

    var t1 = new TextBlock(
        new Run(String.Format("{0:ddd}", menus[i].Day)));
    t1.VerticalAlignment = VerticalAlignment.Center;
    t1.Margin = new Thickness(5, 2, 5, 2);
    Grid.SetColumn(t1, 0);
    Grid.SetRow(t1, i);
    grid1.Children.Add(t1);

    var t2 = new TextBlock(new Run(menus[i].Menu));
    t2.VerticalAlignment = VerticalAlignment.Center;
    t2.Margin = new Thickness(5, 2, 5, 2);
    Grid.SetColumn(t2, 1);
    Grid.SetRow(t2, i);
    grid1.Children.Add(t2);

    var t3 = new TextBlock(new Run(menus[i].Price.ToString()));
    t3.VerticalAlignment = VerticalAlignment.Center;
    t3.Margin = new Thickness(5, 2, 5, 2);
    Grid.SetColumn(t3, 2);
    Grid.SetRow(t3, i);
    grid1.Children.Add(t3);
}

FixedPage.SetLeft(grid1, 100);
FixedPage.SetTop(grid1, 140);
return grid1;
}

```

运行应用程序，所创建的固定文档如图 37-13 所示。

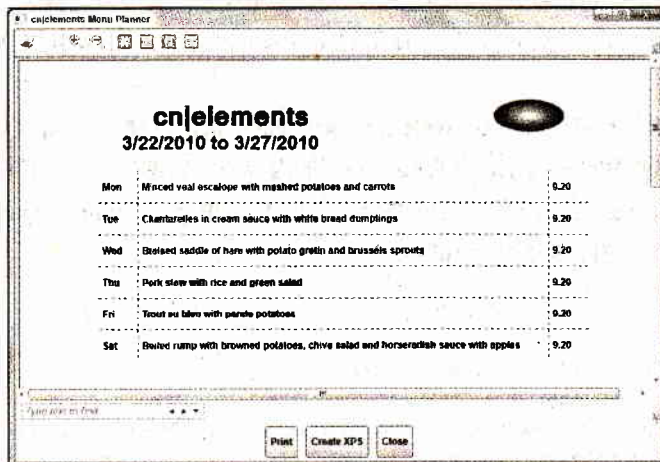


图 37-13

## 37.4 XPS 文档

使用 Microsoft Word, 可以把文档另存为 PDF 或 XPS 文件。自从 Word 2007 SP2 版本发布以来, 这个功能就包含在 Microsoft Word 中。如果有 Word 2007, 但没有安装 SP2, 就可以免费下载这个插件。XPS 是 XML 纸张规范(XML Paper Specification), 是 WPF 的一个子集。Windows 包含一个 XPS 读取器。

.NET 在 System.Windows.Xps、System.Windows.Xps.Packaging 和 System.IO.Packaging 名称空间中包含读写 XPS 文档的类和接口。

因为 XPS 以 ZIP 文件格式打包, 所以很容易把扩展名为 .xps 文件重命名为 .zip, 打开该归档文件, 来分析 XPS 文档。

XPS 文件需要在 .zip 文档中有 XML 纸张规范(可从 <http://www.microsoft.com/whdc/xps/xpsspec.mspx> 上下载)定义的特定结构。这个结构基于 OPC(Open Packaging Convention, 开放打包约定), Word 文档(OOXML 或 Office Open XML)也基于 OPC。在这个文件中, 可以包含用于元数据、资源(如字体和图片)和文档本身的不同文件夹。在 XPS 文档的文档文件夹中, 可以找到表示 XAML 的 XPS 子集的 XAML 代码。

要创建 XPS 文档, 可使用 System.Windows.Xps.Packaging 名称空间中的 XpsDocument 类。要使用这个类, 也需要引用程序集 ReachFramework。通过这个类可以给文档添加缩略图(AddThumbnail())和固定文档序列(AddFixedDocumentSequence()), 还可以给文档加上数字签名。固定文档序列使用 IXpsFixedDocumentSequenceWriter 接口写入, 该接口使用 IXpsFixedDocumentWriter 在序列中写入文档。

如果 FixedDocument 已经存在, 写入 XPS 文档就有一个更简单的方法。不需要添加每个资源和每个文档页, 而可以使用 System.Windows.Xps 名称空间中的 XpsDocumentWriter 类。要使用这个类, 必须引用 System.Printing 程序集。

下面的代码段包含一个创建 XPS 文档的处理程序。首先创建用于菜单规划的文件名, 它使用星期几和名称 menuplan。星期几用 GregorianCalendar 类来计算。接着打开 SaveFileDialog, 让用户覆盖已创建的文件名, 并选择在其中存储文件的目录。SaveFileDialog 类在名称空间 Microsoft.Win32 中定义, 它封装本地文件对话框。接着新建一个 XpsDocument, 其中将文件名传递给构造函数。因为 XPS 文件使用 ZIP 格式压缩内容, 所以使用 CompressionOption 可以指定该压缩是在时间上还是空间上进行优化。

之后使用静态方法 XpsDocument.CreateXpsDocumentWriter() 创建一个 XpsDocumentWriter。重载 XpsDocumentWriter 的 Write() 方法, 从而接受不同的内容或内容部分写入文档中。Write() 可方法接受的选项有 FixedDocumentSequence、FixedDocument、FixedPage、string 和 DocumentPaginator。在示例代码中, 仅传送了前面创建的 fixedDocument:



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
private void OnCreateXPS(object sender, RoutedEventArgs e)
{
    var c = new GregorianCalendar();
    int weekNumber = c.GetWeekOfYear(menus[0].Day,
        CalendarWeekRule.FirstFourDayWeek, DayOfWeek.Monday);
    string fileName = String.Format("menuplan{0}", weekNumber);

    var dlg = new SaveFileDialog
```

```

{
    FileName = fileName,
    DefaultExt = "xps",
    Filter = "XPS Documents|*.xps|All Files|*.*",
    AddExtension = true
};

if (dlg.ShowDialog() == true)
{
    XpsDocument doc = new XpsDocument(dlg.FileName, FileAccess.Write,
                                      CompressionOption.Fast);
    XpsDocumentWriter writer = XpsDocument.CreateXpsDocumentWriter(doc);
    writer.Write(fixedDocument);
    doc.Close();
}
}

```

代码段 CreateXps/DocumentPage.xaml.cs

运行应用程序，以存储 XPS 文档，就可以用 XPS 查看器查看文档，如图 37-14 所示。

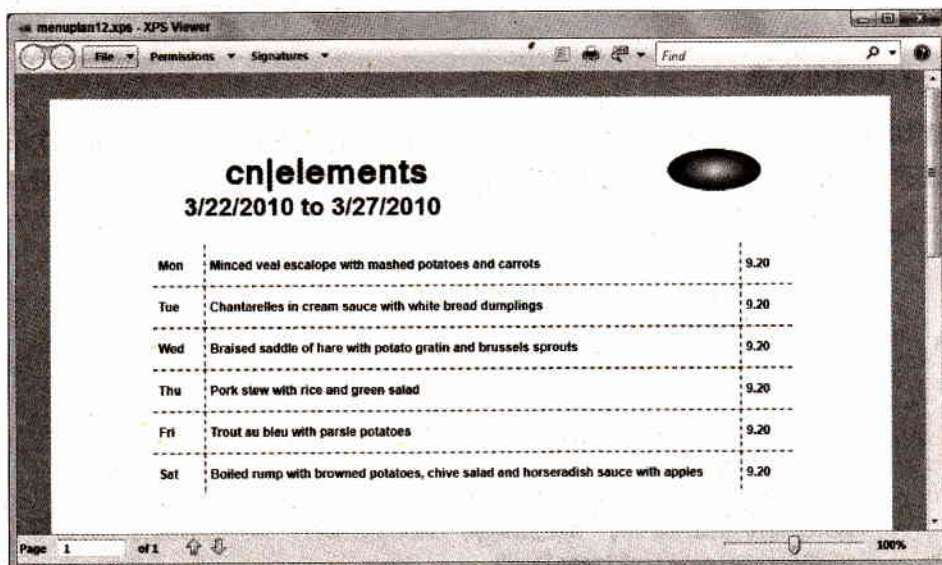


图 37-14

还可以给 `XpsDocumentWriter` 的一个重载版本的 `Write()` 方法传递 `Visual`，`Visual` 是 `UIElement` 的基类，因此可以给写入器传递任意 `UIElement`，从而方便地创建 XPS 文档。这个功能在下面的打印示例中使用。

## 37.5 打印

用 `DocumentViewer` 打印显示在屏幕上的 `FixedDocument`，最简单的方法是使用关联到该文档上的 `DocumentViewer` 的 `Print()` 方法。对于菜单规划应用程序，这都在 `OnPrint()` 处理程序中完成。`DocumentViewer` 的 `Print()` 方法会打开 `PrintDialog`，把关联的 `FixedDocument` 发送给选中的打印机：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
private void OnPrint(object sender, RoutedEventArgs e)
{
    viewer.Print();
}
```

代码段 CreateXps/DocumentPage.xaml.cs

### 37.5.1 用 PrintDialog 打印

如果希望更多地控制打印过程，就可以实例化 `PrintDialog`，并用 `PrintDocument()` 方法打印文档。`PrintDocument()` 方法需要把 `DocumentPaginator` 作为第一个参数。`FixedDocument` 通过 `DocumentPaginator` 属性返回一个 `DocumentPaginator` 对象。第二个参数定义了当前打印机在“打印机”对话框中为打印作业显示的字符串：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
var dlg = new PrintDialog();
if (dlg.ShowDialog() == true)
{
    dlg.PrintDocument(fixedDocument.DocumentPaginator, "Menu Plan");
}
```

代码段 CreateXps/DocumentPage.xaml.cs

### 37.5.2 打印可见元素

创建 `UIElement` 对象也很简单。下面的 XAML 代码定义了一个椭圆、一个矩形和一个用两个椭圆元素表示的按钮。利用该按钮的 `Click` 处理程序 `OnPrint()`，会启动可见元素的打印作业：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
<Canvas x:Name="canvas1">
    <Ellipse Canvas.Left="10" Canvas.Top="20" Width="180" Height="60"
        Stroke="Red" StrokeThickness="3">
        <Ellipse.Fill>
            <RadialGradientBrush>
                <GradientStop Offset="0" Color="LightBlue" />
                <GradientStop Offset="1" Color="DarkBlue" />
            </RadialGradientBrush>
        </Ellipse.Fill>
    </Ellipse>
    <Rectangle Width="180" Height="90" Canvas.Left="50" Canvas.Top="50">
        <Rectangle.LayoutTransform>
            <RotateTransform Angle="30" />
        </Rectangle.LayoutTransform>
        <Rectangle.Fill>
            <LinearGradientBrush>
                <GradientStop Offset="0" Color="Aquamarine" />
                <GradientStop Offset="1" Color="ForestGreen" />
            </LinearGradientBrush>
        </Rectangle.Fill>
        <Rectangle.Stroke>
            <LinearGradientBrush>
                <GradientStop Offset="0" Color="LawnGreen" />
                <GradientStop Offset="1" Color="SeaGreen" />
            </LinearGradientBrush>
        </Rectangle.Stroke>
    </Rectangle>
</Canvas>
```

```

<Button Canvas.Left="90" Canvas.Top="190" Content="Print" Click="OnPrint">
  <Button.Template>
    <ControlTemplate TargetType="Button">
      <Grid>
        <Grid.RowDefinitions>
          <RowDefinition />
          <RowDefinition />
        </Grid.RowDefinitions>
        <Ellipse Grid.Row="0" Grid.RowSpan="2" Width="60"
          Height="40" Fill="Yellow" />
        <Ellipse Grid.Row="0" Width="52" Height="20"
          HorizontalAlignment="Center">
          <Ellipse.Fill>
            <LinearGradientBrush StartPoint="0.5,0"
              EndPoint="0.5,1">
              <GradientStop Color="White" Offset="0" />
              <GradientStop Color="Transparent"
                Offset="0.9" />
            </LinearGradientBrush>
          </Ellipse.Fill>
        </Ellipse>
        <ContentPresenter Grid.Row="0" Grid.RowSpan="2"
          HorizontalAlignment="Center"
          VerticalAlignment="Center" />
      </Grid>
    </ControlTemplate>
  </Button.Template>
</Button>
</Canvas>

```

---

代码段 PrintingDemo/MainWindow.xaml

在 OnPrint() 处理程序中，调用 PrintDialog 的 PrintVisual() 方法可启动打印作业。PrintVisual() 接受派生自 Visual 基类的任意对象：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

private void OnPrint(object sender, RoutedEventArgs e)
{
    PrintDialog dlg = new PrintDialog();
    if (dlg.ShowDialog() == true)
    {
        dlg.PrintVisual(canvas1, "Print Demo");
    }
}

```

---

代码段 PrintingDemo/MainWindow.xaml.cs

为了通过编程方式来打印，而无需用户的干涉，System.Printing 名称空间中的 PrintDialog 类可用于创建一个打印作业，并调整打印设置。LocalPrintServer 类提供了打印队列的信息，并用 DefaultPrintQueue 属性返回默认的 PrintQueue。使用 PrintTicket 可以配置打印作业。PrintQueue.DefaultPrintTicket 返回与队列关联的默认 PrintTicket。PrintQueue 的 GetPrintCapabilities() 方法返回打印机的功能，根据该功能可以配置 PrintTicket，如下面的代码段所示。配置完 PrintTicket 后，静态方法 PrintQueue.CreateXpsDocumentWriter() 返回一个 XpsDocumentWriter 对象。XpsDocumentWriter 类以前用于创建 XPS 文档，也可以使用它启动打印作业。XpsDocumentWriter 的 Write() 方法不仅接受 Visual 或 FixedDocument 作为第一个参数，还接

受 `PrintTicket` 作为第二个参数。如果把 `PrintTicket` 和第二个参数一起传递，写入器的目标就是与对应标记关联的打印机，因此写入器把打印作业发送给打印机。

```
LocalPrintServer printServer = new LocalPrintServer();

PrintQueue queue = printServer.DefaultPrintQueue;

PrintTicket ticket = queue.DefaultPrintTicket;
PrintCapabilities capabilities = queue.GetPrintCapabilities(ticket);
if (capabilities.DuplexingCapability.Contains(
    Duplexing.TwoSidedLongEdge))
    ticket.Duplexing = Duplexing.TwoSidedLongEdge;
if (capabilities.InputBinCapability.Contains(InputBin.AutoSelect))
    ticket.InputBin = InputBin.AutoSelect;
if (capabilities.MaxCopyCount > 3)
    ticket.CopyCount = 3;
if (capabilities.PageOrientationCapability.Contains(
    PageOrientation.Landscape))
    ticket.PageOrientation = PageOrientation.Landscape;
if (capabilities.PagesPerSheetCapability.Contains(2))
    ticket.PagesPerSheet = 2;
if (capabilities.StaplingCapability.Contains(
    Stapling.StapleBottomLeft))
    ticket.Stapling = Stapling.StapleBottomLeft;

XpsDocumentWriter writer = PrintQueue.CreateXpsDocumentWriter(queue);
writer.Write(canvas1, ticket);
```

## 37.6 小结

本章学习了如何把 WPF 功能用于文档，如何创建根据屏幕大小自动调整的流文档，以及如何创建外观总是不变的固定文档。我们还讨论了如何打印文档，如何把可见元素发送给打印机。

下一章继续讨论 WPF 技术，并揭示 Silverlight 的功能。

# 第 38 章

## Silverlight

本章内容:

- WPF 与 Silverlight 的区别
- 创建 Silverlight 项目
- 在页面之间导航
- 使用 System.Net、WCF 和数据服务联网
- 与浏览器集成

前几章创建了 WPF 应用程序。Silverlight 是 WPF 的一个子集，它提供了运行在 Web 浏览器中的应用程序。从 3.0 版本开始，应用程序也可以独立运行。Silverlight 的优点是不必在 Windows 操作系统上运行它，它也可以在其他平台上运行：只需在浏览器上安装一个包含 Silverlight 运行库的插件即可。Silverlight 运行库包含 .NET Framework 的一个子集和 WPF 的一个子集。

在开始本章的内容之前，应先了解 XAML 和 WPF，如第 27 章和第 35 章所述。

### 38.1 WPF 和 Silverlight 的比较

Silverlight 和 WPF 在许多方面都是类似的，但也有重要的区别。Silverlight 由核心显示架构(WPF 的一个子集)、.NET Framework for Silverlight(.NET Framework 的一个子集)、安装程序和更新程序组成。WPF 应用程序运行在 Windows 系统上，至少需要 .NET Client Profile。Silverlight 使用一个插件模型，并驻留在 Web 浏览器中。

Silverlight 可用于许多浏览器和操作系统。除了 Internet Explorer 之外，Silverlight 也可以用于 Firefox、Safari、Opera 和 Google Chrome。并不是所有浏览器都支持 Silverlight。<http://go.microsoft.com/fwlink/?LinkId=128526> 包含一个支持 Silverlight 的操作系统和浏览器列表。



在 Linux 系统上，可以使用 Moonlight 运行 Silverlight 应用程序。Moonlight 可以从 <http://www.gomono.com/moonlight> 上下载。在这个页面上查看 Moonlight 支持的功能的当前状态。

编译 WPF 应用程序时，会得到一个可执行的程序集，其中包含二进制格式的 XAML 代码(称为 BAML)，作为资源。而对于 Silverlight 应用程序，编译器会创建一个 XAP 文件，这是一个 ZIP 包，

其中包含程序集和配置。

.NET Framework for Silverlight 中的类与完整的 .NET Framework 相同，但并不包含 .NET Framework 的所有类。一些类被删除了。另外，类中还添加了几个可用于 Silverlight 的方法和属性。

对于 Silverlight 3 完全不可用而 WPF 支持的功能是流文档和固定文档(参见第 37 章)和 3-D(参见第 35 章)。在 Silverlight 中可以用 2-D 模拟 3-D，但这当然完全不同于 WPF 的 3-D 功能。与 Windows 窗体的交互操作功能也不可用。无论如何，最好用 XAML 编写新的 UI，而不是集成 Windows 窗体控件。

如果同时为 WPF 和 Silverlight 编写应用程序，则还有一些小区别要注意。

- **鼠标单击和事件：**在 Silverlight 中，鼠标右击总是由浏览器捕获，不会涉及 Silverlight 控件。所以 Silverlight 没有鼠标右键的按下和释放事件。也没有双击事件。Silverlight 没有用于鼠标滚轮的事件。在读取 RoutedEventArgs 的属性时，Silverlight 只能使用 Handled 和 OriginalSource 属性。这在 Silverlight 4 中有了改变，该版本支持鼠标右击和鼠标滚轮。
- **画笔：**Silverlight 没有 DrawingBrush、VisualBrush 和 TileBrush 画笔。但可使用 VideoBrush 画笔，给画笔添加视频。
- **字体：**并不是所有字体都可以在所有平台上使用，所以 Silverlight 只能使用它自己提供的字体。
- **控件：**Silverlight 没有 Menu、Toolbar、Window 和 WebBrowser 控件。但 Silverlight 提供的一些控件也不能用于 WPF。随着时间的推移，这些区别会消失。Calendar、DatePicker、DataGrid 控件最初出现在 Silverlight 中，现在也可用于 WPF。WPF 目前没有 AutoCompleteBox 和 NumericUpDown 控件。
- **联网：**为了避免 UI 线程的阻塞，只有异步调用可用。在 Silverlight 3 中，只能通过 WCF 使用 BasicHttpBinding 和 PollingDuplexHttpBinding。但还可以使用二进制编码。
- **文件系统访问：**Silverlight 3 应用程序不允许读写客户端系统。可以读写独立的存储器。IsolatedStorageFile 和 IsolatedStorageFileStream 是可用的。独立的存储器参见第 29 章。在运行的 Silverlight 控件上，可以单击鼠标右键，打开 Silverlight 菜单，其中提供了几个包含信息和配置选项的选项卡。Application Storage 选项卡提供了通过独立存储器使用数据的应用程序的相关信息，还可以删除它。可以把这些信息与 Web 应用程序的 cookie 比较，cookie 和独立存储器之间的配额显著不同。在 Silverlight 4 中，可以使用文件系统上的更多控件。
- **浏览器集成：**因为 Silverlight 控件一般运行在 Web 浏览器中，所以与浏览器的集成很重要。可以定义能从 JavaScript 中调用的 .NET 类，使用 System.Windows.Browser 名称空间中的类还可以在 Silverlight .NET 代码中调用 HTML 和 JavaScript。
- **媒体：**这是 Web 应用程序中得到 Silverlight 特别支持的一个重要方面。通过流，可以使用渐进下载和平滑流等功能，还可以给流添加时间轴标记。利用 DeepZoom 技术和 MultiScaleImage 控件，可以创建令人印象深刻的用户体验，允许用户放大从几个图像文件中构建的大型图像。要创建 DeepZoom 图像，可以使用 DeepZoom 合成器，它会创建 Silverlight 代码，以使用 MultiScaleImage 控件。

## 38.2 创建 Silverlight 项目

用 Visual Studio 新建 Silverlight 项目时，系统会询问用户是否同时创建一个 Web 项目，如图 38-1



所示。该 Web 项目包含可测试 Silverlight 应用程序的测试页面，以及 Silverlight 项目的二进制文件。

对于 Web 项目类型，可以选择 ASP.NET Web Application Project 和 ASP.NET MVC Web Project。ASP.NET MVC 参见第 42 章。

本章创建的项目是 SilverlightDemos，对应的 Web 项目是 SilverlightDemos.Web。在 Visual Studio 2010 中，Web Project 项目设置是一个名为 SilverlightApplication 的选项卡，它包含对解决方案中对 Silverlight 项目的引用，以及复制 Silverlight 项目的二进制代码(XAP 文件)的目标路径，通常是目录 ClientBin。

HTML 测试页面包含一个 object 标记，它通过 source 参数引用 Silverlight 控件的二进制代码。参数 minRuntimeVersion 定义在客户端系统上需要的 Silverlight 运行库的版本。如果客户端系统没有安装 Silverlight 运行库，就用默认图像指定一个指向 Microsoft 站点的超链接，如图 38-2 所示，通知用户 Microsoft Silverlight 的安装信息。这个测试页面启动时，Silverlight 控件就会加载到 Web 浏览器中。

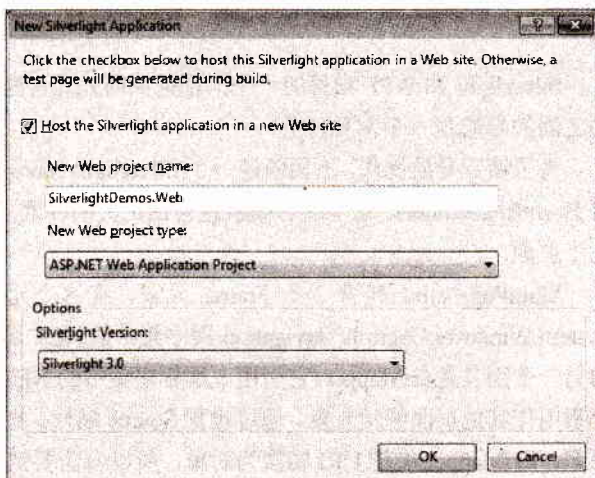


图 38-1



图 38-2



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
<object data="data:application/x-silverlight-2,"
    type="application/x-silverlight-2" width="100%" height="100%">
    <param name="source" value="ClientBin/SilverlightDemos.xap"/>
    <param name="onError" value="onSilverlightError" />
    <param name="background" value="white" />
    <param name="minRuntimeVersion" value="3.0.40818.0" />
    <param name="autoUpgrade" value="true" />
    <a href="http://go.microsoft.com/fwlink/?LinkId=149156 & v=3.0.40818.0"
        style="text-decoration:none">
        
    </a>
</object>
```

代码段 SilverlightDemos.Web/SilverlightDemosTestPage.html

## 38.3 导航

Silverlight 和 WPF 项目的一个区别是如何处理页面之间的导航。当然，在 Web 应用程序中，页面之间的导航是一个常见任务。

为了演示导航操作，下面新建一个 Silverlight Navigation Application 类型的 Visual Studio 2010 项目 EventRegistration。这个项目模板包含预定义的样式，一个主页，以及 Views 文件夹中要导航到的几个页面。

MainPage.xaml 包含一个 Frame 元素，在这个元素的前面加上别名 navigation，该别名引用 System.Windows.Controls.Navigation 程序集中的 .NET 名称空间 System.Windows.Controls。这里使用的另一个别名是 uriMapper，它引用上述程序集中的 .NET 名称空间 System.Windows.Navigation。Frame 元素用作其他页面的父元素。通过设置 Source 属性，把加载的第一个页面从默认页面改为 /Welcome 页面。UriMapper 类把 URI 转换为对象。所以不需要把 /Views/Welcome.xaml 指定为导航源页面，使用 /Welcome 就足够了，它会转换为 Views 目录下的 Welcome.xaml 文件。

这里引用的所有样式都定义为 Style.xaml 文件中的资源。在文件 app.xaml 中，把这个文件添加到应用程序资源文件中。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
<Border x:Name="ContentBorder" Style="{StaticResource ContentBorderStyle}">
  <navigation:Frame x:Name="ContentFrame"
    Style="{StaticResource ContentFrameStyle}"
    Source="/Welcome" Navigated="ContentFrame_Navigated"
    NavigationFailed="ContentFrame_NavigationFailed">
    <navigation:Frame.UriMapper>
      <uriMapper:UriMapper>
        <uriMapper:UriMapping Uri="" MappedUri="/Views/Home.xaml"/>
        <uriMapper:UriMapping Uri="{pageName}"
          MappedUri="/Views/{pageName}.xaml"/>
      </uriMapper:UriMapper>
    </navigation:Frame.UriMapper>
  </navigation:Frame>
</Border>
```

代码段 WCFRegistration/MainPage.xaml

MainPage.xaml 包含一个徽标、应用程序名称段和 HyperlinkButton 控件，该控件允许用户在应用程序的主页之间导航。徽标用资源 LogoIcon 指定，LogoIcon 用文件 Style.xaml 中的 Path 元素定义。HyperlinkButton 元素的样式也在样式文件中定义。把 NavigateUri 属性设置为 Uri，它通过前面的 UriMapper 定义来映射。

```
<Grid x:Name="NavigationGrid" Style="{StaticResource NavigationGridStyle}">
  <Border x:Name="BrandingBorder"
    Style="{StaticResource BrandingBorderStyle}">
    <StackPanel x:Name="BrandingStackPanel"
      Style="{StaticResource BrandingStackPanelStyle}">
      <ContentControl Style="{StaticResource LogoIcon}"/>
      <TextBlock x:Name="ApplicationNameTextBlock"
        Style="{StaticResource ApplicationNameStyle}"
        Text="CN innovation"/>
    </StackPanel>
  </Border>
</Grid>
```

```

        </StackPanel>
    </Border>
    <Border x:Name="LinksBorder" Style="{StaticResource LinksBorderStyle}">
        <StackPanel x:Name="LinksStackPanel"
            Style="{StaticResource LinksStackPanelStyle}">
            <HyperlinkButton x:Name="Link1"
                Style="{StaticResource LinkStyle}"
                NavigateUri="/Home" TargetName="ContentFrame"
                Content="home"/>
            <Rectangle x:Name="Divider1"
                Style="{StaticResource DividerStyle}"/>
            <HyperlinkButton x:Name="Link2"
                Style="{StaticResource LinkStyle}"
                NavigateUri="/About" TargetName="ContentFrame"
                Content="about"/>
        </StackPanel>
    </Border>
</Grid>

```

显示 Welcome 页面时，会加载 Silverlight 控件，因为它直接通过 Frame 元素的 Source 属性来引用。这个 Page 仅包含一个 TextBlock 元素和应用程序的信息，应用程序的信息包含在 Border 元素内部，以定义一些视觉效果，这些视觉效果包含在一个 Canvas 元素中，以进行定位。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

<navigation:Page x:Class="Wrox.ProCSharp.Silverlight.Views.Welcome"
    xmlns="http://schemas.microsoft.com/winfx/2006/xaml/presentation"
    xmlns:x="http://schemas.microsoft.com/winfx/2006/xaml"
    xmlns:d="http://schemas.microsoft.com/expression/blend/2008"
    xmlns:mc="http://schemas.openxmlformats.org/markup-compatibility/2006"
    xmlns:navigation="clr-namespace:System.Windows.Controls;
        assembly=System.Windows.Controls.Navigation"
    Title="Welcome Page">
    <Canvas x:Name="LayoutRoot">
        <Canvas.Resources>
            <!-- Storyboard Resources-->
        </Canvas.Resources>
        <Border x:Name="border1" Canvas.Left="0" Canvas.Top="0" Width="240"
            Height="80" CornerRadius="9">
            <Border.Effect>
                <DropShadowEffect ShadowDepth="7" BlurRadius="3"
                    Color="DarkGreen" />
            </Border.Effect>
            <Border.Background>
                <LinearGradientBrush StartPoint="0.5,0" EndPoint="0.5,1">
                    <GradientStop x:Name="gradient1" Offset="0"
                        Color="DarkGreen" />
                    <GradientStop x:Name="gradient2" Offset="0.4" Color="Green" />
                    <GradientStop x:Name="gradient3" Offset="0.7"
                        Color="MediumSeaGreen" />
                    <GradientStop x:Name="gradient4" Offset="0.9"
                        Color="LightGreen" />
                </LinearGradientBrush>
            </Border.Background>
            <TextBlock HorizontalAlignment="Center" VerticalAlignment="Center"

```

```

Text="Event Registration" FontFamily="Comic Sans MS"
FontSize="24" Foreground="Wheat" />
</Border>
</Canvas>
</navigation:Page>

```

代码段 WCFRegistration/Views/Welcome.xaml

在 Canvas 元素的 Resource 部分，定义了两个 Storyboard 元素，以执行动画。这非常类似于第 35 章用于 WPF 的动画。这两种技术在动画方面有微小的差别，例如，Silverlight 动画没有定义 AccelerationRatio 和 DecelerationRatio 属性，而 WPF 定义了这两个属性。但是使用关键帧动画或缓动函数也可以获得相同的功能。缓动函数在可用于 WPF 前，仅包含在 Silverlight 中，在 .NET 4 中扩展 WPF 以包含这个功能。

```

<Canvas.Resources>
  <Storyboard x:Name="startStoryboard">
    <DoubleAnimation From="0" To="400" Duration="00:00:4"
      Storyboard.TargetName="border1"
      Storyboard.TargetProperty="(Canvas.Left)">
      <DoubleAnimation.EasingFunction>
        <CircleEase EasingMode="EaseIn" />
      </DoubleAnimation.EasingFunction>
    </DoubleAnimation>
    <DoubleAnimation From="0" To="300" Duration="00:00:4"
      Storyboard.TargetName="border1"
      Storyboard.TargetProperty="(Canvas.Top)">
      <DoubleAnimation.EasingFunction>
        <BounceEase Bounces="4" EasingMode="EaseIn" />
      </DoubleAnimation.EasingFunction>
    </DoubleAnimation>
  </Storyboard>
  <Storyboard x:Name="endStoryboard">
    <DoubleAnimation To="50" Duration="00:00:4"
      Storyboard.TargetName="border1"
      Storyboard.TargetProperty="(Canvas.Left)">
      <DoubleAnimation.EasingFunction>
        <CircleEase EasingMode="EaseOut" />
      </DoubleAnimation.EasingFunction>
    </DoubleAnimation>
    <DoubleAnimation To="50" Duration="00:00:4"
      Storyboard.TargetName="border1"
      Storyboard.TargetProperty="(Canvas.Top)">
      <DoubleAnimation.EasingFunction>
        <ElasticEase EasingMode="EaseOut" Springiness="4"
          Oscillations="3" />
      </DoubleAnimation.EasingFunction>
    </DoubleAnimation>
    <ColorAnimation Duration="00:00:4"
      Storyboard.TargetName="gradient1"
      Storyboard.TargetProperty="Color" To="DarkBlue" />
    <ColorAnimation Duration="00:00:4"
      Storyboard.TargetName="gradient2"
      Storyboard.TargetProperty="Color" To="Blue" />
    <ColorAnimation Duration="00:00:4"

```

```

Storyboard.TargetName="gradient3"
Storyboard.TargetProperty="Color"
To="MediumBlue" />
<ColorAnimation Duration="00:00:4"
Storyboard.TargetName="gradient4"
Storyboard.TargetProperty="Color" To="LightBlue" />
<DoubleAnimation Duration="00:00:4" BeginTime="00:00:2"
Storyboard.TargetName="border1"
Storyboard.TargetProperty="Width" To="500" />
<DoubleAnimation Duration="00:00:4" BeginTime="00:00:2"
Storyboard.TargetName="border1"
Storyboard.TargetProperty="Height" To="300" />
</Storyboard>
</Canvas.Resources>

```



动画和缓动函数参见第 35 章。

第一个故事板动画 `startStoryboard` 在 `OnNavigateTo()` 事件处理程序中通过调用 `Begin()` 方法来启动。把第一个故事板动画的 `Completed` 事件设置为 `Lambda` 表达式，在第一个故事板结束时启动第二个故事板 `endStoryboard`。第二个故事板完成时，使用 `NavigationService.Navigate()` 导航到主页上。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

using System;
using System.Windows.Controls;
using System.Windows.Navigation;

namespace Wrox.ProCSharp.Silverlight.Views
{
    public partial class Welcome : Page
    {
        public Welcome()
        {
            InitializeComponent();
        }

        protected override void OnNavigatedTo(NavigationEventArgs e)
        {
            startStoryboard.Completed += (sender1, e1) =>
            {
                endStoryboard.Completed += (sender2, e2) =>
                NavigationService.Navigate(
                    new Uri("/Home", UriKind.Relative));
                endStoryboard.Begin();
            };
            startStoryboard.Begin();
        }
    }
}

```

代码段 WCFRegistration/Views/Welcome.xaml.cs

运行应用程序，会看到动画和超链接按钮，如图 38-3 所示。

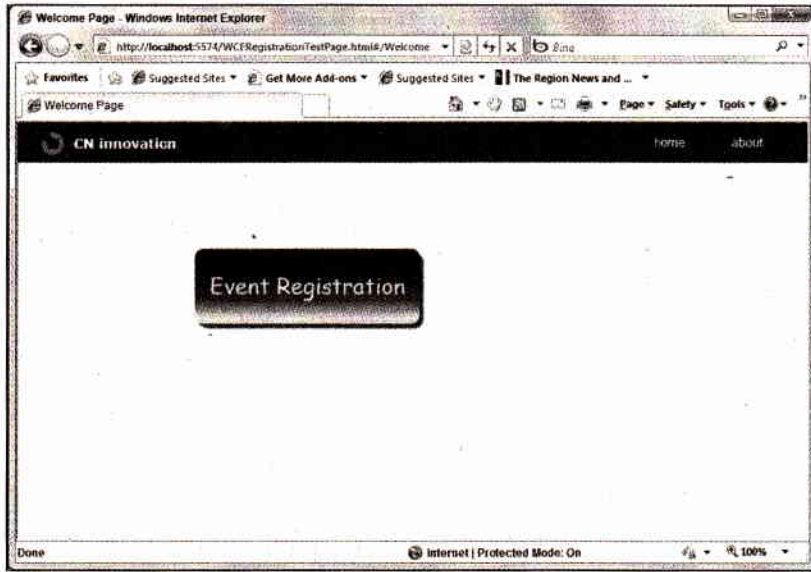


图 38-3

## 38.4 网络

在 Silverlight 中, 网络在某些方面与 .NET Framework 中的栈相同, 但也在一些重要的方面有区别。可以使用第 24 章介绍的套接字类 `HttpRequest` 和 `WebClient`, WCF(第 43 章)和 WCF 数据服务(第 32 章)也是可用的。但只能使用异步方法在网络上收发请求。UI 线程不应阻塞, 因为这可能给用户带来致命错误。

在 Silverlight 3.0 以前, 唯一可用于 Silverlight 的网络栈是浏览器提供的, 自从 Silverlight 3.0 开始, 情况有了变化, 还可以使用另一个 HTTP 栈。

在客户端的浏览器内部运行的应用程序有一个重要的限制: 客户端只能从控件来自的同一个服务器中访问网络服务。自从有了 Adobe 的 Flash 技术, 这种情况就改变了, 但目标服务器必须支持这种技术。Silverlight 网络栈会检查服务器上是否存在 Silverlight Policy 文件 `clientaccesspolicy.xml`。如果这个文件不存在, 则 Silverlight 也接受 `crossdomain.xml` 文件, Adobe Flash 也使用这个文件。如果第一个文件存在, 就不检查第二个文件, Silverlight 不使用 `crossdomain.xml` 文件中的所有项。如果使用这个文件, 则要求整个域标记为公共。

下面是一个示例 Silverlight Policy 文件 `clientaccesspolicy.xml`。对于客户域 `www.cninnovation.com`, 把访问权限授予所有子路径。可以限制能访问的资源, 也可以给域 URI 使用\*, 允许客户端来自任何地方。

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<access-policy>
  <cross-domain-access>
    <policy>
      <allow-from http-request-headers="*">
        <domain uri="http://www.cninnovation.com"/>
      </allow-from>
    </policy>
  </cross-domain-access>
</access-policy>
```

```

    <grant-to>
      <resource path="/" include-subpaths="true"/>
    </grant-to>
  </policy>
</cross-domain-access>
</access-policy>

```

下面的例子使用 Silverlight 的网络栈。为此，先创建一个 ADO.NET Entity Data Model，在网络上读写数据库。

### 38.4.1 创建 ADO.NET Entity Data Model

示例 Silverlight 控件用于把出席者注册信息写入数据库中，首先用户必须从一个事件列表中选择，之后才能注册事件。数据库 EventRegistration 定义了 3 个表：Events、Attendees 和 RegistrationCodes，它们分别映射到 ADO.NET Entity Data Model 实体类 Event、Attendee 和 RegistrationCode，如图 38-4 所示。

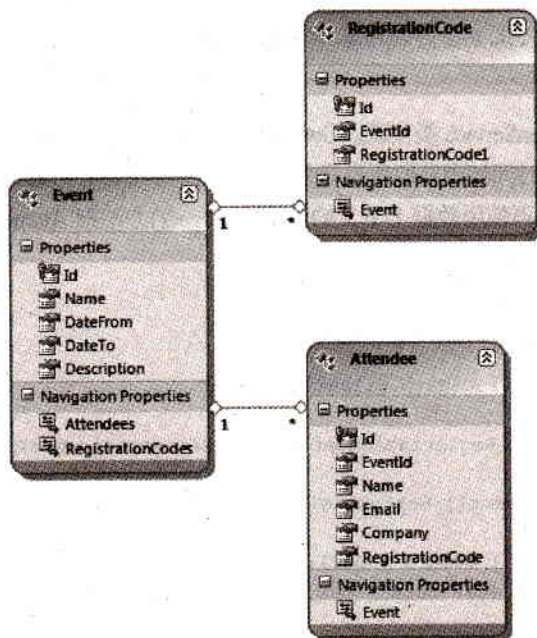


图 38-4



创建和使用 ADO.NET Entity Data Model 的内容参见第 31 章。

### 38.4.2 为 Silverlight 客户端创建 WCF 服务

为了访问生成的实体类，创建一个 WCF 服务。该服务的合同由 IRegistrationService 接口定义。这个服务合同定义了 GetEvents() 和 RegisterAttendee() 操作。GetEvents() 接受一个用于选择事件的日期范围，并返回由 Entity Data Model 定义的一个 Event 对象数组。RegisterAttendee() 操作需要一个

Attendee 对象作为参数，并根据注册成功与否，返回 true 或 false。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
using System;
using System.ServiceModel;

namespace Wrox.ProCSharp.Silverlight.Web
{
    [ServiceContract]
    public interface IRegistrationService
    {
        [OperationContract]
        Event[] GetEvents(DateTime fromTime, DateTime toTime);

        [OperationContract]
        bool RegisterAttendee(Attendee attendee);
    }
}
```

代码段 SilverlightDemos.Web/IRegistrationService.cs



WCF 和定义服务合同的内容参见第 43 章。

服务协议用 RegistrationService 类实现。GetEvents()方法使用一个 LINQ 查询访问 Entity Framework 的数据上下文，从指定的时间帧中获取所有事件，并返回一个 Event 对象数组。RegisterAttendee()方法先验证注册码是有效的，再使用数据上下文的 SaveChanged()方法把 Attendee 对象添加到数据库中。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
using System;
using System.Linq;
using System.ServiceModel.Activation;

namespace Wrox.ProCSharp.Silverlight.Web
{
    public class RegistrationService : IRegistrationService
    {
        public Event[] GetEvents(DateTime fromTime, DateTime toTime)
        {
            Event[] events = null;
            using (var data = new EventRegistrationEntities())
            {
                events = (from e in data.Events
                        where e.DateFrom >= fromTime && e.DateFrom <= toTime
                        select e).ToArray();
                foreach (var ev in events)
                {
                    data.Detach(ev);
                }
            }
            return events;
        }
        public bool RegisterAttendee(Attendee attendee)
        {
            using (EventRegistrationEntities data =
                new EventRegistrationEntities())
```





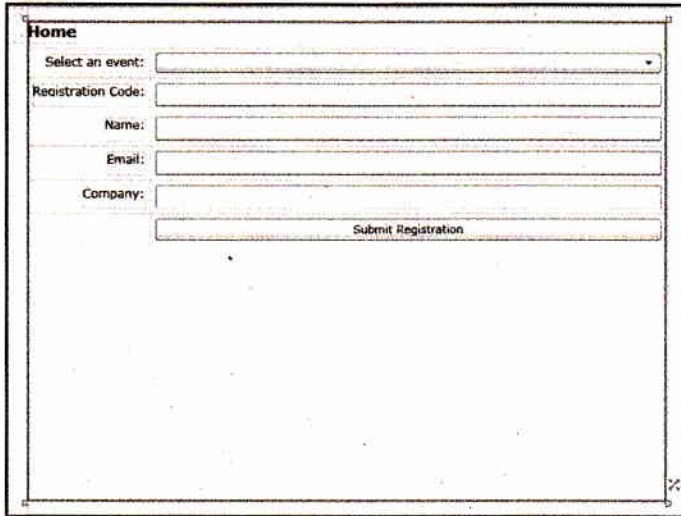


图 38-5

组合框绑定到数据上下文的 `EventList` 属性上，它使用带两个 `TextBlock` 元素的 `DataTemplate`，这两个 `TextBlock` 绑定到项的 `Name` 和 `DateFrom` 属性上。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
<ComboBox x:Name="comboEvents"
  ItemsSource="{Binding Path=EventList, Mode=OneWay}"
  Grid.Row="0" Grid.Column="1" Margin="5"
  VerticalAlignment="Center">
  <ComboBox.ItemTemplate>
    <DataTemplate>
      <StackPanel Orientation="Vertical">
        <TextBlock Text="{Binding Path=Name}" />
        <TextBlock Text="{Binding Path=DateFrom}" />
      </StackPanel>
    </DataTemplate>
  </ComboBox.ItemTemplate>
</ComboBox>
```

代码段 `WCFRegistration/Views/Home.xaml`

对于数据输入，控件使用几个文本框元素，它们绑定到 `CurrentAttendee` 属性返回的 `Attendee` 对象的属性上。对于 WPF，默认的绑定模式取决于在何处使用控件；对于 Silverlight，默认的绑定模式是 `OneWay`，因此需要改为双向绑定。按钮元素的处理程序方法 `OnRegistration()` 关联到其 `Click` 事件上。

```
<TextBox Grid.Row="1" Grid.Column="1" Margin="5"
  Text="{Binding Path=CurrentAttendee.RegistrationCode,
  Mode=TwoWay}" />
<TextBox Grid.Row="2" Grid.Column="1" Margin="5"
  Text="{Binding Path=CurrentAttendee.Name,
  Mode=TwoWay}" />
<TextBox Grid.Row="3" Grid.Column="1" Margin="5"
  Text="{Binding Path=CurrentAttendee.Email,
  Mode=TwoWay}" />
<TextBox Grid.Row="4" Grid.Column="1" Margin="5"
  Text="{Binding Path=CurrentAttendee.Company,
  Mode=TwoWay}" />
```

```
<Button Grid.Row="5" Grid.Column="1"
        Content="Submit Registration" Margin="5"
        Click="OnRegistration" />
```

在代码隐藏中,把 Silverlight 页面的 DataContext 设置为 this,以映射 EventList 和 CurrentAttendee 属性。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
using System.Collections.ObjectModel;
using System.Windows;
using System.Windows.Controls;
using System.Windows.Navigation;
using Wrox.ProCSharp.Silverlight.RegistrationService;

namespace Wrox.ProCSharp.Silverlight
{
    public partial class Home : Page
    {
        public Home()
        {
            CurrentAttendee = new Attendee();
            EventList = new ObservableCollection<Event>();
            InitializeComponent();

            this.DataContext = this;
        }

        public ObservableCollection<Event>EventList { get; private set; }
        public Attendee CurrentAttendee { get; private set; }
    }
}
```

代码段 WCFRegistration/Views/Home.xaml.cs

通过给 RegistrationService 添加一个服务引用,以使用代理类创建异步方法。这个代理类使用异步组件模式。



异步模式和异步组件模式参见第 20 章。

在导航页面时,调用重写的方法 OnNavigatedTo()。这里,调用 GetEventsAsync()方法,来调用 WCF 服务的 GetEvents 操作。完成了异步操作后,就触发 GetEventsCompleted 事件。把一个 Lambda 表达式赋予这个事件,以将返回的事件添加到 eventList 集合中。因为 eventList 是一个 ObservableCollection<T>,所以用户界面会在这个列表改变时更新。

```
protected override void OnNavigatedTo(NavigationEventArgs e)
{
    var client = new RegistrationServiceClient();
    client.GetEventsCompleted += (sender, e1) =>
    {
        if (e1.Error != null)
        {
        }
        else
    }
}
```

```

        {
            foreach (var ev in e1.Result)
            {
                EventList.Add(ev);
            }
        }
    };
    client.GetEventsAsync(DateTime.Today, DateTime.Today.AddMonths(2));
}

```

触发 **Submit Registration** 按钮的 **Click** 事件时，会调用 **OnRegistration()** 方法。这里又调用一个异步方法 **RegisterAttendeeAsync()** 来注册出席者。调用完这个方法后，使用 **NavigationService.Navigate()** 把用户导航到另一个页面上。

```

private void OnRegistration(object sender, RoutedEventArgs e)
{
    var client = new RegistrationServiceClient();
    CurrentAttendee.EventId = (comboEvents.SelectedItem as Event).Id;
    client.RegisterAttendeeCompleted += (sender1, e1) =>
    {
        if (e1.Error == null)
        {
            if (e1.Result)
            {
                NavigationService.Navigate(
                    new Uri("/Success", UriKind.Relative));
            }
            else
            {
                NavigationService.Navigate(
                    new Uri("/ErrorPage", UriKind.Relative));
            }
        }
        else
        {
            // display error
        }
    };
    client.RegisterAttendeeAsync(CurrentAttendee);
}

```

现在可以启动 Silverlight 应用程序，以调用 WCF Web 服务。

#### 38.4.4 使用 WCF 数据服务

Silverlight 还允许访问 WCF 数据服务的客户端部分。有了这个功能，就可以使用 HTTP 请求检索和更新 Silverlight 控件中的数据，而无需手工定义服务方法。数据的检索、更新和添加可以使用简单的 HTTP 请求来完成。



WCF 数据服务参见第 32 章。

为了使用 WCF 数据服务给 Silverlight 应用程序提供服务，在 Web 项目中添加了一个新的 WCF 数据服务项 `EventRegistrationDataService`。其实现代码派生自 `DataService<EventRegistrationEntities>`。基类 `DataService<T>` 的泛型参数是实体数据上下文，它由 ADO.NET Entity Framework 的模板创建。使用 `config.SetEntitySetAccessRule()`，把访问规则定义为：允许读取 `Events` 实体集，允许访问 `Attendee` 实体集。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
using System.Collections.Generic;
using System.Data.Services;
using System.Data.Services.Common;
using System.Linq;
using System.ServiceModel.Web;

namespace Wrox.ProCSharp.Silverlight.Web
{
    public class EventRegistrationDataService :
        DataService<EventRegistrationEntities>
    {
        public static void InitializeService(DataServiceConfiguration config)
        {
            config.SetEntitySetAccessRule("Events", EntitySetRights.AllRead);
            config.SetEntitySetAccessRule("Attendees", EntitySetRights.All);
            config.SetServiceOperationAccessRule("AddAttendee",
                ServiceOperationRights.All);
            config.DataServiceBehavior.MaxProtocolVersion =
                DataServiceProtocolVersion.V2;
        }
    }
}
```

代码段 `SilverlightDemos.Web/EventRegistrationDataService.svc.cs`

为了能执行使用 WCF 数据服务注册出席者的操作(这个操作比添加新记录复杂)，在 `EventRegistrationDataService` 类中添加了 `AddAttendee()` 方法。`WebGet` 属性指定，该方法可以使用 HTTP GET 请求来访问。对于 POST、PUT 或 DELETE 请求，可以使用 `WebInvoke` 属性。在 `InitializeService()` 方法中，使用 `SetServiceOperationAccessRule()` 方法给这个操作授予访问权限。`AddAttendee()` 方法通过各个参数接收出席者的信息，第一个参数验证 `registrationCode` 是否存在，再把出席者写入 `Attendees` 表中，该表从 Entity Data Model 中映射。使用这个方法的各个参数，来替代 `Attendee` 对象时，需要用 HTTP GET 请求调用这个方法。

```
[WebGet]
public bool AddAttendee(string name, string email, string company,
    string registrationCode, int eventId)
{
    if ((from rc in this.CurrentDataSource.RegistrationCodes
        where rc.RegistrationCode1 == registrationCode
        select rc).Count() < 1)
    {
        return false;
    }
    else
    {
        var attendee = new Attendee {
            Name = name,
            Email = email,
```

```

        Company = company,
        RegistrationCode = registrationCode,
        EventId = eventId
    };
    this.CurrentDataSource.Attendees.AddObject(attendee);
    return !(this.CurrentDataSource.SaveChanges() < 1);
}
}
}

```

给 Silverlight 控件项目 `EventRegistration` 添加一个服务引用，就可以使用 WCF 数据服务客户端类来访问该服务。`OnNavigatedTo()`方法现在改为使用从数据服务客户端上生成的代理，而不是前面使用的纯 WCF 代理。

`EventRegistrationEntities` 是一个在添加服务引用时生成的类，它派生自名称空间 `System.Data.Service.Client` 中的 `DataServiceContext`。这个类为客户端定义了一个上下文，可用于跟踪和修改信息，并从 LINQ 查询中创建 HTTP 请求。LINQ 查询定义为从指定的日期范围中获取所有事件。与 WCF 数据服务相比，这里的区别是不能使用同步方法，而这正是我们期望的。调用该查询(因为它由变量 `q` 定义)会导致一个 `NotSupportedException` 异常。而必须调用 `DataServiceQuery<T>`类的 `BeginExecute()`方法。这个方法使用异步模式，接受一个 `AsyncCallback` 委托作为第一个参数。这里把一个 `Lambda` 表达式传递给这个委托参数，只要从服务中返回数据，就调用这个委托。调用 `EndExecute()`检索返回的数据，并把它写入 `ObservableCollection<T>`中。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

protected override void OnNavigatedTo(NavigationEventArgs e)
{
    Uri serviceRoot =
        new Uri("EventRegistrationDataService.svc", UriKind.Relative);
    var data = new EventRegistrationEntities(serviceRoot);
    var q = from ev in data.Events
            where ev.DateFrom >= DateTime.Today &&
                  ev.DateFrom <= DateTime.Today.AddMonths(2)
            select ev;
    DataServiceQuery<Event> query = (DataServiceQuery<Event>)q;
    query.BeginExecute(ar =>
    {
        var query1 = ar.AsyncState as DataServiceQuery<Event>;
        var events = query1.EndExecute(ar);
        foreach (var ev in events)
        {
            EventList.Add(ev);
        }
    }, query);
}

```

代码段 `EventRegistration/Home.xaml.cs`

调用 `AddAttendee()`方法通过 `System.Net` 名称空间中的 `WebClient` 类完成，如下所述。

### 38.4.5 使用 System.Net 访问服务

因为服务提供的 `AddAttendee()`方法可以直接通过 HTTP GET 请求来访问，所以这个请求很容易

通过 System.Net 名称空间中的类发出, 如 WebClient 或 HttpWebRequest。当然, 对于 Silverlight, 只能使用异步方法。WebClient 类实现异步组件模式; HttpWebRequest 实现异步模式。



System.Net 名称空间参见第 24 章。

现在, OnRegistration() 事件处理方法已修改的实现代码使用 WebClient 类。调用 DownloadStringAsync() 方法会开始请求把 URL 字符串传递给方法。在 GET 请求中, 所有参数都使用 URL 字符串定义。只要从服务中返回数据, 就用 WebClient 类触发 DownloadStringCompleted 事件。这里创建了一个 Lambda 表达式, 以解析 XML 消息中的布尔返回值。根据解析结果, 导航到 Success 或 ErrorPage。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
private void OnRegistration(object sender, RoutedEventArgs e)
{
    CurrentAttendee.EventId = (comboEvents.SelectedItem as Event).Id;

    var client = new WebClient();
    client.DownloadStringCompleted += (sender1, e1) =>
    {
        if (e1.Error != null)
        {
            NavigationService.Navigate(
                new Uri("/ErrorPage", UriKind.Relative));
        }

        bool result = bool.Parse(XElement.Parse(e1.Result).Value);
        if (result)
            NavigationService.Navigate(
                new Uri("/Success", UriKind.Relative));
        else
            NavigationService.Navigate(
                new Uri("/ErrorPage", UriKind.Relative));
    };

    Uri requestUri = new Uri(String.Format(
        "../../EventRegistrationDataService.svc/AddAttendee?name='{0}'" +
        "& email='{1}' & company='{2}' & registrationCode='{3}' & eventId={4}",
        CurrentAttendee.Name, CurrentAttendee.Email,
        CurrentAttendee.Company, CurrentAttendee.RegistrationCode,
        CurrentAttendee.EventId), UriKind.Relative);
    client.DownloadStringAsync(requestUri);
}
}
```

代码段 EventRegistration/Home.xaml.cs

运行应用程序, 就可以注册事件了。

自从 Silverlight 3 以来, Silverlight 应用程序就不必使用浏览器中的网络栈了。浏览器中的网络栈仅限于它能执行的 HTTP 请求的方法, 且只返回关于响应状态码的有限信息。但是, 现在可以使用另一种网络栈, 它可以用 System.Net.Browser 名称空间中的 WebRequestCreator 类选择。下面的代

码段把网络栈改为 ClientHttp。BrowseHttp 是 WebRequestCreator 中的第二个选项。这个修改会把网络栈切换为使用我们见过的所有网络选项。

```
bool result = WebRequest.RegisterPrefix("http://", WebRequestCreator.ClientHttp);
```

## 38.5 浏览器集成

与 Web 浏览器的集成常常是使用 Silverlight 的一个重要部分。Silverlight 1.0 只能使用 JavaScript 编程，Silverlight 2.0 改变了这一状况，但仍有许多情形需要在 Silverlight 控件中控制 HTML 和 JavaScript 代码，或者从 JavaScript 中调用 .NET 方法。这两种情况可以使用 System.Windows.Browser 名称空间来处理。

为了使用现有的 Web 解决方案来说明这种集成，下面的例子新建一个 Silverlight 项目 JavaScriptInterop。这个控件用于说明在 Silverlight 控件中调用 HTML 代码，以及从 JavaScript 中调用 .NET 方法。

### 38.5.1 调用 JavaScript

为了从 Silverlight 控件中调用 HTML 页面，HTML 测试页面 JavaScriptInteropTestPage.html 包含一个 HTML 按钮控件 button1。这个按钮要从 Silverlight 控件中修改。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
<form id="form1" runat="server" style="height: 100%">
  <input id="button1" type="button" value="Click me!" />
```

代码段 SilverlightDemos.Web/JavaScriptInteropTestPage.html

Silverlight 控件的 XAML 代码有一个文本框控件和一个按钮控件。文本框允许输入要显示在 HTML 按钮上的文本。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
<TextBox Grid.Row="0" Grid.Column="0" x:Name="text1" Margin="5" />
<Button Grid.Row="0" Grid.Column="1" Content="Set value for HTML button"
  Click="OnChangeHtml" Margin="5" />
<TextBlock Grid.Row="1" Grid.Column="0" Grid.ColumnSpan="2" Margin="5"
  Text="" x:Name="text2" />
```

代码段 JavaScriptInterop/MainPage.xaml

在按钮的 Click 事件的处理程序方法 OnChangeHtml() 中，HTML 元素 button1 通过调用 HtmlDocument 的 GetElementById() 方法来访问。如果习惯使用 HTML 的 DOM 模型，这里的代码看起来就非常类似。使用 HtmlElement 就可以修改 HTML 元素中的特性，例如，value 特性可以改为 text1.Text，把它设置为用户输入的文本。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
private void OnChangeHtml(object sender, RoutedEventArgs e)
{
  HtmlDocument doc = HtmlPage.Document;
  HtmlElement element = doc.GetElementById("button1");
  element.SetAttribute("value", text1.Text);
}
```

代码段 JavaScriptInterop/MainPage.xaml.cs



还可以在 `HtmlElement` 上调用 `AttachEvent()` 方法, 给 HTML 元素添加事件处理程序, 如下所示。这里把 `OnChangeHtmlButtonClick()` 方法赋予 HTML 按钮 `button1` 的 `onclick` 事件。

```
public MainPage()
{
    InitializeComponent();
    HtmlDocument doc = HtmlPage.Document;
    HtmlElement element = doc.GetElementById("button1");
    element.AttachEvent("onclick", OnHtmlButtonClick);
}

private void OnHtmlButtonClick(object sender, HtmlEventArgs e)
{
    text2.Text = "HTML button onclick fired";
}
```

使用 `System.Windows.Browser` 名称空间中的类, 可以访问 HTML 中的所有信息。`HtmlPage`、`HtmlDocument`、`HtmlWindow` 和 `HtmlObject` 是最重要的类, 分别用于访问浏览器信息、cookie、页面中的元素和样式表, 还可以读取和修改内容。还可以采用另一种方式: 从 JavaScript 中调用 Silverlight, 如下所述。

### 38.5.2 JavaScript 调用 Silverlight

为了使 .NET 方法可用于 JavaScript, 必须应用 `ScriptableMember` 特性。如果要使类的所有成员可用于 JavaScript, 就可以应用 `ScriptableType` 特性。这里把 `ScriptableMember` 特性应用于 `ToUpper()` 方法, 该方法把输入字符串改为大写:



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
[ScriptableMember]
public string ToUpper(string s)
{
    return s.ToUpper();
}
```

代码段 `JavaScriptInterop/MainPage.xaml.cs`

如果类型包含可编写脚本的成员, 则必须在 HTML 页面上注册, 以便脚本引擎能找到该类型。为此, 需要调用 `HtmlPage` 类中的 `RegisterScriptableObject()` 方法。这个方法的一个参数是 JavaScript 用于查找对象的键名, 第二个参数定义了用于访问可编写脚本的成员的实例:

```
public MainPage()
{
    InitializeComponent();
    //...

    HtmlPage.RegisterScriptableObject("ScriptKey", this);
}
```

现在可以从 JavaScript 中访问 .NET 代码了。为了从 JavaScript 中找到可编写脚本的对象, 必须访问 Silverlight 控件。为了便于访问 Silverlight 控件, 把 `id` 特性添加到引用 Silverlight 包的 `object` 标记上。另外, 把文本和按钮元素添加到 HTML 代码中。按钮把 JavaScript 函数 `callDotnet()` 赋予 `onclick` 事件, 当调用托管代码时, 就会触发该事件。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
<input id="text1" type="text" />
<input id="button2" type="button" value="Convert with a .NET method"
onclick="callDotnet()" />
<div id="silverlightControlHost">
  <object id="plugin" data="data:application/x-silverlight-2,"
    type="application/x-silverlight-2"
    width="30%" height="30%">
    <param name="source" value="ClientBin/JavaScriptInterop.xap" />
    <param name="onError" value="onSilverlightError" />
    <param name="background" value="white" />
    <param name="minRuntimeVersion" value="3.0.40818.0" />
    <param name="autoUpgrade" value="true" />
    <a href="http://go.microsoft.com/fwlink/?LinkID=149156&v=3.0.40818.0"
      style="text-decoration: none">
      
    </a>
  </object>
```

代码段 SilverlightDemos.Web/JavaScriptInteropTestPage.html

JavaScript 函数 `callDotnet()` 使用插件标识符，通过 `getElementById()` 查找 Silverlight 控件。注册时使用前面定义的 `ScriptKey`，就可以访问可编写脚本的类型。使用这个可编写脚本的类型，就可以把 `ToUpper()` 方法用于将输入改为大写。

```
function callDotnet() {
    var plugin = document.getElementById("plugin");
    var dotnet = plugin.content.ScriptKey;
    var input = document.getElementById("text1").value;
    var output = dotnet.ToUpper(input);
    document.getElementById("text1").value = output;
}
```

如果不打算只使用 Silverlight 建立网站，而希望混合 ASP.NET 或 HTML 功能，再用 Silverlight 增强它，浏览器集成功能就很方便。

## 38.6 在浏览器外运行的 Silverlight 应用程序

从 Silverlight 3 版本开始，Silverlight 应用程序也可以在浏览器之外运行。该应用程序可以由没有管理员权限的用户安装。但应用程序仍仅限于安全沙箱，在客户端系统上不能被完全信任。与 WPF 相比，在浏览器外运行的 Silverlight 应用程序有什么优点？对于 Silverlight，无需安装 .NET Framework，只需安装 Silverlight 运行库，有必要将该运行库与浏览器插件一起安装。因为这个插件可用于不同的平台，所以与 WPF 应用程序相比，在浏览器外运行的应用程序可以运行在更多平台上。

在 Visual Studio 2010 的 Silverlight 项目设置中，可以单击对应的复选框，以允许应用程序在浏览器外运行，并修改在浏览器外面的设置，如图 38-6 所示。通过这些设置，可以定义应用程序图标、标题、描述，以及是否应使用 GPU 加速设置，该设置可为特定的图形显著提高性能。选中 `Show install menu` 复选框，就会给用户提供一个安装选项，允许在 Silverlight 控件上单击鼠标右键。

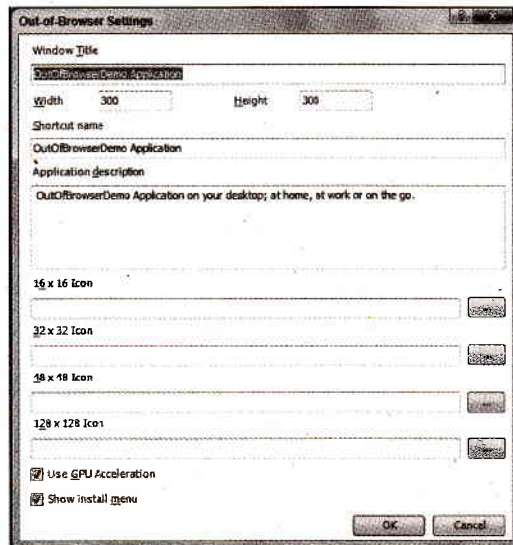


图 38-6

可以控制 Silverlight 应用程序的安装和更新，如下面的项目 OutOfBrowserDemo 所示。该项目的用户界面包含两个按钮和一个 TextBlock 控件。第一个按钮 installButton 关联到一个事件处理程序方法 OnInstall(), 这样用户可以在客户端系统上安装应用程序。按钮 updateButton 关联到事件处理程序 OnUpdate(), 以检查可用的更新。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
<Grid x:Name="LayoutRoot" Background="White">
  <Grid.RowDefinitions>
    <RowDefinition />
    <RowDefinition />
    <RowDefinition />
  </Grid.RowDefinitions>
  <Button x:Name="installButton" Grid.Row="0"
    Content="Install Out-of-Browser" Click="OnInstall" Margin="5" />
  <TextBlock x:Name="text1" Grid.Row="1" FontSize="24"
    HorizontalAlignment="Center" VerticalAlignment="Center" />
  <Button x:Name="updateButton" Grid.Row="2" Content="Check for Updates"
    Click="OnUpdate" Margin="5" />
</Grid>
```

代码段 OutOfBrowserDemo/MainPage.xaml

构造函数 MainPage() 检查应用程序是在浏览器之外运行，还是在浏览器内部运行，并据此设置 TextBlock 控件的文本。为了检查应用程序是否在浏览器之外运行，可以使用 Application 类的 IsRunningOutOfBrowser 属性。这个类还通过 InstallState 属性提供了应用程序的安装状态，该属性的值可以是 InstallState 枚举 NotInstalled、Installing、Installed 和 InstallFailed。根据这个信息显示或隐藏 installButton 和 updateButton 控件。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
public MainPage()
{
  InitializeComponent();
  if (App.Current.IsRunningOutOfBrowser)
  {
```

```

        text1.Text = "running out of browser";
    }
    else
    {
        text1.Text = "running in the browser";
        updateButton.Visibility = Visibility.Collapsed;
    }
    if (App.Current.InstallState == InstallState.Installed)
    {
        installButton.Visibility = Visibility.Collapsed;
    }
}

```

代码段 OutOfBrowserDemo/MainPage.xaml.cs

单击 `installButton` 按钮，就会调用事件处理程序 `OnInstall()`。它调用 `Application` 类的 `Install()` 方法，启动安装过程。

```

private void OnInstall(object sender, RoutedEventArgs e)
{
    if (App.Current.InstallState == InstallState.NotInstalled)
    {
        bool result = App.Current.Install();
        if (result)
            text1.Text = "installation successful";
    }
}

```

在服务器上检查更新也可以通过编程方式用 `Application` 类实现。这里，更新在事件处理程序方法 `OnUpdate()` 中完成。`CheckAndDownloadUpdateAsync()` 检查是否有可用的更新包，并安装该更新包。这是一个使用异步组件模式的异步操作，在更新完成时触发事件 `CheckAndDownloadUpdateCompleted`。在这个事件的处理程序中写入成功或错误信息。成功更新后，下一次启动应用程序时，就可以使用新版本。

```

private void OnUpdate(object sender, RoutedEventArgs e)
{
    App.Current.CheckAndDownloadUpdateCompleted += (sender1, e1) =>
    {
        if (e1.Error != null)
        {
            text1.Text = e1.Error.Message;
        }
        else
        {
            if (e1.UpdateAvailable)
                text1.Text =
                    "Update successful and will be used with the next start";
        }
    };
    App.Current.CheckAndDownloadUpdateAsync();
}

```

第一次在浏览器中运行应用程序时，可以单击 `Install` 按钮，打开如图 38-7 所示的对话框。用户可以选择在“开始”菜单和桌面中包含应用程序的快捷方式。安装后，应用程序就可以在浏览器之

外启动了。



图 38-7

修改了 Silverlight 项目后，就可以单击 Update 按钮，检查更新了。要删除该应用程序，可以单击鼠标右键，打开上下文菜单，从中删除应用程序。

## 38.7 小结

本章介绍了功能丰富的 Silverlight 架构，它包含 WPF 应用程序的一个功能子集，并根据运行在 Web 上的应用程序所需的功能，包含一些增强功能。

本章讨论了如何创建 Silverlight 项目，它们与 WPF 的区别，如何与浏览器集成，如何在浏览器外运行 Silverlight 应用程序，如何使用联网功能访问服务器上的资源。

下一章介绍用户界面的一个传统技术：Windows 窗体。

# 第 39 章

## Windows 窗体

本章内容:

- Form 类
- Windows 窗体的类层次结构
- System.Windows.Forms 名称空间中的控件和组件
- 菜单和工具栏
- 创建用户控件

基于 Web 的应用程序在过去几年非常流行,正在迅速变成标准。从管理员的角度来看,能够把所有应用程序逻辑驻留在一个中央服务器上非常吸引人。基于 Web 的应用程序的缺点是它们不能提供丰富的用户体验。.NET Framework 允许开发人员创建智能的富客户端应用程序,而且不再有部署问题和以前的“DLL Hell”。无论选择 Windows 窗体还是 WPF(参见第 35 章),客户端应用程序都不再难以开发或部署。

Visual Basic 开发人员对 Windows 窗体应比较熟悉。新建窗体(也称为窗口或对话框)也采用把控件从工具箱拖放到窗体设计器上的方式。但是,如果您在创建消息泵和监视消息时使用的是 C 的传统 Windows 编程方式,或者您是一位 MFC 程序员,就会发现现在可以获得需要的低级内部功能了。现在可以重写窗口过程,捕获这些消息,但常常并不是真需要它们。

### 39.1 创建 Windows 窗体应用程序

在下面的示例中创建一个非常简单的 Windows 窗体应用程序(本章后面的内容使用一个简单的示例应用程序,它在下载的代码 zip 文件的 03 MainExample 文件夹中)。第一个示例没有使用 Visual Studio .NET,而是在文本编辑器中输入代码,使用命令行编译器进行编译。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
using System;
using System.Windows.Forms;
namespace NotepadForms
{
    public class MyForm: System.Windows.Forms.Form
    {
        public MyForm()
        {
        }
    }
    [STAThread]
```

```

static void Main()
{
    Application.Run(new MyForm());
}
}

```

代码段 01 MyForm/NotepadForms.cs

在编译和运行这个示例时，会得到一个没有标题的小空白窗体。该应用程序没有什么实际功能，但它列出了最少的实现代码。

代码中有两个地方需要注意。第一个是使用继承功能来创建 `MyForm` 类。下面的代码声明 `MyForm` 派生于 `System.Windows.Forms.Form` 类。

```
public class MyForm: System.Windows.Forms.Form
```

`Form` 类是 `System.Windows.Forms` 名称空间的一个主要类。代码的其他部分如下：

```

[STAThread]
static void Main()
{
    Application.Run(new MyForm());
}

```

`Main()` 是 C# 客户端应用程序的默认入口。一般在大型应用程序中，`Main()` 方法不位于窗体中，而是位于一个单独的类中。在本例中，我们在 `Project Properties` 对话框中设置启动类的名称。注意属性 `[STAThread]`，它把 COM 线程模型设置为单线程单元 (Single-Threaded Apartment, STA)。COM 交互操作需要 STA 线程模型，默认为添加到 Windows 窗体项目中。

`Application.Run()` 方法负责启动标准的应用程序消息循环。它有 3 个重载版本：第 1 个重载版本不带参数，第 2 个重载版本把 `ApplicationContext` 对象作为其参数，本例中的第 3 个重载版本把窗体对象作为其参数。在这个示例中，`MyForm` 对象是应用程序的主窗体，这表示在关闭这个窗体时，应用程序就结束了。使用 `ApplicationContext` 类，可以对主消息循环何时结束和应用程序何时退出有更多的控制权。

`Application` 类包含一些非常有用的功能。它提供了一些静态方法和属性，用于控制应用程序的启动和停止过程，访问由应用程序处理的 Windows 消息。表 39-1 列出了其中一些比较有用的方法和属性。

表 39-1

方法/属性	说 明
<code>CommonAppDataPath</code>	对应用程序的所有用户都通用的数据的路径。一般是 <code>BasePath\Company Name\Product Name\Version</code> ，其中 <code>BasePath</code> 是 <code>C:\Documents and Settings\username\ApplicationData</code> 。如果该路径不存在，就创建一条路径
<code>ExecutablePath</code>	这是启动应用程序的可执行文件的路径和文件名
<code>LocalUserAppDataPath</code>	类似于 <code>CommonAppDataPath</code> ，但这个属性支持漫游
<code>MessageLoop</code>	如果在当前线程上存在消息循环，就返回 <code>True</code> ；否则返回 <code>false</code>

(续表)

方法/属性	说 明
StartupPath	类似于 ExecutablePath, 但不返回文件名
AddMessageFilter	用于预处理消息。在基于 IMessageFilter 的对象上实现, 消息可以从消息循环中筛选出来, 或者在消息发送到循环中之前进行特殊的处理
DoEvents	类似于 Visual Basic 的 DoEvents 语句, 允许处理队列中的消息
EnableVisualStyles	允许对应用程序的各种可视化元素使用 XP 可视化样式。它有两个重载版本, 接收清单信息。一个重载版本的参数是清单流, 另一个重载版本的参数是清单所在位置的完整名称和路径
Exit 和 ExitThread	Exit 结束所有当前运行的消息循环, 并退出应用程序。ExitThread 只结束消息循环, 关闭当前线程上的所有窗口

在 Visual Studio 中生成这个示例应用程序时, 它会是什么样子? 首先要注意, 创建了两个文件, 其原因是 Visual Studio 利用了 Framework 的部分类特性, 把设计器生成的所有代码放在一个独立的文件中。使用默认名称 Form1, 这两个文件就是 Form1.cs 和 Form1.Designer.cs。除非选择 Project 菜单中的 Show All Files 选项, 否则在 Solution Explorer 窗口中看不到 Form1.Designer.cs。下面是 Visual Studio 为两个文件生成的代码。第一个文件是 Form1.cs:



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.ComponentModel;
using System.Data;
using System.Drawing;
using System.Linq;
using System.Text;
using System.Windows.Forms;
namespace VisualStudioForm
{
    public partial class Form1: Form
    {
        public Form1()
        {
            InitializeComponent();
        }
    }
}
```

代码段 Form1.cs

这很简单, 其中包含一些 using 语句和一个简单的构造函数。接着是 Form1.Designer.cs 的代码:



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
namespace VisualStudioForm
{
    partial class Form1
    {
        /// <summary>
        /// Required designer variable.
    }
}
```



```

    /// </summary>
    private System.ComponentModel.IContainer components = null;
    /// <summary>
    /// Clean up any resources being used.
    /// </summary>
    /// <param name="disposing"> true if managed resources
    /// should be disposed; otherwise, false. </param>
    protected override void Dispose(bool disposing)
    {
        if (disposing && (components != null))
        {
            components.Dispose();
        }
        base.Dispose(disposing);
    }

    #region Windows Form Designer generated code
    /// <summary>
    /// Required method for Designer support-do not modify
    /// the contents of this method with the code editor.
    /// </summary>
    private void InitializeComponent()
    {
        this.components =
        new System.ComponentModel.Container();
        this.AutoScaleMode =
        System.Windows.Forms.AutoScaleMode.Font;
        this.Text = "Form1";
    }
    #endregion
}
}

```

代码段 Form1.Designer.cs

窗体的设计器文件一般不应直接编辑。唯一的例外是要在 `Dispose()` 方法中进行特殊的处理。`InitializeComponent()` 方法详见本章后面的内容。

首先，从整体上看，这个示例应用程序的代码比简单的命令行示例长。在类的开头有好几条 `using` 语句，在本例中大多数是不必要的。但保留它们并无大碍。`Form1` 类派生自 `System.Windows.Forms.Form`，与前面的 `Notepad` 示例一样，但代码从一开始就不同。`Form1.Designer` 文件的第一行代码如下：

```
private System.ComponentModel.IContainer components = null;
```

在这个示例中，这行代码并没有做什么工作。当给窗体添加组件时，也就把该组件添加到 `Components` 对象中，该组件对象是一个容器。添加到这个容器中的原因与窗体的释放有关。窗体类支持 `IDisposable` 接口，因为它在 `Component` 类中实现。把组件添加到 `Components` 对象中时，容器将确保组件被正确地跟踪，并在释放窗体时释放它。如果查看代码中的 `Dispose()` 方法，就可以看到它：

```
protected override void Dispose(bool disposing)
{
    if (disposing && (components != null))
    {
        components.Dispose();
    }
}

```

```
base.Dispose(disposing);
```

在此可以看到，在调用 `Dispose()` 方法时，也会调用 `Components` 对象的 `Dispose()` 方法，因为 `Components` 对象包含其他组件，所以它们也会被释放。

`Form1` 类的构造函数在 `Form1.cs` 中，如下所示：

```
public Form1()
{
    InitializeComponent();
}
```

注意对 `InitializeComponent()` 的调用。`InitializeComponent()` 在 `Form1.Designer.cs` 中，顾名思义，`InitializeComponent()` 初始化已添加到窗体中的所有控件，它还初始化窗体的属性。在本示例中，`InitializeComponent()` 如下所示：

```
private void InitializeComponent()
{
    this.components = new System.ComponentModel.Container();
    this.AutoScaleMode = System.Windows.Forms.AutoScaleMode.Font;
    this.Text = "Form1";
}
```

这是很基本的初始化代码。该方法与 `Visual Studio` 的设计器相关联。使用设计器修改窗体时，这些改动会在 `InitializeComponent()` 中反映出来。如果在 `InitializeComponent()` 中修改了任意类型的代码，下次在设计器中进行修改时，这些改动就会丢失。每次在设计器中进行修改后，`InitializeComponent()` 都会重新生成。如果需要为窗体或窗体上的控件和组件添加其他初始化代码，就应在调用 `InitializeComponent()` 后添加。`InitializeComponent()` 还负责实例化控件，这样在 `InitializeComponent()` 之前所有引用控件的调用都会失败，并抛出一个空引用异常。

要在窗体中添加控件或组件，可以按 `Ctrl+Alt+X` 组合键或者在 `Visual Studio` 的 `View` 菜单中选择 `Toolbox`。此时 `Form1` 应处于设计模式。在 `Solution Explorer` 窗口中右击 `Form1.cs`，从上下文菜单中选择 `View Designer` 命令。选择 `Button` 控件，把它拖放到设计器的窗体上。也可以双击该控件，把它添加到窗体上。对 `TextBox` 控件进行相同的操作。

既然在窗体中添加了 `TextBox` 控件和 `Button` 控件，`InitializeComponent()` 就会扩展，以包含如下代码：

```
private void InitializeComponent()
{
    this.button1 = new System.Windows.Forms.Button();
    this.textBox1 = new System.Windows.Forms.TextBox();
    this.SuspendLayout();
    //
    // button1
    //
    this.button1.Location = new System.Drawing.Point(77, 137);
    this.button1.Name = "button1";
    this.button1.Size = new System.Drawing.Size(75, 23);
    this.button1.TabIndex = 0;
    this.button1.Text = "button1";
```

```

        this.button1.UseVisualStyleBackColor = true;
        //
        // textBox1
        //
        this.textBox1.Location = new System.Drawing.Point(67, 75);
        this.textBox1.Name = "textBox1";
        this.textBox1.Size = new System.Drawing.Size(100, 20);
        this.textBox1.TabIndex = 1;
        //
        // Form1
        //
        this.AutoScaleDimensions = new System.Drawing.SizeF(6F, 13F);
        this.AutoScaleMode = System.Windows.Forms.AutoScaleMode.Font;
        this.ClientSize = new System.Drawing.Size(284, 264);
        this.Controls.Add(this.textBox1);
        this.Controls.Add(this.button1);
        this.Name = "Form1";
        this.Text = "Form1";
        this.ResumeLayout(false);
        this.PerformLayout();
    }

```


如果查看该方法中的前3行代码,就会看到 **TextBox** 控件和 **Button** 控件被实例化了。注意给控件指定的名称 **textBox1** 和 **button1**。默认情况下,设计器会使用控件的名称,并在该名称的最后添加一个整数值。在添加另一个按钮时,设计器会使用名称 **button2**,依次类推。通常应改变这些名称,以满足应用程序的要求。下一行代码是 **SuspendLayout()**和 **ResumeLayout()**方法对的部分。**SuspendLayout()**临时挂起控件第一次初始化时发生的布局事件。在该方法的最后,将调用 **ResumeLayout()**方法,把事件重置为正常状态。这个过程可以用于优化窗体的初始化,避免在设置窗体时重绘屏幕。在包含许多控件的复杂窗体中, **InitializeComponent()**方法会非常长。

要修改控件的属性值,可以按 **F4** 键,或从 **View** 菜单中选择 **Properties Window** 命令。该窗口允许修改控件或组件的大多数属性。在 **Properties** 窗口中进行了修改后,就会重写 **InitializeComponent()**方法,以反映新属性值。例如,如果在 **Properties** 窗口中把 **Text** 属性改为 **My Button**, **InitializeComponent()**就会包含如下代码:

```

//
// button1
//
this.button1.Location = new System.Drawing.Point(77, 137);
this.button1.Name = "button1";
this.button1.Size = new System.Drawing.Size(75, 23);
this.button1.TabIndex = 0;
this.button1.Text = "My Button";
* this.button1.UseVisualStyleBackColor = true;

```

 如果使用的不是 **Visual Studio .NET** 的编辑器,就需要在设计中包含 **InitializeComponent()**类型函数。把所有这些初始化代码放在一个地方,有助于使构造函数更简洁,如果有多个构造函数,则还需要确保能从每个构造函数中调用初始化代码。

## 类层次结构

在设计和构建自定义控件时，理解层次结构非常重要。如果自定义控件派生自当前控件，例如，对于带有额外属性和方法的文本框，就应使自定义控件继承自文本框控件，再重写、添加属性和方法，以满足要求。但是，如果创建的控件与 .NET Framework 中的已有控件不匹配，就必须从 3 个基类中的一个继承：如果需要自动滚动功能，就从 `Control` 或 `ScrollableControl` 中派生；如果控件应是其他控件的容器，就应从 `ContainerControl` 类中派生。

本章的剩余内容将介绍其中的许多类，它们如何协同工作，以及如何使用它们构建具有专业外观的客户端应用程序。

## 39.2 Control 类

`System.Windows.Forms` 名称空间中有一个特殊的类，它几乎是每个控件和窗体的基类，这个类就是 `System.Windows.Forms.Control`。`Control` 类实现核心功能，以创建用户所见的界面。`Control` 类派生自 `System.ComponentModel.Component` 类。`Component` 类为 `Control` 类提供了必要的结构，在把控件拖放到设计界面上以及包含在另一个对象中时需要它。`Control` 类为派生自它的类提供了一个很长的功能列表。因为这个列表太长，不能在这里全部列出，所以我们仅介绍 `Control` 类提供的比较重要的项。本章后面在介绍基于 `Control` 类的特定控件时，将在一些示例代码中论述属性和方法。下面几小节将按照功能组合方法和属性，把相关的功能放在一起讨论。

### 39.2.1 大小和位置

控件的大小和位置由属性 `Height`、`Width`、`Top`、`Bottom`、`Left`、`Right` 以及辅助属性 `Size` 和 `Location` 确定。区别是 `Height`、`Width`、`Top`、`Bottom`、`Left`、`Right` 属性值都是一个整数，而 `Size` 的值使用一个 `Size` 结构来表示，`Location` 的值使用一个 `Point` 结构来表示。`Size` 结构和 `Point` 结构都包含 X、Y 坐标。`Point` 结构一般相对于一个位置，而 `Size` 结构是对象的高和宽。`Size` 和 `Point` 都位于 `System.Drawing` 名称空间。它们非常类似，因为它们都提供了 X、Y 坐标对，还拥有用于简单的比较和转换的重写运算符。例如，可以对两个 `Size` 结构执行相加操作。对于 `Point` 结构，已重写了加法运算符，以便把 `Size` 结构添加到 `Point` 结构中，并返回一个新的 `Point`。其结果是给某个位置添加某个距离值，并得到一个新位置。如果动态地创建窗体或控件，这非常方便。

`Bounds` 属性返回一个 `Rectangle` 对象，它表示一个控件的区域。这个区域包含滚动条和标题栏。`Rectangle` 也位于 `System.Drawing` 名称空间。`ClientSize` 属性是一个 `Size` 结构，它表示控件的工作区，不包含滚动条和标题栏。

`PointToClient()` 和 `PointToScreen()` 方法是方便的转换方法，它们接受一个 `Point` 结构，并返回一个 `Point` 结构。`PointToClient()` 接受的 `Point` 参数表示屏幕坐标，该方法把屏幕坐标转换为基于当前客户对象的坐标。这非常便于进行拖放操作。`PointToScreen` 正好与之相反，它接受客户对象的坐标，把它们转换为屏幕坐标。还有 `RectangleToScreen()` 和 `ScreenToRectangle()` 方法，它们具有相同的功能，只是用 `Rectangle` 结构代替 `Point` 结构。

`Dock` 属性确定子控件停放在父控件的哪条边上。`DockStyle` 枚举值用作其属性值。这个值可以是 `Top`、`Bottom`、`Right`、`Left`、`Fill` 或 `None`。`Fill` 会使控件的大小正好匹配父控件的工作区。

Anchor 属性把子控件的一条边锚定到父控件的一条边上,这与停靠不同,因为它不设置距离父控件的一条边,而是把从该条边开始的当前距离设置为常量。例如,如果把子控件的右边界锚定到父控件的右边界上,并重新设置父控件的大小,则子控件的右边界到父控件的右边界的距离将保持不变。Anchor 属性接受 AnchorStyles 枚举的值,其值是 Top、Bottom、Right、Left 和 None。通过设置该属性值,可以在重新设置父控件的大小时,动态地设置子控件的大小。这样,当用户重新设置窗体的大小时,按钮和文本框就不会被剪切或隐藏。

Dock 和 Anchor 属性与 Flow 和 Table 布局控件(详见本章后面的内容)一起使用时,可以创建非常复杂的用户窗口。对于包含许多控件的复杂窗体,窗口大小的重新设置比较困难。这些工具有助于完成这个任务。

### 39.2.2 外观

与控件外观相关的属性有 BackColor 和 ForeColor,它们把 System.Drawing.Color 对象作为其值。BackColorImage 属性把基于 Image 的对象作为其值。System.Drawing.Image 是一个抽象类,它用作 Bitmap 和 Metafile 类的基类。BackColorImageLayout 属性使用 ImageLayout 枚举设置图像在控件上的显示方式,其有效值是 Center、Tile、Stretch、Zoom 和 None。

Font 和 Text 属性处理已写入文字的显示方式。要修改 Font 属性,需要创建一个 Font 对象。在创建 Font 对象时,要指定字体名称、字号和样式。

### 39.2.3 用户交互操作

用户交互操作最好描述为控件创建和响应的各种事件。一些比较常见的事件有 Click、DoubleClick、KeyDown、KeyPress、Validating 和 Paint。

鼠标事件 Click、DoubleClick、MouseDown、MouseUp、MouseEnter、MouseLeave 和 MouseHover 处理鼠标和控件的交互操作。如果处理 Click 和 DoubleClick 事件,则每次捕获一个 DoubleClick 事件时,也会引发 Click 事件。如果处理不正确,就会出现我们不希望的结果。Click 和 DoubleClick 事件都把 EventArgs 作为其参数,而 MouseDown 和 MouseUp 事件把 MouseEventArgs 作为其参数。MouseEventArgs 包含几条有用的信息,如单击的按钮、按钮被单击的次数、鼠标轮制动器(鼠标轮上的凹槽)的数目和鼠标的当前 X、Y 坐标。如果可以访问这些信息,就必须处理 MouseDown 或 MouseUp 事件,而不是 Click 或 DoubleClick 事件。

键盘事件的工作方式与此类似:需要一些信息来确定处理什么事件。对于简单的情况,KeyPress 事件接收一个 KeyPressEventArgs,它包含表示被按键的字符值 KeyChar。Handled 属性用于确定事件是否已处理。如果把 Handled 属性设置为 true,事件就不会由操作系统进行默认处理。如果需要被按的键的更多相关信息,则处理 KeyDown 或 KeyUp 事件会比较合适。它们都接收 KeyEventArgs。KeyEventArgs 中的属性包括 Ctrl、Alt 或 Shift 键是否被按下。KeyCode 属性返回一个 Keys 枚举值,标识被按下的键。与 KeyPressEventArgs.KeyChar 属性不同,KeyCode 属性指定键盘上的每个键,而不仅仅是字母数字键。KeyData 属性返回一个 Key 值,还设置修饰符。修饰符与值进行 OR 运算,指定是否同时按 Shift 或 Ctrl 键。KeyValue 属性是 Keys 枚举的整数值。Modifiers 属性包含一个 Keys 值,它表示被按的修饰符键。如果选择了多个修饰符键,这些值就进行 OR 运算。键盘事件以下述顺序来引发:

- (1) KeyDown
- (2) KeyPress

### (3) KeyUp

Validating、Validated、Enter、Leave、GotFocus 和 LostFocus 事件都处理获得焦点(或被激活)和失去焦点的控件。在用户用 tab 键选择一个控件或用鼠标选择该控件时,该控件就获得了焦点。Enter、Leave、GotFocus 和 LostFocus 事件的功能似乎非常类似。GotFocus 和 LostFocus 是低级事件,与 Windows 消息 WM\_SETFOCUS 和 WM\_KILLFOCUS 相关。一般应尽可能使用 Enter 和 Leave 事件。Validating 和 Validated 事件在验证控件时发生。这些事件接收一个 CancelEventArgs, 利用该参数,把 Cancel 属性设置为 true, 就可以取消以后的事件。如果定制了验证代码, 而且验证失败, 就可以把 Cancel 属性设置为 true, 且控件也不会失去焦点。Validating 事件在验证过程中发生, Validated 事件在验证过程后发生。这些事件的引发顺序如下:

- (1) Enter
- (2) GotFocus
- (3) Leave
- (4) Validating
- (5) Validated
- (6) LostFocus

理解这些事件的引发顺序很重要, 可以避免不小心创建递归事件。例如, 在控件的 LostFocus 事件中设置控件的焦点, 就会创建一个死循环, 且用户将无法退出应用程序。

### 39.2.4 Windows 功能

System.Windows.Forms 名称空间是依赖 Windows 功能的少数几个名称空间之一。Control 类就是一个很好的示例。如果对 System.Windows.Forms.dll 进行反编译, 就会看到 UnsafeNativeMethods 类的引用列表。.NET Framework 使用这个类封装许多标准的 Win32 API 调用。使用与 Win32 API 的交互操作, 标准 Windows 应用程序的外观就可以通过 System.Windows.Forms 名称空间获得。

支持与 Windows 交互操作的功能包括 Handle 和 IsHandleCreated 属性。Handle 属性返回一个包含控件 HWND(Windows 句柄)的 IntPtr。窗口句柄是唯一标识窗口的一个很难懂的值。因为可以将控件看作是一个窗口, 所以它有相应的 HWND。可以使用 Handle 属性进行任意数量的 Win32 API 调用。

为了访问 Windows 消息, 可以重写 WndProc()方法。该方法把一个 Message 对象作为其参数。Message 对象是 Windows 消息的一个简单封装器。它包含 HWnd、LParam、WParam、Msg 和 Result 属性。如果希望由系统处理消息, 就必须确保把消息传送给 base.WndProc(msg)方法。未把消息传递给 Windows 可能会带来严重的后果, 因为不再进行正常的事件处理, 应用程序很可能会失败。如果希望自己处理消息, 就不需要传递消息。

### 39.2.5 其他功能

一些条目较难分类, 如数据绑定功能。BindingContext 属性返回一个 BindingManagerBase 对象。DataBindings 集合维护一个 ControlBindingsCollection, 它是控件的绑定对象集合, 本章后面讨论数据绑定。

CompanyName、ProductName 和 Product 版本提供了控件的初始数据及其当前版本。

Invalidate()方法允许使控件的一个区域失效, 以进行重新绘制。可以使整个控件失效, 或指定要失效的区域或矩形。这会把一条绘制消息发送给控件的 WndProc()方法。还可以同时使任何子控件失效。

组成 Control 类的还有几十个其他属性、方法和事件。这个列表表示比较常用的成员，希望对您可用的功能有一个大致的了解。

## 39.3 标准控件和组件

前一节介绍了控件常用的一些方法和属性。本节将讨论 .NET Framework 提供的各种控件，并解释每个控件提供的附加功能。

下面的示例在本书源代码下载的事件 Chapter39Code 示例中。

### 39.3.1 Button 控件

Button 类表示简单的命令按钮，派生自 ButtonBase 类。该类最常见的用法是编写处理按钮的 Click 事件的代码。下面的代码实现 Click 事件的事件处理程序。在单击按钮时，会弹出一个显示按钮名称的消息框。

```
private void btnTest_Click(object sender, System.EventArgs e)
{
    MessageBox.Show(((Button)sender).Name + " was clicked.");
}
```

在 PerformClick() 方法中，可以模仿按钮上的 Click 事件，而实际上无需用户单击按钮，这在测试 UI 时很有用。窗口还有默认按钮，如果用户在该窗口中按回车键，就会自动单击该默认按钮。要把按钮标识为默认按钮，可以把窗体上的 AcceptButton 属性设置为按钮对象。接着，在用户按回车键时，就会引发默认按钮的 Click 事件。图 39-1 显示了标题为 Default 的默认按钮(注意黑色的边框)。还可以把按钮定义为 CancelButton，它表示即使用户按 Escape 键，这个按钮也会接收一个 Click 事件。

按钮可以包含图像和文本。图像通过 ImageList 对象或 Image 属性提供。ImageList 对象就是由放在窗体上的组件管理的一个图像列表。它们在本章后面解释。



图 39-1

Text 和 Image 都包含 Align 属性，以对齐按钮上的文本和图像。Align 属性接受 ContentAlignment 枚举的值。文本或图像可以与按钮的左、右、上、下边界对齐。

### 39.3.2 CheckBox 控件

CheckBox 控件也派生自 ButtonBase，用于接受来自用户的二状态或三状态响应。如果把 ThreeState 属性设置为 true，复选框的 CheckState 属性就可以是表 39-2 中 3 个 CheckState 枚举值之一：

表 39-2

值	说明
Checked	复选框有一个选中标记
Unchecked	复选框没有选中标记
Indeterminate	在这种状态下，复选框变成灰色

如果需要告诉用户选项还未设置，就可以使用 `Indeterminate` 状态。如果希望使用布尔值，则还可以使用 `Checked` 属性。

`CheckedChanged` 和 `CheckStateChanged` 事件在 `CheckState` 或 `Checked` 属性改变时发生。对于 3 状态的复选框，需要关联到 `CheckStateChanged` 事件。捕获这些事件对于根据复选框的新状态设置其他值可能很有用。示例包含的下述代码可以显示三状态复选框的状态：



```
Private void threeState_CheckStateChanged(object sender, EventArgs e)
{
    CheckBox cb = sender as CheckBox;
    if (null != cb)
        threeStateState.Text =
            string.Format("State is {0}", cb.CheckState);
}
```

代码段 03 MainExample/ButtonExample.cs

在复选框的状态改变时，就用新状态更新标签。

### 39.3.3 RadioButton 控件

最后一个派生自 `ButtonBase` 的控件是 `RadioButton` (单选按钮)。单选按钮一般用作一组，有时称为选项按钮。单选按钮允许用户从几个选项中选择。当同一个容器中有多个 `RadioButton` 控件时，一次只能选择一个按钮。所以如果有 3 个选项，如 `Red`、`Green` 和 `Blue`，当 `Red` 选项被选中，而用户单击 `Blue` 选项，则 `Red` 选项会自动取消选中。

`Appearance` 属性接受 `Appearance` 枚举值，即 `Button` 或 `Normal`。当选择 `Normal` 时，单选按钮看起来像一个小圆圈，在它的旁边有一个标签。选择按钮会填充圆圈，选择另一个按钮会取消当前选中按钮的选择，使圆圈为空。当选中 `Button` 时，`RadioButton` 控件看起来像一个标准按钮，但工作方式类似于开关，选中是指焦点在位置中，取消选中是指正常状态或焦点在位置外。

`CheckedAlign` 属性确定圆圈与标签文本的相对位置，它可以在标签的顶部、左右两边或下方。

只要 `Checked` 属性的值改变，就会引发 `CheckedChanged` 事件。这样就可以根据控件的新值执行其他动作。

### 39.3.4 ComboBox 控件、ListBox 控件和 CheckedListBox 控件

`ComboBox`、`ListBox` 和 `CheckedListBox` 都派生自 `ListControl` 类。这个类提供了一些基本的列表管理功能。使用列表控件最重要的事是，给列表添加数据和从列表中选择数据。使用哪个列表一般取决于列表的用法和列表中的数据类型。如果需要选择多个选项，或用户需要在任意时刻查看列表中的几个项，则最好使用 `ListBox` 和 `CheckedListBox`。如果一次只选择一个选项，就可以使用 `ComboBox`。

在使用列表框之前，必须先添加数据。为此，应给 `ListBox.ObjectCollection` 添加对象以添加数据。这个集合由列表的 `Items` 属性提供。由于该集合存储了对象，因此可以把任意有效的 .NET 类型添加到列表中。要标识列表项，需要设置两个重要的属性。第一个是 `DisplayMember` 属性，这个设置告诉 `ListControl`，在列表中显示对象的哪个属性。另一个是 `ValueMember` 属性，它是要作为值返回的对象的属性。如果在列表中添加了字符串，这两个属性就默认使用字符串值。示例应用程序中的 `ListExample` 窗体显示了如何把对象加载到列表框中。该例子使用 `Vendor` 对象作为列表数据。



Vendor 对象只包含两个属性 Name 和 Id。把 DisplayMember 属性设置为 Name 属性，这告诉列表控件，把列表中 Name 属性的值显示给用户。

一旦在列表中加载了数据，就可以使用 SelectedItem 和 SelectedIndex 属性获取数据。SelectedItem 返回当前选中的对象。如果把列表设置为允许选择多个选项，就不能保证返回选中的选项。此时，应使用 SelectItems 集合。它包含列表中当前选中的所有选项对应的一个列表。

如果需要特定索引的选项，就可以使用 Items 属性访问 ListBox.ObjectCollection。因为这是一个标准的 .NET 集合类，所以该集合中项的访问方式与其他集合类的方式访问相同。

如果使用 DataBinding 填充列表，SelectedValue 属性就会返回选中对象设置为 ValueMember 属性的属性值。如果把 Id 设置为 ValueMember，SelectedValue 就从选中的项中返回 Id 值。要使用 ValueMember 和 SelectedValue，列表必须通过 DataSource 属性来加载。必须先使用对象加载 ArrayList 或任何其他基于 IList 的集合，再给列表赋予 DataSource 属性。

ComboBox 的 Items 属性返回 ComboBox.ObjectCollection。ComboBox 把编辑控件和列表框合二为一。把一个 DropDownStyle 枚举值传送给 DropDownStyle 属性，就可以设置 ComboBox 的样式。表 39-3 列出了 DropDownStyle 的各个值。

表 39-3

值	说 明
DropDown	组合框的文本部分是可以编辑的，用户可以输入值。用户必须单击箭头按钮，才能显示下拉列表的值
DropDownList	文本部分不能编辑。用户必须从列表中选择
Simple	类似于 DropDown，但列表总是可见的

如果列表中的值比较宽，就可以使用 DropDownWidth 属性改变控件下拉部分的宽度。MaxDropDownItems 属性设置在显示列表的下拉部分时的最大项数。

FindString()和 FindStringExact()方法是列表控件的另外两个有用的方法。FindString()在列表中查找以传入字符串开头的第一个字符串。FindStringExact()查找与传入字符串匹配的字符串。它们都返回找到的值的索引，如果没有找到，就返回 -1。它们还可以将要搜索的起始索引整数作为参数。

最后，CheckedListBox 控件类似于列表框，但 DisplayMember 和 ValueMember 属性在 IntelliSense 中不显示，也不显示在属性网格中。这两个属性可用于实际的控件，但给它们添加了一个属性，表示不使用它们。这里不是这样——可以使用 DisplayMember 确定在用户界面上显示什么内容，或者重写添加到这个列表中的对象的 ToString()方法，从而在屏幕上显示任意内容。

### 39.3.5 DataGridView 控件

.NET 的最初版本中的 DataGrid 控件有强大的功能，但在许多方面，它都不适用于商业应用程序，如不能显示图像、下拉控件或锁定列等。因为该控件总是给人只完成了一半的感觉，所以许多控件供应商都提供了自定义栅格控件，以克服这些缺陷，并提供更多功能。

.NET 2.0 引入了另一个栅格控件 DataGridView。它解决了 DataGrid 控件最初的许多问题，还增加了许多以前只能在插件产品中使用的功能。

因为 DataGridView 控件具有与 DataGrid 类似的绑定功能，所以它可以绑定到 Array、DataTable、

DataView 或 DataSet 类, 或者绑定到实现 IListSource 或 IList 接口的组件上。DataGridView 控件可以显示相同数据的多种视图。在最简单的情况下, 设置 DataSource 和 DataMember 属性, 就可以显示数据(与在 DataSet 类中一样)。注意, 因为这个控件不是 DataGrid 的插件替代品, 所以其可编程接口完全不同于 DataGrid 的可编程接口。这个控件还提供了更复杂的功能, 本章将讨论这些功能。

本节将使用 Northwind 样本数据库。如果还没有安装它, 就请从 Web 上下载安装程序, 在 SQL Server 实例或 SQL Express 实例中创建一个 Northwind 数据库。Northwind 的安装脚本在 <http://msdn.microsoft.com/enus/library/ms143221.aspx> 上。

### 1. 显示表格数据

第 20 章介绍了选择数据和把数据读入一个数据表中的各种方式(尽管使用 Console.WriteLine() 方法以非常基本的形式显示数据)。

下面的示例将说明如何检索某些数据, 并在 DataGridView 控件中显示它, 为此, 构建一个新的应用程序 DisplayTabularData, 如图 39-2 所示。

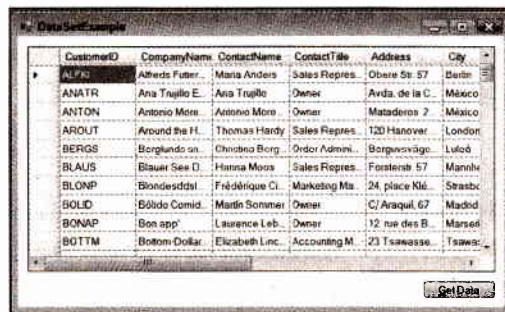


图 39-2

这个简单的应用程序从 Northwind 数据库的 Customer 表中选择每个记录, 在 DataGridView 控件中把它们显示给用户。其代码如下所示(不包含窗体和控件定义代码):

```
using System;
using System.Configuration;
using System.Data;
using System.Data.Common;
using System.Data.SqlClient;
using System.Windows.Forms;

namespace DisplayTabularData
{
    partial class Form1: Form
    {
        public Form1()
        {
            InitializeComponent();
        }

        private void getData_Click(object sender, EventArgs e)
        {
            string customers = "SELECT * FROM Customers";

            using (SqlConnection con =
```

```

        new SqlConnection (ConfigurationManager.
            ConnectionStrings["northwind"].ConnectionString))
    {
        DataSet ds = new DataSet();

        SqlDataAdapter da = new SqlDataAdapter(customers, con);

        da.Fill(ds, "Customers");
        dataGridView.AutoGenerateColumns = true;
        dataGridView.DataSource = ds;
        dataGridView.DataMember = "Customers";
    }
}

```

窗体包含 `getData` 按钮，单击它会调用示例代码中的 `getData_Click()` 方法。

这段代码使用 `ConfigurationManager` 类的 `ConnectionStrings` 属性构建一个 `SqlConnection` 对象。之后使用 `DataAdapter` 对象，构建一个数据集，并用数据库表中的表填充它。然后设置 `DataSource` 和 `DataMember` 属性，由 `DataGridView` 控件显示数据。注意把 `AutoGenerateColumns` 属性也设置为 `true`，以确保给用户显示一些数据。如果这个标记没有指定，就需要自己创建所有列。

## 2. 数据源

`DataGridView` 控件是一种显示数据的非常灵活的方式。除了把 `DataSource` 设置为 `DataSet`，把 `DataMember` 设置为要显示的表名之外，`DataSource` 属性还可以设置为下述任何一个数据源：

- 数组(网格可以绑定到任何一个一维数组上)
- `DataTable`
- `DataView`
- `DataSet` 或 `DataViewManager`
- 实现 `IListSource` 接口的组件
- 实现 `IList` 接口的组件
- 泛型集合类或派生于泛型集合类的对象

下面几节将给出这些数据源的示例。

## 3. 显示数组中的数据

初看起来，显示数组中的数据非常简单，创建一个数组，填充一些数据，再在 `DataGridView` 控件上设置 `DataSource` 属性。下面是一些示例代码：

```

string[] stuff = new string[] { "One", "Two", "Three" };
dataGridView.DataSource = stuff;

```

如果数据源包含多个表(如当使用 `DataSet` 或 `DataViewManager` 时)，就需要设置 `DataMember` 属性。

可以用上述数组代码替换上面示例中的 `getData_Click` 事件处理程序，这段代码的结果如图 39-3 所示。

网格显示出了数组中定义的字符串的长度，而不显示这些字符串。原因是在把数组用作

DataGridView 控件的数据源时，网格会查找数组中对象的第一个公共属性，并显示这个值，而不会显示字符串值。因为字符串的第一个(也是唯一的)公共属性是其长度，所以显示这个长度值。使用 TypeDescriptor 类的 GetProperties() 方法可以获得任意类的属性列表，该方法返回一个 PropertyDescriptor 对象集合，接着，就可以在显示数据时使用它。.NET 的 PropertyGrid 控件在显示任意对象时，使用这个方法。

修正在 DataGridView 中显示字符串时所出现问题的一种方法是创建一个包装器类，如下所示：

```
protected class Item
{
    public Item(string text)
    {
        _text = text;
    }
    public string Text
    {
        get{return _text;}
    }
    private string _text;
}
```

在数据源数组代码中添加这个 Item 类(对于它进行的各种处理,它也可以是一个结构)的数组后,结果如图 39-4 所示。

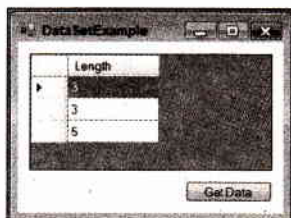


图 39-3

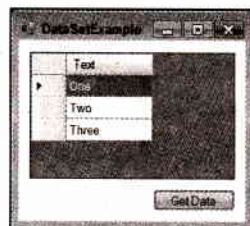


图 39-4

#### 4. DataTable

有两种方式在 DataGridView 控件中显示 DataTable:

- 如果有一个独立的 DataTable，就把控件的 DataSource 属性设置为这个表。
- 如果在 DataSet 中包含 DataTable，就把控件的 DataSource 属性设置为数据集，而且应该把 DataMember 属性设置为数据集中的 DataTable 名。

图 39-5 显示了运行 DataSourceDataTable 示例代码的结果。

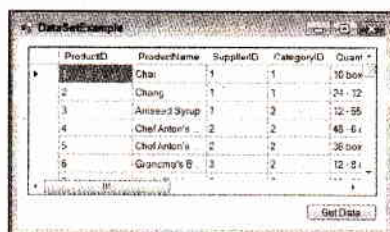


图 39-5

最后一列显示了一个复选框，而不是更常见的编辑控件。DataGridView 控件没有显示其他信息，而是从数据源中读取模式(在本例中是 Products 表)，根据列的类型推断应显示什么控件。与以前的 DataGrid 控件不同，DataGridView 控件自身还可以显示图像列、按钮和组合框。

在修改数据网格中的字段时，数据库中的数据不会改变，因为此时数据仅存储在客户端计算机上——没有与数据库建立有效的连接。本章后面将讨论更新数据库中的数据。

### 5. 显示 DataView 中的数据

DataView 提供了一种筛选和排序 DataTable 中数据的一种方式。从数据库中选择数据时，用户一般可以单击列标题，对数据排序。此外，还可以筛选数据，只显示某些行，如用户修改过的所有行。可以筛选 DataView 从而只对用户显示选择的数据行，但不允许筛选 DataTable 中的数据列。



DataView 不允许筛选要显示的数据列，只允许筛选要显示的数据行。

根据现有的 DataTable 创建 DataView 的代码如下所示：

```
DataView dv = new DataView(dataTable);
```

一旦创建 DataView 后，就可以进一步改变 DataView 上的设置，当该视图显示在数据网格中时，这些设置会影响要显示的数据，以及允许对这些数据进行的操作。例如：

- 设置 AllowEdit = false 表示在数据行上禁用所有列的编辑功能。
- 设置 AllowNew = false 表示禁用新建行功能。
- 设置 AllowDelete = false 表示禁用删除行的功能。
- 设置 RowStateFilter 只显示指定状态的行。
- 设置 RowFilter 可筛选行。

下一节将介绍如何使用 RowStateFilter 设置，其他选项都很容易理解。

#### (1) 通过数据筛选数据行

创建 DataView 后，就可以通过设置 RowFilter 属性，来改变视图显示的数据。这个属性显示为一个字符串，可用作按照给定条件筛选数据的一种方式——该字符串的值就是筛选条件。其语法类似于一般 SQL 中的 WHERE 子句，但主要是对已经从数据库中选择出来的数据进行操作。

筛选子句的一些示例如表 39-4 所示。

表 39-4

子 句	说 明
UnitsInStock > 50	只显示 UnitsInStock 列中对应值大于 50 的行
Client = 'Smith'	只返回给定客户的记录
County LIKE 'C*'	返回 County 字段以 C 开头的记录——例如，返回 Cornwall、Cumbria、Cheshire 和 Cambridgeshire 所在的行。可以使用“%”字符表示匹配一个字符的通配符，而“*”表示匹配 0 个或多个字符的通配符

运行库尽可能在筛选表达式中使用与源列相匹配的数据类型。例如，在前面的示例中，使用 "UnitsInStock > '50'" 表达式完全合法，尽管该列是一个整数列。但如果提供了一个无效的筛选字符串，就会抛出 `EvaluateException` 异常。

## (2) 根据状态筛选行

`DataView` 中的每一行都有一个定义好的行状态，它们的值如表 39-5 所示，这些状态也可以用于筛选用户查看的行。

表 39-5

DataViewRowState	说 明
Added	列出新建的所有行
CurrentRows	列出除了被删除的行以外的其他行
Deleted	列出最初被选中，且已经删除的行——不显示已经删除的新建行
ModifiedCurrent	列出所有已修改的行，并显示每一列的当前值
ModifiedOriginal	列出所有已修改的行，但显示这些列的初值，而不是当前值
OriginalRows	列出最初从数据源中选中的所有行，不包括新行。显示列的初值(即如果进行了修改，就不显示当前值)
Unchanged	列出完全没有修改的行

图 39-6 显示了两个网格，一个网格显示已添加、删除或修改的行，另一个网格列出表 39-4 中其中一种状态对应的行。

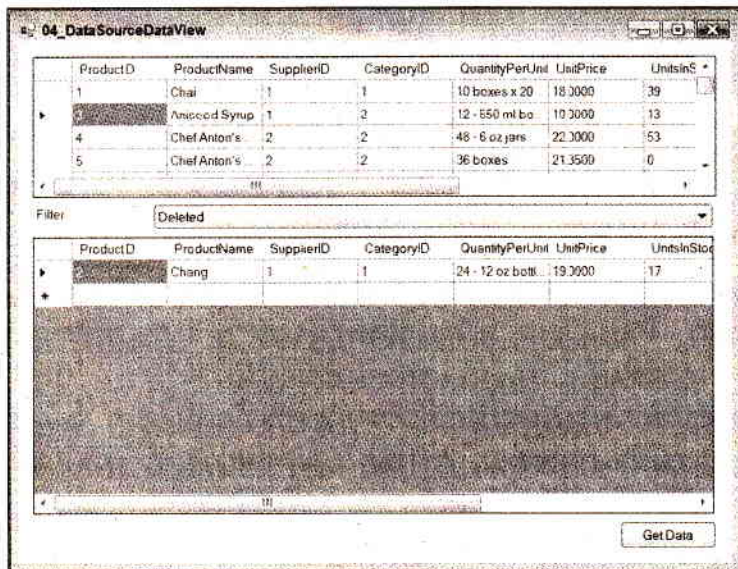


图 39-6

筛选器不仅可以用于可见的行，还可以用于这些行中列的状态。在选择 `ModifiedOriginal` 或 `ModifiedCurrent` 选项时，这很明显。这两个状态都基于 `DataRowVersion` 枚举。例如，如果用户更新了对应行中的一列，该行就会在选择 `ModifiedOriginal` 或 `ModifiedCurrent` 时显示出来；但其实际值

可以从数据库中选择出来的 Original 值(如果选择了 ModifiedOriginal), 或者 DataColumn 中的当前值(如果选择了 ModifiedCurrent)。

### (3) 对行进行排序

除了筛选数据外, 有时还需要对 DataView 中的数据进行排序。在 DataGridView 控件中单击列标题, 就会按照升序或降序的顺序对该列进行排序, 如图 39-7 所示。唯一的问题是控件只能对一列进行排序, 而底层的 DataView 控件可以对多列进行排序。

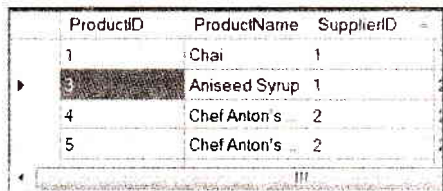
在对列进行排序时, 可以单击列的标题(如上面的 SupplierID 列所示), 也可以通过代码排序, DataGridView 会显示一个箭头位图, 表示对哪一列进行排序。

要以编程方式设置排列顺序, 可以使用 DataView 的 Sort 属性:

```
dataView.Sort = "ProductName";  
dataView.Sort = "ProductName ASC, ProductID DESC";
```

第一行按照 ProductName 列对数据排序, 如图 39-7 所示。第二行按照 ProductName 列对数据进行升序排序, 再按 ProductID 降序排序。

DataView 支持对列进行升序或降序排序——默认为升序。如果在代码中对 DataView 中的多列进行排序, DataGridView 就不会再显示任何排序箭头。



ProductID	ProductName	SupplierID
1	Chai	1
3	Aniseed Syrup	1
4	Chef Anton's	2
5	Chef Anton's	2

图 39-7

因为网格中的每一列都是强类型化的, 所以其排序顺序不是基于列的字符串表示, 而是基于该列的数据。结果是: 如果 DataGridView 有一个日期列, 要对它进行排序, 网格就会按日期来进行排序, 而不是按日期的字符串表示方式来进行排序。

## 6. IListSource 和 IList 接口

DataGridView 还支持任何提供 IListSource 或 IList 接口之一的对象。IlistSource 接口只有一个方法 GetList(), 它返回一个 IList 接口。而 IList 接口比较有趣, 它可由运行库中的许多类实现, 实现这个接口的其中一些类有 Array、ArrayList 和 StringCollection。

在使用 IList 接口时, 对集合中对象的相同警告也适用于如前所示的 Array 实现——如果使用 StringCollection 作为 DataGridView 的数据源, 网格就会显示字符串的长度, 而不是我们希望显示的元素文本。

## 7. 显示泛型集合

除了已描述的类型之外, DataGridView 还可以绑定到泛型集合上。其语法与本章前面描述的示例相同, 也是把 DataSource 属性设置为集合, 控件就会生成相应的显示结果。

同样, 所显示的列也基于对象的属性: 在 DataGridView 中显示所有公共的可读字段。下面的示例显示了一个已定义的列表类:



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
class PersonList: List <Person>
{
}

class Person
{
    public Person( string name, Sex sex, DateTime dob )
    {
        _name = name;
        _sex = sex;
        _dateOfBirth = dob;
    }

    public string Name
    {
        get { return _name; }
        set { _name = value; }
    }

    public Sex Sex
    {
        get { return _sex; }
        set { _sex = value; }
    }

    public DateTime DateOfBirth
    {
        get { return _dateOfBirth; }
        set { _dateOfBirth = value; }
    }

    private string _name;
    private Sex _sex;
    private DateTime _dateOfBirth;
}

enum Sex
{
    Male,
    Female
}
```

代码段 03 MainExample/Person.cs

这段代码显示了 Person 类的几个实例，它们在 PersonList 类中构建，如图 39-8 所示。

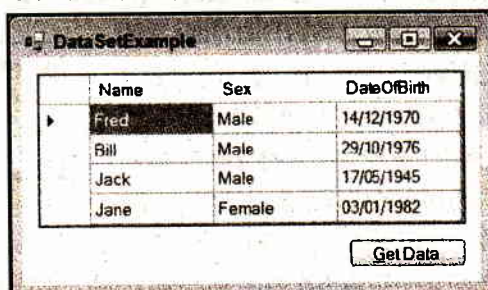


图 39-8



在一些情况下，需要在网格中隐藏某些属性，此时可以使用 `Browsable` 属性，如下面的代码段所示。标记为 `non-browsable` 的属性不会显示在属性网格中。

```
[Browsable(false)]
public bool IsEmployed
{
}
```

`DataGridView` 使用 `Browsable` 属性确定是显示还是隐藏一个属性。如果没有设置 `Browsable` 属性，就默认为显示属性。如果属性是只读的，网格控件就显示对象的值，但在网格中它是只读的。

在网格视图中的所有修改都会反映到底层对象上。例如，如果在上面的代码中，修改了用户界面中的人名，就会调用该属性的 `Setter` 方法。

### 39.3.6 DateTimePicker 控件

`DateTimePicker` 允许用户在许多不同的格式中选择一个日期或时间值(或两者)。可以以任何标准的时间和日期格式显示基于 `DateTime` 的值。`Format` 属性接受 `DateTimePickerFormat` 枚举，它可以把格式设置为 `Long`、`Short`、`Time` 或 `Custom`。如果把 `Format` 属性设置为 `DateTimePickerFormat.Custom`，就可以把 `CustomFormat` 属性设置为表示该格式的字符串。

`DateTimePicker` 还包含一个 `Text` 属性和一个 `Value` 属性。`Text` 属性返回 `DateTime` 值的文本表示，而 `Value` 属性返回 `DateTime` 对象。还可以用 `MinDate` 和 `MaxDate` 属性设置日期所允许的最大值和最小值。

在用户单击向下箭头时，会显示一个日历，允许用户选择日历中的一个日期。`DateTimePicker` 还包含一些属性，这些属性可用于设置标题、月份的背景色和前景色，从而改变日期的外观。

`ShowUpDown` 属性确定控件上是否显示 `UpDown` 箭头。单击向上或向下箭头就可以改变当前突出显示的值。

### 39.3.7 ErrorProvider 组件

`ErrorProvider` 实际上并不是一个控件，而是一个组件。当把该组件拖到设计器中时，它会显示在设计器下方的组件栏中。当存在一个错误条件或验证失败时，`ErrorProvider` 可以在控件的旁边显示一个图标。假定有一个 `TextBox` 控件用于输入年龄，业务规则是年龄值不能大于 65。如果用户试图输入大于 65 的年龄，就必须通知用户该年龄大于所允许的值，需要改变输入的值。有效值的检查在文本框的 `Validated` 事件中进行。如果验证失败，就调用 `SetError()` 方法，传递引起错误的控件和一个字符串，将该错误告知用户。然后，一个感叹号图标开始闪烁，表示出现了一个错误，用户把鼠标悬停在该图标上时，会显示错误文本。图 39-9 显示了文本框中输入无效值时出现的图标。

如果字段的验证失败，就调用 `ErrorProvider` 对象的 `SetIcon()` 方法，并传递验证失败的控件和相应的错误消息。该错误在导致验证失败的控件旁边显示为一个闪烁的图标，错误消息显示为工具提示。可以用一个空的错误字符串再次调用 `SetIcon()` 方法，以删除错误条件。

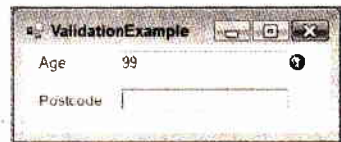


图 39-9

### 39.3.8 ImageList 组件

顾名思义, ImageList 组件就是一个图像列表。一般情况下, 这个组件用于存储一个图像集合, 这些图像用作工具栏图标或 TreeView 控件中的图标。许多控件都包含 ImageList 属性。这个属性一般和 ImageIndex 属性一起使用。把 ImageList 属性设置为 ImageList 组件的一个实例, 把 ImageIndex 属性设置为 ImageList 中表示应在控件上显示的图像的索引。使用 ImageIndex.Images 属性的 Add() 方法可以把图像添加到 ImageList 组件中。Images 属性返回一个 ImageCollection。

两个最常用的属性是 ImageSize 和 ColorDepth。ImageSize 使用一个 Size 结构作为其值。其默认值是 16×16, 但可以取 1~256 之间的任意值。ColorDepth 使用一个 ColorDepth 枚举作为其值。颜色深度值可以是 4~32 位, 默认是 ColorDepth.Depth8Bit。

### 39.3.9 Label 控件

Label 控件一般用于给用户提供了描述性文本。文本可以与其他控件或当前系统状态相关。用户通常看到标签和文本框一起使用。标签为用户提供了在文本框中输入的数据类型的描述。标签控件总是只读的, 用户不能修改 Text 属性的字符串值。但是, 可以在代码中修改 Text 属性。UseMnemonic 属性允许用户启用访问键功能。在 Text 属性中, 在一个字符前面加上与符号(&)时, 标签控件中的该字母就会加上下划线。按 Alt 键和带有下划线的字母就会把焦点移动到按 tab 顺序显示的下一个控件上。如果希望在文本中显示一个“与”符号, 就应用第二个“与”符号转义第一个“与”符号。例如, 如果标签文本应是“Nuts & Bolts”, 就应将属性设置为“Nuts && Bolts”。由于标签控件是只读的, 所以它不能获得焦点。这就是焦点会移动到下一个控件上的原因。因此要记住, 如果启用 mnemonics, 就必须确保正确地设置窗体上的 tab 顺序。

AutoSize 属性是一个布尔值, 指定标签是否根据标签的内容自动设置其大小。在多语言应用程序中, Text 属性的长度会根据当前语言的不同而变化, 此时使用这个属性就很有用。

#### 39.3.10 ListView 控件

ListView 控件允许以 4 种不同的方式显示条目。可以显示文本和可选的大图标、显示文本和可选的小图标、在垂直列表中显示文本和小图标, 以及在详细视图中显示条目文本, 并在列中显示子条目。这听起来应很熟悉, 因为 Windows 资源管理器的右边就用这种方式显示文件夹的内容。ListView 包含一个 ListViewItem 集合。ListViewItem 允许设置一个用于显示的 Text 属性, 它的另一个属性 SubItems 包含在详细视图中显示的文本。

ListView 是 .NET Framework 中最灵活的一个控件, 可以设置许多选项来改变条目的外观。例如, 可以把 CheckBoxes 属性设置为 true, 以模拟带复选框的列表框。还可以给条目添加图像、改变视图, 修改列标题的排序方式, 甚至把条目组合到不同的组中。

#### 39.3.11 PictureBox 控件

PictureBox 控件用于显示图像。图像可以是 BMP、JPEG、GIF、PNG、元文件或图标。SizeMode 属性使用 PictureBoxSizeMode 枚举确定图像在控件中的大小和位置。SizeMode 属性可以是 AutoSize、CenterImage、Normal 和 StretchImage。

设置 ClientSize 属性, 可以改变显示的 PictureBox 的大小。要加载 PictureBox, 首先创建一个基于 Image 的对象。例如, 要把 JPEG 文件加载到 PictureBox 中, 需要编写如下代码:

```
Bitmap myJpeg = Bitmap.FromFile("whatever.png") as Bitmap;
pictureBox1.Image = myJpeg;
```

### 39.3.12 ProgressBar 控件

ProgressBar 控件是较长操作的状态的可视化表示。它向用户指出正在进行某个操作, 用户应等待。ProgressBar 控件有效时要设置 Minimum 和 Maximum 属性。这些属性对应于进度指示器的最左端 (Minimum) 和最右端 (Maximum)。设置 Step 属性, 以确定每次调用 PerformStep() 方法时数值的增量。还可以使用 Increment() 方法, 递增在方法调用中传入的值。Value 属性返回 ProgressBar 的当前值。

### 39.3.13 TextBox 控件、RichTextBox 控件与 MaskedTextBox 控件

TextBox 控件是工具箱中最常用的控件之一。TextBox、RichTextBox 和 MaskedTextBox 控件都派生自 TextBoxBase。TextBoxBase 提供了 MultiLine 和 Lines 等属性, MultiLine 属性是一个布尔值, 它允许 TextBox 控件在多行中显示文本。文本框中的每一行都是字符串数组的一部分。这个数组通过 Lines 属性来提供。Text 属性把整个文本框内容返回为一个字符串。TextLength 是返回的文本字符串的总长度。MaxLength 属性把文本的长度限制为指定的数字。

SelectedText、SelectionLength 和 SelectionStart 都处理文本框中当前选中的文本。选中的文本是控件获得焦点时突出显示的文本。

TextBox 控件添加了几个有趣的属性。AcceptsReturn 属性是一个布尔值, 它允许 TextBox 捕获回车键。如果把这个值设置为 false, 按回车键就会激活窗体上的默认按钮。把 AcceptsReturn 属性设置为 true 时, 按回车键就会在文本框中新建一行。CharactorCasing 确定文本框中文本的大小写。CharactorCasing 枚举包含 3 个值 Lower、Normal 和 Upper。Lower 会使所有输入的文本小写, Upper 则把所有文本转变为大写, Normal 把文本显示为输入时的形式。PasswordChar 属性用一个字符表示用户在文本框中输入文本时要显示给用户的内容, 这通常用于输入密码和 PIN。text 属性返回实际输入的文本, 只有显示的内容会受这个属性的影响。

RichTextBox 是一个文本编辑控件, 它可以处理特殊格式的文本。顾名思义, RichTextBox 控件使用 Rich Text Format (RTF) 处理特殊的格式。使用 Selection 属性 SelectionFont、SelectionColor、SelectionBullet 可以修改格式, 使用 SelectionIndent、SelectionRightIndent、SelectionHangingIndent 可以修改段落的格式。所有 Selection 属性的工作方式都相同。如果有一段突出显示的文本, 对 Selection 属性的修改就会影响选中的文本。如果没有选中文本, 这些修改就对当前插入点后面的文本起作用。

控件的文本可以使用 Text 属性或 Rtf 属性检索。Text 属性只返回控件的文本, 而 Rtf 属性返回带格式的文本。

LoadFile() 方法可以用两种不同的方式从文件中加载文本。它可以使用一个表示文件名和路径的字符串, 也可以使用一个流对象。还可以指定 RichTextBoxStreamType。表 39-6 列出了 RichTextBoxStreamType 的值。

表 39-6

值	说 明
PlainText	没有格式信息, 包含 OLE 对象, 允许使用空格
RichNoOleObjs	Rich 文本格式, 但不包含 OLE 对象已经包含的空格

(续表)

值	说 明
RichText	格式化的 RTF, 且包含 OLE 对象
TextTextOleObjs	纯文本, 用文本替换 OLE 对象
UnicodePlainText	与 PlainText 相同, 但编码为 Unicode

SaveFile()方法使用相同的参数,把控件中的数据保存到指定的文件中。如果同名的文件已经存在,就覆盖它。在示例中,RTF 文件包含为应用程序中的一个资源,并在加载窗体时把文本加载到控件中。

MaskedTextBox()可以限制用户在控件中输入的内容,它还可以自动格式化输入的数据。使用几个属性可以验证或格式化用户的输入。Mask 属性包含掩码字符串,掩码字符串类似于格式字符串,使用 Mask 字符串可以设置允许的字符数、允许字符的数据类型和数据的格式。基于 MaskedTextBox 的类也提供了需要的格式化信息和验证信息。MaskedTextBox 只能在传递它的其中构造函数中设置。

有 3 个不同的属性返回 MaskedTextBox 的文本。Text 属性返回控件的当前文本,它可以根据控件是否获得焦点而不同,而控件是否获得焦点取决于 HidePromptOnLeave 属性的值。该提示是一个字符串,告诉用户应输入什么内容。InputText 属性总是只返回用户输入的文本。OutputText 属性根据 IncludeLiterals 和 IncludePrompt 属性返回格式化的文本。例如,如果对电话号码进行掩码,Mask 字符串就应包含圆括号和几条短横线。这些都是字面量字符,如果把 IncludeLiteral 属性设置为 true,圆括号和短横线就应属于文本字符且包含在 OutputText 属性中。

MaskedTextBox 控件还有几个额外的事件。OutputTextChanged 和 InputTextChanged 在 InputText 或 OutputText 改变时触发。

### 39.3.14 Panel 控件

Panel 控件就是包含其他控件的控件。把控件组合在一起,并放在一个面板中,将更容易管理这些控件。例如,可以禁用面板,从而禁用该面板中的所有控件。因为 Panel 控件派生自 ScrollableControl,所以还可以使用 AutoScroll 属性。如果可用区域中有过多的控件要显示,就可以把它们放在一个面板中,并把 AutoScroll 属性设置为 true,现在就可以滚动所有控件了。

面板在默认情况下不显示边框,但把 BorderStyle 属性设置为除了 none 的其他值,就可以使用 Panel 通过边框可视化地组合相关控件。这会使用户界面更友好。

Panel 是 FlowLayoutPanel、TableLayoutPanel、TabPage 和 SplitterPanel 的基类。使用这些控件,可以创建外观非常复杂或专业化的窗体或窗口。FlowLayoutPanel 和 TableLayoutPanel 对创建正确地设置大小的窗体尤其有帮助。

### 39.3.15 FlowLayoutPanel 和 TableLayoutPanel 控件

FlowLayoutPanel 和 TableLayoutPanel 是 .NET Framework 的新增控件。顾名思义,面板可以采用与 Web 窗体相同的样式给 Windows 窗体布局。FlowLayoutPanel 是一个容器,允许以垂直或水平的方式放置包含的控件。除了放置控件之外,还可以剪辑控件。放置的方向使用 FlowDirection 属性和

`FlowDirection` 枚举来设置。`WrapContents` 属性确定在重新设置窗体的大小时, 控件是放在下一行、下一列, 还是剪辑控件。

`TableLayoutPanel` 使用栅格结构控制控件的布局。任何 Windows 窗体控件都是 `TableLayoutPanel` 的子控件, 包括另一个 `TableLayoutPanel`。所以窗口的布局可以非常灵活, 并可以动态设置。把一个控件添加到 `TableLayoutPanel` 中时, 会给属性页面的 `Layout` 类别添加 4 个属性。它们分别是 `Column`、`ColumnSpan`、`Row` 和 `RowSpan`。与 Web 页面上的 html 表一样, 可以给每个控件设置列和行间距。控件默认放置在表的单元格中心处, 但这可以使用 `Anchor` 和 `Dock` 属性改变。

行和列的默认样式可以使用 `RowStyles` 和 `ColumnStyles` 集合改变。这两个集合分别包含 `RowStyle` 和 `ColumnStyle` 对象。`Style` 对象有一个公共属性 `SizeType`。`SizeType` 使用 `SizeType` 枚举来确定列宽或行高。该枚举值包含 `AutoSize`、`Absolute` 和 `Percent`。`AutoSize` 与其他同等控件共享该空间。`Absolute` 允许使用一组像素值来设置大小。`Percent` 要求控件把列或宽度设置为父控件的一个百分比。

行、列和子控件都可以在运行期间添加和删除。`GrowStyle` 属性使用 `TableLayoutPanelGrowStyle` 枚举值来设置在已填满的表中添加一个新控件时, 是给表添加列、行, 还是使表保持固定的大小。如果其值是 `FixedSized`, 则在试图添加另一个控件时, 就抛出一个 `ArgumentException` 异常。如果表中的单元格为空, 控件就放在空单元格中。这个属性仅在表已满, 但要添加控件时起作用。

示例代码中的窗体有 `FlowLayoutPanels` 和 `TableLayoutPanels`, 以说明在面板的控件上重置窗体大小的效果。

### 39.3.16 SplitContainer 控件

`SplitContainer` 控件把 3 个控件组合在一起, 其中有两个面板控件, 在它们之间有一个拆分器。用户可以移动拆分器, 重新设置面板的大小。在重新设置面板的大小时, 面板中的控件也可以重新设置大小。`SplitContainer` 的最佳示例是文件管理器。左侧面板包含文件夹的树型视图, 右侧面板包含文件夹内容的列表视图。用户在拆分器上移动鼠标时, 光标就会改变, 此时可以移动拆分器。`SplitContainer` 可以包含任意控件, 包括布局面板和其他 `SplitContainer`。因此, 可以创建非常复杂、高级的窗体。

拆分器的移动和定位可以用 `SplitterDistance` 和 `SplitterIncrement` 属性控制。`SplitterDistance` 属性确定拆分器与控件左边界或顶边的距离, `SplitterIncrement` 确定在拖动时分隔栏移动的像素值。面板可以使用 `Panel1MinSize` 和 `Panel2MinSize` 属性设置其最小尺寸, 这些属性的单位也是像素。

`Splitter` 控件会引发与移动相关的两个事件 `SplitterMoving` 和 `SplitterMoved`。`SplitterMoving` 事件在移动过程中引发, `SplitterMoved` 在移动结束后引发。它们都接收一个 `SplitterEventArgs`。`SplitterEventArgs` 的 `SplitX` 和 `SplitY` 属性表示 `Splitter` 左上角的 X 和 Y 坐标, X 和 Y 属性表示鼠标指针的 X 和 Y 坐标。

示例代码包含一个穷人的 Windows 资源管理器, 其中使用了 `SplitContainer`、树型视图和列表视图, 来显示目录和文件。

### 39.3.17 TabControl 控件和 TabPages 控件

`TabControl` 允许把相关的组件组合到一系列选项卡页面上。`TabControl` 管理 `TabPage` 集合。有几个属性可以控制 `TabControl` 的外观。`Appearance` 属性使用 `TabAppearance` 枚举确定选项卡的外观。

其值是 FlatButtons、Buttons 或 Normal。Multiline 属性对应一个布尔值，确定是否显示多行选项卡。如果把 Multiline 属性设置为 false，而有多个选项卡不能一次显示出来，就提供一组箭头，允许用户滚动查看剩余的选项卡。

TabPage 的 text 属性是在选项卡上显示的内容。Text 属性也在重写的构造函数中用作参数。

一旦创建了 TabPage 控件，它基本上就是一个容器控件，用于放置其他控件。Visual Studio .NET 中的设计器使用集合编辑器，很容易给 TabControl 控件添加 TabPage 控件。在添加每个页面时都可以设置各种属性。接着把其他子控件拖放到每个 TabPage 控件上。

通过查看 SelectedTab 属性可以确定当前的选项卡。每次选择新选项卡时，都会引发 SelectedIndexChanged 事件。通过侦听 SelectedIndex 属性，再用 SelectedTab 属性确认当前选项卡，就可以对每个选项卡进行特定的处理。例如，可以管理为每个选项卡显示的数据。

### 39.3.18 ToolStrip 控件

ToolStrip 控件是一个用于创建工具栏、菜单结构和状态栏的容器控件。ToolStrip 直接用于工具栏，还可以用作 MenuStrip 和 StatusStrip 控件的基类。

ToolStrip 控件在用作工具栏时，使用一组基于抽象类 ToolStripItem 的控件。ToolStripItem 可以添加公共显示和布局功能，并管理控件使用的大多数事件。ToolStripItem 派生自 System.ComponentModel.Component 类，而不是 Control 类。基于 ToolStripItem 的类必须包含在基于 ToolStrip 的容器中。

Image 和 Text 是要设置的最常见属性。图像可以用 Image 属性设置，也可以使用 ImageList 控件，把它设置为 ToolStrip 控件的 ImageList 属性。然后就可以设置各个控件的 ImageIndex 属性。

ToolStripItem 对应的文本的格式化用 Font、TextAlign 和 TextDirection 属性来处理。TextAlign 设置文本与控件的对齐方式，它可以是 ControlAlignment 枚举中的任意值，默认为 MiddleRight。TextDirection 属性设置文本的方向，其值可以是 ToolStripTextDirection 枚举中的任意值，包括 Horizontal、Inherit、Vertical270 和 Vertical90。Vertical270 把文本旋转 270°，Vertical90 把文本旋转 90°。

DisplayStyle 属性控制在控件上是显示文本、图像、文本和图像，还是什么都不显示。在 AutoSize 设置为 true 时，ToolStripItem 会重新设置其大小，确保只使用最少量的空间。

直接派生自 ToolStripItem 的控件如表 39-7 所示。

表 39-7

ToolStrip Items	说 明
ToolStripButton	表示用户可以选择的按钮
ToolStripLabel	在 ToolStrip 上显示不能选择的文本或图像。ToolStripLabel 还可以显示一个或多个超链接
ToolStripSeparator	用于分解和组合其他 ToolStripItems。根据功能来组合对应项
ToolStripDropDownItem	显示下拉选项。它是 ToolStripDropDownButton、ToolStripMenuItem 和 ToolStripSplitButton 的基类
ToolStripControlHost	在 ToolStrip 上存放其他非 ToolStripItem 的派生控件。它是 ToolStripComboBox、ToolStripProgressBar 和 ToolStripTextBox 的基类

表 39-4 中的后两项 ToolStripDropDownItem 和 ToolStripControlHost 需要详细探讨。ToolStripDropDownItem 是 ToolStripMenuItem 的基类，用于构建菜单结构。把 ToolStripMenuItem 添加到 MenuStrip

控件中。如前所述, MenuStrips 派生自 ToolStrip 控件。在处理和扩展菜单项时, 这很重要。因为工具栏和菜单派生自同一个类, 所以很容易创建用于管理并执行命令的架构。

ToolStripControlHost 可以用于包含其他不派生自 ToolStripItem 的控件。可以直接放在 ToolStrip 中的控件是派生自 ToolStripItem 的控件。

### 39.3.19 MenuStrip 控件

MenuStrip 控件是应用程序菜单结构的容器。如前所述, MenuStrip 派生自 ToolStrip 类。在构建菜单系统时, 要给 MenuStrip 添加 ToolStripMenu 对象。这可以在代码中完成, 也可以在 Visual Studio 的设计器中进行。把一个 MenuStrip 控件拖放到设计器的一个窗体中, MenuStrip 就允许直接在菜单项上输入菜单文本。

MenuStrip 控件只有两个额外的属性。GripStyle 使用 ToolStripGripStyle 枚举把手柄设置为可见或隐藏。MdiWindowListItem 属性接受或返回 ToolStripMenuItem。这个 ToolStripMenuItem 是在 MDI 应用程序中显示所有已打开窗口的菜单。

### 39.3.20 ContextMenuStrip 控件

要显示上下文菜单, 或在用户右击鼠标时显示一个菜单, 就应使用 ContextMenuStrip 类。与 MenuStrip 控件一样, ContextMenuStrip 也是 ToolStripMenuItems 对象的容器, 但它派生自 ToolStripDropDownMenu。ContextMenu 的创建方法与 MenuStrip 相同, 也是添加 ToolStripMenuItems, 定义每一项的 Click 事件, 执行某个特定的任务。把上下文菜单赋予特定的控件, 为此, 要设置控件的 ContextMenuStrip 属性。在用户右击该控件时, 就显示该菜单。

### 39.3.21 ToolStripMenuItem 控件

ToolStripMenuItem 是构建菜单结构的类。每个 ToolStripMenuItem 对象都表示菜单系统上的一个菜单选项。每个 ToolStripMenuItem 都有一个包含子菜单的 ToolStripItemCollection。这个功能继承自 ToolStripDropDownItem。

由于 ToolStripMenuItem 派生自 ToolStripItem, 因此可以使用所有相同的格式化属性。图像在菜单文本的右边显示为小图标。菜单项的旁边可以有复选框标记, 用 Checked 和 CheckState 属性设置对应标记。

还可以给每个菜单项指定快捷键。快捷键一般包含两个按键, 如 Ctrl+C(Copy 的快捷键)。在指定快捷键时, 把 ShowShortcutKey 属性设置为 true, 还可以在菜单上显示该快捷键。

有用起见, 在用户单击菜单项或使用定义好的快捷键时, 菜单项必须执行某个任务。为此, 最常见的方式是处理 Click 事件。如果正在使用 Checked 属性, 则还可以使用 CheckStateChanged 和 CheckedChanged 事件确定选中状态的变化。

### 39.3.22 ToolStripManager 类

菜单结构和工具栏结构可以很大, 这样就难以管理。ToolStripManager 类可以创建较小、易于管理的菜单结构或工具栏结构, 并在需要时合并它们。例如, 如果窗体上有几个不同的控件, 则每个控件都必须显示一个上下文菜单。几个菜单项对于所有控件都要可用, 但每个控件还有几个唯一菜单项。可以在一个 ContextMenuStrip 上定义公共菜单选项, 每个唯一菜单项可以预先定义, 或在

运行期间创建。对于需要为其指定上下文菜单的每个控件，应复制公共菜单选项，再使用 `ToolStripManager.Merge()` 方法把唯一菜单选项与公共菜单选项合并起来。把最后得到的菜单赋予控件的 `ContextMenuStrip` 属性。

### 39.3.23 ToolStripContainer 控件

`ToolStripContainer` 控件用于停靠基于 `ToolStrip` 的控件。当添加一个 `ToolStripContainer` 控件并把 `Docked` 属性设置为 `Fill` 时，就在窗体的两侧边添加了一个 `ToolStripPanel`，在窗体的中间添加了一个 `ToolStripContainerPanel`。在 `ToolStripPanel` 控件中可以添加任意 `ToolStrip` (`ToolStrip`、`MenuStrip` 或 `StatusStrip`)。用户可以选择 `ToolStrips`，把它拖放到窗体的两边或底部。如果把任意 `ToolStripPanel` 控件的 `Visible` 属性设置为 `false`，就不能把 `ToolStrip` 放在面板中了。窗体中心的 `ToolStripContainerPanel` 控件可以用于放置窗体需要的其他控件。

## 39.4 窗体

本章前面讨论了如何创建简单的 Windows 应用程序。该示例包含一个派生自 `System.Windows.Forms.Form` 的类。根据 .NET Framework 文档，“窗体是应用程序中任何窗口的表示方式。”如果您具有 Visual Basic 背景，就会很熟悉术语“窗体”。如果您是使用 MFC 的 C++ 程序员，就可能习惯把窗体称为窗口、对话框或框架。无论怎样，窗体都是与用户交互的基本方式。我们已经介绍了 `Control` 类中一些较常见的属性、方法和事件，而且因为 `Form` 类派生自 `Control` 类，所以在 `Form` 类中存在所有相同的属性、方法和事件。`Form` 类还在 `Control` 类的基础上添加了大量的功能，本节就介绍这些功能。

### 39.4.1 Form 类

Windows 客户端应用程序可以包含一个窗体或上百个窗体。它们可以是基于 SDI(单文档界面, Single Document Interface)或 MDI(多文档界面, Multiple Document Interface)的应用程序。但无论怎样, `System.Windows.Forms.Form` 类都是 Windows 端客户的核心。`Form` 类派生于 `ContainerControl`, `ContainerControl` 又派生自 `ScrollableControl`, `ScrollableControl` 又派生自 `Control` 类。因此可以假定, 窗体可以是其他控件的容器, 当所包含的控件在工作区中显示不下时可以滚动显示, 窗体可以拥有与其他控件相同的许多属性、方法和事件。所以, `Form` 类相当复杂。本节就介绍这些功能。

#### 1. 窗体的实例化和析构

理解创建窗体的过程很重要。我们要完成的工作取决于编写初始化代码的位置。对于实例化, 事件以如下顺序发生:

- 构造函数
- Load
- Activated
- Closing
- Closed
- Deactivate



前3个事件在初始化过程中发生。根据初始化的类型，可以确定要关联哪个事件。这个类的构造函数在对象的实例化过程中执行。Load事件在对象实例化后，窗体可见之前发生。它与构造函数的区别是窗体的可行性。在引发Load事件时，窗体已存在，但不可见。在构造函数的执行过程中，窗体还不存在，仍处在实例化过程中。Activated事件在窗体处于可见状态并处于当前状态时发生。

在某种特殊情形下该顺序略有改变。如果在窗体构造函数执行的过程中，把Visible属性设置为true，或调用了Show()方法(它把Visible属性设置为true)，就会立即引发Load事件。因为这也会使窗体可见，并处于当前状态，所以还会引发Activate事件。如果在设置Visible属性后还有代码，就执行这些代码。所以启动事件的执行顺序如下所示：

- 构造函数，执行到Visible = true为止
- Load
- Activate
- 构造函数，执行Visible = true之后的代码

这可能会产生一些出乎意料的结果。从最佳实践的角度来看，最好在构造函数中进行尽可能多的初始化。

关闭窗体时会发生什么情况？Closing事件可以取消处理，它把CancelEventArgs作为一个参数，如果把Cancel属性设置为true，就会取消该事件，窗体仍处于打开状态。Closing事件在窗体关闭时发生，而Closed事件在窗体关闭后发生。这两个事件都允许执行必要的清理工作。注意，Deactivate事件在窗体关闭后发生，这是另一个可能产生难以查找的错误的来源。确保不在Deactivate事件中执行防止窗体正常地垃圾回收的操作。例如，设置对另一个对象的引用会使窗体仍处于活动状态。

如果调用Application.Exit()方法，且当前有一个或多个窗体处于打开状态，就不会引发Closing和Closed事件。如果打开了正要清理的文件或数据库连接，这就是一个需要考虑的重要问题，此时应调用Dispose()方法，所以另一种更好的方法是把大多数清理代码放在Dispose()方法中。

与窗体的启动相关的一些属性有StartPosition、ShowInTaskbar和TopMost。StartPosition可以是FormStartPosition枚举中的任意一个值：

- CenterParent——窗体位于父窗体的工作区中心。
- CenterScreen——窗体位于当前屏幕的中心。
- Manual——窗体的位置根据Location属性的值来确定。
- WindowsDefaultBounds——窗体位于默认的Windows位置，使用默认的大小。
- WindowsDefaultLocation——窗体位于默认的Windows位置，但其大小根据Size属性来定。

ShowInTaskbar属性确定窗体是否应在任务栏上可用。只有窗体是一个子窗体，且只希望父窗体显示在任务栏上时，才使用这个属性。TopMost属性指定窗体在应用程序启动时位于层次关系的最上面，即使窗体没有立即获得焦点，也位于最上面。

为了让用户与应用程序交互，用户必须能看到窗体。利用Show()和.ShowDialog()方法就可以实现这一点。Show()方法仅使窗体对用户可见。下面的代码说明了如何创建一个窗体，并把它显示给用户。假定要显示的窗体被命名为MyFormClass：

```
MyFormClass myForm = new MyFormClass();
myForm.Show();
```

这非常简单。但它的一个缺点是没有给主调代码返回任何通知，说明MyForm已处理完，并退

出(除非关联到窗体上的 `Closing` 或 `Closed` 事件)。有时这并不重要, `Show()`方法工作得很好。如果需要提供某种通知,使用 `ShowDialog()`方法是一种比较好的选择。

在调用 `Show()`方法后, `Show()`方法后面的代码会立即执行。在调用 `ShowDialog()`方法后,主调代码被暂停执行,等到调用 `ShowDialog()`方法的窗体关闭后再继续执行。不仅主调代码被暂停执行,而且窗体也可以返回一个 `DialogResult` 值。`DialogResult` 枚举是一个标识符列表,它们描述了对话框关闭的原因,包括 `OK`、`Cancel`、`Yes`、`No` 和其他几个标识符。为了让窗体返回一个 `DialogResult` 值,必须设置窗体的 `DialogResult` 属性,或者在窗体的一个按钮上设置 `DialogResult` 属性。

例如,假定应用程序的一部分要求提供客户的电话号码。窗体包含一个输入电话号码的文本框,和两个按钮 `OK` 和 `Cancel`。如果把 `OK` 按钮的 `DialogResult` 属性设置为 `DialogResult.OK`,把 `Cancel` 按钮的 `DialogResult` 属性设置为 `DialogResult.Cancel`,则在选择其中一个按钮时,窗体不可见,并给调用它的窗体返回相应的 `DialogResult` 值。现在注意窗体没有销毁,只是把 `Visible` 属性设置为 `false`。这是因为仍必须从窗体中获取值。在这个示例中,我们需要电话号码。在窗体上为电话号码创建一个属性,这样父窗体就可以获取对应值,并调用窗体上的 `Close()`方法。下面就是子窗体的代码:

```
namespace FormsSample.DialogSample
{
    partial class Phone: Form
    {
        public Phone()
        {
            InitializeComponent();
            btnOK.DialogResult = DialogResult.OK;
            btnCancel.DialogResult = DialogResult.Cancel;
        }

        public string PhoneNumber
        {
            get { return textBox1.Text; }
            set { textBox1.Text = value; }
        }
    }
}
```

首先要注意,不包含处理按钮的 `Click` 事件的代码。因为设置了每个按钮的 `DialogResult` 属性,所以在单击 `OK` 或 `Cancel` 按钮后,窗体就消失了。添加的唯一属性是 `PhoneNumber`。下面的代码显示了父窗体中调用 `Phone` 对话框的方法:

```
Phone frm = new Phone();
frm.ShowDialog();
if (frm.DialogResult == DialogResult.OK)
{
    label1.Text = "Phone number is " + frm.PhoneNumber;
}
else if (frm.DialogResult == DialogResult.Cancel)
{
    label1.Text = "Form was canceled. ";
}
frm.Close();
```

这看起来非常简单。创建新的 Phone 对象 frm，在调用 frm.ShowDialog()方法时，这个方法中的代码会停止执行，等待 Phone 窗体返回。接着检查 Phone 窗体的 DialogResult 属性。由于窗体还未销毁，仅使它不可见，所以仍可以访问公共属性，其中一个公共属性就是 PhoneNumber。一旦获取了需要的数据，就可以调用窗体上的 Close()方法。

因为在窗体关闭之前可以在对话框中验证控件，所以在本例中可以验证电话号码的格式(并相应地更新 OK 按钮的 Enabled 状态)。

## 2. 外观

用户首先看到的是应用程序的窗体。它应是应用程序中首要的功能。如果应用程序不解决业务问题，其外观就无关紧要。这并不是说，窗体和应用程序的整体 GUI 设计不应美观。像颜色组合、字体大小和窗口大小等的设计都可以使应用程序更吸引用户。

有时不希望用户访问系统菜单。在单击窗口左上角的图标时，这个菜单就会显示出来。一般情况下，它包含还原、最小化、最大化和关闭等选项。ControlBox 属性允许设置系统菜单的可见性。还可以用 MaximizeBox 和 MinimizeBox 属性设置 Maximize 和 Minimize 按钮的可见性。如果删除所有按钮，再把 Text 属性设置为空字符串("")，标题栏就会完全消失。

如果设置了窗体的 Icon 属性，但没有把 ControlBox 属性设置为 false，图标就会显示在窗体的左上角。通常应把 Icon 属性设置为 app.ico，这会使每个窗体的图标都与应用程序的图标相同。

FormBorderStyle 属性用于设置显示在窗体周围的边框类型。它使用 FormBorderStyle 枚举，其值是：

- Fixed3D
- FixedDialog
- FixedSingle
- FixedToolWindow
- None
- Sizable
- SizableToolWindow

大多数值的意义都一目了然，只有两个工具窗口边框除外。无论怎样设置 ShowInTaskBar 属性，Tool 窗口都不显示在任务栏中。当用户按 Alt+Tab 组合键时，Tool 窗口也不会显示在窗口列表中。默认设置是 Sizable。

除非明确要求，否则大多数 GUI 元素的颜色都应设置为系统颜色，而不是特定的颜色。这样，如果一些用户喜欢把所有按钮设置为紫字绿底，应用程序就会采用这种颜色设置。为了把控件设置为使用特定的系统颜色，必须调用 System.Drawing.Color 类的 FromKnownColor()方法。FromKnownColor()方法将一个 KnownColor 枚举值作为其参数。在该枚举中定义了许多颜色和 GUI 元素的各种颜色，如 Control、ActiveBorder 和 Desktop。例如，如果窗体的背景色应总是匹配 Desktop 颜色，就应使用下面的代码：

```
myForm.BackColor = Color.FromKnownColor(KnownColor.Desktop);
```

现在如果用户改变桌面的颜色，窗体的背景色也会随之改变。这将给应用程序增加友好性。用户可以为桌面选择某种奇怪的颜色组合，但这由他们的偏好决定。

Windows XP 引入了一个命名为可视化样式的特性。当鼠标指针悬停在按钮、文本框、菜单和其他控件上或单击它们时，这些控件的外观会改变，并做出响应，这些相应的改变方式由可视化样式控制。调用 `Application.EnableVisualStyles()` 方法，可以启用应用程序的可视化样式。因为这个方法必须在实例化任何类型的 GUI 之前调用，所以它一般在 `Main()` 方法中调用，如下面的示例所示：

```
[STAThread]
static void Main()
{
    Application.EnableVisualStyles();
    Application.Run(new Form1());
}
```

这段代码允许支持可视化样式的各种控件采用可视化样式。由于 `EnableVisualStyles()` 方法存在一个问题，所以必须在调用 `EnableVisualStyles()` 方法之后立即添加 `Application.DoEvents()` 方法。这应能解决工具栏上的图标在运行期间开始消失的问题。`EnableVisualStyles()` 方法仅可用于 .NET Framework 1.1 中。

对于控件，还有一个必须完成的任务。大多数控件都提供 `FaltStyle` 属性，它把 `FaltStyle` 枚举作为其值。这个属性可以接受如下 4 个不同值中的一个：

- Flat——控件显示为没有 3D 轮廓的平面图形。
- Popup——类似于 Flat，但当鼠标指针悬停在控件上时，控件显示为 3D 模式。
- Standard——控件显示为 3D 模式。
- System——控件的外观由操作系统控制。

为了启用可视化样式，控件的 `FaltStyle` 属性应设置为 `FaltStyle.System`。应用程序现在采用 XP 的外观并支持 XP 的主题。

### 39.4.2 多文档界面

当应用程序可以显示同一窗体类型的多个实例，或以某种方式包含不同的窗体时，就应使用 MDI 类型的应用程序。分别例如，可以同时显示多个编辑器窗口的文本编辑器和 Microsoft Access，可以在 Access 中同时打开查询窗口、设计窗口和表窗口。这些窗口都不会超出主 Access 应用程序的边界。

包含本章示例的项目就是一个 MDI 应用程序，项目中的 `MainForm` 窗体就是 MDI 父窗体。把 `IsMdiContainer` 设置为 `true`，会把任何窗体设置为 MDI 父窗体。如果在设计器中创建窗体，注意其背景就会变成暗灰色，这说明它是一个 MDI 父窗体。仍可以给该窗体添加控件，但最好不要这么做。

为了使子窗体成为 MDI 子窗体，子窗体需要一个对其父窗体的链接。为此，应把子窗体的 `MdiParent` 属性设置为父窗体。在这个例子中，所有子窗体都用 `ShowMdiChild()` 方法创建，它的参数是要显示的子窗体的一个引用。把 `MdiParent` 属性设置为 `this` (它引用 `mdiParent` 窗体) 后，就显示该窗体。

MDI 应用程序的一个问题是，在任意给定时刻可以打开几个子窗体。对当前活动的子窗体的引用可以使用父窗体的 `ActiveMdiChild` 属性来检索。这通过 Window 菜单上 `Current Active` 菜单项来说明。单击该菜单项，会显示一个包含窗体的名称和文本值的消息框。

子窗体可以调用 `LayoutMdi()` 方法来安排。`LayoutMdi()` 方法把 `MdiLayout` 枚举值作为参数。其值可以是 `Cascade`、`TileHorizontal` 和 `TileVertical`。

### 39.4.3 创建自己的用户控件

除了使用内置控件之外，还可以创建自己的自定义控件，再在应用程序中重用它们。自定义控件有两类：派生自 `UserControl` 基类的控件，和派生自 `Control` 基类的控件。`UserControl` 是最容易创建的类型，因为可以从工具箱的其他控件中撰写用户控件。一般仅在内置控件不能用于完成希望的工作时，才编写自定义控件。因为已经有许多图书用整本书的篇幅来讲述自定义控件的创建，所以这里仅讨论用户控件。

本节将构建如图 39-10 所示的用户控件，其中包含一个错误提供程序验证器，并提供其字段，以供重用。这个示例的代码可参见本章代码下载中的 02 `UserControl` 文件夹。

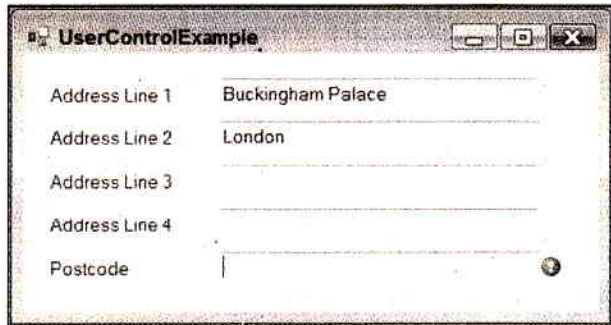


图 39-10

首先需要构建一个新的用户控件，为此可以使用 `Solution Explorer` 或项目菜单。一旦创建它，就有了一个派生自 `UserControl` 的类，接着可以把其他控件拖放到设计界面中。在这个示例中，使用一组标签控件和一组文本框控件来实现图 39-10 所示的功能。

一旦布置好 UI，就可以给控件定义锚定行为。这很重要，因为它允许用户控件在其大小改变时正确地重置大小。在示例控件中，每个文本框都把对齐方式设置为 `Left + Top + Right`，在列表框的右边提供少量空间，以显示任何验证错误。

除了文本框之外，再给用户控件添加一个 `ErrorProvider` 对象，以便在用户在某控件四周来回移动时显示验证错误。因为前两个地址字段和邮政编码指定了验证错误，所以它们是强制验证的。

一旦对用户控件的设计和实现方式满意后，就可以编译它，并在 `Visual Studio` 的工具面板上显示它。接着就可以根据需要在任意应用程序中重用该用户控件。

## 39.5 小结

本章介绍了建立基于 `Windows` 的客户端应用程序的基础知识。本章解释了许多基本控件，具体方法是讨论了 `Windows.Forms` 名称空间的层次结构，论述了控件的各种属性和方法。

我们还阐述了如何创建基本用户控件。创建自己的控件的作用和灵活性，无论如何强调都不过分。通过创建自己的自定义控件对应的工具箱，基于 `Windows` 的客户端应用程序将更容易开发和测试，因为可以多次重用测试过的同一组件。

# 第 40 章

## 核心 ASP.NET

本章内容:

- ASP.NET 简介
- 创建 ASP.NET Web 窗体
- 使用 ADO.NET 绑定数据
- 配置应用程序

如果您是 C# 和 .NET 领域的新手,那么可能会奇怪为什么本书要包含介绍 ASP.NET 的内容。这是一种全新的语言,对吗?但实际上并非如此。事实上,眼见为实,使用 C# 可以创建 ASP.NET 页面。

ASP.NET 是 .NET Framework 的一部分;在通过 HTTP 请求建立文档时,该技术可以在 Web 服务器上动态地创建文档。该文档主要是 HTML 和 XHTML 文档,尽管也可以创建 XML 文档、CSS(Cascading Style Sheet, 级联样式表)文件、图像、PDF 文档,或者支持 MIME 类型的任何其他文档。

在某些方面,ASP.NET 类似于许多其他技术,如 PHP、ASP、ColdFusion 等,但它们有一个重要的区别。顾名思义,ASP.NET 可以与 .NET Framework 完全集成,其中一部分包含了对 C# 的支持。

您可能使用过允许创建动态内容的 ASP(Active Server Page, 动态服务器页面)技术。这种技术使用脚本语言,如 VBScript 或 JavaScript 来编程,结果却不是很好。但对于那些习惯于“正确的”已编译编程语言的人,这种技术很笨拙,肯定会导致性能的损失。

与更高级的编程语言相比,一个主要区别是 ASP.NET 提供了完整的服务器端对象模型,可以在运行时使用。ASP.NET 可以在功能丰富的环境中把页面上的所有控件作为对象来访问。在服务器端,还可以访问其他 .NET 类,与许多有用的服务集成起来。在页面上使用的控件提供了许多功能,实际上可以完成 Windows 窗体类的几乎所有功能,Windows 窗体类非常大的灵活性。因此,生成 HTML 内容的 ASP.NET 页面通常称为 Web 窗体。

本章将详细介绍 ASP.NET,包括 ASP.NET 如何工作,ASP.NET 可以完成什么任务,以及什么地方适合使用 C#。

### 40.1 ASP.NET 概述

ASP.NET 使用 IIS, Internet 信息服务(Internet Information Service)来传送内容,以响应 HTTP 请求。ASP.NET 页面在.aspx 文件中,该技术的基本体系结构如图 40-1 所示。

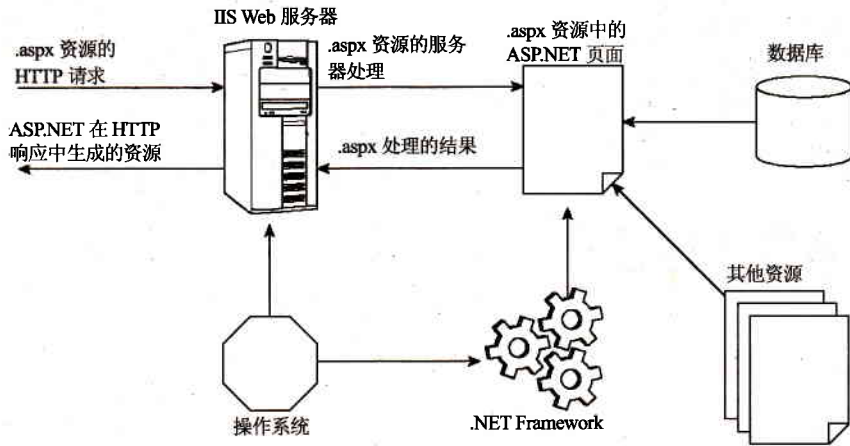


图 40-1

Hello!

#### 40.1.1 ASP.NET 文件的处理方式

在 ASP.NET 处理过程中，可以访问所有 .NET 类、C# 或其他语言创建的自定义组件、数据库等。实际上，这与运行 C# 应用程序一样；在 ASP.NET 中使用 C# 实际上就是在运行 C# 程序。

ASP.NET 文件可以包含下述内容：

- 服务器的处理指令
- C#、VB .NET、Jscript .NET 代码或 .NET Framework 支持的其他语言的代码
- 对应已生成资源的窗体内容，如 HTML
- 客户端的脚本代码，如 JavaScript
- 内嵌的 ASP.NET 服务器控件

实际上，ASP.NET 文件也可以很简单，如下所示。

结果很简单，返回一个只包含这个文本的 HTML 页面(因为 ASP.NET 页面的默认输出是 HTML)。本章后面会提到，也可以把代码的某些部分分解为其他文件，这可以提供更合理的结构。

#### 40.1.2 Web 站点和 Web 应用程序

在 ASP.NET 中，可以创建 Web 站点和 Web 应用程序。虽然这两个术语都表示提供 ASP.NET、C# 和其他文件的一个集合，但它们的处理方式略有区别。

在 Web 站点上，所提供的任何代码都在需要时动态地编译。这一般意味着，代码在第一次访问站点时编译。Web 站点的 .cs 文件存储在 Web 服务器上，这表示可以上传这些文件的新版本，以修改这些文件，这会在下一次访问站点时重新编译代码。

相反，Web 应用程序在部署到 Web 服务器中之前编译，且不包含 .cs 文件。而是把一个预编译的程序集和 ASP.NET 页面部署到服务器中。

一般情况下，大多数 ASP.NET 程序员都喜欢使用 Web 应用程序模型，而且有一些技术只能用于 Web 应用程序，如 MVC。Web 站点主要用于开发阶段，在开发阶段，其中需要对代码进行快速

修改, 不适合进行完整的部署。

### 40.1.3 ASP.NET 中的状态管理

ASP.NET 页面的一个重要属性是它们实际上是无状态的。在默认情况下, 在用户的请求之间, 并没有信息存储在服务器上(尽管有一些方法可以完成存储信息的任务, 详见下面的内容)。这初看起来有点奇怪, 因为状态管理对于用户友好的交互会话非常重要。但是, ASP.NET 提供了一种变通方式来解决这个问题, 从而使会话管理几乎完全透明。

简言之, Web 窗体上控件的状态信息(包括文本框中输入的数据、下拉列表中的选项等)存储在隐藏的 `viewstate` 字段中, 这个字段是服务器生成的页面的一部分, 并传递给用户。后续的操作称为回发(`postback`), 例如, 触发需要服务器端处理的事件, 提交窗体数据, 从而把这些信息发送回服务器。在服务器上, 这些信息用于重新填充页面对象模型, 以便作用于它, 就像在本地进行修改一样。

稍后详细介绍这个主题。

## 40.2 ASP.NET Web 窗体

如前所述, ASP.NET 中的许多功能使用 Web 窗体实现。稍后我们将创建一个简单的 Web 窗体, 开始深入探讨这种技术。但这里先回顾 Web 窗体设计的一些相关要点。

注意一些 ASP.NET 开发人员仅使用文本编辑器(如 Notepad)创建文件。这里不推荐这么做, 因为 Visual Studio 或 Web Developer Express 等 IDE 提供的优点很重要, 只是使用 Notepad 等文本编辑器是创建文件的一种方法, 所以这里值得提及它。如果使用文本编辑器, 则把 Web 应用程序的哪些部分放在什么地方等方面有非常大的灵活性, 例如, 可以把所有代码都组合到一个文件中。为此, 把代码放在 `<script>` 元素中, 在起始 `<script>` 标记中使用两个属性, 如下所示:

```
<script language="c#" runat="server">
    // Server-side code goes here.
</script>
```

这里的 `runat="server"` 属性很重要, 因为它指示 ASP.NET 引擎在服务器上执行这段代码, 而不是把它发送给客户端, 因此可以访问前面讨论的功能丰富的环境。我们可以在服务器端脚本块中放置函数、事件处理程序等。

如果省略 `runat="server"` 属性, 实际上就是在提供客户端代码, 如果使用本章后面要介绍的服务器端编码风格, 就会失败。但是, 可以使用 `<script>` 元素提供 JavaScript 等语言编写的客户端脚本。例如:

```
<script language="JavaScript" type="text/JavaScript">
    // Client-side code goes here; you can also use "vbscript".
</script>
```



`type` 属性是可选的, 但如果需要兼容 HTML 和 XHTML 标准, 它就是必需的。



在页面中添加 JavaScript 代码的功能也包含在 ASP.NET 中，这好像有点奇怪。但是，JavaScript 允许给 Web 页面添加动态的客户端操作，这非常有用。Ajax 编程就允许添加 JavaScript 代码，详见第 41 章。

可以在 Visual Studio 中创建 ASP.NET 文件，这非常重要，因为我们已经熟悉了在这个环境中进行 C# 编程。在这个环境中，Web 应用程序的默认项目设置提供了一种比单个 .aspx 文件略微复杂的结构，这并不是问题，但它使程序逻辑性更强(更接近编程，而不像 Web 开发人员的风格)。出于上述原因，本章将使用 Visual Studio 进行 ASP.NET 编程(而不是 Notepad)。

.aspx 文件也可以包含括在“<%”和“%>”标记中的代码块。但是，函数定义和变量声明不能放在这里。然后，可以插入代码，当执行到块时就执行这些代码，当输出简单的 HTML 内容时，这很有效。这种行为类似于旧风格的 ASP 页面的行为，但有一个重要的区别：代码是已经编译好的，不是解释性的。这样，性能会好得多。

下面举一个示例。在 Visual Studio 中，使用 File | New | Web Site 菜单项创建一个新的 Web 站点，或者使用 File | New | Project 菜单项创建一个新的 Web 应用程序。在这两种情况下，都会打开一个对话框。在对话框中选择 Visual C# 语言类型和对应的模板。对于 Web 站点，还有另一个选项。Visual Studio 可以在几个不同的位置创建 Web 站点：

- 在本地 IIS Web 服务器上
- 在本地磁盘上，它配置为使用内置的 Visual Web Developer Web 服务器
- 可通过 FTP 访问的任意位置
- 支持 Front Page Server Extensions 的远程 Web 服务器上

不必考虑后两个选项，因为它们使用远程服务器，所以现在应选择前两项。一般情况下，IIS 是安装 ASP.NET Web 站点的最佳位置，因为它最接近部署 Web 站点时需要的配置。另一个选项使用内置的 Web 服务器，适合于测试，但有一些限制：

- 只有本地计算机能访问 Web 站点
- 访问 SMTP 等服务受到限制
- 安全模型与 IIS 不同——应用程序运行在当前用户的账户下，而不是运行在 ASP.NET 的特定账户下

最后一点需要澄清，因为在访问数据库或其他需要验证身份的数据时，安全性非常重要。在默认情况下，运行在 IIS 上的 Web 应用程序会在 IIS5Web 服务器的 ASPNET 账户下运行，或在 IIS6 及其更高版本的 NT AUTHORITY\NETWORK SERVICES 账户下运行。如果使用 IIS，这是可配置的；但如果使用内置的 Web 服务器，就不能配置它。

为了便于说明，但同时因为计算机上可能没有安装 IIS，所以可以使用内置的 Web 服务器。由于在这个阶段不必担心安全性，所以这个阶段很简单。

Web 应用程序不会像 Web 站点那样提示选择位置。Web 站点必须在单独的一步中部署到 Web 服务器中——尽管在测试时，它们会使用 VWD Web 服务器。

在 C:\ProCSharp\Chapter40 目录下使用 File System 选项和 Empty Web Site 模板创建一个新的 ASP.NET Web Site，命名为 PCSWebSite1，如图 40-2 所示。

# 第 41 章

## ASP.NET 的功能

本章内容:

- 用户控件和自定义控件
- 母版页
- 站点导航
- 安全性
- 主题
- Web 部件
- ASP.NET AJAX

本章将介绍 ASP.NET 提供的一些技术,以改进 Web 站点和应用程序。这些技术更便于创建 Web 站点和应用程序,添加高级功能,提升用户的体验。

虽然有时内置的 Web 控件功能强大,但不符合具体项目的需求。本章第一部分将介绍对于控件开发人员可用的选项,并汇编一些简单的用户控件,我们还将介绍构建高级控件的基础知识。

接着介绍母版页,这个技术可以为 Web 站点提供模板。使用母版页可以通过 Web 站点和大量重用代码,在 Web 页面上实现复杂的布局。本章还将说明如何使用 Web 导航服务器控件和母版页,在 Web 站点上提供一致的导航。

可以使站点导航特定于用户,只允许某些用户(通过站点注册的用户,或站点管理员)访问某些部分。本章还将介绍 Web 站点的安全性和登录方式,通过那些登录 Web 登录服务器控件很容易实现该功能。

之后介绍一些高级技巧,即提供和选择 Web 站点的主题,如何使用 Web 部件定位和定制页面上的控件,让用户动态地个性化 Web 页面。

最后,本章用大量篇幅介绍 ASP.NET AJAX。这种技术是提升用户体验的一个强大方式,它允许 Web 站点和应用程序独立地更新页面的一部分,简化添加客户端功能的过程,来加快响应的速度。

本章大部分内容将引用一个大型示例 Web 站点,它包含本章和上一章介绍的所有技术。这个 Web 站点 PCSDemoSite (和本章的其他代码)可以从 [www.wrox.com](http://www.wrox.com) 和本书附赠光盘中找到。相关的代码段会在需要时列出,其他代码(大多数是前面介绍的空白样板内容或简单代码)请读者自学。

## 41.1 用户控件和自定义控件

有时, 给定控件的工作方式并不像所期望的那样, 也可能是一部分代码本用于在多个页面上重用, 但是多个开发人员实现起来却相当复杂。在这些情况下, 就需要构建用户自己的控件。

.NET Framework 使用简单的编程技术, 为自定义控件的创建提供了一个理想的设置。ASP.NET 服务器控件的每个方面都可以随意定制, 包括模板制作、客户端脚本编写等功能。但是, 也不必为所有这些偶然事件编写代码; 控件越简单, 创建就越容易。

另外, .NET 系统中固有的程序集动态查询功能使 Web 站点和应用程序在新 Web 服务器上的安装如同复制包含代码的目录结构一样简单。要使用自己创建的控件, 只需复制包含这些控件的程序集和其他代码即可。甚至可以把频繁使用的控件放在 Web 服务器上一个位于全局程序集缓存(GAC)的程序集中, 这样服务器上的所有 Web 站点和应用程序就可以访问它们了。

本章将介绍两类不同的控件:

- 用户控件——如何把现有的 ASP.NET 页面转化为控件
- 自定义控件——如何即组合几个控件的功能、扩展现有的控件, 以及从头新建控件

我们将创建一个简单的控件, 显示一副扑克牌(黑桃、方块、红桃或梅花), 以便轻松地把它嵌入到其他 ASP.NET 页面中, 以此来阐明用户控件的用法。对于自定义控件, 不打算详细介绍, 只探讨基本规则和查找自定义控件的地址。

### 41.1.1 用户控件

用户控件是用 ASP.NET 代码创建的控件, 就像在标准的 ASP.NET Web 页面中创建控件一样, 不同之处在于一旦创建了用户控件, 就可以轻松地在多个 ASP.NET 页面中重用它们。

例如, 假定已经创建了一个显示数据库中信息的页面, 信息也许是关于订单的, 就不必创建一个固定的页面去显示信息, 而可以把相关代码放到用户控件中, 然后把该控件插入到任意多个不同的 Web 页面中。

此外, 可以给用户控件定义属性和方法, 例如, 可以指定在 Web 页面上显示数据库表时背景色的属性, 或者指定一个方法, 重新进行数据库查询, 以检查数据库中的变化。

下面创建一个简单的用户控件。

#### 一个简单的用户控件

在 Visual Studio 中, 在 C:\ProCSharp\Chapter41 目录下新建一个空白网站——PCUserCWebApp1。生成 Web 站点后, 就可以选择 Website | Add New Item 菜单选项, 添加名称为 PCUserC1.ascx 的 Web 用户控件。

给项目添加的文件的扩展名为 .ascx 和 .ascx.cs, 它们的工作方式与前面的 .aspx 文件非常相似。 .ascx 文件包含 ASP.NET 代码, 看起来与普通的 .aspx 文件非常相似。 .ascx.cs 文件是代码隐藏文件, 它为用户控件定义了自定义代码, 定义的方式与在 .aspx.cs 文件中扩展窗体的方式相同。

与 .aspx 文件相似, 也可以在设计视图或源视图中查看 .ascx 文件。在源视图中查看文件, 可以发现一个重要的区别: .ascx 文件没有显示 HTML 代码, 特别是没有 <form> 元素。原因在于: 用户控件要插入到其他文件的 ASP.NET 窗体中, 因此不需要自己的 <form> 标记。生成的代码如下所示:

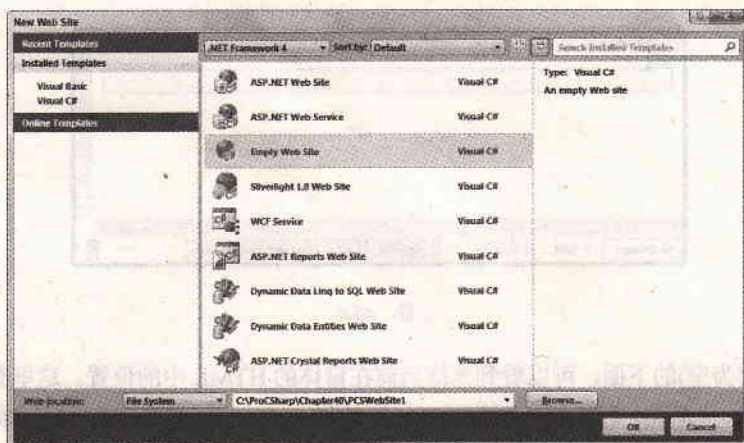


图 40-2



注意, 这里不使用 ASP.NET Web Site 模板, 为了使第一个例子简单一些。ASP.NET Web Site 模板包含 Master Pages 等技术, 下一章会讨论 Master Pages。

稍后, Visual Studio .NET 应构建如下内容:

- 新的解决方案 PCSWebApp1, 包含 C# Web 站点 PCSWebApp1
- Web.config, Web 应用程序的配置文件

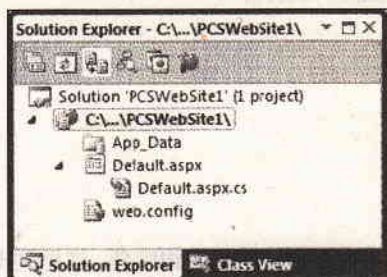


图 40-3

接着需要添加 Web 页面。这可以通过 Website | Add New Item 菜单项完成。选择 Web Form 模板, 不修改其他设置(文件名使用 Default.aspx, 并选中 Place code in separate file 选项), 再单击 Add 按钮。这会添加如下内容:

- Default.aspx, Web 应用程序中的第一个 ASP.NET 页面
- Default.aspx.cs, Default.aspx 的代码隐藏类文件

这些都可以在 Solution Explorer 窗口中看到, 如图 40-3 所示。

可以在设计视图或源代码(HTML)视图中查看.aspx 文件。这与 Windows 窗体(参见第 39 章)完全相同。Visual Studio 中的初始视图是 Default.aspx 的设计视图或源视图(使用左下角的按钮可以切换视图, 或在分隔视图中同时查看这两个视图)。设计视图如图 40-4 所示。

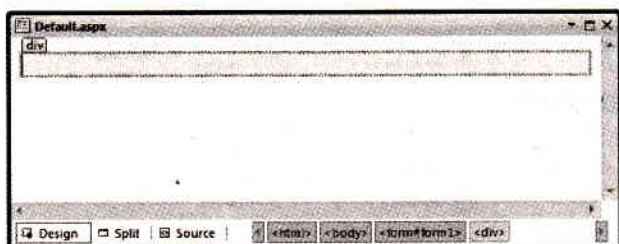


图 40-4

在窗体(当前为空)的下面,可以看到光标当前在窗体的 HTML 中的位置。这里光标在<form>元素的<div>元素中,<form>元素在页面的<body>元素中。<form>元素显示为<form#form1>,用它的id 属性标识该元素,这在后面将会看到。<div>元素也标识在设计视图中。

页面的源代码视图显示了在.aspx 文件中生成的代码:



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
<%@ Page Language="C#" AutoEventWireup="true" CodeFile="Default.aspx.cs"
    Inherits="_Default" %>
<!DOCTYPE html PUBLIC "-//W3C//DTD XHTML 1.0 Transitional//EN"
    "http://www.w3.org/TR/xhtml1/DTD/xhtml1-transitional.dtd">
<html xmlns="http://www.w3.org/1999/xhtml">
<head runat="server">
    <title> </title>
</head>
<body>
    <form id="form1" runat="server">
        <div>
        </div>
    </form>
</body>
</html>
```

代码段 PCSWebSite1/Default.aspx

如果读者熟悉 HTML 语法,就会觉得这些代码很眼熟。这里列出了 HTML 页面中遵循 XHTML 架构所需的基本代码,并包含几行额外的代码。最重要的元素是<form>,它的id 属性是 form1,这个元素将包含 ASP.NET 代码。这里最重要的属性是 runat。与本节前面的服务器端代码块相同,把这个属性设置为 server,表示窗体的处理将在服务器上进行。如果没有包含这个属性,就不会在服务器端上完成任何处理,窗体也不会执行任何操作。在 ASP.NET 页面中,只有一个服务器端<form>元素。

这段代码中另一项比较重要的内容是顶部的<%@ Page %>标记,它定义了对于 C# Web 应用程序开发人员非常重要的页面特征。首先,Language 属性指定在页面中使用 C#语言,与前面的<script>块相同(Web 应用程序默认的语言是 VB,使用 Web.config 配置文件可以修改这个属性,本章后面将讲述着一点)。下面的 3 个属性 AutoEventWireup、CodeFile 和 Inherits 用于把 Web 窗体关联到代码隐藏文件中的一个类上,这里是 Default.aspx.cs 文件中的部分类\_Default。这就需要讨论 ASP.NET 代码模型的相关内容。

### 40.2.1 ASP.NET 代码模型

在 ASP.NET 中, 布局(HTML)代码、ASP.NET 控件和 C#代码用于生成用户看到的 HTML。布局和 ASP.NET 代码存储在.aspx 文件中, 也就是上一节的.aspx 文件。用于定制窗体的行为的 C#代码包含在.aspx 文件中, 也可以同前面的例子, 放在一个单独的.aspx.cs 文件中, 该文件通常称为代码隐藏文件。

对于 Web 站点项目, 在处理 ASP.NET Web 窗体时, 一般在用户请求页面时, 尽管可以预编译站点, 但此时会发生几个事件:

- ASP.NET 进程检查页面, 确定必须创建什么对象, 以实例化页面对象模型。
- 为页面动态创建一个基类, 包括页面上控件的成员和这些控件的事件处理程序(如按钮单击事件)。
- 包含在.aspx 页面中的其他代码与这个基类合并, 从而构成完整的对象模型。
- 编译所有代码, 并缓存起来, 以备处理随后的请求。
- 生成 HTML, 并把 HTML 返回给用户。

Web 应用程序的处理过程与此类似, 尽管不需要动态编译, 因为根据定义, Web 应用程序是预编译的。

在 Web 站点 PCSWebApp1 中, 为 Default.aspx 生成的代码隐藏文件的内容最初非常少。首先, 查看可能需要在 ASP.NET Web 页面中使用的默认名称空间引用的集合:



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.Linq;
using System.Web;
using System.Web.UI;
using System.Web.UI.WebControls;
```

代码段 PCSWebSite1/Default.aspx.cs

在这些引用的下面, Default.aspx 部分类的定义几乎完全是空的:

```
public partial class _Default : System.Web.UI.Page
{
    protected void Page_Load(object sender, EventArgs e)
    {
    }
}
```

这里可以使用 Page\_Load() 事件处理程序添加在加载页面时需要的任何代码。在添加更多事件处理程序时, 这个类文件会包含越来越多的代码。注意没有把这个事件处理程序关联到页面上的代码, 如前所述, 事件处理程序由 ASP.NET 运行库推断。这要归功于 AutoEventWireup 属性, 把它设置为 false, 表示必须自己在代码中把事件处理程序与事件关联起来。

这个类是一个部分类的定义, 因为前面介绍的过程需要它。在预编译页面时, 会从页面的 ASP.NET 代码中创建一个单独的部分类的定义, 这包括添加到页面中的所有控件。在设计期间, 编译器会推断这个部分类的定义, 以便在代码隐藏中使用 IntelliSense, 来引用页面上的控件。

## 40.2.2 ASP.NET 服务器控件

因为前面生成的代码并不能完成许多工作，所以下面应添加一些内容。在 Visual Studio 中使用 Web 窗体设计器，它支持拖放操作，其方式与 Windows 窗体设计器相同。

可以添加到 ASP.NET 页面中的控件有 3 种类型：

- **HTML 服务器控件**——这些控件模拟 HTML 元素，HTML 开发人员会很熟悉它们。
- **Web 服务器控件**——这是一组新的控件，其中一些控件的功能与 HTML 控件相同，但它们的属性和其他元素有一个公共的命名模式，便于进行开发，而且可以与相似的 Windows 窗体控件保持一致。还有一些全新的、非常强大的控件，如本章后面所述。Web 服务器控件有几种类型，包括标准控件，如按钮、验证用户输入的验证控件、简化用户管理的登录控件，以及处理数据源的一些较复杂的控件。
- **自定义控件和用户控件**——由开发人员定义的控件，可以用第 41 章介绍的许多方式来创建它们。



下一节列出了许多常用 Web 服务器控件及其使用说明的完整列表。下一章将介绍其他控件。本章没有介绍 HTML 控件。这些控件提供的功能，Web 服务器也能提供，而且 Web 服务器控件为熟悉编程的开发人员提供了一个功能比 HTML 更丰富的环境。如果学会如何使用 Web 服务器控件后，使用 HTML 服务器控件就不难了。更多信息可以参阅清华大学出版社引进并出版的《ASP.NET 4 高级编程——涵盖 C#和 VB.NET(第 7 版)》。

### 1. 添加 Web 服务器控件

下面在上一节创建的 Web 站点 PCSWebApp1 中，添加两个 Web 服务器控件。所有 Web 服务器控件都以下述 XML 元素类型的方式使用：

```
<asp:controlName runat="server" attribute="value"> Contents </asp:controlName>
```

在上面的代码中，controlName 是 ASP.NET 服务器控件的名称，attribute="value" 是一个或多个属性说明，Contents 根据需要指定控件的内容。一些控件可以使用属性和控件元素的内容来设置属性，如 Label(用于显示简单文本)，其中 Text 可以用两种方式指定。其他控件可以使用元素包含模式来定义它们的层次结构，例如，Table(定义一个表)可以包含 TableRow 元素，从而按照声明方式指定表中的行。

注意，控件的语法基于 XML(它们也可以内嵌在非 XML 代码中，如 HTML)。省略闭合标记、表示空元素的“/>”，或者重叠控件，都会产生错误。

最后，再次查看 Web 服务器控件上的 runat="server" 属性。它在这里和其他地方都是基本属性，遗漏这个属性常常也会产生错误，结果将导致 Web 窗体不能正常工作。

#### (1) 在源代码视图中添加 Web 服务器控件

第一个示例应简单一些。修改 Default.aspx 的 HTML 源视图，代码如下。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
<%@ Page Language="C#" AutoEventWireup="true" CodeFile="Default.aspx.cs"
    Inherits="_Default" %>
<!DOCTYPE html PUBLIC "-//W3C//DTD XHTML 1.1//EN"
    "http://www.w3.org/TR/xhtml11/DTD/xhtml11.dtd">
<html xmlns="http://www.w3.org/1999/xhtml">
<head runat="server">
    <title> </title>
</head>
<body>
    <form id="form1" runat="server">
        <div>
            <asp:Label runat="server" ID="resultLabel" /> <br />
            <asp:Button runat="server" ID="triggerButton" Text="Click Me" />
        </div>
    </form>
</body>
</html>
```

代码段 PCSWebSite1/Default.aspx

这里添加了两个 Web 窗体控件：标签和按钮。



在添加控件时，Visual Studio .NET 的 IntelliSense 会提示代码输入项，这与 C# 代码编辑器相同。另外，如果在拆分的视图中编辑代码，再同步视图，那么在源面板中编辑的元素会在设计面板中突出显示。

回过头来看看设计屏幕，其中已经添加了控件，并用它们的 ID 属性命名 (ID 属性常常称为控件的标识符)。与 Windows 窗体相同，可以通过 Properties 窗口访问所有属性、事件等，无论何时进行了修改，在代码或设计中会得到即时反馈。



也可以使用 CSS 属性窗口和其他样式窗口，给控件指定样式。但除非很熟悉 CSS，否则现在不要使用这种技术，而是应关注控件的功能。

我们添加的所有服务器控件都会自动成为窗体的对象模型的一部分。Windows 窗体开发人员可以即时得到这个对象模型，并开始认识到它与 Windows 窗体的类似性。

## (2) 添加事件处理程序

要让这个应用程序完成一些工作，应添加单击按钮对应的事件处理程序。可以在 Properties 窗口中为按钮输入一个方法名，也可以双击该按钮，得到默认的事件处理程序。如果双击该按钮，就可以自动添加一个事件处理方法，如下所示：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
protected void triggerButton_Click(object sender, EventArgs e)
{
}
```

代码段 PCSWebSite1/Default.aspx.cs



把一些代码添加到源 Default.aspx 中，就可以把事件处理程序关联到按钮上：

```
<div>
  <asp:Label Runat="server" ID="resultLabel" /> <br />
  <asp:Button Runat="server" ID="triggerButton" Text="Click Me"
    onclick="triggerButton_Click" />
</div>
```

其中，onClick 属性告诉 ASP.NET 运行库，在生成窗体的代码模型时，把按钮的单击事件包装到 triggerButton\_Click() 方法中。

修改 triggerButton\_Click() 中的代码(注意因为从 ASP.NET 代码中推断标签控件类型，所以可以直接从代码隐藏中使用它)：

```
protected void triggerButton_Click(object sender, EventArgs e)
{
    resultLabel.Text = "Button clicked!";
}
```

### (3) 运行项目

下面准备运行它。不需要构建项目，只需确保保存所有内容，把 Web 浏览器指向 Web 站点的地址。如果使用 IIS，这就很简单，因为我们知道指向的 URL。但因为本例使用内置的 Web 服务器，所以需要启动运行某些项目。最快捷的方式是按 Ctrl+F5 组合键，启动服务器，打开一个指向所需的 URL 浏览器。

在运行内置的 Web 服务器时，系统栏中会显示一个图标。双击这个图标，会看到 Web 服务器执行的过程，并可以在需要时停止它，如图 40-5 所示。

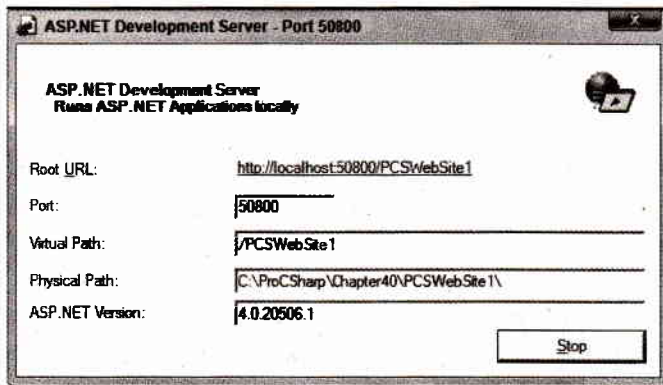


图 40-5

在图 40-5 中，可以看到 Web 服务器在其上运行的端口和查看已创建的 Web 站点所需的 URL。

打开的浏览器应显示 Web 页面上的 Click Me 按钮。在单击这个按钮前，使用 Page | View Source 命令(在 IE7 中)快速查看一下浏览器接收到的代码。<form>部分应如下所示：

```
<form method="post" action="Default.aspx" id="form1">
  <div>
    <input type="hidden" name="__VIEWSTATE" id="__VIEWSTATE"
      value="/wEPDwUKLTE2MjY5MTY1NWRkzNjRYstd1OK5KcJ9a8/X3pYTHvM=" />
  </div>
```

```

<div>
  <input type="hidden" name="__EVENTVALIDATION" id="__EVENTVALIDATION"
    value="/wEWAqK39qTFBwLHpP+yC4rCCl22/GGMaFwD017nokvyFZ8Q" />
</div>
<div>
  <span id="resultLabel"> </span> <br />
  <input type="submit" name="triggerButton" value="Click Me"
    id="triggerButton" />
</div>
</form>

```

Web 服务器控件生成了简单的 HTML，`<span>`和`<input>`分别代表`<asp.Label>`和`<asp.Button>`。还有一个名为`__VIEWSTATE`的`<input type="hidden">`字段，它把前面提到的窗体状态封装起来。在把窗体回发服务器以重新创建 UI 时使用这些信息，以便服务器可以跟踪改变的信息等。注意`<form>`元素已经为此进行了配置，通过 HTTP POST 操作(在 `method` 中指定)把数据回发给 `Default.aspx`(在 `action` 中指定)，它还被赋予了一个 `form1` 名称。

#### (4) 修改单击按钮时的源 HTML

在单击按钮并查看文本后，可再次检查源 HTML(清晰起见，下面添加了必要的空格)：

```

<form method="post" action="Default.aspx" id="form1">
  <div>
    <input type="hidden" name="__VIEWSTATE" id="__VIEWSTATE"
      value="/wEPDwUKLTE2MjY5MTYlNQ9kFgICAw9kFgICAQ8PFgIeBFRleHQFD0JldHR
        vbiBjbGlja2VkiWRkZExUtMwuSlVTrzMtG7wrmj98tVn7" />
  </div>
  <div>
    <input type="hidden" name="__EVENTVALIDATION" id="__EVENTVALIDATION"
      value="/wEWAqKtpL7LBALHpP+yC0Ymqe9SgScfB2yHTGjnlQKtbudV" />
  </div>
  <div>
    <span id="resultLabel"> Button clicked! </span> <br />
    <input type="submit" name="triggerButton" value="Click Me"
      id="triggerButton" />
  </div>
</form>

```

这次，视图状态的值包含较多信息，因为 HTML 的结果不仅仅取决于 ASP.NET 页面的默认输出。在复杂的窗体中，这确实可能是一个非常长的字符串，但因为这由系统在后台完成，所以我们几乎可以不考虑状态管理，只要回发过程之间保存字段值即可。在视图状态字符串过长时，可以禁用不需要保留状态信息的控件的视图状态。也可以禁用整个页面的视图状态。如果页面不需要在回发过程之间保留状态，就可以禁用整个页面的视图状态，以提高性能。



视图状态详见第 41 章。

为了说明不必手工对 Web 站点进行任何编译，把 `Default.aspx.cs` 中的文本“Button clicked!”改为其他内容，保存文件，再次单击按钮。Web 页面上的文本会随之改变。

## 2. 控件面板

本节简要介绍某些可用控件,之后把它们组合到一个更完整、更有趣的应用程序中。编辑 ASP.NET 页面时工具箱中的类别如图 40-6 所示。

注意,以下控件的描述使用了“属性”——在所有情况下,ASP.NET 代码中使用的特性与它同名。这里的介绍并不完整,只介绍了最常用的控件和属性。本章介绍的控件在 Standard、Data 和 Validation 类别中。Navigation、Login、WebParts 类别和 AJAX Extensions 控件在第 41 章介绍,Reporting 控件可以在 Web 页面上报告信息,包括 Crystal Reports,本书不讨论它。

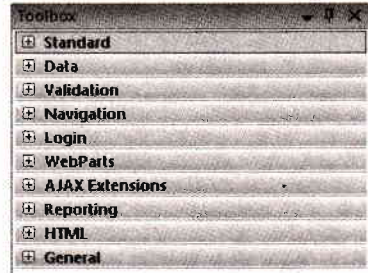


图 40-6

### (1) 标准 Web 服务器控件

几乎所有的 Web 服务器控件(在这个类别和其他类别中)都继承自 System.Web.UI.WebControls.WebControl,而 System.Web.UI.WebControls.WebControl 又继承自 System.Web.UI.Control。没有使用这个继承性的 Web 服务器控件则直接派生自 Control 类或更专门化的基类,而该基类又最终派生自 Control 类。因此,Web 服务器控件有许多共同的属性和事件,如果需要,就可以使用这些属性和事件。这里不可能介绍所有属性和事件,只介绍 Web 服务器控件自身的属性和事件。

许多常用的继承属性主要用于处理显示格式,这很容易控制,如 ForeColor、BackColor、Font 属性等,也可以使用 CSS(Cascading Style Sheet,级联样式表)类来控制。此时,应在一个独立的文件中,把字符串属性 CssClass 设置为 CSS 类的名称。还可以使用 CSS Properties 窗口和样式管理窗口给 CSS 控件设置样式。其他重要属性包括:Width 和 Height,用于设置控件的大小;AccessKey 和 TabIndex,便于用户的交互操作;Enabled,设置控件的功能是否可以在 Web 窗体中激活。

一些控件还包含其他控件,在页面上构建建控件层次结构。使用 Controls 属性就可以访问给定控件包含的控件,或者使用 Parent 可以访问控件的容器。

对于事件,最常用的是继承来的 Load 事件,它执行控件的初始化,PreRender 在控件输出 HTML 前进行最后一次修改。

可以使用的事件和属性很多,下一章将详细介绍它们,尤其是下一章将介绍更高级的样式设置技术。表 40-1 详细描述了标准 Web 服务器控件。

表 40-1

控 件	说 明
Label	显示简单文本,使用 Text 属性设置和以编程方式修改显示的文本
TextBox	提供一个用户可以编辑的文本框。使用 Text 属性访问输入的数据,TextChanged 事件可处理回发的选项变化。如果要求进行自动回发(而不是使用按钮),就应把 AutoPostBack 属性设置为 true
Button	用户单击的标准按钮。Text 属性用于设置按钮上的文本,Click 事件用于响应单击(服务器回发是自动的)。也可以使用 Command 事件响应单击,该事件可以访问接收的附加属性 CommandName 和 CommandArgument
LinkButton	与 Button 相同,但把按钮显示为超链接
ImageButton	显示一幅图像,该图像放大两倍作为一个可单击的按钮,其属性和事件继承自 Button 和 Image

(续表)

控 件	说 明
HyperLink	添加一个 HTML 超链接。用 NavigateUrl 设置目的地, 用 Text 设置要显示的文本。也可以使用 ImageUrl 来指定要链接的图像, 用 Target 指定要使用的浏览器窗口。因为这个控件没有非标准事件, 所以如果在链接后要执行其他处理, 就应使用 LinkButton
DynamicHyperLink	用于在动态数据网站的预定义位置上呈显 HTML 超链接。动态数据网站参见第 42 章
DropDownList	允许用户选择一个列表项, 可以直接从列表中选择, 也可以输入前面的一或两个字母来选择。使用 Items 属性设置选项列表(这是一个包含 ListItem 对象的 ListItemCollection 类), 使用 SelectedItem 和 SelectedIndex 属性确定选择的内容。SelectedIndexChanged 事件可用于确定选项是否改变, 因为这个控件也有 AutoPostBack 属性, 所以选项的改变会触发一个回发操作
ListBox	允许用户从列表选择一个或多个选项。把 SelectionMode 设置为 Multiple 或 Single, 可以确定一次选择多少个选项, Rows 确定要显示的选项个数。其他属性和事件与 DropDownList 控件相同
CheckBox	显示一个可以选中或取消选中的复选框。选择的状态存储在布尔属性 Checked 中, 与复选框相关的文本存储在 Text 属性中。AutoPostBack 属性可以用于启动自动回发, CheckedChanged 事件则执行改变操作
CheckBoxList	创建一组复选框。属性和事件与其他列表控件相同, 如 DropDownList
RadioButton	显示一个可以打开或关闭单选按钮。一般情况下, 它们都组合在一组中, 其中只有一个 RadioButton 控件有效。使用 GroupName 属性可以把 RadioButton 控件链接到一组中。其他属性和事件与 CheckBox 相同
RadioButtonList	创建一组单选按钮, 在这一组中, 一次只能选择一个按钮。其属性和事件与其他列表控件相同, 入 DropDownList
Image	显示一幅图像。使用 ImageUrl 进行图像引用, 如果图像加载失败, 就由 AlternateText 提供对应的文本
ImageMap	类似于 Image, 但在用户单击图像中的一个或多个热点时, 可以指定要触发的动作。要执行的动作可以是回发给服务器或重定向到另一个 URL 上。热点由派生自 HotSpot 的内嵌控件提供, 如 RectangleHotSpot 和 CircleHotSpot
Table	指定一个表。在设计期间可以使用它、TableRow 和 TableCell, 或者使用 TableRowCollection 类型的 Rows 属性编程指定表中的行。也可以在运行期间进行修改时使用这个属性。与 TableRow 和 TableCell 一样, 这个控件有几个只能用于表的样式属性
BulletedList	把一个选项列表格式化为一个项目符号列表。与其他列表控件不同, 这个控件有一个 Click 事件, 用于确定用户在回发期间单击了哪个选项。其他属性和事件与 DropDownList 相同
HiddenField	出于任何原因, 用于提供隐藏的字段, 以存储不显示的值。这个控件可存储需要另一种存储机制才能发挥作用的设置。使用 Value 属性访问存储的值
Literal	执行与 Label 相同的功能, 但没有样式属性, 因为它派生自 Control, 而不是 WebControl。使用 Text 属性可以设置要显示的文本

(续表)

控 件	说 明
Calendar	允许用户从显示的图形日历中选择一个日期。这个控件有许多与样式相关的属性,但其基本功能的实现要使用 SelectedDate 和 VisibleDate 属性(其类型是 System.DateTime)来访问用户选择的日期和月份,并显示出来(总是包含 VisibleDate)。其关联的关键事件是 SelectionChanged。这个控件的回发是自动的
AdRotator	顺序显示几幅图像。在每次服务器往返行程后,显示另一幅图像。使用 AdvertisementFile 属性指定描述图像的 XML 文件, AdCreated 事件在每幅图像发回之前执行处理操作。也可以使用 Target 属性在单击一幅图像时指定一个要打开的窗口
FileUpload	这个控件给用户显示一个文本框和一个 Browse 按钮,以便选择要上传的文件。用户选择文件之后,就可以查看 HasFile 属性确定是否选择了文件,然后使用代码隐藏中的 SaveAs()方法执行文件上传操作
Wizard	这个高级控件用于简化用户一次在几个页面中输入数据的常见任务。可以给向导添加多个步骤,按顺序或不按顺序显示给用户,并依赖此控件来维护状态等
Xml	这是一个更复杂的文本显示控件,用于显示用 XSLT 样式表传输的 XML 内容,这些 XML 内容是使用 Document、DocumentContent 或 DocumentSource 属性中的一个设置(取决于原始 XML 的格式)的, XSLT 样式表(可选)使用 Transform 或 TransformSource 来设置
MultiView	这个控件包含一个或多个 View 控件,每次只呈现一个 View 控件。当前显示的视图用 ActiveViewIndex 指定,如果视图发生改变(可能因为单击了当前视图上显示的 Next 链接),就可以使用 ActiveViewChanged 事件检测出来
Panel	添加其他控件的容器。可以使用 HorizontalAlign 和 Wrap 指定内容如何安排
Placeholder	这个控件不显示任何输出,但可以方便地把其他控件组合在一起,或者用编程方式把控件添加到给定的位置。包含的控件可以使用 Controls 属性来访问
View	控件的容器,类似于 Placeholder,但主要用作 MultiView 的子控件。使用 Visible 属性可以指定是否显示给定的 View,使用 Activate 和 Deactivate 事件检测激活状态的变化
Substitution	指定一部分不与其他输出一一起缓存的 Web 页面,这是一个与 ASP.NET 缓存行为相关的高级主题,本书不涉及
Localize	与 Literal 相同,但允许使用项目资源指定要在不同区域显示的文本,使文本本地化

## (2) 数据 Web 服务器控件

数据 Web 服务器控件分为 3 类:

- 数据源控件(SqlDataSource、AccessDataSource、LinqDataSource、EntityDataSource、ObjectDataSource、XmlDataSource 和 SiteMapDataSource)
- 数据显示控件(Gridview、DataList、DetailsView、FormView、Repeater 和 DataPager)
- 动态数据控件(DynamicControl 和 DynamicDataManager)

一般情况下;应把其中一个(不可见的)数据源控件放在页面上,以链接数据源;然后添加一个

绑定到数据源控件的数据显示控件，来显示该数据。一些更高级的数据显示控件，如 GridView，还可以编辑数据。

所有数据源控件要么派生自 System.Web.UI.DataSource 要么派生自 System.Web.UI.HierarchicalDataSource。这些类提供的方法，如 GetView()或 GetHierarchicalView()，可以访问内部数据视图，还可以设置样式。

表 40-2 描述了各种数据源控件。注意本节没有探讨属性，这主要是因为这些控件最好通过图形方式或者向导来配置。本章后面将使用这些控件，使读者更好地理解它们的工作方式。

表 40-2

控 件	说 明
SqlDataSource	用作 SQL Server 数据库中存储的数据的管道。把这个控件放在页面上，就可以使用数据显示控件操作 SQL Server 数据。本章后面将使用这个控件
AccessDataSource	与 SqlDataSource 相似，但它处理存储在 Microsoft Access 数据库中的数据
LinqDataSource	这个控件可以处理支持 LINQ 数据模型的对象
EntityDataSource	这个控件可以处理 ADO.NET Entity 数据模型的对象
ObjectDataSource	这个控件可以处理存储在自己创建的对象中的数据，这些对象可能组合在一个集合类中。这是把自定义对象模型提供给 ASP.NET 页面的快捷方式
XmlDataSource	可以绑定到 XML 数据上。它可以绑定导航控件，如 TreeView。利用这个控件，根据需要还可以使用 XSL 样式表传输 XML 数据
SiteMapDataSource	可以绑定到层次站点地图数据上。详见第 41 章的导航 Web 服务器控件

接着是数据显示控件，如表 40-3 所示。其中几个控件可用于满足各种需求。一些控件的功能比另外一些控件更齐全，但我们常常使用最简单的控件(例如，当不需要编辑数据项时)。

表 40-3

控 件	说 明
GridView	以数据行的格式显示多个数据项(如数据库中的行)，其中每一行包含反映数据字段的列。利用这个控件的属性，可以选择、排序和编辑数据项
DataList	显示多个数据项，可以为每一项提供模板，以任意指定的方式显示数据字段。与 GridView 相同，可以选择、排序和编辑数据项
DetailsView	以表格形式显示单个数据项，表中的每一行都与一个数据字段相关。这个控件可以添加、编辑和删除数据项
FormView	使用模板显示一个数据项。与 DetailsView 相同，这个控件也可以添加、编辑和删除数据项
ListView	与 DataList 相似，但支持使用 DataPager 进行分页和更多的模板功能
Repeater	与 DataList 相似，但不能选择和编辑数据
DataPager	允许 ListView 控件分页显示
Chart	在图表中显示数据，如柱状图或饼图，这个控件参见下一章

动态数据控件参见第 42 章。

(3) 验证 Web 服务器控件

验证控件可以在不编写任何代码的前提下(在大多数情况下)下验证用户的输入。只要启动回发操作, 每个验证控件就会检查控件是否有效, 并相应地改变 IsValid 属性的值。如果这个属性是 false, 被验证控件的用户输入就没有通过验证。包含所有控件的页面也有一个 IsValid 属性——如果页面中任意个有效性验证控件的 IsValid 属性设置为 false, 该页面的 IsValid 属性也就是 false。可以在服务器端的代码上检查这个属性, 并对它进行操作。

验证控件还有另一个功能。它们不仅可以在运行期间验证控件的有效性, 还可以自动给用户输出有帮助的提示, 把 ErrorMessage 属性设置为希望的文本意味着, 在用户试图回发无效的数据时, 就会看到这些文本。

存储在 ErrorMessage 中的文本可以在验证控件所在的位置输出, 也可以和页面上来自所有其他验证控件的消息一起输出到一个独立的位置。第二种行为可以使用 ValidationSummary 控件来获得, 并根据需要显示所有错误消息和附加文本。

在支持该控件的浏览器上, 验证控件甚至可以生成客户端的 JavaScript 函数, 来简化验证行为。在某些情况下, 这意味着不会有回发, 因为验证控件在某些环境下禁止回发, 输出错误消息, 而与服务器无关。

因为所有验证控件都继承自 BaseValidator, 所以它们共享几个重要的属性。最重要的是上一节讨论的 ErrorMessage 属性; ControlToValidate 属性也比较重要, 它指定要验证的控件的编程 ID。另一个重要的属性是 Display, 它确定是把文本放在验证汇总的位置上(如果把该属性设置为 none), 还是放在验证控件的位置上。也可以给错误消息留一些空间, 即使在不显示这些错误信息时(把 Display 设置为 Static); 或者按照需要给这些信息动态分配空间, 这会使页面的内容有轻微的改变(把 Display 设置为 Dynamic)。表 40-4 描述了各个验证控件。

表 40-4

控 件	说 明
RequiredFieldValidator	用来检查用户是否在 TextBox 等控件中输入数据
CompareValidator	用于检查输入的数据是否满足简单的要求。利用一个运算符集合, 通过 Operator 和 ValueToCompare 属性进行验证。Operator 的值可以是 Equal、GreaterThan、GreaterThanEqual、LessThan、LessThanEqual、NotEqual 或 DataTypeCheck。DataTypeCheck 可以比较 ValueToCompare 的数据类型和控件中要验证的数据。ValueToCompare 是一个字符串属性, 但根据其内容可以把它解释为另一种数据类型。要进一步比较控件, 可以把 Type 属性设置为 Currency、Date、Double、Integer 或 String
RangeValidator	验证控件中的数据是否落在 MaximumValue 和 MinimumValue 属性值之间, 其 Type 属性类似于 CompareValidator
RegularExpressionValidator	根据存储在 ValidationExpression 中的正则表达式验证字段的内容, 可以用于验证邮政编码、电话号码、IP 号码等序列

(续表)

控 件	说 明
CustomValidator	使用自定义函数验证控件中的数据。ClientValidationFunction 指定用于验证控件的客户端函数(但这表示不能使用 C#)。这个函数应返回一个布尔类型的值,表示验证是否成功。另外,还可以使用 ServerValidate 事件指定用于验证数据的服务器端函数。这个函数是一个布尔类型的事件处理程序,其参数是一个包含要验证数据的字符串,而不是 EventArgs 参数。如果验证成功,就返回 true; 否则返回 false
DynamicValidator	这个验证控件用于给动态数据站点提供业务逻辑验证,参见第 42 章
ValidationSummary	为所有设置了 ErrorMessage 的验证控件显示验证错误。通过设置 DisplayMode (BulletList、List 或 SingleParagraph) 和 HeaderText 属性,显示的内容可以格式化;把 ShowSummary 设置为 false,就会禁止显示;把 ShowMessageBox 设置为 true,内容就会显示在弹出的消息框中

### 3. 服务器控件的事件登记示例

在这个示例中,要为一个 Web 应用程序(会议室登记工具)创建构架。与本书的其他示例一样,可以从 Wrox 网站 [www.wrox.com](http://www.wrox.com) 上或者本书附赠光盘中找到示例应用程序和代码。现在仅介绍前端和简单的事件处理,后面将使用 ADO.NET 和数据绑定扩展这个示例,使之包含服务器端的业务逻辑。

要创建的 Web 窗体包含的字段有:用户名、事件名、会议室和与会者,以及可从中选择日期的日历(假定本例的作用是处理日常事件)。除了日历外,所有字段都使用验证控件,只有日历在服务器端验证,并提供一个默认日期,以防没有输入日期。

为了测试用户界面,窗体也提供了一个 Label 控件,使用它可以显示提交的结果。

首先,在 Visual Studio .NET 中,在 C:\ProCSharp\Chapter40\目录下创建一个新的空白 Web 站点,把它命名为 PCSWebSite2。然后,使用默认设置添加一个新的 Web 窗体,修改 Default.aspx 文件中的代码,如下所示:



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
<%@ Page Language="C#" AutoEventWireup="true" CodeFile="Default.aspx.cs"
    Inherits="_Default" %>
<!DOCTYPE html PUBLIC "-//W3C//DTD XHTML 1.1//EN"
    "http://www.w3.org/TR/xhtml11/DTD/xhtml11.dtd">
<html xmlns="http://www.w3.org/1999/xhtml">
<head runat="server">
    <title>Meeting Room Booker</title>
</head>
<body>
    <form id="form1" runat="server">
        <div>
            <h1 style="text-align: center;">
                Enter details and set a day to initiate an event.
            </h1>
        </div>
```

代码段 PCSWebSite2/Default.aspx



页面的标题用 HTML 标记<h1>括起来, 以得到大型的标题样式的文本, 之后, 窗体的主体放在 HTML 标记<table>中。可以使用一个 Web 服务器控件表格, 但这会导致不必要的复杂性, 因为使用表格的目的仅仅是为了格式化显示而已, 不是用于动态的 UI 元素。时刻要牢记一个要点: 在设计 Web 窗体时, 不要添加不必要的服务器控件。这个表格有 3 列, 第 1 列包含简单的文本标签, 第 2 列包含对应于文本标签的 UI 字段(以及这些字段的验证控件), 第 3 列包含一个日历控件, 可以从中选择日期, 这个控件跨 4 行。第 5 行包含一个跨越所有列的提交按钮, 第 6 行包含一个 ValidationSummary 控件, 在需要时可以显示错误信息(所有其他验证控件都设置了 Display="None", 因为它们都使用这个汇总来显示错误)。在表格的下面是一个简单的标签, 现在使用它可以显示结果, 以后我们还将添加数据库访问。

```
<div style="text-align: center;">
  <table style="text-align: left; border-color: #000000;
    border-width: 2px; background-color: #fff99e;" cellspacing="0"
    cellpadding="8" rules="none" width="540">
    <tr>
      <td valign="top">
        Your Name: </td>
      <td valign="top">
        <asp:TextBox ID="nameBox" Runat="server" Width="160px" />
        <asp:RequiredFieldValidator ID="validateName" Runat="server"
          ErrorMessage="You must enter a name."
          ControlToValidate="nameBox" Display="None" />
      </td>
      <td valign="middle" rowspan="4">
        <asp:Calendar ID="calendar" Runat="server" BackColor="White" />
      </td>
    </tr>
    <tr>
      <td colspan="2">
        <asp:SubmitButton ID="submit" Runat="server" Text="Submit" />
      </td>
    </tr>
    <tr>
      <td colspan="2">
        <asp:ValidationSummary ID="summary" Runat="server" />
      </td>
    </tr>
    <tr>
      <td colspan="2">
        <asp:Label ID="result" Runat="server" />
      </td>
    </tr>
  </table>
  <tr>
    <td colspan="3">
      <asp:Label ID="eventLabel" Runat="server" />
    </td>
  </tr>
  <tr>
    <td colspan="3">
      Event Name: </td>
    <td colspan="2">
      <asp:TextBox ID="eventBox" Runat="server" Width="160px" />
      <asp:RequiredFieldValidator ID="validateEvent" Runat="server"
        ErrorMessage="You must enter an event name."
        ControlToValidate="eventBox" Display="None" />
    </td>
  </tr>
</div>
```

这个文件中的大多数 ASP.NET 代码都非常简单, 许多代码只要浏览一遍就可以理解。特别要注意的是, 在代码中用于选择会议室和多个与会者的列表项是如何附加到控件中的:

```
<tr>
  <td colspan="3">
    Meeting Room: </td>
  <td colspan="2">
    <asp:DropDownList ID="roomList" Runat="server" Width="160px">
      <asp:ListItem Value="1"> The Happy Room </asp:ListItem>
      <asp:ListItem Value="2"> The Angry Room </asp:ListItem>
      <asp:ListItem Value="3"> The Depressing
        Room </asp:ListItem>
      <asp:ListItem Value="4"> The Funked Out
        Room </asp:ListItem>
    </asp:DropDownList>
    <asp:RequiredFieldValidator ID="validateRoom" Runat="server"
```

```

        ErrorMessage="You must select a room."
        ControlToValidate="roomList" Display="None" />
    </td>
</tr>
<tr>
    <td valign="top">
        Attendees: </td>
    <td valign="top">
        <asp:ListBox ID="attendeeList" Runat="server" Width="160px"
            SelectionMode="Multiple" Rows="6">
            <asp:ListItem Value="1"> Bill Gates </asp:ListItem>
            <asp:ListItem Value="2"> Monica Lewinsky </asp:ListItem>
            <asp:ListItem Value="3"> Vincent Price </asp:ListItem>
            <asp:ListItem Value="4"> Vlad the Impaler </asp:ListItem>
            <asp:ListItem Value="5"> Iggy Pop </asp:ListItem>
            <asp:ListItem Value="6"> William
                Shakespeare </asp:ListItem>
        </asp:ListBox>
    </td>
</tr>

```

其中把 `ListItem` 对象与两个 Web 服务器控件关联起来。这些对象本身并不是 Web 服务器控件(它们仅继承自 `System.Object`)，因此不需要对它们使用 `Runat="server"`。在处理页面时，使用 `<asp:ListItem>` 项创建 `ListItem` 对象，再把这些对象添加到父列表控件的 `Items` 集合中，这便于初始化列表，而无需自己编写代码(必须创建一个 `ListItemCollection` 对象，添加几个 `ListItem` 对象，再把集合传递给列表控件)。当然，也可以通过编程方式完成这些工作：

```

        <asp:RequiredFieldValidator ID="validateAttendees" Runat="server"
            ErrorMessage="You must have at least one attendee."
            ControlToValidate="attendeeList" Display="None" />
    </td>
</tr>
<tr>
    <td align="center" colspan="3">
        <asp:Button ID="submitButton" Runat="server" Width="100%"
            Text="Submit meeting room request" />
    </td>
</tr>
<tr>
    <td align="center" colspan="3">
        <asp:ValidationSummary ID="validationSummary" Runat="server"
            HeaderText="Before submitting your request:" />
    </td>
</tr>
</table>
</div>
<div>
    <p>
        Results:
        <asp:Label Runat="server" ID="resultLabel" Text="None." />
    </p>
</div>
</form>
</body>
</html>

```

在设计视图中，创建的窗体如图 40-7 所示。这是一个功能全面的 UI，它可以在服务器请求之间维护它自己的状态，并验证用户输入。上述代码非常简洁，实际上，我们几乎不需要做什么工作，至少对于这个示例是这样，而只需把按钮单击事件与提交按钮关联起来。

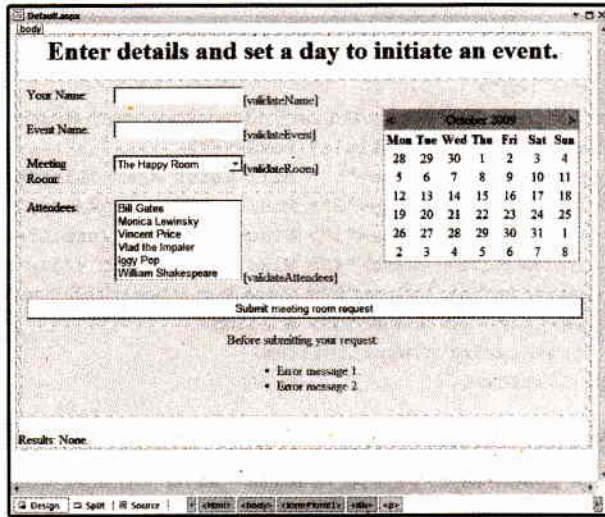


图 40-7

实际并非如此。到目前为止我们没有验证日历控件。所需做的全部工作是给它设置一个初始值。在页面的 Page\_Load() 事件处理程序中，在代码隐藏文件中为页面设置该值：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
protected void Page_Load(object sender, EventArgs e)
{
    if (!this.IsPostBack)
    {
        calendar.SelectedDate = DateTime.Now;
    }
}
```

代码段 PCSWebSite2/Default.aspx.cs

我们把今天的日期作为初始值。注意首先检查页面的 IsPostBack 属性，确认是否会把调用 Page\_Load() 作为回发操作的结果。如果正在进行回发，这个属性就应是 true，不必改变选中的日期(毕竟，我们不希望丢失用户的选择)。

要添加按钮单击处理程序，只需双击该按钮，并添加如下代码：

```
protected void submitButton_Click(object sender, EventArgs e)
{
    if (this.IsValid)
    {
        resultLabel.Text = roomList.SelectedItem.Text +
            " has been booked on " +
            calendar.SelectedDate.ToLongDateString() +
            " by " + nameBox.Text + " for " +
            eventBox.Text + " event. ";
        foreach (ListItem attendee in attendeeList.Items)
        {

```

```

    if (attendee.Selected)
    {
        resultLabel.Text += attendee.Text + ", ";
    }
    resultLabel.Text += " and " + nameBox.Text +
        " will be attending.";
}
}

```

把 resultLabel 控件的 Text 属性设置为结果字符串，它将显示在主表格的下方。在 IE 中，这个提交结果应如图 40-8 所示，除非有错误，否则在这种情况下就应激活 ValidationSummary，如图 40-9 所示。

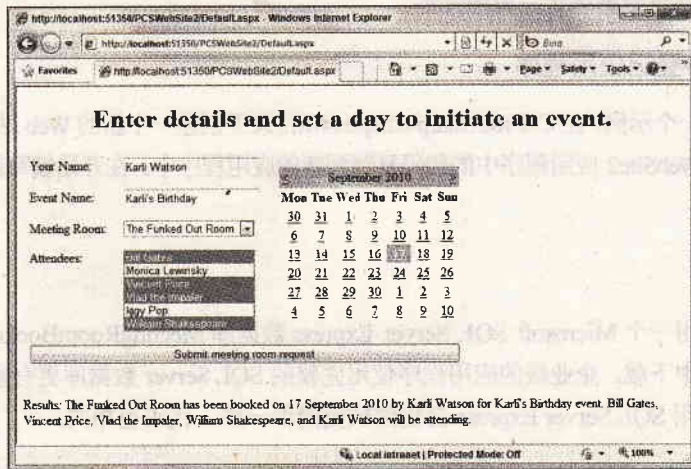


图 40-8

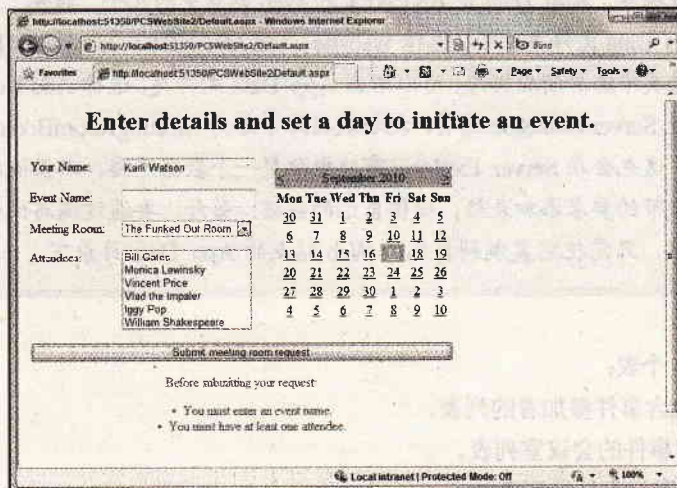


图 40-9

表 40-5

列	类 型	说 明
ID	Identity, 主键	参加者的身份标识号码
Name	varchar, 必选, 50 个字符	参加者的姓名
Email	varchar, 可选, 50 个字符	参加者的电子邮件地址

该数据库包含 20 个参加者的信息，他们都有电子邮件地址。在一个比较高级的应用程序中，电子邮件会在登记事件时自动发送给已登记的参加者，我们把这个任务留给您来完成，其中使用的技巧可以在本书的其他地方找到。

### (2) 会议室

Rooms 表包含表 40-6 所示的列。

表 40-6

列	类 型	说 明
ID	Identity, 主键	房间标识号码
Room	varchar, 必选, 50 个字符	房间名

数据库提供了 20 条记录。

### (3) 事件

Events 表包含表 40-7 所示的列。

表 40-7

列	类 型	说 明
ID	Identity, 主键	会议标识号码
Name	varchar, 必选, 255 个字符	会议名称
Room	int, 必选	事件对应的会议室 ID
AttendeeList	Text, 必选	参加者姓名列表
EventDate	DateTime, 必选	会议日期

可下载的数据库提供了几个事件。

## 2. 数据库的绑定

要绑定数据的两个控件是 attendeeList 和 roomList。在此之前，需要添加 Web 服务器控件 SqlDataSource，以映射到要在 MeetingRoomBooker.mdf 数据库中访问的表。最快捷的方式是把它们从工具箱拖放到 Web 窗体 Default.aspx 上，通过配置向导配置它们。图 40-10 显示了如何为 SqlDataSource 控件访问这个向导。

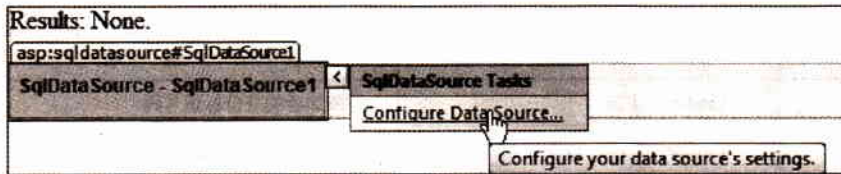


图 40-10

从数据源配置向导的第一个页面上，需要选择前面创建的数据库连接。接着，选择把连接字符串另存为 MRBConnectionString，然后从数据库的 Attendees 表中选择\*(所有字段)。

之后，把 SqlDataSource 控件的 ID 改为 MRBAttendeeData。还需要添加并配置另外两个 SqlDataSource 控件，以便分别用 MRBRoomData 和 MRBEventData 的 ID 值从 Rooms 表和 Events 表中获得数据。这两个控件可以使用前面保存的 MRBConnectionString 进行连接。

添加这些数据源之后，您将会发现在代码中窗体的语法非常简单：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
<asp:SqlDataSource ID="MRBAttendeeData" runat="server"
    ConnectionString=" <%$ ConnectionStrings:MRBConnectionString %> "
    SelectCommand="SELECT * FROM [Attendees]"> </asp:SqlDataSource>
<asp:SqlDataSource ID="MRBRoomData" runat="server"
    ConnectionString=" <%$ ConnectionStrings:MRBConnectionString %> "
    SelectCommand="SELECT * FROM [Rooms]"> </asp:SqlDataSource>
<asp:SqlDataSource ID="MRBEventData" runat="server"
    ConnectionString=" <%$ ConnectionStrings:MRBConnectionString %> "
    SelectCommand="SELECT * FROM [Events]"> </asp:SqlDataSource>
```

代码段 PCSWebSite3/Default.aspx

使用的连接字符串的定义在 web.config 文件中，本章后面将详细探讨这个文件。

接着，设置 roomList 和 attendeeList 控件的数据绑定属性。对于 roomList 控件，需要的设置如下：

- DataSourceID —— MRBRoomData
- DataTextField —— Room
- DataValueField —— ID

同样，对于 attendeeList 控件，需要的设置如下：

- DataSourceID —— MRBAttendeeData
- DataTextField —— Name
- DataValueField —— ID

也可以从代码中删除这些控件已有的硬编码列表项。

现在运行这个应用程序，从数据绑定控件中得到所有可用的参加者和会议室数据。稍后使用 MRBEventData 控件。

### 3. 定制日历控件

在把会议添加到数据库中之前，先修改一下日历的显示方式。最好用另一种颜色显示登记之前的所有日期，以防此类日期可被选中。这要求修改在日历中设置日期的方式，以及日期单元格的显示方式。

首先是日期选择。有 3 个地方需要查看事件登记的日期，并修改相应选项：一是在 `Page_Load()` 方法中设置初始日期时；二是在用户试图从日历中选择日期时；三是登记一个事件，并设置一个新的日期，以防用户在选择新日期前，在同一天连续登记两个事件。因为这是很常见的功能，所以也可以创建一个私有方法来执行这个计算。这个方法应接受一个试用日期作为参数，并返回要使用的日期，该日期可以与试用日期相同，也可以是试用日期之后的下一个可用日期。

在添加这个方法之前，需要让代码访问 `Events` 表中的数据。为此可以使用 `MRBEventData` 控件，因为这个控件可以填充 `DataView`。所以，添加下面的私有成员和属性(可能还需要为 `System.Data` 导入一个名称空间，才能使这些代码正常运行)：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
private DataView eventData;
private DataView EventData
{
    get
    {
        if (eventData == null)
        {
            eventData =
                MRBEventData.Select(new DataSourceSelectArguments())
                as DataView;
        }
        return eventData;
    }
    set
    {
        eventData = value;
    }
}
```

代码段 PCSWebSite3/Default.aspx.cs

`EventData` 属性用需要的数据填充 `eventData` 成员，其结果缓存起来，供以后使用。这里使用 `SqlDataSource.Select()` 方法获得 `DataView`。

把这个 `GetFreeDate()` 方法添加到代码隐藏文件中：

```
private DateTime GetFreeDate(DateTime trialDate)
{
    if (EventData.Count > 0)
    {
        DateTime testDate;
        bool trialDateOK = false;
        while (!trialDateOK)
        {
            trialDateOK = true;
            foreach (DataRowView testRow in EventData)
            {
                testDate = (DateTime)testRow["EventDate"];
                if (testDate.Date == trialDate.Date)
                {
                    trialDateOK = false;
                    trialDate = trialDate.AddDays(1);
                }
            }
        }
    }
}
```

```

    }
}
return trialDate;
}

```

这段简单的代码使用 `EventData` 对应的 `DataView` 提取事件数据。首先看看一般情况：没有登记任何会议，此时返回该试用日期，以确认该日期，接着对 `Event` 表中的日期进行迭代，把该日期与试用日期比较。如果找到一个匹配的日期，就给试用日期加一天，并执行另一次搜索。

从 `DataTable` 中提取数据相当简单：

```
testDate = (System.DateTime)testRow["EventDate"];
```

把列数据强制转换为 `System.DateTime`，这样会更精确。

使用 `getFreeDate()` 方法的第一个地方是在 `Page_Load()` 方法后面。这表示只需对设置 `SelectedDate` 日历属性的代码稍加修改：

```

if (!this.IsPostBack)
{
    DateTime trialDate = DateTime.Now;
    calendar.SelectedDate = GetFreeDate(trialDate);
}

```

接着需要响应日历上的日期选择。为此，需要先为日历的 `SelectionChanged` 事件添加一个事件处理程序，并强制检查现有事件的日期。双击设计器中的日历，添加如下代码：

```

protected void calendar_SelectionChanged(object sender, EventArgs e)
{
    DateTime trialDate = calendar.SelectedDate;
    calendar.SelectedDate = GetFreeDate(trialDate);
}

```

上述代码与 `Page_Load()` 的代码相同。

执行这种检查的第三个地方是响应按下的登记按钮。后面会解释它，因为后面进行了许多改变。

接着为日历的日期单元格着色，以表示现存的事件。为此，需要给 `calendar` 对象的 `DayRender` 事件添加一个事件处理程序。每次显示一个日期时，都会触发这个事件，并允许通过处理程序函数中接收到的 `DayRenderEventArgs` 参数的 `Cell` 和 `Date` 属性，访问要显示的 `cell` 对象和这个单元格的日期。我们需要比较当前呈现的单元格中的日期和 `eventTable` 对象中的日期，如果存在一个匹配的日期，就可以使用 `Cell.BackColor` 属性为单元格着色：

```

protected void calendar_DayRender(object sender, DayRenderEventArgs e)
{
    if (EventData.Count > 0)
    {
        DateTime testDate;
        foreach (DataRowView testRow in EventData)
        {
            testDate = (DateTime)testRow["EventDate"];
            if (testDate.Date == e.Day.Date)
            {
                e.Cell.BackColor = System.Drawing.Color.Red;
            }
        }
    }
}

```



这里使用红色，得到屏幕图 40-11，其中 6 月的 12、15、22 日(2010 年)都有事件。

June 2010						
Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat	Sun
31	1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12	13
14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27
28	29	30	1	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11

图 40-11

添加了日期选择逻辑后，就不可能选择显示为红色的一天。如果试图选择这样的日期，就会选择该日期后面的某一天。例如，在图 40-11 的日历中选择 6 月 15 日，就会选择 6 月 16 日。

#### 4. 给数据库添加事件

submitButton\_Click()事件处理程序目前从事件特征中组合一个字符串，并在 resultLabel 控件中显示它。要给数据库添加一个事件，需要在 SQL INSERT 查询中重新格式化已创建的字符串，并执行它。



注意，在正在使用的开发环境中，不必过多地考虑安全性。通过 Web 站点解决方案添加一个 SQL Server 2008 Express 数据库，把 SqlDataSource 控件配置为使用该数据库，会自动给用户提供一个连接字符串，它可用于写入数据库。在比较高级的场合下，可以使用其他账户访问资源，例如，域账户用于访问网络上其他地方的 SQL Server 实例。ASP.NET 中有这个功能(通过模拟、COM+服务或其他方式获得)，但它超出了本书的范围。在大多数情况下，正确地配置连接字符串和需要完成的任务同样复杂。

因此下面的许多代码都很熟悉：

```
protected void submitButton_Click(object sender, EventArgs e)
{
    if (this.IsValid)
    {
        System.Text.StringBuilder sb = new System.Text.StringBuilder();
        foreach (ListItem attendee in attendeeList.Items)
        {
            if (attendee.Selected)
            {
                sb.AppendFormat("{0} ({1}),", attendee.Text, attendee.Value);
            }
        }
    }
}
```

```

sb.AppendFormat(" and {0}", nameBox.Text);
string attendees = sb.ToString();
try
{
    System.Data.SqlClient.SqlConnection conn =
        new System.Data.SqlClient.SqlConnection(
            ConfigurationManager.ConnectionStrings[
                "MRBConnectionString"].ConnectionString);
    System.Data.SqlClient.SqlCommand insertCommand =
        new System.Data.SqlClient.SqlCommand("INSERT INTO [Events] "
            + "(Name, Room, AttendeeList, EventDate) VALUES (@Name, "
            + "@Room, @AttendeeList, @EventDate)", conn);
    insertCommand.Parameters.Add(
        "Name", SqlDbType.VarChar, 255).Value = eventBox.Text;
    insertCommand.Parameters.Add(
        "Room", SqlDbType.Int, 4).Value = roomList.SelectedValue;
    insertCommand.Parameters.Add(
        "AttendeeList", SqlDbType.Text, 16).Value = attendees;
    insertCommand.Parameters.Add(
        "EventDate", SqlDbType.DateTime, 8).Value =
        calendar.SelectedDate;
}

```

这里最有趣的是如何使用下面的语法访问前面创建的连接字符串:

```

ConfigurationManager.ConnectionStrings["MRBConnectionString"].ConnectionString

```

ConfigurationManager 类(需要为 System.Configuration 导入名称空间)可以访问所有已分类的配置信息, 它们都存储在 Web 应用程序的 Web.Config 配置文件中。该文件详见本章后面的内容。

创建 SQL 命令后, 就可以使用它插入新事件:

```

conn.Open();
int queryResult = insertCommand.ExecuteNonQuery();
conn.Close();

```

ExecuteNonQuery()方法返回一个整数, 该整数表示查询会影响表中的多少行。如果它等于 1, 插入就是成功的。此时把一条成功的消息放在 resultLabel 中, 清除 eventData, 因为它现在已过期了。把日历选项改为一个新的、空闲日期。因为 GetFreeDate()方法涉及使用 eventData, 而 eventData 属性在自身没有数据时会自动刷新它自己, 所以会刷新存储的事件数据:

```

if (queryResult == 1)
{
    resultLabel.Text = "Event Added.";
    eventData = null;
    calendar.SelectedDate =
        GetFreeDate(calendar.SelectedDate.AddDays(1));
}

```

如果 ExecuteNonQuery()方法返回的数字不是 1, 就会有问题。如果返回的数字不是 1, 本例中的代码就会抛出一个异常。该异常会在一般的 catch 块中捕获, 该 catch 块位于数据库访问代码中。

该 catch 块仅在 resultLabel 中显示一个常见的故障通知:

```

else
{

```

```

        throw new System.Data.DataException("Unknown data error.");
    }
}
catch
{
    resultLabel.Text = "Event not added due to DB access "
        + "problem.";
}
}
}
}

```

这样就完成了能识别数据的事件登记应用程序的版本。

### 40.3.2 数据绑定的更多内容

如前所述，Web 服务器控件有几个处理数据显示的控件：GridView、DataList、DetailsView、FormView 和 Repeater。在把数据输出到网页上时，这些控件都非常有用，因为它们会自动执行许多任务，否则将需要编写许多代码。

首先，介绍如何使用这些控件，在 PCSWebSite3 的底部显示一个事件列表。

把一个 GridView 控件从工具箱拖放到 Default.aspx 的底部，选择前面添加的 MRBEventData 数据源，如图 40-12 所示。

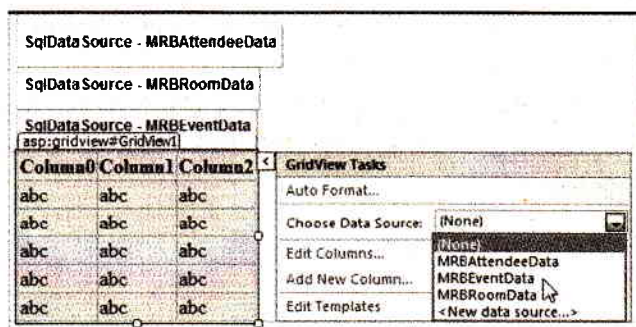


图 40-12

接着单击 Refresh Schema 按钮，这就是在窗体底部显示事件列表所需做的全部工作，现在尝试查看 Web 站点，就会看到对应事件，如图 40-13 所示。

ID	Name	Room	AttendeeList	EventDate
1	My Birthday	4	Iggy Pop (5), Sean Connery (7), Albert Einstein (10), George Clooney (14), Jules Verne (18), Robin Hood (20), and Karl Watson	17/09/2010 00:00:00
2	Dinner	1	Bill Gates (1), Monika Lewinsky (2), and Bruce Lee	05/08/2010 00:00:00
3	Discussion of darkness	6	Vlad the Impaler (4), Myra Hindley (13), and Beelzebub	29/10/2010 00:00:00
4	Christmas with Pals	9	Dr Frank N Furter (11), Bobby Davro (15), John F Kennedy (16), Stephen King (19), and Karl Watson	25/12/2010 00:00:00
5	Escape	17	Monika Lewinsky (2), Stephen King (19), and Spartacus	10/05/2010 00:00:00
6	Planetary Conquest	14	Bill Gates (1), Albert Einstein (10), Dr Frank N Furter (11), Bobby Davro (15), and Darth Vader	15/06/2010 00:00:00
7	Homecoming Celebration	7	William Shakespeare (6), Christopher Columbus (12), Robin Hood (20), and Ulysses	22/06/2010 00:00:00
8	Dalek Reunion Ball	12	Roger Moore (8), George Clooney (14), Bobby Davro (15), and Davros	12/06/2010 00:00:00
9	Romantic meal for two	13	George Clooney (14), and Donna Watson	29/03/2010 00:00:00

图 40-13

还可以对 `submitButton_Click()` 方法做进一步的修改，确保在添加新记录时更新数据：

```
if (queryResult == 1)
{
    resultLabel.Text = "Event Added.";
    eventData = null;
    calendar.SelectedDate =
        GetFreeDate(calendar.SelectedDate.AddDays(1));
    GridView1.DataBind();
}
```

所有数据绑定控件都支持这个方法，如果调用顶层的(this) `DataBind()` 方法，窗体通常就会调用该方法。

注意，在图 40-13 中，`EventDate` 字段的日期/时间显示有点麻烦。由于我们只查看日期，因此时间总是 00:00:00 AM，其实这个信息不需要显示。下一节将学习如何以更友好的方式在 `ListView` 控件的上下文中显示这个日期信息。果然，`DataGrid` 控件包含许多属性，它们可以用于格式化显示的数据，但这部分内容由您自学。

### 1. 使用模板显示数据

许多数据显示控件允许使用模板来格式化要显示的数据。模板在 ASP.NET 中是 HTML 的参数化部分，它们用作某些控件的输出元素。它们允许定制如何将数据输出到浏览器上，不需要做太多的工作就可以得到专业级的显示结果。

有几个模板可用于定制列表行为的各个方面。其中一个重要的模板是 `<ItemTemplate>`，它可以用于显示 `Repeater`、`DataList` 和 `ListView` 控件的列表中的每个数据项。在控件声明中声明这个模板(和所有其他模板)，例如：

```
<asp:DataList Runat="server" ...>
    <ItemTemplate>
        ...
    </ItemTemplate>
</asp:DataList>
```

在模板声明中，一般希望输出 HTML 的部分内容，其中参数来自绑定到控件的数据。在输出这些参数时，应使用一种特殊的语法：

```
<%# expression %>
```

虽然 `expression` 占位符可能仅是把参数绑定到页面或控件属性上的表达式，但它更可能由 `Eval()` 或 `Bind()` 表达式组成。通过指定表中的列，这个函数可用于从绑定到控件的表中输出数据。`Eval()` 表达式使用下面的语法：

```
<%# Eval("ColumnName") %>
```

第二个可选参数允许格式化返回的数据，它的语法与其他地方使用的字符串格式化表达式相同。该参数可以把日期字符串格式化为可读性更高的格式，这正是前面示例所缺乏的。

`Bind()` 表达式与 `Eval()` 表达式相同，但它可以把数据插入服务器控件的属性中，例如：

```
<asp:Label RunAt="server" ID="ColumnDisplay" Text=' <%# Bind("ColumnName") %> ' />
```

注意，因为双引号可在 Bind() 参数中使用，所以应使用单引号把属性值括起来。  
表 40-8 给出了可用的模板列表以及何时使用它们。

表 40-8

模 板	应 用 于	说 明
<ItemTemplate>	DataList、Repeater、ListView	用于列表项
<HeaderTemplate>	DataList、DetailsView、 FormView、Repeater	用于输出列表项前面的内容
<FooterTemplate>	DataList、DetailsView、 FormView、Repeater	用于输出列表项后面的内容
<LayoutTemplate>	ListView	用于指定输出周围的项
<SeparatorTemplate>	DataList、Repeater	用于列表中项之间
<ItemSeparatorTemplate>	ListView	用于列表中项之间
<AlternatingItemTemplate>	DataList、ListView	用于其他项，有助于查看
<SelectedItemTemplate>	DataList、ListView	用于列表中所选项
<EditItemTemplate>	DataList、FormView、ListView	用于列表中正在编辑的项
<InsertItemTemplate>	FormView、ListView	用于列表中正在插入的项
<EmptyDataTemplate>	GridView、DetailsView、 FormView	用于显示空项，例如，当 GridView 中没有记录时使用它
<PagerTemplate>	GridView、DetailsView、 FormView	用于格式化分页
<GroupTemplate>	ListView	用于指定输出周围的项的组合
<GroupSeparatorTemplate>	ListView	用于列表中不同组之间
<EmptyItemTemplate>	ListView	使用分组的项时，该模板用于为组中的空项提供输出。这个模板在组中没有足够的项时用于填充该组

了解如何使用模板最简单的方式是举一个例子。

## 2. 使用模板

在 PCSWebSite3 的 Default.aspx 页面顶部扩展表，使之包含一个 ListView，以显示存储在数据库中的每个事件。使这些事件成为可选择的，这样单击每个事件的名称，就在 FormView 控件中显示任何事件的详细的信息。

首先需要为数据绑定控件创建新的数据源。每个数据绑定控件最好(强烈建议)有自己的数据源。ListView 控件需要 SqlDataSource 控件 MRBEventData2，MRBEventData2 与 MRBEventData 相似，但它只需返回 Name 和 ID 数据。需要的代码如下所示：

```
<asp:SqlDataSource ID="MRBEventData2" Runat="server"
```

```
SelectCommand="SELECT [ID], [Name] FROM [Events]"
ConnectionString=" <%$ ConnectionStrings:MRBConnectionString %> ">
</asp:SqlDataSource>
```

尽管可以通过数据源配置向导方便地构建它，但 FormView 控件的数据源 MRBEventDetailData 比较复杂。这个数据源使用 ListView 控件的选中项 EventList，获取选中的项的数据。这可以使用 SQL 查询中的一个参数实现，如下所示：

```
<asp:SqlDataSource ID="MRBEventDetailData" Runat="server"
  SelectCommand="SELECT dbo.Events.Name, dbo.Rooms.Room,
    dbo.Events.AttendeeList, dbo.Events.EventDate
    FROM dbo.Events INNER JOIN dbo.Rooms
    ON dbo.Events.ID = dbo.Rooms.ID WHERE dbo.Events.ID = @ID"
  ConnectionString=" <%$ ConnectionStrings:MRBConnectionString %> ">
  <SelectParameters>
    <asp:ControlParameter Name="ID" DefaultValue="-1" ControlID="EventList"
      PropertyName="SelectedValue" />
  </SelectParameters>
</asp:SqlDataSource>
```

其中，ID 参数会得到在 Select 查询的 @ID 处插入的值。ControlParameter 项从 EventList 的 SelectedValue 属性中提取这个值，如果没有选中的项，就使用 -1。初看起来，这种语法有点古怪，但它非常灵活。一旦使用向导生成了其中几个对象，就不需要自己汇编它们了。

下面需要添加 DataList 和 FormView 控件。修改 PCSWebSite3 项目的 Default.aspx 中的代码，如下代码所示：

```
<tr>
  <td align="center" colspan="3">
    <asp:ValidationSummary ID="validationSummary" Runat="server"
      HeaderText="Before submitting your request:" />
  </td>
</tr>
<tr>
  <td align="left" colspan="3" style="width: 40%;">
    <table cellpadding="4" style="width: 100%;">
      <tr>
        <td colspan="2" style="text-align: center;">
          <h2>Event details</h2>
        </td>
      </tr>
      <tr>
        <td style="width: 40%; background-color: #ccffcc;"
          valign="top">
          <asp:ListView ID="EventList" runat="server"
            DataSourceID="MRBEventData2" DataKeyNames="ID"
            OnSelectedIndexChanged="EventList_SelectedIndexChanged">
            <LayoutTemplate>
              <ul>
                <asp:Placeholder ID="itemPlaceholder"
                  runat="server" />
              </ul>
            </LayoutTemplate>
            <ItemTemplate>
```

```

        <li>
            <asp:LinkButton Text='<%= Bind("Name") %>'
                runat="server" ID="NameLink" CommandName="Select"
                CommandArgument='<%= Bind("ID") %>'
                CausesValidation="false" />
        </li>
    </ItemTemplate>
    <SelectedItemTemplate>
        <li>
            <b><%= Eval("Name") %></b>
        </li>
    </SelectedItemTemplate>
</asp:ListView>
</td>
<td valign="top">
    <asp:FormView ID="FormView1" Runat="server"
        DataSourceID="MRBEventDetailData">
        <ItemTemplate>
            <h3><%= Eval("Name") %></h3>
            <b>Date:</b>
            <%= Eval("EventDate", "{0:D}") %>
            <br />
            <b>Room:</b>
            <%= Eval("Room") %>
            <br />
            <b>Attendees:</b>
            <%= Eval("AttendeeList") %>
        </ItemTemplate>
    </asp:FormView>
</td>
</tr>
</table>
</td>
</tr>
</table>

```

我们为表添加了新的一行，其中包含一个表，该表中的一列对应一个 ListView 控件，另一列对应一个 FormView 控件。

ListView 控件使用 <LayoutTemplate> 输出一个项目符号列表，使用 <ItemTemplate> 和 <SelectedItemTemplate> 作为列表项显示事件的详细信息。在 <LayoutTemplate> 中，用 ID 属性为“itemPlaceholder”的 Placeholder 控件给列表项指定一个容器元素。为了便于选项，从显示在 <ItemTemplate> 中的事件名称链接触发 Select 命令，就可以自动修改选项。我们还使用了 OnSelectedIndexChanged 事件，当 Select 命令修改选项时触发这个事件，以确保更新显示的列表，用不同的风格显示选中的项。事件处理程序如下述代码所示：

```

protected void EventList_SelectedIndexChanged(object sender, EventArgs e)
{
    EventList.DataBind();
}

```

还需要确保把新事件添加到列表中：

```
if (queryResult == 1)
{
    resultLabel.Text = "Event Added.";
    eventData = null;
    calendar.SelectedDate =
        GetFreeDate(calendar.SelectedDate.AddDays(1));
    GridView1.DataBind();
    EventList.DataBind();
}
```

现在事件的详细信息就显示在表中，如图 40-14 所示。

通常使用模板和数据绑定控件可以完成许多任务，需要用一本书的篇幅来介绍。但是，这里介绍的内容已经足够您开始试用它们了。

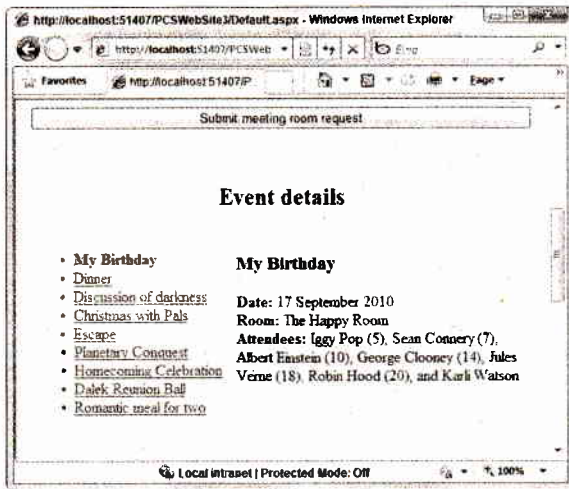


图 40-14

## 40.4 应用程序配置

本章一直暗示一个事情，那就是应用程序都包含 Web 页面和配置设置。这是一个要掌握的重要概念，特别是为多个并发用户配置 Web 站点时，这个概念就更加重要。

首先介绍一些术语和应用程序的生命期。应用程序定义为项目中的所有文件，并由 web.config 文件配置。在第一次启动应用程序时，将创建一个 Application 对象，即收到第一个 HTTP 请求时创建该对象。此时还将触发 Application\_Start 事件，创建一个 HttpApplication 实例池。每个引入的请求都会接收到这样一个实例，它执行请求的处理过程。注意，这意味着 HttpApplication 对象不需要处理并发访问，这与全局 Application 对象不同。所有 HttpApplication 实例完成它们的任务后，就触发 Application\_End 事件，应用程序终止执行，销毁 Application 对象。

上面提到的事件处理程序(以及本章讨论的所有其他事件的处理程序)可以在 global.asax 文件中定义，该文件可以添加到任意 Web 站点项目中(在给 Web 应用程序添加新项时，会看到该文件在模板中显示为 Global Application Class)。生成的文件包含空格，用户可以在这些空格中填写信息，例如：

```
void Application_Start(Object sender, EventArgs e)
```



```

{
    // Code that runs on application startup
}

```

在单个用户使用 Web 应用程序时,会启动一个会话。与应用程序类似,会话将创建一个特定于用户的 Session 对象,并触发 Session\_Start 事件。在一个会话中,每个请求都将触发 Application\_BeginRequest 和 Application\_EndRequest 事件。在一个会话的作用域中可以多次触发这两个事件,因为这些事件会访问应用程序中的不同资源。单个会话可以手动终止,如果没有接收到更多的请求,会话也会因超时而停止。会话终止将触发 Session\_End 事件,并析构 Session 对象。

对于这个过程的背景,可以执行几个操作,以简化应用程序。例如,如果应用程序的所有实例都使用一个资源密集型对象,就可以考虑在应用程序级别上实例化它。这将提高性能,减少多个用户使用的内存,因为在大多数请求中,不需要进行这种实例化。

可以使用的另一个技巧是存储会话级别的信息,以备单个用户在跨请求时使用。这些信息包括用户第一次连接(在 Session\_Start 事件处理程序中)时从数据存储器中提取的用户特定信息,直到会话终止(通过超时或用户请求)时,才能使用这些信息。

这些技巧超出了本书的范围,读者可参阅《ASP.NET 4 高级编程——涵盖 C#和 VB.NET(第 7 版)》(清华大学出版社引进并已出版),它们有助于理解该过程。

最后,看看 web.config 文件。Web 站点通常在其根目录下有这个文件(但不会在默认情况下创建它),在其子目录下也有该文件,用于配置特定于该子目录的设置(如安全性)。本章开发的 Web 站点 PCSWebSite3 在添加已存储的数据库连接字符串时,会接收一个自动生成的 Web.Config 文件,如下所示:

```

<connectionStrings>
  <add name="MRBConnectionString"
    connectionString="Data Source=.\SQLEXPRESS;
    AttachDbFilename=|DataDirectory|\MeetingRoomBooker.mdf;
    Integrated Security=True;User Instance=True"
    providerName="System.Data.SqlClient" />
</connectionStrings>

```

如果在调试模式下运行该项目,就会在 web.config 文件中看到一些额外的设置。

可以手工编辑 web.config 文件,还可以使用一个工具配置 Web 站点(及其底层的配置文件),这个工具可在 Visual Studio 的 Web Site 菜单的 ASP.NET Configuration 下面访问。该工具如图 40-15 所示。

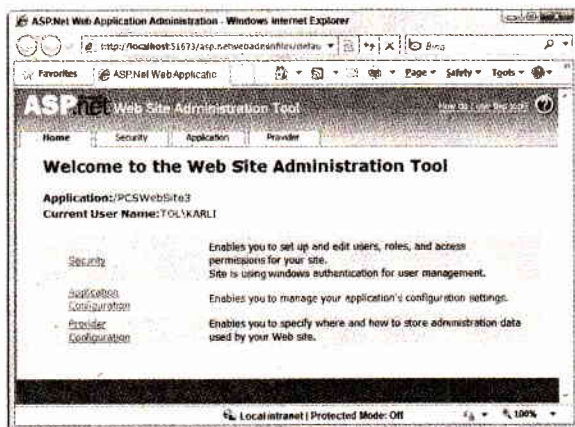


图 40-15

从图 40-15 中可以看出, 这个工具可以配置许多设置, 包括安全性。下一章将详细介绍这个工具。

## 40.5 小结

本章概述如何利用 ASP.NET 创建 Web 应用程序, 介绍如何使用 C# 和 Web 服务器控件提供一个功能丰富的开发环境。我们还开发了一个事件登记示例应用程序, 它阐述了许多可用的技术, 例如, 各种已存在的服务器控件、ADO.NET 的数据绑定。

主要内容如下;

- ASP.NET 概述, 以及它通常如何与 .NET 开发环境配合使用
- ASP.NET 基本语法的工作原理, 如何实现状态管理, 如何把 C# 代码集成到 ASP.NET 页面中
- 如何使用 Visual Studio 创建 ASP.NET Web 应用程序, 存在哪些可用于存储和测试 Web 站点的选项
- 总结了 ASP.NET 开发人员可以使用的 Web 控件, 以及它们如何传递动态和/或数据驱动的内容
- 如何使用事件处理程序检测并执行用户与控件的交互操作, 并通过页面和呈现事件定制控件
- 如何把数据绑定到 Web 控件上, 并使用模板和数据绑定表达式格式化已显示的数据
- 如何综合运用这些技巧构建会议室登记应用程序

掌握了这些知识, 就可以汇编功能强大的 Web 应用程序了。但这只涉及 ASP.NET 的皮毛。在开始 Web 开发之前, 应先了解更多的信息。第 41 章将扩展 ASP.NET 知识, 学习更重要的 Web 主题, 包括母版页、skinning 和个性化。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
<%@ Control Language="C#" AutoEventWireup="true" CodeFile="PCSUserC1.ascx.cs"
    Inherits="PCSUserC1" %>
```

代码段 PCSUserCWebApp1/PCSUserC1.ascx

这非常类似于在.aspx 文件中生成的<%@ Page %>指令，除了指定了 Control，而不是 Page。CodeFile 属性指定代码隐藏文件，Inherits 指定在代码隐藏文件中页面继承的类名。.ascx.cs 文件包含的代码与自动生成的.aspx.cs 文件一样，其中包含一个空的类定义和 Page\_Load() 事件处理程序。

本例的简单控件是一个显示图形的控件，显示的图形对应于扑克牌中 4 种标准花色(即梅花、方块、红桃或黑桃)中的 1 种。这里所需的图形是以前版本的 Visual Studio 附带的图形；它们在本章的可下载代码中，位于 CardSuitImages 目录，其文件名分别是 CLUB.BMP、DIAMOND.BMP、HEART.BMP 和 SPADE.BMP。把这些位图文件复制到项目所在目录的新子目录 Images 中，以便在后面使用它们。如果不能访问这段可下载的代码，就可以使用其他任意图像，因为它们对于代码的功能并不重要。



注意，与 Visual Studio 的以前版本不同，在 Visual Studio 外部对 Web 站点结构进行的修改会自动反映在 IDE 中。只需单击 Solution Explorer 窗口中的 Refresh 按钮，就会看到新的 Images 目录和位图文件。

### (1) 给控件添加内容

现在给新控件添加一些代码。在 PCSUserC1.ascx 的 HTML 视图添加下列代码：

```
<%@ Control Language="C#" AutoEventWireup="true" CodeFile="PCSUserC1.ascx.cs"
    Inherits="PCSUserC1" %>
<table cellpadding="4">
  <tr valign="middle">
    <td>
      <asp:Image Runat="server" ID="suitPic" ImageURL="~/Images/club.bmp"/>
    </td>
    <td>
      <asp:Label Runat="server" ID="suitLabel">Club</asp:Label>
    </td>
  </tr>
</table>
```

这段代码定义了控件的默认状态，即一个梅花图形和一个标签。图像路径前面的~表示“从 Web 站点的根目录开始”。在给控件添加功能之前，先把这个控件添加到项目的 Web 页面中测试这个默认状态，因此在继续添加功能之前，把一个新的 Web 页面 Default.aspx 添加到 Web 站点中。

为了在.aspx 文件中使用自定义控件，首先需要指定如何引用该控件，也就是说，如何在 HTML 中引用表示控件的标记的名称。为此，在 Default.aspx 中代码的顶部使用<%@ Register %>指令，如下所示。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
<%@ Register TagPrefix="pcs" TagName="UserC1" Src="PCSUserC1.ascx" %>
```

代码段 PCSUserCWebApp1/Default.aspx

TagPrefix 和 TagName 特性指定要使用的标记名称(指定的格式为<TagPrefix:TagName>), 使用 Src 特性指向包含用户控件的文件。现在, 添加下面的元素, 用以下代码来替代文件中已有的<form>元素, 就可以使用控件了:

```
<form id="Form1" method="post" runat="server">
  <div>
    <pcs:UserC1 Runat="server" ID="myUserControl"/>
  </div>
</form>
```

这就是测试用户控件需要做的所有工作, 运行这些代码的结果如图 41-1 所示。

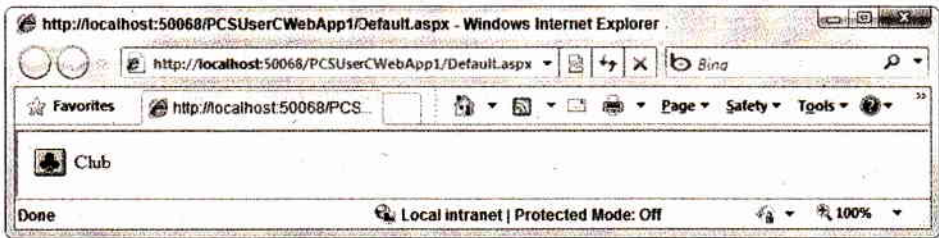


图 41-1

可以看出, 这个控件在表格布局中组合了两个现有的控件, 即图像控件和标签控件, 因此它属于合成控件一类。

## (2) 添加 Suit 属性

为了控制显示的花色, 可以在<PCS:UserC1>元素上使用特性。用户控件元素上的属性会自动映射到用户控件的属性上, 因此, 只需给控件的代码隐藏 PCSUserC1.ascx.cs 添加一个特性。这个特性称为 Suit, 让它接收合适的花色值。为了便于表示控件的状态, 可以定义一个枚举, 来保存 4 个花色名称。最佳方式是在 Web 站点上添加一个目录 App\_Code(App\_Code 是另一个“特殊”的目录, 与 App\_Data 一样, 它的功能取决于编程人员, 这里它为 Web 站点保存其他代码文件。要添加这个目录, 可以右击 Solution Explorer 窗口中的 web site 菜单, 从弹出的上下文菜单中选择 Add ASPNET Folder | App\_Code 命令), 然后在这个目录中添加一个.cs 文件 Suit.cs, 其代码如下:

```
using System;

public enum Suit
{
    Club, Diamond, Heart, Spade
}
```

代码段 PCSUserCWebApp1/App\_Code/Suit.cs

PCSUserC1 类需要一个成员变量, 以保存花色类型 currentSuit:

```
public partial class PCSUserC1 : System.Web.UI.UserControl
{
    protected Suit currentSuit;
```

代码段 PCSUserCWebApp1/PCSUserC1.ascx.cs

再添加一个访问这个成员变量的 Suit 属性:

```

public Suit Suit
{
    get
    {
        return currentSuit;
    }
    set
    {
        currentSuit = value;
        suitPic.ImageUrl = "~/Images/" + currentSuit.ToString() + ".bmp";
        suitLabel.Text = currentSuit.ToString();
    }
}

```

这里的 set 存取器把图像的 URL 设置为前面复制的其中一个文件，并把要显示的文本设置为花色名称。

### (3) 访问新属性

下面需要给 Default.aspx 添加代码以访问这个新属性。使用刚才添加的属性就可以选择花色(如果编译该项目，选项甚至就会显示在 IntelliSense 中):



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
<PCS:UserCl Runat="server" id="myUserControl" Suit="diamond"/>
```

代码段 PCSUserCWebApp1/Default.aspx

ASP.NET 处理器足够智能可以从提供的字符串中选择正确的枚举项。但为了使该控件更有趣、互动性更强，下面使用一个单选按钮列表来选择花色:

```

<form id="form1" runat="server">
  <div>
    <pcs:UserCl id="myUserControl" runat="server" />
    <asp:RadioButtonList Runat="server" ID="suitList" AutoPostBack="True">
      <asp:ListItem Value="Club" Selected="True">Club</asp:ListItem>
      <asp:ListItem Value="Diamond">Diamond</asp:ListItem>
      <asp:ListItem Value="Heart">Heart</asp:ListItem>
      <asp:ListItem Value="Spade">Spade</asp:ListItem>
    </asp:RadioButtonList>
  </div>
</form>

```

还需要给列表的 SelectedIndexChanged 事件添加事件处理程序。双击设计视图中的单选按钮列表，就可以添加处理程序。



注意，把列表的 AutoPostBack 属性设置为 true，是因为除非进行回发操作，否则将不在服务器上执行 suitList\_SelectedIndexChanged 事件处理程序，在默认状态下，这个控件也不会触发回发操作。

在 Default.aspx.cs 中，suitList\_SelectedIndexChanged()方法需要以下代码:



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
public partial class Default
{
    protected void suitList_SelectedIndexChanged(object sender, EventArgs e)
    {
        myUserControl.Suit = (Suit)Enum.Parse(typeof(Suit),
            suitList.SelectedItem.Value);
    }
}
```

代码段 PCSUserCWebApp1/Default.aspx.cs

我们知道, <ListItem>元素上的 Value 特性表示前面定义的 suit 枚举的有效值, 因此仅把这些值解析为枚举类型, 并把它们用作用户控件的 Suit 属性值。使用简单的数据类型强制转换语法, 就可以把返回的对象类型强制转换为 Suit, 因为这种类型不能通过隐式转换得到。

在运行 Web 站点时, 可以改变花色, 如图 41-2 所示。

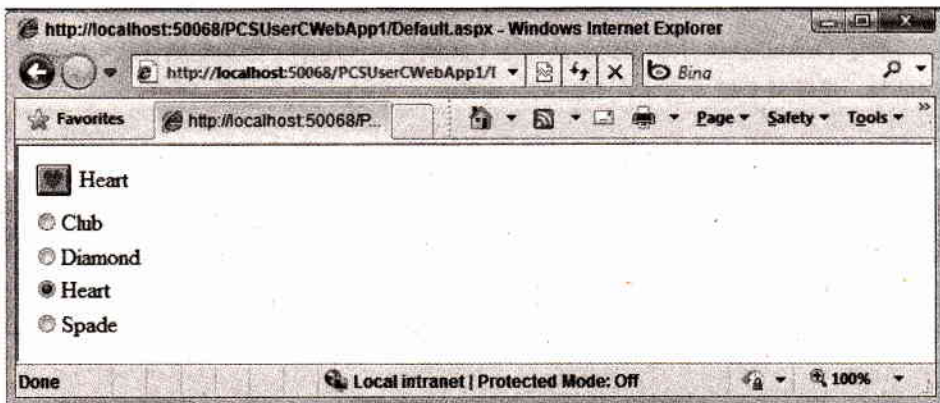


图 41-2

既然完成了用户控件的创建工作后, 使用<%@ Register %>指令和为控件创建的两个源代码文件 (PCSUserC1.ascx 和 PCSUserC1.ascx.cs), 可以在任何其他 Web 页面中使用这个用户控件。

#### 41.1.2 PCSDemoSite 中的用户控件

在 PCSDemoSite 中, 要把上一章的会议室登记网站转换为用户控件, 以便于重用。为了查看这个控件, 必须以 User1 的身份, 用密码 User1!! 登录站点(41.4 节将介绍登录系统的工作原理), 然后导航到 Meeting Room Booker 页面, 如图 41-3 所示。

除了样式上有显著的变化之外, 本章后面的主题还对该页面进行了如下大的改动:

- 用户名自动从用户详细信息中获取。
- 在页面底部不显示额外的数据, 从代码隐藏文件中删除了相应的 DataBind()调用。
- 控件的下面没有显示结果标签, 用户查看在日历中添加的事件和事件列表, 就可以获得足够多的反馈, 无需报告事件的添加是否成功。
- 包含用户控件的页面使用了导航控件和母版页。

要进行这些修改, 代码的改动其实很简单, 但这里不介绍它们。本章后面还会介绍这个控件。

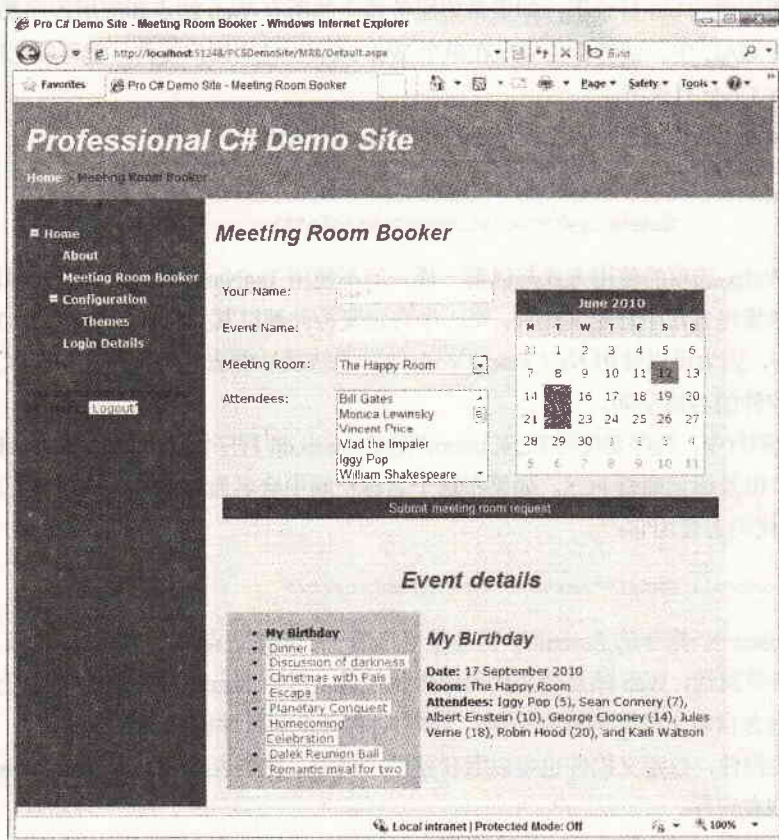


图 41-3

### 41.1.3 自定义控件

与用户控件相比，自定义控件又进了一步，原因是自定义控件完全自包含在 C# 程序集中，不需要单独的 ASP.NET 代码。这意味着不需要在 .ascx 文件中组装 UI。相反，完全可以控制写入输出流的内容，即控件所生成的 HTML。

一般情况下，开发自定义控件要比开发用户控件花费的时间更长，原因是自定义控件的语法更复杂一些，通常需要编写更多的代码才能得到结果。在开发用户控件时，只需简单地把几个其他控件组合在一起，而开发自定义控件就不那么简单了。

#### 1. 创建和引用自定义控件

为了使自定义控件拥有最多可定制的行为，可以从 `System.Web.UI.WebControls.WebControl` 中派生一个类，这样就创建了一个完整的自定义控件。此外，可以扩展现有控件的功能，创建一个派生的自定义控件。最后，可以像上一节那样把几个现有的控件组合在一起，但要使用逻辑性更强的结构，创建一个合成的自定义控件。

上述 3 种方法创建的自定义控件都可以按同一种方式在 ASP.NET 页面中使用。我们只需把生成的程序集放在使用它的 Web 站点或应用程序可以找到的地方，并使用 `<%@ Register %>` 指令注册要使用的元素名称。这里“Web 站点或应用程序可以找到的地方”有两种情况：可以把程序集放在

Web 站点或应用程序的 bin 目录下；如果希望服务器上的所有 Web 站点和应用程序都可以访问它，就可以把它放在 GAC 中。或者，如果只在单个 Web 站点上使用用户控件，就可以把控件的.cs 文件放在站点的 App\_Code 目录下。

<%@ Register %>指令的语法在自定义控件中有一些变化：

```
<%@ Register TagPrefix="PCS" Namespace="PCSCustomWebControls"
    Assembly="PCSCustomWebControls"%>
```

虽然 TagPrefix 选项的使用方式与以前一样，但不使用 TagName 或 Src 特性。原因是所使用的自定义控件程序集包含几个自定义控件，每一个自定义控件都以其类名来命名，所以 TagName 属性就多余了。此外，因为可以使用 .NET Framework 的动态查找功能去查找程序集，所以只需命名程序集和其中包含控件的名称空间。

在上面的代码行中，程序要使用 PCSCustomWebControls.dll 程序集和 PCSCustomWebControls 名称空间中的控件，以及标记前缀 PCS。如果在这个名称空间中有名为 Controll 的控件，则可以通过下面的 ASP.NET 代码去使用它：

```
<PCS:Controll Runat="server" ID="MyControll"/>
```

<%@ Register %>指令的 Assembly 特性是可选的——如果站点的 App\_Code 目录下有自定义控件，就可以忽略该属性，Web 站点会在代码中查找控件。尽管 Namespace 属性不是可选的，但必须在代码文件中包含自定义控件的名称空间，否则 ASP.NET 运行库就找不到它们。

类似于列表控件，自定义控件也可以嵌套使用，例如，在列表控件中可以嵌套<asp:ListItem>控件，以填充该列表控件：

```
<asp:DropDownList ID="roomList" Runat="server" Width="160px">
    <asp:ListItem Value="1"> The Happy Room </asp:ListItem>
    <asp:ListItem Value="2"> The Angry Room </asp:ListItem>
    <asp:ListItem Value="3"> The Depressing Room </asp:ListItem>
    <asp:ListItem Value="4"> The Funked Out Room </asp:ListItem>
</asp:DropDownList>
```

可以以类似的方式创建一些控件，把它们解释为其他控件的子控件。这是比较高级的技术，本章不探讨。

## 2. 自定义控件示例

下面将理论用于实践。我们将使用 C:\ProCSharp\Chapter41\ 目录下的一个 Web 站点 PCSCustomCWebSite1(使用空白 Web 站点模板创建)，以及其 App\_Code 目录下的一个自定义控件来说明这个简单的自定义控件。这个控件是已有 Label 控件的彩色版本，可以给文本中的每个字母轮流设置一组不同的颜色。

RainbowLabel 控件的代码在 App\_Code\RainbowLabel.cs 文件中，首先是下述 using 语句：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
using System.Drawing;
using System.Web.UI;
using System.Web.UI.WebControls;
```

代码段 PCSCustomCWebSite1/RainbowLabel.cs



`System.Drawing` 名称空间用于 `Color` 枚举, `Web` 名称空间用于 ASP.NET 控件引用。该文件的类在私有 `Color` 数组 `colors` 中维护一个颜色数组, 这些颜色用于文本中的字母:

```
namespace PCSCustomWebControls
{
    public class RainbowLabel : Label
    {
        private Color[] colors = new Color[] {Color.Red,
                                              Color.Orange,
                                              Color.Yellow,
                                              Color.GreenYellow,
                                              Color.Blue,
                                              Color.Indigo,
                                              Color.Violet};
    }
}
```

另外注意 `PCSCustomWebControls` 名称空间用于包含控件。如前所述, 这是一个必须的名称空间, 有了它, `Web` 页面才能正确地引用控件。

为了可以循环使用不同的颜色, 还要在私有属性 `offset` 中存储一个整数偏移量:

```
private int offset
{
    get
    {
        object rawOffset = ViewState["_offset"];
        if (rawOffset != null)
        {
            return (int)rawOffset;
        }
        else
        {
            ViewState["_offset"] = 0;
            return 0;
        }
    }
    set
    {
        ViewState["_offset"] = value;
    }
}
```

注意这个属性只是在一个成员字段中存储了一个值, 这源于 ASP.NET 维护状态的方式, 如上一章所述。因为控件在每个回发操作中都会实例化, 所以要存储值, 必须使用视图状态。为了易于访问, 只需使用 `ViewState` 集合, 它可以存储能串行化的任意对象。如果没有这么做, 在每次回发期间, `offset` 就会恢复其初始值。

要修改 `offset`, 可以使用 `Cycle()` 方法:

```
public void Cycle()
{
    offset = ++offset;
}
```

这个方法只递增在视图状态中为 `offset` 存储的值。

最后，重写自定义控件最重要的方法——Render()方法。在这个方法中输出 HTML，而且这是一个难以实现的方法。如果考虑可以查看控件的所有浏览器，以及可能影响呈显方式的所有变量，这个方法就会非常庞大。幸好，对于本例，这个方法相当简单：

```
protected override void Render(HtmlTextWriter output)
{
    string text = Text;
    for (int pos = 0; pos <text.Length; pos++)
    {
        int rgb = colors[(pos + offset) % colors.Length].ToArgb()
                & 0xFFFFFFFF;

        output.Write(string.Format(
            " <font color=\"#{0:X6}\"> {1} </font> ", rgb, text[pos]));
    }
}
}
```

这个方法允许访问输出流，以显示自定义控件的内容。只有两种情况不需要实现这个方法：

- 当设计一个没有可视化表示的控件(通常称为组件)时。
- 当从已有控件中派生且不需要改变其显示特征时。

自定义控件还提供自定义方法、引发自定义事件、响应子控件(如果有的话)。对于 RainbowLabel 控件，不需要考虑这些。

下面添加一个 Web 页面 Default.aspx，并添加代码，以显示控件和访问 Cycle()，如下所示：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
<%@ Register TagPrefix="pcs" Namespace="PCSCustomWebControls" %>
...
<form id="form1" runat="server">
  <div>
    <pcs:RainbowLabel runat="server" ID="rainbowLabel1"
      Text="Multicolored label!" />
    <asp:Button Runat="server" ID="cycleButton" Text="Cycle colors"
      OnClick="cycleButton_Click" />
  </div>
</form>
```

代码段 PCSCustomCWebSite1/Default.aspx

Default.aspx.cs 中需要的代码非常简单：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
protected void cycleButton_Click(object sender, EventArgs e)
{
    rainbowLabel1.Cycle();
}
```

代码段 PCSCustomCWebSite1/Default.aspx.cs

现在可以查看示例文本，给文本中的字母循环使用不同的颜色，如图 41-4 所示。

可以对自定义控件做许多工作，实际上，其可能性是无穷的，但必须来自对这些可能性进行试验。

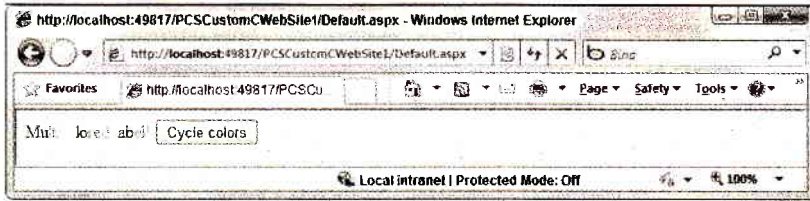


图 41-4

## 41.2 母版页

母版页可以使 Web 站点更容易设计。把所有(至少是大多数)页面布局都放在一个文件中,就可以重点关注站点的各个 Web 页面更重要的事情。

母版页在扩展名为 `.master` 的文件中创建,并可以像任何其他站点内容那样,通过 **Website | Add New Item** 菜单项添加。初看起来,为母版页生成的代码类似于标准 `.aspx` 页面:

```
<%@ Master Language="C#" AutoEventWireup="true"
    CodeFile="MyMasterPage.master.cs" Inherits="MyMasterPage" %>
<!DOCTYPE html PUBLIC "-//W3C//DTD XHTML 1.0 Transitional//EN"
    "http://www.w3.org/TR/xhtml1/DTD/xhtml1-transitional.dtd">
<html xmlns="http://www.w3.org/1999/xhtml">
<head runat="server">
    <title></title>
    <asp:ContentPlaceHolder id="head" runat="server">
    </asp:ContentPlaceHolder>
</head>
<body>
    <form id="form1" runat="server">
        <div>
            <asp:ContentPlaceHolder ID="ContentPlaceHolder1" Runat="server">
            </asp:ContentPlaceHolder>
        </div>
    </form>
</body>
</html>
```

其区别如下:

- 尽管属性相同,但使用 `<%@ Master %>` 指令,而不是 `<%@ Page %>` 指令。
- 在页面标题中放置一个 ID 为 `head` 的 `ContentPlaceHolder` 控件。
- 在页面正文中放置一个 ID 为 `ContentPlaceHolder1` 的 `ContentPlaceHolder` 控件。

这个 `ContentPlaceHolder` 控件使母版页非常有用。在一个页面中可以有任意多个 `ContentPlaceHolder` 控件,它们都由使用母版页的 `.aspx` 页面用于“插入”内容。虽然可以把默认内容插入 `ContentPlaceHolder` 控件中,但 `.aspx` 页面会重写这项内容。

`.aspx` 页面要使用母版页,需要修改 `<%@ Page %>` 指令,如下所示:

```
<%@ Page Language="C#" AutoEventWireup="true" CodeFile="Default.aspx.cs"
    Inherits="_Default" MasterPageFile="~/MyMasterPage.master"
    Title="Page Title" %>
```

这里添加了两个新属性：`MasterPageFile` 属性表示要使用的母版页，`Title` 属性设置母版页中 `<title>` 元素的内容。

把一个包含母版页的 `.aspx` 页面添加到 Web 站点上时，就可以选择使用母版页。Add New Item 向导包含 `Select master page` 复选框，如果选中这个复选框，向导的下一个页面就会列出 Web 应用程序中的一个母版页列表，以供选择 Web 应用程序。接着，为页面生成的代码会包含如上所示的 `MasterPageFile` 属性。

如果要使用默认的母版页内容，`.aspx` 页面就不必包含任何其他代码。另外，也不能包含 `Form` 控件，因为页面只能有一个 `Form` 控件，而母版页已经有了一个 `Form` 控件。

使用母版页的 `.aspx` 页面可以包含不是指令的非根级内容、脚本元素和 `Content` 控件。可以有任意多个 `Content` 控件，每个 `Content` 控件都会把内容插入母版页的其中一个 `ContentPlaceHolder` 控件中。唯一要注意的是，确保 `Content` 控件的 `ContentPlaceHolderID` 属性匹配要在其中插入内容的 `ContentPlaceHolder` 控件的 ID。所以，要把内容添加到前面的母版页中，只需要下面的 `.aspx` 文件：

```
<%@ Page Language="C#" MasterPageFile="~/MyMasterPage.master"
    AutoEventWireup="true" CodeFile="Default.aspx.cs" Inherits="_Default"
    Title="Untitled Page" %>

<asp:Content ID="Content1" ContentPlaceHolderID="head" Runat="Server">
</asp:Content>
<asp:Content ID="Content2" ContentPlaceHolderID="ContentPlaceHolder1"
    runat="Server">
    Custom content!
</asp:Content>
```

母版页的真正强大之处在于，在自己的母版页中在 `ContentPlaceHolder` 控件的四周放置其他内容，例如，导航控件、站点徽标和 HTML。可以为主要内容、边栏内容、脚标文本等提供多个 `ContentPlaceHolder` 控件。

如果不希望为特定的 `ContentPlaceHolder` 控件提供内容，就可以省略页面上的 `Content` 控件。例如，可以从上面的代码中删除 `Content1` 控件，这不会影响最终的显示结果。

#### 41.2.1 在 Web 页面中访问母版页

给 Web 页面添加母版页时，有时需要从 Web 页面的代码中访问母版页。为此，可以使用 `Page.Master` 属性，它以 `MasterPage` 对象的形式返回对母版页的一个引用。可以把这个对象的类型强制转换为母版页的类型，该母版页的类型由母版页文件定义(在上一节的示例中，这个类称为 `MyMasterPage`)。有了这个引用后，就可以访问母版页类的任意公共成员了。

另外，还可以使用 `MasterPage.FindControl()` 方法通过它们的标识符定位母版页上的控件，以便处理母版页上内容占位符外部的内容。

一个典型用法是，如果定义了一个用于标准窗体的母版页，其中包含一个提交按钮，就可以在子页面上定位提交按钮，在母版页上为 `Submit` 按钮添加事件处理程序。这样，就可以提供自定义的验证逻辑，来响应窗体的提交了。

#### 41.2.2 嵌套的母版页

`Select master page` 选项在创建新母版页时也可用。使用这个选项可以根据父母版页创建嵌套的

母版页。例如，可以创建一个母版页 `MyNestedMasterPage`，它使用如下 `MyMasterPage`：

```
<%@ Master Language="C#" MasterPageFile="~/MyMasterPage.master"
    AutoEventWireup="false" CodeFile="MyNestedMasterPage.master.cs"
    Inherits="MyNestedMasterPage" %>

<asp:Content ID="Content1" ContentPlaceHolderID="head" Runat="Server">
    <!-- Disabled for child controls. -->
</asp:Content>
<asp:Content ID="Content2" ContentPlaceHolderID="ContentPlaceHolder1"
    Runat="Server">
    First nested place holder:
    <asp:ContentPlaceHolder ID="NestedContentPlaceHolder1" runat="server">

        <asp:ContentPlaceHolder>
        <br />
        <br />
        Second nested place holder:
        <asp:ContentPlaceHolder ID="NestedContentPlaceHolder2" runat="server">

            <asp:ContentPlaceHolder>
            </asp:ContentPlaceHolder>
        </asp:ContentPlaceHolder>
    </asp:ContentPlaceHolder>
</asp:Content>
```

使用这个母版页的页面为 `NestedContentPlaceHolder1` 和 `NestedContentPlaceHolder2` 提供内容，但不能直接访问在 `MyMasterPage` 中指定的 `ContentPlaceHolder` 控件。在这个例子中，`MyNestedMasterPage` 修正 `head` 控件的内容，为 `ContentPlaceHolder1` 控件提供一个模板。

创建一系列嵌套的母版页，可以为页面提供其他布局，且不改变基本母版页的某些方面。例如，根母版页可能包含导航和基本布局，嵌套的母版页可以为不同数量的列提供布局。接着在站点的页面中使用嵌套的母版页，在不同的页面上在这些布局之间快速切换。

### 41.2.3 PCSDemoSite 中的母版页

在 `PCSDemoSite` 中，使用了一个母版页 `MasterPage.master`（这是母版页的默认名称），其代码如下所示：



```
<%@ Master Language="C#" AutoEventWireup="true"
    CodeFile="MasterPage.master.cs"
    Inherits="MasterPage" %>
<!DOCTYPE html PUBLIC "-//W3C//DTD XHTML 1.1//EN"
    "http://www.w3.org/TR/xhtml11/DTD/xhtml11.dtd">
<html xmlns="http://www.w3.org/1999/xhtml">
<head runat="server">
    <link rel="stylesheet" href="StyleSheet.css" type="text/css" />
    <title></title>
</head>
<body>
    <form id="form1" runat="server">
        <div id="header">
            <h1><asp:literal ID="Literal1" runat="server"
                text="<%= AppSettings.SiteTitle %>" /></h1>
            <asp:SiteMapPath ID="SiteMapPath1" Runat="server"
                CssClass="breadcrumb" />
        </div>
```

```

<div id="nav">
  <div class="navTree">
    <asp:TreeView ID="TreeView1" runat="server"
      DataSourceID="SiteMapDataSource1" ShowLines="True" />
  </div>
  <br />
  <br />
  <asp:LoginView ID="LoginView1" Runat="server">
    <LoggedInTemplate>
      You are currently logged in as
      <b><asp:LoginName ID="LoginName1" Runat="server" /></b>.
      <asp:LoginStatus ID="LoginStatus1" Runat="server" />
    </LoggedInTemplate>
  </asp:LoginView>
</div>
<div id="body">
  <asp:ContentPlaceHolder ID="ContentPlaceHolder1" Runat="server" />
</div>
</form>
<asp:SiteMapDataSource ID="SiteMapDataSource1" Runat="server" />
</body>
</html>

```

代码段 PCSDemoSite/MasterPage.master

这里的许多控件前面都没有见过，稍后将介绍它们。这里要注意的是，<div>元素包含各个内容部分(标题、导航栏和页面正文)，使用<%\$AppSettings:SiteTitle%>从 web.config 文件中获得站点标题：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

<appSettings>
  <add key="SiteTitle" value="Professional C# Demo Site"/>
</appSettings>

```

代码段 PCSDemoSite/web.config

还有 StyleSheet.css 的一个样式表链接：

```

<link rel="stylesheet" href="StyleSheet.css" type="text/css" />

```

这个 CSS 样式表包含此页面上<div>元素的基本布局信息，以及会议室登记工具控件的一部分。注意，该文件中的样式信息不包含颜色、字体等。这是主题中的样式表要获得的信息，详见本章后面的内容。这里只有布局信息，如<div>的大小。



注意，本章的 Web 站点尽可能遵循最佳实践方式。布局使用 CSS 而不是表格，很快就会成为 Web 站点布局的业界标准，并且值得认真掌握。在上面的代码中，“#”符号用于格式化有指定 id 属性的<div>元素，而.mrbEventList 格式化有指定 class 属性的 HTML 元素。

## 41.3 站点导航

3 个 Web 导航服务器控件 SiteMapPath、Menu 和 TreeView，可以用于为 Web 站点提供 XML 站点地

图；如果实现另一个站点地图提供程序，就以另一种格式提供站点地图。一旦创建这样一个数据源，这些 Web 导航服务器控件就可以自动为用户生成位置信息和导航信息。



稍后介绍一个 XML 站点地图示例。

尽管也可以使用 TreeView 控件显示其他结构化数据，但通过站点地图它真正开始发挥作用，可以提供导航信息的另一种视图。

Web 导航服务器控件如表 41-1 所示。

表 41-1

控 件	说 明
SiteMapPath	显示痕迹导航样式的信息，允许用户查看他们在站点结构中的位置，并导航到父区域中。可以提供各种模板，如 NodeStyle 和 CurrentNodeStyle，来定制痕迹导航路径的外观
Menu	通过 SiteMapDataSource 控件链接到站点地图信息，可以查看完整的站点结构，控件的外观由模板定制
TreeView	可以在树型结构中显示层次结构的数据，如内容表。树的节点存储在 Nodes 属性中，选中的节点存储在 SelectedNode 中。有几个事件可以在服务器端处理用户交互操作，包括 SelectedNodeChanged 和 TreeNode Collapsed。这个控件一般是数据绑定的控件

### 41.3.1 添加站点地图文件

要为站点提供站点地图 XML 文件，可以使用 Web site | Add New Item 菜单项添加一个站点地图文件(.sitemap)。通过提供程序链接到站点地图。因为默认的 XML 提供程序会在站点的根目录下查找 Web.sitemap 文件，所以，除非要使用另一个提供程序，否则就应接受所提供的默认文件名。

站点地图 XML 文件包含一个<siteMap>根元素，这个根元素包含一个<siteMapNode>元素，<siteMapNode>元素又可以包含任意多个嵌套的<siteMapNode>元素。

每个<siteMapNode>元素都使用表 41-2 中的属性。

表 41-2

属 性	说 明
Title	页面标题，用作站点地图中显示的链接文本
url	页面位置，用作站点地图中显示的超链接位置
Roles	用户角色，允许查看菜单中的这个站点地图项等
description	可选文本，用于站点地图显示的弹出式工具提示

站点有了 Web.sitemap 文件后，添加痕迹导航路径就只需在页面上放置如下代码：

```
<asp:SiteMapPath ID="SiteMapPath1" Runat="server" />
```

这将使用默认的提供程序和当前的 URL 位置，来格式化父页面的链接列表。  
添加菜单或树型视图菜单需要 SiteMapDataSource 控件，这也非常简单：

```
<asp:SiteMapDataSource ID="SiteMapDataSource1" Runat="server" />
```

如果使用自定义提供程序，唯一的区别是，可以通过 SiteMapProvider 属性指定该提供程序 ID。还可以使用 StartingNodeOffset 属性删除菜单数据的上一层(如根级的 Home 项)；使用 ShowStartingNode="False" 将只删除顶级链接；使用 StartFromCurrentNode="True" 表示从当前位置开始；使用 StringNodeUrl 属性会重写根节点。

只要把它们 DataSourceID 设置为 SiteMapDataSource 的 ID，Menu 控制和 TreeView 控件就可以使用这个数据源中的数据。这两个控件都包含许多样式属性，并可以设置主题，详见本章后面的内容。

### 41.3.2 PCSDemoSite 中的导航

PCSDemoSite 的站点地图如下所示：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
<?xml version="1.0" encoding="utf - 8" ?>
<siteMap>
  <siteMapNode url="~/Default.aspx" title="Home">
    <siteMapNode url="~/About/Default.aspx" title="About" />
    <siteMapNode url="~/MRB/Default.aspx" title="Meeting Room Booker"
      roles="RegisteredUser,SiteAdministrator" />
    <siteMapNode url="~/Configuration/Default.aspx" title="Configuration"
      roles="RegisteredUser,SiteAdministrator">
      <siteMapNode url="~/Configuration/Themes/Default.aspx" title="Themes"
        roles="RegisteredUser,SiteAdministrator"/>
    </siteMapNode>
    <siteMapNode url="~/Users/Default.aspx" title="User Area"
      roles="SiteAdministrator" />
    <siteMapNode url="~/Login.aspx" title="Login Details" />
  </siteMapNode>
</siteMap>
```

代码段 PCSDemoSite/Web.sitemap

PCSDemoSite 站点使用自定义提供程序从 Web.sitemap 中获得信息，这是必需的，因为默认的提供程序会忽略 roles 属性。这个自定义提供程序在 Web 站点的 web.config 文件中定义，如下所示：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
<siteMap defaultProvider="CustomProvider">
  <providers>
    <add name="CustomProvider"
      type="System.Web.XmlSiteMapProvider"
      siteMapFile="Web.sitemap" securityTrimmingEnabled="true" />
  </providers>
</siteMap>
```

代码段 PCSDemoSite/web.config

这个自定义提供程序和默认提供程序的唯一区别是添加了 securityTrimmingEnabled="true"，它指示提供程序，只为当前用户允许查看的节点提供数据。这种可见性由用户的角色成员资格确定，



如下一节所述。

在 PCSDemoSite 中包含 SiteMapPath、TreeView 导航的 MasterPage。母版页和一个数据源一起显示，如下所示：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
<div id="header">
  <h1><asp:literal ID="Literal1" runat="server"
    text="<%= $ AppSettings:SiteTitle %>" /></h1>
  <asp:SiteMapPath ID="SiteMapPath1" Runat="server"
    CssClass="breadcrumb" />
</div>
<div id="nav">
  <div class="navTree">
    <asp:TreeView ID="TreeView1" runat="server"
      DataSourceID="SiteMapDataSource1" ShowLines="True" />
  </div>
  <br />
  <br />
  <asp:LoginView ID="LoginView1" Runat="server">
    <LoggedInTemplate>
      You are currently logged in as
      <b><asp:LoginName ID="LoginName1" Runat="server" /></b>.
      <asp:LoginStatus ID="LoginStatus1" Runat="server" />
    </LoggedInTemplate>
  </asp:LoginView>
</div>
<div id="body">
  <asp:ContentPlaceHolder ID="ContentPlaceHolder1" Runat="server" />
</div>
</form>
<asp:SiteMapDataSource ID="SiteMapDataSource1" Runat="server" />
```

代码段 PCSDemoSite/MasterPage.master

这里唯一要注意的是，给 SiteMapPath 和 TreeView 导航提供了 CSS 类，以便于使用主题特性。

## 41.4 安全性

在 Web 站点中，安全性和用户管理的实现常常相当复杂，这是有原因的；我们必须考虑许多因素，包括：

- 要实现哪种用户管理系统？用户要映射到 Windows 用户账户上吗？还是实现某种独立的管理系统？
- 如何实现登录系统？
- 是让用户在站点上注册吗？如果是，如何注册？
- 如何让一些用户只查看某些内容，只执行某些操作，而给另一些用户提供额外的特权？
- 如果忘记了密码，该怎么办？

在 ASP.NET 中，有一整套可供使用的工具来处理这些问题，实际上，使用该工具只需几分钟就可以在站点上实现一个用户系统。我们有 3 种可供使用的身份验证系统：

- Windows 身份验证——用户有 Windows 账户，一般在内联网站或 WAN(Wide Area Network, 广域网)门户使用
- Forms 身份验证——Web 站点维护它自己的用户列表，完成自己的身份验证
- Microsoft Live ID 身份验证(以前称为 Passport 身份验证)——Microsoft 为用户提供的一个集中式身份验证服务

虽然完整讨论 ASP.NET 中的安全性至少需要一章的篇幅，但可以快速浏览一下实现安全性所涉及的工作。这里将只讨论 Forms 身份验证，因为这是最通用的系统，能很快建立和运转起来。

实现 Forms 身份验证最快捷的方式是使用 Web Site ASP.NET Configuration 工具，上一章简要介绍过这个工具，它有一个 Security 选项卡，其中是一个 Security Setup 向导。这个向导允许选择身份验证类型、添加角色、添加用户，以及站点的安全区域。

#### 41.4.1 使用 Security Setup 添加 Forms 身份验证功能

为了便于说明，在 C:\ProCSharp\Chapter41\目录下创建一个新的空白 Web 站点 PCSAuthentication Demo。之后，使用如下示例步骤配置安全性：

- (1) 打开 Web Site ASP.NET Configuration 工具。
- (2) 导航到 Security 选项卡。
- (3) 单击 Use the security setup wizard to configure security step by step 链接。
- (4) 阅读其中的信息后，单击第(1)步中的 Next 按钮。
- (5) 在向导的第(2)步中，选择 From the internet，以选中 Forms 身份验证，单击 Next 按钮。
- (6) 在确认使用默认的 Advanced provider settings 提供程序存储安全信息后，再次单击 Next 按钮。



这个提供程序的信息可以通过 Provider 选项卡配置，在 Provider 选项卡中，可以选择把信息存储到其他地方，如 SQL Server 数据库中，但选择默认的 SQL Server Express 数据库将便于演示。

- (7) 选择 Enable roles for this Web site 选项，单击 Next 按钮。
- (8) 添加两个角色 Administrator 和 User，单击 Next 按钮。
- (9) 添加两个用户，也称为 Administrator 和 User。注意密码(在 machine.config 中定义)的默认安全角色是相当强的，密码至少有 7 个字符，至少包括 1 个符号字符和混合了大小写的字母。
- (10) 单击 Next 按钮，然后再次单击 Next 按钮，跳过 Add New Access 页面。



在默认情况下，所有用户和角色都可以访问站点的所有区域。在 Add New Access Rules 页面中，可以限制角色、用户或匿名用户的访问区域。可以为站点的每个目录限制访问区域，因为这可以通过目录中的 web.config 文件实现，如后面所示。

- (11) 单击 Finish 按钮。
- (12) 在 Security 选项卡的主页面上，单击 Manage users 链接。
- (13) 依次为每个用户单击 Edit Roles 链接，给两个角色添加 Administrator 用户，给 User 角色仅

添加 User 用户。

完成上述步骤后，就有一个用户系统了，其中包含角色和用户。

为了验证其作用，必须给 Web 站点添加几个控件，进行身份验证。下面几节的示例代码假定，Web 站点用本节描述的 User、Administrator 角色和用户来配置。

#### 41.4.2 实现登录系统

如果在运行安全向导后打开 web.config 文件，就会看到其中修改的如下内容：

```
<roleManager enabled="true" />
```

和

```
<authentication mode="Forms" />
```

这似乎不太像我们刚才做的工作，但注意许多信息存储在一个 SQL Server Express 数据库中，该数据库在 App\_Data 目录下，命名为 ASPNETDB.MDF(需要单击 Solution Explorer 窗口中的 refresh 按钮，才能看到这个目录)。使用任意标准数据库管理工具都可以查看存储在这个文件中的数据，包括 Visual Studio。如果非常小心，甚至就可以直接在这个数据库中添加用户和角色。

在默认情况下，登录过程通过 Web 站点根目录下的一个 Login.aspx 页面实现。如果用户试图导航到无权访问的位置，在成功登录后，他们就会自动重定向到这个页面，并返回希望的位置。

在 PCSAuthenticationDemo 站点中添加两个 Web 窗体 Default.aspx 和 Login.aspx，把一个 Login 控件从工具箱拖放到 Login.aspx 窗体上。

这就是允许用户登录到 Web 站点上所需的全部工作。在浏览器上打开站点，导航到 Login.aspx(现在必须手工执行这个操作，因为没有限制对 Default.aspx 的访问)，再输入在 Security Setup 向导中添加的一个用户的详细信息，如图 41-5 所示。

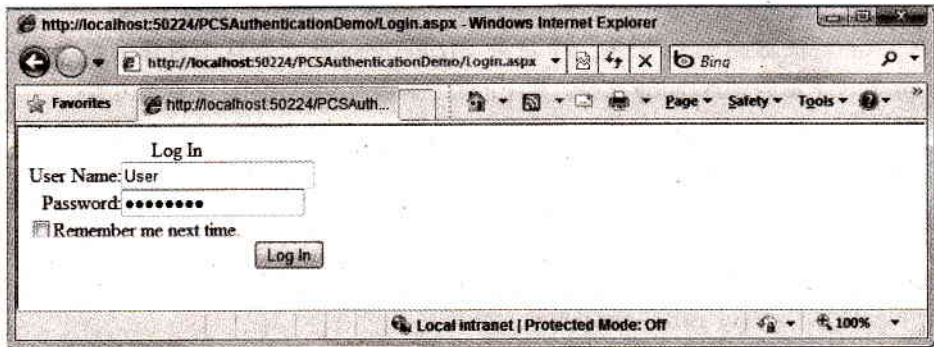


图 41-5

登录后，就会返回 Default.aspx，目前这是一个空页面。

#### 41.4.3 Web 登录服务器控件

工具箱的 Login 部分包含几个控件，如表 41-3 所示。

表 41-3

控 件	说 明
Login	如前所示, 这个控件允许用户登录 Web 站点。这个控件的大多数属性都用于给所提供的模板指定样式。还可以使用 DestinationPageUrl 属性强制登录后重定向到指定的位置, 使用 VisibleWhenLoggedIn 属性可以确定登录的用户是否能看到该控件。另外, 可以使用各种文本属性, 如 CreateUserText, 可以输出对用户有帮助的消息
LoginView	这个控件可以显示各种内容, 这取决于用户是否登录, 或用户的角色是什么。可以把内容放在<AnonymousTemplate>和<LoggedInTemplate>, 以及<RoleGroups>中来控制这个控件的输出
PasswordRecovery	这个控件允许用户把密码发送给他自己, 它可以使用为用户定义的密码恢复问题。它的大多数属性也用于显示格式, 但 MailDefinition-Subject 属性用于配置发送给用户的地址的电子邮件, SuccessPageUrl 属性在要求用户输入密码后重定向用户
LoginStatus	该控件显示 Login 或 Logout 链接, 其文本和图像都可以定制, 这取决于用户是否登录
LoginName	对于当前登录的用户输出用户名
CreateUserWizard	该控件显示一个窗体, 用户可以使用该窗体注册到站点上, 并添加到用户列表中。与其他登录控件一样, 它也有许多与布局格式相关的属性, 但默认的格式已完全可用了
ChangePassword	该控件允许用户修改密码, 它有 3 个字段, 分别表示旧密码、新密码和确认密码。它也有许多样式属性

这些控件将在 41.4.5 节中使用。

#### 41.4.4 保护目录

最后要讨论的是如何限制对目录的访问。这可以通过前面介绍的 Web Site Configuration 工具实现, 但手工完成也很简单。

给 PCSAuthenticationDemo 添加一个目录 SecureDirectory, 在这个目录中添加 Web 页面 Default.aspx 和一个新的 web.config 文件。用下面的代码替代 web.config 文件的内容:



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
<?xml version="1.0" ?>
<configuration>
  <system.web>
    <authorization>
      <deny users="?" />
      <allow roles="Administrator" />
      <deny roles="User" />
    </authorization>
  </system.web>
</configuration>
```

代码段 PCSAuthenticationDemo/SecureDirectory/web.config

<authorization>元素可以包含一个或多个表示权限规则的<deny>或<allow>元素, 每个元素都有一个 users 或 roles 属性, 表示该规则应用于什么成员。因为规则从上到下应用, 所以如果规则的成员关系有重叠, 那么较特殊的规则一般应放在靠上的位置。在这个例子中, “?” 表示匿名用户, 他们和 User 角色中的用户会被拒绝访问这个目录。注意, 只有这里的<allow>规则放在 User 角色的<deny>规则之前, 才表示 User 和 Administrator 角色中的用户允许访问这个目录——某个用户的所

有角色都考虑在内，但规则的顺序仍有效。

现在，在登录到 Web 站点，导航到 SecureDirectory/Default.aspx 时，只有位于 Admin 角色中，才能访问该页面。其他用户或未通过身份验证的用户都会被重定向到登录页面。

#### 41.4.5 PCSDemoSite 中的安全性

PCSDemoSite 站点使用了前面介绍的 Login 控件、LoginView 控件、LoginStatus 控件、LoginName 控件、PasswordRecovery 控件和 ChangePassword 控件。

一个区别是其中包含 Guest 角色，其结果是 guest 用户不能修改其密码，这使用 LoginView 比较合适，如 Login.aspx 所示：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
<asp:Content ID="Content1" ContentPlaceHolderID="ContentPlaceHolder1"
  Runat="server">
  <h2>Login Page</h2>
  <asp:LoginView ID="LoginView1" Runat="server">
    <RoleGroups>
      <asp:RoleGroup Roles="Guest">
        <ContentTemplate>
          You are currently logged in as <b>
            <asp:LoginName ID="LoginName1" Runat="server" /></b>.
          <br />
          <br />
          <asp:LoginStatus ID="LoginStatus1" Runat="server" />
        </ContentTemplate>
      </asp:RoleGroup>
      <asp:RoleGroup Roles="RegisteredUser,SiteAdministrator">
        <ContentTemplate>
          You are currently logged in as <b>
            <asp:LoginName ID="LoginName2" Runat="server" /></b>.
          <br />
          <br />
          <asp:ChangePassword ID="ChangePassword1" Runat="server">
            </asp:ChangePassword>
          <br />
          <br />
          <asp:LoginStatus ID="LoginStatus2" Runat="server" />
        </ContentTemplate>
      </asp:RoleGroup>
    </RoleGroups>
    <AnonymousTemplate>
      <asp:Login ID="Login1" Runat="server">
        </asp:Login>
      <asp:PasswordRecovery ID="PasswordRecovery1" Runat="Server" />
    </AnonymousTemplate>
  </asp:LoginView>
</asp:Content>
```

代码段 PCSAuthenticationDemo/Login.aspx

这里的视图会显示下述几个页面中的一个：

- 对匿名用户显示 Login 控件和 PasswordRecovery 控件。
- 对 Guest 用户显示 LoginName 控件和 LoginStatus 控件，根据需要，还会显示登录的用户名，并允许注销。

- 对 RegisteredUser 和 SiteAdministrator 用户显示 LoginName 控件、LoginStatus 控件和 Change Password 控件。

该站点在各个目录中还包含各自的 web.config 文件，以限制访问，也可以根据角色限制导航到其他地方。



注意，为站点配置的用户显示在 About 页面上，也可以添加自己的已配置用户。基本站点的用户(及其密码)是 User1(User1!!)、Admin(Admin!!)和 Guest(Guest!!)。

这里要注意，尽管站点的根目录拒绝匿名用户，但 Themes 目录(详见下一节)重写了这个设置，方法是允许匿名用户访问。这是必需的，因为如果没有重写该设置，匿名用户就会看到没有主题的站点，因为主题文件不能访问。另外，根文件 web.config 中的完整安全规范如下：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
<location path="StyleSheet.css">
  <system.web>
    <authorization>
      <allow users="*" />
    </authorization>
  </system.web>
</location>
<system.web>
  <authorization>
    <deny users="*" />
  </authorization>
  ...
</system.web>
```

代码段 PCSDemoSite/web.config

其中，<location>元素用来重写用 path 属性指定的特定文件的默认设置，这里是 StyleSheet.css 文件。根据个人爱好，<location>元素可用来把任意<system.web>设置应用于指定的文件或目录，并可以把所有特定于目录的设置集中在一个地方(替代多个 web.config 文件)。在上面的代码中，给匿名用户授予了访问 Web 站点中根样式表的权限，这是必需的，因为这个文件在母版页中定义了<div>元素的布局。不这么做，为匿名用户在登录页面上显示的 HTML 就很难读懂。

另一个要注意的地方是，在会议室登记工具用户控件的代码隐藏文件中，有如下 Page\_Load() 事件处理程序：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
void Page_Load(object sender, EventArgs e)
{
    if (!this.IsPostBack)
    {
        nameBox.Text = Context.User.Identity.Name;
        DateTime trialDate = DateTime.Now;
        calendar.SelectedDate = GetFreeDate(trialDate);
    }
}
```

代码段 PCSDemoSite/MRB/MRB.ascx.cs

其中，从当前的上下文环境中提取用户名。注意，在代码隐藏文件中，还要频繁使用 Context.User。

IsInRole()方法来检查访问。

## 41.5 主题

在 ASP.NET 页面中合并使用母版页和 CSS 样式表后, 还要把窗体和函数分开, 即把页面的外观和操作方式分开定义。利用主题, 可以在一步中完成这个任务, 并可以把所提供的几个主题之一动态应用于页面的外观。

主题包含如下内容:

- 主题的名称
- 可选的 CSS 样式表
- 可以给各个控件类型设置样式的外观文件(.skin)

这些内容以两种不同的方式应用于页面: 通过 Theme 或 StyleSheetTheme 属性。

- Theme: 所有外观属性都应用于控件, 重写页面上控件已有的任何属性
- StyleSheetTheme: 已有的控件属性优先于外观文件中定义的属性

CSS 样式表的工作方式与方法的使用方式相同, 因为它们都以标准的 CSS 方式应用。

### 41.5.1 把主题应用于页面

可以用几种声明或编程的方式把主题应用于页面, 应用主题最简单的声明方式是在<%@ Page %>指令中使用 Theme 或 StyleSheetTheme 属性:

```
<%@ Page Theme="myTheme" ... %>
```

或者:

```
<%@ Page StyleSheetTheme="myTheme" ... %>
```

其中, myTheme 是给主题定义的名称。

另外, 还可以在 Web 站点的 web.config 文件中使用一项, 给该站点上的所有页面指定要使用的主题:

```
<configuration>
  <system.web>
    <pages Theme="myTheme" />
  </system.web>
</configuration>
```

这里也可以使用 Theme 或 StyleSheetTheme 属性。还可以使用<location>元素重写某个页面或目录的这个设置, 其方式与上一节中给安全信息使用该元素的方式相同, 从而更具体地设置主题。

如果采用编程方式, 就可以在页面的代码隐藏文件中应用主题, 但只能在 Page\_PreInit()事件处理程序中应用主题, 该事件处理程序在页面的生命周期的早期触发。在这个事件中, 只需把 Page.Theme 或 Page.StyleSheetTheme 属性设置为要应用的主题的名称即可, 例如:

```
protected override void OnPreInit(EventArgs e)
{
    Page.Theme = "myTheme";
}
```

因为通过代码应用主题,所以可以动态地应用一组主题中的一个主题文件。这个技巧将在 41.5.3 节中使用。

### 41.5.2 定义主题

主题在 ASP.NET 中的另一个“特殊”目录(这里是 App\_Themes)中定义。App\_Themes 目录可以包含任意多个子目录,每个子目录下有一个主题,其中子目录名定义主题名。

定义主题时,需要把主题的所有必要文件放在主题子目录中。对于 CSS 样式表,不需要考虑文件名;主题系统仅查找扩展名为.css 的文件。同样,尽管建议使用多个.skin 文件,每个.skin 文件用于待设置外观的一个控件类型,每个.skin 文件的名称都用该控件名指定,但.skin 文件也可以有任意文件名。

外观文件包含服务器控件的定义,其格式与标准 ASP.NET 页面中使用的格式相同。其区别是外观文件中的控件不会添加到页面中,它们只用于提取属性。按钮外观的定义一般放在 Button.skin 文件中,其内容可能如下所示:

```
<asp:Button Runat="server" BackColor="#444499" BorderColor="#000000"  
    ForeColor="#ccccff" />
```

这个外观实际上是从 PCSDemoSite 的 DefaultTheme 主题中提取的,负责设置本章前面 Meeting Room Booker 页面中的按钮外观。

以这种方式为控件类型创建外观时,不需要使用 ID 属性。

### 41.5.3 PCSDemoSite 中的主题

Web 站点 PCSDemoSite 包含 3 个主题,可以在 /Configuration/Themes/Default.aspx 页面上选择这 3 个主题——只要作为 RegisteredUser 或 SiteAdministrator 角色的一个成员登录即可。这个页面如图 41-6 所示。

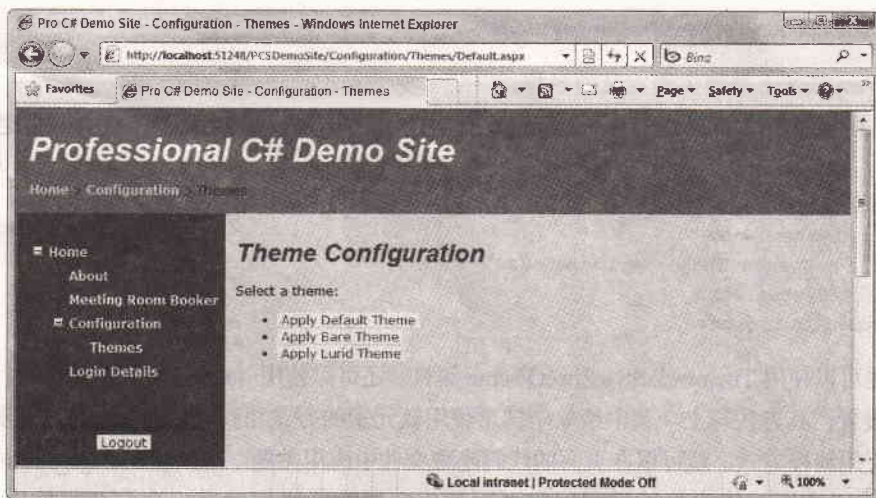


图 41-6

虽然这里使用的主题是 DefaultTheme,但也可以在这个页面上选择其他选项,图 41-7 显示了 BareTheme 主题。



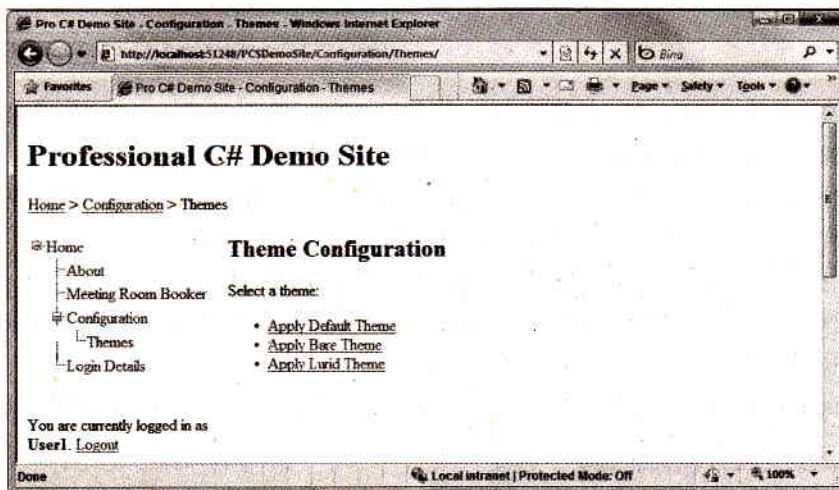


图 41-7

例如，这类主题适合于 Web 页面的可打印版本。BareTheme 目录实际上并不包含文件，这里使用的文件是根样式表 StyleSheet.css。

示例站点还包含第 3 个命名为 LuridTheme 的主题。这个主题的颜色非常鲜亮，但很难阅读，它说明了站点的外观如何可以使用主题动态改变。更重要的是，像这样的主题可以提供 Web 站点的高对比度或大文本版本，以便于访问。

在 PCSDemoSite 中，因为当前选择的主题存储在会话状态中，所以在站点四周导航时，主题会保持不变。/Configuration/Themes/Default.aspx 的代码隐藏文件如下所示：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
public partial class _Default : MyPageBase
{
    private void ApplyTheme(string themeName)
    {
        if (Session["SessionTheme"] != null)
        {
            Session.Remove("SessionTheme");
        }
        Session.Add("SessionTheme", themeName);
        Response.Redirect("~/Configuration/Themes", true);
    }

    void applyDefaultTheme_Click(object sender, EventArgs e)
    {
        ApplyTheme("DefaultTheme");
    }

    void applyBareTheme_Click(object sender, EventArgs e)
    {
        ApplyTheme("BareTheme");
    }

    void applyLuridTheme_Click(object sender, EventArgs e)
    {
        ApplyTheme("LuridTheme");
    }
}
```

---

代码段 PCSDemoSite/Configuration/Themes/Default.aspx.cs

这里的关键功能在 `ApplyTheme()`方法中，它使用 `SessionTheme` 键把所选主题的名称放在会话状态中，并确定会话状态中是否已有一个条目，如果有，就删除它。

如前所述，主题必须在 `Page_PreInit()`事件处理程序中应用。因为不能从所有页面使用的母版页中访问它，所以，如果要把选中的主题应用于所有页面，就有两个选项：

- 在所有要应用主题的页面中，重写 `Page_PreInit()`事件处理程序
- 为所有要应用主题的页面提供一个公共基类，再重写这个基类中的 `Page_PreInit()`事件处理程序

PCSDemoSite 使用第二个选项，在 `Code/MyPageBase.cs` 中提供了一个公共页面基类：



```
public class MyPageBase : Page
{
    protected override void OnPreInit(EventArgs e)
    {
        // theming
        if (Session["SessionTheme"] != null)
        {
            Page.Theme = Session["SessionTheme"] as string;
        }
        else
        {
            Page.Theme = "DefaultTheme";
        }

        // base call
        base.OnPreInit(e);
    }
}
```

---

代码段 PCSDemoSite/App\_Code/MyPageBase.cs

这个事件处理程序检查 `SessionTheme` 中条目的会话状态，如果会话状态中有一项，就应用选中的主题；否则就使用 `DefaultTheme`。

也要注意这个类继承自通用的页面基类 `Page`，这是必需的，否则页面就不能作为一个 ASP.NET Web 页面运作。

为了使程序正常工作，还要为所有 Web 页面指定这个基类。这有几种方式，最简单的方式是在页面的 `<@ Page %>`指令或页面的代码隐藏文件中指定。前一种策略适合于简单的页面，但不能使用的页面自定义代码隐藏，因为页面不再其自定义代码隐藏文件中使用代码。另一种方式是修改页面在代码隐藏文件中继承的类。在默认情况下，新页面继承自 `Page`，但可以改变这种继承关系。在前面主题选择页面的代码隐藏文件中，注意有如下代码：



```
public partial class _Default : MyPageBase
{
    ...
}
```

---

代码段 PCSDemoSite/Configuration/Themes/Default.aspx.cs

因为这里把 `MyPageBase` 指定为 `_Default` 类的基类，所以使用在 `MyPageBase.cs` 中重写的方法。

## 41.6 Web 部件

ASP.NET 包含一组名为 Web 部件的服务器控件，它们允许用户使 Web 页面个性化。例如，在基于 SharePoint 的 Web 站点和 My MSN 主页 <http://www.msn.com/> 上都可以看到这些控件。在使用 Web 部件时，可以得到的功能如下：

- 给用户显示默认的页面布局。这个布局包含许多 Web 部件组件，每个 Web 部件都有标题和内容。
- 用户可以修改 Web 部件在页面上的位置。
- 用户可以定制页面上 Web 部件的外观，或者完全从页面中删除它们。
- 为用户提供一类 Web 部件，允许用户将此类 Web 部件添加到页面中。
- 用户可以从页面中导出 Web 部件，再把它们导入另一个页面或站点上。
- Web 部件之间可以存在连接关系。例如，显示在一个 Web 部件中的内容可以是显示在另一个 Web 部件中的内容的图形表示。
- 用户进行的任何修改都可以在访问站点的过程中保存下来。

ASP.NET 为移植 Web 部件功能提供了一个完整的架构，包括管理控件和编辑控件。

Web 部件的使用是一个复杂的主题，本节不描述 Web 部件的所有功能，也不列出 Web 部件组件提供的所有属性和方法，只概述 Web 部件，让读者体验和理解它的基本功能。

### 41.6.1 Web 部件应用程序组件

工具箱的 Web 部件部分包含 13 个控件，如表 41-4 所示。该表还介绍了 Web 部件页面的一些重要概念。

表 41-4

控 件	说 明
<code>WebPartManager</code>	每个使用 Web 部件的页面必须有一个(只能有一个) <code>WebPartManager</code> 控件的实例，尽管只需要需要在页面上使用 Web 部件时，就应使用母版页。但根据个人爱好可以把它放在母版页上。这个控件负责管理大部分 Web 部件功能，不需要用户太多的干涉。只要根据自己需要的功能，将该控件放在 Web 页面上即可。对于更高级的功能，可以使用这个控件提供的许多属性和事件
<code>ProxyWebPartManager</code>	如果把 <code>WebPartManager</code> 控件放在母版页上，就很难在各个页面上配置它——实际上不能以声明方式这么做。这与 Web 部件之间的静态连接的定义尤其相关。 <code>ProxyWebPartManager</code> 控件允许在 Web 页面上以声明方式定义静态连接，这避免出现不能在同一个页面上放置两个 <code>WebPartManager</code> 控件的问题
<code>WebPartZone</code>	<code>WebPartZone</code> 控件用于定义可以包含 Web 部件的页面区域。一般在页面上使用多个 <code>WebPartZone</code> 控件。例如，可以在页面的 3 列布局中使用 3 个 <code>WebPartZone</code> 控件。用户可以在 <code>WebPartZone</code> 区域之间移动 Web 部件，或者在一个 <code>WebPartZone</code> 区域中重新定位它们

(续表)

控 件	说 明
CatalogZone	CatalogZone 控件允许用户把 Web 部件添加到页面中。这个控件包含的控件派生自 CatalogZone, CatalogZone 提供了 3 个控件, 本表后面 3 项将介绍这 3 个控件。CatalogZone 控件及其包含的控件是否可见, 取决于 WebPartManager 设置的当前显示模式
DeclarativeCatalogPart	DeclarativeCatalogPart 控件允许定义内联的 Web 部件控件。之后, 这些控件就可以通过 CatalogZone 控件用于用户
PageCatalogPart	用户可以删除(关闭)显示在页面上的 Web 部件。为了检索它们, PageCatalogPart 控件提供了一个可以在页面上替换的、已关闭的 Web 部件列表
ImportCatalogPart	ImportCatalogPart 控件允许通过 CatalogPart 接口把从页面中导出的 Web 部件再导入另一个页面中
EditorZone	EditorZone 控件包含的控件允许用户根据 Web 部件包含的控件, 编辑 Web 部件的显示和行为的各个方面。它可以包含派生自 EditorPart 的控件, 包括本表后面 4 行中的 4 个控件。与 CatalogZone 控件一样, 这个控件的显示取决于当前显示模式
AppearanceEditorPart	这个控件允许用户修改 Web 部件控件的外观和大小, 并能隐藏它们
BehaviorEditorPart	这个控件允许用户使用该控件的许多属性配置 Web 部件的行为, 例如, Web 部件是否可以关闭, Web 部件的标题链接到什么 URL 上
LayoutEditorPart	这个控件允许用户修改 Web 部件的布局属性, 例如, 它包含在什么区域, 在最小化状态下它是否显示
PropertyGridEditorPart	这是最一般的 Web 部件编辑器控件, 它允许定义可以为自定义 Web 部件控件编辑的属性。之后, 用户就可以编辑这些属性
ConnectionsZone	这个控件允许用户在提供连接功能的 Web 部件之间创建连接。与 CatalogZone 控件和 EditorZone 控件不同, 在这个控件中不放置任何其他控件。这个控件生成的用户界面取决于页面上可用于连接的控件。这个控件的可见性取决于显示模式

注意, 表 41-4 中的控件不包含任何 Web 部件控件。这是因为这些控件是我们自己创建的。任何放在 WebPartZone 区域中的控件会自动变成 Web 部件, 包括(最重要的是)用户控件。使用用户控件, 可以把其他控件组合在一起, 提供 Web 部件控件的用户界面和功能。

#### 41.6.2 Web 部件示例

为了说明 Web 部件的功能, 可以查看本章可下载代码中的另一个示例 Web 站点 PCSWebParts。这个示例将使用 PCSAuthenticationDemo 示例的同一个安全数据库。它有两个用户, 其用户名是 User 和 Administrator, 密码都是 Pa\$\$w0rd。还可以作为一个用户登录, 处理页面上的 Web 部件, 注销, 之后再作为另一个用户登录, 以完全不同的方式处理 Web 部件。这两个用户的个性化会在站点访问的过程中保存下来。

登录到站点上后, 最初显示的结果(用 User 登录)如图 41-8 所示。

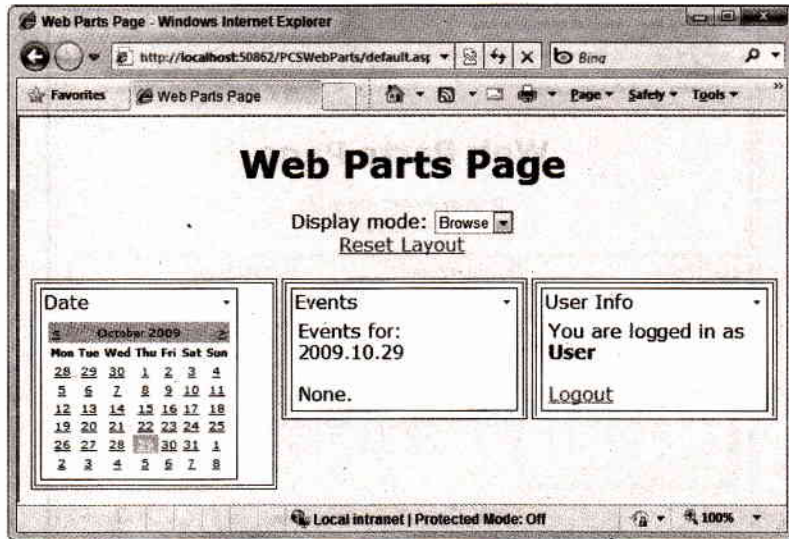


图 41-8

这个页面包含如下控件:

- 1 个 WebPartManager 控件(没有可见的组件)。
- 3 个 WebPartZone 控件。
- 3 个 Web 部件(Date、Events 和 User Info), 分别放在 3 个 WebPartZone 控件中。其中两个 Web 部件通过一个静态连接关联起来, 如果修改 Date 部件中的日期, Events 部件中显示的日期就会更新。
- 改变显示模式的下拉列表。这个列表不包含所有可能的显示模式, 只包含可用的显示模式。可用的模式从 WebPartManager 控件中获得, 如后面所示。列出的模式有:
  - Browse —— 这种模式是默认的, 允许查看和使用 Web 部件。在这种模式下, 每个 Web 部件都可以使用下拉菜单最小化和关闭, 下拉菜单可以从每个 Web 部件的右上角访问。
  - Design —— 在这种模式下, 可以重新定位 Web 部件。
  - Edit —— 在这种模式下, 可以编辑 Web 部件属性。每个 Web 部件的下拉菜单中, 有另一个开始可用的菜单项 Edit。
  - Catalog —— 在这种模式下, 可以给页面添加新 Web 部件。
- 一个链接, 将 Web 部件布局重置为默认布局(仅用于当前用户)
- 一个 EditorZone 控件(只在 Edit 模式下可见)
- 一个 CatalogZone 控件(只在 Catalog 模式下可见)
- 类别中可以添加到页面中的另一个 Web 部件

每个 Web 部件都在用户控件中定义。

#### (1) Web 部件的操作

为了说明布局的修改方式, 可使用下拉列表将显示模式改为 Design。注意, 然后每个 WebPartZone 控件都带有一个 ID 值(分别是 LeftZone、CenterZone 和 RightZone)。还可以通过拖动标题来移动 Web 部件, 在拖动过程中甚至可以看到可视化的反馈效果。如图 41-9 所示, 其中显示了正在移动的名为 Date 的 Web 部件。

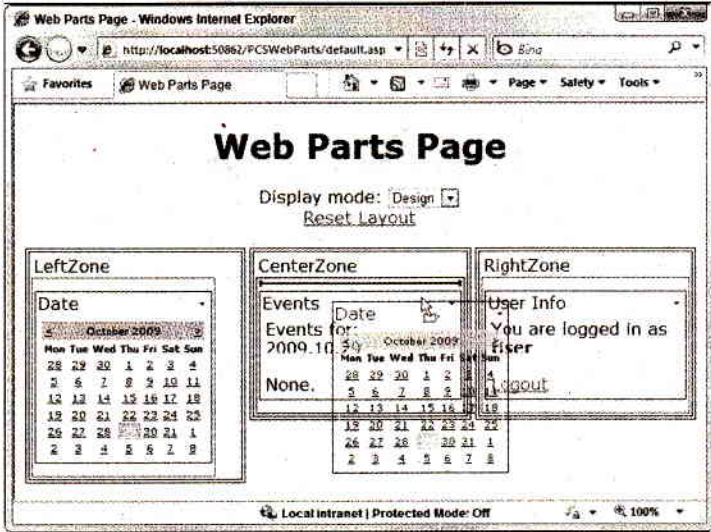


图 41-9

接着，从类别中添加一个新的 Web 部件。将显示模式改为 Catalog，注意 CatalogZone 在页面的底部开始可见。单击 Declarative Catalog 链接，就可以在页面上添加一个 Links 控件，如图 41-10 所示。

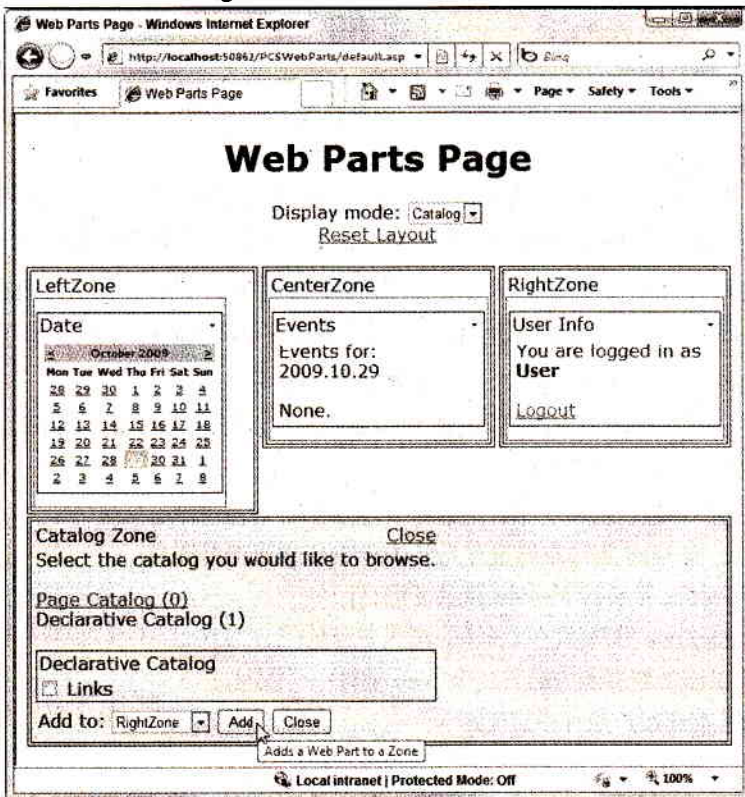


图 41-10

注意这里还有一个 Page Catalog 链接。如果对于该部件使用下拉菜单选择 Web 部件，就会看到 Page Catalog 链接，它没有完全删除，只是隐藏了。

之后，把显示模式改为 Edit，再从 Web Part 的下拉列表中选择 Edit 项，如图 41-11 所示。

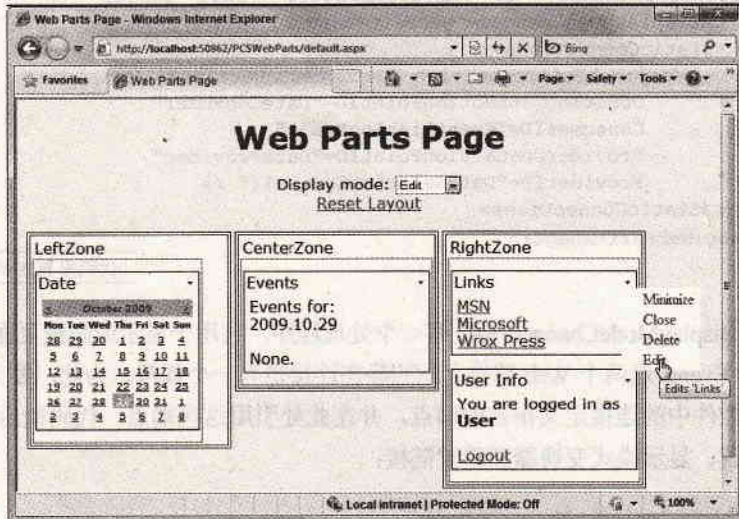


图 41-11

选择这个菜单项时，会打开 EditorZone 控件。在本例中，这个控件包含一个 AppearanceEditorPart 控件，如图 41-12 所示。

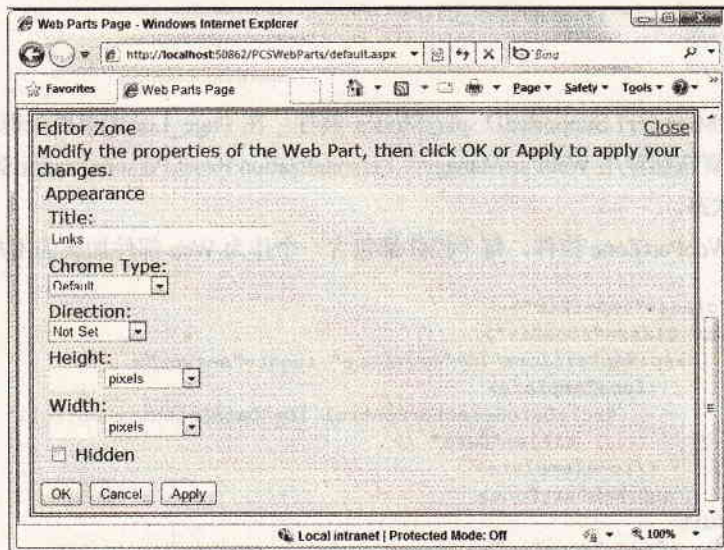


图 41-12

使用这个界面可以编辑和应用 Web 部件的属性值。

完成修改后，确认存储了它们，以便用户注销，再作为另一个用户登录，之后切换回第一个用户。

## (2) Web 部件包含的页面代码

现在，读者可能以为这个功能需要许多代码。实际上，本例的代码相当简单。查看 Web 部件页面的代码。<form>元素以一个 WebPartManager 控件开头：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
<form id="form1" runat="server">
  <asp:WebPartManager ID="WebPartManager1" runat="server"
    OnDisplayModeChanged="WebPartManager1_DisplayModeChanged">
    <StaticConnections>
      <asp:WebPartConnection ID="dateConnection"
        ConsumerConnectionPointID="DateConsumer"
        ConsumerID="EventListControl1"
        ProviderConnectionPointID="DateProvider"
        ProviderID="DateSelectorControl1" />
    </StaticConnections>
  </asp:WebPartManager>
```

代码段 PCSWebParts/Default.aspx

这个控件的 `DisplayModeChanged` 事件有一个处理程序，它用于显示或隐藏页面底部的 `<div>` 编辑器。在 `Date` 和 `Events` 这两个 Web 部件之间的静态连接也有一个规范。为此，要为用于这些 Web 部件的两个用户控件中的连接定义指定的端点，并在此处引用这些端点。代码稍后列出。

接着定义标题、显示模式变换器和重置链接：

```
<div class="mainDiv">
  <h1> Web 部件 Page </h1>
  Display mode:
  <asp:DropDownList ID="displayMode" runat="server" AutoPostBack="True"
    OnSelectedIndexChanged="displayMode_SelectedIndexChanged" />
  <br />
  <asp:LinkButton runat="server" ID="resetButton" Text="Reset Layout"
    OnClick="resetButton_Click" />
  <br />
  <br />
```

使用 `WebPartManager1.SupportedDisplayModes` 属性，在 `Page_Load()` 事件处理程序中填充显示模式下拉列表。重置按钮使用 `WebPartManager1.Personalization.Reset.PersonalizationState()` 方法给当前用户重置个性化状态。

接着是 3 个 `WebPartZone` 控件，每个控件都包含一个作为 Web 部件加载的用户控件：

```
<div class="innerDiv">
  <div class="zoneDiv">
    <asp:WebPartZone ID="LeftZone" runat="server">
      <ZoneTemplate>
        <uc1:DateSelectorControl ID="DateSelectorControl1" runat="server"
          title="Date" />
      </ZoneTemplate>
    </asp:WebPartZone>
  </div>
  <div class="zoneDiv">
    <asp:WebPartZone ID="CenterZone" runat="server">
      <ZoneTemplate>
        <uc2:EventListControl ID="EventListControl1" runat="server"
          title="Events" />
      </ZoneTemplate>
    </asp:WebPartZone>
  </div>
  <div class="zoneDiv">
    <asp:WebPartZone ID="RightZone" runat="server">
      <ZoneTemplate>
        <uc4:UserInfo ID="UserInfo1" runat="server" title="User Info" />
      </ZoneTemplate>
    </asp:WebPartZone>
  </div>
```



```

    </asp:WebPartZone>
</div>

```

最后是 EditorZone 控件和 CatalogZone 控件,它们分别包含 AppearanceEditor 控件、PageCatalogPart 控件和 DeclarativeCatalogPart 控件:

```

<asp:Placeholder runat="server" ID="editorPH" Visible="false">
  <div class="footerDiv">
    <asp:EditorZone ID="EditorZone1" runat="server">
      <ZoneTemplate>
        <asp:AppearanceEditorPart ID="AppearanceEditorPart1"
          runat="server" />
      </ZoneTemplate>
    </asp:EditorZone>
    <asp:CatalogZone ID="CatalogZone1" runat="server">
      <ZoneTemplate>
        <asp:PageCatalogPart ID="PageCatalogPart1" runat="server" />
        <asp:DeclarativeCatalogPart ID="DeclarativeCatalogPart1"
          runat="server">
          <WebPartsTemplate>
            <uc3:LinksControl ID="LinksControl1" runat="server"
              title="Links" />
          </WebPartsTemplate>
        </asp:DeclarativeCatalogPart>
      </ZoneTemplate>
    </asp:CatalogZone>
  </div>
</asp:Placeholder>
</div>
</div>
</form>

```

DeclarativeCatalogPart 控件包含第 4 个用户控件,这是一个 Links 控件,用户可以把它添加到页面中。

### (3) Web 部件的代码

Web 部件的代码相当简单。例如,Web 部件 Links 只包含下述代码:



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

<%@ Control Language="C#" AutoEventWireup="true"
CodeFile="LinksControl.ascx.cs"
Inherits="LinksControl" %>
<a href="http://www.msn.com/"> MSN </a>
<br />
<a href="http://www.microsoft.com/"> Microsoft </a>
<br />
<a href="http://www.wrox.com/"> Wrox Press </a>

```

代码段 PCSWebParts/LinksControl.ascx

不需要额外的标记,就可以使这个用户控件作为一个 Web 部件工作。这里唯一要注意的是,用户控件(与 Default.aspx 中使用的相同)的<uc3:LinksControl>元素有一个 title 属性,尽管用户控件没有 Title 属性。DeclarativeCatalogPart 控件使用这个属性来推断 Web 部件要显示的标题(可以在运行期间用 AppearanceEditorPart 控件编辑)。

#### (4) 连接控件

将一个接口引用从 `DateSelectorControl` 传递给 `EventListControl`(这些 Web 部件使用的两个用户控件类), 就建立了 `Date` 控件和 `Events` 控件之间的连接。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
public interface IDateProvider
{
    SelectedDatesCollection SelectedDates
    {
        get;
    }
}
```

代码段 PCSWebParts/App Code/IDateProvider.cs

因为 `DateSelectorControl` 支持这个接口, 所以可以使用 `this` 传送 `IDateProvider` 接口的一个实例。引用通过 `DateSelectorControl` 中的端点方法来传递, 该引用用 `ConnectionProvider` 属性修饰:



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
[ConnectionProvider("Date Provider", "DateProvider")]
public IDateProvider ProvideDate()
{
    return this;
}
```

代码段 PCSWebParts/DateSelectorControl.ascx.cs

这就是把 Web 部件标记为一个提供程序控件所需做的全部工作。之后, 就可以通过端点 ID 引用提供程序, 在本例中是 `DateProvider`。

要使用提供程序, 可以使用 `ConnectionConsumer` 属性在 `EventListControl` 中修饰一个使用方法:



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
[ConnectionConsumer("Date Consumer", "DateConsumer")]
public void GetDate(IDateProvider provider)
{
    this.provider = provider;
    IsConnected = true;
    SetDateLabel();
}
```

代码段 PCSWebParts/EventListControl.ascx.cs

这个方法存储了一个传递过来的 `IDateProvider` 接口引用, 设置一个标记, 并修改控件中的标签文本。

这个例子没有更多需要解释的地方。示例中有几个小段装饰代码, 还有 `Page_Load()` 中事件处理程序的详细信息, 但这里不需要讨论它们。查看本章的可下载代码, 可以进一步研究它们。

但是 Web 部件可以完成更多工作。Web 部件架构非常强大, 功能非常丰富, 需要一整本书的篇幅来探讨。但本节概述了 Web 部件, 并揭示了它们的一些功能。

## 41.7 ASP.NET AJAX

Web 应用程序编程是一个不断变化和改进的主题。如果花点时间查看当前的 Internet, 就会注意到, 最近的 Web 站点在可用性方面比老网站好得多。许多目前最好的 Web 站点都提供了丰富的用户界面, 其响应能力与 Windows 应用程序差不多。它们使用客户端处理技术实现, 主要通过 JavaScript 代码和不断利用 Ajax 技术。

Ajax 并不是一种新技术，它只是一组合并的标准，这组标准可以实现当前 Web 浏览器丰富的潜在功能。

在支持 Ajax 的 Web 应用程序中，最重要的特性是 Web 浏览器能在带外操作中与 Web 服务器通信。这称为异步回发或部分页面的回发。实际上，这意味着用户可以与服务器端的功能和数据交互，而无需更新整个页面。例如，单击一个链接，移动到表的第二页数据上时，Ajax 可以只刷新表的内容，而不刷新整个 Web 页面。也就是说，需要的 Internet 通信量较少，从而使 Web 应用程序的响应比较快。

本节将在代码中使用 Ajax 的 Microsoft 实现方式，它称为 ASP.NET AJAX。这种实现方式采用 Ajax 模型，并将它应用于 ASP.NET 架构。ASP.NET AJAX 提供了许多服务器控件和客户端技术，它们专门面向 ASP.NET 开发人员，从而可以毫不费力地在 Web 应用程序中添加 Ajax 功能。

本节内容如下：

- Ajax 和实现 Ajax 的技术。
- ASP.NET AJAX 及其组成部分，以及 ASP.NET AJAX 提供的功能。
- 如何通过服务器端和客户端代码在 Web 应用程序中使用 ASP.NET AJAX。这是本节最大的一部分。

## 41.8 Ajax 的概念

Ajax 允许通过异步回发和动态的客户端 Web 页面操作，改进 Web 应用程序的用户界面。术语“Ajax”由 Jesse James Garrett 提出，是 Asynchronous JavaScript and XML 的缩写。



注意，Ajax 不是一个缩写词，因此它不能写作 AJAX。但是，在产品名称 ASP.NET AJAX 中它是大写，这是 Ajax 的 Microsoft 实现方式，如下一节所述。

根据定义，Ajax 涉及 JavaScript 和 XML。但是，Ajax 编程也需要使用其他技术，如表 41-5 所述。

表 41-5

技 术	说 明
HTML/XHTML	HTML(Hypertext Markup Language, 超文本标记语言)是显示和布局语言，由 Web 浏览器用于在图形化用户界面上呈现信息。前面学习了 HTML 如何实现这个功能，ASP.NET 如何生成 HTML 代码。可扩展的 HTML(XHTML)是使用 XML 结构的一个较严谨的 HTML 版本
CSS	CSS(层叠样式表)是 HTML 元素根据一个样式表中定义的规则设置样式的方式。它允许将样式同时应用于多个 HTML 元素，能在不修改 HTML 的情况下切换风格从而改变 Web 页面的外观。因为 CSS 包含布局和样式信息，所以也可以使用 CSS 在页面上定位 HTML 元素
DOM	DOM(文档对象模型)是在层次结构中表示和操作(X)HTML 代码的一种方式。例如，它允许访问 Web 页面中的“表 x 中第 3 行的第 2 列”，且无需使用原始的文本处理方式定位这个元素
JavaScript	JavaScript 是一种客户端脚本编辑技术，它允许在 Web 浏览器中执行代码。JavaScript 的语法类似于其他基于 C 的语言，包括 C#，并提供变量、函数、分支代码、循环语句和其他熟悉的编程元素。但是与 C#不同，JavaScript 不是强类型化的，JavaScript 代码的调试比较困难。对于 Ajax 编程，JavaScript 是一种关键技术，因为它允许利用 DOM 操作，动态修改 Web 页面

(续表)

技 术	说 明
XML	XML 是标记数据的一种中性平台方式, 对 Ajax 非常关键, 它既是操作数据的方式, 也是客户端和服务端之间的通信语言
XmlHttpRequest	自 Internet Explorer 5 以来, 浏览器就把 XmlHttpRequest API 作为一种在客户端和服务端之间进行异步通信的方式。Microsoft 最初把它引入作为一种技术, 在 Outlook Web Access 产品中, 以访问通过 Internet 存储在 Exchange 服务器中的电子邮件。后来它变成在 Web 应用程序中进行异步通信的标准方式, 是支持 Ajax 的 Web 应用程序的一个核心技术。这个 API 的 Microsoft 实现方式称为 XMLHTTP, 它利用所谓的 XMLHTTP 协议来通信

Ajax 还需要用服务器端代码处理部分页面的回发和完整页面的回发, 这包括服务器控件的事件处理程序和 Web 服务。图 41-13 显示了这些技术如何在 Ajax Web 浏览器模型中联合使用, 并与传统的 Web 浏览器模型进行比较。

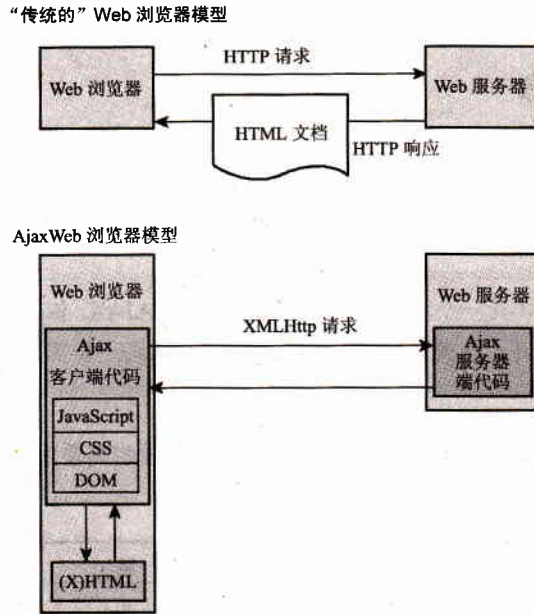


图 41-13

在 Ajax 推出之前, 表 41-1 中的列出前 4 种技术 (HTML、CSS、DOM 和 JavaScript) 用于创建所谓的动态 HTML (DHTML) Web 应用程序。这些应用程序比较著名出自两个原因: 它们提供的用户界面要好得多; 它们一般只能用于一种类型的 Web 浏览器。

自 DHTML 推出以来, 标准已有了改进, Web 浏览器遵循的标准的级别也提高了。但是, 它们仍有区别, Ajax 解决方案必须考虑这些区别。也就是说, 大多数开发人员实现 Ajax 解决方案还相当慢。只有开发出更抽象的 Ajax 架构 (如 ASP.NET AJAX), 创建支持 Ajax 的 Web 站点才是企业级开发的一个可行选项。

## 41.9 ASP.NET AJAX

ASP.NET AJAX 是 Ajax 架构的 Microsoft 实现方式,专门面向 ASP.NET 开发人员。它是 ASP.NET 核心功能的一部分。Web 站点 <http://ajax.asp.net> 可以用于以前的 ASP.NET 版本,它包含相关的文档、论坛和示例代码,可以用于我们使用的任何 ASP.NET 版本。

ASP.NET AJAX 提供了如下功能:

- 服务器端架构允许 ASP.NET Web 页面响应部分页面的回发操作。
- ASP.NET 服务器控件便于实现 Ajax 功能。
- HTTP 处理程序允许 ASP.NET Web 服务在部分页面的回发操作中,使用 JSON(JavaScript Object Notation, JavaScript 对象标记)串行化功能与客户端代码通信。
- Web 服务支持客户端代码访问 ASP.NET 应用程序服务,包括身份验证和个性化服务。
- Web 站点模板可用于创建支持 ASP.NET AJAX 的 Web 应用程序。
- 客户端的 JavaScript 库对 JavaScript 语法提供了许多改进,还提供了许多代码,来简化 Ajax 功能的实现。

这些可行的服务器控件和服务器的架构统称为 ASP.NET 扩展。ASP.NET AJAX 的客户端部分称为 AJAX 库。

还可以从网站 <http://ajax.asp.net> 上下载其他软件包包括以下两个重要软件包:

- **ASP.NET AJAX Control Toolkit**——这个下载软件包包含由开发团体创建的其他服务器控件。这些控件是共享的源控件,可以查看和修改它们。
- **Microsoft AJAX Library 3.5**——这个下载软件包包含 JavaScript 客户端架构,它们由 ASP.NET AJAX 用于实现 Ajax 功能。如果开发的是 ASP.NET AJAX 应用程序,就不需要这个软件包。这个下载软件包适用于其他语言,如 PHP,使用与 ASP.NET AJAX 相同的基本代码来实现 Ajax 功能。它超出了本章的范围。



网站上还有 ASP.NET AJAX 新版本的预览下载软件包,本章不介绍它。

这两个下载软件包提供了功能丰富的架构,该架构可以用于在自己的 ASP.NET Web 应用程序中添加 Ajax 功能。下面几节将介绍 ASP.NET AJAX 的各个组成部分。

### 41.9.1 核心功能

ASP.NET AJAX 的核心功能分为两部分: AJAX 扩展和 AJAX 库。

#### 1. AJAX 扩展

ASP.NET AJAX 功能包含在 GAC 中安装的两个程序集中:

- **System.Web.Extensions.dll**——这个程序集包含 ASP.NET AJAX 功能,包括 AJAX 扩展和 AJAX 库 JavaScript 文件,它们可以通过 ScriptManager 组件(稍后介绍)来获得。

- `System.Web.Extensions.Design.dll`——这个程序集包含用于 AJAX 扩展服务器控件的 ASP.NET Designer 组件，它由 ASP.NET Designer 在 Visual Studio 或 Visual Web Developer 中使用。

ASP.NET AJAX 中的许多 AJAX 扩展组件都涉及支持部分页面的回发和用于 Web 服务的 JSON 串行化。这包括各种 HTTP 处理程序组件和对已有 ASP.NET 架构的扩展。所有这些功能都可以通过 Web 站点的 `web.config` 文件来配置。还有用于其他配置的和属性。但大多数配置都是透明的，用户很少需要改变默认设置。

与 AJAX 扩展的主要交互操作是使用服务器控件将 Ajax 功能添加到 Web 应用程序中。有几个服务器控件可以用各种方式增强用户的应用程序。表 41-6 列出了一些服务器端组件。本章后面将介绍它们。

表 41-6

控 件	说 明
ScriptManager	<p>这个控件是 ASP.NET AJAX 功能的核心，使用部分页面回发功能的每个页面都需要它。它的主要作用是管理对 AJAX 库 JavaScript 文件的客户端引用，AJAX 库 JavaScript 文件位于 ASP.NET AJAX 程序集中。AJAX 库主要由 AJAX 扩展服务器控件使用，这些控件会生成自己的客户端代码。</p> <p>这个控件还负责配置要在客户端代码中访问的 Web 服务。给 ScriptManager 控件提供 Web 服务信息，就可以生成客户端类和服务器端类，来透明地管理与 Web 服务的异步通信。</p> <p>还可以使用 ScriptManager 控件维护对自己的 JavaScript 文件的引用</p>
UpdatePanel	<p>UpdatePanel 控件非常有用，也许是最常用的 ASP.NET 控件。这个控件与标准的 ASP.NET 占位符类似，可以包含任何其他控件。更重要的是，在部分页面的回发过程中，它还把页面的一部分标记为可以独立于页面的其他部分来更新的区域。</p> <p>UpdatePanel 控件包含的、引发回发操作的任意控件(如按钮控件)，都不会引发整个页面的回发操作，它们只引发部分页面的回发，从而只更新 UpdatePanel 控件的内容。</p> <p>在许多情况下，只需要这个控件就可以实现 Ajax 功能。例如，可以把一个 GridView 控件放在 UpdatePanel 控件中，该控件的分页、排序和其他回发功能都在部分页面的回发过程中发挥作用</p>
UpdateProgress	<p>在部分页面的回发过程中，这个控件可以为用户提供反馈。在更新 UpdatePanel 时，可以为要显示的 UpdateProgress 控件提供一个模板。例如，可以使用悬浮的 &lt;div&gt; 控件显示一条消息如“Updating...”，以便告诉用户应用程序正在忙。注意部分页面的回发不会干扰 Web 页面的其他区域，其他区域仍可以响应</p>
Timer	<p>ASP.NET AJAX 的 Timer 控件是使 UpdatePanel 控件定期更新的一种有效方式。可以把这个控件配置为定期触发回发操作。如果这个控件包含在 UpdatePanel 控件中，则每次触发 Timer 控件时，都会更新该 UpdatePanel 控件。Timer 控件也有关联的事件，以便用户可以执行定期的服务器端处理</p>
AsyncPostBackTrigger	<p>这个控件可以在未包含在 UpdatePanel 控件中的控件里触发 UpdatePanel 控件的更新操作。例如，可以在 Web 页面的其他地方放置一个下拉列表，来更新包含 GridView 控件的 UpdatePanel 控件</p>

AJAX 扩展还包含 `ExtenderControl` 抽象基类, 来扩展已有的 ASP.NET 服务器控件。它由 ASP.NET AJAX Control Toolkit 中的各种类使用, 如后面所述。

## 2. AJAX 库

在支持 ASP.NET AJAX 的 Web 应用程序中, AJAX 库包含的 JavaScript 文件由客户端代码使用。在这些 JavaScript 文件中包含许多功能, 其中一些是增强 JavaScript 语言的通用代码, 一些则专用于 Ajax 功能。AJAX 库包含的功能层彼此互为基础, 如表 41-7 所示。

表 41-7

功能层	说明
浏览器兼容性	AJAX 库的最底层代码根据客户机的 Web 浏览器来映射各种 JavaScript 功能, 这是必需的, 因为 JavaScript 在不同浏览器中的实现方式是有区别的。提供这个功能层, 其他层上的 JavaScript 代码就不必考虑浏览器的兼容性了, 我们也可以编写独立于浏览器、在所有客户机环境中工作的代码
核心服务	这一层包含对 JavaScript 语言的增强, 尤其是 OOP 功能。使用这一层的代码, 可以使用 JavaScript 脚本文件定义名称空间、类、派生类和接口。C# 开发人员对此特别感兴趣, 因为它使 JavaScript 代码的编写非常类似于用 C# 编写 .NET 代码, 且鼓励代码的重用
基类库	客户基类库(BCL)包含许多 JavaScript 类, 它们为 AJAX 库层次结构中下层的类提供了底层功能。这些类中的大多数都不能直接使用
网络	网络层上的类允许客户端代码异步地调用服务器端代码。这一层包含的基本架构可以调用 URL, 响应回调函数的结果。在大多数情况下, 这些功能都不能直接使用, 而应使用封装了该功能的类。这一层还包含用于 JSON 序列化和反序列化的类, 大多数网络类都在客户端的 <code>System.Net</code> 名称空间中
用户界面	这一层包含的类提取用户界面元素, 如 HTML 元素和 DOM 事件。可以使用这一层的方法和属性编写中性语言的 JavaScript 代码, 来操作客户端上的 Web 页面。用户界面类包含在 <code>System.UI</code> 名称空间中
控件	AJAX 库的最后一层包含最高级的代码, 它们提供 Ajax 行为和服务器控件功能。这包括可以使用的动态生成代码, 例如, 用于从客户端的 JavaScript 代码中调用 Web 服务

AJAX 库可以用于扩展和定制支持 ASP.NET AJAX 的 Web 应用程序的操作, 但不一定要这么做, 注意这一点很重要。要想在应用程序中不使用任何附加的 JavaScript, 还有很长的路要走, 只有需要更高级的功能, 才需要这么做。如果要编写附加的客户端代码, 那么使用 AJAX 库提供的功能会比较容易完成任务。

### 41.9.2 ASP.NET AJAX Control Toolkit

AJAX Control Toolkit 是附加服务器控件的一个集合, 包括由 ASP.NET AJAX 社区编写的扩展控件。扩展控件允许在已有的 ASP.NET 服务器控件中添加功能, 一般把它关联到一个客户端行为。例如, AJAX Control Toolkit 中的一个扩展程序能在 `TextBox` 中放置“watermark”文本, 以扩展 `TextBox`

控件，当用户还没有在文本框中添加任何内容时，就会显示该文本。这个扩展控件在服务器控件 `TextBoxWatermark` 中实现。

使用 `AJAX Control Toolkit` 可以给站点添加许多功能，它们超出了核心下载包的范围。这些控件可以使浏览操作更有趣，也许能为增强 `Web` 应用程序提供许多新思路。但是，因为 `AJAX Control Toolkit` 独立于核心下载包，所以这些控件并没有获得与核心下载包中的控件相同级别的支持。

## 41.10 ASP.NET AJAX 网站示例

既然前面介绍了 `ASP.NET AJAX` 的组件部分，下面就开始探讨如何使用它们增强网站。本节将讨论使用 `ASP.NET AJAX` 的 `Web` 应用程序如何工作，如何使用 `ASP.NET AJAX` 中的各种功能。首先仔细研究一个简单的应用程序，然后在后续的章节中添加其他功能。

`ASP.NET` 网站模板包含了 `ASP.NET AJAX` 的所有核心功能。也可以使用 `AJAX Control Toolkit Web Site` 模板(在安装它之后)，以包含 `AJAX Control Toolkit` 中的控件。本示例要在 `C:\ProCSharp\Chapter41` 目录中创建一个使用空白网站模板的新网站 `PCSAjaxWebSite`。

添加一个 `Web` 窗体 `Default.aspx`，并修改其代码，如下所示：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
<%@ Page Language="C#" AutoEventWireup="true" CodeFile="Default.aspx.cs"
    Inherits="_Default" %>

<!DOCTYPE html PUBLIC "-//W3C//DTD XHTML 1.0 Transitional//EN"
"http://www.w3.org/TR/xhtml1/DTD/xhtml1-transitional.dtd">
<html xmlns="http://www.w3.org/1999/xhtml">
<head runat="server">
    <title>Pro C# ASP.NET AJAX Sample</title>
</head>
<body>
    <form id="form1" runat="server">
        <asp:ScriptManager ID="ScriptManager1" runat="server" />
        <div>
            <h1>Pro C# ASP.NET AJAX Sample</h1>
            This sample obtains a list of primes up to a maximum value.
            <br />
            Maximum:
            <asp:TextBox runat="server" id="MaxValue" Text="2500" />
            <br />
            Result:
            <asp:UpdatePanel runat="server" ID="ResultPanel">
                <ContentTemplate>
                    <asp:Button runat="server" ID="GoButton" Text="Calculate" />
                    <br />
                    <asp:Label runat="server" ID="ResultLabel" />
                    <br />
                    <small>
                        Panel render time: <% =DateTime.Now.ToLongTimeString() %>
                    </small>
                </ContentTemplate>
            </asp:UpdatePanel>
        </div>
    </form>
</body>
</html>
```



```

</asp:UpdatePanel>
<asp:UpdateProgress runat="server" ID="UpdateProgress1">
  <ProgressTemplate>
    <div style="position: absolute; left: 100px; top: 200px;
      padding: 40px 60px 40px 60px; background-color: lightyellow;
      border: black 1px solid; font-weight: bold; font-size: larger;
      filter: alpha(opacity=80);">Updating.</div>
  </ProgressTemplate>
</asp:UpdateProgress>
<small>Page render time: <% =DateTime.Now.ToLongTimeString() %></small>
</div>
</form>
</body>
</html>

```

代码段 PCSAjaxWebSite1/Default.aspx

切换到设计视图(注意 ASP.NET AJAX 控件(如 UpdatePanel 和 UpdateProgress)有可视化的设计组件, 双击 Calculate 按钮, 添加一个事件处理程序。修改代码, 如下所示:



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

protected void GoButton_Click(object sender, EventArgs e)
{
    int maxValue = 0;
    System.Text.StringBuilder resultText = new System.Text.StringBuilder();
    if (int.TryParse(MaxValue.Text, out maxValue))
    {
        for (int trial = 2; trial <= maxValue; trial++)
        {
            bool isPrime = true;
            for (int divisor = 2; divisor <= Math.Sqrt(trial); divisor++)
            {
                if (trial % divisor == 0)
                {
                    isPrime = false;
                    break;
                }
            }
            if (isPrime)
            {
                resultText.AppendFormat("{0} ", trial);
            }
        }
    }
    else
    {
        resultText.Append("Unable to parse maximum value.");
    }
    ResultLabel.Text = resultText.ToString();
}

```

代码段 PCSAjaxWebSite1/Default.aspx.cs

保存修改的内容, 按 F5 键, 运行项目。如果有提示, 就在 web.config 文件中启动调试功能。在显示如图 41-14 所示的 Web 页面时, 注意显示的两个呈显时间相同。

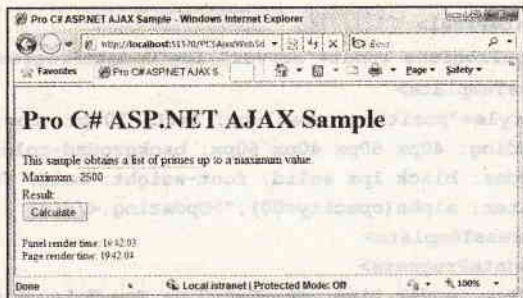


图 41-14

单击 Calculate 按钮，显示小于等于 2500 的质数。除非在较慢的计算机上运行，否则应立即得到结果。注意呈现的时间现在已经不同了，只有 UpdatePanel 控件中显示的时间改变了。

最后，在最大值中添加一些 0，引入一个处理延迟(在较快的 PC 上添加 3 个 0 就足够了)，再次单击 Calculate 按钮。这次在显示结果之前，注意 UpdateProgress 控件显示一条部分透明的反馈消息，如图 41-15 所示。

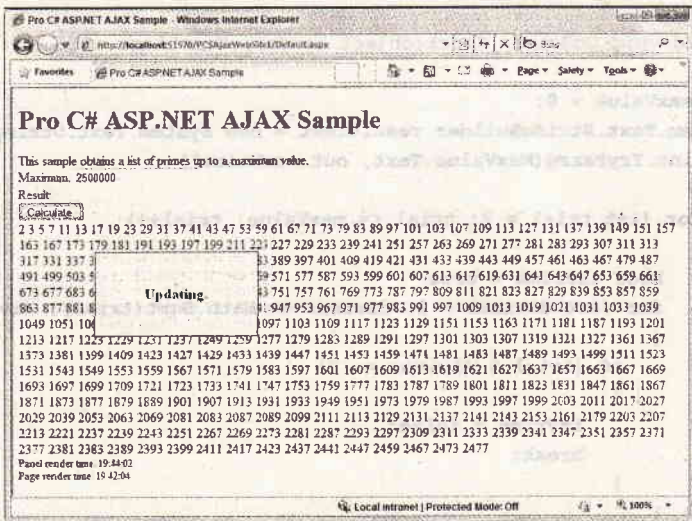


图 41-15

更新应用程序时，页面仍可以响应。例如，可以滚动页面。

**注意**，更新完成时，把浏览器的滚动位置设置为单击 Calculate 按钮之前的地方。在大多数情况下，部分页面的更新会很快执行完，这非常有利于可用性。

关闭浏览器，返回 Visual Studio。

### 41.11 支持 ASP.NET AJAX 的网站配置

ASP.NET AJAX 需要的大多数配置都是默认提供的，如果要修改这些默认值，那么实际上只需

把它们添加到 web.config 文件中。例如，可以添加一个<system.web.extensions>段，来提供额外的配置。可以用这个配置段添加的大多数配置都与 Web 服务相关，并包含在<webServices>元素中，该元素又放在<scripting>元素中。首先，可以添加一段，通过 Web 服务访问 ASP.NET 身份验证访问(根据个人爱好这里也可以选择强制 SSL):

```
<system.web.extensions>
  <scripting>
    <webServices>
      <authenticationService enabled="true" requireSSL="true"/>
```

接下来，通过配置文件 Web 服务，启用和配置对 ASP.NET 个性化功能的访问。

```
<profileService enabled="true"
  readAccessProperties="propertyname1,propertyname2"
  writeAccessProperties="propertyname1,propertyname2" />
```

最后一个与 Web 服务相关的设置是通过角色 Web 服务启用和配置对 ASP.NET 角色功能的访问。

```
<roleService enabled="true"/>
</webServices>
```

最后，<system.web.extensions>段包含一个元素，该元素允许配置异步通信的压缩和缓存:

```
<scriptResourceHandler enableCompression="true" enableCaching="true" />
</scripting>
</system.web.extensions>
```

### AJAX Control Toolkit 的其他配置

要使用 AJAX Control Toolkit 中的控件，可以在 web.config 文件中添加如下配置:

```
<controls>
  ...
  <add namespace="AjaxControlToolkit" assembly="AjaxControlToolkit"
    tagPrefix="ajaxToolkit"/>
</controls>
```

这将工具包中的控件映射到 ajaxToolkit 标记前缀上。这些控件包含在 AjaxControlToolkit.dll 程序集中，该程序集应在 Web 应用程序的/bin 目录下。

还可以使用<%@ Register %>指令单独地在 Web 页面上注册控件。

```
<%@ Register Assembly="AjaxControlToolkit" Namespace="AjaxControlToolkit"
  TagPrefix="ajaxToolkit" %>
```

## 41.12 添加 ASP.NET AJAX 功能

在网站上添加 Ajax 功能的第一步是在 Web 页面上添加一个 ScriptManager 控件，之后，添加服务器控件(如 UpdatePanel 控件)，以启用部分页面的呈现功能，再添加 AJAX Control Toolkit 中的动态控件，给应用程序增加可用性和功能。还可以添加客户端代码，使用 AJAX 库有助于进一步定制和增强应用程序的功能。

本节介绍可以使用服务器控件添加的功能。本章后面将讨论客户端技术。

### 41.12.1 ScriptManager 控件

如本章前面所述，ScriptManager 控件必须包含在使用部分页面回发和其他几个 ASP.NET AJAX 功能的所有页面上。



为了确保在 Web 应用程序中的所有页面都包含 ScriptManager 控件，必须将这个控件添加到应用程序使用的母版页中。

除了启用 ASP.NET AJAX 功能之外，还可以使用属性配置这个控件。在这些属性中，最简单的是 EnablePartialRendering 属性，其默认值是 true。如果把这个属性设置为 false，就禁用了所有异步回发处理功能，例如，UpdatePanel 控件提供的页面回发功能。如果要给经理做一个演示，比较支持 AJAX 的网站和传统的网站，就可以这么做。

使用 ScriptManager 控件有几个原因，例如，下面几种常见情形：

- 确定是否把服务器端代码作为部分页面回发的结果调用
- 添加对其他客户端 JavaScript 文件的引用
- 引用 Web 服务
- 给客户返回错误消息

下面几节介绍这些配置选项。

#### 1. 检测部分页面的回发

ScriptManager 控件包含一个布尔属性 IsInAsyncPostBack。可以在服务器端代码中使用这个属性，检测部分页面是否正在回发。注意页面的 ScriptManager 控件实际上可能在母版页上。除了通过母版页访问这个控件之外，还可以使用静态方法 GetCurrent()，获得对当前 ScriptManager 实例的引用。例如：

```
ScriptManager scriptManager = ScriptManager.GetCurrent(this);  
if (scriptManager != null && scriptManager.IsInAsyncPostBack)  
{  
    // Code to execute for partial - page postbacks.  
}
```

必须将对 Page 控件的引用传递给 GetCurrent() 方法。例如，如果在 ASP.NET Web 页面的 Page\_Load() 事件处理程序中使用这个方法，就可以将 this 用作 Page 引用。另外，注意检查 null 引用，以避免异常。

#### 2. 客户端 JavaScript 引用

除了在 HTML 页面的标题或页面的 <script> 元素中添加代码之外，还可以使用 ScriptManager 类的 Scripts 属性。这可以使脚本引用集中在一起，更便于维护它们。为此，可以给 <UpdatePanel> 控件元素添加一个 <Scripts> 子元素，再给 <Scripts> 添加 <asp:ScriptReference> 子控件元素。使用 ScriptReference 控件的 Path 属性引用自定义脚本。

下面的例子说明了如何在 Web 应用程序的根文件夹下，添加对一个自定义脚本文件 MyScript.js

的引用:

```
<asp:ScriptManager runat="server" ID="ScriptManager1">
  <Scripts>
    <asp:ScriptReference Path="~/MyScript.js" />
  </Scripts>
</asp:ScriptManager>
```

### 3. Web 服务引用

为了从客户端 JavaScript 代码中访问 Web 服务, ASP.NET AJAX 必须生成一个代理类。要控制这个行为, 可以使用 ScriptManager 类的 Services 属性。与 Scripts 属性一样, 也可以以声明方式指定这个属性, 但这次要使用<Services>元素。给这个元素添加<asp:ServiceReference>控件。对于 Services 属性中的每个 ScriptReference 对象, 都需要使用 Path 属性指定 Web 服务的路径。

ServiceReference 类也有一个 InlineScript 属性, 它默认为 false。当这个属性是 false 时, 客户端代码向服务器发出请求, 会得到一个代理类, 来调用 Web 服务。为了增强性能(尤其是在一个页面上使用大量 Web 服务的情况), 可以将 InlineScript 属性设置为 true, 这会在页面的客户端脚本中定义代理类。

ASP.NET Web 服务的文件扩展名是.asmx。如果不想详细阅读本章, 但希望在 Web 应用程序的根文件夹下添加对 Web 服务 MyService.asmx 的引用, 应使用下面的代码:

```
<asp:ScriptManager runat="server" ID="ScriptManager1">
  <Services>
    <asp:ServiceReference Path="~/MyService.asmx" />
  </Services>
</asp:ScriptManager>
```

采用这种方式只能添加对本地 Web 服务的引用(即 Web 服务和主调代码在同一个 Web 应用程序中)。可以通过本地 Web 方法间接调用远程 Web 服务。

本章后面将讨论如何从客户端 JavaScript 代码中异步调用 Web 方法, 以这种方式使用代理类生成这些方法。

### 4. 客户端错误消息

如果在部分页面的回发过程中抛出了异常, 默认操作就是将异常包含的错误消息放在客户端 JavaScript 警报消息框中。处理 ScriptManager 实例的 AsyncPostBackError 事件, 可以定制要显示的消息。在这个事件处理程序中, 可以使用 AsyncPostBackEventArgs.Exception 属性访问抛出的异常, 使用 ScriptManager.AsyncPostBackErrorMessage 属性设置显示给客户端的消息。这么做可以对用户隐藏异常细节。

如果要重写默认行为, 以另一种方式显示消息, 就必须使用 JavaScript 处理客户端对象 PageRequestManager 的 endRequest 事件, 详见本章后面的内容。

#### 41.12.2 使用 UpdatePanel 控件

UpdatePanel 控件是编写支持 ASP.NET AJAX 的 Web 应用程序时最常用的控件。如本章前面的简单例子所述, 这个控件可以封装 Web 页面的一部分, 从而使它能够参与部分页面的回发操作。为

此，要在页面中添加一个 UpdatePanel 控件，用它需要包含的控件填充其子元素 <ContentTemplate>。

```
<asp:UpdatePanel runat="Server" ID="UpdatePanel1">
  <ContentTemplate>
    ...
  </ContentTemplate>
</asp:UpdatePanel>
```

根据 UpdatePanel 控件的 RenderMode 属性值，<ContentTemplate>模板的内容呈现在<div>或<span>元素中。这个属性的默认值是 Block，即显示在<div>元素中。要使用<span>元素，应将 RenderMode 属性设置为 Inline。

### 1. 一个 Web 页面上的多个 UpdatePanel 控件

可以在一个页面上包含任意多个 UpdatePanel 控件。如果回发操作由包含在页面上的任意 UpdatePanel 控件的<ContentTemplate>模板中的控件引发，就进行部分页面的回发，而不是整个页面的回发。这会使所有 UpdatePanel 控件根据其 UpdateMode 属性值进行更新。这个属性的默认值是 Always，它表示 UpdatePanel 控件为页面上的部分页面回发操作而更新，即使这个操作在另一个 UpdatePanel 控件中引发，也是如此。如果把这个属性设置为 Conditional，UpdatePanel 控件就仅在它包含的控件引发部分页面回发操作时更新，或者在激活了已定义的触发器时更新。触发器稍后介绍。

如果把 UpdateMode 属性设置为 Conditional，那么还可以将 ChildrenAsTriggers 属性设置为 false，以禁止 UpdatePanel 控件包含的控件触发 UpdatePanel 控件的更新操作。但要注意，在这种情况下，这些控件仍会触发一个部分页面更新操作，它会使页面上的其他 UpdatePanel 控件进行更新。例如，这会使 UpdateMode 属性值为 Always 的 UpdatePanel 控件进行更新，如下面的代码所示：

```
<asp:UpdatePanel runat="Server" ID="UpdatePanel1" UpdateMode="Conditional"
  ChildrenAsTriggers="false">
  <ContentTemplate>
    <asp:Button runat="Server" ID="Button1" Text="Click Me" />
    <small> Panel 1 render time: <% =DateTime.Now.ToLongTimeString() %> </small>
  </ContentTemplate>
</asp:UpdatePanel>
<asp:UpdatePanel runat="Server" ID="UpdatePanel2">
  <ContentTemplate>
    <small> Panel 2 render time: <% =DateTime.Now.ToLongTimeString() %> </small>
  </ContentTemplate>
</asp:UpdatePanel>
<small> Page render time: <% =DateTime.Now.ToLongTimeString() %> </small>
```

在这段代码中，把 UpdatePanel2 控件的 UpdateMode 属性值设置为默认的 Always。单击对应按钮时，会引发一个部分页面回发操作，但只更新 UpdatePanel2 控件。注意，可看到只更新了“Panel2 render time”标签。

### 2. 服务器端的 UpdatePanel 更新

有时页面上有多个 UpdatePanel 控件，可能不打算更新其中一个控件，除非满足某些条件。在这种情况下，应将 UpdatePanel 控件的 UpdateMode 属性设置为 Conditional，如上一节所述，再把 ChildrenAsTriggers 属性设置为 false。接着，对于页面上引发部分页面回发操作的其中一个控件，在

服务器端的事件处理程序代码中, (有条件地)调用 UpdatePanel 控件的 Update()方法, 例如:

```
protected void Button1_Click(object sender, EventArgs e)
{
    if (TestSomeCondition())
    {
        UpdatePanel1.Update();
    }
}
```

### 3. UpdatePanel 的触发器

给 Web 页面上其他地方的控件的 Triggers 属性添加触发器, 就可以通过该控件更新 UpdatePanel 控件。触发器是 Web 页面上其他地方的控件的事件与 UpdatePanel 控件之间的关联。因为所有控件都有默认事件(如 Button 控件的默认事件是 Click), 所以可以不指定事件名。有两种触发器可以添加, 它们用两个类表示:

- AsyncPostBackTrigger —— 在指定控件的指定事件发生时, 这个类会更新 UpdatePanel 控件。
- PostBackTrigger —— 在指定控件的指定事件发生时, 这个类会更新整个页面。

一般使用 AsyncPostBackTrigger 类, 但如果希望 UpdatePanel 中的一个控件引发整个页面的回发操作, 就可以使用 PostBackTrigger 类。

这两个触发器类都有两个属性 ControlID 和 EventName, ControlID 指定了通过其标识符激活触发器的控件, EventName 指定了控件中链接到触发器上的事件的名称。

为了扩展前面的例子, 考虑下面的代码:

```
<asp:UpdatePanel runat="Server" ID="UpdatePanel1" UpdateMode="Conditional"
  ChildrenAsTriggers="false">
  <Triggers>
    <asp:AsyncPostBackTrigger ControlID="Button2" />
  </Triggers>
  <ContentTemplate>
    <asp:Button runat="Server" ID="Button1" Text="Click Me" />
    <small> Panel 1 render time: <% =DateTime.Now.ToLongTimeString() %> </small>
  </ContentTemplate>
</asp:UpdatePanel>
<asp:UpdatePanel runat="Server" ID="UpdatePanel2">
  <ContentTemplate>
    <asp:Button runat="Server" ID="Button2" Text="Click Me" />
    <small> Panel 2 render time: <% =DateTime.Now.ToLongTimeString() %> </small>
  </ContentTemplate>
</asp:UpdatePanel>
<small> Page render time: <% =DateTime.Now.ToLongTimeString() %> </small>
```

新的 Button 控件 Button2 指定为 UpdatePanel1 中的一个触发器。单击这个按钮时, 会更新 UpdatePanel1 和 UpdatePanel2。更新 UpdatePanel1 是因为激活了触发器, 更新 UpdatePanel2 是因为它使用了 UpdateMode 的默认值 Always。

#### 41.12.3 使用 UpdateProgress

如前面的例子所示, UpdateProgress 控件允许在部分页面的回发过程中给用户显示进度消息。

使用 `ProgressTemplate` 属性可提供显示进度的 `ItemTemplate`，为此，一般使用控件的 `<ProgressTemplate>` 子元素。

使用 `AssociatedUpdatePanelID` 属性将 `UpdateProgress` 控件与指定的 `UpdatePanel` 控件关联起来，就可以在页面上放置多个 `UpdateProgress` 控件。如果没有设置该属性(默认)，无论哪个 `UpdatePanel` 控件引发了部分页面回发操作，都显示 `UpdateProgress` 模板。

在执行部分页面回发操作时，显示 `UpdateProgress` 模板之前有一个延迟。这个延迟可以通过 `DisplayAfter` 属性来配置，`DisplayAfter` 是一个 `int` 属性，它指定延迟时间(单位是毫秒)，默认为 500 毫秒。

最后，可以使用布尔属性 `DynamicLayout` 指定在显示模板之前，是否为模板分配空间。因为这个属性的默认值是 `true`，此时页面上的空间是动态分配的，所以为了显示内联的进度模板，需要删除其他控件。如果把这个属性设置为 `false`，就在显示模板之前，为模板分配空间，这样页面上其他控件的布局不会改变。可以根据显示进度时要达到的效果设置这个属性。对于使用绝对坐标定位的进度模板，如前面的例子所示，应将这个属性设置为默认值。

#### 41.12.4 使用扩展控件

ASP.NET AJAX 的核心软件包包含一个 `ExtenderControl` 类，它的作用是允许扩展其他 ASP.NET 服务器控件(即增加功能)。它广泛应用于 AJAX Control Toolkit，效果不错。可以使用 ASP.NET AJAX Server Control Extender 项目模板创建自己的扩展控件。`ExtenderControl` 控件的工作方式都类似：把它们放在页面上，与目标控件关联起来，添加进一步的配置。接着扩展程序就会发出客户端代码，以添加功能。

为了在一个简单的例子中了解扩展控件，在 `C:\ProCSharp\Chapter41` 目录下创建一个新的空网站 `PCSExtenderDemo`，把 AJAX Control Toolkit 程序集添加到网站的 `bin` 目录下，然后给一个新 Web 窗体 `Default.aspx` 添加如下代码：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
<%@ Page Language="C#" AutoEventWireup="true" CodeFile="Default.aspx.cs"
    Inherits="_Default" %>
<%@ Register Assembly="AjaxControlToolkit" Namespace="AjaxControlToolkit"
    TagPrefix="ajaxToolkit" %>
<!DOCTYPE html PUBLIC "-//W3C//DTD XHTML 1.0 Transitional//EN"
    "http://www.w3.org/TR/xhtml1/DTD/xhtml1-transitional.dtd">
<html xmlns="http://www.w3.org/1999/xhtml">
<head runat="server">
    <title>Color Selector</title>
</head>
<body>
    <form id="form1" runat="server">
        <asp:ScriptManager ID="ScriptManager1" runat="server" />
        <div>
            <asp:UpdatePanel runat="server" ID="updatePanel1">
                <ContentTemplate>
                    <span style="display: inline-block; padding: 2px;">
                        My favorite color is:
                    </span>
                    <asp:Label runat="server" ID="favoriteColorLabel" Text="green"
                        style="color: #00dd00; display: inline-block; padding: 2px;"
```



```

        width: 70px; font-weight: bold;" />
<ajaxToolkit:DropDownExtender runat="server" ID="dropDownExtender1"
    TargetControlID="favoriteColorLabel"
    DropDownControlID="colDropDown" />
<asp:Panel ID="colDropDown" runat="server"
    Style="display: none; visibility: hidden; width: 60px;
        padding: 8px; border: double 4px black;
        background-color: #ffffdd; font-weight: bold;">
<asp:LinkButton runat="server" ID="OptionRed" Text="red"
    OnClick="OnSelect" style="color: #ff0000;" /><br />
<asp:LinkButton runat="server" ID="OptionOrange" Text="orange"
    OnClick="OnSelect" style="color: #dd7700;" /><br />
<asp:LinkButton runat="server" ID="OptionYellow" Text="yellow"
    OnClick="OnSelect" style="color: #dddd00;" /><br />
<asp:LinkButton runat="server" ID="OptionGreen" Text="green"
    OnClick="OnSelect" style="color: #00dd00;" /><br />
<asp:LinkButton runat="server" ID="OptionBlue" Text="blue"
    OnClick="OnSelect" style="color: #0000dd;" /><br />
<asp:LinkButton runat="server" ID="OptionPurple" Text="purple"
    OnClick="OnSelect" style="color: #dd00ff;" />
</asp:Panel>
</ContentTemplate>
</asp:UpdatePanel>
</div>
</form>
</body>
</html>

```

代码段 PCSExtenderDemo/Default.aspx

还需要在这个文件的代码隐藏中添加如下事件处理程序:



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

protected void OnSelect(object sender, EventArgs e)
{
    favoriteColorLabel.Text = ((LinkButton)sender).Text;
    favoriteColorLabel.Style["color"] = ((LinkButton)sender).Style["color"];
}

```

代码段 PCSExtenderDemo/Default.aspx.cs

在浏览器中, 刚开始并没有显示很多内容, 扩展程序似乎没有什么作用, 如图 41-16 所示。

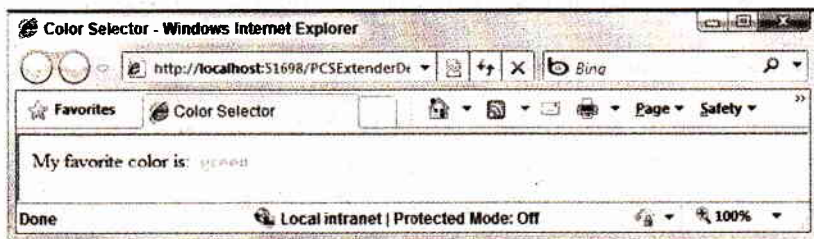


图 41-16

但是, 把鼠标悬停在文本“green”上时, 会动态地显示一个下拉框。如果单击这个下拉框, 就会显示一个列表, 如图 41-17 所示。

单击下拉列表中的一个链接时, 文本会相应地改变(一个部分页面回发操作之后)。

对于这个简单的例子，要注意两个要点：

- 非常容易将扩展程序与目标控件关联起来。
- 下拉列表用自定义代码设置了样式，这表示可以在列表中放置任意内容。这个简单的扩展程序是给 Web 应用程序添加功能的有效方式，使用起来也很简单。

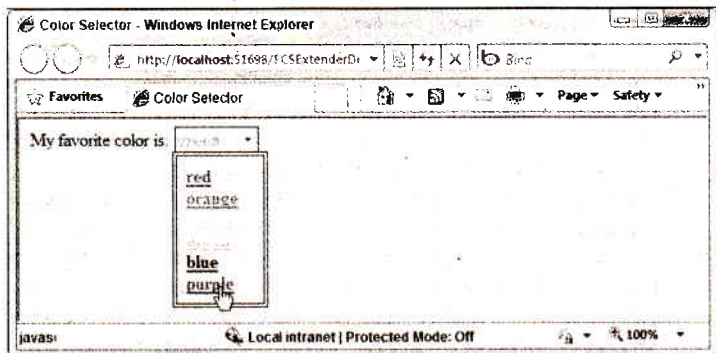


图 41-17

因为 AJAX Control Toolkit 中的扩展程序在不断地增加和更新，所以请定期访问 [http://ajax.asp.net/Ajax Control Toolkit/Samples/](http://ajax.asp.net/Ajax%20Control%20Toolkit/Samples/)。因为这个 Web 页面包含所有当前扩展程序的实时演示，所以可以看到它们的运行情况。

除了 AJAX Control Toolkit 提供的扩展控件之外，还可以创建自己的扩展控件。要创建有效的扩展程序，必须使用 AJAX 库。

## 41.13 使用 AJAX 库

AJAX 库有许多可进一步增强 Web 应用程序的功能。但是，为了增强 Web 应用程序，至少需要了解 JavaScript 的基本知识。尽管这不是一个全面的教程，但本节将介绍 AJAX 库提供的一些功能。

使用 AJAX 库的基本原则与在 Web 应用程序中添加任意类型的客户端脚本一样，仍使用核心语言 JavaScript，仍与 DOM 交互。但是，在许多方面，AJAX 库都使工作更容易完成。本节将学习这些内容，为用户进一步试验 AJAX 库和学习在线 AJAX 库文档打下基础。

本节介绍的技术都在 PCSLibraryDemo 项目中演示，该项目将贯穿本章的剩余内容。

### 41.13.1 给 Web 页面添加 JavaScript

首先需要了解的是如何给 Web 页面添加客户端 JavaScript，这里有 3 个选项：

- 使用 `<script>` 元素，在 ASP.NET Web 页面上在线添加 JavaScript
- 将 JavaScript 添加到单独的 JavaScript 文件中，其扩展名是 .js，再使用 ScriptManager 控件的 `<Scripts>` 子元素(首选)或从 `<script>` 元素中引用这些文件
- 从服务器端代码中生成 JavaScript，如代码隐藏或自定义扩展控件

这些技术都有自己的优点。对于原型代码，在线编码是无可替代的，因为它非常快，而且易于使用。将 HTML 元素的客户端事件处理程序和带客户端函数的服务器控件关联起来很容易，因为所有的代码都在同一个文件中。

使用单独的文件有利于代码重用，因为可以创建自己的类库，这类似于已有的 AJAX 库 JavaScript 文件。

从代码隐藏中生成代码较难实现，因为我们通常不能像使用 C# 代码那样在编写 JavaScript 代码时访问 IntelliSense。但是，可以动态地生成代码，以响应应用程序的状态，有时这是完成任务的唯一方式。

可以用 AJAX Control Toolkit 创建的扩展程序包含一个独立的 JavaScript 文件，它用于定义相应行为，从而解决从服务器提供客户端代码的一些问题。

本章将使用在线编码技术，因为它最简单，允许我们只关注 JavaScript 功能。

### 41.13.2 全局实用程序函数

AJAX 库提供的一个最常用的特性是封装了其他功能的全局函数集，包括：

- `$get()`——这个函数允许获得 DOM 元素的一个引用，方法是将其客户端 id 值提供为一个参数，可选的第二个参数指定了要搜索的父元素。
- `$create()`——这个函数允许同时创建对象并进行初始化。可以给这个函数提供 1~5 个参数。第一个参数是要实例化的类型，它一般是由 AJAX 库定义的一个类型。其他参数分别指定了属性的初始值、事件处理程序、其他组件的引用，以及对象要关联的 DOM 对象。
- `$addHandler()`——这个函数为给对象添加事件处理程序提供了一条捷径。

还有更多全局函数，但这些都是最常用的全局函数，尤其是 `$create()`，它可以大大减少创建和初始化对象所需的代码量。

### 41.13.3 使用 AJAX 库 JavaScript OOP 扩展

AJAX 库包含一个增强的架构，用于定义那些使用基于 OOP 的系统的类型，基于 OOP 的系统与 .NET Framework 技术紧密相关。可以创建名称空间，给名称空间添加类型，为类型添加构造函数、方法、属性和事件，甚至可以在类型定义上使用继承和接口。

本节将介绍如何实现这个功能的基本内容，但这里没有探讨事件和接口。这些构造超出了本章的范围。

#### 1. 定义名称空间

要定义名称空间，应使用 `Type.registerNamespace()` 函数，例如：

```
Type.registerNamespace("ProCSharp");
```

注册名称空间后，就可以给它添加类型。

#### 2. 定义类

定义类需要 3 步。首先，定义构造函数；然后，添加属性和方法；最后，注册该类。

要定义构造函数，需要使用名称空间和类名来定义函数，例如：

```
ProCSharp.Shape = function(color, scaleFactor) {
    this._color = color;
    this._scaleFactor = scaleFactor;
}
```

这个构造函数接受两个参数，使用它们设置本地字段(注意不一定要显式地定义这些字段，只需设置它们的值)。

要添加属性和方法，应给它们赋予类的 `prototype` 属性，如下所示：

```
ProCSharp.Shape.prototype = {
    get_Color : function() {
        return this._color;
    },
    set_Color : function(color) {
        this._color = color;
    },
    get_ScaleFactor : function() {
        return this._scaleFactor;
    },
    set_ScaleFactor : function(scaleFactor) {
        this._scaleFactor = scaleFactor;
    }
}
```

这段代码通过 `get` 和 `set` 存取器定义了两个属性。

要注册类，应调用其 `registerClass()` 函数：

```
ProCSharp.Shape.registerClass('ProCSharp.Shape');
```

### 3. 继承

派生类的方式与创建类相同，但略有区别。在构造函数中使用 `initializeBase()` 函数初始化基类，以数组的形式传递参数：

```
ProCSharp.Circle = function(color, scaleFactor, diameter) {
    ProCSharp.Circle.initializeBase(this, [color, scaleFactor]);
    this._diameter = diameter;
}
```

用前面的方式定义属性和方法：

```
ProCSharp.Circle.prototype = {
    get_Diameter : function() {
        return this._diameter;
    },
    set_Diameter : function(diameter) {
        this._diameter = diameter;
    },
    get_Area : function() {
        return Math.PI * Math.pow((this._diameter * this._scaleFactor) / 2, 2);
    },
    describe : function() {
        var description = "This is a " + this._color + " circle with an area of "
```

```

        + this.get_Area();
        alert(description);
    }
}

```

注册类时，作为第二个参数提供基类类型：

```
ProCSharp.Circle.registerClass('ProCSharp.Circle', ProCSharp.Shape);
```

将它们作为其他参数传递，可以实现接口，但简单起见，这里没有提供其细节。

#### 4. 使用用户定义的类型

以这种方式定义了类之后，就可以通过简单的语法实例化和使用它们。例如：

```

var myCircle = new ProCSharp.Circle('red', 1.0, 4.4);
myCircle.describe();

```

这段代码会显示一个 JavaScript 警报框，如图 41-18 所示。

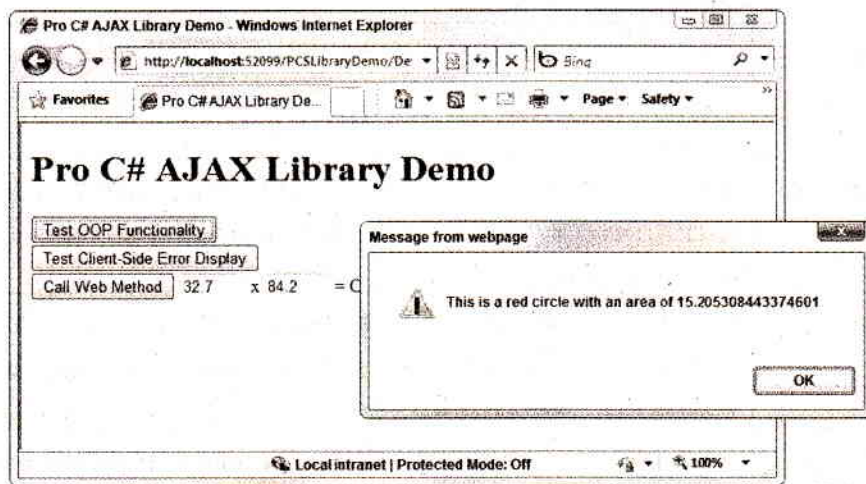


图 41-18

如果要测试一下，就可以运行 PCSLibraryDemo 项目，并单击 Text OOP Functionality 按钮。

#### 41.13.4 PageRequestManager 对象和 Application 对象

在 AJAX 库中，最有用的类是 PageRequestManager 类和 Application 类。PageRequestManager 类在 Sys.WebForms 名称空间中，Application 类在 Sys 名称空间中。关于这两个类，重要的信息是它们提供的几个事件可以与 JavaScript 事件处理程序关联起来。这些事件在页面的生命周期(对于 Application 类)或部分页面回发过程(对于 PageRequestManager 类)中非常有趣的时刻发生，可以在这些关键时刻执行操作。

AJAX 库定义事件处理程序的方式类似于 .NET Framework 中事件处理程序的定义方式。每个事件处理程序都有类似的签名，带两个参数。第一个参数是对生成事件的对象的引用。第二个参数是 Sys.EventArgs 类的一个实例或派生自这个类的一个子类的实例。PageRequestManager 类和 Application 类提供的许多事件都包括专门的事件参数类，它可以用于确定事件的更多信息。表 41-8 按照事件的发

生顺序列出了这些事件，先加载页面，然后触发部分页面的回发操作，最后关闭页面。

表 41-8

事 件	说 明
Application .init	这个事件在页面的生命周期中第一个发生，它在加载了所有的 JavaScript 文件之后、创建应用程序中的任何对象之前发生
Application .load	这个事件在加载并初始化了应用程序中的对象后触发。这个事件经常关联一个事件处理程序，在第一次加载页面时执行操作。也可以为页面上的 <code>pageLoad()</code> 函数提供实现代码，该函数自动定义为这个事件的处理程序。使用 <code>Sys.ApplicationLoadEventArgs</code> 对象发送事件参数，该对象包含 <code>IsPartialLoad</code> 属性，用于确定是否已发生部分页面的回发操作。用 <code>get_IsPartialLoad()</code> 存取器访问这个属性
PageRequestManager .initializeRequest	这个事件在部分页面的回发操作之前、创建请求对象之前发生。可以使用 <code>Sys.WebForms.InitializeRequestEventArgs</code> 事件参数属性，访问触发回发操作的元素( <code>postBackElement</code> )和底层的请求对象( <code>request</code> )
PageRequestManager .beginRequest	这个事件在部分页面的回发操作之前、创建请求对象之后发生。可以使用 <code>Sys.WebForms.BeginRequestEventArgs</code> 事件参数属性，访问触发回发操作的元素( <code>postBackElement</code> )和底层的请求对象( <code>request</code> )
PageRequestManager .pageLoading	这个事件在部分页面的回发操作之后、后续的处理开始之前触发。这个处理过程可以包含要删除或更新的 <code>&lt;div&gt;</code> 元素，该元素使用 <code>panelsDeleting</code> 和 <code>panelsUpdating</code> 属性，通过 <code>sys.WebForms.PageLoadingEventArgs</code> 对象来引用
PageRequestManager .pageLoaded	这个事件在部分页面的回发操作之后、处理 <code>UpdatePanel</code> 控件之后触发。这个处理过程可以包含要创建或更新的 <code>&lt;div&gt;</code> 元素，该元素使用 <code>panelsCreated</code> 和 <code>panelsUpdated</code> 属性，通过 <code>WebForms.PageLoadedEventArgs</code> 对象来引用
PageRequestManager .endRequest	这个事件完成部分页面的回发操作之后发生。传递给事件处理程序的 <code>System.WebForms.EndRequestEventArgs</code> 对象可以检测和处理服务器端的错误(使用 <code>error</code> 和 <code>errorHandled</code> 属性)，以及通过 <code>response</code> 访问响应对象
Application .unload	这个事件在释放应用程序中的对象之前触发，以便根据需要执行最后的操作或清理任务

使用静态的 `add_xxx()` 函数，可以给 `Application` 对象的事件添加事件处理程序，例如：

```

Sys.Application.add_load(LoadHandler);

function LoadHandler(sender, args)
{
    // Event handler code.
}

```

对于 `PageRequestManager` 对象的过程与此类似，但必须使用 `get_instance()` 函数获得当前对象的一个实例，例如：

```

Sys.WebForms.PageRequestManager.getInstance().add_beginRequest (
    BeginRequestHandler);

function BeginRequestHandler(sender, args)
{
    // Event handler code.
}

```

在 PCSLibraryDemo 应用程序中，为 PageRequestManager.endRequest 事件添加一个事件处理程序。这个事件处理程序响应服务器端处理的错误，在 id 为 errorDisplay 的 <span>元素中显示一条错误消息。要测试这个方法，可以单击 Test Client-Side Error Display 按钮，如图 41-19 所示。

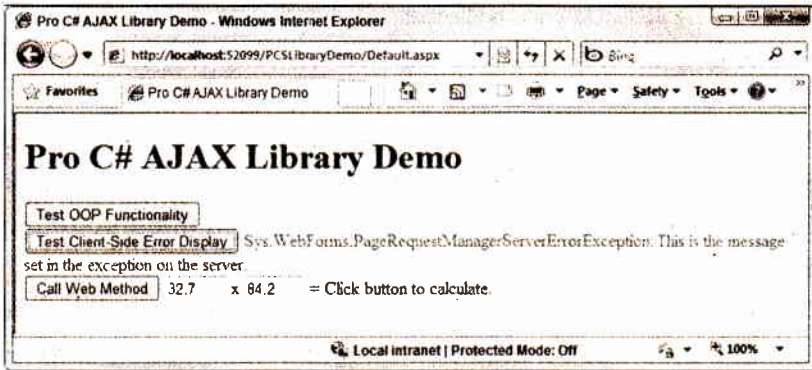


图 41-19

得到该结果的代码如下：

```

Sys.WebForms.PageRequestManager.getInstance().add_endRequest (
    EndRequestHandler);

function EndRequestHandler(sender, args)
{
    if (args.get_error() != undefined)
    {
        var errorMessage = args.get_error().message;
        args.set_errorHandled(true);
        $get('errorDisplay').innerHTML = errorMessage;
    }
}

```

注意，把 EndRequestEventArgs 对象的 errorHandled 属性设置为 true，这会禁止默认行为，即，使用 JavaScript 的 alert() 函数在对话框中显示错误消息。

在服务器上抛出一个异常，就生成了错误，如下所示：

```

protected void testErrorDisplay_Click(object sender, EventArgs e)
{
    throw new ApplicationException(
        "This is the message set in the exception on the server.");
}

```

还有许多情形可以使用事件处理技术，来处理 PageRequestManager 和 Application 的事件。

### 41.13.5 JavaScript 的调试

过去, JavaScript 很难调试。但这在 Visual Studio 的最新版本中得到了解决。现在可以像 C# 代码那样在 JavaScript 代码中添加断点, 并单步执行代码。还可以在中断模式下查询对象状态, 改变属性值等。编写 JavaScript 代码时使用的 IntelliSense 功能也在 Visual Studio 的最新版本中得到了很大改进。

然而, 有时还希望添加调试和跟踪代码, 在代码执行过程中报告信息。例如, 使用 JavaScript 的 `alert()` 函数在对话框中显示信息。

有一些第三方工具可用于添加便于调试的客户端 UI, 包括:

- Fiddler —— 这个工具可以从 [www.fiddlertool.com](http://www.fiddlertool.com) 上获得, 它可以记录计算机和 Web 应用程序之间的所有 HTTP 流量, 包括部分页面的回发。还有一些工具可以查看在处理 Web 页面的过程中发生的事件的详细信息。
- Nikhil 的 Web Development Helper —— 这个工具可以从 <http://projects.nikhilk.net/Projects/WebDevHelper.aspx> 上获得, 它也可以记录 HTTP 流量。另外, 这个工具包含许多专门用于 ASP.NET 和 ASP.NET AJAX 开发的实用程序, 例如, 可以查看视图状态, 执行即时的 JavaScript 代码。后者特别适合于测试在客户端上创建的对象。Web Development Helper 还在发生 JavaScript 错误时显示其他错误信息, 更便于跟踪 JavaScript 代码中的错误。

AJAX 库也提供了 `Sys.Debug` 类, 给应用程序添加额外的调试特性。该类最有用的一个功能是 `Sys.Debug.traceDump()` 函数, 它允许分析对象, 使用这个函数的一种方式是将一个 `id` 属性为 `TraceConsole` 的 `textarea` 控件放在 Web 页面上, 接着, `Debug` 的所有输出就会发送到这个控件上。例如, 可以使用 `traceDump()` 方法, 将 `Application` 对象的信息输出到控制台上:

```

Sys.Application.add_load(LoadHandler);

function LoadHandler(sender, args)
{
    Sys.Debug.traceDump(sender);
}

```

这会得到如下输出:

```

traceDump {Sys._Application}
  _updating: false
  _id: null
  _disposing: false
  _creatingComponents: false
  _disposableObjects {Array}
  _components {Object}
  _createdComponents {Array}
  _secondPassComponents {Array}
  _loadHandlerDelegate: null
  _events {Sys.EventHandlerList}
    _list {Object}
      load {Array}
        [0] {Function}
  _initialized: true
  _initializing: true

```



在这个输出中，可以查看该对象的所有属性。这个属性特别适合于 ASP.NET AJAX 开发。

### 41.13.6 异步调用 Web 方法

ASP.NET AJAX 最强大的一个功能是可以从客户端脚本中调用 Web 方法，这就允许访问数据、服务器端处理和各种其他功能。

因为第 43 章将介绍 Web 方法，所以这里不详细介绍它，仅讨论一些基本知识。简言之，Web 方法是可以从 Web 服务中提供并能通过 Internet 访问远程资源的方法。在 ASP.NET AJAX 中，还可以将 Web 方法用作服务器端 Web 页面的代码隐藏中的静态方法。在 Web 方法中使用参数和返回的方式与其他方法类型中的用法相同。

在 ASP.NET AJAX 中，Web 方法是异步调用的。给 Web 方法传送参数，并定义一个回调函数，当 Web 方法调用完成时，就会调用这个回调函数。该回调函数用于处理 Web 方法的响应。也可以提供另一个回调函数，以处理调用失败的情况。

在 PCSLibraryDemo 应用程序中，单击 Call Web Method 按钮时，就调用一个 Web 方法，如图 41-20 所示。

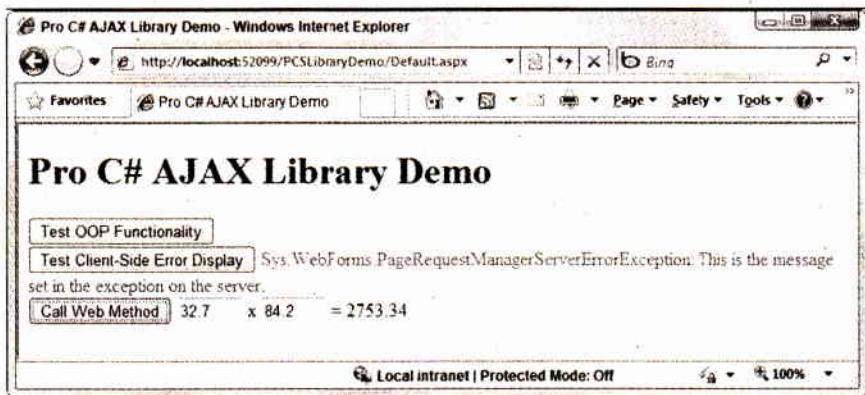


图 41-20

从客户端脚本中使用 Web 方法之前，必须生成一个客户端代理类，以进行通信。为此，最简单的方式是在 ScriptManager 控件中，引用包含 Web 方法的 Web 服务的 URL：

```
<asp:ScriptManager ID="ScriptManager1" runat="server">
  <Services>
    <asp:ServiceReference Path="~/SimpleService.asmx" />
  </Services>
</asp:ScriptManager>
```

ASP.NET Web 服务使用扩展名.asmx，如上面的代码所示。为了使用客户端代理访问 Web 服务中的 Web 方法，必须给 Web 服务应用 System.Web.Script.Services.ScriptService 属性。

对于 Web 页面的代码隐藏中的 Web 方法，不需要这个属性，或者 ScriptManager 中的这个引用，但必须使用静态方法，并给方法应用 System.Web.Services.WebMethod 属性。

生成了客户端存根后，就可以通过其名称访问 Web 方法，它定义为类中与 Web 服务同名的一个函数。在 PCSLibraryDemo 中，Web 服务 SimpleService.asmx 的一个 Web 方法是 Multiply()，它对

两个 `double` 参数执行相乘操作。从客户端代码中调用这个方法时，要传递方法需要的两个参数(在本例中，从 HTML `<input>` 元素中获得)，并可以传递一个或两个回调函数引用。如果传递一个引用，这个回调函数就在调用成功返回时使用这个回调函数。如果传递了两个引用，第二个引用就在 Web 方法失败时用作回调函数。

在 `PCSLibraryDemo` 中，使用了一个回调函数，它提取 Web 方法调用的结果，并将它赋予 `id` 为 `webMethodResult` 的 `<span>` 元素：

```
function callWebMethod()
{
    SimpleService.Multiply(parseFloat($get('xParam').value),
        parseFloat($get('yParam').value), multiplyCallBack);
}

function multiplyCallBack(result)
{
    $get('webMethodResult').innerHTML = result;
}
```

这个方法非常简单，但演示了从客户端代码中异步调用 Web 服务的便利性。

#### 41.13.7 ASP.NET 应用程序服务

ASP.NET AJAX 包含 3 个专用的 Web 服务，这 3 个 Web 服务用于访问 ASP.NET 应用程序服务。这些服务可以通过下面的客户端类来访问：

- `Sys.Services.AuthenticationService`——这个服务包含的方法可以登录或注销用户，或确定用户是否已登录。
- `Sys.Services.ProfileService`——这个服务可以获取和设置当前登录的用户的配置文件属性。配置文件属性在应用程序的 `web.config` 文件中配置。
- `Sys.Services.RoleService`——这个服务可以确定当前登录的用户的角色成员资格。

如果使用正确，这些类可以实现响应性非常好的用户界面，其中包含身份验证、配置文件和成员资格功能。

这些服务超出了本章的范围；但应知道它们，它们很值得研究。

#### 41.14 小结

本章介绍了创建 ASP.NET 页面和 Web 站点的几种高级技术，并在示例 Web 站点 `PCSDemoSite` 中演示了这些技术。还介绍了如何使用 ASP.NET AJAX 增强 ASP.NET Web 站点。ASP.NET AJAX 包含的丰富功能使 Web 站点的响应更快、更动态，大大改进了用户体验。

首先探讨了如何使用 C# 创建可重用的 ASP.NET 服务器控件。其中讨论了如何从现有的 ASP.NET 页面中创建简单的用户控件，以及如何从头创建自定义控件。还研究了如何把上一章的会议室登记工具示例修改为一个用户控件。

接着介绍了母版页，如何为 Web 站点的页面提供模板，这是重用代码和简化开发的另一种方式。在本章可下载代码的 `PCSDemoSite` 中，有一个母版页包含 Web 导航服务器控件，允许用户在站点上浏览。该 `PCSDemoSite` 示例建立了主题的框架，该主题非常适合于把功能与设计分开，是一个强

大的可访问性技术。

我们还简要介绍了安全性，探讨了如何在 Web 站点上轻松地实现基于窗体的身份验证。

之后研究了 Web 部件，介绍了如何使用 Web 部件服务器控件把基本应用程序和这种技术提供的一些功能集成在一起。

本章最后一部分讨论了 ASP.NET AJAX。首先学习了 Ajax 的概念、如何使用 Ajax 的 Microsoft 实现方式 ASP.NET AJAX，包括创建支持 ASP.NET AJAX 的 Web 站点的服务器端技术，以及使用 AJAX 库实现的客户端技术。

希望本章能激发读者使用 ASP.NET 创建 Web 站点的兴趣，尤其是使用 ASP.NET AJAX 提供的新功能。Ajax 在 Web 上非常流行，ASP.NET AJAX 是将 Ajax 功能与 ASP.NET 应用程序集成起来的最佳方式。这个产品也得到了非常好的支持，同时基于社区的版本，如 AJAX Control Toolkit，提供了更酷的功能，这些功能可以在应用程序中免费使用。

尽管必须学习 JavaScript 语言，但这是值得的。使用 ASP.NET AJAX 比仅使用 ASP.NET 可以使 Web 应用程序更好、功能更强、更动态。在 Visual Studio 的最新版本中，有一些使 ASP.NET AJAX 更容易使用的工具。ASP.NET AJAX 的最新版本包含更多的功能，本章不可能全部涵盖，如客户端模板和实时数据绑定。应时刻关注开发人员博客和 <http://www.asp.net> 网站，研究这些高级功能。

下一章介绍构建 ASP.NET Web 站点和应用程序的最新技术——动态数据网站和 MVC 架构，以及一种支持技术——ASP.NET 路由。

# 第 42 章

## ASP.NET 动态数据和 MVC

本章内容:

- 使用路由实现 URL
- 用动态数据构建网站
- 用 ASP.NET MVC 构建 Web 应用程序

前两章学习了如何使用 ASP.NET 创建网站,如何添加高级功能,以简化这些网站。本章介绍的框架可用于加速网站的创建,还包括建立最佳站点的最佳实践技术。

当前有两个框架随 ASP.NET 一起发布为 .NET 4 的一部分,经过 Microsoft 和 ASP.NET 开发团队多年的研究,它们都已成熟。这两个框架是:

- 动态数据
- MVC(Model-View-Controller, 模型-视图-控制器)

第一个框架是动态数据,它允许利用数据库中先前存在的数据构建网站。Visual Studio 提供的向导可非常快地生成动态数据网站,接着就可以定制网站的外观。在动态数据网站上包含高级模板功能,以便网站快速启动和运行。动态数据并不适用于所有类型的网站,但对于其中的许多类型,包括电子商务站点和数据操作站点,动态数据都提供了非常好的开发起点。

MVC 框架可从某个设想开始,创建所有种类的网站,这些网站的用户界面和业务逻辑更清晰地分开,并可以对业务逻辑进行独立的单元测试。这方面越来越重要,因为我们目前都已转而使用测试驱动开发(test-driven development, TDD)模型。传统上,此外 ASP.NET 网站很难测试,因为需要某种与 Web 页面直接交互的方式。把设计和功能分开简化了测试工作。

MVC 还有其他优点,如本章后面所述,而且它会使代码非常简洁、易于理解,非常适合于企业级的网站开发,而且可以简化单元测试。

动态数据和 MVC 都使用 .NET 3.5 引入的另一种方法:路由。这种方法可简化 URL,且包含额外的信息,是本章的第一个主题。在介绍了路由后,本章就依次讨论动态数据和 MVC,最后一节介绍如何合并这些技术。



动态数据和 MVC 都是大型主题,需要好几章的篇幅才能深入论述。本章仅概述这些架构的用法,以帮助读者获得开始使用它们的足够信息,如果读者想深入研究它们,随后就可以查找更详尽的资源。

## 42.1 路由

ASP.NET 路由技术允许为 Web 页面设置合理的、人类可读的 URL。基本上,这意味着用户在浏览器的地址栏中看到的 Web 页面的 URL 不必匹配该 Web 页面的物理地址。相反,Web 站点可使用 URL 包含的信息映射到我们定义的页面,还可以给这个页面传递参数。

初看起来,这似乎有悖常理。为什么不希望用户看到 Web 页面的地址?不提供这些信息肯定是使资源的定位更困难。实际上,如本节后面所述,映射 URL 使用户更容易定位资源,而且还有其他几个优点。

例如,考虑下面的 URL:

```
http://www.myecommercesite.com/products/kites/reddragon
```

尽管对使用这个 URL 的 Web 站点毫不了解,也很容易猜出页面的内容。从 URI 中的单词可以看出,这是一个,命名为 Red Dragon 的风筝的产品页面。

这类 URL 的优点如下:

- 用户可以一眼看出页面是什么。
- 即使没有创建书签,用户也很容易记住 URL。
- 用户可以手工修改 URL,以进行导航(例如,用户可能用/products/balloons 替代上述 URL 的最后一部分)。
- 因为搜索引擎结果对这些描述性的 URL 进行了优化,所以页面的排名较靠前。

实现这种形式的 URL 基本上有两种方式。可以为每个可能的 URL 创建一个页面,也可以使用一个架构,把 URL 映射到可为多个 URL 显示数据的页面上。第一种方法值得一提,因为它不一定是不可可能的——可以创建从后端数据中生成的静态 HTML 站点,但其维护工作量很大,在大多数情况下,比较麻烦。现在,采用第二种方法的工具已成熟,且比较实用。

尽管“URL 重写”(在 ASP.NET 的以前版本中该功能的名称)需要深入理解 ASP.NET 体系结构且较难实现,但实际上,使用这类 URL 的功能在 ASP.NET 中已存在一段时间。有了 ASP.NET 路由技术后,事情就变得简单多了。

本节介绍如下内容:

- **查询字符串参数**——在专门介绍路由技术之前,需要先详细理解在 URL 中包含额外数据的情况。查询字符串参数为此提供了一种替代方式,且自从 Web 一出现就存在这种方式。虽然这种方式比路由技术简单,但它们并没有路由技术的所有优点。
- **定义路由**——ASP.NET 路由技术要求定义可以在网站上可用的路由,以便使用它们。
- **使用路由参数**——一旦在 URL 中找到某个路由,目标页面就可以使用路由参数。

本章的可下载代码包含一个简单的解决方案 PCSRoutingDemo,本节将引用它来演示各种技术。

### 42.1.1 查询字符串参数

在 Web 上冲浪时,用户可能会注意到,许多 Web 页面的 URL 除了包含页面位置之外,还包含其他信息。例如,在电子商务网站上,一个 URL 如下所示:

```
http://www.myecommercesite.com/products.aspx?id=4
```

在这个 URL 中, 目标页面是 `products.aspx`, 但在这个页面的标识符后面, 还有查询字符串形式的其他信息。“?” 字符表示查询字符串的开头, URL 的剩余内容由一个名称/值对组成, 并用一个等号(=)把名称(id)和值(4)分开。实际上, URL 可以包含几个查询字符串名称/值对, 并用&符号隔开。

用户用查询字符串导航到 ASP.NET 页面(也许是单击数据库中的数据所呈现的链接)时, 我们可以编写代码, 以呈现相应的页面。在这个例子中, 可能使用 id 查询字符串参数的值, 从数据库中检索有对应 ID 的产品数据。这意味着不必为数据库中的每个产品创建一个页面, 而可以创建单个页面, 它可以显示任意产品的详细信息。

实际上, ASP.NET 页面以 `NameValueCollection` 对象的形式接收查询字符串信息。这个对象在 `HttpRequest` 对象的 `QueryString` 属性中传递, 它可以在代码隐藏中通过继承的 `Request` 属性获得。因为查询字符串集合按名称和索引来索引, 所以要获得上述 id 查询字符串参数的值, 可以使用下面两行代码中的一行:

```
string idValue = Request.QueryString[0];
```

或

```
string idValue = Request.QueryString["id"];
```

注意, 因为所有查询字符串值都作为字符串传递, 所以要获得 id 的整数值, 需要解析该值。

查询字符串参数的用法参见本章的 `PCSRoutingDemo` 网站。如果在浏览器中查看该网站, 并单击 `Navigation with query string` 链接, 用户就会看到查询字符串参数, 如图 42-1 所示。

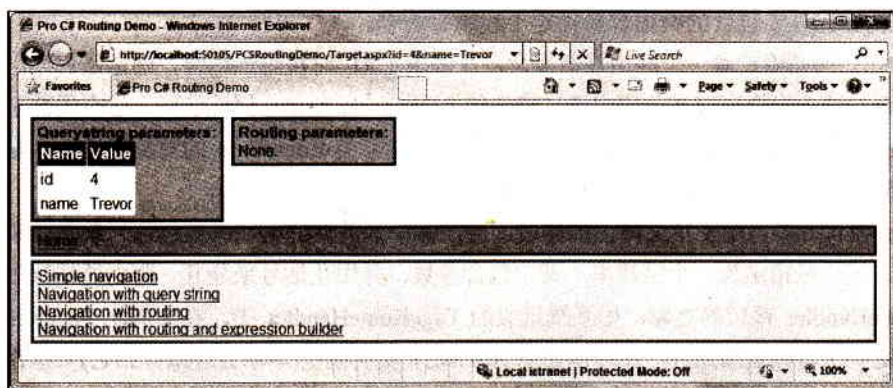


图 42-1

显示这些值的代码在母版页的代码隐藏中, 如下所示:



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
if (Request.QueryString.Count == 0)
{
    this.NoQueryStringLabel.Text = "None.";
}
else
{
    GridView1.DataSource = from string key in Request.QueryString.Keys
                           select
                               new
                               {
                                   Name = key,
                                   Value = Request.QueryString[key]
                               }
}
```

```

        );
        GridView1.DataBind();
    }

```

代码段 PCSRoutingDemo/MasterPage.master.cs

这里，把查询字符串参数集合转换为一个对象集合，其 Name 属性和 Value 属性可以通过数据绑定到一个 GridView 控件上，并显示出来。

这种通过查询字符串参数传递数据的方法非常好，且非常有用，但 ASP.NET 路由技术可以用更简洁的方式达到相同的目的，且具备所有优点。

#### 42.1.2 定义路由

为了使用 ASP.NET 路由技术，需要配置在 Web 站点中可用的路由。之后，一般在事件处理程序 `HttpApplication.Application_Start` 中，用户就可以使用这些路由，Web 站点就可以使用传递过来的参数。

路由的定义包含如下内容：

- 路由的名称(可以省略)
- 路由的 URL 模式，包括必要的参数规范
- 路由的处理程序，它确定路由映射到哪个目标 URL 上
- 可选的默认值集合，用于未包含在 URL 中的路由参数
- 可选的参数约束集合，用于判断路由是否有效

果然，ASP.NET 包含的类很容易指定上述所有内容。

ASP.NET 网站维护着一个路由规范集合，在请求 URL 时检查该集合，确定是否存在一个匹配的路由规范。这个集合可以在代码中通过静态的 `RouteTable.Routes` 属性访问。这个属性是一个路由集合，该路由集合通过一个可选的名称和一个派生自抽象类 `RouteBase` 的对象来定义。除非创建自己的类来表示路由，否则就可以把 `Route` 类的实例添加到这个集合中。

`Route` 类有许多可用于定义路由的构造函数，其中最简单的构造函数包含一条路径和一个路由处理程序。该路径指定为一个字符串，其中包含参数，并用花括号来分开。路由处理程序是一个实现了 `IRouteHandler` 接口的对象，如系统定义的 `PageRouteHandler` 类。在实例化 `PageRouteHandler` 类时，指定一个目标页面路径，还可以使用 ASP.NET 安全模型(本章会详细介绍它)来检查物理路径是否获得授权。因此，添加路由最简单的方法如下：

```

RouteTable.Routes.Add("RouteName",
    new Route("path/{pathparameter}",
        new PageRouteHandler("target.aspx")));

```

这行代码把 `RouteName` 路由添加到路由定义中。这个路由匹配如下形式的 URL：

```
http://<domain>/path/{pathparameter}
```

把任何匹配的 URL 都映射到 `target.aspx` 文件上。

例如，如果用户请求如下 URL：

```
http://<domain>/path/oranges
```

网站就会作为一个匹配 RouteName 路由的 URL 检测它, 因此把用户重定向到 target.aspx 页面上。如果这个页面的代码请求 pathparameter 参数的值, 它就会接收到参数值 oranges。

在本章的 PCSRoutingDemo 网站中, 单击 Navigation with routing 链接, 就会看到一个路由在发挥作用, 得到的屏幕如图 42-2 所示。

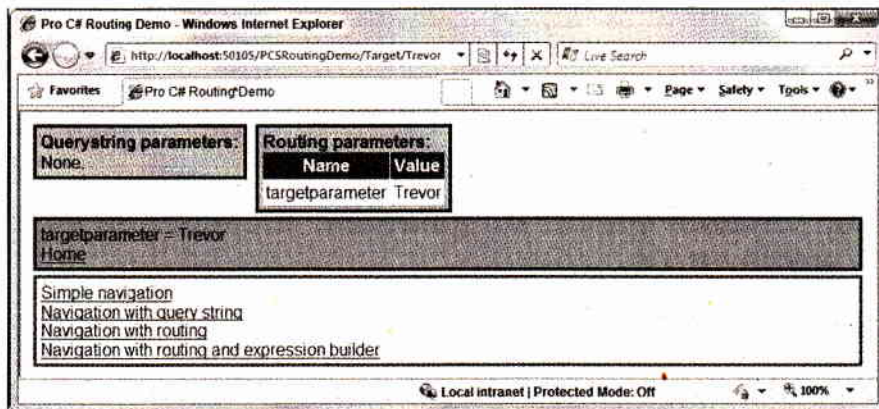


图 42-2

这个路由在 App\_Code 的 Global.asax(用于 Global.cs 的代码隐藏文件)中定义; 如下所示:



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
RouteTable.Routes.Add("TestRoute",
    new Route("Target/{targetparameter}",
        new PageRouteHandler("~/Target.aspx")));
```

代码段 PCSRoutingDemo/App\_Code/Global.cs

稍后将说明如何把参数呈现在页面上。

### 1. 路由的授权

由于在路由过程中实际上有两个 URL 参与——一个由用户请求, 另一个用于生成页面的物理文件位置, 因此 ASP.NET 的授权可以在两个地方进行。默认行为是检查这两个 URL, 以确定用户是否有权访问页面。在 PageRouteHandler 类的构造函数中, 可以使用第二个参数重写这个操作, 如下所示:

```
RouteTable.Routes.Add("RouteName",
    new Route("path/{pathparameter}",
        new PageRouteHandler("~/target.aspx", false));
```

如果重写了这个操作, 就只检查被请求的 URL 是否获得授权, 而不检查物理 URL。这样, 就可以把物理 URL 放在用户不能直接访问的位置, 如果希望禁止直接导航到该 URL, 这就很有效。

### 2. 默认参数值

对于路由, 默认行为是必须指定所有参数, 才能匹配请求的 URL 和路由的路径。在上面的例子中, 这表示下面的 URL 无效:

```
http://<domain>/path
```



但可以给路由参数指定默认值，从而使这个 URL 有效，它使用 `pathparameter` 参数的默认值。

要指定参数的默认值，需要提供一个 `RouteValueDictionary` 集合，这是一个路由参数和默认值的名称/值对集合。可以把这个集合传递给 `Route` 类的构造函数，例如：

```
RouteTable.Routes.Add("RouteName",
    new Route("path/{pathparameter}",
        new RouteValueDictionary
        {
            { "pathparameter", "defaultValue" }
        },
        new PageRouteHandler("~/target.aspx"));
```

这段代码给 `pathparameter` 参数指定了默认值 `defaultvalue`，如果 `pathparameter` 参数在 URL 中没有匹配的值，就使用这个默认值。

### 3. 参数约束

路由参数默认接受来自用户的任意输入值，但有时需要限制允许接受的值。于是，如果用户传递了不允许接受的值，路径就不匹配。

参数约束也用 `RouteValueDictionary` 集合定义，该集合包含一个路由参数和约束的名称/值对集合。约束可以是正则表达式，或者实现了 `IRouteConstraints` 接口的对象。与默认情况一样，约束也可以在 `Route` 类的构造函数中指定，例如：

```
RouteTable.Routes.Add("RouteName",
    new Route("path/{pathparameter}",
        new RouteValueDictionary
        {
            { "pathparameter", "yes" }
        },
        new RouteValueDictionary
        {
            { "pathparameter", "yes|no" }
        },
        new PageRouteHandler("~/target.aspx"));
```

在这段代码中，对于 `pathparameter`，只有 `yes` 和 `no` 是有效值。如果指定了其他值，就不匹配路由。

### 4. 路由顺序和数据标记

在定义路由时，把它们添加到 `RouteTable.Routes` 集合中的顺序很重要。这是因为 ASP.NET 尝试按照路由在集合中出现的顺序，匹配 URL 和路由。如果在查看了所有路由后没有找到匹配的路由，就直接使用 URL。如果找到一个匹配的路由，就使用匹配的路由。如果有多个路由匹配 URL，就使用第一个匹配的路由。

路由顺序与约束一起使用会有很好的效果。例如，可以添加两个路由，第一个是上一节中受约束的路由，第二个路由如下所示：

```
RouteTable.Routes.Add("RouteName",
    new Route("path/{pathparameter}",
        new PageRouteHandler("~/alternatetarget.aspx"));
```

这表示,与前面一样,包含 `pathparameter` 值 `yes` 或 `no` 的 URL 会映射到 `target.aspx` 上,但如果传递了任何其他参数值,URL 就映射到 `alternatetarget.aspx` 上,而不是返回一个“404 not found”错误。

但是,如果这两个路由的添加顺序相反,则无论给 `pathparameter` 指定什么值,都会调用 `alternatetarget.aspx`,因为在检查受约束的路由之前,这个路由总是提供了一个匹配的值。

如果两个路由映射到同一个 URL 上,就需要确定匹配哪个路由。为此,可以给页面传送额外的数据,作为数据标记。数据标记通过另一个 `RouteValueDictionary` 集合提供,其中包含一个路由参数和数据标记的名称/值对集合。例如:

```
RouteTable.Routes.Add("RouteName",
    new Route("path/{pathparameter}",
        new RouteValueDictionary
        {
            { "pathparameter", "yes" }
        },
        new RouteValueDictionary
        {
            { "pathparameter", "yes|no" }
        },
        new RouteValueDictionary
        {
            { "customdatatoken", "yesnomatch" }
        },
        new PageRouteHandler("~/target.aspx"));
```

如果这个路由是匹配的,就给目标 URL 传递数据标记 `customdatatoken` 和字符串值 `yesnomatch`,这样页面就可以识别出使用了这个路由。

可以像传递数据标记一样为参数传递任意数据,上面仅是如何使用数据标记的一个例子。

### 42.1.3 使用路由参数

读取和使用通过 ASP.NET 路由功能传送给页面的参数值非常类似于读取和使用查询字符串。只是不使用 `Request.QueryString`,而使用 `Page.RouteData`,在加载页面时 ASP.NET 会填充 `Page.RouteData`,它包含提取路由参数或数据标记所需的所有信息。

通过表达式生成器和数据查询参数值,路由参数值也可用于 ASP.NET 标记。

#### 1. RouteData 值

路由参数可通过 `Page.RouteData.Values` 属性应用于代码,`Page.RouteData.Values` 属性是 `RouteValueDictionary` 类的另一个实例。同样,数据标记可通过 `Page.RouteData.DataTokens` 来使用。在示例 Web 站点上,利用下面的代码,从 `Values` 属性中提取值,并通过 `DataGrid` 显示对应值:



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
if (Page.RouteData.Values.Count == 0)
{
    this.NoRoutingLabel.Text = "None.";
}
else
{
    GridView2.DataSource = from entry in Page.RouteData.Values
                           select
```

```

new
{
    Name = entry.Key,
    Value = entry.Value
};

GridView2.DataBind();

```

代码段 PCSRoutingDemo/MasterPage.master.cs

另外，也可以按名称提取参数，因为它们在集合中建立了索引。例如：

```
string parameterValue = Page.RouteData.Values["pathparameter"] as string;
```

## 2. 表达式生成器

在 ASP.NET 标记文件中可以使用两个表达式生成器 `RouteValue` 和 `RouteUrl`，来提取和使用路由参数值。

`RouteValue` 可以内联使用，从而输出参数的值，如下所示：

```
<%$ RouteValue:parameterName %>
```

例如，在 Web 站点 PCSRoutingDemo 上，`Target.aspx` 文件包含如下标记代码行：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
targetparameter = <asp:Label runat="server"
    Text=" <%$ RouteValue:targetparameter %> " />
```

代码段 PCSRoutingDemo/Target.aspx

这行代码把 `Label` 控件的 `Text` 属性设置为 `targetparameter` 参数的值。

`RouteUrl` 用于构建匹配路由的 URL。把链接放在 ASP.NET 代码中时，这是一个很好的功能，因为如果路由定义不断发生变化，以这种方式创建的 URL 就会改变。要使用这个表达式生成器，可以内联使用下面的标记：

```
<%$ RouteUrl: parameterName = parameterValue %>
```

可以包含多个参数，各个名称/值对之间用逗号分隔开。这个表达式生成器尝试根据所使用的参数名，匹配指定的参数和路由。在一些情况下，可能有多个路由使用相同的参数，此时可以根据名称识别要使用的特定路由，如下所示：

```
<%$ RouteUrl: parameterName = parameterValue , routename = routeName %>
```

在 PCSRoutingDemo 中，母版页有两个不同的链接，其中一个使用了这个表达式生成器：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

<asp:HyperLink ID="HyperLink3" runat="server" NavigateUrl="~/Target/Trevor"
    >Navigation with routing</asp:HyperLink>
<asp:HyperLink ID="HyperLink4" runat="server"
    NavigateUrl=" <%$ RouteUrl:targetparameter=Reginald,routename=TestRoute %>"
    >Navigation with routing and expression builder</asp:HyperLink>

```

代码段 PCSRoutingDemo/MasterPage.master

这个链接的第二个版本展示了在标记中包含链接的最佳方式，因为它允许以后改变路由规范，如上所述。

### 3. 数据查询参数

在代码中使用路由参数的另一种方式是直接给数据查询提供它们。这个技巧允许从标识代码中直接提取数据库中的数据，而无需提取参数值，再在代码隐藏中使用它们。

为此，应在查询的参数中使用<asp:routeparameter>。例如，可以在<asp:sqldatasource>数据源中使用下面的代码：

```
<asp:sqldatasource id="SqlDataSource1" runat="server"
  connectionstring="<%$ ConnectionStrings:ProductDatabase %%"
  selectcommand="SELECT ProductName,ProductId,ProductDescription FROM Products
  WHERE ProductName = @productname"
  <selectparameters>
    <asp:routeparameter name="productname" RouteKey="productnameparameter" />
  </selectparameters>
</asp:sqldatasource>
```

这段代码从路由参数 productnameparameter 中提取值，并把这个值传递给 SQL 查询中的 @productname 参数。

## 42.2 动态数据

如果仔细思考一下数据驱动的 Web 站点(目前大多数 Web 站点都是数据驱动的)，就会发现它们的许多功能都非常类似。这种 Web 站点包含如下一个或多个概念：

- 根据底层数据源(如数据库表或单个数据库行)中的数据，呈现动态生成的 HTML
- 站点地图中包含的页面会直接或间接映射到数据源(如数据库表)中的数据项
- 结构直接或间接与底层数据源的结构相关(站点的一部分可能映射到数据库表上，如 About 或 Products)
- 允许修改反射在页面上的底层数据源

如果希望构建数据驱动的站点，就可以使用相当标准化的代码来获得上述特性。可能把 ASP.NET 元素(如数据表)直接绑定到数据库表上，或者包含一个数据对象的中间层，来表示数据库中的数据，并绑定到这些数据上。前面的章节有许多用于这个目的的代码。

但是，因为这种情况非常常见，所以有一种替代方式：使用一个架构来提供许多代码，而不是自己完成繁琐的编码工作。ASP.NET 动态数据就是这样一个架构，它能非常容易地创建数据驱动的网站。除了提供上述代码(在动态数据网站中称为“搭框架(scaffolding)”)之外，动态数据网站还提供了许多额外的功能，如下所述。

本节将介绍如何创建动态数据站点，并了解它提供的一些功能。

### 42.2.1 创建动态数据网站

了解动态数据网站提供了什么特性的最佳方式是在 Visual Studio 中构建这样一个网站，其过程非常简单。为了创建动态数据网站，需要有一些源数据。虽然可以使用任意数据，但也可以使用本

章可下载代码中提供的样本数据。这些数据是一个 SQL Server Express 数据库，其文件名是 MagicShop.mdf。图 42-3 显示了这个数据库包含的表。

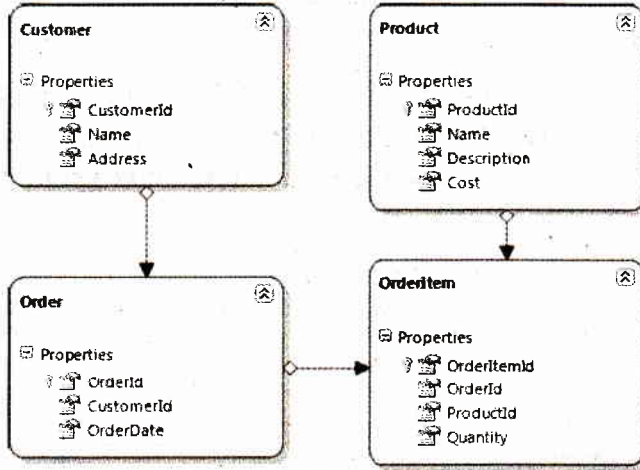


图 42-3

MagicShop.mdf 数据库表示一个简单的结构，该结构可用于电子商务网站。数据的类型和相互关系用来阐述动态数据站点的工作原理。

### 1. 选择数据访问模型

通过 File | New | Web Site 菜单项创建动态数据站点时，可以使用两个模板：

- Dynamic Data Linq to SQL Web Site
- Dynamic Data Entities Web Site

这两个模板基本相同，除了访问数据的方式不同：分别通过 LINQ to SQL 或 ADO.NET Entity Framework 来访问。选择哪个模板完全取决于个人喜好。动态数据网站的核心功能对于这两个模板相同。

本章的可下载代码包含两个网站 PCSDynamicDataDemoLinq 和 PCSDynamicDataDemo Entities，它们包含使用 MagicShop.mdf 数据库的站点的未定制版本。

### 2. 添加数据源

使用任一个可用的模板创建了站点后，下一步是添加数据源。这表示使用 LINQ to SQL 类或 ADO.NET Entity Model 模板给项目添加一个新项(最好添加到网站的 App\_Code 目录中)。在添加之前，还可以把数据库的本地副本添加到网站的 App\_Code 目录下，除非使用的是远程数据源。

如果 MagicShop.mdf 数据库用作一个测试，就可以根据所使用的站点模板执行如下操作(在把数据库添加到 App\_Code 目录中之后)：

- 对于 LINQ to SQL，添加 LINQ to SQL 类，其文件名是 MagicShop.dbml。一旦添加了该文件后，就把 MagicShop.mdf 数据库中的所有表添加到设计器中。
- 对于 ADO.NET Entities，添加一个实体模型 MagicShop.edmx，在 Add New Item 向导中，使用默认设置，给数据库中的所有表添加实体。

### 3. 配置 Scaffolding

在完成动态数据网站的初始构建过程之前，还有一步要完成：必须在网站的 `Global.asax` 文件中为“搭框架”配置数据模型。除了解释性的注释中提到的区别之外，这个文件在两个站点模板类型中相同。如果查看该文件，会发现通过一个模型配置网站的框架，该模型在应用程序级别上定义，如下所示：

```
private static MetaModel s_defaultModel = new MetaModel();
public static MetaModel DefaultModel
{
    get
    {
        return s_defaultModel;
    }
}
```

`Global.asax` 文件在 `RegisterRoutes()` 方法中访问这个模型，该方法在 `Application_Start()` 处理程序中调用。这个方法还配置了网站中的动态数据路由(参见本章后面的内容)。该方法包含如下被注释掉的代码(简明起见，这里把代码放在两行上)：

```
//DefaultModel.RegisterContext(typeof(YourDataContextType),
// new ContextConfiguration() { ScaffoldAllTables = false });
```

配置模型仅需要取消注释这行代码，并给数据模型提供合适的数据上下文类型。还可以一开始就把 `ScaffoldAllTables` 属性改为 `true`，以指示模型为所有可用的表提供框架。以后可以撤销这个改变，以便更精细地控制创建什么框架(包括在网站上哪些数据是可见的，哪些数据是可编辑的等)，参见本章后面的内容。

利用上一节描述的 LINQ to SQL 类访问 `MagicShop.mdf` 数据库，LINQ to SQL 站点需要下面的代码：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
DefaultModel.RegisterContext(typeof(MagicShopDataContext),
    new ContextConfiguration() { ScaffoldAllTables = true });
```

代码段 PCSDynamicDataDemoLinq/Global.asax

对于这个站点的 ADO.NET Entities 版本，代码如下：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
DefaultModel.RegisterContext(typeof(MagicShopModel.MagicShopEntities),
    new ContextConfiguration() { ScaffoldAllTables = true });
```

代码段 PCSDynamicDataDemoEntities/Global.asax

### 4. 查看结果

现在，一切准备就绪，可以测试默认的动态数据网站了。无论使用什么模板，最终结果都相同。如果在浏览器中查看 `Default.aspx` 页面，屏幕将如图 42-4 所示。

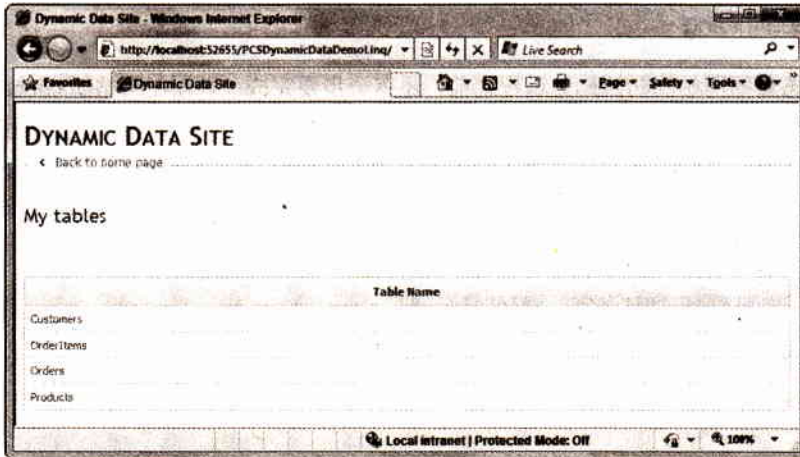


图 42-4

这个页面显示了到数据库中的每个表的一个链接列表，还显示了在 `Default.aspx` 页面中定义的其他一些信息，如下所示：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
<%@ Page Language="C#" MasterPageFile="~/Site.master" CodeFile="Default.aspx.cs"
    Inherits="_Default" %>

<asp:Content ID="headContent" ContentPlaceHolderID="head" Runat="Server">
</asp:Content>

<asp:Content ID="Content1" ContentPlaceHolderID="ContentPlaceHolder1"
    Runat="Server">
    <asp:ScriptManagerProxy ID="ScriptManagerProxy1" runat="server" />

    <h2 class="DDSubHeader">My tables</h2>

    <br /><br />

    <asp:GridView ID="Menu1" runat="server" AutoGenerateColumns="false"
        CssClass="DDGridView" RowStyle-CssClass="td" HeaderStyle-CssClass="th"
        CellPadding="6">
        <Columns>
            <asp:TemplateField HeaderText="Table Name" SortExpression="TableName">
                <ItemTemplate>
                    <asp:DynamicHyperLink ID="HyperLink1" runat="server"><%#
                        Eval("DisplayName") %></asp:DynamicHyperLink>
                </ItemTemplate>
            </asp:TemplateField>
        </Columns>
    </asp:GridView>
</asp:Content>
```

代码段 `PCSDynamicDataDemoEntities/Default.aspx` 和  
`PCSDynamicDataDemoLinq/Default.aspx`

在网站的母版页和 CSS 文件中包含了许多显示代码，为了节省篇幅，这里没有列出来。上述代码中重要的部分是 `GridView` 控件，它包含一个 `DynamicHyperLink` 控件，后一个控件用于呈现表的链接。从代码隐藏中，把数据绑定到 `GridView` 控件上，如下所示(简明起见，略微进行了重新格式化)：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
protected void Page_Load(object sender, EventArgs e)
{
    System.Collections.IList visibleTables =
        ASP.global_asax.DefaultModel.VisibleTables;
    if (visibleTables.Count == 0)
    {
        throw new InvalidOperationException(
            "There are no accessible tables. Make sure that at least one data"
            + " model is registered in Global.asax and scaffolding is enabled"
            + " or implement custom pages.");
    }
    Menu1.DataSource = visibleTables;
    Menu1.DataBind();
}
```

代码段 PCSDynamicDataDemoEntities/Default.aspx.cs 和  
PCSDynamicDataDemoLinq/Default.aspx.cs

这段代码从模型中提取可见表对应的一个列表(这里提取所有表, 因为如前所述, 为所有表都提供框架)。每个表都用一个 `MetaTable` 对象描述。`DynamicHyperLink` 控件可根据这些对象的属性, 智能地呈现表的页面链接。例如, `Customers` 表的链接如下所示:

`/PCSDynamicDataDemoLinq/Customers/List.aspx`

显然, 网站并没有定义这个页面, 而是如本章第一部分所述, 使用路由生成这个链接的内容。如果单击该链接, 就会看到 `Customers` 表的页面, 如图 42-5 所示。

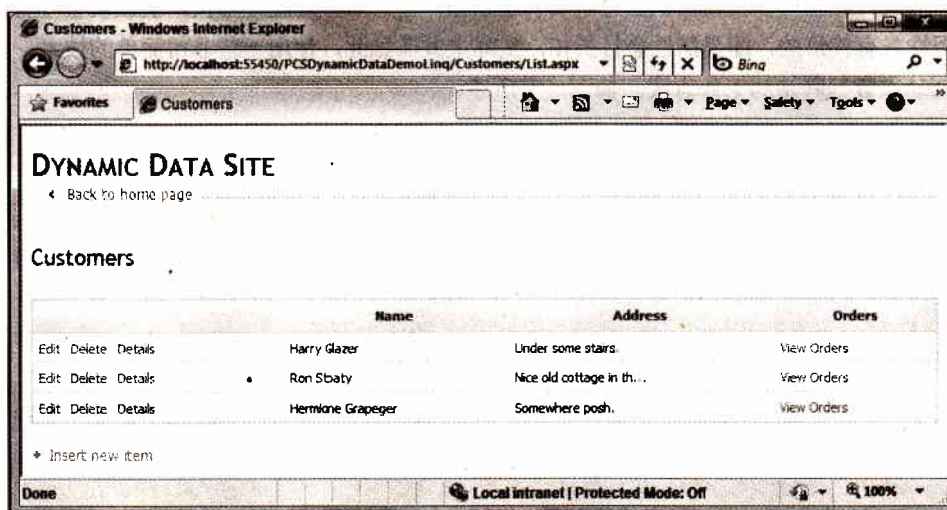


图 42-5

这个页面从模板中生成模板存储在站点的代码中, 其讨论参见下一节。可以使用这个页面上的链接检查、编辑、插入和删除记录, 还可以遍历表之间的关系。每个客户的 `View Orders` 链接会显示该客户的订单——页面上包含了一个客户下拉列表, 根据需要该下拉列表可用于查看不同客户的订单。

如果单击客户的 `Edit` 链接, 就会打开一个编辑客户的视图, 如图 42-6 所示。



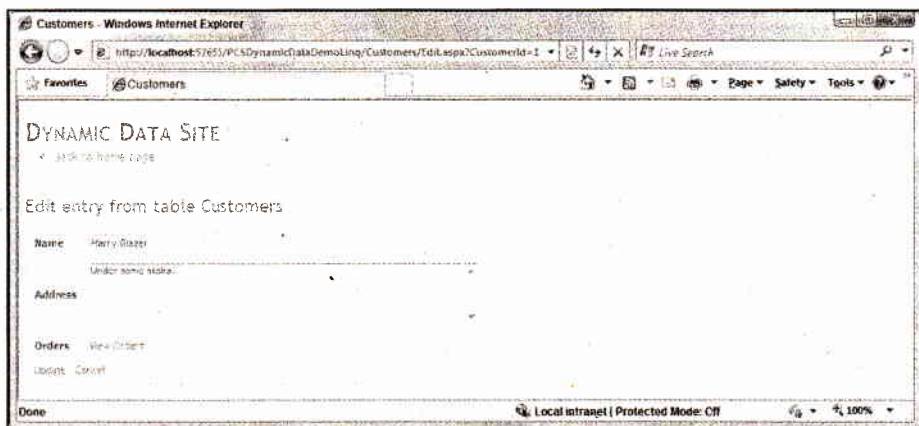


图 42-6

动态数据网站使用的模板系统允许根据列的数据类型，定制给表中的每一列显示什么信息。或者给指定的列进行进一步的、独特的定制；这里有非常大的灵活性。



MagicShop.mdf 数据库中使用的 ID 值存储为整数值。数据库也常常使用 GUID ID 值(使用 `uniqueidentifier` SQL 类型)。动态数据网站目前不能很好地处理上述 ID 值，尽管有变通方案，但目前没有理想的解决方案。

本节提到，甚至可以使用默认设置启动动态数据，而且运行速度非常快。现在读者可能会想，这种易用性是有代价的，即灵活性会打折扣。实际上并非如此，使用一些非常简单的技术，就可以完全定制动态数据网站的工作方式，如下一节所述。

## 42.2.2 定制动态数据网站

有许多方式可以定制动态数据网站，以达到预期的效果。这包括仅修改模板的 HTML 和 CSS，以及定制通过代码呈现数据的方式和特性修改方式。本节将介绍这些方式，从如何定制框架开始——此外，定制框架会影响主键值的可见性，如上一节所述。

### 1. 控制框架

在本章前面的示例动态数据网站中，为所有表(和这些表的所有列)自动配置了框架，为此，把网站的 `ContextConfiguration` 的 `ScaffoldTables` 属性设置为 `true`，对于 LINQ to SQL 站点，代码如下所示：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
DefaultModel.RegisterContext(typeof(MagicShopDataContext),
    new ContextConfiguration() { ScaffoldAllTables = true });
```

代码段 PCSDynamicDataDemoLinq/Global.asax

如果把该值改为 `false`，默认就不为任何表或列提供任何框架。为了指示动态数据架构给表中的列搭建框架，必须在数据模型中提供元数据。动态数据运行库再读取这些元数据，来生成框架。元数据还可以提供其他事物的信息，如有效性验证逻辑——稍后讨论。

为表提供元数据需要执行两个步骤：

- 为要提供元数据的每个表创建一个元数据类型定义，该类的成员映射到表中的列。
- 把元数据类型关联到数据模型表类上。

在 LINQ to SQL 和 ADO.NET Entities 中，生成所有数据模型项，作为部分类定义。例如，在示例代码中，有一个 Customer 类(包含在 ADO.NET Entities 版本的 MagicShopModel 名称空间中)用于 Customer 表中的行。为了给 Customer 表中的行提供元数据，需要创建一个 CustomerMetadata 类。之后，就可以给 Customer 类提供第二个部分类定义，并使用 MetadataType 特性把这些类链接起来。

在 .NET Framework 中，通过数据注解支持元数据。MetadataType 特性和其他元数据特性都位于 System.ComponentModel.DataAnnotations 名称空间中。MetadataType 特性使用 Type 参数指定元数据的类型。控制框架的两个特性是 ScaffoldTable 和 ScaffoldColumn。这两个特性都有一个布尔参数，用于指定是否为表或列生成框架。

下面的代码通过示例演示了如何实现这个过程：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
using System.ComponentModel.DataAnnotations;
...
[MetadataType(typeof(CustomerMetadata))]
public partial class Customer { }
```

---

代码段 PCSDynamicDataDemoEntities/App\_Code/Customer.cs 和  
PCSDynamicDataDemoLinq/App\_Code/Customer.cs

---



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
using System.ComponentModel.DataAnnotations;
...
[ScaffoldTable(true)]
public class CustomerMetadata
{
    [ScaffoldColumn(false)]
    public object Address { get; set; }
}
```

---

代码段 PCSDynamicDataDemoEntities/App\_Code/CustomerMetadata.cs 和  
PCSDynamicDataDemoLinq/App\_Code/CustomerMetadata.cs

---

其中，ScaffoldTable 特性指定，为 Customer 表生成框架，ScaffoldColumn 特性用于确保不给 Address 列搭建框架。注意，无论其类型是什么，该列都用 object 类型属性表示。只需确保属性名匹配列名即可。

这里的代码用于上一节介绍的示例网站，以隐藏客户的地址。

## 2. 定制模板

如本章前面所述，通过一系列模板生成动态数据。页面模板用于在不同类型的列表和细目页面中布置控件，字段模板用于在显示、编辑和外键选择模式下显示不同的数据类型。

所有这些模板都位于动态数据网站的 DynamicData 子文件夹中，该文件夹有表 42-1 所示的嵌套子文件夹：

表 42-1

目 录	描 述
Content	这个文件夹包含用于其他模板的图像和用于分页的模板(当数据列表很长时,会自动应用分页模板)
CustomPages	如果需要提供定制页面,就使用这个目录
EntityTemplates	这个目录包含用户控件模板,该模板用于在页面上以视图、编辑或插入模式显示单行数据
FieldTemplates	这个目录包含用于显示单列数据的用户控件模板
Filters	这个目录包含用户控件模板,该模板用于显示外键关系的筛选器。在默认代码中,这些都是下拉列表。例如,Orders 的列表页面包含一个筛选器,用于仅显示与某个特定用户相关联的订单
PageTemplates	这个目录包含主模板,用于在各种操作模式下显示单行或多行数据。这些页面的正文使用其他目录中的用户控件模板构建其内容

下面讨论这些模板及其代码隐藏,看看它们如何契合在一起。例如,使用 FieldTemplates 目录下的两个字段模板显示文本列。第一个字段模板 Text.ascx 如下:

```
<asp:Literal runat="server" ID="Literal1" Text="<# FieldValueString %>" />
```

这行代码很简单——仅在 Literal 控件中输出列的文本值。但如果该列处于可编辑模式,就使用 Text\_Edit.ascx:

```
<asp:TextBox ID="TextBox1" runat="server" Text="<# FieldValueEditString %>"
  CssClass="DDTextBox"></asp:TextBox>

<asp:RequiredFieldValidator runat="server" ID="RequiredFieldValidator1"
  CssClass="DDControl" ControlToValidate="TextBox1" Display="Dynamic"
  Enabled="false" />

<asp:RegularExpressionValidator runat="server" ID="RegularExpressionValidator1"
  CssClass="DDControl" ControlToValidate="TextBox1" Display="Dynamic"
  Enabled="false" />

<asp:DynamicValidator runat="server" ID="DynamicValidator1" CssClass="DDControl"
  ControlToValidate="TextBox1" Display="Dynamic" />
```

这里使用 TextBox 控件呈现 Literal 控件,这样该控件就是可编辑的,根据需要,还可以使用 3 个验证控件提供验证功能。这些验证控件如何工作由数据模型及其关联的元数据确定。例如,不可空白列将导致 RequiredFieldValidator 控件有效。DynamicValidator 控件与元数据属性(如 StringLength)一起使用,StringLength 属性可用于设置字符串允许的最大长度。

### 3. 配置路由

在处理动态数据站点时,一个需要掌握的重要概念是,页面是根据动作生成的。动作是定义页面应如何响应的方式,例如,用户单击了某个链接后页面应如何响应。默认定义了 4 个页面动作: List、Details、Edit 和 Insert。

为动态数据站点定义的每个页面模板(也称为视图)可以根据当前执行的动作做出不同的响应。网站的路由配置把动作和视图关联起来,每个路由都可以通过它应用的表选择性地约束。例如,可以创建一个用于列出客户的新视图。该视图可能执行与默认 List.aspx 视图不同的操作。要创建新视图,必须配置路由,以便使用正确的视图。

动态数据网站的默认路由在 Global.asax 中配置,如下所示:



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
routes.Add(new DynamicDataRoute("{table}/{action}.aspx")
{
    Constraints = new RouteValueDictionary(
        new { action = "List|Details|Edit|Insert" } ),
    Model = DefaultModel
});
```

代码段 PCSDynamicDataDemoEntities/Global.asax 和  
PCSDynamicDataDemoLinq/Global.asax

这段代码使用本章前面介绍的路由架构，尽管这里的路由使用 `DynamicDataRoute` 类型。这个类派生自 `Route` 类，为处理动作、视图和表提供了特定的功能。

在这段代码中注意，这个路由包含表名和动作名——动作的值限制为 4 个预定义的页面动作类型。要使用另一个视图列出客户，可以添加下面的路由(在已有路由的前面，或者这个路由应优先)：

```
routes.Add(new DynamicDataRoute("Customers/List.aspx")
{
    Table = "Customers",
    Action = PageAction.List,
    ViewName = "ListCustomers",
    Model = DefaultModel
});
```

这个路由把 `/Customers/List.aspx` 对应的 URL 与 `ListCustomers.aspx` 视图关联起来，为了使代码能正常运行，必须在 `PageTemplates` 目录中提供该名称的文件。这里还指定了 `Table` 和 `Action` 属性，因为它们在 URL 中不再可用。动态数据路由的工作方式是：使用 `{table}` 和 `{action}` 路由参数填充 `Table` 和 `Action` 属性，在这个 URL 中，没有显示这些参数。

以这种方式，可以构建非常复杂的路由系统，为表和动作提供专业化页面。还可以使用 `ListDetails.aspx` 视图，它是数据的主从视图，允许选择行和直接编辑。要使用这个视图，可以提供其他路由，或者仅取消注释下面的路由(由动态数据站点模板提供)：

```
//routes.Add(new DynamicDataRoute("{table}/ListDetails.aspx")
//{
//    Action = PageAction.List,
//    ViewName = "ListDetails",
//    Model = DefaultModel
//});
routes.Add(new DynamicDataRoute("{table}/ListDetails.aspx")
//{
//    Action = PageAction.Details,
//    ViewName = "ListDetails",
//    Model = DefaultModel
//});
```

只要使用 `List` 或 `Details` 页面动作，这些路由就会使用 `ListDetails.aspx` 视图。不需要 `Edit` 和 `Insert` 页面动作，因为如前所述，编辑功能是直接提供的。它的一个例子如图 42-7 所示。

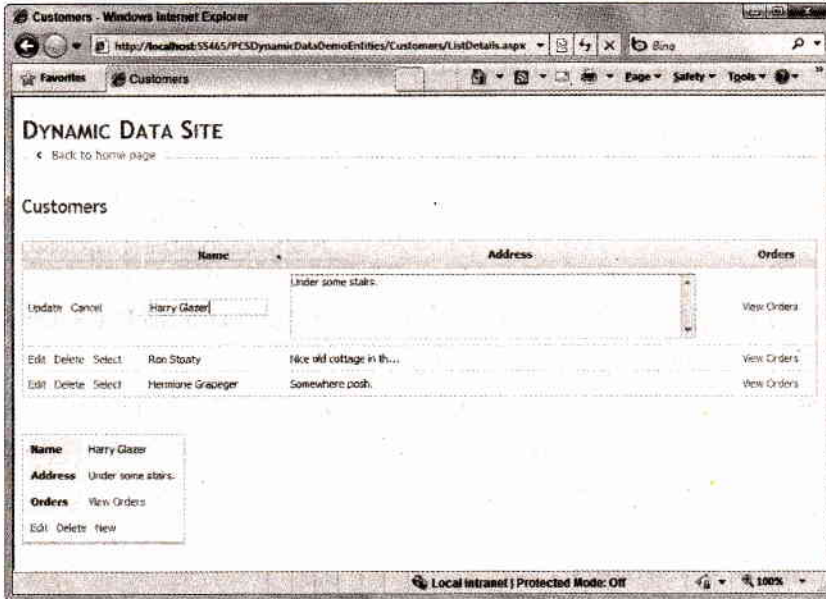


图 42-7

### 42.2.3 进一步开发

本节仅涉及使用动态数据的皮毛。把自定义代码和所提供的架构合并起来，能实现很多功能。使用架构可以极大地减少访问数据的工作量，开发人员就可以集中精力考虑网站的其他方面。关于这个主题的深入探讨有许多资源，希望本节为读者提供了足够的信息，使读者可以开始使用动态数据，知道其优点和可能的用法。

## 42.3 MVC

网站开发在继续演变，令人激动的新方法层出不穷。最近开发的一个激动人心的新方法是网站的 MVC(Model-View-Controller 模型-视图-控制器)体系结构模式。这不是一种新模式——实际上这个概念至少已有 30 年的历史了。但是，它长时间以来没有用在 Web 站点中，并且(对于本章的上下文比较重要)在 .NET 4 中才与 .NET Framework 集成起来。 .NET 4 中包含的版本是 ASP.NET MVC 2，这个名称暗示，ASP.NET MVC 已经出现一段时间了，尽管在 .NET 4 之前单独下载它。

在介绍 MVC 的 ASP.NET 专用实现方式之前，先解释一下 MVC 的含义以及其用途。本节内容如下：

- MVC 的含义
- ASP.NET MVC 的含义
- 如何构建和定制基于 ASP.NET MVC 的网站

### 42.3.1 MVC 的含义

MVC 是一种编程方式，它把代码分为 3 个不同的部分：模型、视图和控制器。这不是 Web 特有的概念，而可以应用于涉及用户交互的任意系统。这些术语的定义如下：

- **模型**——表示应用程序的数据或状态的代码。注意这不包括数据存储，例如，是否包含某数据是数据库的工作。但是，它封装了数据的所有操作，包括业务逻辑，如验证规则。它还包含与底层数据库交互操作所需的代码(如果存在底层数据存储)。
- **视图**——视图是用户界面，它给用户供模型，允许用户在模型上执行操作。在视图和模型之间不必是一对一关系，给定的模型可以通过多个视图可视化。对模型的任意改变都应通过所关联视图中的变化反映出来。
- **控制器**——负责在模型和视图之间斡旋。用户在视图上执行操作时，控制器会响应该操作，根据需要，还通过与模型直接交互，把该操作传递给模型。

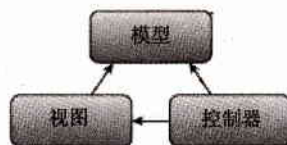


图 42-8

这 3 部分的关系如图 42-8 所示。

控制器可以访问视图和模型，因为它必须在模型和视图之间斡旋。因为视图必须呈现模型中的信息，并反映模型中的变化，所以它也需要模型的访问权限。

以这种方式编程有许多优点。第一个也是最明显的优点是，它清晰地区分了应用程序不同单元的功能。假定这些部分之间直接存在明确定义的合同，那么甚至可以独立地开发这些单元。这意味着，MVC 应用程序非常适用于许多开发人员同时开发一个项目的情况。

另一个优点是单元测试变得非常简单，因为每个部分可以在需要时进行独立的单元测试。有用户界面的应用程序很难测试，因为很难或不可能设计出准确模拟用户操作的测试，用户界面的自动化也是一个很大的挑战。因为 MVC 通过控制器准确地定义了用户可能执行的操作，所以可以肯定，如果这些控制器进行了充分的测试，就不会出问题。毕竟，视图只能与控制器交互，且其方式与任何其他客户端代码和控制器(包括测试代码)的交互方式相同。

MVC 的主要缺点是复杂性有所上升，而且要编写的代码可能较多。对于小型应用程序，这可能不太理想，它肯定会增加开发时间。另外，较难使用适合于应用程序的主要技术提供的所有特性。例如，当这种技术与 ASP.NET 一起使用时，就会看到，不能使用基于事件的用户交互和视图状态。

### 42.3.2 ASP.NET MVC 的含义

ASP.NET MVC 把 MVC 的原则应用于 ASP.NET 开发环境。这表示，ASP.NET 页面和控件用作视图，.NET 类用于控制器，数据架构(如 LINQ to SQL 或 ADO.NET Entity Framework)用于模型。

如果愿意，现在就可以停止阅读下去，并开始使用 ASP.NET 编写 MVC 网站。但是，.NET 4 中尤其令人激动的是，.NET 4 包含了 MVC 模式的完整实现，它支持的许多类可以处理许多管道(用于连接对象)和框架(减少重复或样板代码)。这就是 ASP.NET MVC 2 架构。

了解该架构提供了什么功能的最佳方式是构建一个应用程序(或者查看本章可下载代码对应的版本)。

### 42.3.3 简单的 ASP.NET MVC 应用程序

本节将使用本章前面介绍的 MagicShop.mdf 数据库构建一个 ASP.NET MVC 应用程序。在这个过程中，我们将讨论负责处理模型、视图和控制器的代码，它们是如何合并起来的，之后添加一些额外的定制。

## 1. 创建应用程序

首先创建一个新项目，在 Visual Studio 中选择 File | New | Project 菜单项，再选择 ASP.NET MVC 2 Web Application 模板，把项目命名为 PCSMNCMagicShop，把它保存在 C:\ProcSharp\Chapter42 目录下。虽然此时提示用户是否同时创建单元测试应用程序，但现在不选择这个选项(单元测试超出了本章的范围)。



注意，如果使用 File | New | Web Site 菜单项，就没有用于 ASP.NET MVC 的模板。ASP.NET MVC 应用程序必须是 Web 应用程序，不是 Web 站点，因为它们需要在部署前完全编译站点，才能工作。这是由于构成 ASP.NET MVC 应用程序的模块需要相互连接，且视图是动态生成的。

## 2. 查看应用程序

向导完成后，注意 Visual Studio 会自动创建许多目录和文件，如表 42-2 所示。

表 42-2

项	描 述
Content 目录	这个目录与动态数据网站的 Content 目录一样，也用于保存应用程序使用的图像和其他杂项资源。最初它包含 Web 应用程序使用的 CSS 文件 Site.css
Controllers 目录	这个目录包含站点使用的控制器类。模板包括两个用于开始工作的控制器 HomeController 和 AccountController
Models 目录	这个目录最初是空的，其中应放置模型。例如，可以添加 LINQ to SQL 类、ADO.NET Entity Framework 类，或者适合放在这里的任何自定义类
Scripts 目录	这个目录包含应用程序使用的脚本文件，如 JavaScript 文件。这里默认包含许多 JavaScript 文件，包括 Microsoft jquery 库和 AJAX 库需要的 JavaScript 文件
Views 目录	这个目录包含应用程序的视图，即 ASP.NET Web 窗体和用户控件。因为每个控制器都有自己的视图子目录，所以该目录默认包含 Home 和 Account 子目录的内容。其中还有一个 Shared 目录，它包含了通用视图和母版页，包括站点的默认母版页 Site.Master。这个目录还有一个 Web.config 文件，它配置为禁止直接访问视图文件
Global.asax	包含在应用程序根目录下的 Global.asax 文件(及其代码隐藏文件)会建立如本章前面所述的路由。ASP.NET MVC 在 RouteCollection 类上定义了扩展方法，以便于以它需要的方式添加路由
Web.config	这个配置文件引用 ASP.NET MVC 需要的所有额外资源，包括必要的程序集。它还配置 HTTP 处理程序，该程序用于根据所请求的路由路径动态地生成视图，并(根据项目模板)配置基于窗体的身份验证

此时可以运行应用程序，查看运行结果。这是一个功能非常全面的主页，还包括一个 About 页面和系统注册/登录。但是，如果尝试修改页面上的内容，就很容易了解该应用程序的工作方式。

## 3. 添加模型

根据要达到的目标的不同，添加模型、视图和控制器代码的顺序也不同。但一般先添加模型，

尤其是要访问数据库中的数据时，更应添加模型。如果先添加模型，可以从一开始就访问强类型化的模型类，ASP.NET MVC 向导可以使用模型类型信息自动生成许多必要的框架搭建代码。

在这个示例中，要使用本章前面介绍的 MagicShop.mdf 数据库。因为示例代码是 Web 应用程序，而不是 Web 站点，所以不能仅把这个文件复制到 App\_Data 目录下，而必须右击该目录，选择 Add | Existing Item 菜单项，找到该数据库文件，再单击 Add 按钮，把它添加到 App\_Data 目录中。或者通过 Visual Studio 构建一个数据库，连接到另一个数据库，或者选择一个完全不同的数据源。

一旦有了数据源，就可以使用自己喜欢的技术添加模型。这包括使用 LINQ to SQL 类、ADO.NET Entity Data Model，或者从头设计的自定义类。无论使用什么方法，都应把代码放在应用程序的 Models 文件夹中。简单起见，右击 Models 目录，选择 Add | New Item 菜单项，添加 ADO.NET Entity Data Model，其名称是 MagicShop。这个模板位于 Data 模板部分。因为有了数据源后，向导中的大多数默认设置就已经配置好了，所以只需选择要建模的表(所有表)。

添加模型代码后，在继续前必须构建解决方案，从而使后续的向导能够识别新代码。

#### 4. 添加控制器

要给新模型添加控制器，可以使用 ASP.NET MVC Add Controller 向导。要访问这个向导，可以右击 Controllers 文件夹，选择 Add New Controller 菜单项。

在 MagicShop 数据库中为产品添加一个控制器，命名为 ProductsController，如图 42-9 所示，确保选中如图 42-9 所示的复选框。

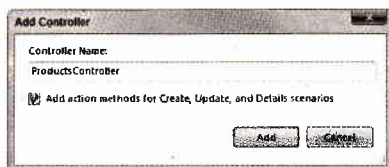


图 42-9

所添加的控制器包含几个方法，每个方法都返回一个 ActionResult。这些方法封装了用户(或其他代码)可以执行的操作，通过 URL 并使用路由技术(详见 42.3.4 节)提供每个方法。向导添加的方法如表 42-3 所示。

表 42-3

方 法	描 述
Index()	这是控制器的默认操作，如果没有指定其他方法，该方法确定使用哪些视图。例如，第一次显示视图时要显示什么内容。对于产品控制器，希望视图显示一个产品列表
Create()	为创建新项添加两个方法。第一个方法不带参数，在触发添加新项(也许单击了 Add new item 链接)的请求时使用。第二个方法负责实际添加项
Details()	这个方法负责显示单项的详细视图
Edit()	有两个编辑方法，这与两个创建方法相同。第一个方法接收一个 ID 值，并开始编辑已有的特定项。第二个方法接收两个参数，一个是 ID，另一个参数指定要修改的值

注意，添加的这些方法都没有实现代码，我们需要添加实现代码，后面各节讲述如何实现这些方法。



### 5. 添加索引操作

要实现的最简单的控制器方法是 Index()。这个方法只需根据项的集合返回一个视图。这需要在代码中引用模型，并编写获取和返回视图的代码，如下所示：



```
using PCSMVMagicShop.Models;

namespace PCSMVMagicShop.Controllers
{
    public class ProductsController : Controller
    {
        private MagicShopEntities entities = new MagicShopEntities();

        public ActionResult Index()
        {
            return View(entities.Products.ToList());
        }
        ...
    }
}
```

代码段 PCSMVMagicShop/Controllers/ProductsController.cs

这段代码告诉 ASP.NET MVC 框架，为 Products 项的集合(即 IEnumerable<Product>实例)构建一个视图。为此，必须创建一个合适的视图。

### 6. 添加产品视图

添加视图并不像听上去那么困难。实际上，ASP.NET MVC 包含一个向导，该向导可以创建许多简单的视图。

为了使用这个向导，只需右击返回视图的方法，从上下文菜单中选择 Add View 命令，如图 42-10 所示。

这会打开 Add View 向导，通过它可以定制要添加的视图。在这个例子中，可以用默认值 Index 作为视图名称，但应为数据模型类类型选择一个强类型化视图，并把 View content 改为 List，如图 42-11 所示。



图 42-10

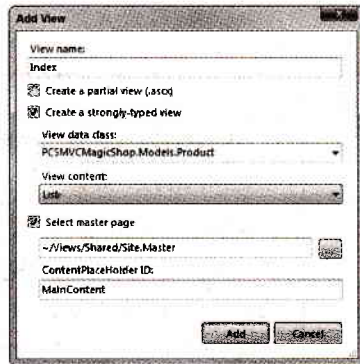


图 42-11

这个向导在 Views 文件夹中添加了一个新文件夹 Products 和一个 Web 窗体 Index.aspx。添加到视图中的代码如下所示：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

<%@ Page Title="" Language="C#" MasterPageFile="~/Views/Shared/Site.Master"
    Inherits="System.Web.Mvc.ViewPage<IEnumerable<PCSMVMagicShop.Models.Product>>" %>
<asp:Content ID="Content1" ContentPlaceHolderID="TitleContent" runat="server">
    Index
</asp:Content>
<asp:Content ID="Content2" ContentPlaceHolderID="MainContent" runat="server">
    <h2>
        Index</h2>
    <table>
        <tr>
            <th>
            </th>
            <th>
                ProductId
            </th>
            <th>
                Name
            </th>
            <th>
                Description
            </th>
            <th>
                Cost
            </th>
        </tr>
        <% foreach (var item in Model)
            { %>
            <tr>
                <td>
                    <%= Html.ActionLink("Edit", "Edit", new { id=item.ProductId }) %>
                    |
                    <%= Html.ActionLink("Details", "Details", new { id=item.ProductId }) %>
                </td>
                <td>
                    <%= Html.Encode(item.ProductId) %>
                </td>
                <td>
                    <%= Html.Encode(item.Name) %>
                </td>
                <td>
                    <%= Html.Encode(item.Description) %>
                </td>
                <td>
                    <%= Html.Encode(String.Format("{0:F}", item.Cost)) %>
                </td>
            </tr>
            <% } %>
        </table>
        <p>
            <%= Html.ActionLink("Create New", "Create") %>
        </p>
    </asp:Content>

```

代码段 PCSMVMagicShop/Views/Products/Index.aspx

这个视图没有代码隐藏文件，它继承了 `System.Web.Mvc` 名称空间中的 ASP.NET MVC 泛型基类 `ViewPage<>`。所使用的泛型参数是 `IEnumerable<Product>`。

这段代码一目了然，但一些特性需要注意。首先，Web 窗体使用站点母版页，并填充内容区域。其次，ASP.NET MVC 架构使用模型类型信息，根据可用的属性智能地填充视图，包括输出多项信息循环结构。最后，使用几个辅助方法输出模型信息，添加动作链接。其中一个动作链接通过导航到合适的 URL 上，来调用一个控制器方法(详见 42.3.4 节)。

可以随意编辑这个视图。例如，在这个应用程序中，因为其实不需要提供 `ProductId` 值，所以可以删除下面的部分：

```
<th>
    ProductId
</th>
```

和

```
<td>
    <%= Html.Encode(item.ProductId) %>
</td>
```

不必担心，这不会破坏视图中的任何内容。

## 7. 测试产品视图的功能

现在该测试视图是否工作了。构建应用程序并运行它(出现提示时启用调试功能)。我们还没有添加给新视图提供链接的任何代码，但这不是个问题，因为所有管道都设置好了。看到主页时，手工编辑 URL，方法是把 `Products` 添加到最后面，并导航到该页面。显示器应更新为如图 42-12 所示的内容。

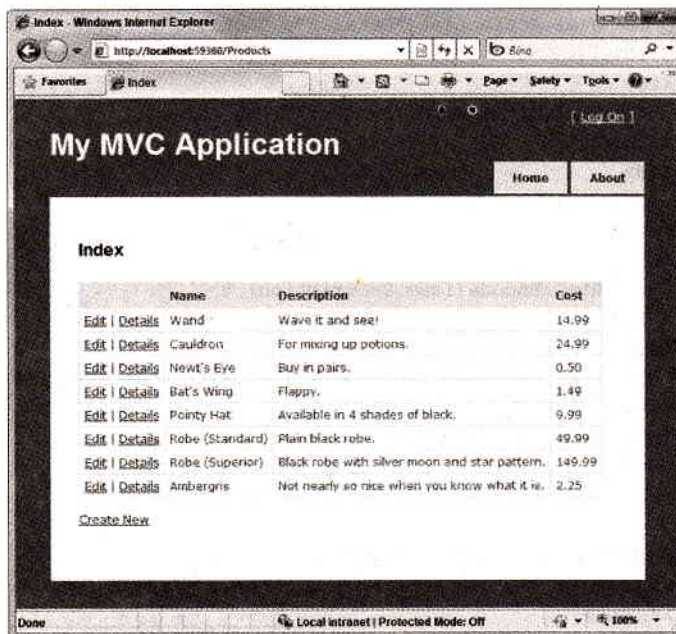


图 42-12

这样就实现了列表视图，而且工作量最少。

注意所提供的链接还没有激活。例如，如果尝试单击第一个 Details 链接，页面就会导航到 <http://localhost:59360/Products/Details/1>，并接收到如下错误消息：

```
The view 'Details' or its master was not found. The following locations were searched:
~/Views/Products/Details.aspx
~/Views/Products/Details.ascx
~/Views/Shared/Details.aspx
~/Views/Shared/Details.ascx
```

这段代码的作用是，视图提供一个 URL，该 URL 映射到 ProductsController 中的 Details() 方法上，而这个方法还没有配置。可以在这个方法中放置一个断点，并刷新页面，来确认这一点。这个方法当前调用无参数的 View() 方法，并返回一个 ActionResult，因为 View() 方法没有定义关联的视图，所以出错。

### 42.3.4 定制 ASP.NET MVC 应用程序

现在有了一个可以运行的 ASP.NET MVC 应用程序，尽管它肯定不是“功能齐全”的。此时，应用程序仅创建了一个简单的产品列表视图，但如上一节末尾所述，还需要其他视图，才能使应用程序正常工作。另外，因为通过手工输入 URL 来导航到产品列表肯定不是 Web 站点导航的好方法，所以也需要修改。

本节将详细讨论 URL 如何映射到控制器操作上，接着修改 Web 应用程序 PCSMVCMagicShop，为 Products 页面添加辅助功能。

#### 1. URL 操作路由

如前所述，应用程序中的 Global.asax 文件配置了路由。这个文件的代码隐藏的内容如下所示：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
public class MvcApplication : System.Web.HttpApplication
{
    public static void RegisterRoutes(RouteCollection routes)
    {
        routes.IgnoreRoute("{resource}.axd/{*pathInfo}");

        routes.MapRoute(
            "Default", // Route name
            "{controller}/{action}/{id}", // URL with parameters
            new { controller = "Home", action = "Index", id = "" } // Parameter defaults
        );
    }

    protected void Application_Start()
    {
        RegisterRoutes(RouteTable.Routes);
    }
}
```

代码段 PCSMVCMagicShop/Global.asax.cs

这段代码看起来很熟悉，参见 42.1 节。IgnoreRoute() 和 MapRoute() 方法是 ASP.NET MVC 定义的扩展方法，以便于定制路由。

这段代码只定义了一个默认路由，其形式是 {Controller}/{action}/{id}。还给 3 个路由参数 controller、action 和 id 提供了默认值 Home、Index 和空字符串。对于用于进入产品列表的/Products 路由，这 3 个参数分别设置为 Products、Index 和空字符串。

现在，一切应步入正轨了。在开始测试前，添加一个控制器 ProductsController，它有一个命名为 Index() 的方法，目前它是默认的控制方法。目前可以推断出，输入 URL 时会发生什么：

- (1) 路由系统解释输入的 URL，给前面提到的 controller、action 和 id 赋值。
- (2) ASP.NET MVC 搜索并找到用于 Products 的控制器(注意 URL 不必是/ProductsController，会自动添加 Controller 后缀)。
- (3) ASP.NET MVC 搜索并再次找到 Index 动作，它是 ProductsController 类中的 Index() 方法。
- (4) 调用 Index() 方法时，ASP.NET MVC 搜索并找到 Products 视图文件夹中的视图，它可以显示 Products 对象集合。
- (5) ASP.NET 呈显视图。

同样，以后尝试查看某项的细节时，会先解释 URL 路由/Products/Details/1，再定位对应的方法 Details()。这里的最后一个形参作为实参传递给 Details() 方法，尽管此时似乎有点问题，因为该方法还没有实现，也没有可用的视图。

这个路由行为和 URL 直接映射到控制器方法上的方式，是理解 ASP.NET MVC 的关键。它表示，从给定的 URL 到代码有一条直接的路由，当然，代码执行什么操作完全取决于我们。因此“简单的”操作，如列出产品，仅是一个开始，我们可以用相同的构想方式编写任意动作。

然而，还必须考虑其他含义。实际上可以直接给用户代码以及传递给代码的参数。这表示，防备性的代码是最基本的，因为谁知道方法会从手工输入的 URL 中接收什么参数。

## 2. 动作链接

知道 URL 如何映射到动作上后，就应查看如何在应用程序中包含链接。可以在站点中硬编码链接，例如，要进入前面添加的 Products 页面，可以使用下面的代码：

```
<asp:HyperLink runat="server" NavigateUrl="~/Products">Products</asp:HyperLink>
```

但是，这个链接假定站点的结构不一定是一成不变的。如果在某一时刻改变了路由规范，这个链接就无效。

本章前面提到，ASP.NET 路由系统允许根据路由参数动态地生成链接。同样，ASP.NET MVC 允许根据控制器、动作、需要使用的其他值以及要显示的文本，生成链接。这可以通过 Html.ActionLink() 扩展方法来实现，根据要达到的目标，该方法有许多重载版本。

例如，如果查看 Views\Shared 文件夹中的母版页 Site.Master，就会看到下述定义站点菜单的代码：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
<div id="menucontainer">
  <ul id="menu">
    <li><%= Html.ActionLink("Home", "Index", "Home")%></li>
    <li><%= Html.ActionLink("About", "About", "Home")%></li>
  </ul>
</div>
```

代码段 PCSMVCMagicShop/Views/Shared/Site.Master

这里使用的重载版本有 3 个字符串参数 `linkText`、`actionName` 和 `controllerName`。第一个参数指定要显示的文本，另外两个参数指定要使用的动作和控制器。例如，上述代码段中的第一个调用映射到 `HomeController` 控制器类的 `Index()` 方法上。

用默认的路由设置进行呈现时，这些 `ActionLink()` 调用会输出如下 HTML：

```
<div id="menucontainer">
  <ul id="menu">
    <li><a href="/"> Home</a></li>
    <li><a href="/Home/About">About</a></li>
  </ul>
</div>
```

知道了 URL 如何映射到控制器方法上，以及如何在 `Global.asax` 中为路由设置默认值，这很有意义。另外优点是，如果路由改变了，也不必自己设计这些链接或重写它们。

为了以相同的方式给产品列表页面添加链接，应给母版页添加如下代码：



```
<div id="menucontainer">
  <ul id="menu">
    <li><%= Html.ActionLink("Home", "Index", "Home") %></li>
    <li><%= Html.ActionLink("About", "About", "Home") %></li>
    <li><%= Html.ActionLink("Products", "Index", "Products") %></li>
  </ul>
</div>
```

代码段 PCSMVCMagicShop/Views/Shared/Site.Master

`ActionLink()` 的各种重载版本允许执行其他操作，如把参数传送给控制器方法。在前面创建的产品列表视图中，用如下代码呈现编辑项链接：



```
<%= Html.ActionLink("Edit", "Edit", new { id=item.ProductId }) %>
```

代码段 PCSMVCMagicShop/Views/Products/Index.aspx

这个重载版本使用 `linkText`、`actionName` 和 `routeValues` 参数(当前控制器的默认控制器名称)。在这个例子中，使用一个路由值 `id`，它映射到 `ProductsController` 类中的 `Edit()` 方法的 `id` 形参上。这个调用会呈现链接，如下面的示例 HTML 所示：

```
<a href="/Products/Edit/1"> Edit </a>
```

### 3. 用 `Details()` 查看数据项

用户单击应用程序中的 `Details` 链接时，会请求 `ProductsController` 类中的 `Details()` 动作方法。这会执行该方法，并作为形参传递产品 ID。我们只需定位所请求的产品，如果该产品存在，就返回一个新视图，如下所示：

```
public ActionResult Details(int id)
{
    var product = (from e in entities.Products
                  where e.ProductId == id
                  select e).FirstOrDefault();
```

```
if (product != null)
{
    return View(product);
}
else
{
    return RedirectToAction("Index");
}
}
```

如果没有找到该产品，就使用 RedirectToAction()方法，顾名思义，这个方法把用户重定向到另一个视图上，在本例中是 Index 视图。

要添加新视图，应右击 Details()方法，与以前一样，再单击 Add View 菜单项。这次给 Product 类创建一个强类型化的视图，包含 Details 视图的内容，如图 42-13 所示。

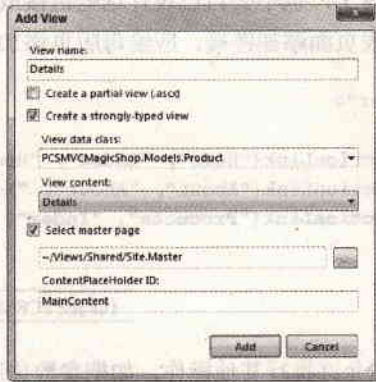


图 42-13

现在运行应用程序时，就可以通过上一节添加的 Products 菜单项导航到产品列表上，并查看任意项的细节，如图 42-14 所示。

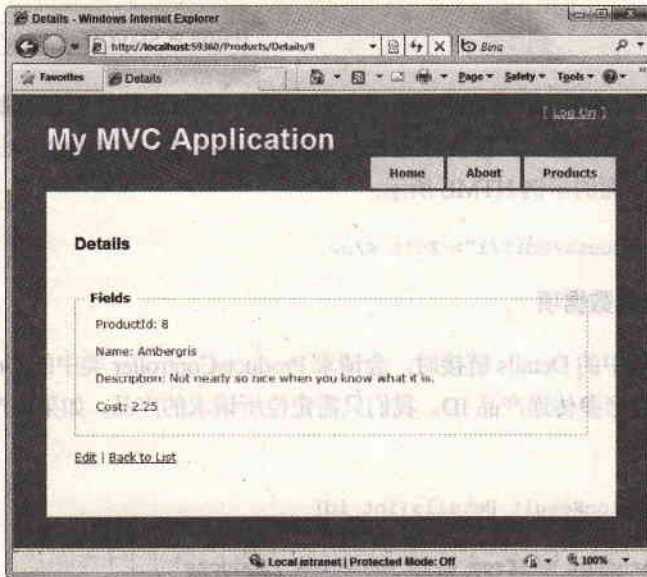


图 42-14

如果把 URL 手工编辑为某个不存在产品的 ID，就把用户重定向到产品清单上。

#### 4. 用 Create()添加数据项

创建新数据项有两个关联的动作，它们在代码中的定义如下：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
public ActionResult Create()
{
    return View();
}
[AcceptVerbs(HttpVerbs.Post)]
public ActionResult Create(FormCollection collection)
{
    try
    {
        // TODO: Add insert logic here

        return RedirectToAction("Index");
    }
    catch
    {
        return View();
    }
}
```

代码段 PCSMVCMagicShop/Controllers/ProductsController.cs

第一个动作没有参数，仅重定向到创建视图上，该视图可以用与其他视图相同的方式添加(在 Add View 向导中把 View content 值设置为 Create)。第二个动作用于在数据源中创建一个新项，我们必须自己实现这个动作。

注意 Create()方法的第二个重载版本包含一个 AcceptVerbs 特性。它限制了用于 POST 的 HTTP 动词，在创建数据项时，如果要提交的信息比用于 GET 请求的 URL 包含的信息多，这就是有意义的。

为第一个 Create()方法创建的视图包含如下自动生成的代码：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
<asp:Content ID="Content2" ContentPlaceHolderID="MainContent" runat="server">
<h2>
    Create</h2>
<%= Html.ValidationSummary(
    "Create was unsuccessful. Please correct the errors and try again.") %>
<% using (Html.BeginForm())
    {%>
<fieldset>
    <legend>Fields</legend>
    <p>
        <label for="ProductId">
            ProductId: </label>
        <%= Html.TextBox("ProductId") %>
        <%= Html.ValidationMessage("ProductId", "*") %>
    </p>
    <p>
        <label for="Name">
            Name:</label>
        <%= Html.TextBox("Name") %>
        <%= Html.ValidationMessage("Name", "*") %>
    </p>
    </asp:Content>
```



```

</p>
<p>
  <label for="Description">
    Description: </label>
    <%= Html.TextBox("Description") %>
    <%= Html.ValidationMessage("Description", "**") %>
  </p>
<p>
  <label for="Cost">
    Cost: </label>
    <%= Html.TextBox("Cost") %>
    <%= Html.ValidationMessage("Cost", "**") %>
  </p>
<p>
  <input type="submit" value="Create" />
</p>
</fieldset>
<% ) %>
<div>
  <%=Html.ActionLink("Back to List", "Index") %>
</div>
</asp:Content>

```

代码段 PCSMVCMagicShop/Views/Products/Create.aspx

这里包含几个辅助方法，以创建和编辑窗体。这里再次说明了如何询问数据模型来提取字段要使用的信息和需要的验证。窗体本身包含在下面的代码块中：

```

using (Html.BeginForm())
{
  ...
}

```

这个辅助方法创建了一个窗体，该窗体使用标准的 HTML `<input type="submit" />` 控件提交，使窗体值传递给动作方法。接着访问这些值，以便添加一个新数据项。

可以删除下面的代码段，以删除用于产品 ID 的文本框，因为这是自动生成的：

```

<p>
  <label for="ProductId">
    ProductId: </label>
    <%= Html.TextBox("ProductId") %>
    <%= Html.ValidationMessage("ProductId", "**") %>
  </p>

```

添加数据项所需的代码如下所示：

```

[AcceptVerbs(HttpVerbs.Post)]
public ActionResult Create([Bind(Exclude = "ProductId")] Product productToCreate)
{
  try
  {
    if (!ModelState.IsValid)
    {
      return View();
    }
  }
}

```



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

        entities.AddToProducts(productToCreate);
        entities.SaveChanges();
        return RedirectToAction("Index");
    }
    catch
    {
        return View();
    }
}

```

代码段 PCSMVCMagicShop/Controllers/ProductsController.cs

这段代码需要注意几点。第一，可以修改方法签名，以便接受一个强类型化的 `Product` 值。这比遍历一个窗体值集合简单，但为了便于操作，需要排除 `ProductId` 字段，因为不能传递它的值。`Bind` 特性可以达到这个目的。

其次，注意 `ModelState.IsValid` 属性用于检查传递给方法的模型是否有效，如果无效，方法就仅返回无参数的创建视图。此时，会显示验证汇总和验证错误，如图 42-15 所示。

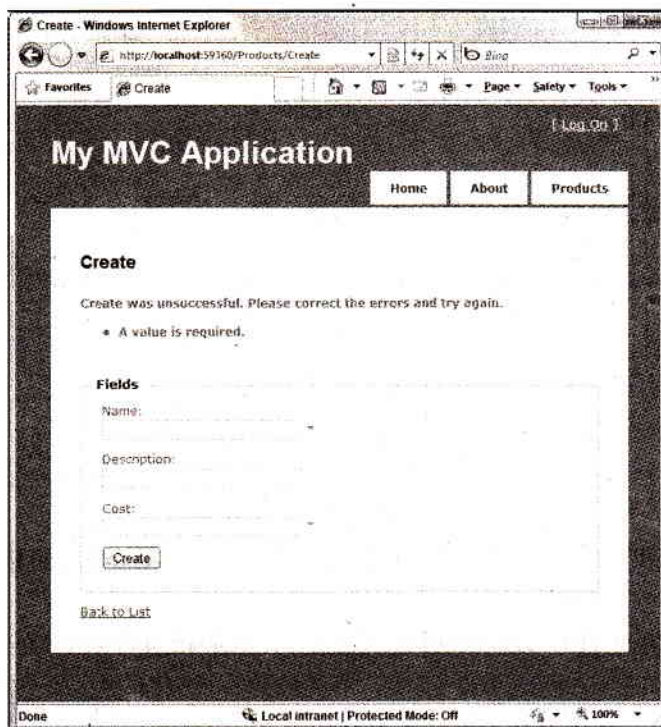


图 42-15

如果没有错误，就通过 ADO.NET Entity Framework 定义的 `AddToProducts()` 方法添加新数据项，并把页面重定向到列表视图上，如下所示：

```

        entities.AddToProducts(productToCreate);
        entities.SaveChanges();
        return RedirectToAction("Index");
    }
}

```

这里要注意的一个要点是，验证可以通过本章前面介绍的数据注解来控制。大多数默认验证都自动来自于数据库中的数据约束，但可以改变这个行为。例如，可以用下面两个类限制产品名称的

字符数:



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
using System.ComponentModel.DataAnnotations;

namespace PCSMVCMagicShop.Models
{
    [MetadataType(typeof(ProductMetadata))]
    public partial class Product
    {
    }
}
```

代码段 PCSMVCMagicShop/Models/Product.cs



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
using System.ComponentModel.DataAnnotations;

namespace PCSMVCMagicShop.Models
{
    public class ProductMetadata
    {
        [StringLength(20)]
        public object Name { get; set; }
    }
}
```

代码段 PCSMVCMagicShop/Models/ProductMetadata.cs

这段代码会验证数据，如图 42-16 所示。

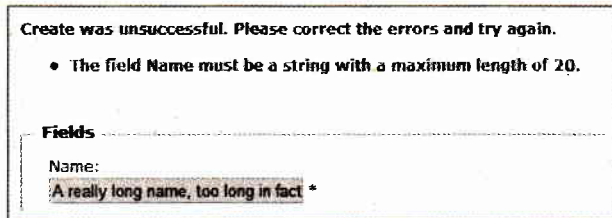


图 42-16

显然，在控制器中需要使用的代码实质上是当前使用的模型，这个选项可能并不总是可用，但在正确的场合下使用会非常有效。

也可以编辑所创建的视图，以提供更有意义的文本，但前面创建的框架适合于大多数需求。在这个例子中，可以改变窗体的标题和验证消息，并为数据项描述提供更大的空间。

### 5. 用 Edit()方法编辑数据项

编辑数据项使用的代码非常类似于创建新数据项，这里不再具体说明如何编辑数据项，而只看控制器中的代码：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
public ActionResult Edit(int id)
{
    var productToEdit = (from p in entities.Products
                        where p.ProductId == id
                        select p).First();

    return View(productToEdit);
}
```

```

    }

    [AcceptVerbs (HttpVerbs.Post)]
    public ActionResult Edit(Product productToEdit)
    {
        try
        {
            var originalProduct = (from p in entities.Products
                                   where p.ProductId == productToEdit.ProductId
                                   select p).First();

            if (!ModelState.IsValid)
            {
                return View(originalProduct);
            }

            entities.ApplyCurrentValues(originalProduct.EntityKey.EntitySetName,
                                       productToEdit);

            entities.SaveChanges();

            return RedirectToAction("Index");
        }
        catch
        {
            return View();
        }
    }
}

```

代码段 PCSMVCMagicShop/Controllers/ProductsController.cs

这次需要实现 Edit() 方法的两个重载版本。第一个版本从 ID 值中获取一个 Product 项，第二个版本使用标准的 ADO.NET Entity Framework 代码更新该项。

注意，因为这次在 Create() 方法的第二个重载版本中需要产品 ID，所以不能像细节视图和创建视图那样，在编辑视图中删除为 ProductId 字段自动生成的 HTML。另外，为了禁止编辑该字段，可以把它包含为一个隐藏字段，如下所示：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

<fieldset>
  <legend> Fields </legend>
  <%= Html.Hidden("ProductId", Model.ProductId) %>

```

代码段 PCSMVCMagicShop/Views/Products/Edit.aspx

这将确保该字段会正确传送给动作方法。

### 42.3.5 进一步开发

与动态数据网站一样，本章仅简要介绍了 ASP.NET MVC，它还有更多的内容值得关注，包括：

- 添加自己的动作
- 自定义动作返回类型
- 单元测试控制器
- 自定义 HTML 辅助方法

如果对此感兴趣，首先应关注 ASP.NET MVC 网站 <http://asp.net/mvc>，其中包含教程、示例和进

一步研究这种令人激动的新技术所需的所有内容。互联网上还有许多其他很好的资源，包括 Scott Guthrie 的博客 <http://weblogs.asp.net/scottgu>。Scott 还和 ASP.NET MVC 方面的权威作者 Rob Conery、Scott Hanselman、Phil Haack 为 Wrox 编写一本很好的书 *Professional ASP.NET MVC 1.0*(ISBN: 9780470384611)。尽管这本书仅涵盖 ASP.NET MVC 的 1.0 版本，但仍值得一读，希望 ASP.NET MVC 2 的更新版本不久就会面世。

## 42.4 小结

本章完成了 ASP.NET 之旅，介绍了这种语言和建立在该架构上的工具的某些最新内容，这些新增内容使 ASP.NET 成为 Web 开发的一种令人激动的方式。

本章首先介绍了路由如何使友好的 URL 更容易实现，如何控制路由，以用户希望的方式调整 URL 映射。

接着讨论了如何创建动态数据网站，提供数据与强大的前端 ASP.NET UI 之间的无缝集成。这种技术默认情况下提供非常多的代码，有时让人感觉是网站自己编写自己。我们还论述了动态数据站点支持的两个不同的数据访问方法——LINQ to SQL 和 ADO.NET Entity Framework，以及如何定制框架，从而使站点以希望的方式工作。

最后探讨了使用 ASP.NET 的最新(也许是最先进的)Web 技术：ASP.NET MVC 2 架构。它提供了一个健壮的结构，非常适用于需要合理单元测试的大型应用程序。它很容易提供高级功能，且工作量最小，这个架构提供了逻辑结构，把功能分隔开，使代码容易理解和维护。

下一章将学习 Windows Communication Foundation，它允许以灵活、安全的方式在应用程序之间进行远程调用。它是许多 Web 开发的基础，因为我们常常要为 Web 应用程序从不同的源中提取数据，而不是像本章这样就地包含数据库。

# 第VI部分

## 通 信

---

- 第 43 章 WCF
- 第 44 章 Windows WF 4
- 第 45 章 对等网络
- 第 46 章 消息队列
- 第 47 章 Syndication

# 第 43 章

## WCF

本章内容:

- WCF 概述
- 简单的服务和客户端
- 服务、操作、数据和消息协定
- 服务的实现
- 给通信使用绑定
- 服务的不同宿主选项
- 通过服务引用和编程方式创建客户端
- 双工通信

在 .NET 3.0 推出之前, 一个企业解决方案需要几种通信技术。对于独立于平台的通信, 则使用 ASP.NET Web 服务。对于比较高级的 Web 服务——可靠性、独立于平台的安全性和原子事务等技术——Web Services Enhancements 增加了 ASP.NET Web 服务的复杂性。如果要求通信比较快, 客户和服务都是 .NET 应用程序, 就应使用 .NET Remoting 技术。 .NET Enterprise Services 支持自动事务处理, 它默认使用 DCOM 协议, 比用 .NET Remoting 快。 DCOM 也是允许传递事务的唯一协议。所有这些技术都有不同的编程模型, 这些模型都需要开发人员有许多技巧。

.NET Framework 3.0 引入了一种的通信技术 WCF, 它包含上述技术的所有功能, 把它们合并到一个编程模型中: Windows Communication Foundation(WCF)。

### 43.1 WCF 概述

WCF 合并了 ASP.NET Web 服务、.NET Remoting、消息队列和 Enterprise Services 的功能, WCF 的功能包括:

- **存储组件和服务**——与联合使用自定义主机、.NET Remoting 和 WSE 一样, 也可以将 WCF 服务存放在 ASP.NET 运行库、Windows 服务、COM+进程或 Windows 窗体应用程序中, 进行对等计算。
- **声明行为**——不要求派生自基类(这个要求存在于 .NET Remoting 和 Enterprise Services 中), 而可以使用属性定义服务。这类似于用 ASP.NET 开发的 Web 服务。

- **通信信道**——在改变通信信道方面，.NET Remoting 非常灵活，WCF 也不错，因为它提供了相同的灵活性。WCF 提供了用 HTTP、TCP 和 IPC 信道进行通信的多条信道。也可以创建使用不同传输协议的自定义信道。
- **安全结构**——为了实现独立于平台的 Web 服务，必须使用标准化的安全环境。所提出的标准用 WSE 3.0 实现，这在 WCF 中被继承下来。
- **可扩展性**——.NET Remoting 有丰富的扩展功能。它不仅能创建自定义信道、格式化程序和代理，还能将功能注入客户端和服务器上的消息流。WCF 提供了类似的可扩展性。但是，WCF 的扩展性用 SOAP 标题创建。
- **支持以前的技术**——要使用 WCF，根本不需要完全重写分布式解决方案，因为 WCF 可以与已有的技术集成。WCF 提供的信道使用 DCOM 与服务组件通信。用 ASP.NET 开发的 Web 服务也可以与 WCF 集成。

最终目标是通过进程或不同的系统、通过本地网络或通过 Internet 收发客户和服务之间的消息。如果需要以独立于平台的方式尽快收发消息，就应这么做。在远程视图上，服务提供了一个端点，它用协定、绑定和地址来描述。协定定义了服务提供的操作，绑定给出了协议和编码信息，地址是服务的位置。客户需要一个兼容的端点来访问服务。

图 43-1 显示了参与 WCF 通信的组件。

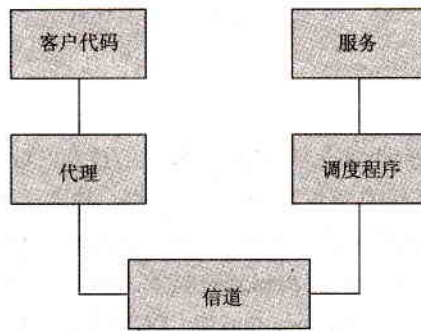


图 43-1

客户调用代理上的一个方法。代理提供了服务定义的方法，但把方法调用转换为一条消息，并把该消息传输到信道上。信道有一个客户端部分和一个服务器端部分，它们通过一个网络协议来通信。在信道上，把消息传递给调度程序，调度程序再把消息转换为用服务调用的方法调用。

WCF 支持几个通信协议。为了进行独立于平台的通信，需要支持 Web 服务标准。要在 .NET 应用程序之间通信，可以使用较快的通信协议，其系统开销较小。

下面几节介绍用于独立于平台的通信的核心服务的功能。

- **SOAP(Simple Object Access Protocol, 简单对象访问协议)**: 一个独立于平台的协议，它是几个 Web 服务规范的基础，支持安全性、事务、可靠性
- **WSDL(Web Services Description Language, Web 服务描述语言)**: 提供描述服务的元数据
- **REST(Representational State Transfer, 代表性状态传输)**: 由支持 REST 的 Web 服务用于在 HTTP 上通信
- **JSON(JavaScript Object Notation, JavaScript 对象标记)**: 便于在 JavaScript 客户端上使用



### 43.1.1 SOAP

为了进行独立于平台的通信，可以使用 SOAP 协议，它得到 WCF 的直接支持。SOAP 最初是 Simple Object Access Protocol 的缩写，但自从 SOAP 1.2 以来，就不再是这样了。SOAP 不再是一个对象访问协议，因为可以发送用 XML 架构定义的消息。

· 服务从客户中接收 SOAP 消息，并返回一条 SOAP 响应消息。SOAP 消息包含信封，信封包含标题和正文。

```
<s:Envelope xmlns:a="http://www.w3.org/2005/08/addressing"
  xmlns:s="http://www.w3.org/2003/05/soap-envelope">
  <s:Header>
  </s:Header>
  <s:Body>
    <ReserveRoom xmlns="http://www.wrox.com/ProcSharp/2010">
      <roomReservation
        xmlns:d4pl="http://schemas.datacontract.org/2009/10/Wrox.ProcSharp.WCF"
        xmlns:i="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance">
        <d4pl:RoomName> Hawelka </d4pl:RoomName>
        <d4pl:StartDate> 2010-06-21T08:00:00</d4pl:StartDate>
        <d4pl:EndDate>2010-06-21T14:00:00</d4pl:EndDate>
        <d4pl:Contact>Georg Danzer</d4pl:Contact>
        <d4pl:Event>White Horses</d4pl:Event>
      </roomReservation>
    </ReserveRoom>
  </s:Body>
</s:Envelope>
```

标题是可选的，可以包含寻址、安全性和事务信息。正文包含消息数据。

### 43.1.2 WSDL

WSDL(Web Services Description Language, Web 服务描述语言)文档描述了服务的操作和消息。WSDL 定义了服务的元数据，这些元数据可用于为客户端应用程序创建代理。

WSDL 包含如下信息：

- 消息的类型——用 XML 架构描述。
- 从服务中收发的消息——消息的各部分是用 XML 架构定义的类型。
- 端口类型——映射服务协定，列出了用服务协定定义的操作。操作包含消息，例如，与请求和响应序列一起使用的输入和输出消息。
- 绑定信息——包含用端口类型列出的操作和用 SOAP 变体定义的操作。
- 服务信息——把端口类型映射到端点地址。



在 WCF 中，WSDL 信息由 MEX(Metadata Exchange, 元数据交换)端点提供。

### 43.1.3 REST

WCF 还提供了使用 REST 进行通信的功能。REST 并不是一个协议，但定义了使用服务访问资

源的几条规则。支持 REST 的 Web 服务是基于 HTTP 协议和 REST 规则的简单服务。规则按 3 个类别来定义：可以用简单的 URI 访问的服务，支持 MIME 类型，以及使用不同的 HTTP 方法。支持 MIME 类型，就可以从服务中返回不同的数据格式，如普通 XML、JSON 或 AtomPub。HTTP 请求的 GET() 方法从服务中返回数据。其他方法有 PUT()、POST() 和 DELETE()。PUT() 方法用于更新服务端，POST() 方法可创建一个新资源，DELETE() 方法删除资源。

REST 允许给服务发送的请求比 SOAP 小。如果不需要 SOAP 提供的事务、安全消息(例如，安全通信仍可通过 HTTPS 进行)和可靠性，则利用 REST 构建的服务可以减小系统开销。

使用 REST 体系结构时，服务总是无状态的，服务的响应可以缓存。

#### 43.1.4 JSON

除了发送 SOAP 消息之外，从 JavaScript 中访问服务最好使用 JSON。NET 3.5 包含一个数据协定序列化程序，可以用 JSON 标记创建对象。

JSON 的系统开销比 SOAP 小，因为它不是 XML，而是为 JavaScript 客户端进行了优化。这使之非常适用于从 Ajax 客户端使用。Ajax 详见第 41 章。JSON 没有提供通过 SOAP 标题发送所具备的可靠性、安全性和事务功能，但这些通常是 JavaScript 客户端不需要的功能。

## 43.2 简单的服务和客户端

在详细介绍 WCF 之前，首先看一个简单的服务。该服务用于预订会议室。

要存储会议室预订信息，应使用一个简单的 SQL Server 数据库和 RoomReservation 表。可以从 www.wrox.com 和本书附赠光盘中找到这个数据库和本章的示例代码。

创建一个空白的解决方案 RoomReservation，在其中添加一个新的组件库项目 RoomReservationData。第一个实现的项目只包含访问数据库的代码。因为 ADO.NET Entity Framework 使数据库访问代码非常简单，所以这里使用这个 .NET 4 技术。



ADO.NET Entity Framework 详见第 31 章。

添加一个新项，即 ADO.NET Entity Data Model，把它命名为 RoomReservationModel.edmx。选择 RoomReservations 数据库，再选择 RoomReservations 表，创建一个实体数据模型。之后，在设计器上就可以看到 RoomReservation 实体，如图 43-2 所示。

这个设计器会创建一个 RoomReservation 实体类，它为表中的每一列和 RoomReservationSEnities 类包含属性。RoomReservation SEnities 类连接到数据库上，并用注册实体类，以获得所有变更通知。

要使用 ADO.NET Entity Framework 读写数据库中的数据，添加 RoomReservationData 类。ReserveRoom() 方法将一条会议室预订信息写入数据库。GetReservations() 方法从指定的数据范围内返回一个会议



图 43-2

室预订数组。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.Linq;

namespace Wrox.ProCSharp.WCF
{
    public class RoomReservationData
    {
        public void ReserveRoom(RoomReservation roomReservation)
        {
            using (var data = new RoomReservationsEntities())
            {
                data.RoomReservations.AddObject(roomReservation);
                data.SaveChanges();
            }
        }

        public RoomReservation[] GetReservations(DateTime fromDate,
            DateTime toDate)
        {
            using (var data = new RoomReservationsEntities())
            {
                return (from r in data.RoomReservations
                    where r.StartDate > fromDate && r.EndDate < toDate
                    select r).ToArray();
            }
        }
    }
}
```

代码段 RoomReservationData/RoomReservationData.cs

现在开始创建服务。

### 43.2.1 服务协定

在解决方案中添加一个 WCF Service Library 类型的新项目，把项目命名为 RoomReservationService。把生成的文件 IService1.cs 重命名为 IRoomService.cs，把 Service1.cs 重命名为 RoomReservation Service.cs。把生成的文件中的名称空间改为 Wrox.ProCSharp.WCF.Service。还需要引用 RoomReservationData 程序集，使实体类型和 RoomReservationData 类可用。

服务提供的操作可以通过接口来定义。IRoomService 接口定义了 ReserveRoom() 和 GetRoomReservations() 方法。服务协定用 ServiceContract 属性定义。由服务定义的操作应用了OperationContract 属性。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
using System;
using System.ServiceModel;

namespace Wrox.ProCSharp.WCF
{
    [ServiceContract()]
    public interface IRoomService
    {

```

```

[OperationContract]
bool ReserveRoom(RoomReservation roomReservation);
[OperationContract]
RoomReservation[] GetRoomReservations(DateTime fromDate, DateTime toDate);
)
}

```

代码段 RoomReservationService/IRoomService.cs

### 43.2.2 服务的实现

RoomReservationService 服务类实现 IRoomService 接口。实现服务时,只需调用 RoomReservationData 类的相应方法。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

using System;
using System.Linq;

namespace Wrox.ProCSharp.WCF
{
    public class RoomReservationService : IRoomService
    {
        public bool ReserveRoom(RoomReservation roomReservation)
        {
            var data = new RoomReservationData();
            data.ReserveRoom(roomReservation);
            return true;
        }

        public RoomReservation[] GetRoomReservations(DateTime fromDate, DateTime toDate)
        {
            var data = new RoomReservationData();
            return data.GetReservations(fromDate, toDate);
        }
    }
}

```

代码段 RoomReservationService/RoomReservationService.cs

### 43.2.3 WCF 服务宿主和 WCF 测试客户端

WCF Service Library 项目模板创建了一个应用程序配置文件 App.Config, 它需要适用于新类名和新接口名。service 元素引用了包含名称空间的服务类型 RoomReservationService, 协定接口需要用 endpoint 元素定义。

```

<?xml version="1.0" encoding="utf-8" ?>
<configuration>
  <system.web>
    <compilation debug="true" />
  </system.web>
  <!-- When deploying the service library project, the content of the config file
  must be added to the host's app.config file. System.Configuration does not support config
  files for libraries. -->
  <system.serviceModel>
    <services>
      <service name="Wrox.ProCSharp.WCF.RoomReservationService">

```

```

<host>
  <baseAddresses>
    <add baseAddress =
      "http://localhost:8732/Design_Time_Addresses/RoomReservationService
        /Service1/"
    />
  </baseAddresses>
</host>
<!-- Service Endpoints -->
<!-- Unless fully qualified, address is relative to base address supplied above -->
<endpoint address="" binding="wsHttpBinding"
  contract="Wrox.ProCSharp.WCF.IRoomService">
  <!--
    Upon deployment, the following identity element should be removed or replaced to
    reflect the identity under which the deployed service runs. If removed, WCF will
    infer an appropriate identity automatically.
  -->
  <identity>
    <dns value="localhost"/>
  </identity>
</endpoint>
<!-- Metadata Endpoints -->
<!-- The Metadata Exchange endpoint is used by the service to describe itself to
  clients. -->
<!-- This endpoint does not use a secure binding and should be secured or removed
  before deployment -->
<endpoint address="mex" binding="mexHttpBinding" contract="IMetadataExchange"/>
</service>
</services>
<behaviors>
  <serviceBehaviors>
    <behavior>
      <!-- To avoid disclosing metadata information,
        set the value below to false and remove the metadata endpoint above before
        deployment -->
      <serviceMetadata httpGetEnabled="True"/>
      <!-- To receive exception details in faults for debugging purposes,
        set the value below to true. Set to false before deployment
        to avoid disclosing exception information -->
      <serviceDebug includeExceptionDetailInFaults="False" />
    </behavior>
  </serviceBehaviors>
</behaviors>
</system.serviceModel>
</configuration>

```

代码段 RoomReservationService/App.config


 服务地址 `http://localhost:8731/Design_Time_Addresses` 有一个关联的访问控制列表 (ACL), 它允许交互式用户创建一个侦听端口。默认情况下, 非管理员用户不允许在监听模式下打开端口。使用命令行实用程序 `netsh http show urlacl` 可以查看 ACL, 用 `netsh http add url=http://+8080/ MyURI user=someUser` 添加新项。

从 Visual Studio 2010 中启动这个库，会启动 WCF 服务宿主，它显示为任务栏的注意区域中的一个图标。单击这个图标会打开 WCF 服务宿主窗口，如图 43-3 所示。在其中可以查看服务的状态。WCF 库应用程序的项目属性包含 WCF 选项的选项卡，在其中可以选择运行同一个解决方案中的项目时，是否启动 WCF 服务宿主。默认打开这个选项。另外在项目属性的调试配置中，会发现已定义了命令行参数/client: "WcfTestClient.exe"。WCF 服务主机使用这个选项，会启动 WCF 测试客户端，如图 43-4 所示，该测试客户端可用于测试应用程序。双击一个操作，输入字段就会显示在应用程序的右边，可以在其中填充要发送给服务的数据。单击 XML 选项卡，可以看到已收发的 SOAP 消息。

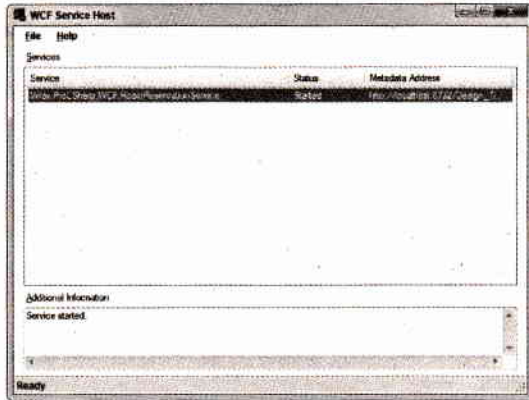


图 43-3

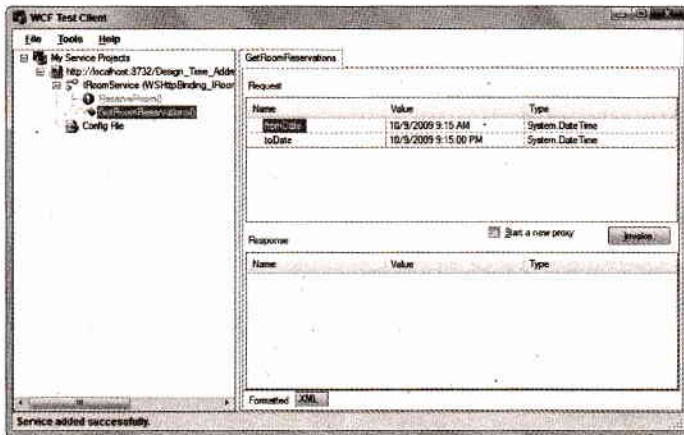


图 43-4

### 43.2.4 自定义服务宿主

使用 WCF 可以在任意宿主上运行服务。可以为对等服务创建一个 Windows 窗体或 WPF 应用程序，或创建一个 Windows 服务，或用 Windows Activation Services(WAS)存放该服务。控制台应用程序也适合于演示简单的主机。

对于服务主机，必须引用 RoomReservationService 库。该服务从实例化和打开 ServiceHost 类型的对象开始。这个类在 System.ServiceModel 名称空间中定义。实现该服务的 RoomReservationService 类在构造函数中定义。调用 Open()方法会启动服务的监听器信道，该服务准备用于侦听请求。Close()

方法会停止信道。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
using System;
using System.ServiceModel;

namespace Wrox.ProCSharp.WCF
{
    class Program
    {
        internal static ServiceHost myServiceHost = null;

        internal static void StartService()
        {
            myServiceHost = new ServiceHost(typeof(RoomReservationService));
            myServiceHost.Open();
        }

        internal static void StopService()
        {
            if (myServiceHost.State != CommunicationState.Closed)
                myServiceHost.Close();
        }

        static void Main()
        {
            StartService();

            Console.WriteLine("Server is running. Press return to exit");
            Console.ReadLine();

            StopService();
        }
    }
}
```

代码段 RoomReservationServiceHost/Program.cs

对于 WCF 配置，需要把用服务库创建的应用程序配置文件复制到宿主应用程序中。使用 WCF Service Configuration Editor 可以编辑这个配置文件，如图 43-5 所示。

使用自定义服务宿主，可以在 WCF 库的项目设置中取消用来启动 WCF 服务宿主的 WCF 选项。

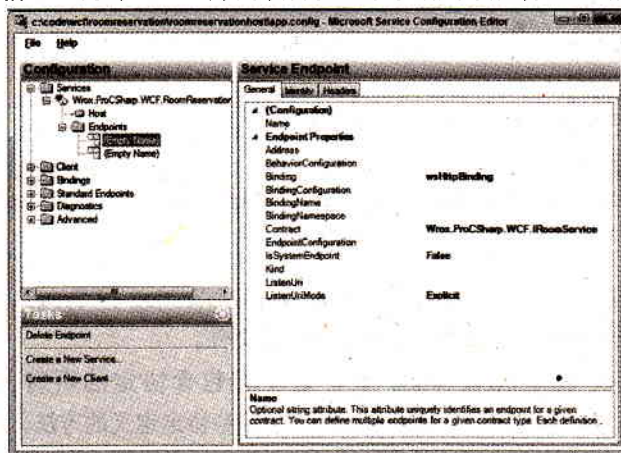


图 43-5

## 43.2.5 WCF 客户端

对于客户端，WCF 也可以灵活选择所使用的应用程序类型。客户端也可以是一个简单的控制台应用程序。但是，对于预订会议室，应创建一个包含控件的 Windows 窗体应用程序，如图 43-6 所示。

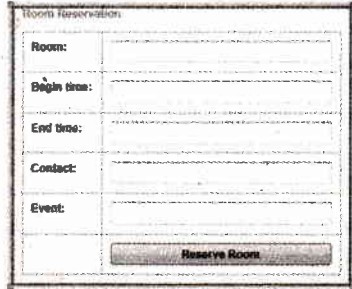


图 43-6

因为服务用 `mexHttpBinding` 绑定提供了一个 MEX 端点，并且通过行为配置来启用元数据的访问，所以可以从 Visual Studio 中添加一个服务引用。在添加服务引用时，会弹出如图 43-7 所示的对话框。单击 Discover 按钮时，可以在同一个解决方案中找到服务。

进入服务的链接，将服务引用名设置为 `RoomReservationService`。服务引用名定义了所生成的代理类的名称空间。

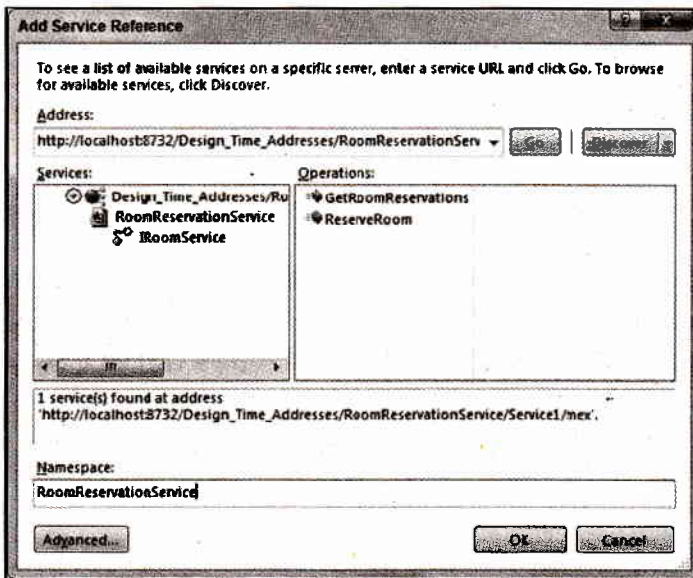


图 43-7

添加服务引用，会在服务中添加对 `System.Runtime.Serialization` 和 `System.ServiceModel` 程序集的引用，还会添加一个包含绑定信息和端点地址的配置文件。

从数据协定中生成 `RoomReservation` 类。这个类包含协定的所有 `[DataMember]` 元素。`RoomServiceClient` 类是客户端的代理，该客户端包含由服务协定定义的方法。使用这个客户端，可以将会议室预订信息发送给正在运行的服务。





可从  
wrox.com  
下载源代码

```
private void OnReserveRoom(object sender, RoutedEventArgs e)
{
    var reservation = new RoomReservation()
    {
        RoomName = textRoom.Text,
        Event = textEvent.Text,
        Contact = textContact.Text,
        StartDate = DateTime.Parse(textStartTime.Text),
        EndDate = DateTime.Parse(textEndTime.Text)
    };

    var client = new RoomServiceClient();
    bool reserved = client.ReserveRoom(reservation);
    client.Close();
    if (reserved)
        MessageBox.Show("reservation ok");
}
```

代码段 RoomReservationClient/MainWindow.xaml.cs

运行服务和客户端，就可以将会议室预订信息添加到数据库中。在 RoomReservation 解决方案的设置中，可以配置多个启动项目，在本例中是 RoomReservationClient 和 RoomReservationHost。

### 43.2.6 诊断

运行客户端和服务应用程序时，知道后台发生了什么很有帮助。为此，WCF 使用一个需要配置的跟踪源。可以使用 Service Configuration Editor，选择 Diagnostics 节点，启用 Tracing and Message Logging 功能，来配置跟踪。把跟踪源的跟踪级别设置为 Verbose 会生成非常详细的信息。这个配置更改把跟踪源和监听器添加到应用程序配置文件中，如下所示：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8" ?>
<configuration>
  <system.diagnostics>
    <sources>
      <source name="System.ServiceModel.MessageLogging"
              switchValue="Verbose,ActivityTracing">
        <listeners>
          <add type="System.Diagnostics.DefaultTraceListener" name="Default">
            <filter type="" />
          </add>
          <add name="ServiceModelMessageLoggingListener">
            <filter type="" />
          </add>
        </listeners>
      </source>
      <source name="System.ServiceModel" switchValue="Verbose,ActivityTracing"
              propagateActivity="true">
        <listeners>
          <add type="System.Diagnostics.DefaultTraceListener" name="Default">
            <filter type="" />
          </add>
          <add name="ServiceModelTraceListener">
            <filter type="" />
          </add>
        </listeners>
      </source>
    </sources>
  </system.diagnostics>
</configuration>
```

```

</listeners>
</source>
</sources>
<sharedListeners>
  <add initializeData="c:\code\wcf\roomreservation\roomreservationhost\
                                     app_messages.svclog"
        type="System.Diagnostics.XmlWriterTraceListener, System, Version=4.0.0.0,
        Culture=neutral, PublicKeyToken=b77a5c561934e089"
        name="ServiceModelMessageLoggingListener" traceOutputOptions="Timestamp">
    <filter type="" />
  </add>
  <add initializeData="c:\code\wcf\roomreservation\roomreservationhost\
                                     app_tracelog.svclog"
        type="System.Diagnostics.XmlWriterTraceListener, System, Version=4.0.0.0,
        Culture=neutral, PublicKeyToken=b77a5c561934e089"
        name="ServiceModelTraceListener" traceOutputOptions="Timestamp">
    <filter type="" />
  </add>
</sharedListeners>
<trace autoflush="true" />
</system.diagnostics>
<! ----->

```

代码段 RoomReservationHost/App.config

WCF 类的实现代码使用 System.ServiceModel 和 System.ServiceModel.MessageLogging 跟踪源来写入跟踪消息。跟踪和配置跟踪源及监听器的更多内容详见第 19 章。

启动应用程序时，使用 verbose 跟踪设置的跟踪文件会很快变得很大。为了分析 XML 日志文件中的信息，.NET SDK 包含一个 Service Trace Viewer 工具 svctraceviewer.exe。图 43-8 显示了这个工具选择跟踪和消息日志文件后的视图。在默认配置下，可以看到互换了几条消息，其中的许多消息都与安全性相关。根据安全性需求，可以选择其他配置选项。

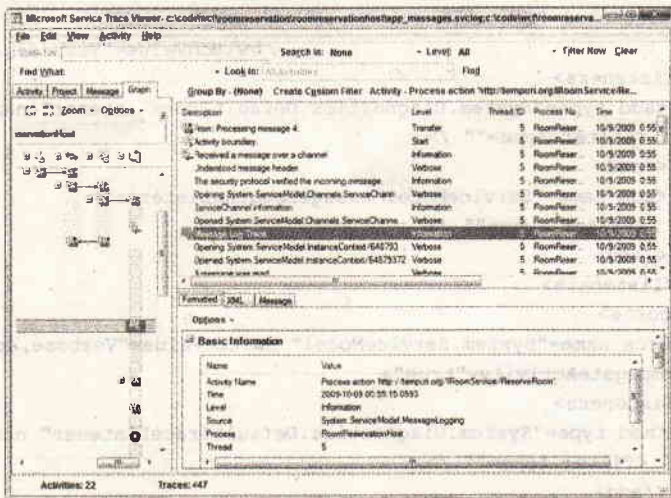


图 43-8

下面详细介绍 WCF 的细节和不同的选项。

## 43.3 协定

协定定义了服务提供的功能和客户端可以使用的功能。协定可以完全独立于服务的实现代码。

由 WCF 定义的服务可以分为 3 种不同的类型：数据协定、服务协定和消息协定。协定可以用 .NET 属性来指定：

- 数据协定——数据协定定义了从服务中接收和返回的数据。用于收发消息的类关联了数据协定属性。
- 服务协定——服务协定用于定义描述了服务的 WSDL。这个协定用接口或类定义。
- 消息协定——如果需要完全控制 SOAP 消息，消息协定就可以指定应放在 SOAP 标题中的数据以及放在 SOAP 正文中的数据。

下面几节将详细探讨这些，并进一步讨论定义协定时应考虑的版本问题。

### 43.3.1 数据协定

在数据协定中，把 CLR 类型映射到 XML 架构。数据协定不同于其他 .NET 序列化机制。在运行时序列化中，所有字段都会序列化(包括私有字段)，而在 XML 序列化中，只序列化公共字段和属性。数据协定要求用 `DataMember` 特性显式标记要序列化的字段。无论字段是私有或公共的，还是应用于属性，都可以使用这个特性。

```
[DataContract(Namespace="http://www.thinktecture.com/SampleServices/2010")
public class RoomReservation
{
    [DataMember] public string Room { get; set; }
    [DataMember] public DateTime StartDate { get; set; }
    [DataMember] public DateTime EndDate { get; set; }
    [DataMember] public string ContactName { get; set; }
    [DataMember] public string EventName { get; set; }
}
```

为了独立于平台和版本，如果要求用新版本修改数据，且不破坏旧客户端和服务，使用数据协定是指定要发送哪些数据的最佳方式。还可以使用 XML 序列化和运行时序列化。XML 序列化是 ASP.NET Web 服务使用的机制，.NET Remoting 使用运行时序列化。

使用 `DataMember` 特性，可以指定表 43-1 中的属性。

表 43-1

用 DataMember 指定的属性	说 明
Name	序列化元素的名称默认与应用了[DataMember]特性的字段或属性同名。使用 Name 属性可以修改该名称
Order	Order 属性指定了数据成员的序列化顺序
IsRequired	使用 IsRequired 属性，可以指定元素必须经过序列化，才能接收。这个属性可以用于解决版本问题。 如果在已有的协定中添加了成员，协定不会被破坏，因为在默认情况下字段是可选的 (IsRequired=false)。将 IsRequired 属性设置为 true，就可以破坏已有的协定

(续表)

用 DataMember 指定的属性	说 明
EmitDefaultValue	EmitDefaultValue 属性指定有默认值的成员是否应序列化。如果把 EmitDefaultValue 属性设置为 true, 具有该类型的默认值的成员就不序列化

### 43.3.2 版本问题

创建数据协定的新版本时, 注意更改的种类, 如果应同时支持新旧客户端和新旧服务, 就应执行相应的操作。

在定义协定时, 应使用 DataContractAttribute 的 Namespace 属性添加 XML 名称空间信息。如果创建了数据协定的新版本, 破坏了兼容性, 就应改变这个名称空间。如果只添加了可选的成员, 就没有破坏协定——这就是一个可兼容的改变。旧客户端仍可以给新服务发送消息, 因为不需要其他数据。新客户端可以给旧服务发送消息, 因为旧服务仅忽略额外的数据。

删除字段或添加需要的字段会破坏协定。此时还应改变 XML 名称空间。名称空间的名称可以包含年份和月份, 如 <http://thinkecture.com/SampleServices/2009/10>。每次做了破坏性的修改时, 都要改变名称空间, 如把年份和月份改为实际值。

### 43.3.3 服务协定

服务协定定义了服务可以执行的操作。ServiceContract 特性与接口或类一起使用, 来定义服务协定。由服务提供的方法通过 IRoomService 接口应用 OperationContract 特性, 如下所示:

```
[ServiceContract]
public interface IRoomService
{
    [OperationContract]
    bool ReserveRoom(RoomReservation roomReservation);
}
```

可能用 ServiceContract 特性设置的属性如表 43-2 所示。

表 43-2

用 ServiceContract 设置的属性	说 明
ConfigurationName	这个属性定义了配置文件中服务配置的名称
CallbackContract	当服务用于双工消息传递时, CallbackContract 属性定义了了在客户端中实现的合同
Name	这个 Name 属性定义了 WSDL 中 <portType> 元素的名称
Namespace	Namespace 属性定义了 WSDL 中 <portType> 元素的 XML 名称空间
SessionMode	使用 SessionMode 属性, 可以定义调用这个协定的操作所需的会话。其值用 SessionMode 枚举定义, 包括 Allowed、NotAllowed 和 Required
ProtectionLevel	ProtectionLevel 属性确定了绑定是否必须支持保护通信。其值用 ProtectionLevel 枚举定义, 包括 None、Sign、EncryptAndSign

使用 OperationContract 特性可以指定如表 43-3 所示的属性。

表 43-3

用 OperationContract 指定的属性	说 明
Action	WCF 使用 SOAP 请求的 Action 属性, 把该请求映射到相应的方法上。Action 属性的默认值是协定 XML 名称空间、协定名和操作名的组合。该消息如果是一条响应消息, 就把 Response 添加到 Action 字符串中。指定 Action 属性可以重写 Action 值。如果指定值 "*", 服务操作就会处理所有消息。
ReplyAction	Action 属性设置了引入的 SOAP 请求的 Action 名, 而 ReplyAction 属性设置了响应消息的 Action 名。
AsyncPattern	如果使用异步模式来实现操作, 就把 AsyncPattern 属性设置为 true。异步模式详见第 20 章。
IsInitiating IsTerminating	如果协定由一系列操作组成, 且初始化操作本应把 IsInitiating 属性赋予它, 该系列的最后一个操作就需要指定 IsTerminating 属性。初始化操作启动一个新会话, 服务器用终止操作来关闭会话。
IsOneWay	设置 IsOneWay 属性, 客户端就不会等待响应消息。在发送请求消息后, 单向操作的调用者无法直接检测失败。
Name	操作的默认名称是指定了操作协定的方法名。使用 Name 属性可以修改该操作的名称。
ProtectionLevel	使用 ProtectionLevel 属性可以确定消息是应只签名, 还是应加密后签名。

在服务协定中, 也可以用 [DeliveryRequirements] 特性定义服务的传输要求。RequireOrderedDelivery 属性指定所发送的消息必须以相同的顺序到达。使用 Queued DeliveryRequirements 属性可以指定, 消息以断开连接的模式发送, 例如, 使用消息队列(参见第 46 章)。

#### 43.3.4 消息协定

如果需要完全控制 SOAP 消息, 就可以使用消息协定。在消息协定中, 可以指定消息的哪些部分要放在 SOAP 标题中, 哪些部分要放在 SOAP 正文中。下面的例子显示了 ProcessPersonRequestMessage 类的一个消息协定。该消息协定用 MessageContract 特性指定。SOAP 消息的标题和正文用 MessageHeader 和 MessageBodyMember 属性指定。指定 Position 属性, 可以确定正文中的元素顺序。还可以为标题和正文字段指定保护级别。

```
[MessageContract]
public class ProcessPersonRequestMessage
{
    [MessageHeader]
    public int employeeId;

    [MessageBodyMember(Position=0)]
    public Person person;
}
```

ProcessPersonRequestMessage 类与用 IProcessPerson 接口定义的服务协定一起使用:

```
[ServiceContract]
public interface IProcessPerson
{
```

```
[OperationContract]
public PersonResponseMessage ProcessPerson(
    ProcessPersonRequestMessage message);
}
```

与 WCF 服务相关的另一个重要协定是错误协定，这个协定参见 43.4.2 节。

### 43.4 服务的实现

服务的实现代码用 `ServiceBehavior` 特性标记，如下面的 `RoomReservationService` 类所示：

```
[ServiceBehavior]
public class RoomReservationService: IRoomService
{
    public bool ReserveRoom(RoomReservation roomReservation)
    {
        // implementation
    }
}
```

`ServiceBehavior` 特性用于描述 WCF 服务提供的操作，以截获所需功能的代码，如表 43-4 所示。

表 43-4

用 <code>ServiceBehavior</code> 指定的属性	说 明
<code>TransactionAutoCompleteOnSessionClose</code>	当前会话正确完成时，就自动提交该事务。这类似于第 51 章讨论的 <code>Enterprise Services</code> 中的 <code>AutoComplete</code> 属性
<code>TransactionIsolationLevel</code>	要定义服务中事务的隔离级别，可以把 <code>TransactionIsolationLevel</code> 属性设置为 <code>IsolationLevel</code> 枚举中的一个值。事务信息的隔离级别详见第 23 章
<code>ReleaseServiceInstanceOnTransactionComplete</code>	完成事务处理后，可回收服务的实例
<code>AutomaticSessionShutdown</code>	如果在客户端关闭连接时没有关闭会话，就可以把 <code>AutomaticSessionShutdown</code> 属性设置为 <code>false</code> 。在默认情况下，会关闭会话
<code>InstanceContextMode</code>	使用 <code>InstanceContextMode</code> 属性，可以确定应使用有状态的对象还是无状态的对象。默认设置为 <code>InstanceContextMode.PerCall</code> ，为每个方法调用创建一个新对象。其他可能的设置有 <code>PerSession</code> 和 <code>Single</code> 。这两个设置都使用有状态的对象。但是， <code>PerSession</code> 会为每个客户端创建一个新对象，而 <code>Single</code> 允许在多个客户端上共享同一个对象
<code>ConcurrencyMode</code>	因为有状态的对象可以由多个客户端(或同一个客户的多个线程)使用，所以必须注意这种对象类型的并发问题。如果把 <code>ConcurrencyMode</code> 属性设置为 <code>Multiple</code> ，多个线程就可以访问对象，但必须处理同步问题。如果把该属性设置为 <code>Single</code> ，一次就只有一个线程能访问对象，但不必处理同步问题；如果客户端较多，就可能出现可伸缩性问题。 <code>Reentrant</code> 值表示只有从调用返回的线程可以访问对象。对于无状态的对象，这个设置没有任何意义，因为每个方法调用都会实例化一个新对象，所以不共享状态

(续表)

用 ServiceBehavior 指定的属性	说 明
UseSynchronizationContext	Windows 窗体和 WPF 控件的成员都只能从创建线程中调用。如果服务位于 Windows 应用程序中, 其方法调用了控件成员, 就把 UseSynchronizationContext 属性设置为 true。这样, 服务就运行在 SynchronizationContext 属性定义的线程中
IncludeExceptionDetailInFaults	在 .NET 中, 错误被看作异常。SOAP 指定, SOAP 错误返回客户端, 以防服务器出问题。出于安全考虑, 最好不要把服务器端异常的细节返回客户端。因此, 异常默认转换为未知错误。要返回特定的错误, 可抛出 FaultException 类型的异常。为了便于调试, 返回真实的异常信息很有帮助。此时应把 IncludeExceptionDetailInFaults 属性的设置改为 true。这里抛出 FaultException <TDetail> 异常, 其中原始异常包含详细信息
MaxItemsInObjectGraph	使用 MaxItemsInObjectGraph 属性, 可以限制要序列化的对象数。如果序列化一个对象树型结构, 则默认的限制过低
ValidateMustUnderstand	把 ValidateMustUnderstand 属性设置为 true, 表示必须理解 SOAP 标题(默认)

为了演示服务行为, IStateService 接口定义了一个服务协定, 其中的两个操作用于获取和设置状态。有状态的服务协定需要一个会话。这就是把服务协定的 SessionMode 属性设置为 SessionMode.Required 的原因。服务协定还将 IsInitiating 和 IsTerminating 特性应用于操作协定, 以定义了启动和关闭会话的方法。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
[ServiceContract (SessionMode=SessionMode.Required)]
public interface IStateService
{
    [OperationContract (IsInitiating=true)]
    void Init (int i);

    [OperationContract]
    void SetState (int i);

    [OperationContract]
    int GetState ();

    [OperationContract (IsTerminating=true)]
    void Close ();
}
```

代码段 StateServiceSample/IStateService.cs

服务协定由 StateService 类实现。服务的实现代码定义了 InstanceContextMode.PerSession, 使状态与实例保持同步。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
[ServiceBehavior (InstanceContextMode=InstanceContextMode.PerSession)]
public class StateService: IStateService
{
    int i = 0;

    public void Init (int i)
```

```

    {
        this.i = i;
    }

    public void SetState(int i)
    {
        this.i = i;
    }

    public int GetState()
    {
        return i;
    }

    public void Close()
    {
    }
}

```

代码段 StateServiceSample/StateService.cs

现在必须定义对地址和协议的绑定。其中，将 `basicHttpBinding` 赋予服务的端点：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

<?xml version="1.0" encoding="utf-8" ?>
<configuration>
  <system.serviceModel>
    <services>
      <service behaviorConfiguration="StateServiceSample.Service1Behavior"
        name="Wrox.ProCSharp.WCF.StateService">
        <endpoint address="" binding="basicHttpBinding"
          bindingConfiguration=""
          contract="Wrox.ProCSharp.WCF.IStateService">
        </endpoint>
        <endpoint address="mex" binding="mexHttpBinding"
          contract="IMetadataExchange" />
        <host>
          <baseAddresses>
            <add baseAddress="http://localhost:8731/Design_Time_Addresses/
              StateServiceSample/Service1/" />
          </baseAddresses>
        </host>
      </service>
    </services>
    <behaviors>
      <serviceBehaviors>
        <behavior name="StateServiceSample.Service1Behavior">
          <serviceMetadata httpGetEnabled="True"/>
          <serviceDebug includeExceptionDetailInFaults="False" />
        </behavior>
      </serviceBehaviors>
    </behaviors>
  </system.serviceModel>
</configuration>

```

代码段 StateServiceSample/app.config

如果用定义的配置启动服务宿主，就会抛出一个 `InvalidOperationException` 类型的异常。该异常



的错误消息是“协定需要会话，但绑定 ‘BasicHttpBinding’ 不支持它，或者没有正确配置为支持它。”

并不是所有绑定都支持所有服务。因为服务协定需要用 [ServiceContract(ServiceMode=ServiceMode.Required)] 特性指定一个会话，主机失败，这是因为所配置的绑定不支持会话。

只要修改对绑定的配置，使之支持会话(如 wsHttpBinding)，服务器就会成功启动。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
<endpoint address="" binding="wsHttpBinding"
  bindingConfiguration=""
  contract="Wrox.ProCSharp.WCF.IStateService">
</endpoint>
```

代码段 StateServiceSample/app.config

#### 43.4.1 以编程方式创建客户端

现在可以创建客户端应用程序了。在前面的例子中，通过添加服务引用来创建客户端应用程序。除了添加服务引用之外，还可以直接访问包含协定接口的程序集，使用 ChannelFactory<TChannel> 类实例化连接到服务的信道。

ChannelFactory<TChannel> 类的构造函数接受绑定配置和端点地址这两个参数。绑定参数必须与用服务主机创建的绑定兼容，用 EndpointAddress 类定义的地址引用所运行的服务的 URI。

CreateChannel() 方法创建一条连接到服务的信道。接着调用服务的方法，可以看出，该服务实例包含状态，直到调用指定了 IsTerminating 操作行为的 Close() 方法为止。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
using System;
using System.ServiceModel;

namespace Wrox.ProCSharp.WCF
{
    class Program
    {
        static void Main()
        {
            var binding = new WSHttpBinding();
            var address = new EndpointAddress("http://localhost:8731/" +
                "Design_Time_Addresses/StateServiceSample/Service1/");

            var factory = new ChannelFactory<IStateService>(binding, address);

            IStateService channel = factory.CreateChannel();
            channel.Init(1);
            Console.WriteLine(channel.GetState());
            channel.SetState(2);
            Console.WriteLine(channel.GetState());
            channel.Close();

            factory.Close();
        }
    }
}
```

代码段 StateClient/program.cs

在服务的实现代码中，可以通过 OperationBehavior 特性将服务方法应用于如表 43-5 所示的属性。

表 43-5

通过 OperationBehavior 应用的属性	说 明 .
AutoDisposeParameters	默认情况下, 所有可释放的参数都自动释放。如果参数不应释放, 就可以把 AutoDisposeParameters 属性设置为 false。接着, 发送方将负责释放该参数
Impersonation	使用 Impersonation 属性, 可以模拟调用者, 以调用者的身份运行方法
ReleaseInstanceMode	InstanceContextMode 使用服务行为设置定义对象实例的生命周期。使用操作行为设置, 可以根据操作重写设置。ReleaseInstanceMode 用 ReleaseInstanceMode 枚举定义实例发布模式。其 None 值使用 InstanceContextMode 设置。BeforeCall、AfterCall 和 BeforeAndAfterCall 值定义了操作的循环时间
TransactionScopeRequired	使用 TransactionScopeRequired 属性可以指定操作是否需要一个事务。如果需要 一个事务, 且调用者已经发出一个事务, 就使用同一个事务。如果调用者没有 发出事务, 就创建一个新的事务
TransactionAutoComplete	TransactionAutoComplete 属性指定事务是否自动完成。如果把该属性设置为 true, 在抛出异常的情况下就终止事务。如果这是一个根事务, 且没有抛出异常, 就提交事务

#### 43.4.2 错误处理

默认情况下, 在服务中出现的详细的异常消息不返回客户端应用程序。其原因是安全性。不应把详细的异常消息提供给使用服务的第三方。而异常应记录到服务上(为此可以使用跟踪和事件日志功能), 包含有用信息的错误应返回调用者。

可以抛出一个 FaultException 异常, 来返回 SOAP 错误。抛出 FaultException 异常会创建一个非类型化的 SOAP 错误。返回错误的首选方式是生成强类型化的 SOAP 错误。

应与强类型化的 SOAP 错误一起传递的信息用数据协定定义, 如下面的 StateFault 类所示:



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
[DataContract]
public class StateFault
{
    [DataMember]
    public int BadState { get; set; }
}
```

代码段 StateServiceSample/IStateService.cs

SOAP 错误的类型必须用 FaultContractAttribute 和操作协定定义:

```
[FaultContract(typeof(StateFault))]
[OperationContract]
void SetState(int i);
```

在实现代码中, 抛出一个 FaultException<TDetail>异常。在构造函数中, 可以指定一个新的 TDetail 对象, 在本例中就是 StateFault。另外, FaultReason 中的错误信息可以赋予构造函数。FaultReason 支持多种语言的错误信息。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
public void SetState(int i)
{
    if (i == -1)
    {
        FaultReasonText[] text = new FaultReasonText[2];
        text[0] = new FaultReasonText("Sample Error",
            new CultureInfo("en"));
        text[1] = new FaultReasonText("Beispiel Fehler",
            new CultureInfo("de"));
        FaultReason reason = new FaultReason(text);

        throw new FaultException<StateFault>(
            new StateFault() { BadState = i }, reason);
    }
    else
    {
        this.i = i;
    }
}
```

代码段 StateServiceSample/StateService.cs

在客户端应用程序中，可以捕获 `FaultException<StateFault>` 类型的异常。出现该异常的原因由 `Message` 属性定义。`StateFault` 用 `Detail` 属性访问。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
try
{
    channel.SetState(-1);
}
catch (FaultException<StateFault> ex)
{
    Console.WriteLine(ex.Message);
    StateFault detail = ex.Detail;
    Console.WriteLine(detail.BadState);
}
```

代码段 StateServiceClient/Program.cs

除了捕获强类型化的 SOAP 错误之外，客户端应用程序还可以捕获 `FaultException<Detail>` 异常的基类的异常：`FaultException` 异常和 `CommunicationException` 异常。捕获 `CommunicationException` 异常还可以捕获与 WCF 通信相关的其他异常。

## 43.5 绑定

绑定描述了服务的通信方式。使用绑定可以指定如下特性：

- 传输协议
- 安全性
- 编码格式
- 事务流
- 可靠性
- 形状变化
- 传输升级

绑定包含多个绑定元素，它们描述了所有绑定要求。可以创建自定义绑定，也可以使用表 43-6 中的其中一个预定义绑定：

表 43-6

标准绑定	说 明
BasicHttpBinding	BasicHttpBinding 绑定用于最广泛的交互操作的第一代 Web 服务。所使用的传输协议是 HTTP 或 HTTPS，其安全性仅由协议保证
WSHttpBinding	WSHttpBinding 绑定用于下一代 Web 服务，用 SOAP 扩展确保安全、可靠性和事务处理的平台。所使用的传输协议是 HTTP 或 HTTPS，为了确保安全，实现了 WS-Security 规范的安全性。使用 WS-Coordination、WS-AtomicTransaction 和 WS-BusinessActivity 规范支持事务，通过 WS-ReliableMessaging 的实现方式支持可靠的消息传送。WS-Profile 也支持用于发送附件的 MTOM(Message Transmission Optimization Protocol，消息传输优化协议)编码。WS-*标准的规范可参见 <a href="http://www.oasis-open.org">http://www.oasis-open.org</a>
WS2007HttpBinding	WS2007HttpBinding 派生自基类 WSHttpBinding，支持 OASIS(Organization for the Advancement of Structured Information Standards，结构化信息标准促进组织)定义的安全性、可靠性和事务规范
WSHttpContextBinding	WSHttpContextBinding 派生自基类 WSHttpBinding，开始支持没有使用 cookie 的上下文。这个绑定会添加 ContextBindingElement，交换上下文信息
WebHttpBinding	这个绑定用于通过 HTTP 请求(而不是 SOAP 请求)提供的服务，它对于脚本客户端很有用，如 ASP.NET AJAX
WSFederationHttpBinding	WSFederationHttpBinding 是一种安全、可交互操作的绑定，支持在多个系统上共享身份，以进行身份验证和授权
WSDualHttpBinding	与 WSHttpBinding 相反，WSDualHttpBinding 绑定支持双工的消息传送
NetTcpBinding	所有用 Net 作为前缀的标准绑定都使用二进制编码在 .NET 应用程序之间通信。这个编码比 WSxxx 绑定使用的文本编码快。NetTcpBinding 绑定使用 TCP/IP 协议
NetTcpContextBinding	类似于 WSHttpContextBinding，NetTcpContextBinding 会添加 ContextBindingElement，与 SOAP 标题交换上下文信息
NetPeerTcpBinding	NetPeerTcpBinding 为对等通信提供绑定
NetNamedPipeBinding	NetNamedPipeBinding 为同一系统上的不同进程之间的通信进行了优化
NetMsmqBinding	NetMsmqBinding 为 WCF 引入了排队通信。这里消息会发送到消息队列中
MsmqIntegrationBinding	MsmqIntegrationBinding 是用于使用消息队列的已有应用程序的绑定。而 NetMsmqBinding 绑定需要位于客户端和服务器的 WCF 应用程序
CustomBinding	使用 CustomBinding，可以完全定制传输协议和安全要求

不同的绑定支持不同的功能。以 WS 开头的绑定独立于平台，支持 Web 服务规范。以 Net 开头的绑定使用二进制格式，使 .NET 应用程序之间的通信有很高的性能。其他功能支持会话、可靠的会话、事务和双工通信。表 43-7 列出了支持这些功能的绑定。

表 43-7

功 能	绑 定
会话	WSHttpBinding、WSDualHttpBinding、WSFederationHttpBinding、NetTcpBinding、NetNamedPipeBinding
可靠的会话	WSHttpBinding、WSDualHttpBinding、WSFederationHttpBinding、NetTcpBinding
事务	WSHttpBinding、WSDualHttpBinding、WSFederationHttpBinding、NetTcpBinding、NetNamedPipeBinding、NetMsmqBinding、MsmqIntegrationBinding
双工通信	WSDualHttpBinding、NetTcpBinding、NetNamedPipeBinding、NetPeerTcpBinding

除了定义绑定之外，服务还必须定义端点。端点依赖于合同、服务的地址和绑定。在下面的代码示例中，实例化了一个 `ServiceHost` 对象，将地址 `http://localhost:8080/RoomReservation`、一个 `WSHttpBinding` 实例和协定添加到服务的一个端点上。

```
static ServiceHost host;

static void StartService()
{
    var baseAddress = new Uri("http://localhost:8080/RoomReservation");
    host = new ServiceHost(
        typeof(RoomReservationService));

    var binding1 = new WSHttpBinding();
    host.AddServiceEndpoint(typeof(IRoomService), binding1, baseAddress);
    host.Open();
}
```

除了以编程方式定义绑定之外，还可以在应用程序配置文件中定义它。WCF 的配置放在 `<system.serviceModel>` 元素中，`<service>` 元素定义了所提供的服务。同样，如代码所示，服务需要一个端点，该端点包含地址、绑定和协定信息。`WSHttpBinding` 的默认绑定配置用 XML 属性 `bindingConfiguration` 修改，该属性引用了绑定配置 `WSHttpConfig1`。这个绑定配置在 `<bindings>` 段中，它用于修改 `WSHttpBinding` 配置，以启用 `reliableSession`。

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8" ?>
<configuration>
  <system.serviceModel>
    <services>
      <service name="Wrox.ProCSharp.WCF.RoomReservationService">
        <endpoint address=" http://localhost:8080/RoomReservation"
          contract="Wrox.ProCSharp.WCF.IRoomService"
          binding="wsHttpBinding" bindingConfiguration="wsHttpBinding" />
      </service>
    </services>
    <bindings>
      <wsHttpBinding>
        <binding name="wsHttpBinding">
          <reliableSession enabled="true" />
        </binding>
      </wsHttpBinding>
    </bindings>
  </system.serviceModel>
</configuration>
```

```

        </bindings>
    </system.serviceModel>
</configuration>

```

## 43.6 宿主

在选择运行服务的宿主时，WCF 非常灵活。宿主可以是 Windows 服务、COM+应用程序、WAS(Windows Activation Services, Windows 激活服务)或 IIS、Windows 应用程序，或简单的控制台应用程序。在用 Windows 窗体或 WPF 创建自定义主机时，很容易创建对等的解决方案。

### 43.6.1 自定义宿主

先从自定义宿主开始。下面的示例代码列出了控制台应用程序中的服务宿主。但在其他自定义主机类型中，如 Windows 服务或 Windows 应用程序，可以用相同的方式编写服务。

在 Main()方法中，创建一个 ServiceHost 实例。之后，读取应用程序配置文件，来定义绑定。也可以通过编程方式定义绑定，如前面所示。接着，调用 ServiceHost 类的 Open()方法，使服务接受客户调用。在控制台应用程序中，必须在关闭服务之前，不能关闭主线程。这里实际上在调用 Close()方法时，要求用户“按回车键”，以结束(退出)服务。

```

using System;
using System.ServiceModel;

public class Program
{
    public static void Main()
    {
        using (var serviceHost = new ServiceHost())
        {
            serviceHost.Open();

            Console.WriteLine("The service started. Press return to exit");
            Console.ReadLine();

            serviceHost.Close();
        }
    }
}

```

要终止服务宿主，可以调用 ServiceHost 类的 Abort()方法。要获得服务的当前状态，State 属性会返回 CommunicationState 枚举定义的一个值，该枚举的值有 Created、Opening、Opened、Closing、Closed 和 Faulted。



如果从 Windows 窗体或 WPF 应用程序中启动服务，该服务的代码调用 Windows 窗体控件的方法，就必须确保，只有控件的创建线程才能访问该控件的方法和属性。在 WCF 中，设置 [ServiceBehavior] 特性的 UseSynchronizationContext 属性，就可以实现该行为。

### 43.6.2 WAS 宿主

在 WAS 宿主中, 可以使用 WAS 工作进程中的功能, 如自动激活服务、健康监控和进程。

要使用 WAS 宿主, 只需创建一个 Web 站点和一个 .svc 文件, 其中的 ServiceHost 声明包含服务类的语言和名称。下面的代码使用 Service1 类。另外, 还必须指定包含服务类的文件。这个类的实现方式与前面定义 WCF 服务库的方式相同。

```
<%@ServiceHost language="C#" Service="Service1" CodeBehind="Service1.svc.cs" %>
```

如果使用 WAS 宿主中可用的 WCF 服务库, 就可以创建一个 .svc 文件, 它只包含类的引用:

```
<%@ ServiceHost Service="Wrox.ProCSharp.WCF.Services.RoomReservationService" %>
```

自从引入 Windows Vista 和 Windows Server 2008 以来, WAS 允许定义 .NET TCP 和 Message Queue 绑定。如果使用以前的版本, Windows Server 2003 和 Windows XP 中的 IIS 6 或 IIS 5.1, 就只能使用 HTTP 绑定从 .svc 文件中激活服务。



还可以将 WCF 服务添加到 Enterprise Service 组件中, 详见第 51 章。

### 43.6.3 预配置的宿主类

为了减少配置的必要性, WCF 还提供了一些带预配置绑定的宿主类。一个例子是 System.ServiceModel.Web 名称空间中的 System.ServiceModel.Web 程序集中的 WebServiceHost 类。如果没有用 WebHttpBinding 配置默认端点, 这个类就为 HTTP 和 HTTPS 基址创建一个默认端点。另外, 如果没有定义另一个行为, 这个类就会添加 WebHttpBehavior。利用这个行为, 可以执行简单的 HTTP GET 操作和 POST、PUT、DELETE (使用 WebInvoke 属性) 操作, 而无需额外的设置。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
Uri baseAddress = new Uri("http://localhost:8000/RoomReservation");
var host = new WebServiceHost(typeof(RoomReservationService), baseAddress);
host.Open();

Console.WriteLine("service running");
Console.WriteLine("Press return to exit...");
Console.ReadLine();

if (host.State == CommunicationState.Opened)
    host.Close();
```

代码段 RoomReservationWebServiceHost/Program.cs

要使用简单的 HTTP GET 请求接收预定信息, GetRoomReservation() 方法需要一个 WebGet 特性, 把方法参数映射到 GET 请求的输入上。在下面的代码中, 定义一个 UriTemplate, 这需要待添加到基址中的 Reservations 后跟 From 和 To 参数。From 和 To 参数依次映射到 fromDate 和 toDate 变量上。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
[WebGet(UriTemplate = "Reservations?From={fromDate} & To={toDate}")]
public RoomReservation[] GetRoomReservations(DateTime fromDate, DateTime toDate)
{
    var data = new RoomReservationData();
```

```
return data.GetReservations(fromDate, toDate);
```

代码段 RoomReservationService/RoomReservationService.cs

现在可以使用简单的请求来调用服务了，如下所示。返回给定时间段的所有预定信息。

```
http://localhost:8000/RoomReservation/Reservations?From=2010/1/1&To=2010/8/1
```



**System.Data.Services.DataServiceHost** 是另一个带预配置特性的类。这个类派生自 **WebServiceHost**，提供了第 32 章讨论的数据服务。

## 43.7 客户端

客户端应用程序需要一个代理来访问服务。给客户端创建代理有 3 种方式：

- **Visual Studio 添加服务引用**——这个实用程序会从服务的元数据中创建代理类。
- **ServiceModel 元数据实用工具(Svcutil.exe)**——使用 **SvcUtil** 实用程序可以创建代理类。该实用程序从服务中读取元数据，以创建代理类。
- **ChannelFactory 类**——这个类由 **Svcutil** 实用程序生成的代理使用，然而，它也可以用于以编程方式创建代理。

从 Visual Studio 中添加服务引用，需要访问 WSDL 文档。WSDL 文档由 MEX 端点创建，MEX 端点需要用服务配置。在下面的配置中，带相对地址 **mex** 的端点使用 **mexHttpBinding**，并实现 **ImetadataExchange** 协定。为了通过 HTTP GET 请求访问元数据，应把 **behaviorConfiguration** 配置为 **MexServiceBehavior**。

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8" ?>
<configuration>
  <system.serviceModel>
    <services>
      <service behaviorConfiguration=" MexServiceBehavior "
        name="Wrox.ProCSharp.WCF.RoomReservationService">
        <endpoint address="Test" binding="wsHttpBinding"
          contract="Wrox.ProCSharp.WCF.IRoomService" />
        <endpoint address="mex" binding="mexHttpBinding"
          contract="IMetadataExchange" />
      </service>
    </services>
    <host>
      <baseAddresses>
        <add baseAddress=
          "http://localhost:8732/Design_Time_Addresses/RoomReservationService/" />
      </baseAddresses>
    </host>
    <behaviors>
      <serviceBehaviors>
        <behavior name="MexServiceBehavior">
          <!--To avoid disclosing metadata information,
            set the value below to false and remove the metadata endpoint above
            before deployment-->

```



```

    <serviceMetadata httpGetEnabled="True"/>
  </behavior>
</serviceBehaviors>
</behaviors>
</system.serviceModel>
</configuration>

```

类似于 Visual Studio 中的 Add 服务引用, Svcutil 实用程序需要元数据来创建代理类。Svcutil 实用程序可以从 MEX 元数据端点、程序集的元数据、WSDL 和 XSD 文档中创建代理。

```

svcutil http://localhost:8080/RoomReservation?wsdl /language:C# /out:proxy.cs
svcutil CourseRegistration.dll
svcutil CourseRegistration.wsdl CourseRegistration.xsd

```

生成的代理类后, 它需要从客户端代码中实例化, 需要调用方法, 最后必须调用 Close() 方法:

```

var client = new RoomServiceClient();
client.RegisterForCourse(roomReservation);
client.Close();

```

生成的代理类派生自基类 ClientBase<TChannel>, 该基类封装 ChannelFactory<TChannel> 类。除了使用生成的代理类之外, 还可以直接使用 ChannelFactory<TChannel> 类。构造函数需要绑定和端点地址; 之后, 就可以创建信道, 调用服务协定定义的方法。最后, 必须关闭该工厂。

```

var binding = new WsHttpBinding();
var address = new EndpointAddress("http://localhost:8080/RoomService");

var factory = new ChannelFactory<IStateService>(binding, address);

IRoomService channel = factory.CreateChannel();
channel.ReserveRoom(roomReservation);

//.
factory.Close();

```

ChannelFactory<TChannel> 类有几个属性和方法, 如表 43-8 所示。

表 43-8

ChannelFactory 类的成员	说 明
Credentials	Credentials 是一个只读属性, 可以访问 ClientCredentials 对象, 该对象被赋予信道, 对服务进行身份验证。Credentials 可以用端点来设置
Endpoint	Endpoint 是一个只读属性, 可以访问与信道相关联的 ServiceEndpoint。端点可以在构造函数中指定
State	State 属性的类型是 CommunicationState, 它返回信道的当前状态。CommunicationState 是一个枚举, 其值是 Created、Opening、Opened、Closing、Closed 和 Faulted
Open()	该方法用于打开信道
Close()	该方法用于关闭信道
Opening、Opened、Closing、Closed 和 Faulted	可以指定事件处理程序, 从而确定信道的状态变化。这些事件分别在信道打开前后、信道关闭前后和出错时触发

## 43.8 双工通信

下面的示例程序说明了如何在客户端和服务之间直接进行双工通信。客户端会启动到服务的连接。之后，服务就可以回调客户端了。

为了进行双工通信，必须指定一个在客户端中实现的协定。这里用于客户端的协定由 `IMyMessageCallback` 接口定义。由客户端实现的方法是 `OnCallback()`。操作应用了 `IsOneWay=true` 操作协定设置。这样，服务就不必等待方法在客户端上成功调用了。在默认情况下，服务实例只能从一个线程中调用(服务行为的 `ConcurrencyMode` 属性默认设置为 `ConcurrencyMode.Single`)。

如果服务的实现代码回调客户端，等待获得客户端的结果，则从客户端中获得回应的线程就必须等待，直到锁定服务对象为止。因为服务对象已经由客户端的请求锁定，所以出现了死锁。WCF 检测到这个死锁，就抛出一个异常。为了避免这种情况，可以将 `ConcurrencyMode` 属性的值改为 `Multiple` 或 `Reentrant`。使用 `Multiple` 设置，多个线程可以同时访问实例。这里必须自己实现锁定。使用 `Reentrant` 设置，服务实例将只使用一个线程，但允许将回调请求的回应重新输入到上下文中。除了改变并发模式之外，还可以用操作协定指定 `IsOneWay` 属性。这样，调用者就不会等待回应了。当然，只有不需要返回值，才能使用这个设置。

服务协定由 `IMyMessage` 接口定义。回调协定用服务协定定义的 `CallbackContract` 属性映射到服务协定上。



```
public interface IMyMessageCallback
{
    [OperationContract(IsOneWay=true)]
    void OnCallback(string message);
}

[ServiceContract(CallbackContract=typeof(IMyMessageCallback))]
public interface IMyMessage
{
    [OperationContract]
    void MessageToServer(string message);
}
```

代码段 MessageService/IMyMessage.cs

`MessageService` 类实现了服务协定 `IMyMessage`。服务将来自客户端的消息写入控制台。要访问回调协定，可以使用 `OperationContext` 类。`OperationContext.Current` 返回与客户端中当前请求关联的 `OperationContext`。使用 `OperationContext` 可以访问会话信息、消息标题和属性，在双工通信的情况下还可以访问回调信道。泛型方法 `GetCallbackChannel()` 将信道返回客户端实例。接着调用由回调接口 `IMyMessageCallback` 定义的 `OnCallback()` 方法，可以使用这个信道将消息发送给客户端。为了演示这些操作，还可以从服务中使用独立于方法的完成的回调信道，创建一个接收回调信道的线程。这个线程再次使用回调信道，将消息发送给客户。



```
public class MessageService: IMyMessage
{
    public void MessageToServer(string message)
    {
        Console.WriteLine("message from the client: {0}", message);
    }
}
```

```

IMyMessageCallback callback =
    OperationContext.Current.
        GetCallbackChannel <IMyMessageCallback> ();

callback.OnCallback("message from the server");

new Thread(ThreadCallback).Start(callback);
}

private void ThreadCallback(object callback)
{
    IMyMessageCallback messageCallback = callback as IMyMessageCallback;
    for (int i = 0; i <10; i++)
    {
        messageCallback.OnCallback("message " + i.ToString());
        Thread.Sleep(1000);
    }
}
}

```

代码段 MessageService/MessageService.cs

存放服务的方式与前面的例子相同，这里不再赘述。但是对于双工通信，必须配置一个支持双工通信的绑定。支持双工信道的一个绑定是 `wsDualHttpBinding`，它在应用程序的配置文件中配置。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

<?xml version="1.0" encoding="utf-8" ?>
<configuration>
  <system.serviceModel>
    <services>
      <service name="Wrox.ProCSharp.WCF.MessageService">
        <endpoint contract="Wrox.ProCSharp.WCF.IMyMessage"
          binding="wsDualHttpBinding"/>
        <host>
          <baseAddresses>
            <add baseAddress="http://localhost:8732/Service1" />
          </baseAddresses>
        </host>
      </service>
    </services>
  </system.serviceModel>
</configuration>

```

代码段 MessageService/app.config

在客户端应用程序中，必须用 `ClientCallback` 类实现回调协定，该类实现了 `IMyMessageCallback` 接口，如下所示：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

class ClientCallback: IMyMessageCallback
{
    public void OnCallback(string message)
    {
        Console.WriteLine("message from the server: {0}", message);
    }
}

```

代码段 MessageClient/Program.cs

在双工信道中，不能像前面那样使用 `ChannelFactory` 启动与服务的连接。要创建双工信道，可以使用 `DuplexChannelFactory` 类。这个类有一个构造函数，除了绑定和地址配置之外，它还有一个参数，这个参数指定 `InstanceContext`，它封装 `ClientCallback` 类的一个实例。把这个实例传递给工厂，服务就可以通过信道调用对象。客户端只需使连接一直处于打开状态。如果关闭连接，服务就不能通过它发送消息。

```
var binding = new WSDualHttpBinding();
var address = new EndpointAddress("http://localhost:8732/Service1");

ClientCallback clientCallback = new ClientCallback();
InstanceContext context = new InstanceContext(clientCallback);

DuplexChannelFactory<IMyMessage> factory =
    new DuplexChannelFactory<IMyMessage>(context, binding, address);

IMyMessage messageChannel = factory.CreateChannel();

messageChannel.MessageToServer("From the client");
```

启动服务主机和客户端应用程序，就可以实现双工通信。

## 43.9 小结

本章学习了如何使用 `Windows Communication Foundation` 在客户端和服务端之间通信。`WCF` 与 `ASP.NET Web` 服务一样，也独立于平台，但它提供了与 `.NET Remoting`、`Enterprise Services` 和消息队列类似的功能。

`WCF` 主要利用服务协定、数据协定和消息协定，来简化客户端和服务的独立开发，并支持独立的平台。可以使用几个属性定义服务的行为和对应操作。

我们还探讨了如何从服务提供的元数据中创建客户端，如何使用 `.NET` 接口协定来创建客户端。本章介绍了不同绑定选项的功能。`WCF` 不仅提供了独立于平台的绑定，还提供了在 `.NET` 应用程序之间快速通信的绑定。本章还探讨了如何创建自定义主机和如何使用 `WAS` 主机。如何定义回调接口，应用服务协定，在客户端应用程序中实现回调协定，实现双工通信。

后面几章继续介绍 `WCF` 的功能。第 44 章讨论 `Windows Workflow Foundation`，如何使用 `WCF` 与工作流实例通信。第 46 章解释如何通过 `WCF` 绑定使用断开连接的消息队列功能，第 47 章学习 `WCF` 的联合功能，第 51 章(参见光盘)学习如何集成 `Enterprise Services` 和 `WCF`。

# 第 44 章

## Windows WF 4

### 本章内容:

- 可以创建不同类型的工作流
- 描述一些内置活动
- 如何创建自定义活动
- 工作流概述

本章将概述 Windows Workflow Foundation 4(本章称之为 Workflow 4), 它提供了一个模型, 在该模型中, 可以使用一组构建块(称为活动)定义和执行进程。WF 还提供了一个设计器, 在默认情况下, 该设计器位于 Visual Studio 中, 允许将工具箱中的活动拖放到设计界面上, 从而创建一个工作流模板。

接着, 这个模板就可以以许多不同的方式执行, 本章将介绍这些方式。在工作流执行时, 它需要访问外界, 一般可以使用几个方法来访问外部世界。另外, 工作流也需要保存和还原其状态, 例如, 需要长时间等待时。

工作流由许多活动构成, 这些活动在运行时执行。活动可以发送电子邮件、更新数据库中的一行, 或在后端系统上执行一个事务。有许多内置活动, 它们用于一般性的工作, 也可以创建自己的自定义活动, 根据需要将它们插入工作流中。

在 Visual Studio 2010 中, 实际上有两个版本的 Workflow, 3.x 版本随 .NET Framework 3 一起发布, 版本 4 随 .NET Framework 4 一起发布。本章介绍 Workflow 的最新版本, 前一个版本的信息可参见第 57 章(见光盘)。

这两个版本有许多相同的功能, 但也有许多微妙的差别。如果是第一次使用 Workflow, 那么最好使用最新版本; 但如果已经在使用 3.x 版本, 第 57 章的一些提示将有助于您迁移到 Workflow 4 上。

本章从一个规范的例子 Hello World 开始, 每个人在面对一种新技术时都要使用这个例子。

### 44.1 Hello World 示例

Visual Studio 2010 包含在 .NET Framework 3.x 和 4 版本中创建工作流的内置支持。打开 New Project 对话框, 会看到一个工作流项目类型列表, 如图 44-1 所示。

确保从版本组合框中选中 .NET Framework 4, 再从可用的模板中选择 Workflow Console Application, 这会构建一个简单的控制台应用程序, 它包含工作流模板和执行这个模板的主程序。

接着, 把 WriteLine 活动从工具箱拖放到设计界面上, 就会得到如图 44-2 所示的工作流。

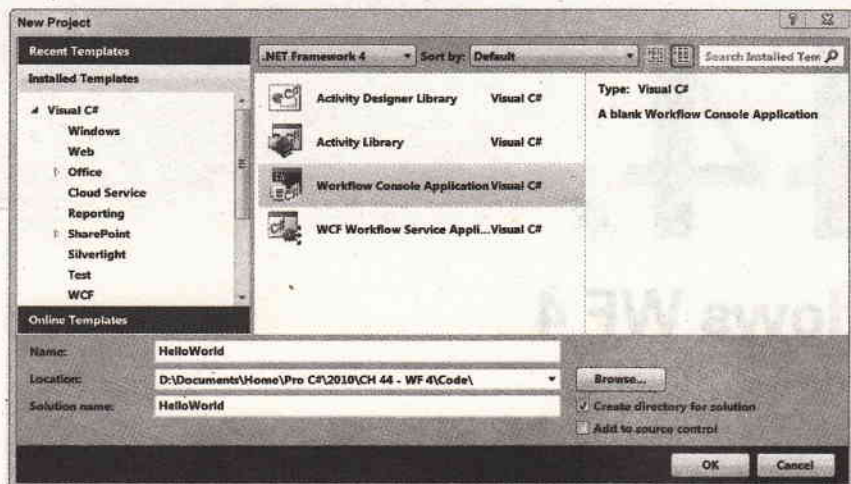


图 44-1

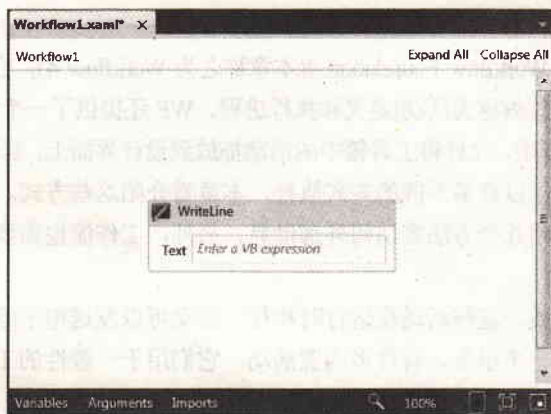


图 44-2

WriteLine 活动包含一个 Text 属性，在设置它时，可以在设计界面上直接输入文本，也可以显示属性网格。本章后面将介绍如何定义自定义活动，以使用这个相同行为。

Text 属性不仅仅是简单的字符串，实际上它定义为实参类型，该参数类型可以把一个表达式作为其源。在运行时计算表达式得到一个结果。这个文本结果会用作 WriteLine 活动的输入。要输入简单的文本表达式，必须使用双引号——如果在 Visual Studio 中按照上面的步骤操作，就在 Text 属性中输入“Hello World”。如果省略了引号，就会得到一个编译错误，因为没有引号，所以它不是一个合法的表达式。

如果构建并运行程序，就会在控制台上看到输出的文本。程序执行时，会在 Main()方法中创建工作流的一个实例，它使用 WorkflowInvoker 类的一个静态方法来执行该实例。这个示例的代码在 01\_HelloWorld 解决方案中。

WorkflowInvoker 类是 Workflow 4 新增的，它允许同步调用工作流。还有另外两个执行工作流的方法可以异步地执行工作流，参见本章后面的内容。在 Workflow 3.x 中也可以进行同步执行，但有时启动比较困难，而且系统开销比较大。

**WorkflowInvoker** 类的同步功能非常适用于运行短时间的工作流，以响应某些 UI 动作——可以使用工作流启用或禁用 UI 的某些元素。在 **Workflow 3.x** 中这也是可行的，但同步执行给定的工作流实例比较困难。

## 44.2 活动

工作流中的内容是一个活动，包括工作流本身。工作流是特殊类型的活动，它一般允许在其中定义其他活动，这称为复合活动，本章后面将介绍其他复合活动。活动是一个最终派生自 **Activity** 抽象类的类。

类层次结构比 **Workflow 3.x** 的定义更深，主要类如图 44-3 所示。

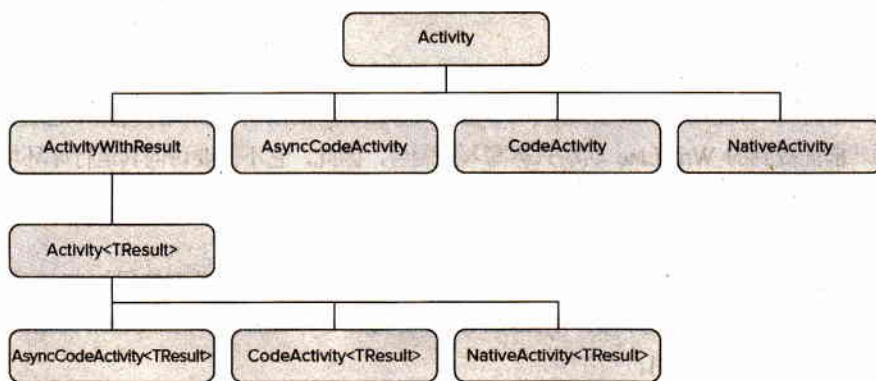


图 44-3

**Activity** 类是所有工作流活动的根，一般从第二层派生自定义活动。要创建一个简单的活动，如上面提到的 **WriteLine** 活动，应从 **CodeActivity** 中派生，因为这个类有足够的功能可以输出数据行。执行并返回某种形式的结果的活动应派生自 **ActivityWithResult** 类——注意这里最好使用泛型类 **Activity<TResult>**，因为它提供了一个强类型化的 **Result** 属性。

确定从哪个基类中派生是构建自定义活动时的主要问题，本章将通过一些示例来说明如何选择正确的基类。

为了让活动执行某个操作，一般应重写 **Execute()** 方法，它根据所选择的基类有许多不同的签名，这些签名如表 44-1 所示。

表 44-1

基 类	Execute() 方法
<b>AsyncCodeActivity</b>	<b>IAsyncResult</b> <b>BeginExecute</b> ( <b>AsyncCodeActivityContext</b> , <b>AsyncCallback</b> , <b>object</b> ) <b>void</b> <b>EndExecute</b> ( <b>AsyncCodeActivityContext</b> , <b>IAsyncResult</b> )
<b>CodeActivity</b>	<b>void</b> <b>Execute</b> ( <b>CodeActivityContext</b> )
<b>NativeActivity</b>	<b>void</b> <b>Execute</b> ( <b>NativeActivityContext</b> )

(续表)

基 类	Execute() 方法
AsyncCodeActivity<TResult>	IAsyncResult BeginExecute(AsyncCodeActivityContext, AsyncCallback, object) TResult EndExecute(AsyncCodeActivityContext, IAsyncResult)
CodeActivity<TResult>	TResult Execute (CodeActivityContext)
NativeActivity<TResult>	void Execute (NativeActivityContext)

注意, 传送给 Execute() 方法的参数不同, 因为它使用了特定于类型的执行上下文参数。在 Workflow 3.x 中, 只使用了一个 ActivityExecutionContext 类, 而在 Workflow 4 中, 可以为不同类别的活动使用不同的上下文。

主要区别是, 与 NativeActivityContext 相比, CodeActivityContext 和派生的 AsyncCodeActivityContext 的功能有限。这说明, 派生自 CodeActivity 和 AsyncCodeActivity 的活动可以执行的操作远远少于它们的容器。例如, 前面提到的 WriteLine 活动只需写入控制台, 因此, 它不需要访问其运行库环境。更复杂的活动需要调度其他子活动, 或与其他系统通信, 此时就需要从 NativeActivity 中派生, 以访问完整的运行库。在创建自己的自定义活动时, 会再次探讨这个主题。

WF 提供了许多标准活动, 下面几节将介绍其中一些活动的示例和使用这些活动的场合。Workflow 4 使用 3 个主要的程序集: System.Activities.dll、System.Activities.Core.Presentation.dll 和 System.Activities.Presentation.dll。

#### 44.2.1 If 活动

顾名思义, 这个活动的操作类似于 C# 中的 If-Else 语句。

把一个 if 活动拖放到设计界面上时, 就会看到一个标志符号, 如图 44-4 所示。If 是一个复合活动, 它包含两个子活动, 把两个子活动拖放到屏幕的 Then 和 Else 部分。

图 44-4 显示的 If 活动也包含一个图标, 表示需要定义 Condition 属性。在执行活动时判断这个条件, 如果它返回 true, 就执行 Then 分支; 否则执行 Else 分支。



图 44-4

因为 Condition 属性是一个表达式, 它等于一个布尔值, 所以可以在这里包含任意有效的表达式。

Workflow 4 包含一个使用 Visual Basic 语法的表达式引擎, 这对于 C# 程序员似乎很奇怪, 因为 Visual Basic 与 C# 大不相同。但因为目前是这样, 所以要使用内置活动, 必须学习 Visual Basic。只要记住 Visual Basic 的语法要非常详细, 并且删除分号即可。

表达式可以引用工作流中定义的任意变量, 也可以访问 .NET framework 中的许多静态类。所以可以根据 Environment.Is64BitOperatingSystem 值定义表达式, 假定这对工作流的某部分非常重要。一般情况下, 可以定义传递到工作流中的实参, 然后就可以在 If 活动中由表达式计算该实参。本章后面会讨论实参和变量。



## 44.2.2 InvokeMethod 活动

这是最有用的活动之一，它允许执行已有的代码，有效地把这些代码封装在工作流的执行语义中。我们一般有许多预先已有的代码，这个活动允许直接从工作流中调用这些代码。

使用 InvokeMethod 调用代码有两种方式，使用哪种方式取决于调用静态方法还是实例方法。如果要调用静态方法，就需要定义 TargetType 和 MethodName 参数。但如果调用实例方法，就使用 TargetObject 和 MethodName 属性，在这个实例中，TargetObject 可以内联创建，它也可以是在工作流的某个地方定义的变量。02\_ParallelExecution 示例中的代码显示了使用 InvokeMethod 活动的两种模式。

如果需要给调用的方法传递参数，就可以使用 Parameters 集合定义它们。集合中参数的顺序必须匹配方法中参数的顺序。另外，还有一个 Result 属性，它设置为函数调用的返回值。可以在工作流中把它绑定到一个变量上，以恰当地使用该值。

## 44.2.3 Parallel 活动

Parallel 活动名不符实，因为初看起来，可能认为这个活动似乎在多处理器计算机上以并行方式调度其子活动，实际上并非如此，但一些特殊情况除外。

把一个 Parallel 活动拖放到设计界面上后，就可以拖放其他子活动，如图 44-5 所示。

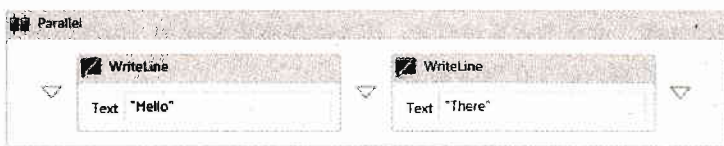


图 44-5

这些子活动可以是单一的活动，如图 44-5 所示，它们也可以来自一个复合活动，如 Sequence 或另一个 Parallel 活动。

在运行期间，Parallel 活动会调度每个直接的子活动，以执行它们。底层的运行库执行引擎会以 FIFO(先进先出)方式调度这些子活动，因此提供了并行执行的假象，但它们仅运行在一个线程上。

为了包含真正的并行执行方式，拖放到 Parallel 活动中的活动必须派生自 AsyncCodeActivity 类。02\_ParallelExecution 中的示例代码包含一个例子，它演示了如何在 Parallel 活动的两个分支中异步地处理代码。图 44-6 显示了一个 Parallel 活动中使用两个 InvokeMethod 活动的情况。

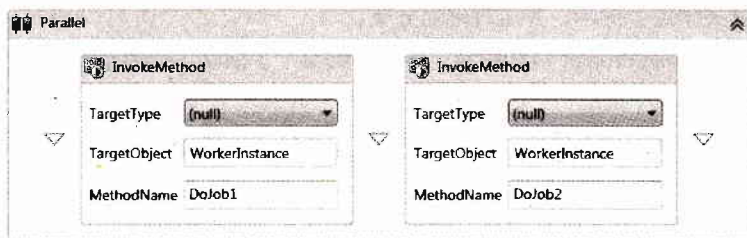


图 44-6

这里使用的 InvokeMethod 活动调用了两个简单的方法 DoJob1 和 DoJob2，它们分别休眠 2 分钟和 3 分钟。为了异步地运行这些方法，需要进行最后一个修改。InvokeMethod 活动的布尔属性 RunAsynchronously 默认为 False。在 UI 中把这个属性设置为 True，就会异步地调用目标方法，因此

允许 Parallel 活动同时执行多个活动。在单处理器的计算机中, 会执行两个线程, 造成了同时执行的假象。而在多处理器的计算机上, 这些线程可能在不同的内核上调度, 所以提供了真正的并行执行方式。如果创建自己的活动, 就应把它们创建为异步活动, 这样最终用户就可以获得并行执行的好处。

#### 44.2.4 Delay 活动

业务进程常常需要等待一段时间才能完成——考虑使用 workflow 进行费用申请的过程。workflow 给经理发送一封电子邮件, 要求他批准某个费用申请。之后 workflow 进入等待状态, 等待直接经理批准(或者不批准), 这里最好定义一个超时时间。如果在 1 天时间内没有返回响应, 费用申请就路由给命令链中的下一个经理。

Delay 活动可以实现这个情形的一部分(另一个部分是下一节定义的 Pick 活动), 其任务是等待预定义的时间, 之后继续执行 workflow。

Delay 活动包含一个 Duration 属性, 它可以设置为一个离散的 TimeSpan 值, 但因为该属性定义为一个表达式, 所以其值可以在 workflow 中链接到一个变量上, 或者根据需要从其他值中计算出来。

执行 workflow 时, workflow 会进入 Idle 状态, 在这个状态下, workflow 会运行 Delay 活动。空闲的 workflow 将等待持久化——此时把 workflow 实例数据存储在永久介质中(如 SQL Server 数据库), workflow 本身可以从内存中卸载。这会节省系统资源, 因为在任意给定时刻, 内存中都只需要正在运行的 workflow。任何延迟的 workflow 会持久化到磁盘上。

#### 44.2.5 Pick 活动

一个常见的编程结构是等待一组可能的事件中的某个事件, 如 System.Threading 名称空间中 WaitHandle 类的 WaitAny() 方法。Pick 活动是 workflow 中等待事件发生的一种方式, 因为它可以定义任意多个分支, 每个分支在运行之前都可以等待一个触发器动作的发生。引发触发器后, 就会执行 workflow 中的其他活动。

作为一个具体的示例, 考虑上一节的费用申请 workflow 过程。这里的 Pick 活动有 3 个分支: 第一个分支处理所接受的申请, 第二个分支处理被拒绝的申请, 第三个分支处理超时情况。

这个例子的代码在下载代码的 03\_PickDemo 文件夹下。它包含一个示例 workflow, 该 workflow 由一个 Pick 活动和 3 个分支组成。在运行该 workflow 时, 会提示用户接受或拒绝申请。如果过了 10 秒钟或更长时间, 它就关闭这个提示, 并运行延迟分支。

在这个例子中, DisplayPrompt 活动用作 workflow 中的第一个活动, 它会调用在接口上定义的方法, 该接口会提示经理批准或不批准——因为这个功能定义为接口, 所以该提示可以是电子邮件、IM 消息或用其他方式通知经理, 需要处理一个费用申请。之后, workflow 执行 Pick 活动, 等待这个外部接口的输入(批准或不批准), 同时也在等待某个延迟。

在执行 Pick 活动时, 它实际上会将一个等待操作放在每条分支的第一个活动中。在触发一个事件时, 会取消其他所有等待事件, 并处理在其中触发了事件的其他分支。所以, 在批准了费用报告的情况下, WaitForAccept 活动就完成了, 接着下一个动作是输出一条配置消息。但如果经理没有批准该费用申请, WaitForReject 活动就完成了, 然后输出一条拒绝消息。

最后, 如果 WaitForAccept 和 WaitForReject 活动都没有完成, WaitForTimeout 活动就会在延迟时间过后完成, 并且费用报告可以路由给下一个经理——可能在 Active Directory 中查找这个人。在

本示例中，执行 `DisplayPrompt` 活动时，会给用户显示一个对话框。所以如果执行延迟活动，则还需要关闭这个对话框，而这就是图 44-7 中 `ClosePrompt` 活动的作用。

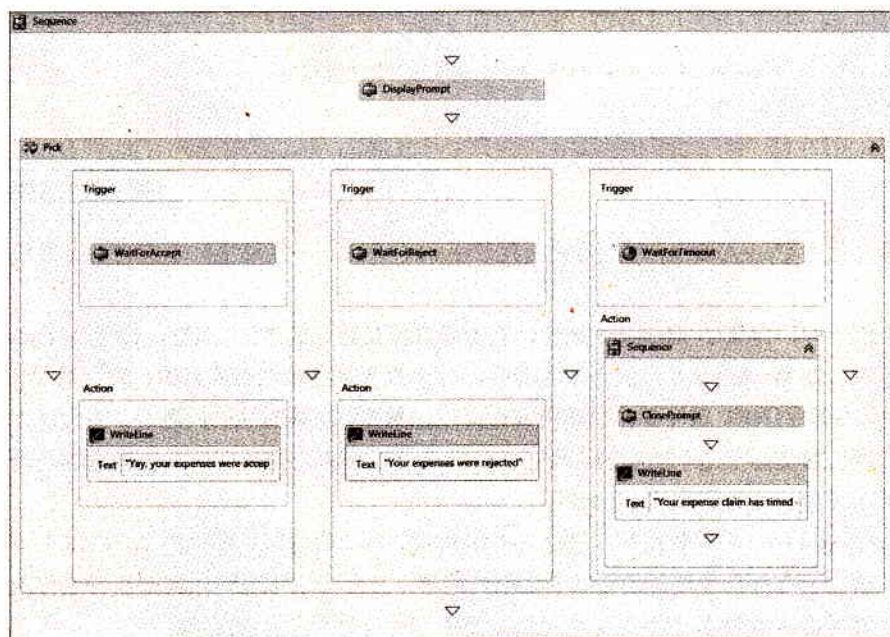


图 44-7

该例使用了一些前面没有介绍的概念，如如何编写自定义活动或等待外部事件，这些主题将在本章后面探讨。

### 44.3 自定义活动

前面使用的都是在 `System.Activities` 名称空间中定义的活动。本节将学习如何创建自定义活动，扩展它们，在设计时和运行时为用户提供更好体验。

首先，创建 `DebugWrite` 活动，在调试版本中将一行文本输出到控制台上。这是一个简单的示例，后面将扩展它，使用这个示例介绍自定义活动的所有可用选项。在创建自定义活动时，可以仅在工作流项目中构建一个类，但最好在一个独立的程序集中构建自定义活动，因为 Visual Studio 的设计环境(特别是和工作流项目)会从程序集中加载活动，并能在试图更新程序集时锁定它。所以，应创建一个简单的类库项目，在其中构建自定义活动。本例的代码在 `04_CustomActivities` 项目中。

简单的活动，如 `DebugWrite` 活动，直接派生自 `CodeActivity` 基类。下面的代码构建一个活动类，并定义一个 `Message` 属性，在执行活动时会显示该属性：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
using System;
using System.Activities;
using System.Diagnostics;

namespace Activities
{
    public class DebugWrite : CodeActivity
    {
```

```

[Description("The message output to the debug stream")]
public InArgument<string> Message { get; set; }

protected override void Execute(CodeActivityContext context)
{
    Debug.WriteLine(Message.Get(context));
}

```

代码下载 04\_CustomActivities

在调度并执行 `CodeActivity` 时，会调用其 `Execute()` 方法——活动实际上应在这个方法中执行一些操作。

在这个例子中，定义了 `Message` 属性，它看起来像是普通的 .NET 属性，但它在 `Execute()` 方法中的用法不同。在 `Workflow 4` 中的许多改变中，一个改变是存储状态数据的位置。在 `Workflow 3.x` 中，常常使用标准的 .NET 属性并在活动内部存储活动数据。这种方法的问题是，因为这个存储器对工作流运行库引擎实际上是不透明的，所以为了持久化工作流，必须在所有已构建的活动上实现二进制持久性，才能忠实地还原它们的数据。

在 `Workflow 4` 中，所有数据都存储在各个活动的外部。所以这里的模型是，应从上下文中获得实参的值，给上下文提供要设置的实参的新值。这样，工作流引擎就可以跟踪执行工作流时状态的变化，且仅存储在持久性点之间有变化的值，而不是存储整个工作流数据。

在 `Message` 属性上定义的 `[Description]` 特性将在 `Visual Studio` 的属性网格中使用，以提供该特性的额外信息，如图 44-8 所示。

显然，这个活动肯定是可以使用的，但是，有几个地方应该调整从而使这个活动更友好。与本章前面的 `Pick` 活动一样，它有一些强制的属性，若没有定义，就会在设计界面上生成错误。为了使活动有相同的行为，需要扩展代码。

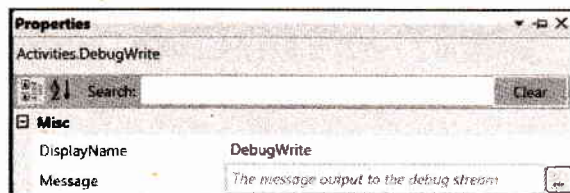


图 44-8

### 44.3.1 活动的验证

把活动放在设计界面上时，`Designer` 就会在两个地方查找验证信息。最简单的验证形式是给参数属性添加一个 `[RequiredArgument]` 特性。如果没有定义该参数，就在活动名的右边显示一个感叹号标志符号，如图 44-9 所示。

如果把鼠标悬停在感叹号上，就会显示一个工具提示“没有给活动的必选参数 ‘`Message`’ 提供值”。因为这是一个编译错误，所以需要为这个参数定义一个值，之后就可以执行应用程序了。

如果有相关的多个属性，就可以重写 `CacheMetadata()` 方法，以添加一些额外的验证代码。在执行活动之前调用这个方法，在其中可以检查所定义的必选参数，还可以给传递过来的参数选择性的添加额外的元数据。也可以在传递给 `CacheMetadata()` 方法的 `CodeActivityMetadata` 对象上调用 `AddValidationError()` 方法的一个重写版本，从而添加额外的验证错误(或警告)。



图 44-9

既然完成了活动的验证后，接下来就要修改活动的呈现行为，当前的 Designer 提供了这个用户体验，而且这个功能会使活动变得更有趣。

### 44.3.2 设计器

当活动呈现在屏幕上时，一般会把一个设计器关联到活动上。设计器的工作是为活动提供屏幕上的表示形式，在 Workflow 4 中，这种表示形式放在 XAML 中。如果以前没有使用过 XAML，在继续之前应阅读第 35 章。

活动在设计期间的体验一般在一个独立于活动的程序集中创建，因为这个设计体验在运行期间是不需要的。Visual Studio 包含一个 Activity Designer Library 项目类型，这是一个理想的起点，因为在使用这个模板创建项目时，会得到一个默认的活动设计器，接着就可以根据需要修改它。

在设计器的 XAML 中，可以提供任何内容，包括动画。在用于用户界面时，少通常意味着多，建议查看先前已有的活动，了解应提供什么内容合适。

首先，创建一个简单的设计器，把它关联到 DebugWrite 活动上。下面的代码显示了在项目中添加活动设计器(或构建新的活动设计器库项目)时创建的模板。这些代码也在 04\_CustomActivities 解决方案中。



```
<sap:ActivityDesigner x:Class="Activities.Presentation.DebugWriteDesigner"
  xmlns="http://schemas.microsoft.com/winfx/2006/xaml/presentation"
  xmlns:x="http://schemas.microsoft.com/winfx/2006/xaml"
  xmlns:sap="clr - namespace:System.Activities.Presentation;
    assembly=System.Activities.Presentation"
  xmlns:sapv="clr - namespace:System.Activities.Presentation.View;
    assembly=System.Activities.Presentation">
  <Grid>
  </Grid>
</sap:ActivityDesigner>
```

代码下载 04\_CustomActivities

所创建的 XAML 仅构建了一个网格，还包含一些导入的名称空间，本例的活动需要这些名称空间。显然，因为在模板中没有什么内容，所以首先添加用于定义消息的标签和文本框：

```
<Grid>
  <Grid.ColumnDefinitions>
    <ColumnDefinition Width="Auto"/>
    <ColumnDefinition Width="**"/>
  </Grid.ColumnDefinitions>
  <TextBlock Text="Message" Margin="0,0,5,0"/>
  <TextBox Text="{Binding Path=ModelItem.Message, Mode=TwoWay}"
    Grid.Column="1"/>
</Grid>
```

这些 XAML 在活动的 Message 属性和文本框之间构建了一个绑定。在设计器的 XAML 中，总是可以使用 ModelItem 引用，来引用正在设计的活动。

为了把上述定义的设计器和 DebugWrite 活动关联起来，还需要修改活动，添加 Designer 属性(也可以实现 IRegisterMetadata 接口，但本章没有进一步介绍这种方式)：

```
[Designer("Activities.Presentation.DebugWriteDesigner, Activities.Presentation")]
```

```
public class DebugWrite : CodeActivity
{
    ...
}
```

这里使用[Designer]特性定义设计器和活动之间的链接。最好使用这个特性的字符串版本，因为这样可以确保在活动程序集内部不引用设计程序集。

现在，在 Visual Studio 中使用 DebugWrite 活动的一个实例时，会得到如图 44-10 所示的结果。



图 44-10

但其问题是 Message 属性——它没有显示在属性网格中定义的值，如果尝试在文本框中输入它的值，就会接收到一个异常。原因是这表示我们试图把一个简单的文本值绑定到 InArgument<string> 类型上，为了使这个绑定成功，需要使用 Workflow 4 中的另外一对内置类 ExpressionTextBox 和 ArgumentToExpressionConverter。现在，设计器的完整 XAML 如下所示。添加或修改的代码行用粗体表示。



```
<sap:ActivityDesigner x:Class="Activities.Presentation.DebugWriteDesigner"
  xmlns="http://schemas.microsoft.com/winfx/2006/xaml/presentation"
  xmlns:x="http://schemas.microsoft.com/winfx/2006/xaml"
  xmlns:sap="clr-namespace:System.Activities.Presentation;
    assembly=System.Activities.Presentation"
  xmlns:sapv="clr-namespace:System.Activities.Presentation.View;
    assembly=System.Activities.Presentation"
  xmlns:sadc="clr-namespace:System.Activities.Presentation.Converters;
    assembly=System.Activities.Presentation"
  >
  <sap:ActivityDesigner.Resources>
    <sadc:ArgumentToExpressionConverter x:Key="argConverter"/>
  </sap:ActivityDesigner.Resources>
  <Grid>
    <Grid.ColumnDefinitions>
      <ColumnDefinition Width="Auto"/>
      <ColumnDefinition Width="*" />
    </Grid.ColumnDefinitions>
    <TextBlock Text="Message" Margin="0,0,5,0" />
    <sapv:ExpressionTextBox Grid.Column="1"
      Expression="{Binding Path=ModelItem.Message, Mode=TwoWay,
        Converter={StaticResource argConverter},
        ConverterParameter=In}"
      OwnerActivity="{Binding ModelItem}" />
  </Grid>
</sap:ActivityDesigner>
```

代码下载 04\_CustomActivitiesFirst

文件包含一个新的名称空间 System.Activities.Presentation.View，其中包含的转换器可用于在屏幕上的表达式和活动的 Message 属性之间进行转换。这里是 ArgumentToExpressionConverter，把它添加到 XAML 文件的资源中。

接着用 ExpressionTextBox 替换标准的 TextBox 控件。除了简单的文本之外，这个控件还允许用户输入表达式，这样 DebugWrite 活动就可以包含一个表达式，该表达式合并了正在运行的工作流中

的许多值，而不仅仅是简单的文本字符串。进行了这些修改后，`DebugWrite` 活动就比较类似于内置活动。

### 44.3.3 自定义复合活动

活动的一个常见需求是创建复合活动，即包含其他子活动的活动。例如，前面的 `Pick` 活动和 `Parallel` 活动。复合活动的执行完全由程序员负责，例如可以执行一个随机活动，它仅调度自身的其中一个子活动，或者根据当前日期是星期几调度绕过某些子活动的一个活动。最简单的执行模式是执行所有子活动，但开发人员可以确定如何执行子活动，以及活动何时完成。

创建的第一种类型的复合活动是“重试”活动。我们常常会尝试一个操作，如果它失败，就重试若干次。这个活动的伪代码如下所示：

```
int iterationCount = 0;
bool looping = true;
while ( looping )
{
    try
    {
        // Execute the activity here
        looping = false;
    }
    catch (Exception ex)
    {
        iterationCount += 1;
        if ( iterationCount >= maxRetries )
            rethrow;
    }
}
```

我们会作为一个活动复制上面的代码，再把要执行的活动插入注释所在的位置。这些工作会在自定义活动的 `Execute()` 方法中进行。还有另一种方式——可以使用其他活动编写整个活动。此时需要创建一个自定义活动，其中包含一个“洞”，最终用户可以把要重试的活动放在这里，再设置最多重试次数对应的一个属性。下面的代码演示了这个过程：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
public class Retry : Activity
{
    public Activity Body { get; set; }

    [RequiredArgument]
    public InArgument<int> NumberOfRetries { get; set; }

    public Retry()
    {
        Variable<int> iterationCount =
            new Variable<int> ( "iterationCount", 0 );
        Variable<bool> looping = new Variable<bool> ( "looping", true );

        this.Implementation = () =>
        {
            return new While
            {
                Variables = { iterationCount, looping },
            }
        }
    }
}
```





属性，它用于指定尝试操作的次数。

这个自定义活动直接派生自 `Activity` 类，它把实现代码提供一个函数。执行包含这个活动的工作流时，实际上它会执行该函数，该函数提供了一个类似于前面伪代码定义的运行时执行路径。在构造函数中，创建活动使用的局部变量，再构建一组匹配伪代码的活动。这个示例的代码也在 04\_CustomActivities 解决方案中。

有了上面的代码，还可以推断出，也可以创建没有 XAML 的工作流——没有设计体验(即，不能拖放活动，以生成代码)，但是，如果我们只需要代码，就没有理由不使用它来替代 XAML。

既然有自定义复合活动，就还需要定义一个设计器。这里需要一个活动，它包含一个可拖放另一个活动的占位符。如果查看其他标准活动，就会发现有几个体现类似行为的标准活动，如 `If` 和 `Pick` 活动。理想情况下，因为自定义活动的工作方式应与内置活动类似，所以现在看看它们的实现方式。

如果使用 `Reflector` 查看工作流库，就会发现其中缺乏设计器的 XAML。这是因为它作为一组资源编译到程序集中。使用 `Reflector` 可以查看这些资源，但首先需要下载 `BAML` 查看器插件。因为 `BAML` 查看器会反编译二进制的 `BAML` 格式，并生成文本，所以可以使用这些文本查看标准活动使用的 XAML。要查找 `BAML` 查看器，可在线搜索 `Reflector BAML viewer`，很快就会找到它。

把插件加载到 `Reflector` 中时，会加载 `System.Activities.Presentation` 程序集，再单击 `Tools` 菜单上的 `BAML Viewer` 菜单项，这会显示当前加载的程序集中所有 `BAML` 资源对应的一个列表，接着就可以查看对应的示例，从而找到一些示例 XAML。

我使用这个方法了解用于内置活动的 XAML，这有助于构建如图 44-11 所示的 `Retry` 活动示例。

这个活动的关键是 `WorkflowItemPresenter` 类，它在 XAML 中用于定义子活动的占位符，其定义如下：

```
<sap:WorkflowItemPresenter IsDefaultContainer="True"
    AllowedItemType="{x:Type sa:Activity}"
    HintText="Drop an activity here" MinWidth="100" MinHeight="60"
    Item="{Binding Path=ModelItem.Body, Mode=TwoWay}"
    Grid.Column="1" Grid.Row="1" Margin="2">
```

把这个控件绑定到 `Retry` 活动的 `Body` 属性上，`HintText` 定义了没有给控件添加子活动时显示的帮助文本。XAML 还包含一些样式，这些样式用于显示设计器的展开或折叠版本——这确保自定义活动的工作方式与内置活动相同。这个示例的所有代码和 XAML 都在 04\_CustomActivities 解决方案中。

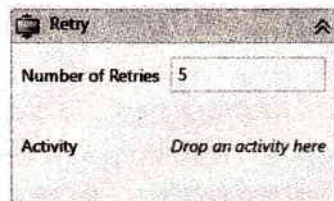


图 44-11

## 44.4 工作流

到目前为止，本章主要探讨了活动，但没有讨论工作流。工作流只是一个活动列表，实际上工作流本身是活动的另一个类型。使用这个模型可以简化运行库引擎，因为运行库引擎只需知道如何执行一种对象——派生自 `Activity` 类的任何对象。

前面介绍了 `WorkflowExecutor` 类，它可以用于执行工作流。但如前所述，这只是执行工作流的一种方式，执行工作流有 3 个不同的选项，每个选项都有不同的功能。在学习执行工作流的其他方

式之前，先探讨一下实参和变量。

#### 44.4.1 实参和变量

工作流可以看作程序，任何编程语言的其中一方面是可以创建变量，把实参传入传出程序。自然，Workflow 4 也支持这些结构，本节将介绍如何定义实参和变量。

首先，假定工作流处理一个保险单，所以要传递给工作流的一个实参是保险单 ID。为了定义工作流的实参，需要进入 Designer，单击左下角的 Arguments 按钮，这会列出为工作流定义的实参列表，如图 44-12 所示，也可以在这里添加自己的实参。

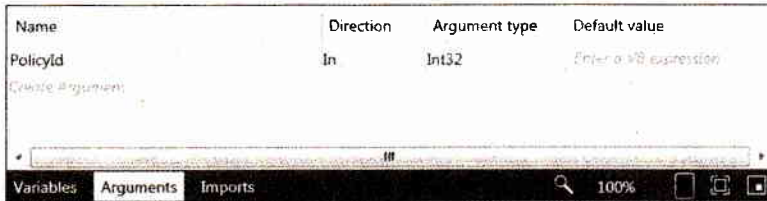


图 44-12

要定义实参，需要指定实参的 Name、Direction(可以是 In、Out 或 InOut)和数据类型。还可以选择指定默认值，如果没有提供实参，就使用默认值。

实参的方向用于确定该实参是用作工作流的输入还是输出，如果使用 InOut 方向，该实参就用作工作流的输入和输出。

本章第一节描述了如何使用 WorkflowInvoker 类执行工作流。Invoke()方法有几个重写版本，可它们用于给工作流传递实参。它们作为一个名称/值对字典传递，其中名称必须精确匹配实参的名称，这个匹配区分大小写。下面的代码用于给工作流传递一个 PolicyId 值——这个示例的代码在 05\_ArgsAndVars 解决方案中。



```
Dictionary<string, object> parms = new Dictionary<string, object> ();
parms.Add("PolicyId", 123);
WorkflowInvoker.Invoke(new PolicyFlow(), parms);
```

代码下载 05\_ArgsAndVars

接着调用工作流，从字典中把 PolicyId 传递给指定的参数。如果在字典中提供的名称没有对应的实参，就抛出一个 ArgumentException 异常。相反，如果没有给 In 实参提供值，就不抛出异常。这好像是错误的——我们希望对于任何未定义的 In 实参抛出一个 ArgumentException 异常，而如果传递了过多的实参，则不抛出异常。

工作流完成时，可能希望检索输出实参。为此，WorkflowInvoker.Invoke()方法有一个特定的重写版本，它返回一个字典。这个字典只包含 Out 或 InOut 实参。

在工作流中，可能希望定义变量。在 Workflow 3.x 的 XAML 工作流中，这可不容易实现，但在 Workflow 4 中，已经解决了这个问题，可以轻松地在 XAML 中定义形参。

与任何编程语言一样，工作流变量也有作用域。在工作流的根活动中定义变量，就可以定义全局变量，这些变量可用于工作流中的所有活动，它们的生命周期与工作流的生命周期联系在一起。

还可以在各个活动中定义变量，此时这些变量就只能用于定义该变量的活动，以及该活动的子

活动。一旦该活动完成了，其变量就超出了作用域，且不再能访问了。

#### 44.4.2 WorkflowApplication

尽管 `WorkflowInvoker` 类对于同步执行工作流很有用，但我们可能需要长时间运行的工作流，它们可以持久化到数据库中，在将来的某个时刻需要提取出来。此时应使用 `WorkflowApplication` 类。

`WorkflowApplication` 类类似于 `Workflow 3` 中存在的 `WorkflowRuntime` 类，在 `Workflow 3` 允许运行工作流，也允许响应在该工作流实例上发生的事件。可以使用 `WorkflowApplication` 类编写的最简单的程序如下所示：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
WorkflowApplication app = new WorkflowApplication(new Workflow1());
ManualResetEvent finished = new ManualResetEvent(false);
app.Completed = (completedArgs) => { finished.Set(); };
app.Run();
finished.WaitOne();
```

代码下载 06 WorkflowApplication

这个程序构造一个工作流应用程序实例，并关联到该实例的 `Completed` 委托上，以设置一个手工重置的事件。调用 `Run()` 方法启动工作流的执行，最后代码等待触发事件。

这揭示了 `WorkflowExecutor` 和 `WorkflowApplication` 之间的一个主要区别——后者是异步的。调用 `Run()` 方法时，系统会使用线程池中的一个线程执行工作流，而不使用主调线程。因此，需要某种形式的同步，才能确保包含工作流的应用程序在工作流完成之后退出。

长时间运行的工作流一般有许多休眠阶段——大多数工作流的执行行为可以描述为间歇执行的阶段。在工作流的开头一般要做某项工作，接着等待某个输入或延迟，接收到这个输入后，就进行处理，再进入下一个等待状态。

所以，工作流休眠时，最好从内存中卸载它，再在事件触发工作流继续执行时，再重新加载工作流。为此，需要给 `WorkflowApplication` 类添加一个 `InstanceStore` 对象，再对前面的代码进行其他一些小的修改。在架构中，抽象类 `InstanceStore` 有一个实现方式 `SqlWorkflowInstanceStore`。为了使用这个类，首先需要有一个数据库，其脚本默认位于 `C:\Windows\Microsoft.NET\Framework\v4.0.21006\SQL\en` 目录下。注意版本号会改变。

在这个目录下有许多 SQL 文件，我们需要的两个是 `SqlWorkflowInstanceStoreSchema.sql` 和 `SqlWorkflowInstanceStoreLogic.sql`。可以对已有的数据库运行这两个文件，也可以根据需要创建全新的数据库。还可以使用完整的 SQL Server 安装或 SQL Express 安装。

一旦有了数据库，就需要对宿主代码进行一些修改。首先，需要构造 `SqlWorkflowInstanceStore` 的一个实例，再把它添加到工作流应用程序中：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
SqlWorkflowInstanceStore store = new SqlWorkflowInstanceStore
(ConfigurationManager.ConnectionStrings["db"].ConnectionString);
AutoResetEvent finished = new AutoResetEvent(false);
WorkflowApplication app = new WorkflowApplication(new Workflow1());
app.Completed = (e) => { finished.Set(); };
```

```

app.PersistableIdle = (e) => { return PersistableIdleAction.Unload; };
app.InstanceStore = store;

app.Run();

finished.WaitOne();

```

代码下载 06 WorkflowApplication

粗体的代码行是添加到前面示例中的新代码。另外注意，在工作流应用程序中还给 `PersistableIdle` 委托添加了一个事件处理程序。执行工作流时，它会运行尽可能多的活动，直到没有工作可做为止。此时，工作流就会转换到 `Idle` 状态，空闲的工作流是持久化的备用工作流。`PersistableIdle` 委托用于确定应对空闲的工作流进行什么操作。默认什么都不做，然而，也可以指定 `PersistableIdleAction.Persist`，它会接受工作流的一个副本，并把它存储在数据库中，但工作流仍位于内存中，还可以指定 `PersistableIdleAction.Unload`，它会持久化工作流，之后卸载工作流。

也可以使用 `Persist` 活动请求持久化工作流，但如果通过调用 `NativeActivityContext` 的 `RequestPersist()` 方法，使自定义活动派生自 `NativeActivity`，自定义活动编写器还可以请求持久化工作流。

现在有一个问题：可以从内存中卸载工作流，并把它存储在持久性存储器中，但如何从存储器中检索工作流，再次执行它？

## 1. 书签

书签的传统用法是标记图书中的一页，以便从同一个地方开始继续阅读。在工作流的上下文中，书签指定了一个位置，以便从这个位置开始继续运行工作流，等待外部输入时，一般会使用书签。

例如，我们可能要等待应用程序处理保险报价。最终用户在线生成一个报价单，显然，存在与这个报价单相关联的一个工作流。因为报价单可能仅在 30 天内有效，所以在 30 天后应使该报价失效。同样，也可能请求无索赔的证明，如果该证明没有在指定时间内提供，就取消保险单。于是，这个工作流有许多执行阶段，在其他时间，工作流会处于休眠状态，此时就可以从内存中卸载工作流。但在卸载之前，需要在工作流中定义一点，可以从该点处恢复处理，此时就应使用书签。

要定义书签，需要一个派生自 `NativeActivity` 的自定义活动。接着在 `Execute()` 方法中创建一个书签，在恢复该书签时，就继续执行代码。下面的示例活动定义一个简单的 `Task` 活动，该活动创建一个书签，在书签处恢复执行后，活动就完成了。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

public class Task : NativeActivity<Boolean>
{
    [RequiredArgument]
    public InArgument<string> TaskName { get; set; }

    protected override bool CanInduceIdle
    {
        get { return true; }
    }

    protected override void Execute(NativeActivityContext context)
    {
        context.CreateBookmark(TaskName.Get(context),
            new BookmarkCallback(OnTaskComplete));
    }
}

```

```

private void OnTaskComplete(NativeActivityContext context,
    Bookmark bookmark, object state)
{
    bool taskOK = Convert.ToBoolean(state);

    this.Result.Set(context, taskOK);
}
}

```

---

代码下载 06 WorkflowApplication

对 `CreateBookmark` 的调用传递了书签名和一个回调函数。这个回调函数在恢复书签时执行。给回调函数传递了一个任意对象，在本例中是一个布尔值，因为每个任务都应报告其成功或失败，所以使用这个布尔值可以确定工作流的后续步骤。可以给工作流传递任意对象，它可以是带许多字段的复杂类型。

这就是编写好的活动。现在需要修改宿主代码，以便在书签处恢复执行。但这有另一个问题：宿主代码如何知道工作流创建了一个书签？如果主机应从书签处恢复执行，主机就需要知道存在一个书签。

上面创建的 `Task` 活动需要多做一些工作，告诉外界已经创建了一个任务。在产品系统中，这一般导致在队列表中存储一项，这个队列会对调用中心人员显示为一个作业列表。

与宿主的通信参见下一节。

## 2. 扩展

扩展仅是添加到工作流应用程序的运行环境中的一个类或接口。在 `Workflow 3.x` 中，这些扩展称为服务，但因为该服务与 `WCF` 服务冲突，所以在 `Workflow 4` 中，把它们重命名为扩展。

一般给扩展定义一个接口，再提供该接口在运行期间的实现代码。自定义活动只需调用该接口，并允许根据需要修改该实现代码。扩展的一个例子是发送电子邮件。可以创建一个 `SendEmail` 活动，它在其 `Execute()` 方法中调用扩展，再定义一个基于 `SMTP` 的电子邮件扩展或基于 `Exchange` 的 `Outlook` 扩展，以便在运行期间实际发送电子邮件。自定义活动不需要改为使用任意电子邮件提供程序，只需修改应用程序配置文件，插入一个新的电子邮件提供程序即可。

对于 `task` 示例，需要一个扩展，在 `Task` 活动在其书签处等待时获得通知。这可以把书签名和其他相关信息写入一个数据库中，这样任务队列就可以显示给用户。使用下面的接口定义这个扩展：

```

public interface ITaskExtension
{
    void ExecuteTask(string taskName);
}

```

接着，就可以修改 `Execute()` 方法，以更新 `Task` 活动，从而通知任务扩展，它正在执行：

```

protected override void Execute(NativeActivityContext context)
{
    context.CreateBookmark(TaskName.Get(context),
        new BookmarkCallback(OnTaskComplete));
    context.GetExtension<ITaskExtension>().
        ExecuteTask(TaskName.Get(context));
}

```

在传递给 Execute() 方法的 context 对象中查询 ITaskExtension 接口，接着代码调用 ExecuteTask() 方法。因为 WorkflowApplication 维护着一个扩展集合，所以可以创建一个实现这个扩展接口的类，该类可用于维护任务列表。然后构建并执行一个新的 workflow，每个任务都通知该扩展执行它的时间。另一个进程会查看任务列表，并显示给最终用户。

为了使示例代码简单一些，我们只创建了一个 workflow 实例。这个实例包含一个 Task 活动和后面的一个 If 活动，根据用户接受或拒绝任务来输出相应的消息。

### 3. 组合在一起

现在可以运行、持久化和卸载 workflow，通过书签把事件发送给 workflow。最后一部分是重新加载 workflow。使用 WorkflowApplication 时，可以调用 Load，并传递 workflow 的唯一 ID。每个 workflow 都有唯一的 ID，调用 ID 属性可以从 WorkflowApplication 对象中检索该 ID。所以在伪代码中，包含 workflow 的应用程序如下所示：

```
WorkflowApplication app = BuildApplication();
Guid id = app.Id;
app.Run();
// Wait for a while until a task is created, then reload the workflow
app = BuildApplication();
app.Load(id);
app.ResumeBookmark()
```

所提供的示例代码比前面的代码复杂一些，因为它还包含 ITaskExtension 接口的实现代码，但代码遵循前面的模式。注意对 BuildApplication() 方法的两个调用。它们在代码中用于构建一个 WorkflowApplication 实例，并设置所有需要的属性，例如，InstanceStore 以及用于 Completed 和 PersistableIdle 的委托。在第一个调用之后，执行 Run() 方法，这会开始执行 workflow 的一个新实例。

因为第二次加载应用程序是在一个持久性点后，所以在这个持久性点之前卸载了 workflow，于是，应用程序实例也删除了。于是我们构建一个新的 WorkflowApplication 实例，但不是调用 Run() 方法，而调用 Load()，它使用持久性提供程序从数据库中加载已有的实例。调用 ResumeBookmark() 函数来恢复执行这个实例。

如果运行该示例，就会在屏幕上看到一个提示。尽管这个提示显示在屏幕上，但会持久化并卸载 workflow。运行 SQL Server Management Studio，执行如图 44-13 所示的命令，就可以验证这一点。

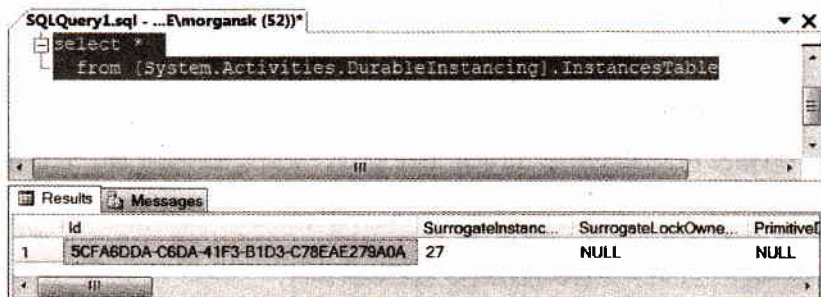


图 44-13

workflow 实例存储在 System.Activities.DurableInstancing 模式的 InstancesTable 中。如图 44-13 所示

的项是运行在某台计算机上的工作流的持久化实例。

继续执行这个工作流，它最终会执行完毕，此时工作流会从实例表中删除，因为关于实例存储提供了一个 `InstanceCompletionAction` 选项，它默认设置为 `DeleteAll`。这将确保一旦工作流完成，就删除在数据库中为给定的工作流实例存储的任何数据。这是一个合理的默认值，因为一旦工作流完成，通常就不应保留该工作流的任何数据。把工作流实例的完成动作设置为 `DeleteNothing`，就可以在定义实例存储时改变这个选项。

如果现在继续运行测试应用程序，重试图 44-13 中的 SQL 命令，就会发现工作流实例已删除。

### 44.4.3 WorkflowServiceHost

本章前面提到，存放工作流有 3 种方式，最后一种是使用 `WorkflowServiceHost` 类，它通过 WCF 来提供工作流。工作流的一个主要使用场合是用作 WCF 服务的后端。考虑一下典型 WCF 服务执行的操作，它通常以某种顺序调用一组相关的方法。这里的主要问题是任意顺序调用这些方法，而且通常需要定义该顺序，例如，订单信息就不会在下订单之前上传。

使用工作流很容易提供那些也需要考虑方法调用顺序的 WCF 服务。这里使用的主要类是 `Receive` 和 `Send` 活动。在这个示例的代码中(在 `07_WorkflowsAsServices` 解决方案中)，所使用的场景是房地产代理(在美国是房地产经纪人)，他希望给某网站上传属性信息。

对服务的第一次调用是构建一个新的工作流实例，这个调用会返回一个唯一的 ID，在服务的后续调用中将使用它，因为它会标识我们要与服务器上的哪个工作流实例通信。工作流使用“关联”功能，把传入的请求映射到一个工作流实例上。这里要使用基于消息的关联，把传入的消息的一个属性链接到已有的工作流实例上。本例使用的工作流如图 44-14 所示。

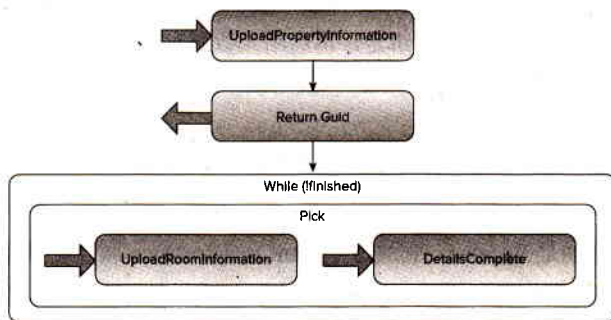


图 44-14

#### 1. 定义 WorkflowServiceHost

工作流从 `Receive` 活动开始，该活动定义了 `UploadPropertyInformation` 的初始服务操作。从服务调用中检索的数据存储在工作流中，接着通过 `Send` 活动把一个 `Guid` 返回给调用者。这个 `Guid` 唯一地定义这个工作流实例，在其他操作中回调该实例时使用该实例。

一旦完成这两个初始的活动，工作流就会运行一个 `While` 活动，在该活动中有一个带两个分支的 `Pick` 活动。第一个分支有一个带 `UploadRoomInformation` 操作的 `Receive` 活动，第二个分支有一个带 `DetailsComplete` 操作的 `Receive` 活动。

下面的代码段用于存放 workflow。它利用 `WorkflowServiceHost` 类，该类非常类似于 WCF 中的 `ServiceHost` 类。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
string baseAddress = "http://localhost:8080/PropertyService";

using (WorkflowServiceHost host =
    new WorkflowServiceHost(GetPropertyWorkflow(), new Uri(baseAddress)))
{
    host.AddServiceEndpoint(XName.Get("IProperty", ns),
        new BasicHttpBinding(), baseAddress);

    ServiceMetadataBehavior smb = new ServiceMetadataBehavior();
    smb.HttpGetEnabled = true;
    host.Description.Behaviors.Add(smb);
    try
    {
        host.Open();

        Console.WriteLine("Service host is open for business...");
        Console.ReadLine();
    }
    finally
    {
        host.Close();
    }
}
```

代码下载 07 WorkflowsAsServices

这段代码构建 `WorkflowServiceHost` 类的一个实例，它提供的工作流由 `GetPropertyWorkflow()` 方法调用提供。还可以使用一个基于代码的工作流，就像本例这样，或者使用基于 XAML 的工作流。然后添加一个端点，指定一个基本的 HTTP 绑定，再启用元数据发布功能，这样客户端就可以指向这个端点上的 `svcutil.exe`，以下载服务定义。之后，它就可以在服务主机类上调用 `Open()` 方法，准备接收引入的调用。

## 2. 确保可以创建工作流

工作流中的第一个活动是 `Receive`，它通过把 `CanCreateInstance` 属性设置为 `True` 来定义。这很重要，因为它通知主机，如果调用者调用了这个操作，就根据该调用构建一个新的工作流实例。在后台，`WorkflowServiceHost` 会探测 workflow 定义来查找 `Receive` 活动，然后根据这些活动构建一个服务协定，它还会查找把 `CanCreateInstance` 设置为 `True` 的任何类似活动，因为它知道在接收到消息时该做什么。

示例代码包含的客户端应用程序通过调用 `UploadPropertyInformation` 来创建一个新的工作流实例，它接着使用 `UploadRoomInformation` 操作上传 3 个房间的信息，最后它调用 `DetailsComplete`。这会设置 `While` 活动使用的 `Finished` 标记，从而完成这个工作流。

工作流代码相当复杂，因为在后台做了许多工作。但因为了解它如何工作很有意义，所以下面解释其中的一些代码。

工作流中的第一个活动定义如下：

```
Variable<string> address = new Variable<string> ();
Variable<string> owner = new Variable<string> ();
```



```

Variable<double> askingPrice = new Variable<double> ();

// Initial receive - this kicks off the workflow
Receive receive = new Receive
{
    CanCreateInstance = true,
    OperationName = "UploadPropertyInformation",
    ServiceContractName = XName.Get("IProperty", ns),
    Content = new ReceiveParametersContent
    {
        Parameters =
        {
            {"address", new OutArgument<string> (address)},
            {"owner", new OutArgument<string> (owner)},
            {"askingPrice", new OutArgument<double> (askingPrice)}
        }
    }
};

```

这个 `Receive` 活动把 `CanCreateInstance` 标记设置为 `true`，并定义操作协定名和服务协定名。`ServiceContractName` 包含一个名称空间(在本例中设置为 `http://pro-csharp/`)，以便唯一地标识这个服务。`Content` 属性指定在调用该操作时，从客户端传递什么数据，在本例中传递地址、拥有者，并询问价格。该服务操作完全通过代码定义——导出的元数据使用这些代码构建操作定义。

从这个操作中接收的实参绑定到 workflow 定义的变量上。这是把外部实参传递给 WCF 包含的工作流的方式。

在 workflow 中，创建唯一的 ID，在回调这个 workflow 实例时，会使用这个 ID。为此，需要定义一个 workflow 变量并赋值。在下面的代码中，使用 `Assign` 活动来完成这个操作。

```

return new Sequence
{
    Variables = { propertyId, operationHandle, finished,
                 address, owner, askingPrice },
    Activities =
    {
        receive,
        new WriteLine { Text = "Assigning a unique ID" },
        new Assign<Guid>
        {
            To = new OutArgument<Guid> (propertyId),
            Value = new InArgument<Guid> (Guid.NewGuid())
        },
        new SendReply
        {
            Request = receive,
            Content = SendContent.Create
                (new InArgument<Guid> (env => propertyId.Get(env))),
            CorrelationInitializers =
            {
                new QueryCorrelationInitializer
                {
                    CorrelationHandle = operationHandle,
                    MessageQuerySet = extractGuid
                }
            }
        }
    }
};

```

```

    }
}
// Other activities omitted for clarity
};

```

接着，使用 `SendReply` 活动，通过 workflow 定义的 `Guid` 来响应调用者。这部分相当复杂。

`SendReply` 活动将其 `Request` 属性设置为接收活动实例，以链接到最初的 `Receive` 活动上。该操作的返回值由 `Content` 属性定义。可以从操作中返回 3 种响应：第 1 种是一个离散值，如这里使用的 `Guid`，第 2 种是通过一个名称/值对字典来定义的一组参数，第 3 种是一个消息类型。`SendContent` 类是构建对应对象的辅助类。

最后一部分最复杂。`CorrelationInitializers` 属性用于从当前消息中提取关联标记，并在 workflow 的后续调用中使用，以唯一地标识 workflow。`MessageQuerySet` 用于进行提取，对于这条输出消息，其定义如下。一旦定义了查询，就通过一个句柄值链接。这个句柄由任何其他希望位于同一个关联组的活动来使用。

```

MessageQuerySet extractGuid = new MessageQuerySet
{
    { "PropertyId",
      new XPathMessageQuery ( "sm:body()/ser:guid", messageContext ) }
};

```

这个查询使用 `XPath` (也称为 `voodoo 魔术`) 从消息中提取要发送回客户端的数据。这里读取 `body` 元素，并在其中查找消息中 `Guid` 元素的值。

### 3. 通过 `Pick` 活动等待事件

前面已经构建了一个新的 workflow 实例，并利用一个唯一的操作 `ID` 来回应调用者。下一部分等待来自客户端的更多数据，这通过另外两个 `Receive` 活动完成。第一个 `Receive` 活动对应于 `UploadRoomInformation` 操作。

```

Variable<string> roomName = new Variable<string>();
Variable<double> width = new Variable<double>();
Variable<double> depth = new Variable<double>();

// Receive room information
Receive receiveRoomInfo = new Receive
{
    OperationName = "UploadRoomInformation",
    ServiceContractName = XName.Get("IProperty", ns),
    CorrelatesWith = operationHandle,
    CorrelatesOn = extractGuidFromUploadRoomInformation,
    Content = new ReceiveParametersContent
    {
        Parameters =
        {
            {"propertyId", new OutArgument<Guid>()},
            {"roomName", new OutArgument<string>(roomName)},
            {"width", new OutArgument<double>(width)},
            {"depth", new OutArgument<double>(depth)},

```

```
};
```

最初定义的变量用于记录从客户端传递给工作流的数据。Receive 活动又指定了 `OperationName` 和 `ServiceContractName`，以便从这个操作中生成元数据。在这里 `CorrelatesWith` 值很重要，因为它把工作流的不同操作链接在一起。在 `SendReply` 活动中，创建这个句柄，这样就可以在以后的操作中引用它。如果没有这个句柄，就不可能确定传入的消息用于哪个工作流实例。

`CorrelatesOn` 属性指定从传入的消息中提取什么数据，以便验证该消息是用于这个工作流实例的。这里又一次使用了 `MessageQuerySet`，这次是从传入的消息中提取唯一 ID：

```
MessageQuerySet extractGuidFromUploadRoomInformation =
    new MessageQuerySet
    {
        { "PropertyId",
          new XPathMessageQuery
            ( @"sm:body()/local:UploadRoomInformation/local:propertyId",
              messageContext ) }
    };
```

这里 XPath 在 `UploadRoomInformation` 调用中查找 `propertyId` 元素。

这个 Receive 活动的最后一部分使用传递给服务操作的输入参数确定执行什么操作。这里的数据是唯一的 `propertyId`、房间名和维度大小。这些数据提取到变量中，在示例代码中仅把这些数据输出到控制台上。在实际应用程序中，显然可以使用这些数据更新数据库或执行类似的操作。

最后的 Receive 活动用于等待来自客户端的 `DetailsComplete` 消息，它遵循与其他接收活动类似的模式，因为它在其中定义了服务协定名和操作名，所使用的关联句柄与最初用于 `UploadRoomInformation` 操作的 `Send` 活动和 Receive 活动相同，接着使用 `MessageQuerySet` 从引入的消息中检索唯一的属性 ID。

有了这些活动，工作流剩下的操作是一个 `While` 循环，其中包含 `Pick` 活动及其分支。

```
new While
{
    Condition = ExpressionServices.Convert<bool>
        (env => !finished.Get(env)),
    Body = new Pick
    {
        Branches =
        {
            new PickBranch
            {
                Variables = { roomName, width, depth },
                Trigger = receiveRoomInfo,
                Action = new WriteLine { Text = "Room Info Received" },
            },
            new PickBranch
            {
                Trigger = receiveDetailsComplete,
                Action = new Sequence
                {
                    Activities =
                    {
```

```

new Assign<bool>
{
    To = new OutArgument<bool> (finished),
    Value = new InArgument<bool> (true)
},
new WriteLine { Text = "Finished" }
}
}
}
}
}

```

这里 While 循环定义了一个 Condition，以判断 finished 变量的值。因为把 Condition 属性定义为一个 Activity<bool>，所以使用 ExpressionServices 辅助类把变量表达式转换为一个活动。

Pick 活动包含两个分支，我们需要等待每个分支的 Trigger 活动，才能执行 Action 活动。构建工作流的代码有点长，但与使用基于 XAML 的工作流相比，使用 Workflow 4 更容易看出发生了什么。

#### 44.4.4 驻留设计器

我们常常希望把最好的东西留到最后。不要打破常规，这就是本章所做的工作。Visual Studio 中使用的工作流设计器也可以驻留在自己的应用程序中，允许最终用户创建自己的工作流，而无需查看 Visual Studio 的副本。这是 Workflow 4 目前的最佳特性。传统的应用程序扩展机制总是需要某种开发人员——或者编写扩展 DLL 再把它插入系统的某个地方；或者编写宏或脚本。Windows Workflow 允许最终用户仅把活动拖放到设计界面上，来定制应用程序。

在 Workflow 3.x 中重新驻留设计器比较麻烦，但在 Workflow 4 中它就非常容易。因为设计器本身是一个 WPF 控件，所以我们使用 WPF 项目作为主应用程序。这个示例的代码在 08\_DesignerRehosting 项目中。

首先需要包含工作流的程序集，接着定义主窗口的 XAML。在构建 WPF 用户界面时，总是使用 MVVM(Model-View-ViewModel，模型-视图-视图模型)模式，因为它简化了编码，并允许在需要时用不同的 XAML 覆盖相同的视图模型。主窗口的 XAML 如下所示：



```

<Window x:Class="HostApp.MainWindow"
        xmlns="http://schemas.microsoft.com/winfx/2006/xaml/presentation"
        xmlns:x="http://schemas.microsoft.com/winfx/2006/xaml"
        Title="MainWindow">
    <Grid>
        <Grid.RowDefinitions>
            <RowDefinition Height="Auto"/>
            <RowDefinition Height="*/>
        </Grid.RowDefinitions>
        <Menu IsMainMenu="True">
            <MenuItem Header="_ File">
                <MenuItem Header="_ New" Command="{Binding New}"/>
                <MenuItem Header="_ Open" Command="{Binding Open}"/>
                <MenuItem Header="_ Save" Command="{Binding Save}"/>
            <Separator/>
            <MenuItem Header="_ Exit" Command="{Binding Exit}"/>
        </MenuItem>
        <MenuItem Header="Workflow">

```

```

        <MenuItem Header="_Run" Command="{Binding Run}"/>
    </MenuItem>
</Menu>
<Grid Grid.Row="1">
    <Grid.ColumnDefinitions>
        <ColumnDefinition Width="*" />
        <ColumnDefinition Width="4*" />
        <ColumnDefinition Width="*" />
    </Grid.ColumnDefinitions>
    <ContentControl Content="{Binding Toolbox}" />
    <ContentControl Content="{Binding DesignerView}"
        Grid.Column="1" />
    <ContentControl Content="{Binding PropertyInspectorView}"
        Grid.Column="2" />
</Grid>
</Grid>
</Window>

```

---

代码下载 08 DesignerRehosting

主窗口的布局相当简单，再使用一个网格来定义用于工具箱、设计器和属性表的占位符。注意所有对象都是绑定的，包括命令在内。

前面创建的 ViewModel 包含用于每个主 UI 元素(工具箱、设计器和属性网格)的属性，除了这些属性之外，还有用于每条命令的属性，如 New、Save 和 Exit。

```

public class ViewModel : BaseViewModel
{
    public ViewModel()
    {
        // Ensure all designers are registered for inbuilt activities
        new DesignerMetadata().Register();
    }

    public void InitializeViewModel(Activity root)
    {
        _designer = new WorkflowDesigner();
        _designer.Load(root);

        this.OnPropertyChanged("DesignerView");
        this.OnPropertyChanged("PropertyInspectorView");
    }

    public UIElement DesignerView
    {
        get { return _designer.View; }
    }

    public UIElement PropertyInspectorView
    {
        get { return _designer.PropertyInspectorView; }
    }

    private WorkflowDesigner _designer;
}

```

首先，ViewModel 类派生自 BaseViewModel，每次构建视图模型时，都会使用这个基类，因为

它提供了 `INotifyPropertyChanged` 的实现方式。它来自于 Josh Twist 编写的一组代码段，可以从 [www.thejoyofcode.com](http://www.thejoyofcode.com) 上下载。

构造函数确保注册所有内置活动的元数据。没有这个构造函数的调用，就不会在用户界面上显示任何类型的特定设计器。在 `InitializeViewModel()` 方法中，构建 workflow 设计器的一个实例，并给它加载一个活动。`WorkflowDesigner` 类比较奇怪，因为一旦给它加载了一个 workflow，就不能加载另一个 workflow 了，所以只要创建新 workflow，就需要重新创建这个类。

`InitializeViewModel()` 方法的最后一个操作是调用属性更改通知函数，告诉用户界面，`DesignerView` 和 `PropertyInspectorView` 都更新了。由于 UI 绑定到这些属性上，因此它们是必选的，会从新的 workflow 设计器实例中加载新值。

用户界面中下一个要创建的部分是工具箱。在 `Workflow 3.x` 中，必须自己构建这个控件，而在 `Workflow 4` 中有一个 `ToolboxControl`，它使用起来非常容易。

```
public UIElement Toolbox
{
    get
    {
        if (null == _toolbox)
        {
            _toolbox = new ToolboxControl();

            ToolboxCategory cat = new ToolboxCategory
                ("Standard Activities");
            cat.Add(new ToolboxItemWrapper(typeof(Sequence),
                "Sequence"));
            cat.Add(new ToolboxItemWrapper(typeof(Assign), "Assign"));
            _toolbox.Categories.Add(cat);

            ToolboxCategory custom = new ToolboxCategory
                ("Custom Activities");
            custom.Add(new ToolboxItemWrapper(typeof(Message),
                "MessageBox"));
            _toolbox.Categories.Add(custom);
        }

        return _toolbox;
    }
}
```

这里构建了工具箱控件，接着在第一个类别中添加两个文本框项，在第二个类别中添加一个工具箱项。`ToolboxItemWrapper` 类用于简化给工具箱添加给定活动所需的代码。

有了这些代码，就有了一个正在运行的应用程序。现在所需做的全部工作是把 `ViewModel` 关联到 XAML 上。这在主窗口的构造函数中完成。

```
public MainWindow()
{
    InitializeComponent();

    ViewModel vm = new ViewModel();
    CH044.indd 1334 1/28/10 2:17:40 PM
    vm.InitializeViewModel(new Sequence());
}
```

```

    this.DataContext = vm;
}

```

这里构建了视图模型，并添加到默认的 Sequence 活动中。这样，在应用程序运行时，就会在屏幕上显示一些内容。图 44-15 显示了此时运行应用程序时屏幕的外观。

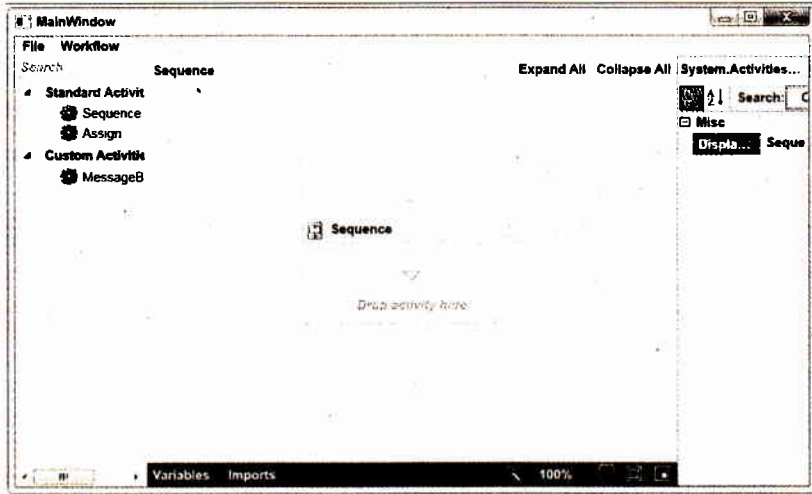


图 44-15

现在，唯一遗漏的部分是一些命令。我们使用 DelegateCommand 类给 WPF 编写基于 ICommand 的命令，这样视图模型中的代码比较容易理解。命令的实现非常简单，如下面的 New 命令所示：

```

public ICommand New
{
    get
    {
        return new DelegateCommand(used =>
        {
            InitializeViewModel(new Sequence());
        });
    }
}

```

因为把这条命令绑定到 New 菜单项上，所以单击这条命令执行该委托时，在这种情况下就仅通过一个新的 Sequence 活动调用 InitializeViewModel() 方法。因为这个方法也会触发设计器和属性网格的属性更改通知，所以设计器和属性网格也会更新。

**Open 命令有点复杂：**

```

public ICommand Open
{
    get
    {
        return new DelegateCommand(used =>
        {
            OpenFileDialog ofn = new OpenFileDialog();
            ofn.Title = "Open Workflow";
            ofn.Filter = "Workflows (*.xaml)|*.xaml";
            ofn.CheckFileExists = true;

```

```

        ofn.CheckPathExists = true;

        if (true == ofn.ShowDialog())
            InitializeViewModel(ofn.FileName);
    });
}
}

```

这里使用了 `InitializeViewModel()` 方法的另一个重写版本，在这个例子中，该重写版本的参数是文件名，而不是活动。这里没有列出这些代码，但可以从代码下载中获得代码。这条命令会显示一个 `OpenFileDialog`，选择这条命令时，它会把工作流加载到设计器中。对应的 `Save` 命令会调用 `WorkflowDesigner.Save()` 方法，把工作流的 XAML 存储到磁盘上。

视图模型中的最后一段代码是 `Run` 命令。如果不能执行这些代码，就不会有设计精良的工作流，所以在视图模型中也包含这个功能。它很简单——设计器包含一个 `Text` 属性，它是工作流中活动的 XAML 表示。我们只需把它转换为一个 `Activity`，再使用 `WorkflowInvoker` 类执行它即可。

```

public ICommand Run
{
    get
    {
        return new DelegateCommand(used =>
        {
            Activity root = _designer.Context.Services.
                GetService<ModelService> ().Root.
                GetCurrentValue() as Activity;

            WorkflowInvoker.Invoke(root);
        },
        unused => { return !HasErrors; }
        );
    }
}

public bool HasErrors
{
    get { return (0 != _errorCount); }
}

public void ShowValidationErrors(IList<ValidationErrorInfo> errors)
{
    _errorCount = errors.Count;
    OnPropertyChanged("HasErrors");
}

private int _errorCount;

```

必须调整上述代码，以便放在页面上，因为从设计器中检索根活动的委托命令的第一行代码太长。接着只需使用 `WorkflowInvoker.Invoke()` 方法执行工作流。

WPF 中的命令结构包含一种禁用不能访问的命令的方式，它就是关于 `DelegateCommand` 的第二个 `Lambda` 函数。这个函数返回 `HasErrors` 的值，`HasErrors` 是一个已添加到视图模型中的布尔属性。这个属性表示在工作流中是否找到验证错误，因为视图模型实现 `IValidationErrorService`，只要工作流的有效状态改变了，`IValidationErrorService` 就会得到通知。



可以扩展这个示例，在用户界面上根据需要提供这个验证错误列表，还可以在工具箱中添加更多活动，因为我们不希望工具箱中只有 3 个活动。

## 44.5 小结

Windows 工作流为应用程序的构建方式带来了根本性的改变。现在可以将应用程序的复杂部分都看作活动，允许用户仅将活动拖放到工作流中，就可以修改系统的处理方式。

几乎没有应用程序不能应用工作流，从最简单的命令行工具，到包含上百个模块的最复杂的系统。以前需要开发人员给系统编写一个扩展模块，而现在可以提供一个简单的、可扩展的、几乎任何人都可以使用的定制机制。应用程序供应商以前需要提供自定义活动，与系统交互操作，并提供在应用程序中调用工作流的代码，而现在可以让客户定义在事件发生时需要应用程序执行什么操作。

**Workflow 4** 极大地改进了 **Workflow 3.x**，如果打算第一次使用工作流，最好从这个新版本开始，完全跳过 **Workflow 3.x**。

# 第 45 章

## 对等网络

本章内容:

- P2P 概述
- Microsoft Windows Peer-to-Peer Networking 平台, 包括 PNRP 和 PNM
- 用 .NET Framework 构建 P2P 应用程序

对等网络(常常称为 P2P)是近年来出现的最有用且容易误解的技术。人们提到 P2P 时, 通常会想到: 共享音乐文件, 这常常是非法的。这是因为文件共享应用程序(如 BitTorrent)以令人吃惊的速度迅异军突起, 而这些应用程序使用 P2P 技术工作。

尽管 P2P 在文件共享应用程序中使用, 但这并不是说其他应用程序就不使用这个技术。事实上, 如本章所述, P2P 可以用于大量应用程序, 目前在我们生活的这个互联世界中变得越来越重要。本章第一部分将概述 P2P 技术。

微软公司并没有忘记 P2P 的出现, 而是开发了它自己的工具和技术, 来使用 P2P。Microsoft Windows Peer-to-Peer Networking 平台可以用作 P2P 应用程序的通信架构。这个平台包含重要的组件 Peer Name Resolution Protocol(PNRP)和 People Near Me(PNM)。另外, .NET Framework 3.5 还引入了一个新的名称空间 System.Net.PeerToPeer 和几个新类型及特性, 它们可用于构建 P2P 应用程序。

### 45.1 P2P 网络概述

对等网络是网络通信的另一种方式。为了解 P2P 与网络通信的“标准”方法之间的区别, 需要先回过头来看看客户端-服务器通信。目前, 客户端-服务器通信在网络应用程序中非常普遍。

#### 45.1.1 客户端-服务器体系结构

传统上, 我们使用客户端-服务器体系结构, 通过网络(包括 Internet)与应用程序交互操作。Web 站点就是这方面的一个例子。在 Web 站点上, 通过 Internet 给 Web 服务器发送一个请求, Web 服务器会返回我们需要的信息。如果要下载文件, 就直接从 Web 服务器上下载。

同样, 包含局域网或广域网连接的桌面应用程序一般连接到一个服务器上, 如数据库服务器或包含其他服务的服务器。

客户端-服务器体系结构的这个简单形式如图 45-1 所示。

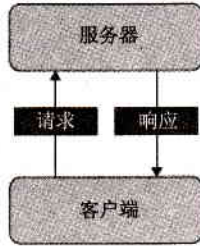


图 45-1

客户端-服务器体系结构本身并没有什么错误，而且在许多情况下，这就是我们需要的，但是它有一个可伸缩性问题。图 45-2 显示了客户端-服务器体系结构如何通过其他客户端来扩展。

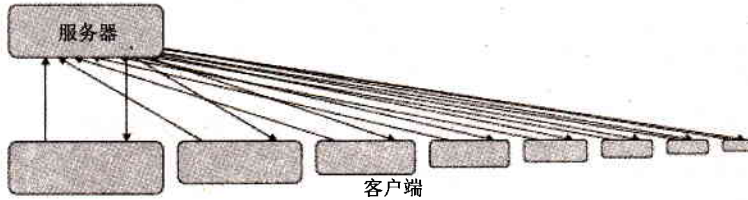


图 45-2

把每个添加了加大的负载的客户端放在服务器上，服务器就必须与每个客户端通信。再看看 Web 站点的例子，不断增加的通信负载就是 Web 站点崩溃的方式。有太多的流量，服务器简直无法响应。

当然，要缓解这种状况，可以实现一些扩展选项。可以增加服务器的功能和资源，也可以添加更多的服务器，来扩展服务器。这种扩展当然受到可用技术和硬件成本的限制。扩展可能比较灵活，但需要一个额外的基础体系层，来确保客户端与各个服务器的通信，并独立于与它们正在通信的服务器来维护会话状态。这有许多解决方案，如 Web 场或服务器场产品。

### 45.1.2 P2P 体系结构

对等方法完全不同于扩展方法。在 P2P 中，不是集中精力并试图使服务器及其客户端之间的通信更流畅，而是考虑客户端之间的通信方式。

例如，客户端与之通信的 Web 站点是 [www.wrox.com](http://www.wrox.com)。在一个假想的情形中，Wrox 声称，本书的新版本要在 Web 站点 [wrox.com](http://wrox.com) 上发布，且可以免费下载，但在某一天后删除它。在本书可以从该 Web 站点上得到之前，假定有许多人都想访问这个 Web 站点，刷新其浏览器，等待下载文件的出现。一旦文件出现在该 Web 站点上，每个人都试图同时下载它，这很可能使 [wrox.com](http://wrox.com) 的 Web 服务器在强大的压力下崩溃。

使用 P2P 技术可以避免这个 Web 服务器崩溃。P2P 技术不把文件直接从服务器发送给所有客户端，而是把文件仅发送给几个客户端。另外几个客户端可以从已经包含该文件的客户端上下载它，更多的客户端从这些二级客户端上下载该文件，以此类推。实际上，这个过程把文件分解成几个块，再把这些块分解到客户端上，一些客户端直接从服务器上下载文件，而一些客户端从其他客户端上下载文件，所以这个过程会更快完成。这就是文件共享技术(如 BitTorrent)的工作方式，如图 45-3 所示。

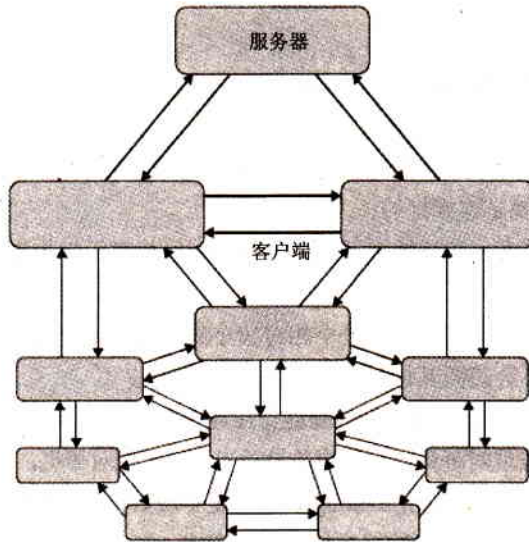


图 45-3

### 45.1.3 P2P 体系结构的挑战

在文件共享体系结构中，仍有一些问题需要解决。首先，客户端如何检测其他客户端的存在？如何定位其他客户端包含的文件块？另外，如何确保客户端之间的通信是按整个大陆来分割、优化的？

每个参与 P2P 网络应用程序的客户端都必须能执行如下操作，才能克服这些问题：

- 它必须能发现其他客户端
- 它必须能连接其他客户端
- 它必须能与其他客户端通信

发现问题有两个明显的解决方案。可以在服务器上保存客户端的列表，这样客户端就可以获得这个列表，并联系其他客户端(称为对等机)；也可以使用一个基础结构(如 PNRP，详见下一节)，它可以使客户端直接找到其他客户端。大多数文件共享系统都使用“服务器上的列表”解决方案，方法是把服务器称为跟踪器。另外，在文件共享系统中，任何客户端都可以用作服务器，如图 45-3 所示，只有声明客户端有一个文件，并用跟踪器注册它即可。实际上，纯粹的 P2P 网络根本不需要服务器，只需要对等机。

连接问题比较棘手，需要考虑 P2P 应用程序使用的网络的整体结构。如果有一组客户端，它们都可以彼此通信，这些客户端之间的连接拓扑结构就会非常复杂。为了提高性能，常常需要有多组客户端，每组客户端都包含该组中客户端之间的连接，但不包含其他组中的客户端连接。如果在本地建立了这些组，性能就会得到极大的提升，因为客户端可以彼此通信，而不大需要联网的计算机之间的跳跃通信。

通信问题不太重要，因为也建立了通信协议(如 TCP/IP)，并可以在这种情况下重用这些协议。但是，高端技术(例如，可以使用 WCF 服务，因此可以使用 WCF 提供的所有功能)和低端协议(例如，把数据同时发送给多个端点的多播协议)都有性能提升的空间。

发现、连接和通信是所有 P2P 实现方案的核心。本章介绍的实现方案使用 System.Net.PeerToPeer 类型和 PNM 进行发现，使用 PNRP 进行连接。如下面几节所述，这些技术涵盖了上述 3 个操作。

### 45.1.4 P2P 术语

前面几节介绍了对等机的概念，这是在 P2P 网络中引用客户端的方式。“客户端”在 P2P 网络中没有意义，因为客户端不需要服务器。

彼此连接的对等机的组合称为网(mesh)、云(cloud)或图(graph)，这些术语可以互换。如果满足如下条件之一，给定的组就是连接好的：

- 每对对等机之间都有一条连接路径，这样每个对等机都可以根据需要连接到任何其他对等机上。
- 在任意一对对等机之间遍历都有一个相对较小的连接数。
- 删除一个对等机不会妨碍其他对等机的彼此连接。

注意，这并不意味着，每个对等机都必须能直接连接到其他所有对等机上。实际上，如果用数学方法分析网络，那么会发现对等机只需连接数量相当少的其他对等机，来满足这些条件。

另一个要注意的 P2P 概念是溢出(flooding)。溢出是单块数据通过网络传播到所有对等机上的方式，或者在网络中查询其他节点以定位特定块数据的方式。在未结构化的 P2P 网络中，先连接与自己最近的对等机，这个对等机再连接与它最近的对等机，以此类推，直到连接了网络中的所有对等机为止，这是一个相当随机的过程。也可以创建结构化的 P2P 网络，这样，查询和对等机之间的数据流就有定义好的路径了。

### 45.1.5 P2P 解决方案

为 P2P 建立了基础结构后，不仅可以开发客户端-服务器应用程序的改进版本，还可以开发全新的应用程序。P2P 特别适合于下述类型的应用程序：

- 内容发布应用程序，包括前面讨论的文件共享应用程序。
- 合作应用程序，例如，桌面共享和共享白板应用程序。
- 多用户通信应用程序，允许用户直接通信和交换数据，而不是通过服务器通信。
- 分布式处理应用程序，作为超级计算应用程序的另一种方式，处理海量数据。
- Web 2.0 应用程序，在下一代动态 Web 应用程序中合并上述的一部分或全部功能。

## 45.2 Microsoft Windows Peer-to-Peer Networking

Microsoft Windows Peer-to-Peer Networking 平台是 Microsoft 的 P2P 技术实现方式。它是 Windows XP SP2、Windows Vista 和 Windows 7 的一部分，也可用作 Windows XP SP1 的一个插件。它包括两种技术，在创建.NET P2P 应用程序时可以使用这两种技术：

- Peer Name Resolution Protocol(PNRP)，它用于发布和解析对等机的地址。
- People Near Me(PNM)服务器，它用于定位本地的对等机(目前只能在 Vista 和 Windows 7 中使用)。

本节学习这两种技术。

### 45.2.1 PNRP

当然，可以使用任意协议实现 P2P 应用程序，但如果在 Microsoft Windows 环境下工作(如果读

者在阅读本书,就可能在 Microsoft Windows 环境下工作),考虑 PNRP 至少是有意义的。目前 PNRP 发布了两个版本。PNRP 1 包含在 Windows XP SP2、Windows XP Professional x64 Edition 和 Windows XP SP1 with the Advanced Networking Pack for Windows XP。PNRP 2 随 Windows Vista 一起发布,Windows XP SP2 用户可以通过一个独立的下载包使用它(参见 [support.microsoft.com/kb/920342](http://support.microsoft.com/kb/920342) 的 KB920342)。Windows 7 也使用版本 2。PNRP 1 和 PNRP 2 版本不兼容,本章仅介绍版本 2。

PNRP 本身并没有提供创建 P2P 应用程序所需的功能,而只是其中一种可用于解析对等机地址的底层技术。PNRP 允许客户端注册一个端点(称为对等机名称),该端点自动在云中的对等机之间循环。这个对等机名称封装在 PNRP ID 中。发现这个 PNRP ID 的对等机可以使用 PNRP 把它解析为实际的对等机名称,然后它就可以直接与相关联的客户端通信。

例如,定义一个表示 WCF 服务端点的对等机名称。可以使用 PNRP 把云中的这个对等机名称注册为 PNRP ID。运行合适的客户端应用程序的对等机使用一个发现机制,该机制可以标识为服务提供的对等机名称,接着这个对等机可能发现这个 PNRP ID。之后对等机就使用 PNRP 定位 WCF 服务的端点,并使用该服务。



重要的是,PNRP 没有假定对等机名称实际上表示什么。而是在发现对等机名称时,由对等机决定如何使用它们。在解析 PNRP ID 时,对等机从 PNRP 中获得的信息包括 ID 发布者的 IPv6(实际上还有 IPv4)地址和一个端口号,有时还有少量其他数据。除非对等机知道对等机名称的含义,否则不可能利用该信息执行有意义的操作。

## 1. PNRP ID

PNRP ID 是一个 256 位的标识符。低位上的 128 位用于唯一标识对等机,高位上的 128 位标识一个对等机名称。高位上的 128 位是来自发布对等机的一个散列公钥和一个至多 149 个字符的字符串的散列组合,该字符串用于标识对等机名称。散列公钥(称为授权)和这个字符串(称为分类器)统称为 P2P ID。也可以使用 0 代替散列公钥,此时对等机名称是不安全的(与使用公钥的安全对等机名称相反)。

PNRP ID 的结构如图 45-4 所示。

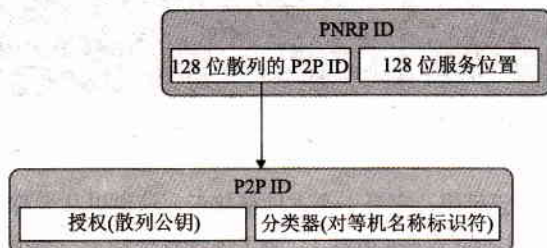


图 45-4

对等机上的 PNRP 服务负责维护一个 PNRP ID 列表,包括它发布的 PNRP ID 和通过云中其他地方的 PNRP 服务实例获得的 PNRP ID 缓存列表。对等机尝试解析 PNRP ID 时,PNRP 服务会使用端点的一个缓存副本来解析发布 PNRP 的对等机,如果对等机的邻居能解析它,就请求它们解析。最终建立与发布对等机之间的连接,PNRP 服务能解析 PNRP ID。

注意,在进行上述所有操作时,不需要外界干预。我们只需确保对等机在用本地的 PNRP 服务

解析了 PNRP ID 后, 知道如何处理对等机名称。

对等机可以使用 PNRP 定位匹配某个特定 P2P ID 的 PNRP ID。使用这个功能可以为不安全的对等机名称实现很基本的发现机制。这是因为如果几个对等机提供了一个使用相同分类器且不安全的对等机名称, P2P ID 就会相同。当然, 因为任意对等机都可以使用不安全的对等机名称, 用户必须确保所连接的端点就是希望的端点类型, 所以这只是在本地网络中发现对等机的一种可行解决方案。

## 2. PNRP 云

在前面的讨论中, 学习了 PNRP 如何注册和解析云中的对等机名称。云通过种子服务器维护, 该服务器可以是运行 PNRP 服务的任意服务器, 但 PNRP 服务至少要维护一个对等机记录。PNRP 服务可以使用两种类型的云:

- **本地链接**——这类云包含连接到本地网络上的计算机。如果 PC 有多个网络适配器, 它就可以连接到多个本地链接的云上。
- **全局**——这类云包含默认连接到 Internet 上的计算机, 尽管也可以定义一个私有的全局云。其区别是 Microsoft 为全局的 Internet 云维护种子服务器, 而如果定义了私有的全局云, 就必须使用自己的种子服务器。如果使用自己的种子服务器, 就必须配置策略设置, 从而确保所有对等机都连接到种子服务器上。



在 PNRP 的以前版本中, 有第 3 种云: 本地站点。现在不再使用它, 所以本章不探讨它。

使用下面的命令可以确定自己连接到什么类型的云上:

```
netsh p2p pnrp cloud show list
```

通常结果如图 45-5 所示。

```

C:\Windows\system32\cmd.exe
Microsoft Windows [Version 6.1.7600]
Copyright (c) 2009 Microsoft Corporation. All rights reserved.

C:\Users\Karli.TOL>netsh p2p pnrp cloud show list

Scope Id Addr State Name
-----
3 11 1 Virtual LinkLocal_ff00::%11/8

C:\Users\Karli.TOL>

```

图 45-5

图 45-5 显示, 只有一个云可用, 它是一个本地链接云。这可以从名称和 Scope 值看出, 本地链接云的 Scope 值是 3, 而全局云的 Scope 值是 1。为了连接到全局云, 必须有一个全局的 IPv6 地址。因为用于获得图 45-5 的计算机没有全局的 IPv6 地址, 所以只有一个本地云。

云的状态如下:

- **Active**——如果云的状态是 active, 就可以使用它发布和解析对等机名称。
- **Alone**——如果从云中查询的对等机没有连接到其他对等机上, 其状态就是 alone。
- **No Net**——如果对等机没有连接到网络上, 云的状态就从 active 改为 no net。

- **Synchronizing**——对等机连接到云上时, 云的状态就是 **synchronizing**。这个状态可以很快变成其他状态, 因为连接不需要很长时间, 所以可能从来看不到云在这个状态下。
- **Virtual**——PNRP 服务仅根据需要, 通过对等机名称注册和解析功能连接到云上。如果云的连接停用的时间超过 15 分钟, 它就会进入这个 **virtual** 状态。



如果读者遇到网络连接问题, 就应检查防火墙, 以防它禁止通过 UDP 端口 3540 或 1900 的本地网络流量。UDP 端口 3540 由 PNRP 使用, UDP 端口 1900 由 SSDP (Simple Service Discovery Protocol, 简单服务发现协议) 使用, SSDP 由 PNRP 服务 (以及 UPnP 设备使用)。

### 3. Windows 7 中的 PNRP

在 Windows 7 中, PNRP 使用一个新的组件 DRT (Distributed Routing Table, 分布式路由表), 这个组件负责确定 PNRP 使用的密钥的结构, 其默认的实现方式是前面描述的 PNRP ID。使用 DRT API 可以定义另一种密钥模式, 但密钥必须是 256 位的整数值 (与 PNRP ID 一样)。这表示, 虽然可以使用任意模式, 但必须自己负责密钥的生成和安全性。使用这个组件可以在 PNRP 的范围之外创建新的云拓扑结构。这是一种高级技术, 超出了本章的范围。

Windows 7 还引入了一种新方式 Easy Connect, 用于连接到 Remote Assistance 应用程序的其他用户上。这个连接选项使用 PNRP 定位要连接的用户。一旦创建了一个会话, 用户就可以通过 Easy Connect 或其他方式 (如电子邮件邀请) 共享其桌面, 并通过 Remote Assistance 接口互相帮助。



图 45-6

## 45.2.2 People Near Me

如上一节所述, PNRP 用于定位对等机。在考虑 P2P 应用程序的发现/连接/通信过程时, 这显然是一种重要的可用技术, 但 PNRP 本身并不是这些阶段的完整实现方式。People Near Me 服务是发现阶段的一种实现方式, 可以定位在本地区域 (即, 我们连接到的本地链接云) 的 Window People Near Me 服务中签名的本地对等机。

我们可能要使用这个服务, 因为它内置在 Vista 和 Windows 7 中, 在 Windows Meeting Space 应用程序中使用它, 该应用程序可用于在对等机之间共享应用程序。通过控制面板中的 Change People Near Me 选项 (在“开始”菜单的搜索框中输入 **people**, 就可以快速导航到这个选项上), 可以配置这个服务。这个控制面板项会显示如图 45-6 所示的对话框。

一旦在 PNM 服务中签名的, 该服务就可以用于配置为使用该服务的应用程序。

编写本书时, PNM 只能在 Windows Vista 系列的操作系统上使用 (它从 Windows 7 中删除了)。但未来的服务包或其他下载软件包可能使之可用于 Windows XP 上。



## 45.3 构建 P2P 应用程序

既然学习了 P2P 网络的概念和 .NET 开发人员可用于实现 P2P 应用程序的技术，就该讨论如何构建它们了。从前面的讨论中知道，因为使用 PNRP 可以发布、分配和解析对等机名称，所以这里首先要了解如何使用 .NET 完成这个任务。接着陈述如何把 PNM 作为 P2P 应用程序的架构。这很有优势，因为如果使用 PNM，就不必实现自己的发现机制。

为了研究这些主题，需要学习如下名称空间中的类：

- System.Net.PeerToPeer
- System.Net.PeerToPeer.Collaboration

要使用这些类，必须引用 System.Net.dll 程序集。

### 45.3.1 System.Net.PeerToPeer

System.Net.PeerToPeer 名称空间中的类封装了 PNRP 的 API，允许与 PNRP 服务交互操作。使用这些类可以完成两个主要任务：

- 注册对等机名称
- 解析对等机名称

在下面几节中，除非特别指出，否则提到的所有类型都来自 System.Net.PeerToPeer 名称空间。

#### 1. 注册对等机名称

要注册对等机名称，必须执行如下步骤：

- (1) 用特定的分类器创建一个安全或不安全的对等机名称。
- (2) 为对等机名称配置一个注册项，指定如下可选信息：

- TCP 端口号
- 用于注册对等机名称的云(如果未指定，PNRP 就在所有可用的云中注册对等机名称)
- 至多 39 个字符的注释
- 至多 4096 个字节的其他数据
- 是否自动为对等机名称生成端点(默认行为是，端点应从对等机的 IP 地址和端口号(假设指定了端口号)中生成)
- 端点集合

- (3) 使用对等机名称注册项，通过本地 PNRP 服务注册对等机名称

在第 3 步之后，对等机名称就可以用于所选云中的所有对等机。对等机注册在明确地停止后不再能使用，或者在注册对等机名称的过程终止后不再能使用。

要创建对等机名称，可以使用 PeerName 类。以 authority.classifier 的形式从 P2P ID 的字符串表示中创建这个类的一个实例，或者从一个分类器字符串和 PeerNameType 中创建。可以使用 PeerNameType.Secured 或 PeerNameType.Unsecured。例如：

```
PeerName pn = new PeerName("Peer classifier", PeerNameType.Secured);
```

因为不安全的对等机名称使用的 authority 值是 0，所以下面的代码行与上述代码等价：

```
PeerName pn = new PeerName("Peer classifier", PeerNameType.Unsecured);
PeerName pn = new PeerName("0.Peer classifier");
```

有了 PeerName 实例后, 就可以使用它和一个端口号初始化一个 PeerNameRegistration 对象:

```
PeerNameRegistration pnr = new PeerNameRegistration(pn, 8080);
```

另外, 还可以在使用其默认参数创建的 PeerNameRegistration 对象上设置 PeerName 和 Port(可选) 属性。也可以把 Cloud 实例指定为 PeerNameRegistration 构造函数的第 3 个参数, 或者通过 Cloud 属性来指定。从云的名称中可以得到一个 Cloud 实例, 或者使用 Cloud 如下的一个静态成员:

- Cloud.Global——这个静态属性获取全局云的一个引用。根据对等机策略配置, 这可以是私有的全局云。
- Cloud.AllLinkLocal——这个静态字段获取一个云, 该云包含可用于对等机的所有本地链接。
- Cloud.Available——这个静态字段获取一个云, 该云包含可用于对等机的所有云, 其中包含本地链接云和(如果可用)全局云。

创建了 Cloud 实例后, 可以根据需要设置 Comment 和 Data 属性。但应注意这些属性的限制。如果试图把 Comment 设置为超过 39 个 Unicode 字符的字符串, 就会接收到一个 PeerToPeerException 异常, 如果试图把 Data 设置为超过 4096 个字节的 byte[], 就会得到一个 ArgumentOutOfRangeException 异常。还可以使用 EndPointCollection 属性添加端点。这个属性是 System.Net.IPEndPoint 对象的一个 System.Net.IPEndPointCollection 集合。如果使用 EndPointCollection 属性, 还需要把 UseAutoEndPointSelection 属性设置为 false, 以禁止自动生成端点。

准备注册对等机名称时, 可以调用 PeerNameRegistration.Start() 方法。要从 PNRP 服务中删除对等机名称注册项, 可以使用 PeerNameRegistration.Stop() 方法。

下面的代码通过注释注册一个的安全对等机名称:

```
PeerName pn = new PeerName("Peer classifier", PeerNameType.Unsecured);
PeerNameRegistration pnr = new PeerNameRegistration(pn, 8080);
pnr.Comment = "Get pizza here";
pnr.Start();
```

## 2. 解析对等机名称

要解析对等机名称, 必须执行如下步骤:

- (1) 从已知的 P2P ID 或通过发现技术得到的 P2P ID 中生成一个对等机名称。
- (2) 使用解析器解析对等机名称, 得到一个对等机名称记录集合。可以把解析器限制为只用于某个特定的云, 和/或要最多返回的结果数。
- (3) 对于获得的每个对等机名称记录, 需要获取对等机名称、端点、注释和额外的数据信息。

这个过程从一个类似于对等机名称注册项的 PeerName 对象开始。这里的区别是使用通过一个或多个远程对等机注册的对等机名称。从本地链接云中获取活动对等机列表最简单的方式是使用同一个分类器为每个对等机注册一个不安全的对等机名称, 再在解析阶段使用同一个对等机名称。但是对于全局云, 不推荐使用这个方法, 因为不安全的对等机名称很容易被窃取。

要解析对等机名称, 可以使用 PeerNameResolver 类。有了这个类的一个实例后, 就可以使用 Resolve() 方法同步解析对等机名称, 或者使用 ResolveAsync() 方法异步解析对等机名称。

用一个 `PeerName` 参数可以调用 `Resolve()` 方法,也可以给该方法传递要解析的可选 `Cloud` 实例,或者传递要返回的最大对等机数(int),或者传递这两个参数。这个方法返回一个 `PeerNameRecordCollection` 实例,这是 `PeerNameRecord` 对象的集合。例如,下面的代码解析所有本地链接云中一个不安全的对等机名称,最多返回 5 个结果:

```
PeerName pn = new PeerName("0.Peer classifier");
PeerNameResolver pnres = new PeerNameResolver();
PeerNameRecordCollection pnrc = pnres.Resolve(pn, Cloud.AllLinkLocal, 5);
```

`ResolveAsync()` 方法使用一个标准的异步方法调用模式。给该方法传递一个唯一的 `userState` 对象,为正在查找的对等机侦听 `ResolveProgressChanged` 事件,在该方法终止时侦听 `ResolveCompleted` 事件。可以用 `ResolveAsyncCancel()` 方法取消未决的异步请求。

`ResolveProgressChanged` 事件的处理程序使用 `ResolveProgressChangedEventArgs` 事件参数,该参数派生自标准的 `System.ComponentModel.ProgressChangedEventArgs` 类。可以使用在事件处理程序中接收到的事件参数对象的 `PeerNameRecord` 属性获得对查找到的对等机名称记录的引用。

同样, `ResolveCompleted` 事件也需要一个事件处理程序,它使用 `ResolveCompletedEventArgs` 类型的参数,该参数派生自 `AsyncCompletedEventArgs`。这个类型包含一个 `PeerNameRecordCollection` 参数,可用于获得查找到的对等机名称记录的完整列表。

下面的代码显示了这两个事件的事件处理程序的实现代码:

```
private pnres_ResolveProgressChanged(object sender,
    ResolveProgressChangedEventArgs e)
{
    // Use e.ProgressPercentage (inherited from base event args)
    // Process PeerNameRecord from e.PeerNameRecord
}

private pnres_ResolveCompleted(object sender,
    ResolveCompletedEventArgs e)
{
    // Test for e.IsCancelled and e.Error (inherited from base event args)
    // Process PeerNameRecordCollection from e.PeerNameRecordCollection
}
```

有一个或多个 `PeerNameRecord` 对象后,就可以处理它们了。这个 `PeerNameRecord` 类提供 `Comment` 和 `Data` 属性,用于检查在对等机名称注册项(如果存在)中设置的注释和数据, `PeerName` 属性可获取对等机名称记录的 `PeerName` 对象,最重要的是 `EndPointCollection` 属性。与 `PeerNameRecordRegistration` 一样,这个属性也是 `System.Net.IPEndPoint` 对象的一个 `System.Net.IPEndPointCollection` 集合。这些对象可用于以任意方式连接对等机提供的端点。

### 3. System.Net.PeerToPeer 中的代码访问安全性

`System.Net.PeerToPeer` 名称空间还包含如下两个用于 CAS(参见第 20 章)的类,更多信息可参见第 21 章:

- `PnrpPermission`, 它继承自 `CodeAccessPermission`
  - `PnrpPermissionAttribute`, 它继承自 `CodeAccessSecurityAttribute`
- 这两个类可以用通常的 CAS 方式给 PNRP 访问提供权限功能。

#### 4. 示例应用程序

本章可下载的代码包含一个示例 P2P 应用程序(P2PSample)，它使用本节介绍的概念和名称空间。它是一个 WPF 应用程序，它为对一个等机端点使用一个 WCF 服务。

该应用程序用一个应用程序配置文件来配置，在该文件中，可以指定对等机的名称和侦听的端口，如下所示：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8" ?>
<configuration>
  <appSettings>
    <add key="username" value="Karli" />
    <add key="port" value="8731" />
  </appSettings>
</configuration>
```

代码段 App.config

构建应用程序后，或者把它复制到本地网络的其他计算机上并运行所有实例来测试它；或者在一台计算机上运行多个实例来测试它。如果选择后一个选项，就必须修改每个配置文件(复制本地计算机上 Debug 目录的内容，依次编辑每个配置文件)，以修改每个实例使用的端口。用这两种方式测试该应用程序时，如果还修改了每个实例的用户名，结果就会更清楚。

运行对等机应用程序后，就可以使用 Refresh 按钮异步地获得对等机列表。定位了一个对等机后，就可以单击对等机的 Message 按钮，发送一条默认消息。

图 45-7 显示了这个应用程序，它在一台计算机上运行 3 个实例。在图 45-7 中，一个对等机给另一个对等机发送了消息，这会生成一个对话框。

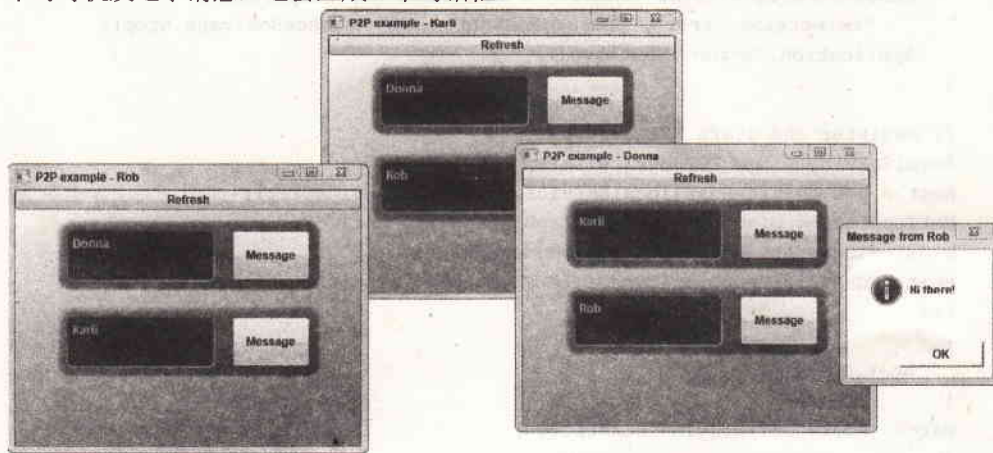


图 45-7

在这个应用程序中，大多数工作都在 Window1 窗口的 Window\_Loaded() 事件处理程序中完成。这个方法首先加载配置信息，并用用户名设置窗口的标题：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
private void Window_Loaded(object sender, RoutedEventArgs e)
{
    // Get configuration from app.config
    string port = ConfigurationManager.AppSettings["port"];
    string username = ConfigurationManager.AppSettings["username"];
}
```

```
string machineName = Environment.MachineName;
string serviceUrl = null;

// Set window title
this.Title = string.Format("P2P example-{0}", username);
```

代码段 Window1.xaml.cs

接着使用对等机主机地址和配置的端口确定要把 WCF 服务存放在哪个端点上。因为该服务使用 `NetTcpBinding` 绑定，所以端点的 URL 使用 `net.tcp` 协议：

```
// Get service url using IPv4 address and port from config file
foreach (IPAddress address in Dns.GetHostAddresses(Dns.GetHostName()))
{
    if (address.AddressFamily ==
        System.Net.Sockets.AddressFamily.InterNetwork)
    {
        serviceUrl = string.Format("net.tcp://{0}:{1}/P2PService",
            address, port);
        break;
    }
}
```

验证端点的 URL 后，就注册并启动 WCF 服务：

```
// Check for null address
if (serviceUrl == null)
{
    // Display error and shutdown
    MessageBox.Show(this, "Unable to determine WCF endpoint.",
        "Networking Error", MessageBoxButton.OK, MessageBoxImage.Stop);
    Application.Current.Shutdown();
}

// Register and start WCF service.
localService = new P2PService(this, username);
host = new ServiceHost(localService, new Uri(serviceUrl));
NetTcpBinding binding = new NetTcpBinding();
binding.Security.Mode = SecurityMode.None;
host.AddServiceEndpoint(typeof(IP2PService), binding, serviceUrl);
try
{
    host.Open();
}
catch (AddressAlreadyInUseException)
{
    // Display error and shutdown
    MessageBox.Show(this, "Cannot start listening, port in use.",
        "WCF Error", MessageBoxButton.OK, MessageBoxImage.Stop);
    Application.Current.Shutdown();
}
```

该服务类的单一实例用于启动主机应用程序和服务之间的简便通信(用于发送和接收消息)。另外要注意，在绑定配置中，为了简单起见，禁用了安全性。

之后，使用 `System.Net.PeerToPeer` 名称空间中的类注册对等机名称：

```

    // Create peer name
    peerName = new PeerName("P2P Sample", PeerNameType.Unsecured);

    // Prepare peer name registration in link local clouds
    peerNameRegistration = new PeerNameRegistration(peerName, int.Parse(port));
    peerNameRegistration.Cloud = Cloud.AllLinkLocal;

    // Start registration
    peerNameRegistration.Start();
}

```

单击 **Refresh** 按钮时, `RefreshButton_Click()` 事件处理程序使用 `PeerNameResolveResolveAsync()` 异步地获得对等机:

```

private void RefreshButton_Click(object sender, RoutedEventArgs e)
{
    // Create resolver and add event handlers
    PeerNameResolver resolver = new PeerNameResolver();
    resolver.ResolveProgressChanged +=
        new EventHandler<ResolveProgressChangedEventArgs>(
            resolver_ResolveProgressChanged);
    resolver.ResolveCompleted +=
        new EventHandler<ResolveCompletedEventArgs>(
            resolver_ResolveCompleted);

    // Prepare for new peers
    PeerList.Items.Clear();
    RefreshButton.IsEnabled = false;

    // Resolve unsecured peers asynchronously
    resolver.ResolveAsync(new PeerName("0.P2P Sample"), 1);
}

```

剩余的代码负责显示对等机, 并与对等机通信, 读者可以自己研究它们。

通过 P2P 云提供 WCF 端点是定位企业中的服务的一种好方法, 也是在对等机之间通信的好方法, 如本例所示。

### 45.3.2 System.Net.PeerToPeer.Collaboration

`System.Net.PeerToPeer.Collaboration` 名称空间中的类提供了一个架构, 该架构可用于创建使用 PNM 服务和 P2P 协作 API 的应用程序。如前所述, 在编写本书时, 只有使用 Windows Vista 或 Windows 7, 才能创建这类应用程序。

这个名称空间中的类可以用许多方式与对等机和应用程序进行交互操作, 包括:

- 签入和签出
- 发现对等机
- 管理联系人和检测对等机的存在

还可以使用这个名称空间中的类邀请其他用户参与某个应用程序, 在用户和应用程序之间交换数据, 但是, 为此, 需要创建支持 PNM 的应用程序, 这超出了本章的范围。

在下面几节中, 除非特别指出, 否则所有类型都来自 `System.Net.PeerToPeer.Collaboration` 名称空间。

## 1. 签入和签出

`System.Net.PeerToPeer.Collaboration` 名称空间中最重要的一个类是 `PeerCollaboration` 类。这是一个静态类，提供了许多用于各种目的的静态方法，如本节和下面几节所述。使用其中的两个方法 `SignIn()` 和 `SignOut()`，可以签入和签出 PNM 服务。这两个方法都接受一个 `PeerScope` 类型的参数，该参数的值如下：

- `PeerScope.None`——如果使用这个值，`SignIn()` 和 `SignOut()` 就没有任何作用。
- `PeerScope.NearMe`——它表示签入和签出本地链接云。
- `PeerScope.Internet`——它表示签入和签出全局云(连接到当前不在本地子网上的联系人时，需要使用这个值)。
- `PeerScope.All`——它表示签入和签出所有可用的云。

根据需要，调用 `SignIn()` 会打开 `People Near Me` 配置对话框。

签入对等机后，就可以把 `PeerCollaboration.LocalPresenceInfo` 属性设置为 `PeerPresenceInfo` 类型的一个值。这会启用标准的 IM 功能，例如，把状态设置为“离开”。`PeerPresenceInfo.DescriptiveText` 属性可以设置为至多 255 个字符的一个 Unicode 字符串，`PeerPresenceInfo.PresenceStatus` 属性可以设置为 `PeerPresenceStatus` 枚举的一个值。这个枚举可以使用的值如下：

- `PeerPresenceStatus.Away`——对等机离开。
- `PeerPresenceStatus.BeRightBack`——对等机离开，但不久会返回。
- `PeerPresenceStatus.Busy`——对等机在忙。
- `PeerPresenceStatus.Idle`——对等机未激活。
- `PeerPresenceStatus.Offline`——对等机离线。
- `PeerPresenceStatus.Online`——对等机在线，可以使用。
- `PeerPresenceStatus.OnThePhone`——对等机在忙着通话。
- `PeerPresenceStatus.OutToLunch`——对等机离开，但在午餐后会返回。

## 2. 发现对等机

如果登录到本地链接云上，就可以获得附近的对等机列表。为此可以使用 `PeerCollaboration.GetPeersNearMe()` 方法。这个方法返回包含 `PeerNearMe` 对象的一个 `PeerNearMeCollection` 对象。

使用 `PeerNearMe` 对象的 `Nickname` 属性可以获得对等机的名称，使用 `IsOnline` 属性可以确定对等机是否在线，使用 `PeerEndpoints` 属性(用于低级操作)可以确定与对等机相关的端点。如果要确定 `PeerNearMe` 对象的在线状态，那么也需要使用 `PeerEndPoints` 属性。可以给 `GetPresenceInfo()` 方法传递一个端点，来获得一个 `PeerPresenceInfo` 对象，如上一节所述。

## 3. 管理联系人并检测对等机的存在

联系是记住对等机的一种方式。可以添加通过 PNM 服务发现的对等机，之后，只要自己在线，就可以连接到该对等机。也可以通过本地链接云或全局云连接到联系人(假定与 `Internet` 建立了 IPv6 连接)。

可以调用 `PeerNearMe.AddToContactManager()` 方法，从对等机中添加已发现的联系人。在调用这个方法时，可以选择把显示姓名、昵称和电子邮件地址关联到联系人上。但一般使用

`ContactManager` 类来管理联系人。

无论如何处理联系人，都要处理 `PeerContact` 对象。这个对象与 `PeerNearMe` 对象一样，也继承自 `Peer` 抽象基类。`PeerContact` 对象的属性和方法比 `PeerNearMe` 对象多。例如，`PeerContact` 对象包括 `DisplayName` 和 `EmailAddress` 属性，它们进一步描述了 PNM 对等机。这两个类型的另一个区别是 `PeerContact` 对象与 `System.Net.PeerToPeer.PeerName` 类有更明确的关系。通过 `PeerContact.PeerName` 属性可以从 `PeerContact` 对象中获得 `PeerName`。之后，就可以使用前面介绍的技术与 `PeerName` 提供的任意端点通信。

本地对等机的信息也可以通过 `ContactManager` 类的 `ContactManager.LocalContact` 静态属性来访问。该属性提供了一个 `PeerContact` 属性和本地对等机的详细信息。

使用 `ContactManager.CreateContact()` 或 `CreateContactAsync()` 方法，可以把 `PeerNearMe` 对象添加到联系人的本地列表中。使用 `GetContact()` 方法可以获得 `PeerName` 对象。使用 `DeleteContact()` 方法可以删除 `PeerNearMe` 或 `PeerName` 对象表示的联系人。

最后，可以处理一些事件来响应对联系人的修改。例如，改变了 `ContactManager` 类已知的任意联系人的存在状态时，可以使用 `PresenceChanged` 事件来响应。

#### 4. 示例应用程序

这是本章可下载代码中的第二个示例应用程序，它说明了 `System.Net.PeerToPeer.Collaboration` 名称空间中的类的用法。这个应用程序类似于另一个示例，但要简单许多。我们需要两台都可以签入到 PNM 服务器上的计算机，才能看到这个应用程序的执行情况，因为它枚举并显示了本地子网中的 PNM 对等机。



图 45-8

在至少可以发现一个对等机可用的情况下运行应用程序，结果如图 45-8 所示。

因为代码的结构与上一个例子相同，所以如果阅读了前面的代码，就会很熟悉这个例子的代码。这次在 `Window_Loaded()` 事件处理程序中，除了签入之外，并没有太多的工作要做，因为没有要初始化的 WCF 服务，也没有要获得的对等机名称注册项：

```
private void Window_Loaded(object sender, RoutedEventArgs e)
{
    // Sign in to PNM
    PeerCollaboration.SignIn(PeerScope.NearMe);
}
```

为了使结果更美观，使用 `ContactManager.LocalContact.Nickname` 格式化窗口的标题：

```
// Get local peer name to display
this.Title = string.Format("PNMSample-{0}",
    ContactManager.LocalContact.Nickname);
}
```

在 `Window_Closing()` 中，本地对等机自动签出 PNM：

```
private void Window_Closing(object sender,
    System.ComponentModel.CancelEventArgs e)
{
    // Sign out of PNM
}
```



```
PeerCollaboration.SignOut(PeerScope.NearMe);
}
```

大多数工作都在 `RefreshButton_Click()` 事件处理程序中完成，这使用 `PeerCollaboration.GetPeersNearMe()` 方法获得对等机列表，并使用项目中定义的 `PeerEntry` 类，把这些对等机添加到显示结果中，如果没有找到任何对等机，就显示一条失败消息。

```
private void RefreshButton_Click(object sender, RoutedEventArgs e)
{
    // Get local peers
    PeerNearMeCollection peersNearMe = PeerCollaboration.GetPeersNearMe();

    // Prepare for new peers
    PeerList.Items.Clear();

    // Examine peers
    foreach (PeerNearMe peerNearMe in peersNearMe)
    {
        PeerList.Items.Add(
            new PeerEntry
            {
                PeerNearMe = peerNearMe,
                PresenceStatus = peerNearMe.GetPresenceInfo(
                    peerNearMe.PeerEndpoints[0]).PresenceStatus,
                DisplayString = peerNearMe.Nickname
            });
    }

    // Add failure message if necessary
    if (PeerList.Items.Count == 0)
    {
        PeerList.Items.Add(
            new PeerEntry
            {
                DisplayString = "No peers found."
            });
    }
}
```

从这个例子可以看出，使用前面介绍的类，可以非常方便地与 PNM 服务交互。

## 45.4 小结

本章介绍了如何在应用程序中使用 .NET 4 中的 P2P 类实现对等网(P2P)功能。

我们探讨了 P2P 可以实现的解决方案类型，这些解决方案的构造方式，如何使用 PNRP 和 PNM，如何使用 `System.Net.PeerToPeer` 和 `System.Net.PeerToPeer.Collaboration` 名称空间中的类型，还了解了作为 P2P 端点提供 WCF 服务的有用技术。

如果读者对开发 P2P 应用程序感兴趣，就应进一步研究 PNM。还应了解对等机信道，WCF 服务利用该信道在多个客户端之间同时进行通信。

下一章介绍消息队列。

# 第 46 章

## 消息队列

本章内容:

- 消息队列概述
- 消息队列体系结构
- 消息队列管理工具
- 编程实现消息队列
- 课程订单示例应用程序
- 消息队列和 WCF

`System.Messaging` 名称空间包含的类可以用 Windows 操作系统的消息队列功能读写消息。消息传递功能可以在断开连接的环境下使用,在该环境下,客户端和服务端不需要同时运行。

本章介绍消息队列的体系结构和用法,探讨 `System.Messaging` 名称空间中用于创建队列和收发消息的类,学习如何使用确认队列和响应队列从服务器中获得应答,如何通过 WCF 消息队列绑定使用消息队列。

### 46.1 概述

在开始学习消息队列编程之前,本节先讨论消息传递的基本概念,将它与同步和异步编程比较。在同步编程中,调用一个方法时,调用者必须等待该方法执行完毕。在异步编程中,主调线程可以启动同时运行的方法。异步编程可以通过委托、支持异步方法的类库(例如,Web 服务代理, `System.Net` 和 `System.IO` 类),或使用自定义线程(详见第 20 章)来实现。在同步和异步编程中,客户端和服务端必须同时运行。

尽管消息队列是异步进行的,但因为客户端(发送者)不等待服务器(接收者)读取发送给它的的数据,所以消息队列与异步编程有很大的区别。消息队列可以在断开连接的环境下进行。在发送数据时,接收者可以离线。在以后的某个时刻,接收者上线时,就会接收到数据,而无须来自发送应用程序的干预。

可以把打开连接的编程和断开连接的编程与给他人打电话和发送电子邮件做比较。在给他人打电话时,电话两端的人都必须同时在线;这种通信是同步的。而利用电子邮件,发送者不能确定处理电子邮件的时间。使用这个技术的人工作在断开连接的模式。当然,电子邮件可能从来不被处理,

而它可能被忽略。这就是断开连接的通信的本质。为了避免这个问题，可以要求发送一个应答，以确认已读取电子邮件。如果在指定的时间内没有收到应答，就要处理这个“异常”。这也可以使用消息队列来实现。

在某些方面，消息队列就是应用程序之间通信的电子邮件，而不是人与人之间通信的电子邮件。但是，它提供了邮件服务没有的许多功能，例如，有保证的交付、事务、确认、使用内存的快捷模式等。如下一节所述，消息队列有许多可用于应用程序之间通信的特性。

通过消息队列功能，可以在打开连接或断开连接的环境下发送、接收和路由消息。图 46-1 显示了使用消息的一种非常简单的方式。发送者给消息队列发送消息，接收者从队列中接收消息。

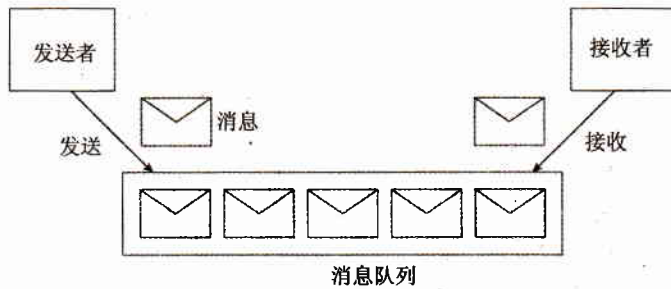


图 46-1

### 46.1.1 使用消息队列的场合

使用消息队列的一个场合是，客户端应用程序常常从网络上断开连接(例如，销售员在站点上访问顾客)。销售员可以直接在顾客的站点上输入订购数据。应用程序把每个订单的消息发送给位于客户端系统上的消息队列(如图 46-2 所示)。只要销售员回到办公室，订单就会自动从客户端系统的消息队列传输到目标系统的消息队列上，在目标系统上处理消息。

除了使用笔记本电脑之外，销售员还可以使用支持消息队列的 Pocket Windows 设备。

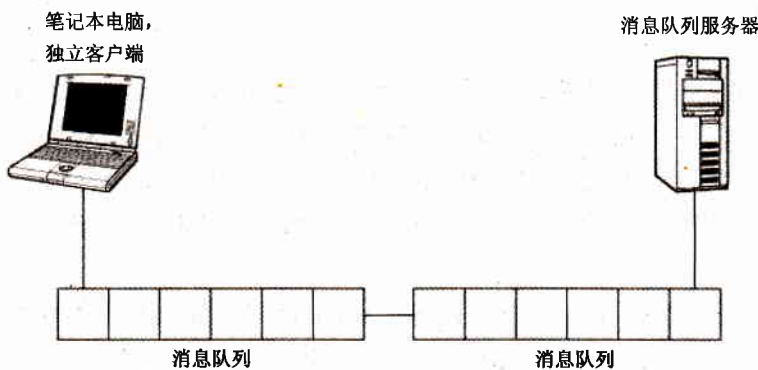


图 46-2

消息队列还可以在打开连接的环境下使用。假定在一个电子商务站点上(如图 46-3 所示)，其中服务器在某些时刻(如傍晚和周末)的订单事务负载是满的，但在晚上，其负载很低。一种解决方案是购买一台更快的服务器或在系统中添加更多服务器，以处理高峰时的订单。还有一种成本较低的解决方案：把事务从高负载的时段移动到低负载的时段，即削峰平谷。在这种方案中，把订单发送

到消息队列中，接收端按对数据库系统有利的速度读取订单。现在，系统的负载被平摊到各个时间段内，这样处理事务的服务器就可以比数据库系统升级的系统开销少。

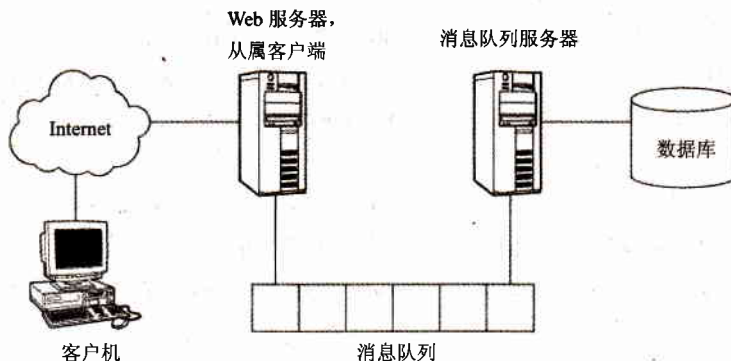


图 46-3

### 46.1.2 消息队列功能

消息队列是 Windows 操作系统的一部分。这个服务的主要功能如下：

- 消息可以在断开连接的环境下发送。不需要同时运行正在发送和正在接收的应用程序。
- 使用快捷模式，消息可以非常快地发送。在快捷模式下，消息存储在内存中。
- 对于可恢复的机制，消息可以使用有保证的交付方式发送。可恢复的消息存储在文件中。在服务器重新启动时发送它们。
- 用访问控制列表来保护消息队列，可以确定哪些用户可以发送或接收队列中的消息。消息还可以加密，避免网络嗅探器读取其中的数据。消息在发送时可以指定优先级，这样可以更快地处理高优先级的项。
- Message Queuing 3.0 支持多播消息的发送。
- Message Queuing 4.0 支持病毒消息。病毒消息不能解析。可以定义病毒队列中不能解析的消息是可以移动的。例如，如果从正常的队列中读取消息后，对应作业要把消息插入数据库中，但消息不能插入数据库，因此该作业失败，该消息就会发送到病毒队列中。有人负责处理病毒队列，这个人应以能解析病毒消息的方式来处理该消息。
- Message Queuing 5.0 支持更安全学身份验证算法，可以处理大量队列(Message Queuing 4.0 在处理几千个队列时有性能问题)。



因为消息队列是操作系统的一部分，所以不能在 Windows Server 2003 和 Windows XP 系统上安装 Message Queuing 5.0。Message Queuing 5.0 是 Windows Server 2008 R2 和 Windows 7 的一部分。

本章剩余的内容探讨这些功能的用法。

## 46.2 Message Queuing 产品

Message Queuing 5.0 是 Windows Server 2008 R2 和 Windows 7 的一部分。Windows 2000 和 Message Queuing 2.0 一起发布，它不支持 HTTP 协议和多播消息。Message Queuing 3.0 是 Windows Server 2003 和 Windows XP 的一部分。Message Queuing 4.0 是 Windows Server 2008 和 Windows Vista 的一部分。

使用 Windows 7 的 Configuring Programs and Features 中的 Turn Windows Features on or off 链接时，有一个单独用于 Message Queuing 选项的部分。在这个部分中，可以选择如下组件：

- Microsoft Message Queue(MSMQ) Server Core——Core 子组件是消息队列基本功能所必需的。
- Active Directory Domain Services Integration——有了它，消息队列名就会写入 Active Directory。利用这个选项可以使用 Active Directory Integration 查找队列，用 Windows 用户和组保护队列。
- MSMQ HTTP Support——它允许使用 HTTP 协议发送和接收消息。
- Triggers——利用 Triggers，可以在接收到新消息时实例化应用程序。
- Multicast Support——有了它，就可以把一条消息发送给一组服务器。
- MSMQ DCOM Proxy——有了 DCOM 代理，系统就可以使用 DCOM API 连接到远程服务器上。

在安装 Message Queuing 时，必须启动 Message Queuing 服务(如图 46-4 所示)。这条服务读写消息，与其他 Message Queuing 服务器通信，把消息路由到网络上。

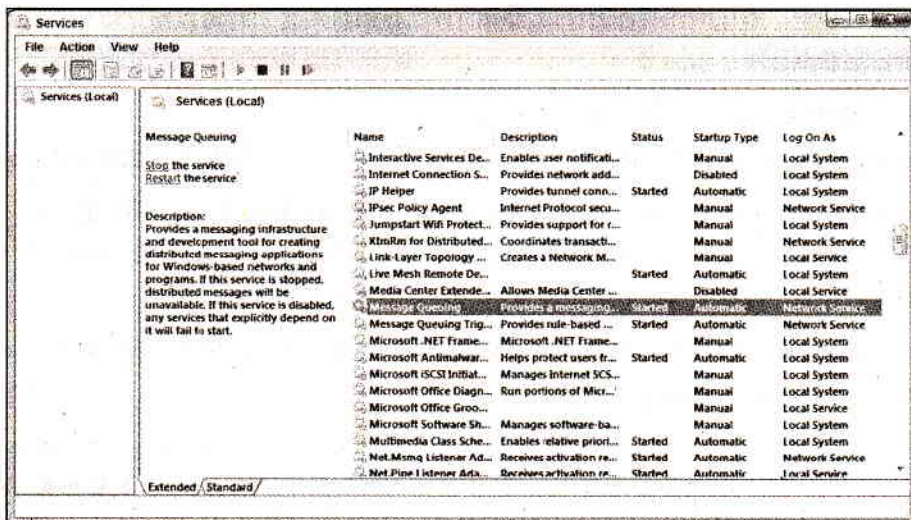


图 46-4

## 46.3 消息队列体系结构

通过消息队列，可以从消息队列中读写消息。消息和消息队列有几个属性需要进一步阐述。

### 46.3.1 消息

把消息发送到消息队列中。消息包含正文(包含要发送的数据)和一个标签(消息的标题)。在消息的正文中可以放置任意信息。在.NET 中,有几个格式化程序转换要放在正文中的数据。除了标签和正文之外,消息还包含发送者、超时配置、事务 ID 或优先级等信息。

消息队列有几种类型的消息:

- 一般消息——由应用程序发送。
- 确认消息——报告一般消息的状态。把确认消息发送到管理队列中,来报告一般消息的发送是否成功。
- 响应消息——当原始发送者需要某种特殊应答时,由接收应用程序发送响应消息。
- 报告消息——由消息队列系统生成。测试消息和路由跟踪消息属于此类。

消息可以有优先级,优先级定义从队列中读取消息的顺序。因为消息在队列中按照其优先级排序,所以从队列中读取的下一条消息就是优先级最高的那条消息。

消息有两种传递模式:快捷模式和可恢复模式。快捷消息的传送速度非常快,因为消息只使用消息存储器来存储。可恢复消息在路由的每一阶段都要存储在文件中,直到消息传递到目的地为止。这样,即使计算机重新启动或网络失败,消息的传递也能得到保证。

事务消息是可恢复消息的一种特殊版本。在事务消息传递过程中,可以确保消息只到达目的地一次,且按照它们发送的顺序到达目的地。优先级不能在事务消息中使用。

### 46.3.2 消息队列

消息队列是一个消息存储库。存储在磁盘上的消息位于<windir>\system32\msmq\storage 目录。公共队列或私有队列通常用于发送消息,但还有其他队列类型:

- 公共队列在 Active Directory 中发布。这些队列的信息通过 Active Directory 域复制。可以使用浏览和搜索功能获得这些队列的信息。即使不知道放置队列的计算机名,也可以访问公共队列。还可以把这种队列从一个系统移动到另一个系统上,而无须通知客户。但不能在 Workgroup 环境下创建公共队列,因为需要 Active Directory。Active Directory 详见第 52 章(见光盘)。
- 私有队列不在 Active Directory 中发布。只有在知道队列的完整路径名时才能访问这些队列。私有队列可以在 Workgroup 环境下使用。
- 日志队列用于在发送或接收消息后,保存消息的副本。启动公共或私有队列的日志功能,就会自动创建一个日志队列。在日志队列中,可以有两种不同的队列类型:源日志队列和目标日志队列。通过消息的属性打开源日志功能,用源系统存储日志消息。用队列的属性打开目标日志功能,这些消息存储在目标系统的日志队列中。
- 如果消息没有在指定的超时前到达目标系统,该消息就存储在死信队列中。在同步编程中,错误会被立即检测出来,但使用消息队列处理错误的方式必须不同。死信队列可以用于检查未到达目的地的消息。

- 管理队列包含发送消息的确认消息。发送者可以指定一个管理队列，发送者从中接收消息是否成功发送的通知。
- 如果需要把多条简单的确认消息用作接收端的应答，就可以使用响应队列。接收应用程序可以把响应消息发送回原始发送者。
- 报告队列用于测试消息。把公共或私有队列的类型改为预定义的 ID{55EE8F33-CCE9-11CF-B108-0020AFD61CE9}，就可以创建报告队列。报告队列可以用作跟踪其路由中的消息的测试工具。
- 系统队列是私有的，由消息队列系统使用。这些队列用于管理消息，存储通知消息，保证事务消息的正确顺序。

## 46.4 Message Queuing 管理工具

在介绍如何以编程方式处理 Message Queuing 之前，本节先讨论 Windows 操作系统中的管理工具，以创建和管理队列和消息。



这里介绍的工具不仅能用于 Message Queuing。只有安装了 Message Queuing，才能使用这些工具的 Message Queuing 功能。

### 46.4.1 创建消息队列

消息队列可以使用 Computer Management MMC 插件创建。在 Windows 7 系统上，用 Start | Control Panel | Administrative Tools | Computer Management 菜单启动 Computer Management MMC 插件。在树型视图面板上，Message Queuing 位于 Services and Applications 项的下面。选择 Private Queues 或 Public Queues，就可以从 Action 菜单中创建新队列，如图 46-5 所示。只有在 Active Directory 模式下配置 Message Queuing，公共队列才可用。

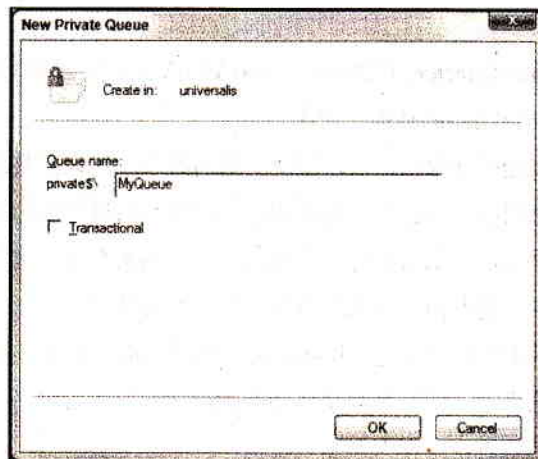


图 46-5

### 46.4.2 消息队列属性

在创建队列后，可以使用 Computer Management 插件，在树型面板上选择队列，选择 Action| Properties 菜单，来修改队列的属性，如图 46-6 所示。

可以配置几个选项：

- Label 是队列的名称，它可用于搜索队列。
- Type ID 默认设置为 {00000000-0000-0000-0000-000000000000}，把多个队列映射到一个类别或类型上。报告队列使用特定的类型 ID，如前所述。类型 ID 是通用唯一 ID(UUID)或 GUID。

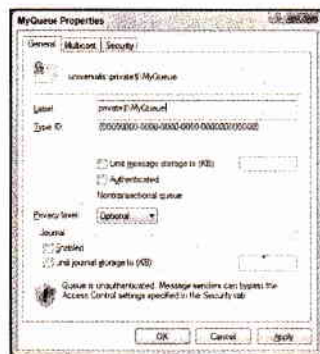


图 46-6



可以使用 uuidgen.exe 或 guidgen.exe 实用程序创建自定义类型标识符。uuidgen.exe 是一个命令行实用程序，用于创建唯一的 ID，guidgen.exe 是创建 UUID 的图形版本。

- 可以限制队列中所有消息的最大长度，避免填满整个磁盘。
- 勾选 Authenticated 复选框时，Authenticated 选项只允许通过身份验证的用户读写队列中的消息。
- 使用 Privacy level 选项，可以加密消息的内容。可以设置的值有 None、Optional 和 Body。None 表示不接收加密的消息，Body 只接收加密的消息，默认的 Optional 值接收两者。
- 使用 Journal 设置可以配置目标日志功能。使用这个选项，可以把接收的消息副本存储到日志中。可以为队列的日志消息配置能使用的磁盘空间的最大容量。当到达这个最大容量时，就停止目标日志功能。
- 配置选项 Multicast 用于定义队列的多播 IP 地址。同一个多播 IP 地址可以用于网络上的不同节点，这样发送给一个地址的消息就可以用多个队列接收。

## 46.5 消息队列的编程实现

既然理解了消息队列的体系结构之后，就可以探讨其编程了。下面几节将学习如何创建和控制队列，如何发送和接收消息。

还要构建一个小型课程订单应用程序，它由发送部分和接收部分组成。

### 46.5.1 创建消息队列

前面了解了如何使用 Computer Management 实用程序创建消息队列。消息队列还可以用 MessageQueue 类的 Create()方法以编程方式创建。

在 Create()方法中，必须传递新队列的路径。路径包括队列所在主机的名称和队列的名称。在下面的例子中，要在本地主机上创建 MyNewPublicQueue 队列。为了创建私有队列，路径名必须包含 Private\$，如 Private\$MyNewPrivateQueue。



调用 `Create()` 方法之后, 就可以修改队列的属性。例如, 使用 `Label` 属性, 把队列的标签设置为 `Demo Queue`。示例程序把队列的路径和格式名写到控制台上。格式名用 `UUID` 自动创建, `UUID` 可用于访问队列, 且无须服务器名:



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
using System;
using System.Messaging;

namespace Wrox.ProCSharp.Messaging
{
    class Program
    {
        static void Main()
        {
            using (var queue = MessageQueue.Create(@".\MyNewPublicQueue"))
            {
                queue.Label = "Demo Queue";
                Console.WriteLine("Queue created:");
                Console.WriteLine("Path: {0}", queue.Path);
                Console.WriteLine("FormatName: {0}", queue.FormatName);
            }
        }
    }
}
```

代码段 `CreateMessageQueue/Program.cs`



创建队列时需要管理权限。通常不希望应用程序的用户拥有管理权限。这就是队列通常用安装程序创建的原因。本章后面将介绍如何使用 `MessageQueueInstaller` 类创建消息队列。

## 46.5.2 查找队列

路径名和格式名可以用于标识队列。要查找队列, 必须区分公共队列和私有队列。公共队列在 `Active Directory` 中发布。对于这些队列, 无须知道它们所在的系统。只有在已知队列所在系统私有队列名称时才能找到私有队列。

在 `Active Directory` 域中搜索队列的标签、类别或格式名, 就可以找到公共队列。还可以获得计算机上的所有队列。`MessageQueue` 类的静态方法 `GetPublicQueuesByLabel()`、`GetPublicQueuesByCategory()` 和 `GetPublicQueuesByMachine()` 可以搜索队列。`GetPublicQueues()` 方法返回包含域中所有公共队列的数组。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
using System;
using System.Messaging;

namespace Wrox.ProCSharp.Messaging
{
    class Program
    {
```

```

static void Main()
{
    foreach (var queue in MessageQueue.GetPublicQueues())
    {
        Console.WriteLine(queue.Path);
    }
}
}

```

---

代码段 FindQueues/Program.cs

`GetPublicQueues()`方法是重载的。它的一个重载版本允许传递 `MessageQueueCriteria` 类的一个实例。利用这个类可以搜索在某个时刻之前或之后创建或修改的队列，还可以查找队列的类别、标签或计算机名。

可以使用静态方法 `GetPrivateQueuesByMachine()`搜索私有队列。这个方法返回指定系统中的所有私有队列。

### 46.5.3 打开已知队列

如果队列名已知，就不需要搜索它。使用路径或格式名就可以打开队列。路径或格式名都在 `MessageQueue` 类的构造函数中设置。

#### 1. 路径名

路径指定了打开队列需要的计算机名和队列名。下面的代码示例打开本地主机上的 `MyPublicQueue` 队列。为了确定队列是否存在，可以使用静态方法 `MessageQueue.Exists()`：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

using System;
using System.Messaging;

namespace Wrox.ProCSharp.Messaging
{
    class Program
    {
        static void Main()
        {
            if (MessageQueue.Exists(@".\MyPublicQueue"))
            {
                var queue = new MessageQueue(@".\MyPublicQueue");
                //.
            }
            else
            {
                Console.WriteLine("Queue .\MyPublicQueue not existing");
            }
        }
    }
}

```

---

代码段 OpenQueue/Program.cs

根据队列的类型，在打开队列时需要不同的标识符。表 46-1 列出了指定类型的队列名的语法。

表 46-1

队列类型	语 法
公共队列	MachineName\QueueName
私有队列	MachineName\Private\QueueName
日志队列	MachineName\QueueName\Journal\$
计算机日志队列	MachineName\Journal\$
计算机死信队列	MachineName\DeadLetter\$
计算机事务死信队列	MachineName\XactDeadLetter\$

在使用路径名打开公共队列时，需要传递计算机名。如果计算机名未知，则可以使用格式名代替。私有队列的路径名只能在本地系统上使用，必须使用格式名远程访问私有队列。

## 2. 格式名

除了路径名之外，还可以使用格式名打开队列。格式名用于在 Active Directory 中搜索队列，获得队列所在的主机。在断开连接的环境下，在发送消息时队列不能到达，此时就需要使用格式名：

```
MessageQueue queue = new MessageQueue(
    @"FormatName:PUBLIC=09816AFF-3608-4c5d-B892-69754BA151FF");
```

格式名还有一些其他用途。它可以用于打开私有队列，并指定要使用的协议：

- 要访问私有队列，必须给构造函数传递字符串 `FormatName:PRIVATE=MachineGUID\QueueNumber`。在创建队列时，会生成私有队列的队列号。队列号在 `<windows>\System32\msmq\storage\lqs` 目录下。
- 使用 `FormatName:DIRECT=Protocol:MachineAddress\QueueName`，可以指定用于发送消息的协议。Message Queuing 3.0 及以后版本支持 HTTP 协议。
- `FormatName:DIRECT=OS:MachineName\QueueName` 是使用格式名指定队列的另一种方式。此时不需要指定协议，但仍可以使用计算机名和格式名。

### 46.5.4 发送消息

可以使用 `MessageQueue` 类的 `Send()` 方法给队列发送消息。作为参数传递给 `Send()` 方法的对象序列化到相关联的队列上。`Send()` 方法是重载的，这样才能传递标签和 `MessageQueueTransaction` 对象。`Message Queuing` 的事务行为在后面论述。

下面的代码示例先检查队列是否存在，如果不存在，就创建一个队列。接着打开队列，使用 `Send()` 方法给队列发送 `Sample Message` 消息。

路径名给服务器名指定“.”，表示它是本地系统。私有队列的路径名只能在本地使用。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
using System;
using System.Messaging;

namespace Wrox.ProCSharp.Messaging
{
    class Program
```

```

    static void Main()
    {
        try
        {
            if (!MessageQueue.Exists(@".\Private$\MyPrivateQueue"))
            {
                MessageQueue.Create(@".\Private$\MyPrivateQueue");
            }
            var queue = new MessageQueue(@".\Private$\MyPrivateQueue");
            queue.Send("Sample Message", "Label");
        }
        catch (MessageQueueException ex)
        {
            Console.WriteLine(ex.Message);
        }
    }
}

```

代码段 SendMessage/Program.cs

图 46-7 显示了 Computer Management 管理工具，其中可以看到到达队列的消息。

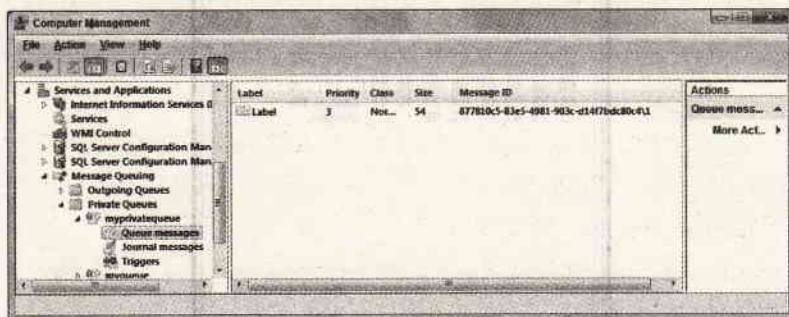


图 46-7

打开消息，选择对话框的 Body 选项卡(如图 46-8 所示)，就可以看到用 XML 格式化后的消息。判断消息的格式化方式是消息队列相关联的格式化程序的功能。

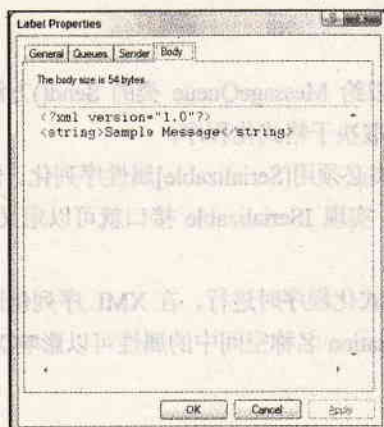


图 46-8

### 1. 消息格式化程序

消息传输给队列的格式取决于格式化程序。MessageQueue 类有一个 Formatter 属性，通过它可以指定格式化程序。默认的格式化程序 XmlMessageFormatter 会用 XML 语法格式化消息，如前面的例子所示。

消息格式化程序实现 IMessageFormatter 接口。System.Messaging 名称空间中有 3 个消息格式化程序：

- XmlMessageFormatter 是默认的格式化程序，它使用 XML 序列化对象，XML 格式的内容详见第 33 章。
- 使用 BinaryMessageFormatter，可以用二进制格式对消息进行序列化。这些消息比使用 XML 格式化的消息短。
- ActiveXMessageFormatter 是一个二进制格式化程序，这样可以用 COM 对象读写消息。使用这个格式化程序，可以用 .NET 类把消息写入队列中，使用 COM 对象从队列中读取消息，反之亦然。

图 46-8 中用 XML 显示的示例消息是用图 46-9 中的 BinaryMessageFormatter 格式化的。

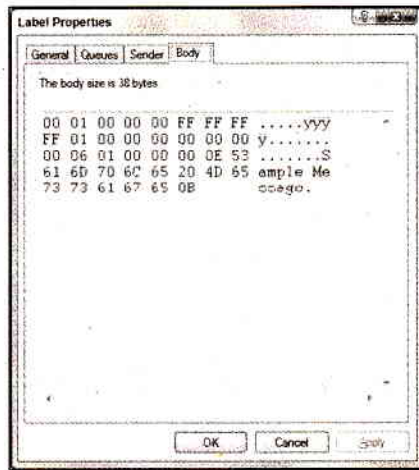


图 46-9

### 2. 发送复杂的消息

除了传递字符串之外，还可以给 MessageQueue 类的 Send()方法传递对象。虽然该类的类型必须满足一些特定的要求，但它们取决于格式化程序。

对于二进制格式化程序，该类必须用[Serializable]属性序列化。使用 .NET 运行库的序列化功能，序列化所有字段(包括私有字段)。实现 ISerializable 接口就可以定义自定义序列化。 .NET 运行库的序列化功能详见第 29 章。

XML 序列化在使用 XML 格式化程序时进行。在 XML 序列化过程中，会序列化所有公共字段和属性。使用 System.Xml.Serialization 名称空间中的属性可以影响 XML 序列化。XML 序列化详见第 33 章。

## 46.5.5 接收消息

要读取消息，也可以使用 `MessageQueue` 类。通过 `Receive()` 方法可以读取一条消息，再将该消息从队列中删除。如果使用不同的优先级发送消息，就读取优先级最高的消息。读取优先级相同的消息时，第一条发送的消息不一定是第一条读取的消息，因为消息在网络中的传递顺序无法保证。要保证发送顺序和读取顺序相同，可以使用事务消息队列。

在下面的例子中，要从私有队列 `MyPrivateQueue` 中读取一条消息。之前把一个简单的字符串传递给该消息。在使用 `XmlMessageFormatter` 格式化程序读取消息时，必须把要读取的对象的类型传递给该格式化程序的构造函数。在本例中，将 `System.String` 类型传递给 `XmlMessageFormatter` 的构造函数的参数数组。这个构造函数可以接收一个 `String` 数组，该数组包含要作为字符串传递的类型；也可以接收一个 `Type` 数组。

用 `Receive()` 方法读取消息，再把消息正文写入控制台中：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
using System;
using System.Messaging;

namespace Wrox.ProCSharp.Messaging
{
    class Program
    {
        static void Main()
        {
            var queue = new MessageQueue(@".\Private$\MyPrivateQueue");
            queue.Formatter = new XmlMessageFormatter(
                new string[] {"System.String"});

            Message message = queue.Receive();
            Console.WriteLine(message.Body);
        }
    }
}
```

代码段 `SendMessage/Program.cs`

`Receive()` 方法将同步执行，如果队列中没有消息，它就会等待队列中有消息时再执行。

### 1. 枚举消息

除了使用 `Receive()` 方法逐条消息地读取之外，还可以使用枚举器遍历所有消息。因为 `MessageQueue` 类实现 `IEnumerable` 接口，所以可以在 `foreach` 语句中使用。使用迭代器时，虽然消息不会从队列中删除，但可以查看消息从而获得它们的内容：

```
var queue = new MessageQueue(@".\Private$\MyPrivateQueue");
queue.Formatter = new XmlMessageFormatter(
    new string[] {"System.String"});

foreach (Message message in queue)
{
    Console.WriteLine(message.Body);
}
```

除了使用 `IEnumerable` 接口外，还可以使用 `MessageEnumerator` 类。虽然 `MessageEnumerator` 类

实现 `IEnumerator` 接口,但它有更多功能。实现 `IEnumerable` 接口,就表示不从队列中删除消息。`MessageEnumerator` 类的 `RemoveCurrent()`方法可以从枚举器的当前光标位置删除消息。

在下面的例子中,使用 `MessageQueue` 类的 `GetMessageEnumerator()`方法访问 `MessageEnumerator` 类。通过 `MessageEnumerator` 类的 `MoveNext()`方法,可以逐条查看消息。`MoveNext()`方法重载为允许把一个时间段作为参数。这是使用这个枚举器的一个主要优点。现在,线程可以在指定的时间段内等待消息到达队列,之后就不等待了。`IEnumerator` 接口定义的 `Current` 属性返回消息的一个引用:

```
var queue = new MessageQueue(@".\Private$\MyPrivateQueue");
queue.Formatter = new XmlMessageFormatter(
    new string[] {"System.String"});

using (MessageEnumerator messages = queue.GetMessageEnumerator())
{
    while (messages.MoveNext(TimeSpan.FromMinutes(30)))
    {
        Message message = messages.Current;
        Console.WriteLine(message.Body);
    }
}
```

### 2. 异步读取

`MessageQueue` 类的 `Receive()`方法会等到队列中的消息可以读取为止。为了避免阻碍线程的执行,可以在 `Receive()`方法的一个重载版本中指定一个超时期限。要在超时时读取队列中的消息,必须再次调用 `Receive()`方法。除了轮询消息外,还可以调用 `BeginReceive()`异步方法。在使用 `BeginReceive()`开始异步读取消息之前,应设置 `ReceiveCompleted` 事件。`ReceiveCompleted` 事件需要 `ReceiveCompletedEventHandler` 委托,在消息到达队列并可以读取时该委托引用要调用的方法。在下面的例子中,把 `MessageArrived()`方法传递给 `ReceivedCompletedEventHandler` 委托:



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
var queue = new MessageQueue(@".\Private$\MyPrivateQueue");
queue.Formatter = new XmlMessageFormatter(
    new string[] {"System.String"});

queue.ReceiveCompleted += MessageArrived;
queue.BeginReceive();
// thread does not wait
```

代码段 `ReceiveMessageAsync/Program.cs`

`MessageArrived()`处理程序方法需要两个参数。第一个参数是 `MessageQueue` 事件源。第二个参数是 `ReceiveCompletedEventArgs` 类型,它包含消息和异步结果。在下面的例子中,调用队列中的 `EndReceive()`方法,以获得异步方法的结果,即消息:

```
public static void MessageArrived(object source, ReceiveCompletedEventArgs e)
{
    MessageQueue queue = (MessageQueue)source;
    Message message = queue.EndReceive(e.AsyncResult);
    Console.WriteLine(message.Body);
}
```

如果不应从队列中删除消息, `BeginPeek()`和 `EndPeek()`方法就可以与异步 I/O 一起使用。

## 46.6 课程订单应用程序


为了演示消息队列的用法, 本节将创建一个示例解决方案, 用于订购课程。示例解决方案由 3 个程序集组成:

- 组件库(`CourseOrder`), 它包含在队列中发送和接收的消息的实体类
- WPF 应用程序(`CourseOrderSender`), 它给消息队列发送消息
- WPF 应用程序(`CourseOrderReceiver`), 它从消息队列中接收消息

### 46.6.1 课程订单类库

发送和接收应用程序都需要订单信息。所以, 把实体类放在一个单独的程序集中。`CourseOrder` 程序集包含 3 个实体类: `CourseOrder`、`Course` 和 `Customer`。在示例应用程序中, 并不像实际应用程序中的实现方式那样实现所有属性, 而只实现用来揭示概念的属性。

在 `Course.cs` 文件中定义 `Course` 类。这个类只有一个属性, 表示课程的名称:




可从  
wrox.com  
下载源代码

```
namespace Wrox.ProCSharp.Messaging
{
    public class Course
    {
        public string Title { get; set; }
    }
}
```

代码段 `CourseOrder/Course`

`Customer.cs` 文件包含 `Customer` 类, 该类的属性用于表示公司名称和联系人姓名:




可从  
wrox.com  
下载源代码

```
namespace Wrox.ProCSharp.Messaging
{
    public class Customer
    {
        public string Company { get; set; }
        public string Contact { get; set; }
    }
}
```

代码段 `CourseOrder/Customer.cs`

在 `CourseOrder.cs` 文件中的 `CourseOrder` 类映射订单中的一个顾客和一门课程, 并确定订单是否有高优先级。这个类还定义了队列名, 把队列名设置为公共队列的格式名。即使当前不能访问队列, 也可以使用格式名发送消息。我们可以使用 `Computer Management` 插件获得格式名, 来读取消息队列的 ID。如果不能访问 `Active Directory` 来创建公共队列, 就可以轻松地修改代码来使用私有队列。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
namespace Wrox.ProCSharp.Messaging
{
    public class CourseOrder
    {

```



```

public const string CourseOrderQueueName =
"FormatName:Public=D99CE5F3-4282-4a97-93EE-E9558B15EB13";

public Customer Customer { get; set; }
public Course Course { get; set; }
}

```

代码段 CourseOrder/CourseOrder.cs

## 46.6.2 课程订单消息发送程序

解决方案的第二部分是一个 Windows 应用程序 CourseOrderSender。在这个应用程序中，把课程订单发送给消息队列。必须引用 System.Messaging 和 CourseOrder 程序集。

这个应用程序的用户界面如图 46-10 所示。comboBoxCourses 组合框的项包括几门课程，例如，Advanced .NET Programming、Programming with LINQ 和 Distributed Application Development using WCF。

单击 Submit the Order 按钮，就调用 buttonSubmit\_Click() 处理程序方法。在这个方法中，创建一个 CourseOrder 对象，并用 TextBox 和 ComboBox 控件的内容填充它。接着创建一个 MessageQueue 实例，以打开带有格式名的公共队列。使用 Send() 方法，传递 CourseOrder 对象，用默认的 XmlMessageFormatter 序列化它，再把它写入队列中：

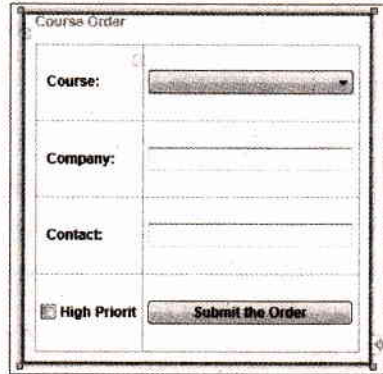


图 46-10



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

private void buttonSubmit_Click(object sender, RoutedEventArgs e)
{
    try
    {
        var order = new CourseOrder();
        order.Course = new Course()
        {
            Title = comboBoxCourses.SelectedItem.ToString()
        };
        order.Customer = new Customer()
        {
            Company = textCompany.Text,
            Contact = textContact.Text
        };

        using (var queue = new MessageQueue(CourseOrder.CourseOrderQueueName))
        {
            queue.Send(order, String.Format("Course Order {{0}}",
                order.Customer.Company));
        }
        MessageBox.Show("Course Order submitted", "Course Order",
            MessageBoxButton.OK, MessageBoxImage.Information);
    }
    catch (MessageQueueException ex)
    {
        MessageBox.Show(ex.Message, "Course Order Error",

```

```
MessageBoxButton.OK, MessageBoxImage.Error);
```

代码段 CourseOrderSender/CourseOrderWindow.xaml.cs

### 46.6.3 发送优先级和可恢复的消息

通过设置 `Message` 类的 `Priority` 属性，就可以给消息指定优先级。如果消息是特别配置的，就必须创建一个 `Message` 对象，其中消息的正文在构造函数中传递。

在这个例子中，如果选中 `checkBoxPriority` 复选框，优先级就设置为 `MessagePriority.High`。`MessagePriority` 是一个枚举，可以把值设置为从 `Lowest (0)` 到 `Highest (7)`，默认值 `Normal` 的优先级是 3。

为了使消息可以恢复，应把 `Recoverable` 属性设置为 `true`：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
private void buttonSubmit_Click(object sender, RoutedEventArgs e)
{
    try
    {
        var order = new CourseOrder
        {
            Course = new Course
            {
                Title = comboBoxCourses.Text
            },
            Customer = new Customer
            {
                Company = textCompany.Text,
                Contact = textContact.Text
            }
        };

        using (var queue = new MessageQueue(CourseOrder.CourseOrderQueueName))
        using (var message = new Message(order))
        {
            if (checkBoxPriority.IsChecked == true)
            {
                message.Priority = MessagePriority.High;
            }

            message.Recoverable = true;
            queue.Send(message, String.Format("Course Order {{0}}",
                order.Customer.Company));
        }

        MessageBox.Show("Course Order submitted");
    }
    catch (MessageQueueException ex)
    {
        MessageBox.Show(ex.Message, "Course Order Error",
            MessageBoxButton.OK, MessageBoxImage.Error);
    }
}
```

代码段 CourseOrderSender/CourseOrderWindow.xaml.cs

运行应用程序，就可以把课程订单添加到消息队列中，如图 46-11 所示。

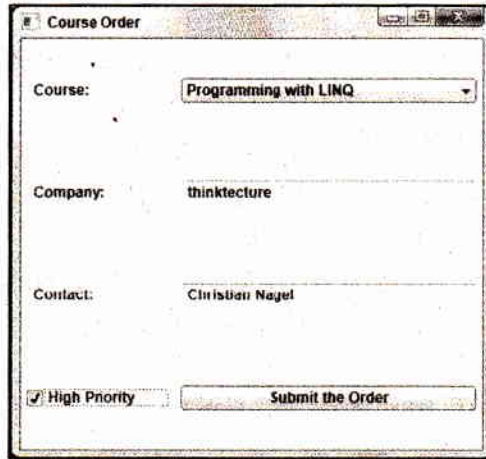


图 46-11

#### 46.6.4 课程订单消息接收程序

课程订单接收应用程序从队列中读取消息，其设计视图如图 46-12 所示。这个应用程序在 `listOrders` 列表框中显示每个订单的标签。选中一个订单后，订单的内容就会显示在应用程序右边的控件中。

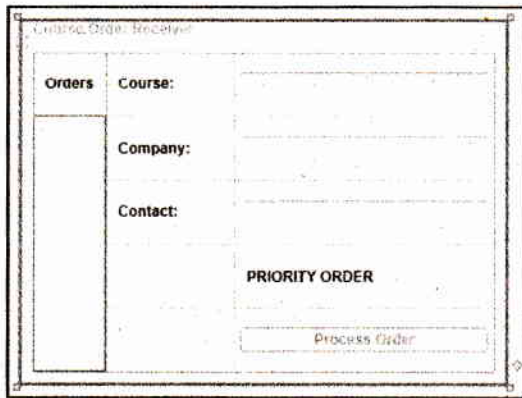


图 46-12

在窗体类 `CourseOrderReceiverWindow` 的构造函数中，创建一个 `MessageQueue` 对象，它引用由发送应用程序使用的队列。要读取消息，应使用 `Formatter` 属性把 `XmlMessageFormatter`、读取的类型和队列关联起来。

要在列表中显示可用的消息，应创建一个新任务，该任务在后台中读取消息。该任务的主方法是 `PeekMessages()`。



任务的更多内容详见第 30 章。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
using System;
using System.Messaging;
using System.Threading;
using System.Windows;
using System.Windows.Controls;
using System.Windows.Threading;

namespace Wrox.ProCSharp.Messaging
{
    public partial class CourseOrderReceiverWindow: Window
    {
        private MessageQueue orderQueue;

        public CourseOrderReceiverWindow()
        {
            InitializeComponent();

            string queueName = CourseOrder.CourseOrderQueueName;
            orderQueue = new MessageQueue(queueName);
            orderQueue.Formatter = new XmlMessageFormatter(
                new Type[]
                {
                    typeof(CourseOrder),
                    typeof(Customer),
                    typeof(Course)
                });
            // start the task that fills the ListBox with orders
            Task t1 = new Task(PeekMessages);
            t1.Start();
        }
    }
}
```

代码段 CourseOrderReceiver/CourseOrderReceiverWindow.xaml.cs

任务的主方法 `PeekMessages()` 使用消息队列的枚举器显示所有消息。在 `while` 循环中，`MessageEnumerator` 检查队列中是否还有新消息。如果队列中没有消息，线程就等待下一条消息进入队列中，等待 3 个小时后它才会退出。

要在列表框中显示队列中的每条消息，虽然线程不能直接把文本写入列表框中，但必须把调用传递给列表框的创建线程。因为 WPF 窗体控件绑定到一个线程上，所以只能使用该创建线程访问方法和属性。`Dispatcher.Invoke()` 方法把请求写入创建线程中：

```
private void PeekMessages()
{
    using (MessageEnumerator messagesEnumerator =
        orderQueue.GetMessageEnumerator2())
    {
        while (messagesEnumerator.MoveNext(TimeSpan.FromHours(3)))
        {
            var labelId = new LabelIdMapping()
            {
                Id = messagesEnumerator.Current.Id,
                Label = messagesEnumerator.Current.Label
            };
            Dispatcher.Invoke(DispatcherPriority.Normal,
```

```

        new Action<LabelIdMapping> (AddListItem),
        labelId);
    }
    MessageBox.Show("No orders in the last 3 hours. Exiting thread",
        "Course Order Receiver", MessageBoxButton.OK,
        MessageBoxImage.Information);
}
private void AddListItem(LabelIdMapping labelIdMapping)
{
    listOrders.Items.Add(labelIdMapping);
}

```

**ListBox** 控件包含 **LabelIdMapping** 类的元素。虽然这个类用于在列表框中显示消息的标签，但这里它隐藏消息的 ID。消息的 ID 可以用于以后读取消息：

```

private class LabelIdMapping
{
    public string Label { get; set; }
    public string Id { get; set; }

    public override string ToString()
    {
        return Label;
    }
}

```

**ListBox** 控件的 **SelectedIndexChanged** 事件与 **OnOrders\_SelectionChanged()** 方法相关联。这个方法从当前选中的项中获得 **LabelIdMapping** 对象，并使用 ID 通过 **PeekById()** 方法再次查看消息。接着在 **TextBox** 控件中显示消息的内容。因为默认情况下不读取消息的优先级，所以 **MessageReadPropertyFilter** 属性必须设置为接收 **Priority**：

```

private void listOrders_SelectionChanged(object sender,
    RoutedEventArgs e)
{
    LabelIdMapping labelId = listOrders.SelectedItem as LabelIdMapping;
    if (labelId == null)
        return;

    orderQueue.MessageReadPropertyFilter.Priority = true;
    Message message = orderQueue.PeekById(labelId.Id);

    CourseOrder order = message.Body as CourseOrder;
    if (order != null)
    {
        textCourse.Text = order.Course.Title;
        textCompany.Text = order.Customer.Company;
        textContact.Text = order.Customer.Contact;
        buttonProcessOrder.IsEnabled = true;

        if (message.Priority > MessagePriority.Normal)
        {
            labelPriority.Visibility = Visibility.Visible;
        }
        else

```

```

        {
            labelPriority.Visibility = Visibility.Hidden;
        }
    }
    else
    {
        MessageBox.Show("The selected item is not a course order",
            "Course Order Receiver", MessageBoxButton.OK,
            MessageBoxImage.Warning);
    }
}
}

```

单击 **Process Order** 按钮时，会调用 `OnProcessOrder()` 处理程序方法。这里会再次引用列表框中当前选择的消息，并调用 `ReceiveById()` 方法从队列中删除该消息：

```

private void buttonProcessOrder_Click(object sender, RoutedEventArgs e)
{
    LabelIdMapping labelId = listOrders.SelectedItem as LabelIdMapping;
    Message message = orderQueue.ReceiveById(labelId.Id);

    listOrders.Items.Remove(labelId);
    listOrders.SelectedIndex = -1;
    buttonProcessOrder.IsEnabled = false;
    textCompany.Text = string.Empty;
    textContact.Text = string.Empty;
    textCourse.Text = string.Empty;

    MessageBox.Show("Course order processed", "Course Order Receiver",
        MessageBoxButton.OK, MessageBoxImage.Information);
}
}
}

```

图 46-13 显示了正在运行的接收程序，该程序列出了队列中的 3 个订单，且当前选中了一个订单。

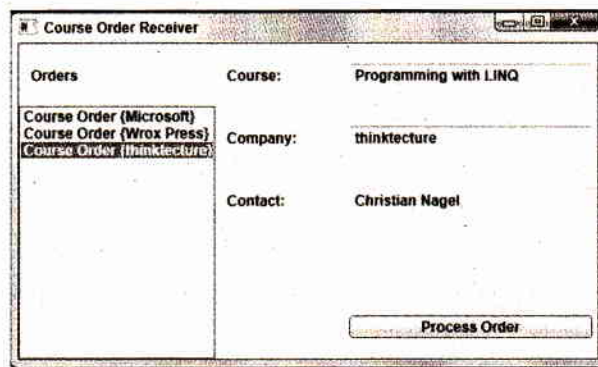


图 46-13

## 46.7 接收结果

在示例应用程序的当前版本中，发送应用程序并不知道消息是否已处理。为了得到接收程序的

结果，可以使用确认队列或响应队列。

### 46.7.1 确认队列

使用确认队列，发送应用程序可以获得消息的状态信息。在确认消息中，可以定义是否要接收应答，来判断是一切正常，还是某些地方出错。例如，可以在消息到达目标队列或读取消息时，发送确认消息；或在指定的超时过后，消息未到达目标队列或未读取消息时，发送确认消息。

在下面的例子中，将 `Message` 类的 `AdministrationQueue` 设置为 `CourseOrderAck` 队列，这个队列的创建方式类似于一般队列，但它以另外一种方式使用：原始发送程序接收到确认消息时使用它。把 `AcknowledgementType` 属性设置为 `AcknowledgementTypes.FullReceive`，会在读取消息时获得一条确认消息：

```
Message message = new Message(order);

message.AdministrationQueue = new MessageQueue(@".\CourseOrderAck");
message.AcknowledgeType = AcknowledgeTypes.FullReceive;

queue.Send(message, String.Format("Course Order {{0}}",
    order.Customer.Company));

string id = message.Id;
```

关联 ID 用于确定什么确认消息属于发送的哪条消息。发送的每条消息都有一个 ID，响应该消息所发送的确认消息把源消息的 ID 作为其关联 ID。可以用 `MessageQueue.ReceiveByCorrelationId()` 方法读取确认队列中的消息，以接收相关的确认消息。

除了使用确认消息之外，还可以为没有到达其目的地的消息使用死信队列。把 `Message` 类的属性 `UseDeadLetterQueue` 设置为 `true`，如果消息在超时过后没有到达目标队列，该消息就会复制到死信队列中。

超时用 `Message` 类的 `TimeToReachQueue` 和 `TimeToBeReceived` 属性设置。

### 46.7.2 响应队列

如果需要从接收程序中获得比确认消息更多的信息，就可以使用响应队列。响应队列类似于一般队列，但原始发送程序把该队列用作接收程序，原始接收程序把响应队列用作发送程序。

发送程序必须用 `Message` 类的 `ResponseQueue` 属性指定响应队列。下面的示例代码揭示了接收程序如何使用响应队列返回一条响应消息。在响应消息 `responseMessage` 中，把 `CorrelationId` 属性设置为原始消息的 ID。这样，客户端应用程序就知道该应答属于哪条消息。这类似于确认队列。响应消息用 `MessageQueue` 对象的 `Send()` 方法发送，`MessageQueue` 对象从 `ResponseQueue` 属性中返回：

```
public void ReceiveMessage(Message message)
{
    Message responseMessage = new Message("response");
    responseMessage.CorrelationId = message.Id;

    message.ResponseQueue.Send(responseMessage);
}
```

## 46.8 事务队列

对于可恢复的消息，不能保证消息的到达顺序，也不能保证消息只到达一次。网络失败可能会使消息到达多次，如果发送程序和接收程序安装了供消息队列使用的多个网络协议，那么也会发生这种情况。

在需要确保如下条件的情况下，可以使用事务队列：

- 消息的到达顺序与其发送顺序相同。
- 消息只到达一次。

对于事务队列，一个事务不能横跨消息的发送和接收过程。消息队列的本质是发送和接收的时间间隔可能非常长。而事务应该很短。在消息队列中，第一个事务用于把消息发送到队列中，第二个事务用于把消息转发到网络上，第三个事务用于接收消息。

下一个例子揭示了如何创建事务消息队列，如何使用事务发送消息。

给 `MessageQueue.Create()` 方法的第二个参数传递 `true`，就会创建事务消息队列。

如果要在一个事务中把多条消息写入队列中，就必须实例化 `MessageQueueTransaction` 对象，并调用 `Begin()` 方法。在发送完属于该事务的所有消息后，必须调用 `MessageQueueTransaction` 对象的 `Commit()` 方法。要取消一个事务(且不把消息写入队列中)，就必须在 `catch` 块中调用 `Abort()` 方法，如下所示：

```
using System;
using System.Messaging;

namespace Wrox.ProCSharp.Messaging
{
    class Program
    {
        static void Main()
        {
            if (!MessageQueue.Exists(@".\MyTransactionalQueue"))
            {
                MessageQueue.Create(@".\MyTransactionalQueue", true);
            }

            var queue = new MessageQueue(@".\MyTransactionalQueue");
            var transaction = new MessageQueueTransaction();

            try
            {
                transaction.Begin();
                queue.Send("a", transaction);
                queue.Send("b", transaction);
                queue.Send("c", transaction);
                transaction.Commit();
            }
            catch
            {
                transaction.Abort();
            }
        }
    }
}
```



## 46.9 消息队列和 WCF

第 43 章介绍了 WCF 的体系结构和核心功能。使用 WCF 可以配置一个使用 Windows Message Queuing 体系结构的消息队列绑定。WCF 通过它为消息队列提供了一个抽象层。图 46-14 用一幅简单的图片解释了该体系结构。客户端应用程序调用 WCF 代理的一个方法，来给队列发送一条消息。该消息由代理创建；客户端开发人员不需要知道消息发送给了队列，只调用代理的方法即可。代理抽象了处理 System.Messaging 名称空间中的类的过程，并给队列发送一个消息。服务器端的 MSMQ 侦听器信道从队列中读取消息，把它们转换为方法调用；再用服务调用这些方法调用。

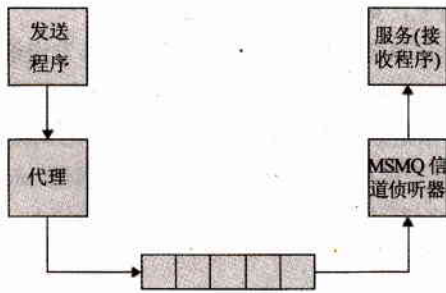


图 46-14

接着，从 WCF 的角度来看，把课程预订应用程序转换为使用消息队列。在这个解决方案中，修改前面的 3 个项目，再添加一个程序集，其中包含 WCF 服务的协定。

- 组件库(CourseOrder)包含在网络上发送消息的实体类。这些实体类改为满足数据协定的要求，来与 WCF 进行序列化。
- 添加一个新库(CourseOrderService)，它定义了服务提供的协定。
- 修改 WPF 发送应用程序(CourseOrderSender)，不发送消息，而调用 WCF 代理的方法。
- 修改 WPF 接收应用程序(CourseOrderReceiver)，使用实现了协定的 WCF 服务。

### 46.9.1 带数据协定的实体类

在 CourseOrder 库中，修改 Course、Customer 和 CourseOrder 类，以应用数据协定和属性 [DataContract] 及 [DataMember]。要使用这些属性，必须引用 System.Runtime.Serialization 程序集，并导入 System.Runtime.Serialization 名称空间。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
using System.Runtime.Serialization;

namespace Wrox.ProCSharp.Messaging
{
    [DataContract]
    public class Course
    {
        [DataMember]
        public string Title { get; set; }
    }
}
```

}

代码段 CourseOrder/Course.cs

Customer 类还需要数据协定属性:



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
[DataContract]
public class Customer
{
    [DataMember]
    public string Company { get; set; }

    [DataMember]
    public string Contact { get; set; }
}
```

代码段 CourseOrder/Customer.cs

对于 CourseOrder 类, 不仅要添加数据协定属性, 还要添加 ToString() 方法的一个重写版本, 以及包含这些对象的默认字符串表示:



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
[DataContract]
public class CourseOrder
{
    [DataMember]
    public Customer Customer { get; set; }

    [DataMember]
    public Course Course { get; set; }
    public override string ToString()
    {
        return String.Format("Course Order {{0}}", Customer.Company);
    }
}
```

代码段 CourseOrder/CourseOrder.cs

## 46.9.2 WCF 服务协定

为了给服务提供 WCF 服务协定, 需要添加一个 WCF 服务库 CourseOrderServiceContract。这个协定由 ICourseOrderService 接口定义。该协定需要 [ServiceContract] 特性。如果希望仅把这个接口用于消息队列, 就可以应用 [DeliveryRequirements] 特性, 并指定 QueuedDeliveryRequirements 属性。QueuedDeliveryRequirementsMode 枚举的值有 Required、Allowed 和 NotAllowed。AddCourseOrder() 方法由服务提供。消息队列使用的方法只能有输入参数。因为发送程序和接收程序都可以彼此独立地运行, 所以发送程序不能期望立即得到结果。使用 [OperationContract] 属性设置 IsOneWay 特性。这个操作的调用者不等待服务的应答:



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
using System.ServiceModel;

namespace Wrox.ProCSharp.Messaging
{
    [ServiceContract]
    [DeliveryRequirements(
        QueuedDeliveryRequirements=QueuedDeliveryRequirementsMode.Required)]
    public interface ICourseOrderService
```

```

    [OperationContract(IsOneWay = true)]
    void AddCourseOrder(CourseOrder courseOrder);
}
}

```

代码段 CourseOrderServiceContract/ICourseOrderService.cs



可以使用确认队列和响应队列给客户提供应答。

### 46.9.3 WCF 消息接收应用程序

WPF 应用程序 CourseOrderReceiver 现在修改为实现 WCF 服务，并接收消息。它需要引用 System.ServiceModel 程序集和 WCF 协定程序集 CourseOrderServiceContract。

CourseOrderService 类实现 ICourseOrderService 接口。在实现代码中，触发 CourseOrderAdded 事件。WPF 应用程序注册这个事件，来接收 CourseOrder 对象。

因为把 WPF 控件绑定到单个线程上，所以 UseSynchronizationContext 属性用 [ServiceBehavior] 特性设置。这是 WCF 运行库的一个功能，可以把方法调用传递给 WPF 应用程序的同步上下文定义的线程。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

using System.ServiceModel;

namespace Wrox.ProCSharp.Messaging
{
    [ServiceBehavior(UseSynchronizationContext=true)]
    public class CourseOrderService: ICourseOrderService
    {
        public static event EventHandler<CourseOrderEventArgs>
            CourseOrderAdded;

        public void AddCourseOrder(CourseOrder courseOrder)
        {
            if (CourseOrderAdded != null)
                CourseOrderAdded(this, new CourseOrderEventArgs(courseOrder));
        }
    }

    public class CourseOrderEventArgs : EventArgs
    {
        public CourseOrderEventArgs(CourseOrder courseOrder)
        {
            this.CourseOrder = courseOrder;
        }
        public CourseOrder CourseOrder { get; private set; }
    }
}

```

代码段 CourseOrderReceiver/CourseOrderService.cs



第 20 章介绍了同步上下文。

在 `CourseReceiverWindow` 类的构造函数中，实例化一个 `ServiceHost` 对象，并打开它，以启动侦听器。侦听器的绑定在应用程序配置文件中完成。

在构造函数中，订阅 `CourseOrderReceiver` 类的 `CourseOrderAdded` 事件。因为这里只需把接收到的 `CourseOrder` 对象添加到集合中，所以使用了一个简单的 Lambda 表达式。



第8章介绍了 Lambda 表达式。

这里使用的集合类是 `System.Collections.ObjectModel` 名称空间中的 `ObservableCollection<T>`。由于这个集合类实现 `INotifyCollectionChanged` 接口，因此绑定到集合上的 WPF 控件知道列表的动态变化。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
using System;
using System.Collections.ObjectModel;
using System.ServiceModel;
using System.Windows;

namespace Wrox.ProCSharp.Messaging
{
    public partial class CourseOrderReceiverWindow: Window
    {
        private ObservableCollection<CourseOrder> courseOrders =
            new ObservableCollection<CourseOrder>();

        public CourseOrderReceiverWindow()
        {
            InitializeComponent();
            CourseOrderService.CourseOrderAdded += (sender, e) =>
            {
                courseOrders.Add(e.CourseOrder);
                buttonProcessOrder.IsEnabled = true;
            }

            var host = new ServiceHost(typeof(CourseOrderService));
            try
            {
                host.Open();
            }
            catch (Exception ex)
            {
                Console.WriteLine(ex.Message);
            }

            this.DataContext = courseOrders;
        }
    }
}
```

代码段 `CourseOrderReceiver/CourseOrderReceiverWindow.xaml.cs`

XAML 代码中的 WPF 元素现在使用数据绑定。把 `ListBox` 绑定到数据上下文中，把单项控件绑定到数据上下文的当前项的属性上。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
<ListBox Grid.Row="1" x:Name="listOrders" ItemsSource="{Binding}"
        IsSynchronizedWithCurrentItem="true" />
<!-- ... -->
<TextBox x:Name="textCourse" Grid.Row="0" Grid.Column="1"
        Text="{Binding Path=Course.Title}" />
<TextBox x:Name="textCompany" Grid.Row="1" Grid.Column="1"
        Text="{Binding Path=Customer.Company}" />
<TextBox x:Name="textContact" Grid.Row="2" Grid.Column="1"
        Text="{Binding Path=Customer.Contact}" />
```

代码段 CourseOrderReceiver/CourseOrderReceiverWindow.xaml

应用程序配置文件定义 `netMsmqBinding`。为了可靠地传递消息，需要事务队列。要接收和发送非事务队列中的消息，必须把 `exactlyOnce` 属性设置为 `false`。



如果接收应用程序和发送应用程序都是 WCF 程序，就可以使用 `netMsmqBinding` 绑定。如果其中一个程序正在使用 `System.Messaging` API 发送或接收消息，或者其中一个程序是较旧的 COM 应用程序，就可以使用 `msmqIntegrationBinding`。

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8" ?>
<configuration>
  <system.serviceModel>
    <bindings>
      <netMsmqBinding>
        <binding name="NonTransactionalQueueBinding" exactlyOnce="false">
          <security mode="None" />
        </binding>
      </netMsmqBinding>
    </bindings>
    <services>
      <service name="Wrox.ProCSharp.Messaging.CourseOrderService">
        <endpoint address="net.msmq://localhost/private/courseorder"
          binding="netMsmqBinding"
          bindingConfiguration="NonTransactionalQueueBinding"
          name="OrderQueueEP"
          contract="Wrox.ProCSharp.Messaging.ICourseOrderService" />
      </service>
    </services>
  </system.serviceModel>
</configuration>
```

`buttonProcessOrder` 按钮的 `Click` 事件处理程序从集合类中删除选中的课程订单：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
private void buttonProcessOrder_Click(object sender, RoutedEventArgs e)
{
    CourseOrder courseOrder = listOrders.SelectedItem as CourseOrder;
    courseOrders.Remove(courseOrder);
    listOrders.SelectedIndex = -1;
    buttonProcessOrder.IsEnabled = false;
}
```

```

MessageBox.Show("Course order processed", "Course Order Receiver",
    MessageBoxButton.OK, MessageBoxImage.Information);
}

```

代码段 CourseOrderReceiver/CourseOrderReceiverWindow.xaml.cs

#### 46.9.4 WCF 消息发送应用程序

把发送应用程序修改为使用 WCF 代理类。对于服务协定，需要引用 `CourseOrderServiceContract` 程序集，而使用 WCF 类，需要引用 `System.ServiceModel` 程序集。

在 `buttonSubmit` 控件的 `Click` 事件处理程序中，`ChannelFactory` 类返回一个代理。通过调用 `AddCourseOrder()` 方法，该代理给队列发送一条消息：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

private void buttonSubmit_Click(object sender, RoutedEventArgs e)
{
    try
    {
        var order = new CourseOrder
        {
            Course = new Course()
            {
                Title = comboCourses.Text
            },
            Customer = new Customer()
            {
                Company = textCompany.Text,
                Contact = textContact.Text
            }
        };

        var factory = new ChannelFactory<ICourseOrderService>("queueEndpoint");
        ICourseOrderService proxy = factory.CreateChannel();
        proxy.AddCourseOrder(order);
        factory.Close();

        MessageBox.Show("Course order submitted", "Course Order",
            MessageBoxButton.OK, MessageBoxImage.Information);
    }
    catch (Exception ex)
    {
        MessageBox.Show(ex.Message, "Course Order Error",
            MessageBoxButton.OK, MessageBoxImage.Error);
    }
}

```

代码段 CourseOrderSender/CourseOrderWindow.xaml.cs

应用程序配置文件定义 WCF 连接的客户端部分。这里也使用 `netMsmqBinding`：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

<?xml version="1.0" encoding="utf-8" ?>
<configuration>
  <system.serviceModel>
    <bindings>
      <netMsmqBinding>
        <binding name="nonTransactionalQueueBinding"

```

```

        exactlyOnce="false">
        <security mode="None" />
    </binding>
</netMsmqBinding>
</bindings>
<client>
    <endpoint address="net.msmq://localhost/private/courseorder"
        binding="netMsmqBinding"
        bindingConfiguration="nonTransactionalQueueBinding"
        contract="Wrox.ProCSharp.Messaging.ICourseOrderService"
        name="queueEndpoint" />
</client>
</system.serviceModel>
</configuration>

```

代码段 CourseOrderSender/app.config

现在启动应用程序，它的工作方式与以前类似。但不再需要使用 `System.Messaging` 名称空间中的类发送和接收消息。而是使用 TCP 或 HTTP 信道和 WCF 以类似方式编写应用程序。

但是，要创建消息队列和要删除消息，仍需要 `MessageQueue` 类。WCF 只是发送和接收消息的一个抽象。



如果需要使用 `System.Messaging` 应用程序与 WCF 应用程序通信，就可以使用 `Binding` 替代 `netMsmqBinding`。这个绑定使用用于 COM 和 `System.Messaging` 的消息格式。

## 46.10 消息队列的安装

可以用 `MessageQueue.Create()` 方法创建消息队列。但运行应用程序的用户通常没有创建消息队列所需的管理特权。

一般，可以通过安装程序使用 `MessageQueueInstaller` 类创建消息队列。如果安装程序类是应用程序的一部分，命令行实用程序 `installutil.exe` (或 Windows 安装包) 就会调用安装程序的 `Install()` 方法。

Visual Studio 专门支持在 Windows 窗体应用程序中使用 `MessageQueueInstaller` 类。如果把 `MessageQueue` 组件从工具箱拖放到窗体上，该组件的智能标记就允许添加一个安装程序及其菜单项 `Add Installer`。可以使用属性编辑器配置 `MessageQueueInstaller` 对象，以定义事务队列、日志队列、格式化程序的类型、基本优先级等。



安装程序详见第 17 章。

## 46.11 小结

本章介绍了消息队列的用法。消息队列是一种重要的技术，它不仅提供异步通信，还提供断开

连接的通信。发送程序和接收程序可以在不同的时间内运行，此时智能客户端就可以使用消息队列，消息队列还可以把负载分布到不同的时间段上，以充分利用服务器的潜能。

消息队列最重要的类是 `Message` 和 `MessageQueue`。`MessageQueue` 类可以发送、接收和查看消息，`Message` 类定义发送的内容。

WCF 提供消息队列的一个抽象。可以使用 WCF 提供的概念，调用代理的方法来发送消息，实现一个服务来接收消息。

下一章介绍 Syndication，以及如何显示 RSS 和 Atom feed 中的数据。



# 第 47 章

## Syndication

本章内容:

- System.ServiceModel.Syndication 名称空间
- Syndication 阅读器
- Syndication Feed

我们有时要提供一些结构化的且常常改变的数据。在许多 Web 站点上, RSS 或 Atom 允许通过 feed 阅读器订阅。RSS(Really Simple Syndication, 真正简单的联合)是一种 XML 格式, 它允许联合信息。RSS 随着博客变得非常流行。这种 XML 信息非常便于使用 RSS 阅读器订阅。

目前, RSS 不仅用于博客, 还用于许多不同的数据源, 如在线新闻杂志。常常改变的任何数据都可以由 RSS 或其继协议 Atom 提供。Microsoft Internet Explorer 和 Microsoft Outlook 包含 RSS 阅读器和 Atom 阅读器, 它们集成到了产品中。

WCF(Windows Communication Foundation)在 System.ServiceModel.Syndication 名称空间中包含了对联合功能的扩展。这个名称空间中的类可以用于读写 RSS 和 Atom feed。

本章介绍如何创建 Syndication 阅读器, 如何提供数据。

### 47.1 System.ServiceModel.Syndication 名称空间概述

对于联合, 可以使用 System.ServiceModel.Syndication 名称空间, 它提供的类用于以 RSS 或 Atom 格式联合。

RSS 2.0 版本发布后, RSS 现在已经是 Really Simple Syndication 的缩写。在以前的版本中, 它的名称是 Resource Description Framework(RDF) Site Summary 和 Rich Site Summary。RDF 的第一个版本由 Netscape 创建; 用来描述其门户网站的内容。在 2002 年《纽约时报》开始为其读者提供 RSS 新闻源的订阅, 之后 RSS 变得非常成功。

Atom 联合格式是 RSS 的后继格式, 并通过 RFC 4287([www.ietf.org/rfc/rfc4287.txt](http://www.ietf.org/rfc/rfc4287.txt))成为一个推荐标准。RSS 和 Atom 之间的主要区别是可以用一项定义的内容。在 RSS 上, 描述元素可以包含简单的文本或 HTML 元素, 在其中阅读应用程序并不关心这些内容。而 Atom 不仅要求用 type 属性为内容定义特定的类型, 它还允许包含带指定名称空间的 XML 内容。

图 47-1 显示了 RSS 和 Atom feed 使用的徽标。如果站点显示这个徽标, 就提供 RSS 或 Atom feed。



图 47-1

表 47-1 列出了允许创建联合源的类和元素。这些类独立于联合类型 RSS 或 Atom。

表 47-1

类	说 明
SyndicationFeed	SyndicationFeed 类表示源的顶级元素。在 Atom 中，顶级元素是<feed>，RSS 把<rss>定义为顶级元素。 使用静态方法 Load()，可以通过 XmlReader 读取源 这个类的 Authors、Categories、Contributors、Copyright、ImageUrl、Links、Title 和 Items 属性可以定义子元素
SyndicationPerson	SyndicationPerson 类表示一个人，其中 Name、Email 和 Uri 可以赋予 Authors 和 Contributors 集合
SyndicationItem	一个源由多项组成。一项的属性有 Authors、Contributors、Copyright 和 Content
SyndicationLink	SyndicationLink 类表示源或项的链接。这个类定义 Title 和 Uri 属性
SyndicationCategory	源可以把项组合到类别中。类别的关键字可以设置为 SyndicationCategory 类的 Name 和 Label 属性
SyndicationContent	SyndicationContent 类是一个抽象基类，它描述某一项的内容。内容的类型可以是 HTML、纯文本、XHTML、XML 或 URL，分别用具体的类 TextSyndicationContent、UrlSyndicationContent 和 XmlSyndicationContent 来描述
SyndicationElement-Extension	对于扩展元素，可以添加额外的内容。SyndicationElementExtension 类可用于给源、类别、人、链接和项添加信息

为了把源转换为 RSS 和 Atom 格式，可以使用派生自抽象基类 SyndicationFeedFormatter 和 SyndicationItemFormatter 的类。在 .NET 4 中，用于源的格式化程序有 Atom10FeedFormatter 和 Rss20FeedFormatter，用于项的格式化程序有 Atom10ItemFormatter 和 Rss20ItemFormatter。

## 47.2 读取联合源的示例

第一个例子是一个 Syndication 阅读器应用程序，其用户界面用 WPF 开发，该 WPF 应用程序的用户界面如图 47-2 所示。

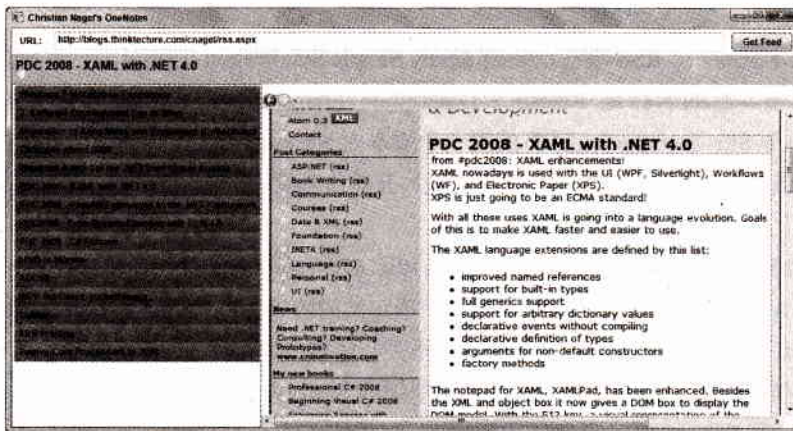


图 47-2

要使用 Syndication API, 必须通过应用程序引用 System.ServiceModel 程序集。把 OnGetFeed() 事件处理程序方法设置为 Get Feed 按钮的 Click 事件。读取应用程序所需的代码非常简单。首先, 把 RSS 源中的 XML 内容读入 System.Xml 名称空间的 XmlReader 类中。Rss20FeedFormatter 格式化程序在 ReadFrom() 方法中接收一个 XmlReader 参数。对于数据绑定, 把返回一个 SyndicationFeed 的 Feed 属性赋予 Window 的 DataContext, 把返回 IEnumerable<SyndicationItem> 的 Feed.Items 属性赋予 DockPanel 容器的 DataContext。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
private void OnGetFeed(object sender, RoutedEventArgs e)
{
    try
    {
        using (var reader = XmlReader.Create(textUrl.Text))
        {
            var formatter = new Rss20FeedFormatter();
            formatter.ReadFrom(reader);
            this.DataContext = formatter.Feed;
            this.feedContent.DataContext = formatter.Feed.Items;
        }
    }
    catch (WebException ex)
    {
        MessageBox.Show(ex.Message, "Syndication Reader");
    }
}
```

代码段 SyndicationReader/SyndicationReader.xaml.cs

定义用户界面的 XAML 代码如下所示。Window 类的 Title 属性绑定到 SyndicationFeed 的 Title.Text 属性上, 以显示源的标题。

在 XAML 代码中, 定义 DockPanel 容器 heading, 它包含一个绑定到 Title.Text 上的标签和一个绑定到 Description.Text 上的标签。因为这些标签都包含在 DockPanel 容器 feedContent 中, 而 feedContent 绑定到 Feed.Item 属性上, 所以这些标签获得了当前选中项的标题和描述信息。

项列表显示在 ListBox 中, 该 ListBox 使用 ItemTemplate 把标签绑定到 Title 上。

DockPanel 容器 content 包含一个 Frame 元素, 该元素把 Source 属性绑定到项的第一个链接上。之后, Frame 控件使用 Web 浏览器控件显示链接中的内容。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
<Window x:Class="Wrox.ProCSharp.Syndication.SyndicationReaderWindow"
        xmlns="http://schemas.microsoft.com/winfx/2006/xaml/presentation"
        xmlns:x="http://schemas.microsoft.com/winfx/2006/xaml"
        Title="{Binding Path=Title.Text}" Height="300" Width="450">

    <DockPanel x:Name="feedContent">
        <Grid DockPanel.Dock="Top">
            <Grid.ColumnDefinitions>
                <ColumnDefinition Width="50" />
                <ColumnDefinition Width="*" />
                <ColumnDefinition Width="90" />
            </Grid.ColumnDefinitions>
            <Label Grid.Column="0" Margin="5">URL:</Label>
            <TextBox Grid.Column="1" x:Name="textUrl" MinWidth="150"
                Margin="5">http://blogs.thinktecture.com/cnagel/rss.aspx
```

```

</TextBox>
<Button Grid.Column="2" Margin="5" MinWidth="80"
        Click="OnGetFeed">Get Feed</Button>
</Grid>
<StackPanel Orientation="Vertical" Background="LightGreen"
        DockPanel.Dock="Top" x:Name="heading">
    <Label DockPanel.Dock="Top" Content="{Binding Path=Title.Text}"
        FontSize="16" />
    <Label DockPanel.Dock="Top" Content="{Binding Path=Description.Text}" />
</StackPanel>
<ListBox DockPanel.Dock="Left" ItemsSource="{Binding}"
        Style="{StaticResource listTitleStyle}"
        IsSynchronizedWithCurrentItem="True"
        HorizontalContentAlignment="Stretch" />
<DockPanel x:Name="content">
    <Label DockPanel.Dock="Top" Content="{Binding Path=Description.Text}" />
    <Frame Source="{Binding Path=Links[0].Uri}" />
</DockPanel>
</DockPanel>
</Window>

```

代码段 SyndicationReader/SyndicationReader.xaml

### 47.3 提供联合源的示例

读取联合源的示例时可以使用 Syndication API。Syndication API 还可以给 RSS 和 Atom 客户提供联合源的示例。

为此，Visual Studio 2010 提供了可用作起点的 Syndication Service Library 模板。这个模板定义了对 System.ServiceModel 库的引用，并添加了一个应用程序配置文件，来定义 WCF 端点。

为了给联合源的示例提供数据，可以使用 ADO.NET Entity Framework。在示例应用程序中，使用 Formula-1 数据库，它可以和本书的示例应用程序一起从 Wrox 网站(www.wrox.com)和本书附赠光盘上找到。把名为 Formula1Model.edmx 的 ADO.NET Entity Data Model 项添加到项目中。其中，Racers、RaceResults、Races 和 Circuits 表映射到 Racer、RaceResult、Race 和 Circuit 实体类上，如图 47-3 所示。



图 47-3



ADO.NET Entity Framework 详见第 31 章。

项目模板创建了一个 `IService1.cs` 文件, 该文件包含 WCT 服务的协定。该接口包含 `CreateFeed()` 方法, 这个方法返回一个 `SyndicationFeedFormatter`。因为 `SyndicationFeedFormatter` 是一个抽象类, 所返回的实际类型是 `Atom10FeedFormatter` 或 `Rss20FeedFormatter`, 而这些类型用 `ServiceKnownTypeAttribute` 列出, 所以序列化时类型是已知的。

`WebGet` 属性定义了可以从一个简单的 HTTP GET 请求中调用的操作, 该操作可用于请求联合源。`WebMessageBodyStyle.Bare` 指定, 发送结果(联合源中的 XML)时, 就好像这些 XML 没有添加 XML 包装元素一样。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
using System.ServiceModel;
using System.ServiceModel.Syndication;
using System.ServiceModel.Web;

namespace Wrox.ProCSharp.Syndication
{
    [ServiceContract]
    [ServiceKnownType(typeof(Atom10FeedFormatter))]
    [ServiceKnownType(typeof(Rss20FeedFormatter))]
    public interface IFormalFeed
    {
        [OperationContract]
        [WebGet(UriTemplate = "* * ", BodyStyle = WebMessageBodyStyle.Bare)]
        SyndicationFeedFormatter CreateFeed();
    }
}
```

代码段 `SyndicationService/IFormalFeed.cs`

该服务的实现在类 `FormalFeed` 中完成。其中, 创建了一个 `SyndicationFeed` 项, 这个类还指定了各个属性, 如 `Generator`、`Language`、`Title`、`Categories` 和 `Authors`。从一个 LINQ 查询填充 `Items` 属性, 该查询请求指定日期的一级方程式大赛的获奖者。这个查询的 `select` 子句创建了一个新的匿名类型, 该匿名类型用几个属性来填充, 接着 `Select()` 方法使用该匿名类型为每个获奖者创建了一个 `SyndicationItem`。在 `SyndicationItem` 中, 把 `Title` 属性赋予包含举办国的纯文本。`Content` 属性使用 LINQ to XML 来填充。`XElement` 类用于创建能由浏览器解释的 XHTML 代码。这项内容显示了比赛的日期、举办国和获奖者的姓名。

根据请求联合的查询字符串, 用 `Atom10FeedFormatter` 或 `Rss20FeedFormatter` 格式化程序格式化 `SyndicationFeed`。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
using System;
using System.Linq;
using System.ServiceModel.Syndication;
using System.ServiceModel.Web;
using System.Xml.Linq;

namespace Wrox.ProCSharp.Syndication
{
    public class FormalFeed: IFormalFeed
```

```
public SyndicationFeedFormatter CreateFeed()
{
    DateTime fromDate = DateTime.Today - TimeSpan.FromDays(365);
    DateTime toDate = DateTime.Today;
    string from = WebOperationContext.Current.IncomingRequest.UriTemplateMatch
        .QueryParameters["from"];
    string to = WebOperationContext.Current.IncomingRequest.UriTemplateMatch
        .QueryParameters["to"];

    if (from != null && to != null)
    {
        try
        {
            fromDate = DateTime.Parse(from);
            toDate = DateTime.Parse(to);
        }
        catch (FormatException)
        {
            // keep the default dates
        }
    }

    // Create a new Syndication Feed.
    var feed = new SyndicationFeed();
    feed.Generator = "Pro C# 4.0 Sample Feed Generator";
    feed.Language = "en-us";
    feed.LastUpdatedTime = new DateTimeOffset(DateTime.Now);
    feed.Title = SyndicationContent.CreatePlaintextContent(
        "Formula1 results");
    feed.Categories.Add(new SyndicationCategory("Formula1"));
    feed.Authors.Add(new SyndicationPerson("web@christiannagel.com",
        "Christian Nagel", "http://www.christiannagel.com"));
    feed.Description = SyndicationContent.CreatePlaintextContent(
        "Sample Formula 1");
    using (var data = new Formula1Entities())
    {
        var races = (from racer in data.Racers
            from raceResult in racer.RaceResults
            where raceResult.Race.Date > fromDate &&
                raceResult.Race.Date < toDate &&
                raceResult.Position == 1
            orderby raceResult.Race.Date
            select new
            {
                Country = raceResult.Race.Circuit.Country,
                Date = raceResult.Race.Date,
                Winner = racer.Firstname + " " + racer.Lastname
            }).ToArray();
        feed.Items = races.Select(race =>
        {
            return new SyndicationItem
            {
                Title = SyndicationContent.CreatePlaintextContent(
                    String.Format("G.P. {0}", race.Country)),
            }
        });
    }
}
```



通过服务的默认请求，返回 RSS 源。之后使用 rss 根元素提取 RSS 源。在 RSS 中，把 Title 属性转换为 title 元素，把 Description 属性变成 description 元素。SyndicationFeed 的 Authors 属性包含 SyndicationPerson，SyndicationPerson 使用电子邮件地址创建 managingEditor 元素。通过 RSS，对 item 的 description 元素内容进行编码：

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<rss version="2.0" xmlns:a10="http://www.w3.org/2005/Atom">
  <channel>
    <title>Formulal results</title>
    <description>Sample Formula 1</description>
    <language>en-us</language>
    <managingEditor>web@christiannagel.com</managingEditor>
    <lastBuildDate>Sat, 25 Jul 2009 11:25:31+0200</lastBuildDate>
    <category>Formulal</category>
    <generator>Pro C# 4.0 Sample Feed Generator</generator>
    <item>
      <title>G.P. South Africa</title>
      <description>&lt;p&gt;&#xD; &lt;h3&gt;South Africa, 07.03.1970&lt;/h3&gt;
        &#xD; &lt;b&gt;Winner: Jack Brabham&lt;/b&gt;&#xD; &lt;/p&gt;
      </description>
    </item>
    <item>
      <!-- -->
    </channel>
</rss>
```

用?from=1970/1/1&to=1971/1/1&format=atom 查询返回 Atom 格式化的来源，结果如下所示。根元素现在是 feed 元素，Description 属性变成 subtitle 元素，Authors 属性的值现在完全不同于前面的 RSS 源。Atom 允许不解码内容，也很容易找出 XHTML 元素。

```
<feed xml:lang="en-us" xmlns="http://www.w3.org/2005/Atom">
  <title type="text">Formulal results</title>
  <subtitle type="text">Sample Formula 1</subtitle>
  <id>uuid:c19284e7-aa40-4bc2-9be8-f1960b0f747e;id=1</id>
  <updated>2009-07-25T11:44:01+02:00</updated>
  <category term="Formulal"/>
  <author>
    <name>Christian Nagel</name>
    <uri>http://www.christiannagel.com</uri>
    <email>web@christiannagel.com</email>
  </author>
  <generator>Pro C# 4.0 Sample Feed Generator</generator>
  <entry>
    <id>uuid:c19284e7-aa40-4bc2-9be8-f1960b0f747e;id=2</id>
    <title type="text">G.P. South Africa</title>
    <updated>2009-07-25T09:44:05Z</updated>
    <content type="xhtml">
      <p><h3>South Africa, 07.03.1970</h3><b>Winner: Jack Brabham</b></p>
    </content>
  </entry>
  <!-- -->
</feed>
```



## 47.4 小结

本章介绍了 `System.ServiceModel.Syndication` 名称空间中的类如何用于创建接收源的应用程序和提供源的应用程序。`Syndication` API 支持 RSS 2.0 和 Atom 1.0。在这些联合标准出现时，可以使用新的格式化程序。`SyndicationXXX` 类独立于所生成的格式。抽象类 `SyndicationFeedFormatter` 的具体实现方式定义了使用什么属性，以及它们如何转换为特定的格式。

本章完成了本书的通信部分。我们学习了直接使用套接字和所提供的抽象层的通信技术。`Windows Communication Foundation(WCF)` 技术在前面几章中讨论过。`WCF` 利用第 46 章介绍的消息队列技术，提供了断开连接的通信模型。

还有许多相关的内容。附录 A 介绍了 `Windows API` 代码包，这是 `Windows 7` 和 `Windows Server 2008 R2` 的一个扩展，以及在这些平台上开发应用程序的指南。

# 第VI部分

## 附 录

---

- 附录 A Windows 7 和 Windows Server 2008 R2 指南

# 附录 A

## Windows 7 和 Windows Server 2008 R2 指南

本附录内容:

- Windows API 代码包
- 重启管理器
- 用户账户控制
- Windows 7 目录结构
- 命令链接和任务对话框
- 任务栏和跳转列表

本附录介绍为 Windows 7 和 Windows Server 2008 R2 开发应用程序所需要了解的内容, 以及如何在 .NET 应用程序中使用新的 Windows 功能。



本附录不介绍对 Windows 7 用户或 Windows Server 2008 管理员有用的特性, 而只讨论对开发人员很重要的特性。

如果应用程序不只面向 Windows Vista 或更高版本, 就应注意, WPF、WCF、WF 和 LINQ 也可以用于 Windows XP, 但本章不讨论这些主题。另外, 一些特性只能用于 Windows 7。如果仍面向 Windows XP, 那么还要考虑在 Windows 7 上运行应用程序的问题, 应特别关注用户账户控制和目录的变化。

### A.1 概述

Windows API 有许多新的调用, 这些调用提供了可用于 Windows 7 和 Windows Server 2008 R2 的新功能; 但 .NET 4 发布时, 其中的许多调用不能用于 .NET Framework。但是, Windows API 代码包所包含的 .NET 类包装了本地 API 调用, 使它们可用于 .NET 库。可以在 .NET 应用程序中使用这个库。Windows API 代码包可以从 <http://code.msdn.microsoft.com/WindowsAPICodePack> 上下载。这个工具包可用于本附录的大多数示例。可以使用这个工具包附带的库, 也可以把源代码复制到应用程序中。这个工具包中的类一般是 Windows API 的一个瘦包装器。

可以用于面向 Windows 平台的应用程序的另一个工具包是 Windows Software Logo Kit。在 Microsoft 下载页面上, 可以找到 Windows 7 Client Software Logo 程序文档和工具包, 其中包含了应

用程序获取 Windows 7 软件徽标所需的信息。即使对应用程序接收徽标不感兴趣，这个文档和工具包仍很有趣，因为它解释了应用程序在 Windows 操作系统上正常执行所需的条件。

应用程序添加徽标的要求是什么？下面是这些要求的简短列表，Windows 7 Client Software Logo 文档提供了更多细节。

- 应用程序不能包含间谍软件或恶意软件。当然，每个应用程序都应满足这个要求。有趣的是，这个要求用于验证徽标的一致性。
- Windows 资源受保护的文件不能被替代。
- 必须使用 Windows 错误报告(Windows Error Reporting, WER)报告错误。
- 应用程序的安装必须完整，卸载必须干净。参见第 17 章中关于创建安装程序的信息。应用程序在安装时不应强制重新启动。
- 应用程序应安装到正确的文件夹中。用户数据不应写入应用程序文件夹。A.4 节将讨论如何寻找用于应用程序和用户数据的正确文件夹。
- 文件和驱动器必须进行数字签名。参见第 21 章中如何给应用程序签名的信息。
- 必须支持 64 位系统。这意味着不允许使用 16 位代码，可以在 64 位系统上运行 32 位应用程序。对于 .NET 应用程序，可以把平台配置设置为 Any CPU、x86、x64 或 Itanium。Any CPU 允许应用程序在 32 位系统上运行 32 位代码，在 64 位系统上运行 64 位代码。把配置设置为 Any CPU，就不能直接在程序集中利用平台调用包装本地代码。使用本地代码的限制是，本地 API 调用只能使用本地代码，因此 Any CPU 不能在两个版本上工作。
- 必须检查安装的版本，检查操作系统是否有所需的最低版本，但不允许检查特定的版本。
- 必须遵守用户账户控制规则，本附录会详细讨论相关内容。
- 应用程序不能阻止关机。在重新启动或失败后，可以使用 Restart Manager 把应用程序返回到工作状态。参见 A.2 节。
- 必须支持多用户会话。一个系统上的不同用户应能使用应用程序。这是因为 Windows 具备快速用户切换功能。

## A.2 应用程序恢复

也许读者见过，一些应用程序在崩溃或系统重新启动时可以恢复到前一个状态。这类应用程序(如 Microsoft Office 和 Visual Studio)使用 Application Recovery and Restart (应用程序恢复和重新启动, ARR) API，这个 API 自从 Windows Vista 以来就是 Windows API 的一部分。

应用程序可以使用 Restart Manager 注册，如果应用程序崩溃或者不响应(至少运行 60 秒后)，Windows 错误报告(WER)就重新启动该应用程序。应用程序也可以注册为恢复，这样如果该应用程序挂起，就可以恢复它。

为了说明这一点，下面的例子将创建一个简单的 WPF 编辑器。这个应用程序注册为如果失败就重新启动并恢复它。为了读写文件，CurrentFile 类定义了 IsDirty 和 Content 属性，以及 Load() 和 Save() 方法。这个应用程序使用跟踪功能，把详细消息写入一个跟踪侦听器中，以便重新跟踪应用程序中的事件。



跟踪功能参见第 19 章。

可从  
wrox.com  
下载源代码

```

using System;
using System.Diagnostics;
using System.IO;

namespace Wrox.ProCSharp.Windows7
{
    public class CurrentFile
    {
        public bool IsDirty { get; set; }
        public string Content { get; set; }

        public void Load (string fileName)
        {
            App.Source.TraceEvent (TraceEventType.Verbose, 0,
                String.Format("begin Load {0}", fileName));
            Content = File.ReadAllText(fileName);
            IsDirty = false;
            App.Source.TraceEvent (TraceEventType.Verbose, 0,
                String.Format("end Load {0}", fileName));
        }

        public void Save (string fileName)
        {
            App.Source.TraceEvent (TraceEventType.Verbose, 0,
                String.Format("begin Save {0}", fileName));
            File.WriteAllText(fileName, Content);
            IsDirty = false;
            App.Source.TraceEvent (TraceEventType.Verbose, 0,
                String.Format("end Save {0}", fileName));
        }
    }
}

```

代码段 EditorDemo/CurrentFile.cs

如果应用程序因为崩溃而重新启动，就把/restart:[filename]命令行参数传递给可执行程序。为了检索命令行信息，把 OnStartup() 处理程序方法赋予 App 类的 Startup 事件。利用第二个 StartupEventArgs 类型的参数，就可以检索命令行参数。使用/restart: 参数会把其后的文件名赋予 RestartPath 属性。App 类还包含 TraceSource 对象，它用于跟踪。

可从  
wrox.com  
下载源代码

```

using System;
using System.Diagnostics;
using System.Windows;

namespace Wrox.ProCSharp.Windows7
{
    public partial class App : Application
    {
        public static TraceSource Source = new TraceSource("RestartDemo");
        private void OnStartup(object sender, StartupEventArgs e)
        {

```

```

        Source.TraceEvent(TraceEventType.Verbose, 0,
            "RestartDemo begin OnStartup");
        foreach (var arg in e.Args)
        {
            Source.TraceEvent(TraceEventType.Verbose, 0,
                String.Format("argument {0}", arg));
            if (arg.StartsWith("/restart:",
                StringComparison.InvariantCultureIgnoreCase))
            {
                Source.TraceEvent(TraceEventType.Verbose, 0,
                    "/restart: argument found");
                RestartPath = arg.Substring(9);
                Source.TraceEvent(TraceEventType.Verbose, 0,
                    String.Format("RestartPath: {0}",
                        RestartPath));
            }
        }
    }
    public string RestartPath { get; private set; }
}
}

```

代码段 EditorDemo/App.xaml.cs

主窗口(如图 A-1 所示)仅在中间区域包含一个用于编辑文本的文本框,在底部区域包含一个显示状态消息的 `TextBlock` 控件,还包含一个 `Menu` 控件。

`MainWindow` 类的构造函数检查 `App` 类的 `RestartPath` 属性,以确定应用程序是否从恢复中启动。如果应用程序从恢复中启动,就使用赋予 `RestartPath` 属性的文件名加载这个文件,并把它赋予 `TextBox` 的 `DataContext`。如果应用程序正常启动,就创建一个用于恢复的新文件名。

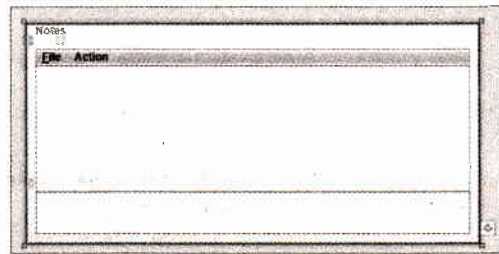


图 A-1

在构造函数内部,还创建了一个 `DispatcherTimer`,它在 60 秒后触发。这用于通知用户,应用程序在运行至少 60 秒后,只能从一次崩溃中恢复。

在这种情况下,最重要的调用是 `RegisterForRestart()`和 `RegisterForRecovery()`辅助方法,调用它们便于通过 `Restart Manager` 注册。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

using System;
using System.Diagnostics;
using System.Threading;
using System.Windows;
using System.Windows.Controls;
using System.Windows.Input;
using System.Windows.Threading;
using Microsoft.WindowsAPICodePack.ApplicationServices;

namespace Wrox.ProCSharp.Windows7
{
    public partial class MainWindow : Window
    {

```

```

private DispatcherTimer minuteTimer;
private CurrentFile currentFile = new CurrentFile();
private string tempPath;

public MainWindow()
{
    InitializeComponent();
    if ((Application.Current as App).RestartPath != null)
    {
        tempPath = (Application.Current as App).RestartPath;
        currentFile.Load(tempPath);
        App.Source.TraceEvent(TraceEventType.Verbose, 0,
            String.Format("Application recovered data from the file {0}",
                tempPath));
    }
    else
    {
        string tempFileName = String.Format("{0}.txt", Guid.NewGuid());
        tempPath = System.IO.Path.Combine(Environment.GetFolderPath(
            Environment.SpecialFolder.LocalApplicationData),
            tempFileName);
        App.Source.TraceEvent(TraceEventType.Verbose, 0,
            String.Format("Normal start with temp - filename {0}",
                tempPath));
    }
    this.txt1.DataContext = currentFile;

    minuteTimer = new DispatcherTimer(TimeSpan.FromSeconds(60),
        DispatcherPriority.Normal, On60Seconds,
        Dispatcher.CurrentDispatcher);
    minuteTimer.Start();

    RegisterForRestart();
    RegisterForRecovery();
}

```

代码段 EditorDemo/MainWindow.xaml.cs



如果应用程序运行了至少 60 秒，就只能重新启动。这是有意义的，因为如果应用程序在第一个 60 秒内崩溃，那么最好不要重新启动；用户可能在这个时间内不会丢失很多数据。测试这个功能时，至少需要在应用程序崩溃之前等待 1 分钟。

为了标记已改变的内容，使用 `TextBox` 控件的 `TextChanged` 事件的处理程序设置 `currentFile` 的 `IsDirty` 属性：

```

private void OnTextChanged(object sender, TextChangedEventArgs e)
{
    if (!currentFile.IsDirty)
    {
        currentFile.IsDirty = true;
        textStatus.Text += String.Format("{0:T}: Set IsDirty\n",
            DateTime.Now);
    }
}

```

DispatcherTimer 类的处理程序方法 On60Seconds()把状态信息写入 textStatus 文本块中,说明 60 秒的期限已过,为了恢复现在可以使用应用程序崩溃。

```
private void On60Seconds(object sender, EventArgs e)
{
    this.textStatus.Text += String.Format("{0:T}: Application can crash " +
        "now\n", DateTime.Now);
    minuteTimer.Stop();
}
```

RegisterForRestart()方法调用 ApplicationRestartRecoveryManager 类的 RegisterForApplicationRestart()方法。ApplicationRestartRecoveryManager 类在 Microsoft.WindowsAPICodePack.ApplicationServices 名称空间中定义。RegisterForApplicationRestart()方法包装 Windows API 函数 RegisterApplicationRestart()的调用。利用这个方法,可以定义用于重新启动应用程序的命令行参数和当应用程序不应重新启动的情况。在这个例子中,指定应用程序不应在系统重新启动或安装补丁时重新启动,也可以指定应用程序在崩溃和挂起时不应重新启动。

```
private void RegisterForRestart()
{
    var settings = new RestartSettings(
        String.Format("/restart:{0}", tempPath),
        RestartRestrictions.NotOnReboot | RestartRestrictions.NotOnPatch);
    ApplicationRestartRecoveryManager.RegisterForApplicationRestart(
        settings);
    textStatus.Text += String.Format("{0:T}: Registered for restart\n",
        DateTime.Now);
    App.Source.TraceEvent(TraceEventType.Verbose, 0,
        "Registered for restart");
}
```

在 Windows API 代码包中, Windows API 调用定义为使用 P/Invoke 来调用:

```
[DllImport("kernel32.dll")]
[PreserveSig]
internal static extern HRESULT RegisterApplicationRestart(
    [MarshalAs(UnmanagedType.BStr)] string commandLineArgs,
    RestartRestrictions flags);
```



P/Invoke 参见第 26 章

有了这个功能,如果应用程序崩溃或挂起,就会重新启动。利用 Restart Manager,还可以定义一个处理程序方法,在应用程序因为崩溃或挂起而停止执行前调用它。为此,需要调用 ApplicationRestartRecoveryManager 类的 RegisterForApplicationRecovery()方法。这个方法包装 Windows API 函数 RegisterApplicationRecoveryCallback()。RegisterForApplicationRecovery()方法可以用 RecoverySettings 类型的对象来配置。使用 RecoverySettings 指定一个 RecoveryData 类型的对象和一个恢复 ping 时间间隔。这个 ping 时间间隔的单位是 100ns。回调方法必须在这个时间段内给恢复管理器提供进度信息。默认情况下,值为 0 的时间间隔是 5 秒。可以设置的最大值是 5 分钟。使用



RecoveryData 指定由 Restart Manager 进行恢复所调用的方法，以及传递给该方法的一个参数：

```
private void RegisterForRecovery()
{
    var settings = new RecoverySettings(new RecoveryData(
        DoRecovery, tempPath), 0);
    ApplicationRestartRecoveryManager.RegisterForApplicationRecovery(
        settings);
    textStatus.Text += String.Format("{0:T}: Registered for recovery\n",
        DateTime.Now);
    App.Source.TraceEvent(TraceEventType.Verbose, 0,
        "Registered for recovery");
}
```

DoRecovery()方法是由 RegisterForApplicationRecovery()方法调用定义的回调方法，它由 WER 调用。在处理程序中，通过调用 ApplicationRecoveryInProgress()方法，来通知 Restart Manager 恢复的进度。如果用户取消了恢复，这个方法就返回 true。在恢复过程中，可以验证用户的取消操作，以便在用户取消恢复时停止恢复。这里把 TextBox 的内容写入重新启动应用程序时使用的临时文件。在恢复过程的最后，通过调用 ApplicationRecoveryFinished()方法，通知 Restart Manager 恢复成功。

```
private int DoRecovery(object state)
{
    App.Source.TraceEvent(TraceEventType.Verbose, 0, "begin Recovery");
    this.tempPath = (string)state;
    bool canceled = ApplicationRestartRecoveryManager.
        ApplicationRecoveryInProgress();
    if (canceled)
    {
        textStatus.Text += String.Format(
            "{0:T}: Recovery canceled, shutting down\n", DateTime.Now);
        App.Source.TraceEvent(TraceEventType.Verbose, 0,
            "end Recovery with cancel");
        ApplicationRestartRecoveryManager.ApplicationRecoveryFinished(
            false);
        return 0;
    }
    SaveFile(tempPath);
    App.Source.TraceEvent(TraceEventType.Verbose, 0, "end Recovery");
    ApplicationRestartRecoveryManager.ApplicationRecoveryFinished(true);
    return 0;
}
```

这些工作完成后，就可以运行应用程序，如图 A-2 所示。底部的 TextBox 给出了状态信息，例如，重新启动和恢复的注册时间，以及 60 秒后，应用程序可以崩溃的信息。

选择 Action | Crash 命令，会调用处理程序方法 OnCrash()，该方法使应用程序快速失败。Environment.FailFast()方法用于以快速方式终止进程。这个方法会写入应用程序事件日志，并在终止进程前创建应用程序的一个转储。仅执行 CriticalFinalizerObject 对象。不执行 Try-finally 块和终结器不执行。

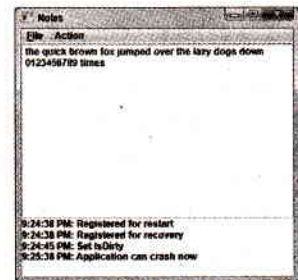


图 A-2

```
private void OnCrash(object sender, ExecutedRoutedEventArgs e)
{
    Environment.FailFast("RestartDemo stopped from Menu command");
}
```

应用程序崩溃后，会重新启动，显示的对话框如图 A-3 所示。

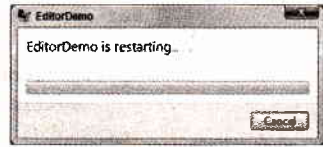


图 A-3

### A.3 用户账户控制

作为开发人员，应知道用户账户控制(UAC)是 Windows Vista 中的一个功能。每次执行管理任务时，都会弹出一个请求管理权限的对话框。在 Windows 7 中，可以配置这个功能，如图 A-4 所示。默认设置是如果应用程序是操作系统的一部分，它需要改变管理权限，就不显示通知。

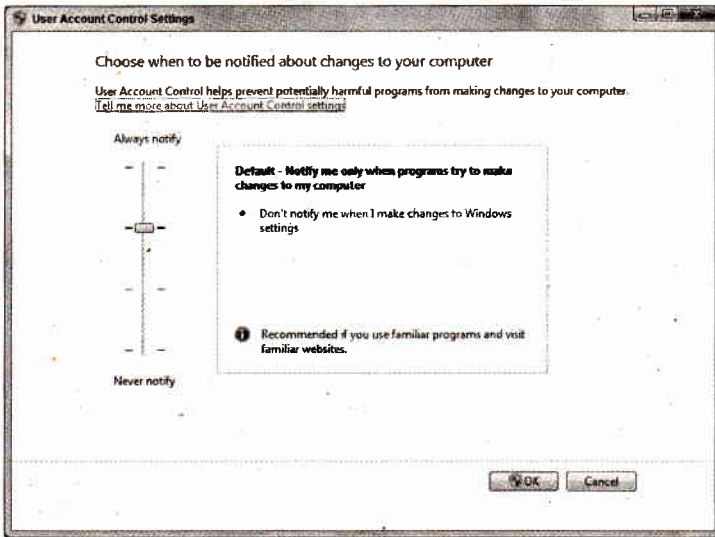


图 A-4

这个繁琐的对话框的隐含目的是什么呢？尽管 Windows 规则总是提及，如果不是确实必要应用程序就不需管理权限，但许多应用程序仍需要运行在管理员账户下。例如，一般用户不允许直接将数据写入 program files 目录，这需要管理权限。许多应用程序都不能在没有管理权限的情况下运行(但开发人员并不需要管理权限)，所以许多用户都使用管理员账户登录系统。当然，这会带来安装木马程序的高风险。

Windows Vista 及其以后版本避免了这个问题，管理员在默认情况下没有管理权限。这个过程有两个相关联的安全标记，一个用于一般用户权限；另一个用于管理权限(此时登录到管理员账户上)。对于需要管理权限的应用程序，用户可以以管理员的身份运行它，为此，可以使用上下文菜单的 Run as Administrator 选项，或者在应用程序的 Compatibility 属性中，将应用程序配置为总是需要管理权限运行它。这个设置会在注册表的 HKCU\Software\Microsoft\Windows NT\CurrentVersion\AppCompatFlags\Layers 上添加应用程序兼容性标志，其值为 RUNASADMIN。

### A.3.1 需要管理权限的应用程序

对于需要管理权限的应用程序，还可以添加一个应用程序清单。Visual Studio 2010 有一个项模板，用于把应用程序清单添加到应用程序中。为此，可以给已有应用程序添加一个清单文件，或者在程序集中嵌入一个 Win32 资源文件。在 Project 属性的 Application 选项卡中，可以选择作为本地资源包含的应用程序的清单文件。

应用程序清单是一个类似于应用程序配置文件的 XML 文件。应用程序配置文件的扩展名是.config，而清单文件以.manifest 结尾。该文件的名称必须设置为应用程序的名称，包括.exe 文件扩展名，其后是.manifest。Visual Studio 重命名和复制 app.manifest 文件的方式与应用程序配置文件的方式相同。清单文件包含如下所示的 XML 数据。根元素是<assembly>，它包含<trustInfo>子元素。管理员要求用<requestedExecutionLevel>元素的 level 属性来定义。



```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<asmv1:assembly manifestVersion="1.0" xmlns="urn:schemas-microsoft-com:asm.v1"
  xmlns:asmv1="urn:schemas-microsoft-com:asm.v1"
  xmlns:asmv2="urn:schemas-microsoft-com:asm.v2"
  xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance">
  <assemblyIdentity version="1.0.0.0" name="MyApplication.app"/>
  <trustInfo xmlns="urn:schemas-microsoft-com:asm.v2">
    <security>
      <requestedPrivileges xmlns="urn:schemas-microsoft-com:asm.v3">
        <requestedExecutionLevel level="requireAdministrator" uiAccess="false" />
      </requestedPrivileges>
    </security>
  </trustInfo>
</asmv1:assembly>
```

代码段 AdminRightsRequired/app.manifest

以这种方式启动应用程序，就会显示一个提升权限级别的提示，询问用户是否信任在管理权限下运行应用程序。

requestedExecutionLevel 设置可以指定为 requireAdministrator、highestAvailable 和 asInvoker。highestAvailable 表示，只有得到用户的允许，应用程序才能获得用户拥有的权限。requireAdministrator 需要管理员权限。如果用户没有以管理员的身份登录系统，就出现一个登录对话框，用户可以以应用程序管理员的身份登录。asInvoker 表示应用程序运行在用户的安全标记下。

uiAccess 属性指定，应用程序是否需要输入到桌面上一个权限级别较高的窗口上。例如，由于屏幕上的键盘需要将输入放在桌面上的其他窗口中，因此对于显示屏幕软键盘的应用程序，这个设置应设置为 true。不支持 UI 访问的应用程序应将这个属性设置为 false。



给应用程序授予管理权限的另一种方式是编写 Windows 服务。因为 UAC 仅用于交互式进程，所以 Windows 服务可以获得管理权限。还可以编写一个无权限的 Windows 应用程序，使用 WCF 或另一种通信技术与有权限的 Windows 服务通信。Windows 服务参见第 25 章，WCF 参见第 43 章。

### A.3.2 防火墙图标

如果应用程序或其中的任务需要管理权限，就应通过一个容易识别的防火墙图标通知用户。把防火墙图标附加到需要提升权限级别的控件上。用户在单击带防火墙的项时，会看到一个提升权限级别的提示。图 A-5 和图 A-6 显示了正在使用的防火墙图标。任务管理器需要提升权限级别，才能查看所有用户的进程。对于用户账户，需要提升权限级别，才能添加或删除用户账户，以及创建父控件。

使用本附录后面介绍的新命令链接控件，就可以在应用程序中创建防火墙图标。

当用户单击带防火墙图标的控件时，会显示一个提升权限级别的提示。提升权限级别的提示根据提升的应用程序类型的不同而不同。系统可以区分出 Windows 发布的应用程序(使用 Windows 7 的默认设置，根本不会显示这个提示)、包含证书的应用程序和不包含证书的应用程序。当然，对于不包含证书的应用程序，该提示会以彩色突出显示，并用粗体标记未知发布者。

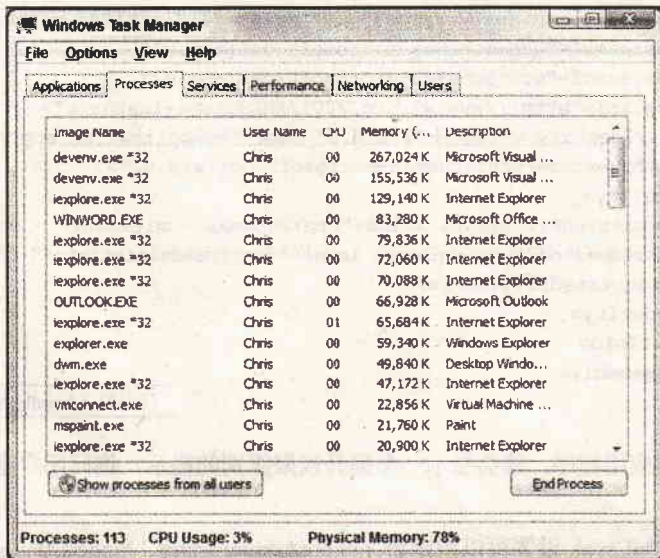


图 A-5

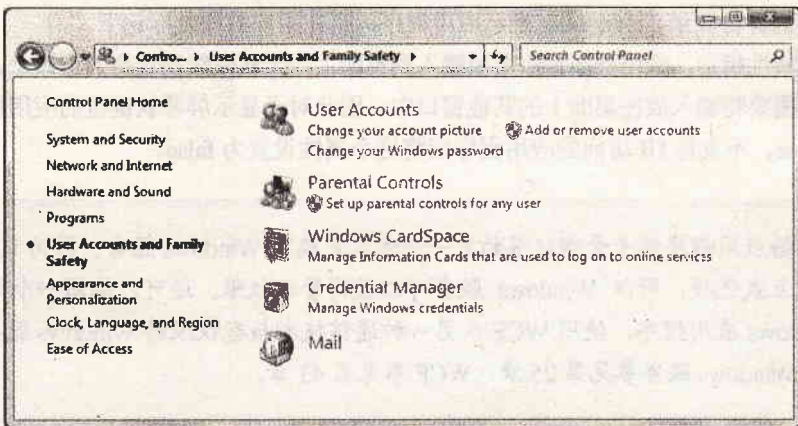


图 A-6

## A.4 目录结构

Windows 的目录结构在 Windows Vista 中有变化，在 Windows 7 中继续使用这个新结构。不再有 C:\Documents and Settings\

如果遵循不在程序中使用硬编码的路径值这条简单规则，文件夹在什么地方就不重要。文件夹在不同的 Windows 语言中有所不同。对于特殊文件夹，应使用 Environment 类和 SpecialFolder 枚举：

```
string folder = Environment.GetFolderPath(Environment.SpecialFolder.Personal);
```

SpecialFolder 枚举定义的一些文件夹如表 A-1 所示。

表 A-1

内 容	SpecialFolder 枚举	Windows 7 的默认目录
用户的专用文档	Personal	c:\Users\ <user>\Documents</user>
漫游用户的用户专用数据	ApplicationData	c:\Users\ <user>\AppData\Roaming</user>
本地系统用户的用户专用数据	LocalApplicationData	c:\Users\ <user>\AppData\Local</user>
程序文件	ProgramFiles	c:\Program Files
在不同程序之间共享的程序文件	CommonProgramFiles	c:\Program Files\Common Files
所有用户共有的应用程序数据	CommonApplicationData	c:\ProgramData



注销时，因为漫游目录的内容会复制到服务器上，所以如果用户登录到另一个系统上，就会复制相同的内容，并且相同的内容可以用于该用户访问的所有系统。

使用特殊文件夹时必须小心，因为一般用户不能对 Program Files 目录进行直接的写入访问。可以把应用程序中的用户专用数据写入 LocalApplicationData 中，或者对于漫游用户则写入 ApplicationData 中。应在不同用户之间共享的数据可以写入 CommonApplicationData 中。

## A.4 新控件和对话框

Windows Vista 和 Windows 7 发布了几个新控件。命令链接控件是对 Button 控件的扩展，与其他几个控件一起使用。任务对话框是下一代的 MessageBox，还有用于打开和保存文件的新对话框。

### A.4.1 命令链接

命令链接控件是对 Windows 按钮控件的扩展。命令链接包含一个可选的图标和一个注释文本。这个控件常常用于任务对话框和向导，它提供的信息比 OK 按钮和 Cancel 按钮控件更多。

在 .NET 应用程序中，可以使用 Windows API 代码包创建命令链接控件。如果将 Microsoft.WindowsAPICodePack.Shell 项目添加到解决方案中，就可以将工具箱中的 Windows 窗体控件 CommandLink 添加到 Windows 窗体应用程序中。CommandLink 类派生自 System.Windows.Forms.Button 类。命令链接是对本地 Windows Button 控件的一种扩展，它定义了其他 Windows 消息和一个待配置按钮的新样式。包装类 CommandLink 发送 Windows 消息 BCM\_SETNOTE 和 BCM\_SETSHIELD，并设置 BS\_COMMANDLINK 样式。除了 Button 类的成员之外，该类提供的公共方法和属性还有 NoteText 和 ShieldIcon。

下面的代码创建一个新的命令链接控件，该控件设置 NoteText 和 ShieldIcon。图 A-7 显示了在运行期间配置的命令链接。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

this.commandLink1 =
new Microsoft.WindowsAPICodePack.Controls.
    WindowsForms.CommandLink();

this.commandLink1.FlatStyle =
System.Windows.Forms.FlatStyle.System;
this.commandLink1.Location = new System.Drawing.Point(44, 54);
this.commandLink1.Name = "commandLink1";
this.commandLink1.NoteText = "Clicking this command requires " +
    "admin rights";

this.commandLink1.ShieldIcon = true;
this.commandLink1.Size = new System.Drawing.Size(193, 121);
this.commandLink1.TabIndex = 0;
this.commandLink1.Text = "Give access to this computer";
this.commandLink1.UseVisualStyleBackColor = true;
this.commandLink1.Click += new System.EventHandler(
this.OnClickCommandLink);
    
```

代码段 WindowsFormsCommandLink/Form1.Designer.cs

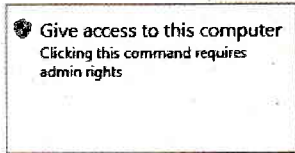


图 A-7

对于 WPF，命令链接重新定义为 WPF 用户控件 CommandLink。这个控件位于 Microsoft.WindowsAPICodePack.Controls.WindowsPresentationFoundation 名称空间中。其 Icon 属性可以指定一个 IconSource、Link 属性(主文本的值)和 Note 属性(附加文本的值)。图 A-8 显示了这个命令链接的结果。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

<shell:CommandLink Icon="Images/Globe.ico" x:Name="commandLink1"
    Link="Browse the Web"
    Note="Find data on the World Wide Web"
    Click="OnBrowse" Margin="5" Height="57"
    VerticalAlignment="Top"
    HorizontalAlignment="Center" />
    
```

代码段 WPFCommandLink/MainWindow.xaml

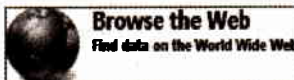


图 A-8

## A.4.2 任务对话框

任务对话框是替代旧消息框的新一代对话框，它是新命令控件的一部分。Windows API 定义了 `TaskDialog()` 和 `TaskDialogIndirect()` 函数来创建任务对话框。`TaskDialog()` 函数可以创建简单的对话框，`TaskDialogIndirect()` 函数用于创建比较复杂的对话框，其中包含命令链接控件和扩展内容。

使用 Windows API 代码包，通过 `P/Invoke` 包装 `TaskDialogIndirect()` 函数的本地 API 调用：

```
[DllImport(CommonDllNames.ComCtl32, CharSet = CharSet.Auto,
    SetLastError = true)]
internal static extern HRESULT TaskDialogIndirect(
    [In] TaskDialogNativeMethods.TASKDIALOGCONFIG pTaskConfig,
    [Out] out int pnButton,
    [Out] out int pnRadioButton,
    [MarshalAs(UnmanagedType.Bool)][Out]
        out bool pVerificationFlagChecked);
```

把 `TaskDialogIndirect()` 函数的第一个参数定义为 `TASKDIALOGCONFIG` 类，它映射到本地 API 调用的相同结构上：

```
[StructLayout(LayoutKind.Sequential, CharSet = CharSet.Auto, Pack = 4)]
internal class TASKDIALOGCONFIG
{
    internal uint cbSize;
    internal IntPtr hwndParent;
    internal IntPtr hInstance;
    internal TASKDIALOG_FLAGS dwFlags;
    internal TASKDIALOG_COMMON_BUTTON_FLAGS dwCommonButtons;
    [MarshalAs(UnmanagedType.LPWStr)]
    internal string pszWindowTitle;
    internal TASKDIALOGCONFIG_ICON_UNION MainIcon;
    // NOTE: 32-bit union field, holds pszMainIcon as well
    [MarshalAs(UnmanagedType.LPWStr)]
    internal string pszMainInstruction;
    [MarshalAs(UnmanagedType.LPWStr)]
    internal string pszContent;
    internal uint cButtons;
    internal IntPtr pButtons; // Ptr to TASKDIALOG_BUTTON structs
    internal int nDefaultButton;
    internal uint cRadioButtons;
    internal IntPtr pRadioButtons; // Ptr to TASKDIALOG_BUTTON structs
    internal int nDefaultRadioButton;
    [MarshalAs(UnmanagedType.LPWStr)]
    internal string pszVerificationText;
    [MarshalAs(UnmanagedType.LPWStr)]
    internal string pszExpandedInformation;
    [MarshalAs(UnmanagedType.LPWStr)]
    internal string pszExpandedControlText;
```

```
[MarshalAs(UnmanagedType.LPWSTR)]
internal string pszCollapsedControlText;
internal TASKDIALOGCONFIG_ICON_UNION FooterIcon;
    // NOTE: 32-bit union field, holds pszFooterIcon as well
[MarshalAs(UnmanagedType.LPWSTR)]
internal string pszFooter;
internal PFTASKDIALOGCALLBACK pfCallback;
internal IntPtr lpCallbackData;
internal uint cxWidth;
}
```

要在 WPF 应用程序中使用常见控件的新版本，必须添加一个应用程序清单文件，以及对常见控件的第 6 个版本的引用：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<asmv1:assembly manifestVersion="1.0" xmlns="urn:schemas-microsoft-com:asm.v1"
    xmlns:asmv1="urn:schemas-microsoft-com:asm.v1"
    xmlns:asmv2="urn:schemas-microsoft-com:asm.v2"
    xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance">
  <assemblyIdentity version="1.0.0.0" name="MyApplication.app"/>
  <dependency>
    <dependentAssembly>
      <assemblyIdentity type="win32"
        name="Microsoft.Windows.Common-Controls"
        version="6.0.0.0"
        processorArchitecture=""
        publicKeyToken="6595b64144ccf1df"
        language="" /*
    </dependentAssembly>
  </dependency>
</asmv1:assembly>
```

代码段 TaskDialogDemo/app.manifest

Windows API 代码包中用于显示任务对话框的公共类是 `TaskDialog`。要显示简单的任务对话框，只需调用静态方法 `Show()`。简单的对话框如图 A-9 所示。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
TaskDialog.Show("Simple Task Dialog",
    "Additional Information", "Title");
```

代码段 TaskDialogDemo/MainWindow.xaml.cs

为了获得 `TaskDialog` 类的更多功能，应设置 `Caption`、`Text`、`StandardButtons` 和 `MainIcon` 属性。结果如图 A-10 所示。

```
var dlg1 = new TaskDialog();
dlg1.Caption = "Title";
dlg1.Text = "Some Information";
dlg1.StandardButtons =
    TaskDialogStandardButtons.Ok |
        TaskDialogStandardButtons.Cancel;
dlg1.Icon = TaskDialogStandardIcon.Information;
dlg1.Show();
```



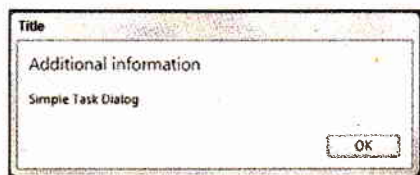


图 A-9

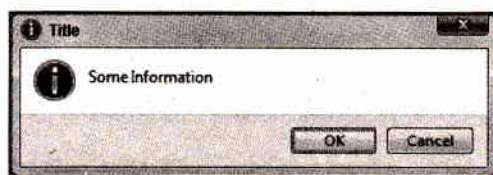


图 A-10

在任务对话框中，可以设置防火墙图标，它与命令链接一起显示。另外，还可以设置 `ExpansionMode` 属性来扩展它。使用 `TaskDialogExpandedInformationLocation` 枚举，可以指定是否应扩展内容或页脚。图 A-11 显示了折叠模式的任务对话框。

```
var dlg2 = new TaskDialog();
dlg2.Caption = "Title";
dlg2.Text = "Some Information";
dlg2.StandardButtons = TaskDialogStandardButtons.Yes |
    TaskDialogStandardButtons.No;
dlg2.Icon = TaskDialogStandardIcon.Shield;
dlg2.DetailsExpandedText = "Additional Text";
dlg2.DetailsExpandedLabel = "Less Information";
dlg2.DetailsCollapsedLabel = "More Information";
dlg2.ExpansionMode = TaskDialogExpandedDetailsLocation.ExpandContent;
dlg2.FooterText = "Footer Information";
dlg2.FooterIcon = TaskDialogStandardIcon.Information;
dlg2.Show();
```

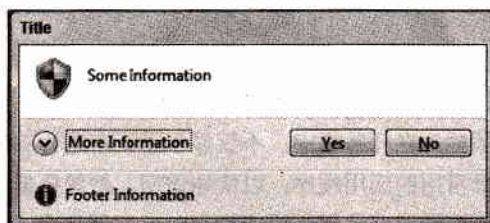


图 A-11

任务对话框也可以包含其他控件。在下面的代码段中，创建一个任务对话框，它包含两个单选按钮、一个命令链接和一个进度控件。上一节介绍了命令链接，其实，命令链接在任务对话框中使用得非常频繁。图 A-12 在内容区域中显示了带控件的任务对话框。当然，还可以将展开模式与控件组合起来。

```
var radio1 = new TaskDialogRadioButton();
radio1.Name = "radio1";
radio1.Text = "One";
var radio2 = new TaskDialogRadioButton();
radio2.Name = "radio2";
radio2.Text = "Two";

var commandLink = new TaskDialogCommandLink();
commandLink.Name = "link1";
commandLink.ShowElevationIcon = true;
```

```

commandLink.Text = "Information";
commandLink.Instruction = "Sample Command Link";

var progress = new TaskDialogProgressBar();
progress.Name = "progress";

progress.State = TaskDialogProgressBarState.Marquee;
var dlg3 = new TaskDialog();
dlg3.Caption = "Title";

dlg3.InstructionText = "Sample Task Dialog";
dlg3.Controls.Add(radio1);
dlg3.Controls.Add(radio2);
dlg3.Controls.Add(commandLink);
dlg3.Controls.Add(progress);
dlg3.StandardButtons = TaskDialogStandardButtons.Ok;
dlg3.Show();
    
```

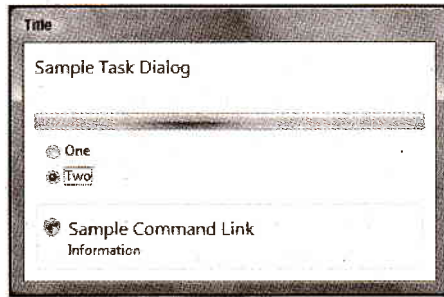


图 A-12

### A.4.3 任务栏和跳转列表

Windows 7 有一个新任务栏。在任务栏中，不仅显示了正在运行的应用程序，还显示了快速访问图标。用户可以“锁定”最常用的应用程序，以快速访问。把鼠标悬停在任务栏的一项上时，就会查看当前正在运行的应用程序的预览。因为该项也可以有可见状态，所以用户从任务栏的项中接收反馈。在使用资源管理器复制某些大型文件时，会在资源管理器的项上看到进度信息。进度信息与可见状态一起显示。任务栏的另一个功能是跳转列表。在一个任务栏按钮上右击，就会打开跳转列表。可以为每个应用程序自定义这个列表。对于 Microsoft Outlook，可以直接进入收件箱、日历、联系人和任务，或者创建一封新的电子邮件。对于 Microsoft Word，可以打开最近的文档。

要在 WPF 应用程序中添加所有这些功能，可以通过 .NET Framework 4 中的 System.Windows.Shell 名称空间来完成。

本节的示例应用程序允许播放视频，在任务栏按钮上显示可见的反馈，说明视

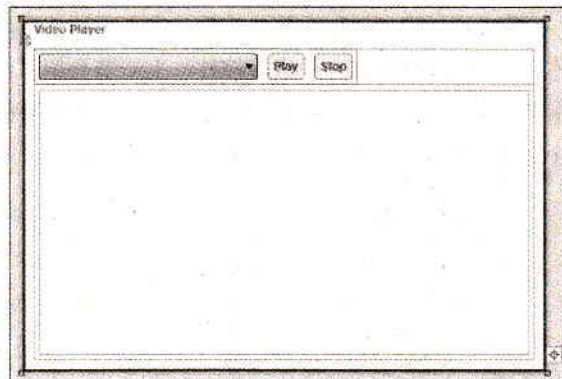


图 A-13

频是正在运行还是已停止，还允许直接从任务栏上启动和停止视频。该应用程序的主窗口包含一个两行网格，如图 A-13 所示。第一行包含一个用于显示可用的视频的 ComboBox，以及两个启动和停止视频的按钮。第二行包含一个用于播放视频的 MediaElement。

用户界面的 XAML 代码如下所示。按钮关联到 MediaCommands.Play 和 MediaCommands.Stop 命令上，它们分别映射到处理程序方法 OnPlay() 和 OnStop() 上。通过 MediaElement，把 LoadedBehavior 属性设置为 Manual，这样播放器不会在加载视频后立即播放。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
<Window.CommandBindings>
    <CommandBinding Command="MediaCommands.Play" Executed="OnPlay" />
    <CommandBinding Command="MediaCommands.Stop" Executed="OnStop" />
</Window.CommandBindings>
<Grid>
    <Grid.RowDefinitions>
        <RowDefinition Height="Auto" />
        <RowDefinition Height="*" />
    </Grid.RowDefinitions>
    <StackPanel Grid.Row="0" Orientation="Horizontal"
        HorizontalAlignment="Left">
        <ComboBox x:Name="comboVideos" ItemsSource="{Binding}" Width="220"
            Margin="5" IsSynchronizedWithCurrentItem="True" />
        <Button x:Name="buttonPlay" Content="Play" Margin="5" Padding="4"
            Command="MediaCommands.Play" />
        <Button x:Name="buttonStop" Content="Stop" Margin="5" Padding="4"
            Command="MediaCommands.Stop" />
    </StackPanel>
    <MediaElement x:Name="player" Grid.Row="1" LoadedBehavior="Manual"
        Margin="5"
        Source="{Binding ElementName=comboVideos, Path=SelectedValue}" />
</Grid>
```

代码段 TaskbarDemo/MainWindow.xaml

为了配置任务栏上的项，System.Windows.Shell 名称空间给 Window 类包含了一个依赖属性，用于添加任务栏信息。TaskbarItemInfo 属性可以包含一个 TaskbarItemInfo 元素。通过 TaskbarItemInfo 属性，可以设置 Description 属性，后一个属性显示为工具提示信息。使用 ProgressState 和 ProgressValue 属性，可以给出应用程序当前状态的反馈。ProgressState 的类型是 TaskbarItemProgressState，它定义枚举值 None、Intermediate、Normal、Error 和 Paused。根据这个设置的值，会在任务栏的项上显示进度指示器。Overlay 属性允许定义一幅图像，该图像显示在任务栏的图标上。这个属性从代码隐藏中设置。

任务栏上的项可以包含一个 ThumbButtonInfoCollection，把它赋予 TaskbarItemInfo 的 ThumbButtonInfos 属性。这里可以添加 ThumbButtonInfo 类型的按钮，该按钮显示在应用程序的预览中。本示例包含两个 ThumbButtonInfo 元素，给其 Command 设置的命令与前面创建的播放和停止 Button 元素相同。有了这些按钮，就可以像使用应用程序中的其他 Button 元素那样控制应用程序。任务栏中用于按钮的图像从 StartImage 和 StopImage 键对应的资源中提取。

```
<Window.TaskbarItemInfo>
    <TaskbarItemInfo x:Name="taskBarItem" Description="Sample Application">
        <TaskbarItemInfo.ThumbButtonInfos>
```

```

        <ThumbButtonInfo IsEnabled="True" Command="MediaCommands.Play"
            CommandTarget="{Binding ElementName=buttonPlay}"
            Description="Play"
            ImageSource="{StaticResource StartImage}" />
        <ThumbButtonInfo IsEnabled="True" Command="MediaCommands.Stop"
            CommandTarget="{Binding ElementName=buttonStop}"
            Description="Stop"
            ImageSource="{StaticResource StopImage}" />
    </TaskbarItemInfo.ThumbButtonInfos>
</TaskbarItemInfo>
</Window.TaskbarItemInfo>

```



依赖属性参见第 27 章。

从 `ThumbButtonInfo` 元素中引用的图像在 `Window` 的 `Resources` 部分中定义。其中一幅图像是一个浅绿色的椭圆；另一幅图像是两条橙红色的线条。

```

<Window.Resources>
    <DrawingImage x:Key="StopImage">
        <DrawingImage.Drawing>
            <DrawingGroup>
                <DrawingGroup.Children>
                    <GeometryDrawing>
                        <GeometryDrawing.Pen>
                            <Pen Thickness="5" Brush="OrangeRed" />
                        </GeometryDrawing.Pen>
                        <GeometryDrawing.Geometry>
                            <GeometryGroup>
                                <LineGeometry StartPoint="0,0"
                                    EndPoint="20,20" />
                                <LineGeometry StartPoint="0,20"
                                    EndPoint="20,0" />
                            </GeometryGroup>
                        </GeometryDrawing.Geometry>
                    </GeometryDrawing>
                </DrawingGroup.Children>
            </DrawingGroup>
        </DrawingImage.Drawing>
    </DrawingImage>
    <DrawingImage x:Key="StartImage">
        <DrawingImage.Drawing>
            <DrawingGroup>
                <DrawingGroup.Children>
                    <GeometryDrawing Brush="LightGreen">
                        <GeometryDrawing.Geometry>
                            <EllipseGeometry RadiusX="20" RadiusY="20"
                                Center="20,20" />
                        </GeometryDrawing.Geometry>
                    </GeometryDrawing>
                </DrawingGroup.Children>
            </DrawingGroup>
        </DrawingImage.Drawing>
    </DrawingImage>

```

```

        </DrawingGroup>
    </DrawingImage.Drawing>
</DrawingImage>
</Window.Resources>

```

在代码隐藏中，把特殊文件夹 My Videos 中的所有视频都赋予 Window 对象的 DataContext，而且由于 ComboBox 是数据绑定的，所以这些视频都列在 ComboBox 中。在 OnPlay() 和 OnStop() 事件处理程序中，调用 MediaElement 的 Play() 和 Stop() 方法。为了在任务栏的项、播放和停止视频时显示可见的反馈，需要访问图像资源，并把它们赋予 TaskbarItemInfo 元素的 Overlay 属性。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

using System;
using System.Collections.Generic;
using System.IO;
using System.Text;
using System.Windows;
using System.Windows.Input;
using System.Windows.Media;
using System.Windows.Shell;

namespace Wrox.ProCSharp.Windows7
{
    public partial class MainWindow : Window
    {
        public MainWindow()
        {
            InitializeComponent();
            string videos = Environment.GetFolderPath(
                Environment.SpecialFolder.MyVideos);
            this.DataContext = Directory.EnumerateFiles(videos);
        }

        private void OnPlay(object sender, ExecutedRoutedEventArgs e)
        {
            object image = TryFindResource("StartImage");
            if (image is ImageSource)
                taskBarItem.Overlay = image as ImageSource;
            player.Play();
        }

        private void OnStop(object sender, ExecutedRoutedEventArgs e)
        {
            object image = TryFindResource("StopImage");
            if (image is ImageSource)
                taskBarItem.Overlay = image as ImageSource;
            player.Stop();
        }
    }
}

```

代码段 TaskbarDemo/MainWindow.xaml.cs

现在就可以运行应用程序，从任务栏上启动和停止视频，查看可见的反馈，如图 A-14 所示。



图 A-14

要自定义跳转列表，应给应用程序类添加一个 `JumpList`。为此，可以在代码中调用静态方法 `JumpList.SetJumpList()`，或者把 `JumpList` 元素添加为 `Application` 元素的子元素。

示例代码在代码隐藏中创建跳转列表。`JumpList.SetJumpList()` 应是应用程序对象的第一个参数，而应用程序对象从 `Application.Current` 属性中返回。第二个参数是 `JumpList` 类型的对象。`jumpList` 用 `JumpList` 构造函数创建，并给该构造函数传递 `JumpItem` 元素和两个布尔值。跳转列表默认包含常用的项和最近的项。通过设置布尔值，就可以影响这个默认行为。可以添加到 `JumpList` 中的项派生自基类 `JumpItem`。可用的类有 `JumpTask` 和 `JumpPath`。通过 `JumpTask` 类可以定义一个程序，该程序应在用户从跳转列表中选择了这一项时启动。`JumpTask` 定义的属性可用于启动应用程序和给用户提供的信息，包括 `CustomCategory`、`Title`、`Description`、`ApplicationPath`、`IconResourcePath`、`WorkingDirectory` 和 `Arguments`。通过在代码段中定义的 `JumpTask`，并用 `readme.txt` 文档启动和初始化 `notepad.exe`。利用 `JumpPath` 项，可以定义一个文件，该文件应在跳转列表中列出，以便从该文件中启动应用程序。`JumpPath` 定义一个 `Path` 属性，用于指定文件名。使用 `JumpPath` 项要求用应用程序注册文件扩展名。否则，项的注册会被拒绝。为了找出项被拒绝的原因，可以给 `JumpItemRejected` 事件注册一个处理程序。这样就可以获得一个被拒绝项(`RejectedItems`)的列表和拒绝它们的原因(`RejectedReasons`)。

```
var jumpItems = new List<JumpTask>();
var workingDirectory = Environment.CurrentDirectory;
var windowsDirectory = Environment.GetFolderPath(
    Environment.SpecialFolder.Windows);
var notepadPath = System.IO.Path.Combine(windowsDirectory,
    "Notepad.exe");

jumpItems.Add(new JumpTask
{
    CustomCategory="Read Me",
    Title="Read Me",
    Description="Open read me in Notepad.",
    ApplicationPath=notepadPath,
    IconResourcePath=notepadPath,
    WorkingDirectory=workingDirectory,
    Arguments="readme.txt"
});

var jumpList = new JumpList(jumpItems, true, true);
jumpList.JumpItemsRejected += (sender1, e1) =>
{
    var sb = new StringBuilder();
    for (int i = 0; i < e1.RejectedItems.Count; i++)
```

```

    {
        if (e1.RejectedItems[i] is JumpPath)
            sb.Append((e1.RejectedItems[i] as JumpPath).Path);
        if (e1.RejectedItems[i] is JumpTask)
            sb.Append((e1.RejectedItems[i] as JumpTask).
                ApplicationPath);
        sb.Append(e1.RejectionReasons[i]);
        sb.AppendLine();
    }
    MessageBox.Show(sb.ToString());
};

JumpList.SetJumpList(Application.Current, jumpList);

```

运行应用程序，并单击鼠标右键，就会看到跳转列表，如图 A-15 所示。

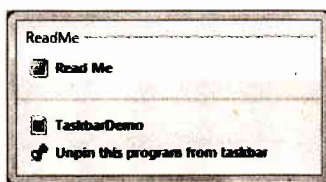


图 A-15



为了从 Windows 窗体应用程序中使用任务栏和跳转列表，可以使用 Windows API 代码包中定义的扩展。

## A.6 小结

本附录介绍了可用于 Windows 7 和 Windows Server 2008 R2 中的各种功能，这些功能对应用程序的开发非常重要。

Microsoft 多年来制定了规则，指出非管理应用程序不需要管理权限。因为许多应用程序都不符合这个要求，所以操作系统现在限制了 UAC。用户必须显式地给应用程序提升管理权限。本章介绍了这如何影响应用程序。

本附录还介绍了 Windows Vista 引入的几个对话框，以获得更好的用户交互，其中包括替代消息框的新任务对话框，以及扩展为按钮控件的命令链接。Windows 7 的新对话框是任务栏上的项和跳转列表。

其他章节还介绍了只能用于 Windows Vista 和 Windows Server 2008 及以后版本的更多功能：

- 第 19 章讨论了事件日志功能和 Windows 事件跟踪(ETW)
- 第 21 章给出了下一代加密技术(CNG)的信息，这是一个 Crypto API。
- 第 23 章介绍了基于文件和基于注册表的事务。
- 第 43 章使用激活服务(WAS)驻留 WCF 服务。

# 第 48 章

## 使用 GDI+ 绘图

本章主要内容：

- 绘图规则
- 颜色和安全调色板
- 钢笔和笔刷
- 线条和简单图形
- BMP 图像和其他图像文件
- 绘制文本
- 字体和字体系列
- 处理打印

本书有许多章节介绍用户交互和 .NET Framework，第 39 章主要介绍了如何显示对话框或 SDI、MDI 窗口，以及如何把各种控件放在这些窗口上，如按钮、文本框和列表框。它还讨论了在 Windows 窗体中使用许多 Windows 窗体控件处理各种数据源中的数据。

这些标准控件的功能非常强大，使用它们就可以获得许多应用程序的完整用户界面。但是，有时还需要在用户界面上有更大的灵活性。例如，要在窗口的精确位置以给定的字体绘制文本，或者不使用图像框控件显示图像，或者绘制简单的形状和其他图形。这些都不能使用第 39 章介绍的控件来完成。要显示这种类型的输出，应用程序必须直接告诉操作系统需要在其窗口的什么地方显示什么内容。

在这个过程中，还需要使用各种帮助对象，包括钢笔(用于定义线条的特征)、画笔(用于定义区域的填充方式)和字体(用于定义文本字符的形状)。我们还将介绍设备如何识别和显示不同的颜色。

下面首先讨论 GDI+(Graphics Device Interface)技术。GDI+由.NET 基类集组成，这些基类可用于在屏幕上完成自定义绘图，能把合适的指令发送到图形设备的驱动程序上，确保在屏幕上显示正确的输出(或打印到打印件中)。

### 48.1 理解绘图规则

本节讨论一些基本规则，只有理解了它们，才能开始在屏幕上绘图。首先概述 GDI，GDI+技术就建立在 GDI 的基础上，然后说明它与 GDI+的关系。接着介绍几个简单的例子。



### 48.1.1 GDI 和 GDI+

一般来说, Windows 的一个优点(实际上通常是现代操作系统的优点)是它可以让开发人员不考虑特定设备的细节。例如,不需要理解硬盘设备驱动程序,只需在相关的.NET类中调用合适的方法(在.NET推出之前,使用等价的 Windows API 函数),就可以编程读写磁盘上的文件。这条规则也适用于绘图。计算机在屏幕上绘图时,它把指令发送给视频卡。问题是市面上有几百种不同的视频卡,大多数有不同的指令集和功能。如果把这个考虑在内,在应用程序中为每个视频卡驱动程序编写在屏幕上绘图的特定代码,这样的应用程序就根本不可能编写出来。这就是为什么在 Windows 最早期的版本中就有 Windows 图形设备界面(Graphical Device Interface, GDI)的原因。

GDI 提供了一个抽象层,隐藏了不同视频卡之间的区别,这样就可以调用 Windows API 函数完成指定的任务了,GDI 会在内部指出在客户运行特定的代码时,如何让客户端的视频卡完成要绘制的图形。GDI 还可以完成其他任务。大多数计算机都有多个显示设备——例如,显示器和打印机。GDI 成功地使应用程序所使用的打印机看起来与屏幕一样。如果要打印某些东西,而不是显示它,只需告诉系统输出设备是打印机,再用相同的方式调用相同的 Windows API 函数即可。

可以看出,DC(设备环境)是一个功能非常强大的对象,在 GDI 下,所有的绘图工作都必须通过设备环境来完成。DC 甚至可用于不涉及在屏幕或某些硬件设备上绘图的其他操作,例如,在内存中修改图像。

GDI 给开发人员提供了一个相当高级的 API,但它仍是一个基于旧的 Windows API 并且有 C 语言风格函数的 API,所以使用起来不是很方便。GDI+在很大程度上是 GDI 和应用程序之间的一层,提供了更直观且基于继承性的对象模型。尽管 GDI+基本上是 GDI 的一个包装器,但 Microsoft 已经能通过 GDI+提供新功能了,它还有一些性能方面的改进。

.NET 基类库的 GDI+部分非常庞大,本章不解释其功能。这是因为只要解释库中的一小部分内容,就会把本章变成一个仅列出类和方法的参考指南。而理解绘图的基本规则更重要;这样您就可以自己研究这些类。当然,关于 GDI+中类和方法的完整列表,可以参阅 SDK 文档。



有 VB 6 背景的开发人员会发现,自己并不熟悉绘图过程涉及的概念,因为 VB 6 的重点是处理绘图的控件。有 C++/MFC 背景的开发人员则比较熟悉这个领域,因为 MFC 要求开发人员使用 GDI 更多地控制绘图过程。但是,即使您具备很好的 GDI 背景知识,也会发现本章有许多新内容。

#### 1. GDI+名称空间

表 48-1 列出了 GDI+基类的主要名称空间。

本章使用的几乎所有的类、结构等都包含在 System.Drawing 名称空间中。

表 48-1

名称空间	说明
System.Drawing	包含与基本绘图功能有关的大多数类、结构、枚举和委托
System.Drawing.Drawing2D	为大多数高级 2D 和矢量绘图操作提供了支持,包括消除锯齿、几何变形和图形路径

(续表)

名称空间	说明
System.Drawing.Imaging	包括有助于处理图像(位图、GIF 文件等)的各种类
System.Drawing.Printing	包含把打印机或打印预览窗口作为“输出设备”时使用的类
System.Drawing.Design	包含一些预定义的对话框、属性表和其他用户界面元素，与在设计期间扩展用户界面相关
System.Drawing.Text	包含对字体和字体系列执行更高级操作的类

## 2. 设备上下文和 Graphics 对象

在 GDI 中，识别输出设备的方式是使用设备上下文(DC)对象。该对象存储特定设备的信息，并能把 GDI API 函数调用转换为要发送给该设备的任何指令。还可以查询设备上下文对象，确定对应的设备有什么功能(例如，打印机是彩色的，还是黑白的)，以便据此调整输出结果。如果要求设备完成它不能完成的任务，设备上下文对象就会检测到，并采取相应的措施(这取决于具体的情形，可能抛出一个异常，或修改请求从而获得与该设备的功能最相近的匹配)。

DC 对象不仅可以处理硬件设备，还可以用作 Windows 的一个桥梁，因此能考虑到 Windows 绘图的要求或限制。例如，如果 Windows 知道只有一小部分应用程序的窗口需要重新绘制，DC 就可以捕获和取消在该区域外绘图的工作。因为 DC 与 Windows 的关系非常密切，所以通过设备上下文来工作就可以在其他方面简化代码。

例如，硬件设备需要知道在什么地方绘制对象，通常它们需要相对于屏幕(或输出设备)左上角的坐标。但应用程序可能使用自己的坐标系统，在自己的窗口的工作区(用于绘图的窗口)的特定位置上绘图。而因为窗口可以放在屏幕上的任何位置，用户可以随时移动它，所以在两个坐标系统之间转换就是一个比较困难的任务。然而，DC 总是知道窗口在什么地方，并能自动进行这种转换。

在 GDI+中，DC 包装在.NET 基类 System.Drawing.Graphics 中。大多数绘图工作都是调用关于 Graphics 实例的方法完成的。实际上，因为正是 Graphics 类负责处理大多数绘图操作，所以 GDI+中几乎没有操作不涉及 Graphics 实例。于是，理解如何处理这个对象是理解如何使用 GDI+在显示设备上绘图的关键。

### 48.1.2 绘制图形

下面用一个小示例 DisplayAtStartup 来说明如何在应用程序的主窗口中绘图。本章的示例都在 Visual Studio 2010 中创建为 C# Windows 应用程序。对于这种类型的项目，代码向导会提供一个类 Form1，它派生自 System.Windows.Forms，窗体表示应用程序的主窗口。还会生成一个类 Program(在 Program.cs 文件中)，它表示应用程序的主起点。除非特别声明，否则在所有的代码示例中，新代码或修改过的代码都添加到向导生成的代码中(可以从 Wrox 网站 [www.wrox.com](http://www.wrox.com) 或随书附赠光盘中找到示例代码)。



在.NET 的用法中，当说到显示各种控件的应用程序时，“窗口”大都用术语“窗体”来代替，窗体表示一个矩形对象，它代表应用程序占据了屏幕上的一块区域。本章使用术语“窗口”，因为在手工绘图时，它更有意义。当谈到用于实例化窗体/窗口的.NET 类时，使用术语“窗体”。最后，“绘图”或“绘制”可以互换使用，以描述在屏幕或其他显示设备上显示一些项的过程。

第一个示例只创建一个窗体，并在启动窗体时在构造函数中绘制它。注意，这并不是在屏幕上绘图的最佳方式或正确方式，因为这个示例并不能在启动后按照需要重新绘制窗体。但利用这个示例，我们不必做太多的工作，就可以说明绘图的许多问题。

对于这个示例，启动 Visual Studio 2010，创建一个 Windows From Application 项目。首先把窗体的背景色设置为白色。把这行代码放在 InitializeComponent() 方法的后面，这样 Visual Studio 2010 就会识别该行命令，并能够改变窗体的设计视图的外观。单击 Form1.cs 文件旁边的箭头图标(这会展开与 Form1.cs 文件相关的文件层次结构)，就可以看到 Form1.Designer.cs 文件。正是在这个文件中发现了 InitializeComponent() 方法。本来也可以使用设计视图设置背景色，但这会导致自动添加相同的代码：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
private void InitializeComponent()
{
    this.components = new System.ComponentModel.Container();
    this.AutoScaleMode = System.Windows.Forms.AutoScaleMode.Font;
    this.Text = "Form1";
    this.BackColor = System.Drawing.Color.White;
}
```

代码段 DrawingShapes.sln

接着，给 Form1 构造函数添加代码。使用窗体的 CreateGraphics() 方法创建一个 Graphics 对象，这个对象包含绘图时需要使用的 Windows 设备上下文。创建的设备上下文与显示设备相关，也与这个窗口相关。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
public Form1()
{
    InitializeComponent();

    Graphics dc = CreateGraphics();
    Show();

    Pen bluePen = new Pen(Color.Blue, 3);
    dc.DrawRectangle(bluePen, 0, 0, 50, 50);
    Pen redPen = new Pen(Color.Red, 2);
    dc.DrawEllipse(redPen, 0, 50, 80, 60);
}
```

代码段 DrawingShapes.sln

然后调用 Show() 方法显示窗口。之所以让该窗口立即显示，是因为在该窗口显示出来之前，我们不能做任何工作——没有可供绘图的地方。

最后，显示一个矩形，其坐标是(0,0)，宽度和高度是 50，再绘制一个椭圆，其坐标是(0, 50)，

宽度是 80，高度是 50。注意坐标(x,y)表示从窗口的工作区左上角开始向右的 x 个像素，向下的 y 个像素——这些坐标从要显示的图形的左上角开始计算。

我们使用的 `DrawRectangle()` 和 `DrawEllipse()` 重载方法分别带 5 个参数。第一个参数是 `System.Drawing.Pen` 类的实例。`Pen` 是许多帮助绘图的辅助对象中的一个，它包含如何绘制线条的信息。第一个 `Pen` 表示线条应是蓝色的，其宽度为 3 个像素；第二个 `Pen` 表示线条应是红色的，其宽度为两个像素。后面的 4 个参数是坐标和大小。对于矩形，它们分别表示矩形的左上角坐标(x,y)、其宽度和高度。对于椭圆，这些数值的含义相同，但它们是指数椭圆假想的外接矩形，而不是椭圆本身。运行代码，会得到如图 48-1 所示的图形。当然，本书不是彩书，所以看不到颜色。

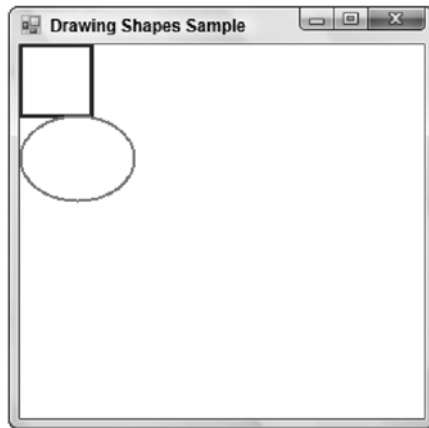


图 48-1

图 48-1 说明了两个问题。首先，用户可以很清楚地看到在窗口中工作区的位置。它是一块白色的区域——该区域受到 `BackColor` 属性设置的影响。还要注意，矩形放在该区域的一角，因为它指定了坐标(0,0)。其次，注意椭圆的顶部与矩形有轻度的重叠，这与代码中给出的坐标有点不同。这是因为 Windows 在重叠的区域上放置了矩形和椭圆的边框。在默认情况下，Windows 会试图把图形边框所在的线条放在中心位置——但这并不是总能做到的，因为线条是以像素为单位来绘制的，但每个图形的边框理论上通常位于两个像素之间。结果，1 个像素宽的线条就会正好位于图形的顶边和左边的里面，而在右边和底边的外面。这样，从严格意义上讲，相邻图形的边框就会有一个像素的重叠。我们指定的线条宽度比较大，因此重叠区域也会比较大。设置 `Pen.Alignment` 属性(详见 SDK 文档说明)，就可以改变默认的操作方式，但这里使用默认的操作方式就足够了。

但如果运行这个示例，就会注意到窗体的行为有点奇怪。如果把它放在那里，或者用鼠标在屏幕移动该窗体，它就工作正常。但如果最小化该窗体，再还原它，绘制好的图形就不见了。如果在该窗体上拖动另一个窗口，使之只遮挡一部分图形，再拖动该窗口远离这个窗体，临时被挡住的部分就消失了，只剩下一半椭圆或矩形了！

这是怎么回事？其原因是，如果窗口的一部分被隐藏了，Windows 通常会立即丢弃与其中显示的内容相关的所有信息。这是必需的，否则存储屏幕数据的内存量就会是个天文数字。一般的计算机在运行时，视频卡设置为显示 1024×768 像素、24 位彩色模式，这表示屏幕上的每个像素占据 3 个字节，于是显示整个屏幕就需要 2.25MB(本章后面会说明 24 位颜色的含义)。但是，用户常常让任务栏上有 10 个或 20 个最小化的窗口。下面考虑一种最糟糕的情况：20 个窗口，每个窗口如果没

有最小化，它就占据整个屏幕。如果 Windows 存储了这些窗口包含的可视化信息，当用户还原它们时，它们就会有 45MB。目前，比较好的图形卡有 512MB 的内存，可以应付这种情况，但在几年前图形卡有 256MB 的内存就不错了。多余的部分需要存储在计算机的主内存中。许多人仍在使用旧计算机，一些人甚至还在使用 256MB 的图形卡。很显然，Windows 不可能这样管理用户界面。

在窗口的任何某一部分消失时，隐藏的那些像素也就丢失了。因为 Windows 释放了保存这些像素的内存。但要注意，窗口的一部分被隐藏了，当它检测到窗口不再被隐藏时，就请求拥有该窗口的应用程序重新绘制其内容。这条规则有一些例外——通常窗口的一小部分被挡住的时间比较短(例如，从主菜单中选择一个菜单项，该菜单项向下拉出，临时挡住了下面的部分)。但一般情况下，如果窗口的一部分被挡住，应用程序就需要在以后重新绘制它。

这就是示例应用程序的问题的根源。我们把绘图代码放在 Form1 的构造函数中，这些代码仅在应用程序启动时调用一次，不能在以后需要时再次调用该构造函数，重新绘制图形。

在使用 Windows 窗体的服务器控件时，不需要知道如何完成上述任务，这是因为标准控件非常专业，能在 Windows 需要时重新绘制它们自己。这是编写控件时不需要担心实际绘图过程的原因之一。如果要应用程序在屏幕上绘图，还需要在 Windows 要求重新绘制窗口的全部或部分时，确保应用程序会正确响应。下一节将修改这个示例，确保应用程序的正确响应。

### 48.1.3 使用 OnPaint()方法绘制图形

上面的解释让您觉得绘制自己的用户界面是比较复杂的，实际上并非如此。让应用程序在需要时绘制自身是非常简单的。

Windows 会触发 Paint 事件通知应用程序完成一些重新绘制的要求。有趣的是，Form 类已经实现了这个事件的处理程序，因此不需要再添加处理程序了。Paint 事件的 Form1 处理程序处理虚方法 OnPaint()的调用，并给它传递一个参数 PaintEventArgs，这表示，我们只需重写 OnPaint()方法执行绘图操作。

我们选择重写 OnPaint()方法，也可以为 Paint 事件添加自己的事件处理程序(如 Form1\_Paint()方法)来得到相同的结果，其方式与为任何其他 Windows 窗体事件添加处理程序一样。后一种方法更方便一些，因为可以通过 Visual Studio 2010 的属性窗口添加新的事件处理程序，不必输入某些代码。但是我们采用重写 OnPaint()方法的方式要略为灵活一些，因为这样可以控制何时调用基类窗口进行处理，并允许避免把控件的处理程序关联到它自己的事件上。

下面新建一个 Windows 应用程序 DrawShapes 来完成这个操作。与以前一样，使用属性窗口把背景色设置为白色，再把窗体的文本改为 DrawShapes Sample，接着在 Form1 类的自动生成代码中添加如下代码：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
protected override void OnPaint( PaintEventArgs e )
{
    base.OnPaint(e);
    Graphics dc = e.Graphics;
    Pen bluePen = new Pen(Color.Blue, 3);
    dc.DrawRectangle(bluePen, 0,0,50,50);
    Pen redPen = new Pen(Color.Red, 2);
    dc.DrawEllipse(redPen, 0, 50, 80, 60);
}
```

代码段 DrawingShapes.sln

注意，`OnPaint()`方法声明为 `protected`。因为 `OnPaint()`方法一般在类的内部使用，所以类外部的其他代码不必知道存在 `OnPaint()`方法。

`PaintEventArgs` 是派生自 `EventArgs` 类的一个类，一般用于传递有关事件的信息。`PaintEventArgs` 类有另外两个属性，其中比较重要的是 `Graphics` 实例，它们主要用于优化窗口中需要绘制的部分。这样就不必调用 `CreateGraphics()`方法在 `OnPaint()`方法中获取设备上下文了——用户总是可以得到设备上下文。后面将介绍其他属性。这个属性包含窗口的哪些部分需要重新绘制的详细信息。

在 `OnPaint()`方法的实现代码中，首先从 `PaintEventArgs` 类中引用 `Graphics` 对象，再像以前那样绘制图形。最后调用基类的 `OnPaint()`方法，这一步非常重要。我们重写了 `OnPaint()`方法，完成了绘图工作，但 Windows 在绘图过程中可能会执行一些它自己的辅助工作。这些工作都在 .NET 基类的 `OnPaint()`方法中完成。



对于这个示例，删除 `base.OnPaint()`的调用似乎并没有任何影响，但不要试图删除这个调用。这样有可能阻止 Windows 正确执行任务，结果是无法预料的。

在应用程序第一次启动和窗口第一次显示时，也调用了 `OnPaint()`方法，所以不需要在构造函数中复制绘图代码。

运行这段代码，得到的结果将与前面的示例的结果相同，但现在，当最小化窗口或隐藏它的一部分时，应用程序会正确执行。

#### 48.1.4 使用剪切区域

上一节的 `DrawShapes` 示例说明了在窗口中绘图的主要规则，但它并不是很高效。原因是它试图绘制窗口中的所有内容，而没有考虑需要绘制多少内容。如图 48-2 所示，运行 `DrawShapes` 示例，当该示例在屏幕上绘图时，打开另一个窗口，把它移动到 `DrawShapes` 窗体上，使之遮挡一部分窗体。

但移动重叠的窗口时，`DrawShapes` 窗口会再次全部显示出来，Windows 通常会给窗体发送一个 `Paint` 事件，要求它重新绘制本身。因为矩形和椭圆都位于工作区的左上角，所以在任何时候它们都是可见的，在本例中不需要重新绘制这部分，而只需要重新绘制白色背景区域。但是，Windows 并不知道这一点，它认为应触发 `Paint` 事件，调用 `OnPaint()`方法的实现代码。`OnPaint()`方法不必重新绘制矩形和椭圆。

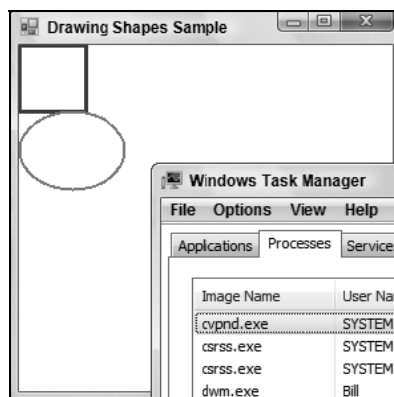


图 48-2

在本例中，没有重新绘制图形。原因是我们使用了设备上下文。Windows 将利用重新绘制哪些区域所需要的信息预先初始化设备上下文。在 GDI 中，被标记出来的重绘区域称为无效区域，但在 GDI+ 中，该术语通常改为剪切区域。设备上下文能识别这个区域。于是，它截取在这个区域外部的绘图操作，且不把相关的绘图命令传送给图形卡。这听起来不错，但仍有一个潜在的性能损失。在确定是在无效区域外部绘图前，我们不知道必须进行多少设备环境处理。在某些情况下，要处理的任务比较多，因为计算哪些像素需要改变为什么颜色，将会频繁占用处理器(好的图形卡会提供硬件加速，对此有一定的帮助)。

其底线是让 Graphics 实例完成在无效区域外部的绘图工作，这肯定会浪费处理器的时间，减慢应用程序的运行。在设计优良的应用程序中，代码将执行一些检查，以查看需要进行哪些绘图工作，然后调用相关的 Graphics 实例的方法。本节将编写一个新示例 DrawShapesWithClipping，方法是修改 DisplayShapes 示例，只完成需要的重新绘制工作。在 OnPaint() 方法的代码中，进行一个简单的测试，看看无效区域是否与需要绘制的区域重叠，如果是，就调用绘图方法。

首先，需要获得剪切区域的信息。这需要使用 PaintEventArgs 类的另一个属性——ClipRectangle，它包含要重绘区域的坐标，并封装在一个结构的实例 System.Drawing.Rectangle 中。Rectangle 是一个相当简单的结构，它包含 4 个属性：Top、Bottom、Left 和 Right。它们分别包含矩形的上下边的垂直坐标、左右边的水平坐标。

接着，需要确定进行什么测试，以决定是否进行绘制。这里进行一个简单的测试。注意，在绘图过程中，矩形和椭圆完全包含在从(0,0)点到(80,130)点的矩形工作区中，实际上，(82,132)点就已经在安全区域中了，因为线条大约偏离这个区域的外侧一个像素。所以我们要看看剪切区域的左上角是否在这个矩形区域内。如果是，就重新绘制；如果不是，就不必麻烦了。

下面是代码：



```
protected override void OnPaint( PaintEventArgs e )
{
    base.OnPaint(e);
    Graphics dc = e.Graphics;
    if (e.ClipRectangle.Top < 132 && e.ClipRectangle.Left < 82)
    {
        Pen bluePen = new Pen(Color.Blue, 3);
        dc.DrawRectangle(bluePen, 0,0,50,50);
        Pen redPen = new Pen(Color.Red, 2);
        dc.DrawEllipse(redPen, 0, 50, 80, 60);
    }
}
```

代码段 DrawingShapes.sln

注意，显示的结果与以前显示的结果完全相同——但这次进行了早期测试，确定了哪些区域不需要绘制，提高了性能。还要注意这个示例关于是否进行绘图的测试是非常粗略的。还可以进行更精细的测试，分别确定矩形或者椭圆是否要重新绘制。这里有一个平衡。可以在 OnPaint() 方法进行更复杂的测试，以提高性能，但也可以使 OnPaint() 方法的代码更复杂一些。进行一些测试总是值得的，因为编写一些代码，可以更多地解除 Graphics 实例之外的绘制内容，Graphics 实例只是盲目地执行绘图命令。

## 48.2 测量坐标和区域

在上一个示例中，我们遇到了基本结构 `Rectangle`，它用于表示矩形的坐标。GDI+实际上使用几个类似的结构来表示坐标或区域。表 48-1 列出了几个结构，它们都是在 `System.Drawing` 名称空间中定义的，如表 48-2 所示。

表 48-2

结 构	主要的公共属性
Point 和 PointF	X、Y
Size 和 SizeF	Width、 Height
Rectangle 和 RectangleF	Left、 Right、 Top、 Bottom、 Width、 Height、 X、 Y、 Location、 Size

注意，其中的许多对象都有许多其他属性、方法或运算符重载，这里没有列出来。本节只讨论某些最重要的成员。

### 48.2.1 Point 和 PointF 结构

从概念上讲，`Point` 在这些结构中最简单的。在数学上，它等价于一个二维矢量。它包含两个公共整型属性，它表示与某个特定位置的水平和垂直距离(在屏幕上)，如图 48-3 所示。

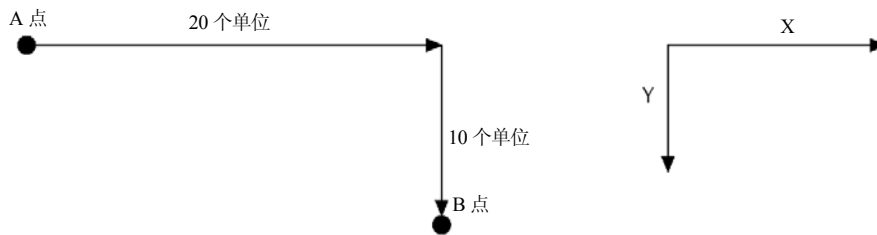


图 48-3

为了从 A 点到 B 点，需要水平移动 20 个单位，并向下垂直移动 10 个单位，在图 48-3 中标为 `x` 和 `y`，这就是它们的一般含义。下面的 `Point` 结构表示该线条：

```
Point ab = new Point(20, 10);
Console.WriteLine("Moved {0} across, {1} down", ab.X, ab.Y);
```

`X` 和 `Y` 都是读写属性，因此可以在 `Point` 中设置这些值，例如：

```
Point ab = new Point();
ab.X = 20;
ab.Y = 10;
Console.WriteLine("Moved {0} across, {1} down", ab.X, ab.Y);
```

注意，按照惯例，水平坐标和垂直坐标表示为 `x` 和 `y`(小写)，但相应的 `Point` 属性是 `X` 和 `Y`(大写)，因为在 C# 中，公共属性的一般约定是名称以一个大写字母开头。

`PointF` 与 `Point` 完全相同，但 `X` 和 `Y` 属性的类型是 `float`，而不是 `int`。`PointF` 用于坐标不是整数



值的情况。已经为这些结构定义了数据类型强制转换，这样就可以把 `Point` 隐式转换为 `PointF`(注意，因为 `Point` 和 `PointF` 是结构，这种强制转换实际上涉及数据的复制)。但没有相应的逆过程，要把 `PointF` 转换为 `Point`，必须复制对应的值，或使用下面的 3 个转换方法 `Round()`、`Truncate()`和 `Ceiling()` 中的一个：

```
PointF abFloat = new PointF(20.5F, 10.9F);
// converting to Point
Point ab = new Point();
ab.X = (int)abFloat.X;
ab.Y = (int)abFloat.Y;
Point ab1 = Point.Round(abFloat);
Point ab2 = Point.Truncate(abFloat);
Point ab3 = Point.Ceiling(abFloat);
// but conversion back to PointF is implicit
PointF abFloat2 = ab;
```

下面看看测量单位。在默认情况下，GDI+把单位看作是屏幕(或打印机，无论图形设备是什么，都可以这样认为)上的像素。这就是 `Graphics` 对象的方法把它们接收到的坐标看作其参数的方式。例如，`new Point(20,10)`点表示在屏幕上水平向右移动 20 个像素，垂直向下移动 10 个像素。通常这些像素从窗口客户区域的左上角开始测量，如上面的示例所示。但是，情况并不总是如此。例如，在某些情况下，需要以整个窗口的左上角(包括其边框)为原点来绘图，甚至以屏幕的左上角为原点。但在大多数情况下，除非文档特别说明，否则都可以假定像素值是相对于客户区域的左上角。

在分析了滚动后，本章将在讨论 3 种坐标系统(世界、页面和设备坐标)时介绍这个主题。

## 48.2.2 Size 和 SizeF 结构

与 `Point` 和 `PointF` 一样，`Size` 也有两个变体。`Size` 结构用于 `int` 类型，`SizeF` 用于 `float` 类型。除此之外，`Size` 和 `SizeF` 是完全相同的。下面主要讨论 `Size` 结构。

在许多情况下，`Size` 结构与 `Point` 结构是相同的，它也有两个整型属性，分别表示水平距离和垂直距离。主要区别是这两个属性的名称不是 `X` 和 `Y`，而是 `Width` 和 `Height`。图 48-3 可以表示为：

```
Size ab = new Size(20,10);
Console.WriteLine("Moved {0} across, {1} down", ab.Width, ab.Height);
```

严格地讲，`Size` 在数学上与 `Point` 表示的含义相同；但在概念上它的使用方式略有不同。`Point` 用于说明实体在什么地方，而 `Size` 用于说明实体有多大。但是，`Size` 和 `Point` 是紧密相关的，目前甚至支持它们之间的相互转换：

```
Point point = new Point(20, 10);
Size size = (Size) point;
Point anotherPoint = (Point) size;
```

例如，考虑前面绘制的矩形，其左上角的坐标是(0,0)，大小是(50,50)。这个矩形的大小是(50,50)，可以用一个 `Size` 实例来表示。其右下角的坐标也是(50,50)，但它由一个 `Point` 实例来表示。要理解这个区别，假定在另一个位置绘制该矩形，其左上角的坐标是(10,10)：

```
dc.DrawRectangle(bluePen, 10,10,50,50);
```

现在其右下角的坐标是(60,60)，但大小不变，仍是(50,50)。

因为 Point 和 Size 结构的加法运算符都已经重载了，所以可以把一个 Size 加到 Point 结构上，得到另一个 Point 结构：



```
static void Main(string[] args)
{
    Point topLeft = new Point(10,10);
    Size rectangleSize = new Size(50,50);
    Point bottomRight = topLeft + rectangleSize;
    Console.WriteLine("topLeft = " + topLeft);
    Console.WriteLine("bottomRight = " + bottomRight);
    Console.WriteLine("Size = " + rectangleSize);
}
```

代码段 PointsAndSizes.sln

把这段代码作为控制台应用程序 PointAndSizes 来运行，会得到如图 48-4 所示的结果。

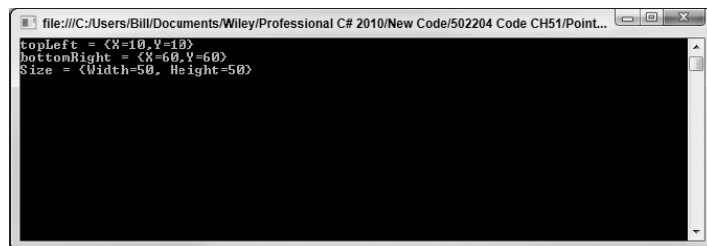


图 48-4

注意，这个结果也说明了 Point 和 Size 的 ToString()方法已被重写，并以{X,Y}格式显示该值。

也可以从一个 Point 结构中减去某个 Size 结构，得到另一个 Point 结构，还可以把两个 Size 加在一起，得到另一个 Size。但不能把一个 Point 结构加到另一个 Point 结构上。Microsoft 认为 Point 结构相加在概念上没有意义，所以不支持加法(+)运算符的任何重载版本进行这样的操作。

还可以在 Point 和 Size 结构之间进行显式的数据类型强制转换：

```
Point topLeft = new Point(10,10);
Size s1 = (Size)topLeft;
Point p1 = (Point)s1;
```

在进行这样的数据类型强制转换时，s1.Width 被赋予 topLeft.X 的值，s1.Height 被赋予 topLeft.Y 的值。因此 s1 包含(10,10)。p1 最终的值与 topLeft 的值相同。

### 48.2.3 Rectangle 和 RectangleF 结构

这两个结构表示一个矩形区域(通常在屏幕上)。与 Point 和 Size 一样，这里只介绍 Rectangle 结构，RectangleF 与 Rectangle 基本相同，但它的属性类型是 float，而 Rectangle 的属性类型是 int。

Rectangle 可以看作由一个 Point 和一个 Size 组成，其中 Point 表示矩形的左上角，Size 表示其大小。它的一个构造函数把 Point 和 Size 结构作为其参数。下面重写前面的 DrawShapes 示例的代码，绘制一个矩形：

```
Graphics dc = e.Graphics;
Pen bluePen = new Pen(Color.Blue, 3);
```

```

Point topLeft = new Point(0,0);
Size howBig = new Size(50,50);
Rectangle rectangleArea = new Rectangle(topLeft, howBig);
dc.DrawRectangle(bluePen, rectangleArea);

```

这段代码也使用 `Graphics.DrawRectangle()` 方法的另一个重载版本，它的参数是 `Pen` 和 `Rectangle` 结构。

通过按顺序提供矩形的左上角水平和左上角垂直坐标，宽度和高度(它们都是数字)，可以构造一个 `Rectangle`：

```
Rectangle rectangleArea = new Rectangle(0, 0, 50, 50)
```

`Rectangle` 包含几个读写属性，如表 48-3 所示，可以用不同的属性组合来设置或提取它的维度。

表 48-3

属 性	说 明
<code>int Left</code>	左边界的 x 坐标
<code>int Right</code>	右边界的 x 坐标
<code>int Top</code>	顶边的 y 坐标
<code>int Bottom</code>	底边的 y 坐标
<code>int X</code>	与 <code>Left</code> 相同
<code>int Y</code>	与 <code>Top</code> 相同
<code>int Width</code>	矩形的宽度
<code>int Height</code>	矩形的高度
<code>Point Location</code>	左上角
<code>Size Size</code>	矩形的大小

注意，这些属性并非都是独立的。例如，设置 `Width` 会影响 `Right` 的值。

#### 48.2.4 Region

`Region` 表示屏幕上一个包含复杂图形的区域。例如，图 48-5 中的阴影区域就可以用 `Region` 表示。

可以想象，初始化 `Region` 实例的过程相当复杂。从广义上看，可以指定哪些简单的图形组成这个区域，或指定绘制这个区域边界的路径。如果需要处理这样的区域，就应掌握 SDK 文档中的 `Region` 类。



图 48-5

## 48.3 调试须知

下面准备进行一些更高级的绘图工作。但首先介绍几个调试问题。如果在本章的示例中设置了断点，就会注意到调试图形例程不像调试程序的其他部分那样简单。这是因为进入和退出调试程序常常会把 `Paint` 消息传递给应用程序。结果是在 `OnPaint()` 重载方法上设置的断点会让应用程序一遍又一遍地绘制它本身，这样应用程序基本上就不能完成任何工作。

这是很典型的一种情形。要明白为什么应用程序没有正确显示，可以在 `OnPaint()` 事件中设置断点。应用程序会像期望的那样，遇到断点后，就会进入调试程序，此时在前台会显示开发环境 MDI 窗口。如果把开发环境设置为全屏显示，以便更易于观察所有的调试信息，就会完全隐藏目前正在调试的应用程序。

接着，检查某些变量的值，希望找出某些有用的信息。然后按 `F5` 键，告诉应用程序继续执行，完成某些处理后，看看应用程序在显示其他内容时会发生什么。但首先发生的是应用程序显示在前台中，`Windows` 快速检测到窗体再次可见，并提示给它发送了一个 `Paint` 事件。当然这表示程序遇到了断点。如果这就是我们想要的结果，那就很好。但更常见的是，我们希望以后在应用程序绘制了某些有趣的内容后再遇到断点，例如，在选择某些菜单项以读取一个文件或者以其他方式改变显示的内容之后，再遇到断点。这听起来就是我们需要的结果。我们或者根本没有在 `OnPaint()` 中设置断点，或者应用程序不会显示它在最初的启动窗口中显示的边界点之外的其他内容。

有一种方式可以解决这个问题。

如果有足够大的屏幕，最简单的方式就是平铺开发环境窗口，而不是把它设置为最大化，使之远离应用程序窗口，这样首先应用程序就不会被挡住了。但在大多数情况下，这并不是一个有效的解决方案，因为这样会使开发环境窗口过小也可以使用第二个监视器。另一个解决方案使用相同的规则，即在调试时把应用程序声明为最上面的应用程序。方法是在 `Form` 类中设置属性 `TopMost`，这很容易在 `InitializeComponent()` 方法中完成：

```
private void InitializeComponent()
{
    this.TopMost = true;
```

也可以在 `Visual Studio 2010` 的属性窗口中设置这个属性。

窗口设置为 `TopMost` 表示应用程序不会被其他窗口挡住(除了其他放在最上面的窗口)。它仍然总是放在其他窗口的上面，甚至在另一个应用程序得到焦点时，也是这样。这是任务管理器的执行方式。

即使利用这个技巧也必须小心，因为我们不能确定 `Windows` 何时会决定因为某种原因触发 `Paint` 事件。如果在某些特殊的情况下，在 `OnPaint()` 方法出了问题(例如，应用程序在选择某个特定菜单项后绘图，但此时出了问题)，那么最好的方式是在 `OnPaint()` 方法中添加一些虚拟代码，该方法测试某些条件，这些条件只在特殊的情况下才为 `true`。然后在 `if` 块中设置断点，如下所示：

```
protected override void OnPaint( PaintEventArgs e )
{
    // Condition() evaluates to true when we want to break
    if (Condition())
    {
```

```
        int ii = 0;    // <-SET BREAKPOINT HERE!!!  
    }  
}
```

这是设置条件断点的一种简捷方式。

## 48.4 绘制可滚动的窗口

前面的 `DrawShapes` 示例运行良好，因为需要绘制的内容正好适合最初的窗口大小。本节介绍如果绘制的内容不适合窗口的大小，需要做哪些工作。

对于本示例，下面扩展 `DrawShapes` 示例，以解释滚动的概念。为了使该示例更符合实际，首先创建一个 `BigShapes` 示例，其中将矩形和椭圆画大一些。此时将使用 `Point`、`Size` 和 `Rectangle` 结构定义绘图区域，说明如何使用它们。进行了这样的修改后，`Form1` 类的相关部分如下所示：

```
// member fields  
private readonly Point rectangleTopLeft = new Point(0, 0);  
private readonly Size rectangleSize = new Size(200,200);  
private readonly Point ellipseTopLeft = new Point(50, 200);  
private readonly Size ellipseSize = new Size(200, 150);  
private readonly Pen bluePen = new Pen(Color.Blue, 3);  
private readonly Pen redPen = new Pen(Color.Red, 2);  
protected override void OnPaint( PaintEventArgs e )  
{  
    base.OnPaint(e);  
    Graphics dc = e.Graphics;  
    if (e.ClipRectangle.Top < 350 || e.ClipRectangle.Left < 250)  
    {  
        Rectangle rectangleArea =  
            new Rectangle (rectangleTopLeft, rectangleSize);  
        Rectangle ellipseArea =  
            new Rectangle (ellipseTopLeft, ellipseSize);  
        dc.DrawRectangle(bluePen, rectangleArea);  
        dc.DrawEllipse(redPen, ellipseArea);  
    }  
}
```

注意，这里还把 `Pen`、`Size` 和 `Point` 对象变成成员字段——这比每次需要绘图时都新建一个 `Pen` 的效率更高。

运行这个示例，得到如图 48-6 所示的结果。

很快这里有一个问题，图形在  $300 \times 300$  像素的绘图区域中放不下。

一般情况下，如果文档太大，不能完全显示，应用程序就会添加滚动条，以便用户滚动窗口，查看其中选中的部分。这是另一个区域，在该区域中如果使用标准控件构建 `Windows` 窗体，就让 `.NET` 运行库和基类来处理所有操作。如果在窗体中有各种控件，那么 `Form` 实例一般知道这些控件在哪里，并且如果其窗口比较小，`Form` 实例就知道需要添加滚动条。`Form` 实例还会自动添加滚动条，不仅如此，它还可以正确地绘制用户滚动到的部分屏幕。此时，用户不需要在代码中做什么工作。但在本章中，我们要在屏幕上绘制图形，所以要帮助 `Form` 实例确定何时能滚动。

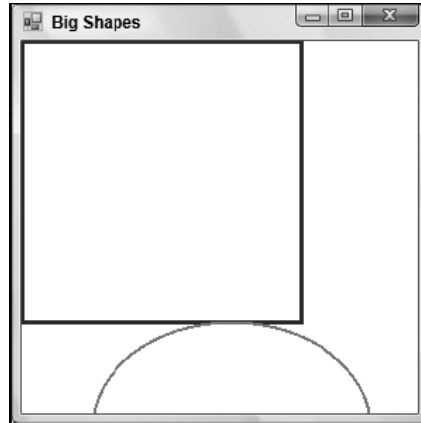


图 48-6

添加滚动条实际上很简单。Form 仍会处理所有的操作——因为它不知道绘图区域有多大。在上面的 BigShapes 示例中没有滚动条的原因是，Windows 不知道它们需要滚动条。我们需要确定的是，矩形的大小从文档的左上角(或者是在进行任何滚动前的客户区域的左上角)开始向右下角延伸，其大小应足以包含整个文档。本章把这个区域称为文档区域，如图 48-7 所示，本例的文档区域应是 250×350 个像素。

使用相关的属性 Form.AutoScrollMinSize 即可轻松确定文档的大小。因此给 InitializeComponent() 方法或 Form1 的构造函数添加下述代码：

```
private void InitializeComponent()
{
    this.components = new System.ComponentModel.Container();
    this.AutoScaleMode = System.Windows.Forms.AutoScaleMode.Font;
    this.Text = "Form1";
    this.BackColor = System.Drawing.Color.White;
    this.AutoScrollMinSize = new Size(250, 350);
}
```

另外，AutoScrollMinSize 属性还可以用 Visual Studio 2010 的属性窗口设置。注意要访问 Size 类，需要添加下面的 using 语句：

```
using System.Drawing;
```

在应用程序启动时设置最小尺寸，并保持不变，在这个特定的应用程序中是必要的，因为我们知道屏幕区域一般有多大。在运行该应用程序时，这个“文档”不会改变大小。但要记住，如果应用程序执行显示文件的内容这样的操作，或者执行改变屏幕的哪个区域的操作，就需要在其他时间设置这个属性(此时，必须手动调整代码，Visual Studio 2010 的属性窗口只能在构建窗体时设置属性的初始值)。

设置 MinScrollSize 属性只是一个开始，仅有它是不够的。图 48-8 显示了示例应用程序目前的外观——开始时，屏幕会正确地显示图形。

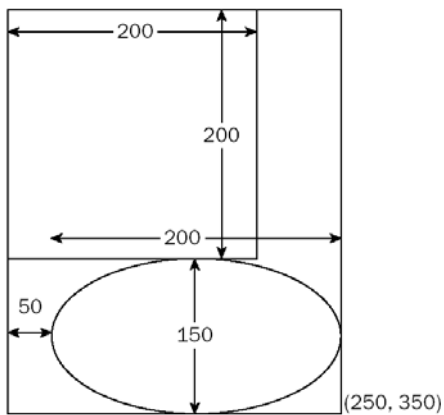


图 48-7

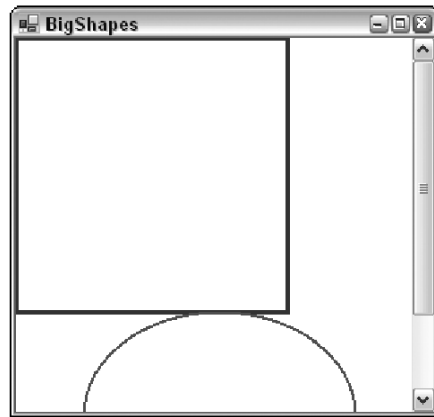


图 48-8

注意，不仅窗体正确地设置了滚动条，而且它的大小也正确设置了，以指定文档当前显示的比例。可以试着在运行示例时重新设置窗口的大小，这样就会发现滚动条会正确地响应，甚至如果使窗口变得足够大，不再需要滚动条时，滚动条就会消失。

但是，如果使用一个滚动条，并向下滑动它，会发生什么情况呢？结果如图 48-9 所示。显然，出现了错误！

出错的原因是我们没有在 `OnPaint()` 重写方法的代码中考虑滚动条的位置。如果最小化窗口，再还原它，从而重新绘制窗口自身，就可以很清楚地看出这一点。结果如图 48-10 所示。

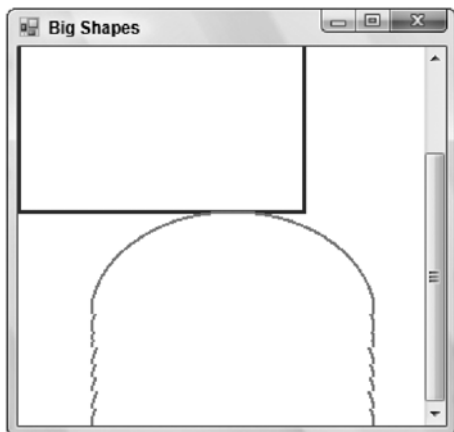


图 48-9

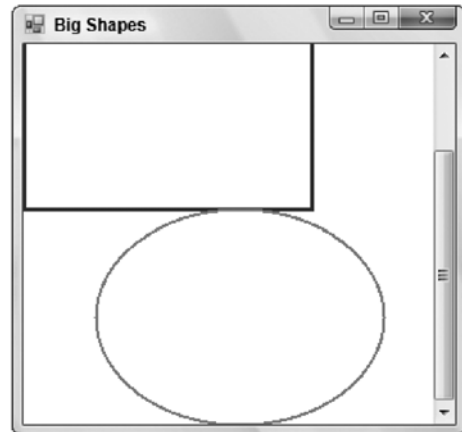


图 48-10

图形像以前一样进行了绘制，矩形的左上角嵌套在客户区域的左上角，就好像根本没有移动过滚动条一样。

在介绍如何更正这个问题前，先介绍一下在这些屏幕截图上发生了什么。

首先从 `BigShapes` 示例开始，如图 48-8 所示。在这个例子中，整个窗口刚刚重新进行了绘制。看看前面的代码，该代码的作用是使图形实例用左上角坐标(0,0)(相对于窗口的客户区域的左上角)绘制一个矩形——它是已经绘制过的。问题是，图形实例在默认情况下把坐标解释为是相对于客户

窗口的，它不能识别滚动条。代码还没有尝试为滚动条的位置调整坐标。椭圆也是这样。

下面处理图 48-9 中的屏幕截图。在向下滚动后，注意窗口上半部分显示正确，这是因为它是在应用程序第一次启动时绘制的。在滚动窗口时，Windows 没有要求应用程序重新绘制已经显示在屏幕中的内容。Windows 足够智能可以判断屏幕上目前显示的哪些内容可以平滑地移动，以匹配滚动条所处的位置。这是一个非常高效的过程，因为它也能使用某些硬件来加速完成。在这个屏幕截图中，有错误的是窗口下部的 1/3 部分。在应用程序第一次显示时，没有绘制这部分窗口，因为在滚动窗口前，这部分在客户区域的外部。这表示 Windows 要求 BigShapes 应用程序绘制这个区域。它触发 Paint 事件，把这个区域作为剪切的矩形。这也是 OnPaint()重载方法完成的任务。

该问题的另一种表达方式是我们将坐标表示为相对于文档开头的左上角——需要转换它们，用相对于客户区域的左上角的坐标表示它们。图 48-11 说明了这一点。

为了使该图更清晰，我们向下向右扩展了该文档，超出了屏幕的边界，但这不会改变我们的推理。我们还假定其上还有一个水平滚动条和一个垂直滚动条。

在图 48-11 中，细线条的矩形标记了屏幕区域的边框和整个文档的边框。粗线条标记了要绘制的矩形和椭圆。P 标记要绘制的某个任意点，这个点在后面会作为一个示例。在调用绘图方法时，提供图形实例和从 B 点到 P 点的矢量，这个矢量表示为一个 Point 实例。我们实际上需要给出从 A 点到 P 点的矢量。

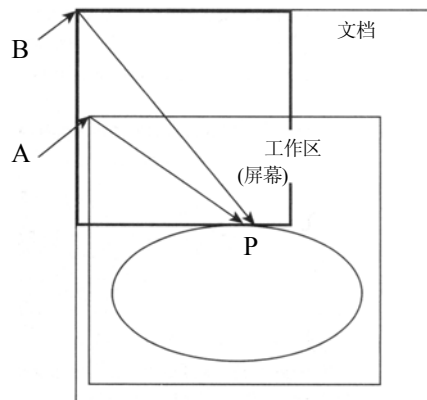


图 48-11

问题是，我们不知道从 A 点到 P 点的矢量。而知道从 B 点到 P 点的矢量，这就是 P 点相对于文档左上角的坐标——我们要在文档的 P 点绘图的位置。还知道从 B 点到 A 点的矢量就是滚动的距离，它存储在 Form 类的一个属性 AutoScrollPosition 中。但是不知道从 A 点到 P 点的矢量。

要解决这个问题，只需进行矢量相减即可。例如，要从 B 点到 P 点，可以水平向右移动 150 个像素，再垂直向下移动 200 个像素。而要从 B 点到 A 点，就需要水平向右移动 10 个像素，再垂直向下移动 57 个像素。这表示，要从 A 点到 P 点，需要水平向右移动 140 个像素(=150-10)，再垂直向下移动 143 个像素(=200-57)。为了使之更简单，Graphics 类实际上实现了一个方法来进行这些计算，这个方法是 TranslateTransform()，我们给它传递水平坐标和垂直坐标，表示工作区的左上角相对于文档的左上角(AutoScrollPosition 属性，它是图 48-11 中从 B 点到 A 点的矢量)。然后 Graphics 设备考虑客户区域相对于文档区域的位置，计算出它所有的坐标。



如果把上述解释转化为代码，通常所需做的就是下面这行代码添加到绘图代码中：

```
dc.TranslateTransform(this.AutoScrollPosition.X, this.AutoScrollPosition.Y);
```

但在本示例中，它有点复杂，因为我们还要查看剪切区域，看看是否需要进行绘制工作。这个测试需要调整，把滚动的位置也考虑在内。完成后，该示例的整个绘图代码如下所示：

```
protected override void OnPaint( PaintEventArgs e )
{
    base.OnPaint(e);
    Graphics dc = e.Graphics;
    Size scrollOffset = new Size(this.AutoScrollPosition);
    if (e.ClipRectangle.Top+scrollOffset.Width < 350 ||
        e.ClipRectangle.Left+scrollOffset.Height < 250)
    {
        Rectangle rectangleArea = new Rectangle
            (rectangleTopLeft+scrollOffset, rectangleSize);
        Rectangle ellipseArea = new Rectangle
            (ellipseTopLeft+scrollOffset, ellipseSize);
        dc.DrawRectangle(bluePen, rectangleArea);
        dc.DrawEllipse(redPen, ellipseArea);
    }
}
```

现在，滚动代码工作正常，最后得到正确地滚动的屏幕截图，如图 48-12 所示。

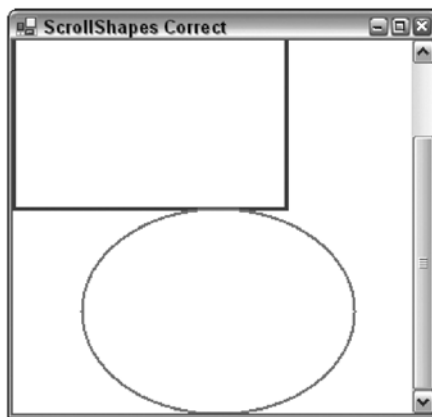


图 48-12

## 48.5 世界、页面和设备坐标

测量相对于文档左上角的位置和测量相对于屏幕(桌面)左上角的位置之间的区别如此重要，因此 GDI+ 对于这些坐标系统有专门的名称：

- **世界坐标(World Coordinate)**——要测量的点距离文档左上角的位置(以像素为单位)。
- **页面坐标(Page Coordinate)**——要测量的点距离客户区域左上角的位置(以像素为单位)。



熟悉 GDI 的开发人员要注意，世界坐标对应于 GDI 中的逻辑坐标。页面坐标对应于设备坐标。还要注意，编写逻辑坐标和设备坐标之间的转换代码在 GDI+中有了变化。在 GDI 中，使用 Windows API 函数 LPtoDP()和 DPtoLP()通过设备上下文进行转换，而在 GDI+中，正是 Control 类来维护转换过程中所需要的信息，Form 和各种 Windows 窗体控件设备派生自 Control 类。

GDI+还有第 3 种坐标，即设备坐标(Device Coordinate)。设备坐标类似于页面坐标，但其测量单位不是像素，而使用用户调用 Graphics.PageUnit 属性指定的某些其他单位。它可以使用的单位除了默认的像素外，还包括英寸和毫米。本章虽然没有使用 PageUnit 属性，但它可用作获取设备的不同像素密度的方式。例如，在大多数显示器上，100 个像素大约是 1 英寸。但是，激光打印机可以达到 1 200 dpi(点/英寸)——这表示 100 个像素宽的图形在该激光打印机上打印时会比较小。把单位设置为英寸，指定图形为 1 英寸宽，就可以确保图形在不同的设备上有相同的大小。这可通过如下代码来说明：

```
Graphics dc = this.CreateGraphics();
dc.PageUnit = GraphicsUnit.Inch;
```

通过 GraphicsUnit 枚举可用的值如下：

- **Display**——指定显示器的测量单位
- **Document**——把文档单位(1/300 英寸)定义为测量单位
- **Inch**——把英寸定义为测量单位
- **Millimeter**——把毫米定义为测量单位
- **Pixel**——把像素定义为测量单位
- **Point**——把打印机的点数(1/72 英寸)定义为测量单位
- **World**——把世界坐标系定义为测量单位

## 48.6 颜色

本节介绍如何在绘制图形时指定使用的颜色。

在 GDI+中，颜色用 System.Drawing.Color 结构的实例来表示。一般情况下，初始化这个结构后，就不能使用对应的 Color 实例对该结构进行操作了——只能把它传递给其他需要 Color 的任何其他主调方法。前面我们遇到过这种结构，在前面的每个示例中都设置了窗口的客户区域的背景色，还设置了要显示的各种图形的颜色。Form.BackColor 属性返回一个 Color 实例。本节将详细介绍这个结构，特别是要介绍构建 Color 的几种不同方式。

### 48.6.1 RGB 值

显示器可以显示的颜色总数非常大——超过 1600 万。其确切的数字是 2 的 24 次方，即 16 777 216。显然，我们需要对这些颜色进行索引，才能指定在任何给定的像素上要显示什么颜色。

对颜色进行索引的最常见方式是把它们分为红、绿、蓝分量，这种思想基于下述原理：人眼可

以分辨的任何颜色都由一定量的红色光、绿色光和蓝色光组成。这些光称为分量(component)。实际上,如果每种分量的光分为 256 种不同的强度,它们提供了足够平滑的过渡,可以把人眼能观察到的图像显示为高质量的照片。因此,指定颜色时,可以给出这些分量的量,其值在 0~255 之间,其中 0 表示没有这种分量,255 表示这种分量的光达到最大的强度。

这给出了向 GDI+说明颜色的第一种方式。可以调用静态函数 `Color.FromArgb()`指定该颜色的红、绿、蓝值。Microsoft 没有为此提供构造函数,原因是除了一般的 RGB 分量外,还有其他方式来表示颜色。因此,Microsoft 认为给定义的任何构造函数传递参数会引起误解:

```
Color redColor = Color.FromArgb(255,0,0);
Color funnyOrangyBrownColor = Color.FromArgb(255,155,100);
Color blackColor = Color.FromArgb(0,0,0);
Color whiteColor = Color.FromArgb(255,255,255);
```

3 个参数分别是红、绿、蓝值。这个函数有许多重载方法,其中一些也允许指定 Alpha 混合值(这是方法名 `FromArgb()`中的 A)。Alpha 混合超出了本章的范围,但把它与屏幕上已有的任何颜色混合起来,可以绘出半透明的颜色。这可以得到一些很漂亮的效果,常常用于游戏中。

## 48.6.2 命名颜色

使用 `FromArgb()`方法构造颜色是一种非常灵活的技巧,因为它表示我们可以指定人眼能辨识出的任何颜色。但是,如果要得到一种简单、标准、众所周知的纯色,如红色或蓝色,命名想要的颜色就比较简单。因此 Microsoft 还在 `Color` 中提供了许多静态属性,每个属性都返回一种命名颜色。在下面的示例中,把窗口的背景色设置为白色时,就使用了其中一个属性:

```
this.BackColor = Color.White;
// has the same effect as:
// this.BackColor = Color.FromArgb(255, 255, 255);
```

有几百种这样的颜色。完整的列表参见 SDK 文档。它们包括所有的纯色:红、白、蓝、绿和黑等,还包括 `MediumAquaMarine`、`LightCoral` 和 `DarkOrchid` 等颜色。还有一个 `KnownColor` 枚举,它列出了命名颜色。



每种命名颜色都表示一组精确的 RGB 值,它们最初是多年前选择出来用在 Internet 上的。这种思想提供了色谱上一组有用的颜色,Web 浏览器可以辨识出这些颜色的名称——因此不必在 HTML 代码中显式写出它们的 RGB 值。几年前,这些颜色仍很重要,因为早期的浏览器不必准确地显示非常多的颜色,命名的颜色应该提供了一组在大多数浏览器中准确地显示出来的颜色。目前它们已经不那么重要了,因为现代的 Web 浏览器能准确地显示任何 RGB 值。还有一些 Web 安全的调色板可以为开发人员提供可用于大多数浏览器的颜色的完整列表。

## 48.6.3 图形显示模式和安全的调色板

尽管原则上显示器可以显示超过 1600 万种 RGB 颜色,但实际上这取决于如何在计算机上设置

显示属性。在 Windows 中，传统上有 3 个主要的颜色选项(尽管有些计算机还依据硬件提供其他选项)：真彩色(24 位)、增强色(16 位)和 256 色(在目前的一些图形卡上，真彩色实际上标记为 32 位，这必须对硬件进行优化，尽管此时 32 位中只有 24 位用于该颜色)。

只有真彩色模式允许同时显示所有的 RGB 颜色。这听起来是最佳选择，但它是有代价的：完整的 RGB 值需要用 3 个字节来保存，这表示要显示的每个像素都需要用图形卡内存中的 3 个字节来保存。如果图形卡内存费用较高(这种限制现在已经不像以前那样普遍了)，就可以选择一种其他模式。增强色模式用两个字节表示一个像素。每个 RGB 分量用 5 位就足够了。所以红色只有 32 种不同的强度，而不是 256 种。蓝色和绿色也是这样，总共有 65 536 种颜色。这对于需要偶尔查看照片质量的图像足够了，但比较微妙的阴影区域会被破坏。

256 色模式给出的颜色更少。但是在这种模式下，可以选择任何颜色，系统会建立一个调色板，这是一个从 1600 万种 RGB 颜色中选择出来的 256 种颜色的一个列表。在调色板中指定了颜色后，图形设备就能够只显示所指定的这些颜色。调色板在任何时候都可以改变——但图形设备每次只能在屏幕上显示 256 种不同的颜色。只有当获得高性能和视频内存费用较高时，才使用 256 色模式。大多数计算机游戏都使用这种模式——它们仍能得到相当好的图形，因为调色板经过了非常仔细的选择。

一般情况下，如果显示设备使用增强色或 256 色模式，并要显示某种 RGB 颜色，它就会从能显示的颜色池中选择一种在数学上最接近的匹配颜色。因此知道颜色模式非常重要。如果要绘制某些涉及微妙阴影或照片质量的图像，而用户没有选择 24 位颜色模式，就看不到期望的效果。如果要使用 GDI+ 进行绘制，就应该用不同的颜色模式测试应用程序(应用程序也可以通过编程设置给定的颜色模式，尽管本章不讨论这个问题)。

#### 48.6.4 安全调色板

下面简要介绍安全调色板，这是一种非常常见的默认调色板。它工作的方式是为每种颜色分量设置 6 个间隔相等的值，这些值分别是 0、51、102、153、204、255。换言之，红色分量可以是这些值中的任一个。绿色分量和蓝色分量也一样。所以安全调色板中的颜色就包括(0,0,0) (黑色)、(153,0,0) (暗红色)、(0, 255, 102) (蓝绿色)等，这样就得到了  $6^3=216$  种颜色。这是一种让调色板包含色谱中间隔相等的颜色和所有亮度的简单方式，但实际上这是不可行的，因为数学上等间隔的颜色分量并不表示这些颜色的区别在人眼看来也是相等的。

如果把 Windows 设置为 256 色模式，默认的调色板就是安全调色板，其中添加了 20 种标准的 Windows 颜色和 20 种备用颜色。

## 48.7 画笔和钢笔

本节介绍两个辅助类，在绘制图形时需要使用它们。前面已经用到过 Pen 类，它用于告诉 graphics 实例如何绘制线条。相关的类是 System.Drawing.Brush，它告诉图形实例如何填充线条。例如，Pen 用于绘制前面示例中矩形和椭圆的边框。如果需要把这些图形绘制为实心的，就要使用画笔指定如何填充它们。这两个类有一个共同点：很难对它们调用任何方法。用需要的颜色和其他属性构造一个 Pen 或 Brush 实例，再把它传递给需要 Pen 或 Brush 的绘图方法即可。



如果读者以前使用 GDI 编程,就可能会注意到在前两个示例中,在 GDI+中使用 Pen 的方式是不同的。在 GDI 中,一般是调用一个 Windows API 函数 SelectObject(),它实际上把钢笔关联到设备上下文上。这支钢笔用于所有需要钢笔的绘图操作中,直到再次调用 SelectObject()方法通知设备上下文停止使用它时为止。这条规则也适用于画笔和其他对象,如字体和位图。而使用 GDI+, Microsoft 选择一种无状态的模式,其中没有默认的钢笔或其他辅助对象。只需给特定方法调用指定合适的辅助对象即可。

### 48.7.1 画笔

GDI+有几种不同类型的画笔,本章不准备详细介绍它们,这里仅解释几种比较简单的画笔,读者掌握其要领即可。每种画笔都由一个派生自抽象类 System.Drawing.Brush 的类的实例来表示。最简单的画笔 System.Drawing.SolidBrush 仅指定了区域用纯色来填充:

```
Brush solidBeigeBrush = new SolidBrush(Color.Beige);
Brush solidFunnyOrangyBrownBrush = new SolidBrush(Color.FromArgb(255,155,100));
```

另外,如果画笔是一种 Web 安全色,就可以用另一个类 System.Drawing.Brushes 构造画笔。Brushes 是永远不能真正地实例化的一个类(它有一个私有构造函数,禁止实例化它)。它只有许多静态属性,每个属性都返回指定颜色的画笔。可以像下面这样使用画笔:

```
Brush solidAzureBrush = Brushes.Azure;
Brush solidChocolateBrush = Brushes.Chocolate;
```

比较复杂的一种画笔是影线画笔(hatch brush),它通过绘制一种图案来填充区域。因为这种类型的画笔比较高级,所以在 Drawing2D 名称空间中,用 System.Drawing.Drawing2D.HatchBrush 类表示。Brushes 类不能帮助我们使用影线画笔,而需通过提供一个影线型式和两种颜色(前景色和背景色,背景色可以忽略,此时将使用默认的黑色),来显式构造一支影线画笔。影线样式可以取自于枚举 System.Drawing.Drawing2D.HatchStyle,其中有许多 HatchStyle 值,其完整列表参阅 SDK 文档。大体上,一般的样式包括 ForwardDiagonal、Cross、DiagonalCross、SmallConfetti 和 ZigZag。构造影线画笔的示例如下所示。

```
Brush crossBrush = new HatchBrush(HatchStyle.Cross, Color.Azure);
// background color of CrossBrush is black
Brush brickBrush = new HatchBrush(HatchStyle.DiagonalBrick,
    Color.DarkGoldenrod, Color.Cyan);
```

GDI 只能使用实线画笔和影线画笔, GDI+添加了两种新画笔:

- System.Drawing.Drawing2D.LinearGradientBrush 用一种在屏幕上变化的颜色填充区域。
- System.Drawing.Drawing2D.PathGradientBrush 与上述画笔类似,但其颜色沿着要填充的区域的路径变化。

如果细心使用,这些画笔就可以显现一些惊人的效果。

## 48.7.2 钢笔

与画笔不同，钢笔只用一个类 `System.Drawing.Pen` 来表示。但钢笔比画笔复杂一些，因为它需要指定线条应有多宽(像素)，对于比较宽的线条，还要确定如何填充该线条中的区域。钢笔还可以指定其他许多属性，本章不讨论它们，但其中包括前面提到的 `Alignment` 属性，该属性表示相对于图形的边框，线条该如何绘制，以及在线条的末尾绘制什么图形(是否使图形平滑过渡)。

粗线条中的区域可以用纯色填充，或者使用画笔来填充。因此 `Pen` 实例可以包含 `Brush` 实例的引用。这非常强大，因为这表示我们可以绘制用影线阴影或线性阴影着色的线条。构造自己设计的 `Pen` 实例有 4 种不同的方式：可以传递一种颜色，或者传递一支画笔。这两个构造函数都会生成一个像素宽的钢笔。另外，还可以传递一种颜色或一支画笔，以及一个表示钢笔宽度的 `float` 类型的值。(该宽度必须是一个 `float` 类型的值，以允许执行绘图操作的 `Graphics` 对象使用非默认的单位，如毫米或英寸，例如可以指定宽度是小数形式的英寸)。例如，可以构造类似如下的钢笔：

```
Brush brickBrush = new HatchBrush(HatchStyle.DiagonalBrick,
                                   Color.DarkGoldenrod, Color.Cyan);
Pen solidBluePen = new Pen(Color.FromArgb(0,0,255));
Pen solidWideBluePen = new Pen(Color.Blue, 4);
Pen brickPen = new Pen(brickBrush);
Pen brickWidePen = new Pen(brickBrush, 10);
```

另外，为了快速构造钢笔，还可以使用 `System.Drawing.Pens` 类，它与 `Brushes` 类一样，包含许多备用钢笔。这些钢笔的宽度都是一个像素，使用通常的 Web 安全色，这样就可以用下述方式构建钢笔：

```
Pen solidYellowPen = Pens.Yellow;
```

## 48.8 绘制图形和线条

前面介绍了在屏幕上绘制规定的图形所需要的所有基类和对象。下面复习 `Graphics` 类可以使用的一些绘图方法，并用一个小示例来介绍几种画笔和钢笔的用法。

`System.Drawing.Graphics` 类有很多方法，利用这些方法可以绘制各种线条、空心图形和实心图形。表 48-4 所示的列表并不完整，但给出了主要的方法，您应能据此掌握绘制各种图形的要领。

表 48-4

方 法	常 见 参 数	绘制的图形
<code>DrawLine()</code>	钢笔、起点和终点	一条直线
<code>DrawRectangle()</code>	钢笔、位置和大小	空心矩形
<code>DrawEllipse()</code>	钢笔、位置和大小	空心椭圆
<code>FillRectangle()</code>	画笔、位置和大小	实心矩形
<code>FillEllipse()</code>	画笔、位置和大小	实心椭圆
<code>DrawLines()</code>	钢笔、点数组	一组线条，把数组中的每个点按顺序连接起来
<code>DrawBezier()</code>	钢笔、4 个点	经过两个端点的一条光滑曲线，剩余的两个点用于控制曲线的形状

(续表)

方 法	常 见 参 数	绘制的图形
DrawCurve()	钢笔、点数组	经过这些点的一条光滑曲线
DrawArc()	钢笔、矩形、两个角	由角度定义的矩形中圆的一部分
DrawClosedCurve()	钢笔、点数组	与 DrawCurve 一样,但还要绘制一条用于闭合曲线的直线
DrawPie()	钢笔、矩形、两个角	矩形中的空心楔形
FillPie()	画笔、矩形、两个角	矩形中的实心楔形
DrawPolygon()	钢笔、点数组	与 DrawLines 一样,但还要连接第一点和最后一点,以闭合绘制的图形

在结束绘制简单对象的主题前,本节用一个简单示例来说明使用画笔可以得到的各种可视效果。该示例是 ScrollMoreShapes,它基本上是 ScrollShapes 的修正版本。除了矩形和椭圆外,我们还添加了一条粗线条,用各种自定义画笔填充图形。前面解释了绘图规则,所以这里只给出代码,而不进行过多的注释。首先,因为添加了新画笔,所以需指定使用 System.Drawing.Drawing2D 名称空间:

```
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.ComponentModel;
using System.Data;
using System.Drawing;
using System.Drawing.Drawing2D;
using System.Text;
using System.Windows.Forms;
```

接着是 Form1 类中的一些额外字段,其中包含了要绘制图形详细的位置信息,以及要使用的各种钢笔和画笔:



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
private Rectangle rectangleBounds = new Rectangle(new Point(0,0),
                                                    new Size(200,200));
private Rectangle ellipseBounds = new Rectangle(new Point(50,200),
                                                new Size(200,150));
private readonly Pen bluePen = new Pen(Color.Blue, 3);
private readonly Pen redPen = new Pen(Color.Red, 2);
private readonly Brush solidAzureBrush = Brushes.Azure;
private readonly Brush solidYellowBrush = new SolidBrush(Color.Yellow);
private static readonly Brush brickBrush = new
    HatchBrush(HatchStyle.DiagonalBrick, Color.DarkGoldenrod, Color.Cyan);
private readonly Pen brickWidePen = new Pen(brickBrush, 10);
```

代码段 ScrollMoreShapes.sln

把 BrickBrush 字段声明为静态,就可以使用该字段的值初始化 brickWidePen 字段。C#不允许使用一个实例字段初始化另一个实例字段,因为还没有定义要先初始化哪个实例字段。然而,如果把字段声明为静态字段就可以解决这个问题,因为只实例化了 Form1 类的一个实例,字段是静态字段还是实例字段就不重要了。

下面是 OnPaint()方法的重写版本:



```
protected override void OnPaint( PaintEventArgs e )
{
    base.OnPaint(e);
    Graphics dc = e.Graphics;
    Point scrollOffset = AutoScrollPosition;
    dc.TranslateTransform(scrollOffset.X, scrollOffset.Y);
    if (e.ClipRectangle.Top+scrollOffset.X < 350 ||
        e.ClipRectangle.Left+scrollOffset.Y < 250)
    {
        dc.DrawRectangle(bluePen, rectangleBounds);
        dc.FillRectangle(solidYellowBrush, rectangleBounds);
        dc.DrawEllipse(redPen, ellipseBounds);
        dc.FillEllipse(solidAzureBrush, ellipseBounds);
        dc.DrawLine(brickWidePen, rectangleBounds.Location,
            ellipseBounds.Location+ellipseBounds.Size);
    }
}
```

代码段 ScrollMoreShapes.sln

与以前一样，也将 AutoScrollMinSize 设置为(250,350)，结果如图 48-13 所示。

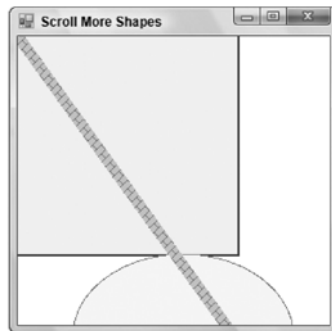


图 48-13

注意，粗对角线已在矩形和椭圆上绘制出来，它需要最后一个绘制。

## 48.9 显示图像

使用 GDI+ 最常见的操作是希望显示文件中已有的图像。这确实要比绘制自己的用户界面简单多了，因为图像已经预先绘制好了。实际上，我们只需要加载文件，让 GDI+ 显示它即可。图像可以只包含一个绘制的简单线条或一个图标，也可以比较复杂，如一张照片。对图像也可以执行某些操作，如拉伸或旋转图像，也可以选择只显示图像的一部分。

略有变化，本节将先给出一个示例，再讨论显示图像时需要注意的一些问题。可以这么做的原因是显示图像的代码非常简单。

我们需要 .NET 的一个基类 System.Drawing.Image。Image 类的一个实例表示一幅图像。读取一幅图像仅需使用一行代码：

```
Image myImage = Image.FromFile("FileName");
```



FromFile()方法是 Image 类的一个静态成员,是实例化图像的常用方式。文件可以是任何支持的图形文件格式,包括.bmp、.jpg、.gif 和.png。

显示图像也很简单,假定手头有一个合适的 Graphics 实例,那么调用 Graphics.DrawImage Unscaled()方法或 Graphics.DrawImage()方法就足够了。这些方法都有许多重载方法,可以根据图像的位置和要绘制的大小非常灵活地处理用户提供的信息。然后本示例使用 DrawImage()方法:

```
dc.DrawImage(myImage, points);
```

在这行代码中,假定 dc 是一个 Graphics 实例,MyImage 是要显示的图像,points 是一个 Point 结构数组,其中 points[0]、points[1]和 points[2]是图像左上角、右上角和左下角的坐标。



熟悉 GDI 的开发人员可以从图像中看出 GDI 与 GDI+的最大区别。在 GDI 中,显示图像涉及几个重要的步骤。如果图像是一个位图,加载它就很简单,但如果它是任何其他类型的文件,加载它就会涉及 OLE 对象的一系列调用。实际上,把加载的图像显示到屏幕上要获得它的一个句柄,把它放在一个内存设备上下文中,然后在设备环境之间执行一个块传输。尽管设备上下文和句柄仍在后台上,但如果要开始从代码中对图像进行复杂的编辑,就需要它们。简单的任务完美地封装在 GDI+对象模型上。

下面用一个示例 DisplayImage 来说明显示图像的过程。这个示例在应用程序的主窗口中显示一个.jpg 文件。要使操作过程简单一些,.jpg 文件的路径硬编码到应用程序中(如果运行该示例,就需要改变该路径,以反映在系统中文件的位置)。要显示的.jpg 文件是圣彼得堡的日落图片。

与其他例子一样,DisplayImage 项目是 C# Visual Studio 2010 生成的一个标准的 Windows 应用程序。在 Form1 类中添加下述字段:

```
readonly Image piccy;  
private readonly Point [] piccyBounds;
```

然后在 Form1()构造函数中加载文件:



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
public Form1()  
{  
    InitializeComponent();  
    piccy =  
        Image.FromFile(@"C:\ProCSharp\GdiPlus\Images\London.jpg");  
    AutoScrollMinSize = piccy.Size;  
    piccyBounds = new Point[3];  
    piccyBounds[0] = new Point(0,0); // top left  
    piccyBounds[1] = new Point(piccy.Width,0); // top right  
    piccyBounds[2] = new Point(0,piccy.Height); // bottom left  
}
```

代码段 DisplayPicture.sln

注意,图像的大小(以像素为单位)通过其 Size 属性来获得,我们使用该属性设置文档区域。再建立一个 piccyBounds 数组,它用于标识图像在屏幕上的位置。选择 3 个角的坐标,按实际大小和图形来绘制图像,但如果要重新设置图像的大小、拉伸图像,或甚至把图像变形为非矩形的平行四

边形，则可以仅改变 `piccyBounds` 数组中 `Point` 的值来实现上述操作。

通过 `OnPaint()` 重写方法显示该图像：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
protected override void OnPaint(PaintEventArgs e)
{
    base.OnPaint(e);
    Graphics dc = e.Graphics;
    dc.ScaleTransform(1.0f, 1.0f);
    dc.TranslateTransform(AutoScrollPosition.X, AutoScrollPosition.Y);
    dc.DrawImage(piccy, piccyBounds);
}
```

代码段 DisplayPicture.sln

最后，特别注意对 IDE 生成的 `Form1.Dispose()` 方法代码进行修改：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
protected override void Dispose(bool disposing)
{
    piccy.Dispose();
    if (disposing && (components != null))
    {
        components.Dispose();
    }
    base.Dispose(disposing);
}
```

代码段 DisplayPicture.sln

只要不再需要该图像了，就应立即删除它，这一点很重要因为图像在使用时一般会占用许多内存。在调用 `Image.Dispose()` 方法后，因为 `Image` 实例不再引用任何实际图像，所以不能再显示该图像(除非加载了一幅新图像)。

运行代码，会得到如图 48-14 所示的结果。



图 48-14

## 48.10 处理图像时的问题

尽管显示图像很简单，但需要理解一些在后台执行的什么操作。

理解图像最重要的一点是，图像的形状总是矩形。这不只是出于方便原因，其原因是底层的技术。所有现代图形卡都内置了硬件，从而可以非常高效地从内存的一个地方把像素块复制到内存的另一个地方。假定像素块表示一个矩形区域，这个硬件加速操作可以虚拟为一个操作，而且执行速度非常快。实际上，这是现代高性能图形的关键。这个操作称为位图块传输(或者 BitBlt)。`Graphics.DrawImageUnscaled()`方法在内部使用 BitBlt，这就是为什么能够看见一幅大图像的原因，该图像也许包含上百万个像素，但几乎是立即就显示出来。如果计算机必须把图像逐个像素地复制到屏幕上，则该图像最多在几秒钟内逐渐画出来。

因为 BitBlt 的效率非常高，所以图像的所有绘制和处理操作都使用 BitBlt 完成。甚至图像的某些编辑操作也使用表示内存区域的设备环境之间部分图像的 BitBlt 完成。在 GDI 时代中，Windows 32 API 函数 `BitBlt()` 是最重要、使用最广泛的图像处理函数，而在 GDI+ 中，BitBlt 操作一般隐藏在 GDI+ 对象模型中。

尽管很容易模拟类似的效果，但图像的 BitBlt 区域不可能是矩形。一种方式是为了 BitBlt，把某种颜色标记为透明的。这样源图像中该颜色的区域不会覆盖目标设备中对应像素的已有颜色。在 BitBlt 过程中还可以指定，结果图像的每个像素会在进行 BitBlt 前，对源图像上和目标设备上该像素的颜色进行某些逻辑操作来形成(如按位 AND)。这样的操作由硬件加速来支持，用于产生各种微妙的效果。注意 `Graphics` 对象实现另一个方法 `DrawImage()`，该方法类似于 `DrawImageUnscaled()` 方法，但它有许多重载方法，可以指定 BitBlt 更复杂的形式，以便在绘图过程中使用。`DrawImage()` 方法还可以只绘制(使用 BitBlt)图像的某个特定部分，或者对它执行其他特定操作，如在绘图时缩放(缩放其大小)它。

## 48.11 绘制文本

到目前为止，本章还有一个非常重要的问题要讨论——显示文本。因为在屏幕上绘制文本通常比绘制简单图形更复杂。在不考虑外观的情况下，只显示一两行文本非常简单——它只需调用 `Graphics` 实例的一个方法 `Graphics.DrawString()`。但如果要显示一个文档，其中有许多文本，则事情很快变得复杂多了，这有两个原因：

- 如果只考虑外观，则需要理解字体。图形的绘制需要使用画笔和钢笔作为帮助对象，绘制文本的过程则需要把字体作为帮助对象。而且，理解字体并不容易。
- 在窗口中需要仔细布局文本。用户通常期望文字一个跟一个地排列——排成一行，其间有一定的间隔。这是一个比想象中更困难的任务。对于初学者，一般事先不知道屏幕上文字之间的间隔有多大。这需要计算(使用 `Graphics.MeasureString()` 方法)。另外，屏幕上文字占用的间隔会影响文档中后续的文字在屏幕上放置的位置。如果应用程序自动换行，就需要在确定应在何处放置换行符前仔细斟酌文字的大小。下次运行 Microsoft 的 Word 时，仔细看看 Word 是如何重新定位用户输入的文本的。这里有许多复杂的处理操作。有可能任何 GDI+ 应用程序都不像 Word 那样复杂，但如果需要显示任何文本，仍需要考虑同样的问题。

总之，好的文本处理需要一定的技巧。假定知道字体和放置它的位置，那么把一行文本显示在屏幕上实际上非常简单。因此，下一节介绍一个小示例，说明如何显示一些文本。此后，探讨字体和字体系列的一些规则，并介绍一个更真实(和相关)的文本处理示例 `CapsEditor`。

## 48.12 简单的文本示例

这个示例——DisplayText 是常见的 Windows 窗体效果。这次重写了 OnPaint() 方法，添加了成员字段，如下所示：



```
private readonly Brush blackBrush = Brushes.Black;
private readonly Brush blueBrush = Brushes.Blue;
private readonly Font haettenschweilerFont = new Font("Haettenschweiler", 12);
private readonly Font boldTimesFont = new Font("Times New Roman", 10,
    FontStyle.Bold);
private readonly Font italicCourierFont = new Font("Courier", 11,
    FontStyle.Italic | FontStyle.Underline);

protected override void OnPaint(PaintEventArgs e)
{
    base.OnPaint(e);
    Graphics dc = e.Graphics;
    dc.DrawString("This is a groovy string", haettenschweilerFont, blackBrush,
        10, 10);
    dc.DrawString("This is a groovy string " +
        "with some very long text that will never fit in the box",
        boldTimesFont, blueBrush,
        new Rectangle(new Point(10, 40), new Size(100, 40)));
    dc.DrawString("This is a groovy string", italicCourierFont, blackBrush,
        new Point(10, 100));
}
```

代码段 DisplayText.sln

运行这个示例，会得到如图 48-15 所示的结果。

这个示例说明了如何使用 Graphics.DrawString() 方法绘制文本项，DrawString() 方法有许多重载版本，这里介绍其中的 3 个。但这些不同的重载方法都需要用参数指定要显示的文本、绘制字符串所使用的字体，以及用于构造各种线条和曲线以组成每个文本字符的画笔。其余的参数有另外两种指定方式。但一般情况下，可以指定一个 Point(或两个等价的数字) 或一个 Rectangle。

如果指定 Point，文本就从该 Point 的左上角开始，并仅向右延伸。如果指定 Rectangle，Graphics 实例就把字符串放在该矩形的内部。如果文本在矩形内部容纳不下，它就会被剪切，如图 48-15 中的第 4 行文本所示。把矩形传递给 DrawString() 方法，表示绘图过程将持续较长时间，因为 DrawString() 方法需要指定在什么地方放置换行符，但其结果应看起来好一些(如果字符串可以放在矩形中)。



图 48-15

这个示例还说明了构造字体的两种方法，一般需要包含字体的名称及其大小(高度)。也可以选择性地传递不同的样式以修改文本的绘制方式(黑体、下划线等)。

## 48.13 字体和字体系列

字体准确地描述每个字母的显示方式。在一个文档中选择合适的字体和提供适当数量的不同字体，对于提高该文档的可读性非常重要。

大多数人在提到字体时，会指定 Arial、Times New Roman(Windows 用户)或 Times、Helvetica(Mac OS 用户)等。实际上，这些都不是字体，它们是字体系列(font families)，字体系列以通俗的术语来说，是文本的可视化风格。字体系列是应用程序整体外观中的一个关键因素，大多数人都能识别常用字体系列的风格，即使我们意识不到这一点。

而实际字体应是像 Arial 9-point italic 这样的东西。换言之，字体添加了更多的信息，如指定文本的大小，以及是否对该文本进行其他修改等。这些修改包括文本是否为黑体、斜体、带下划线，或者显示为小型大写字母或下标，这种修改在技术上称为样式，尽管在某些情况下该术语有误导作用，因为可视化外观主要取决于字体系列。

通过指定文本的高度，就可以测量其大小。高度以点为单位来测量，这是一个传统单位，表示 1/72 英寸(0.351 毫米)。例如，10 点的字体高度大约为 1/7 英寸或 3.5 毫米。但字体大小为 10 点的 7 行文本，在屏幕或纸上的高度不等于 1 英寸，因为还需要考虑行与行之间的间隔。



严格来讲，测量高度并不像这样简单，因为还需要考虑几个不同的高度。例如，较高字母，如 A 或 F 的高度(这是指我们讨论高度时字母的真实高度)，重音字母如 Å 或 Ñ 中的额外高度(内部前导)，以及字母的尾部超出底线的附加高度如 y 和 g(下行高度)。但是本章不讨论这些高度，一旦指定了字体系列和主要高度，这些辅助高度就会自动确定。

在处理字体时，还会遇到其他常用于描述某种字体系列的术语：

- **Serif** 字体系列在组成字符的许多线条尾部有一个小标记(这些标记称为衬线)。Times New Roman 就是这种字体的一个典型例子。
- 相反，**Sans Serif** 字体系列没有这些小标记。例如，Arial 和 Verdana。没有小标记常会使文本看起来比较生硬，所以 Sans Serif 字体常用于重要的文本。
- **TrueType** 字体系列以一种精确的数学方式定义组成字符的曲线形状。这表示可以使用相同的定义来计算如何在系列内部绘制任意大小的字体。目前，我们实际上使用的所有字体都是 TrueType 字体。Windows 3.1 时代的一些旧字体系列通过指定每种字体大小的每个字符的位图来定义，但现在最好不要使用这些字体。

Microsoft 提供了两个主要类来处理何时选择或处理字体：

- `System.Drawing.Font`
- `System.Drawing.FontFamily`

前面已经介绍了 `Font` 类的主要用法。在绘制文本时，实例化 `Font` 的一个实例，并把它传递给 `DrawString()` 方法，以确定应该如何绘制文本。`FontFamily` 实例用于表示一个字体系列。

FontFamily 类的一个用法是：如果知道需要某种类型的字体(Serif、Sans Serif 或 TrueType)，但不介意使用哪种字体，就可以使用该类。静态属性 GenericSerif、GenericSansSerif 和 GenericMonospace 返回满足这些条件的默认字体：

```
FontFamily sansSerifFont = FontFamily.GenericSansSerif;
```

然而，如果编写一个高级应用程序，就应以更先进的方法选择字体。可以实现绘图代码，从而使它检查哪些字体系列可用，并选择合适的字体，例如从偏爱的字体列表中选择第一种可用的字体。进一步地，如果要让应用程序的用户友好性更高，则列表中的第一个选项可能是用户上次运行软件时选择的字体。通常情况下，安全起见，最好使用最常用的字体系列，如 Arial 和 Times New Roman。但如果要使用某种不存在的字体显示文本，则结果通常总是不可预料的。很容易发现，Windows 仅是替代了标准系统字体，从而系统很容易绘制文本，但这看起来并不是非常友好，如果文档出现这种情况，就会使人觉得软件的质量非常糟糕。

使用 InstalledFontCollection 类可以查看系统上的可用字体，该类在 System.Drawing.Text 名称空间中。这个类实现一个属性 Families，该属性是一个包含系统上所有可用字体的数组：

```
InstalledFontCollection insFont = new InstalledFontCollection();
FontFamily [] families = insFont.Families;

foreach (FontFamily family in families)
{
    // do processing with this font family
}
```

## 48.14 示例：枚举字体系列

本节介绍一个小示例 EnumFontFamilies，该示例列出系统上所有可用的字体系列，使用合适的字体(该字体系列的 12 点常规版本)显示它们的名称。运行这个示例，会得到如图 48-16 所示的结果。



图 48-16

当然，根据计算机上安装的字体，用户在运行这个示例时，可能会得到不同的结果。

对于这个示例，创建一个标准的 C# Windows 应用程序 ListFonts，首先添加要搜索的另一个名称空间。我们要使用 InstalledFontCollection 类，它在 System.Drawing.Text 名称空间中定义：

```
using System.Drawing;
using System.Drawing.Text;
using System.Windows.Forms;
```

然后在 Form1 类中添加如下常量：

```
private const int margin = 10;
```

margin 是文本与文档边缘之间的左边距和上边距的大小——它防止文本显示在工作区边缘的右边。

由于该示例以快捷方式显示字体系列，因此，代码比较粗糙，在许多情况下并不是以实际应用程序中的方式执行任务。例如，我们把文档的大小设置为一个估计值(200,1500)，使用 Visual Studio 2010 的 Properties 窗口把 AutoScrollMinSize 属性设置为这个值。一般情况下，必须查看要显示的文本，计算出文档的大小。下一节介绍这个过程。

下面是 OnPaint()方法：



```
protected override void OnPaint(PaintEventArgs e)
{
    base.OnPaint(e);
    int verticalCoordinate = margin;
    InstalledFontCollection insFont = new InstalledFontCollection();
    FontFamily [] families = insFont.Families;
    e.Graphics.TranslateTransform(AutoScrollPosition.X,
                                AutoScrollPosition.Y);
    foreach (FontFamily family in families)
    {
        if (family.IsStyleAvailable(FontStyle.Regular))
        {
            Font f = new Font(family.Name, 10);
            Point topLeftCorner = new Point(margin, verticalCoordinate);
            verticalCoordinate += f.Height;
            e.Graphics.DrawString (family.Name, f,
                                Brushes.Black, topLeftCorner);
            f.Dispose();
        }
    }
}
```

代码段 ListFonts.sln

在这段代码中，首先使用 InstalledFontCollection 对象获得一个数组，其中包含所有可用的字体系列的详细信息。对于每个系列，我们实例化大小为 10 点的一个 Font。为 Font 使用了一个简单的构造函数——有许多构造函数可以指定更多的选项。使用的构造函数带有两个参数：系列的名称和字体的大小：

```
Font f = new Font(family.Name, 10);
```

这个构造函数构造了一个一般风格的字体。但是为了安全起见，在使用该字体显示任何文本前，

先检查一下这种风格是否可用于每个字体系列。这利用方法 `FontFamily.IsStyleAvailable()` 实现。这种检查非常重要，因为并不是所有的字体都可以使用所有的风格：

```
if (family.IsStyleAvailable(FontStyle.Regular))
```

`FontFamily.IsStyleAvailable()` 方法带一个参数，即 `FontStyle` 枚举。该枚举包含许多标记，它们可以用按位 OR 运算符来组合。可能的标记有 `Bold`、`Italic`、`Regular`、`Strikeout` 和 `Underline`。

最后，使用 `Font` 类的一个属性 `Height`，该属性返回显示该字体对应的文本需要的高度，以便算出行间距：

```
Font f = new Font(family.Name, 10);
Point topLeftCorner = new Point(margin, verticalCoordinate);
verticalCoordinate += f.Height;
```

为了使事情简单化，`OnPaint()` 方法的这个版本暴露出一些不太好的编程问题。首先，没有检查哪些文档区域需要绘制——而是显示所有的内容。另外，如前所述，因为实例化 `Font` 是一个计算量较大的过程，所以应保存字体，而不是每次调用 `OnPaint()` 方法时都实例化新副本。因为这样设计出来的代码对于本示例将需要花费相当长的时间来绘图。为了节省内存，帮助垃圾回收器，在完成操作后对每个 `Font` 实例调用 `Dispose()` 方法。如果不这样，在 10 或 20 次绘图操作后，就会浪费许多内存存储不再需要的字体。

## 48.15 编辑文本文档：CapsEditor 示例

下面是本章中经过扩展的一个示例。`CapsEditor` 示例用于说明如何把前面介绍的绘图规则应用到实际环境中。这个示例除了响应用户通过鼠标输入的信息外，不需要任何新资料，但它将说明如何管理文本的绘制，让应用程序仍具有高性能，并确保主窗口的工作区的内容总是最新的。

`CapsEditor` 程序允许用户读取文本文件，该文本逐行显示在工作区中。如果用户双击任何一行文本，该行就会全部变为大写。这就是该示例的功能。即使只有这组有限的功能，也涉及许多复杂的工作：确保把所有的信息都显示在正确的位置上，并考虑性能问题。特别是这里有一个新元素，文档的内容可以修改——用户选择菜单项，以读取一个新文件时；或用户双击一行，使之全部变为大写字母时，都要修改文档的内容。在第一种情况下，需要更新文档的大小，使滚动条仍能正常工作，并重新显示所有内容。在第二种情况下，需要仔细检查文档的大小是否发生了变化，哪些文本需要重新显示。

本节首先看看 `CapsEditor` 的外观。第一次运行该应用程序时，它没有已加载的文档，显示结果如图 48-17 所示。

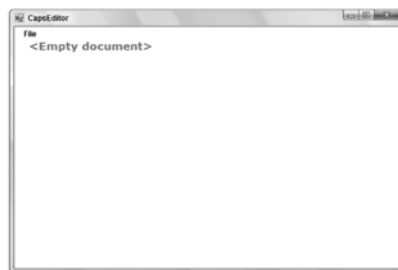


图 48-17



File 菜单有两个菜单项: Open 和 Exit。Open 调用 OpenFileDialog()方法, 读取用户选择的任何文件 Exit 退出应用程序。图 48-18 是 CapsEditor 显示其源文件 Form1.cs 的情形(我们已经在该图片中双击几行, 把它们全部转换为大写)。

水平和垂直滚动条的大小也是正确的。滚动工作区, 使之正好显示整个文档。CapsEditor 不会给文本换行——即使没有这个功能, 该示例也比较复杂了。它只显示文件被读取的各行文本。对文件的大小没有限制, 但这里假定这是一个文本文件, 且不包含任何非打印字符。

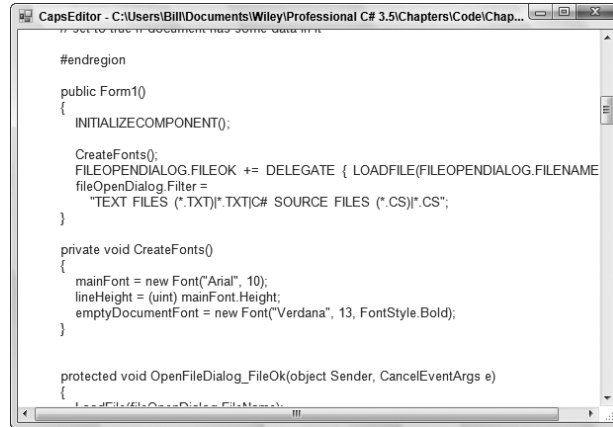


图 48-18

首先添加一些 using 命令:

```
using System;
using System.Collections;
using System.ComponentModel;
using System.Drawing;
using System.IO;
using System.Windows.Forms;
```

这是因为我们使用了 StreamReader 类, 它在 System.IO 名称空间中。接着, 在 Form1 类中添加一些字段:



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
#region Constant fields
private const string standardTitle = "CapsEditor";
// default text in titlebar
private const uint margin = 10;
// horizontal and vertical margin in client area
#endregion
#region Member fields
// The 'document'
private readonly List<TextLineInformation> documentLines =
    new List<TextLineInformation>();
private uint lineHeight; // height in pixels of one line
private Size documentSize; // how big a client area is needed to
// display document
private uint nLines; // number of lines in document
private Font mainFont; // font used to display all lines
private Font emptyDocumentFont; // font used to display empty message
```

```

private readonly Brush mainBrush = Brushes.Blue;
                                // brush used to display document text
private readonly Brush emptyDocumentBrush = Brushes.Red;
                                // brush used to display empty document message
private Point mouseDoubleClickPosition;
    // location mouse is pointing to when double-clicked
private readonly OpenFileDialog fileOpenDialog = new OpenFileDialog();
    // standard open file dialog
private bool documentHasData = false;
    // set to true if document has some data in it
#endregion

```

---

代码段 CapsEditor.sln

这些字段中的大多数都很容易理解。documentLines 字段是一个 List<TextLineInformation>，它包含文件中已经读入的实际文本。实际上，这个字段包含了文档中的数据。documentLines 的每个元素都包含一行已读入的文本的信息。因为它是一个 List<TextLineInformation>，而不是常见的数组，所以在读取文件时，可以给它动态地添加元素。

如前所述，每个 documentLines 元素都包含一行文本的相关信息。这些信息实际上是另一个类 TextLineInformation 的一个实例：

```

class TextLineInformation
{
    public string Text;
    public uint Width;
}

```

TextLineInformation 类看起来像一个典型的示例，其中宁愿使用结构，而不是类，因为它只是把几个字段组合在一起。但它的实例总是作为 List<TextLineInformation>的元素来访问，这样其元素就会存储为引用类型。

每个 TextLineInformation 实例都存储了一行文本——它可以看作是显示为一项的最小项，一般情况下，在 GDI+应用程序中，对于每个这样的项，都要存储该项的文本，以及显示它的世界坐标和其大小(只要用户进行了滚动操作，页面坐标通常就会改变，而世界坐标通常只有在文档的其他部分以某种方式进行了修改时才会改变)。本例只需存储该项的 Width 即可。其原因是此时的高度是选中字体的高度，它对于所有的文本行都一样，所以不必为每行文本单独地存储高度。它只需要在字段 Form1.lineHeight 字段中存储一次即可，位置也是这样。在这里，x 坐标等于页边距，y 坐标很容易计算出来：

```
margin + lineHeight*(本行上面显示的行数)
```

如果要显示和操作单个单词，而不是整行文本，则每个单词的 x 坐标必须使用该文本行上在该单词前面的所有单词的宽度来计算，但为了使这个计算简单一些，应把每行文本当作单一的项来看待。

下面处理主菜单。这部分应用程序涉及更多的是 Windows 窗体的内容(参见第 39 章)，而不是 GDI+ 的内容。在 Visual Studio 2010 中使用设计视图添加菜单项，把它们重命名为 menuFile、menuFileOpen 和 menuFileExit。接着使用 Visual Studio 2010 的 Properties 窗口添加 File Open 和 File Exit 菜单项的事件处理程序。这些事件处理程序的名称是 Visual Studio 2010 生成的，即 menuFileOpen\_Click() 和 menuFileExit\_Click()。

还需要在 Form1()构造函数中添加一些初始化代码:



```
public Form1()
{
    InitializeComponent();
    CreateFonts();
    fileOpenDialog.FileOk += delegate { LoadFile(fileOpenDialog.FileName); };
    fileOpenDialog.Filter =
        "Text files ( * .txt)| * .txt|C# source files ( * .cs)| * .cs";
}
```

代码段 CapsEditor.sln

这里为实例添加的事件处理程序是在用户单击 File Open 对话框中的 OK 按钮时执行的。我们还给 Open File 对话框设置了筛选器,只能加载文本文件。因为本示例选择了.txt文件和C#源文件,所以可以使用应用程序查看示例的源代码。

CreateFonts()是一个辅助方法,它挑选出要使用的字体:

```
private void CreateFonts()
{
    mainFont = new Font("Arial", 10);
    lineHeight = (uint)mainFont.Height;
    emptyDocumentFont = new Font("Verdana", 13, FontStyle.Bold);
}
```

处理程序的实际定义非常标准:

```
protected void menuFileOpen_Click(object sender, EventArgs e)
{
    fileOpenDialog.ShowDialog();
}
protected void menuFileExit_Click(object sender, EventArgs e)
{
    Close();
}
```

下面介绍 LoadFile()方法。这个方法处理文件的打开和读取操作,并确保引发 Paint 事件,以使用新文件强制重新绘图:



```
private void LoadFile(string FileName)
{
    StreamReader sr = new StreamReader(FileName);
    string nextLine;
    documentLines.Clear();
    nLines = 0;
    TextLineInformation nextLineInfo;
    while ( (nextLine = sr.ReadLine()) != null)
    {
        nextLineInfo = new TextLineInformation();
        nextLineInfo.Text = nextLine;
        documentLines.Add(nextLineInfo);
        ++nLines;
    }
    sr.Close();
}
```

```

documentHasData = (nLines > 0) ? true: false;
CalculateLineWidths();
CalculateDocumentSize();
Text = standardTitle + "-" + FileName;
Invalidate();
}

```

---

代码段 CapsEditor.sln

这个函数的大部分代码都是标准的文件读取操作(参见第 29 章)。注意在读取文件时,逐渐地给 documentLines ArrayList 添加文本行,使这个数组最终按顺序包含每行文本的信息。在读取文件后,设置 documentHasData 标记,它指定是否有要显示的信息。下一个任务是确定要显示内容的位置,之后确定显示文件的工作区有多大,以及用于设置滚动条的文档大小。最后,设置标题栏文本,并调用 Invalidate()方法。Invalidate()是 Microsoft 提供的一个非常重要的方法,所以下一节首先介绍这个方法的应用,之后介绍 CalculateLineWidths()和 CalculateDocument Size()方法的代码。

### 48.15.1 Invalidate()方法

Invalidate()方法是 System.Windows.Forms.Form 的一个成员,它把窗口的工作区标记为无效,因此在需要重新绘制时,它可以确保引发 Paint 事件。Invalidate()方法有两个重载版本:可以给它传递一个矩形,该矩形指定(使用页面坐标)需要重新绘制窗口的哪个区域。如果不提供任何参数,它就把整个工作区标记为无效。

如果知道需要绘制某些内容,为什么不调用 OnPaint()方法或直接完成绘制任务的其他方法?原因是,一般情况下,最好不要直接调用绘图例程——如果代码要完成某些绘图任务,一般就应调用 Invalidate()方法。其原因如下所示:

- 因为绘图总是 GDI+应用程序执行的一种处理器最密集型的任务,所以在其他工作的中间进行绘图会妨碍其他工作的进行。在前面的示例中,如果从 LoadFile()方法中直接调用一个方法来完成绘图,LoadFile()方法就将在绘图工作完成后才能返回。在这段时间里,应用程序不会响应任何其他事件。另一方面,通过调用 Invalidate()方法,在从 LoadFile()方法快速返回之前,仅可以让 Windows 引发一个 Paint 事件。接着 Windows 就可以检查等待处理的事件。其内部的工作方式是事件被当作消息队列中的一条消息。Windows 会定期检查该队列,如果其中有事件,Windows 就选择它,并调用相应的事件处理程序。现在 Paint 事件是队列中的唯一事件,所以 OnPaint()方法会被立即调用。但是,在一个比较复杂的应用程序中,可能会有其他事件,其中一些优先级比 Paint 事件高。特别是如果用户已决定退出应用程序,该事件就会用消息 WM\_QUIT 来标记。
- 如果有一个比较复杂的多线程应用程序,就会希望用一个线程处理所有的绘图操作。使用 Invalidate()方法可以把所有的绘图操作传递到消息队列中,这有助于确保无论其他线程请求什么绘图操作,都由同一个线程完成所有的绘图操作(无论什么线程负责消息队列,都是由线程 Application.Run()方法处理绘图操作)。
- 还有一个与性能有关的原因。假定在同一时刻有几个不同的屏幕绘制请求,也许代码刚刚修改文档,以确保显示更新后的文档,而同时用户刚刚移开另一个覆盖部分工作区的窗口。调用 Invalidate()方法,可以让 Windows 有机会注意到发生的事件。Windows 就会在需要时合并 Paint 事件,合并无效的区域,这样绘图操作就只执行一次。

- 最后，执行绘图的代码可能是应用程序中最复杂的代码部分，特别是当有一个比较复杂的用户界面时，就更是如此。需要长时间维护该代码的人员希望我们把所有的绘图代码都放在一个地方，且尽可能简单——如果程序的其他部分没有过多的路径进入该部分代码，维护就更容易。

其底线是最好把所有的绘图代码都放在 `OnPaint()`例程中，或者从该方法中调用的其他方法中。但是要维持一个平衡。如果要在屏幕上替换一个字符，最好不要影响到已经绘制好的其他内容，那么此时可能不需要使用 `Invalidate()`方法(因为系统开销过大)，而只需编写一个独立的绘图例程。



在非常复杂的应用程序中，甚至可以编写一个完整的类，它专门负责在屏幕上绘图。几年前当 MFC 仍是 GDI 密集型应用程序的标准技术时，MFC 就遵循这种模型，使用一个 C++类 `C<ApplicationName>View` 完成绘图操作。但即使是这样，这个类也有一个成员函数 `OnDraw()`，它用作大多数绘图请求的入口点。

### 48.15.2 计算项的大小和文档的大小

下面返回 `CapsEditor` 示例，介绍从 `LoadFile()`方法中调用的 `CalculateLineWidths()`和 `CalculateDocumentSize()`方法：



```
private void CalculateLineWidths()
{
    Graphics dc = this.CreateGraphics();
    foreach (TextLineInformation nextLine in documentLines)
    {
        nextLine.Width = (uint)dc.MeasureString(nextLine.Text,
            mainFont).Width;
    }
}
```

代码段 `CapsEditor.sln`

这个方法仅遍历已经读取的每行文本，并使用 `Graphics.MeasureString()`方法计算和存储字符串在屏幕上需要的水平间距。存储这个值是因为 `MeasureString()`方法要进行大量的计算。如果 `CapsEditor` 示例不够简单，不能很容易地计算出每一行的高度和位置，那么这个方法也肯定需要按计算所有量的方式来实现。

知道屏幕上每一项的大小后，就可以计算每一项的位置，并计算出文档的实际大小。高度是每行文本的高度乘以行数。宽度则需要计算，方法是遍历每行文本，确定哪一行最长。对于高度和宽度，也可以在显示的文档周围设置一个较小的页边距，从而使应用程序看起来更吸引人。

下面是计算文档大小的方法：



```
private void CalculateDocumentSize()
{
    if (!documentHasData)
    {
        documentSize = new Size(100, 200);
    }
    else
```

```

    {
        documentSize.Height = (int)(nLines*lineHeight) + 2*(int)margin;
        uint maxLineLength = 0;
        foreach (TextLineInformation nextWord in documentLines)
        {
            uint tempLineLength = nextWord.Width;
            if (tempLineLength > maxLineLength)
            {
                maxLineLength = tempLineLength;
            }
        }
        maxLineLength += 2*margin;
        documentSize.Width = (int)maxLineLength;
    }
    AutoScrollMinSize = documentSize;
}

```

代码段 CapsEditor.sln

这个方法首先检查是否有数据要显示。如果没有，就使用硬编码的文档大小，该大小足以显示很大的红色<Empty Document>警告。如果要正确显示数据，就应使用 MeasureString()方法确定警告信息到底有多大。

计算出文档大小后，就设置 Form.AutoScrollMinSize 属性，以告诉 Form 实例文档有多大。完成后，后台就会发生一些有趣的事。在设置这个属性的过程中，工作区会标记为无效，并引发 Paint 事件。出于非常合理的原因，改变文档的大小就意味着需要添加或修改滚动条，需要重新绘制整个工作区。为什么说这很有趣？如果回过头来看看 LoadFile()方法的代码，就会发现在该方法中调用 Invalidate()方法实际上是多余的。在设置文档大小时，肯定要使工作区无效。在 LoadFile()方法中显式调用 Invalidate()方法，说明了在一般情况下应如何完成任务。实际上，在这个示例中，再次调用 Invalidate()方法将重复请求 Paint 事件，这是不必要的。但是，这依次说明了 Invalidate()方法如何给 Windows 一个优化性能的机会。第二个 Paint 事件实际上并不会被引发：Windows 发现队列中已经有一个 Paint 事件，就会比较请求的无效区域，看看是否需要合并它们。在本例中，因为两个 Paint 事件都指定了整个工作区，所以不需要合并，Windows 会撤销第二个 Paint 请求。当然，这个过程会占用处理器一定的时间，但与某些绘图操作所占用的时间相比，它可以忽略不计。

### 48.15.3 OnPaint()方法

前面介绍了 CapsEditor 如何加载文件，下面看看如何绘图：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

protected override void OnPaint(PaintEventArgs e)
{
    base.OnPaint(e);
    Graphics dc = e.Graphics;
    int scrollPositionX = AutoScrollPosition.X;
    int scrollPositionY = AutoScrollPosition.Y;
    dc.TranslateTransform(scrollPositionX, scrollPositionY);
    if (!documentHasData)
    {
        dc.DrawString("<Empty document>", emptyDocumentFont,
            emptyDocumentBrush, new Point(20,20));
    }
    base.OnPaint(e);
}

```

```

        return;
    }
    // work out which lines are in clipping rectangle
    int minLineInClipRegion =
        WorldYCoordinateToLineIndex(e.ClipRectangle.Top -
                                    scrollPositionY);

    if (minLineInClipRegion == -1)
    {
        minLineInClipRegion = 0;
    }
    int maxLineInClipRegion =
        WorldYCoordinateToLineIndex(e.ClipRectangle.Bottom -
                                    scrollPositionY);

    if (maxLineInClipRegion >= documentLines.Count ||
        maxLineInClipRegion == -1)
    {
        maxLineInClipRegion = documentLines.Count-1;
    }
    TextLineInformation nextLine;
    for (int i=minLineInClipRegion; i<=maxLineInClipRegion; i++)
    {
        nextLine = (TextLineInformation)documentLines[i];
        dc.DrawString(nextLine.Text, mainFont, mainBrush,
                      LineIndexToWorldCoordinates(i));
    }
}

```

---

代码段 CapsEditor.sln

这个 `OnPaint()` 重载方法的核心是一个循环，它迭代文档的每行文本，同时调用 `Graphics.DrawString()` 方法绘制每行文本。其余的代码主要是关于优化绘图操作——通常是精确地确定哪些部分需要绘制，而不是告诉图形实例绘制所有的内容。

首先检查一下文档中是否有数据。如果没有，就显示一条消息，说明调用基类的 `OnPaint()` 方法并退出。如果有数据，就开始查看剪切的矩形，方法是调用另一个方法 `WorldYCoordinateToLineIndex()`。后面再介绍这个方法，但本质上该方法带一个相对于文档顶部的 `y` 坐标，计算此时应显示文档中的哪些文本。

第一次调用 `WorldYCoordinateToLineIndex()` 方法时，给它传递坐标值 `e.ClipRectangle.Top - scrollPositionY`，这是剪切区域的顶部(把它转换为世界坐标后)。如果返回值为 `-1`，就是安全的，并假定需要从文档的开头开始(如果剪切区域位于顶部边距中，就会出现这种情况)。

完成后，必须对剪切矩形的底部重复相同的过程，找出文档在剪切区域中的最后一行文本。第一行和最后一行的索引分别存储在 `minLineInClipRegion` 和 `maxLineInClipRegion` 中。这样就可以在这些值之间运行 `for` 循环，以执行绘图操作。在绘图循环中，实际上需要通过 `WorldYCoordinateToLineIndex()` 方法粗略地进行逆转换：给出一行文本的索引，要确定该行文本应绘制在什么位置。这个计算实际上相当简单，我们把它封装到另一个方法 `LineIndexToWorldCoordinates()` 中，它返回该行文本左上角的坐标。尽管返回的坐标是世界坐标，但这很好，因为我们已在 `Graphics` 对象上调用了 `TranslateTransform()` 方法，所以在要求显示文本时，需要给它传递世界坐标，而不是页面坐标。

### 48.15.4 坐标转换

本节介绍在 CapsEditor 示例中编写的几个辅助方法，以帮助进行坐标转换。这些方法是上一节提到的 WorldYCoordinateToLineIndex()和 LineIndexToWorldCoordinates()方法，还有几个其他的方法。

首先，LineIndexToWorldCoordinates()方法的参数是一个给定的行索引，它使用已知的页边距和行高度，计算出该行左上角的世界坐标：



```
private Point LineIndexToWorldCoordinates(int index)
{
    Point TopLeftCorner = new Point(
        (int)margin, (int)(lineHeight*index + margin));
    return TopLeftCorner;
}
```

代码段 CapsEditor.sln

我们还使用一个方法在 OnPaint()方法中粗略地进行逆转换。WorldYCoordinateToLineIndex()方法可计算出行索引，但它只考虑了一个垂直的世界坐标。这是因为它相对于剪切区域的顶部和底部来计算行索引。

```
private int WorldYCoordinateToLineIndex(int y)
{
    if (y < margin)
    {
        return -1;
    }
    return (int)((y-margin)/lineHeight);
}
```

还有 3 个方法，它们从处理程序例程中调用，这些例程响应用户的双击鼠标操作。首先，用一个方法计算出要在给定世界坐标处显示的文本行的索引。与 WorldYCoordinateToLineIndex()方法不同，这个方法考虑了 x 坐标和 y 坐标，如果在该坐标上没有文本行，它就返回-1：

```
private int WorldCoordinatesToLineIndex(Point position)
{
    if (!documentHasData)
    {
        return -1;
    }
    if (position.Y < margin || position.X < margin)
    {
        return -1;
    }
    int index = (int)(position.Y-margin)/(int)this.lineHeight;
    // check position is not below document
    if (index >= documentLines.Count)
    {
        return -1;
    }
    // now check that horizontal position is within this line
    TextLineInformation theLine =
        (TextLineInformation)documentLines[index];
    if (position.X > margin + theLine.Width)
```



```

    {
        return -1;
    }
    // all is OK. We can return answer
    return index;
}

```

最后，需要在行索引和页面坐标(而不是世界坐标)之间转换，下面的方法完成这个任务：

```

private Point LineIndexToPageCoordinates(int index)
{
    return LineIndexToWorldCoordinates(index) +
        new Size(AutoScrollPosition);
}
private int PageCoordinatesToLineIndex(Point position)
{
    return WorldCoordinatesToLineIndex(position-new
        Size(AutoScrollPosition));
}

```

注意在转换到页面坐标时，添加了 `AutoScrollPosition`，这是一个负值。

虽然这些方法看起来并不是很有趣，但它们说明了需要经常使用的一个技巧。在 GDI+中，系统常常会给出一些特定坐标(如用户在此处单击鼠标的坐标)，而我们需要确定在该坐标处要显示什么内容。或者相反——给出要显示的内容，确定它在什么地方显示。因此，如果编写一个 GDI+应用程序，就会发现编写完成等价的坐标转换的方法很有效。

#### 48.15.5 响应用户输入

到目前为止，除了 CapsEditor 示例中的 File 菜单外，本章介绍的所有内容都是单向的：应用程序告诉用户一些信息，方法是在屏幕上显示它们。当然，几乎所有的软件都是双向的：用户也可以与应用程序进行交互。下面就把这个功能添加到 CapsEditor 示例中。

让 GDI+应用程序响应用户输入，实际上比编写代码在屏幕上绘图更简单。实际上第 39 章已经介绍了如何处理用户输入。即重写 Form 类的方法，这些方法从相关的事件处理程序中调用。在引发 Paint 事件时，就是以这种方式调用 OnPaint()方法。

当用户单击或移动鼠标时，可以重写的方法如表 48-5 所示。

表 48-5

方 法	何 时 调 用
OnClick(EventArgs e)	单击鼠标
OnDoubleClick(EventArgs e)	双击鼠标
OnMouseDown(MouseEventArgs e)	按鼠标左键
OnMouseHover(MouseEventArgs e)	鼠标在移动后仍停留在某处
OnMouseMove(MouseEventArgs e)	移动鼠标
OnMouseUp(MouseEventArgs e)	释放鼠标左键

如果要检测用户什么时候输入文本，就可以重写表 48-6 中的方法。

表 48-6

方 法	何 时 调 用
OnKeyDown(KeyEventArgs e)	按下一个键
OnKeyPress(KeyPressEventArgs e)	按下并释放一个键
OnKeyUp(KeyEventArgs e)	释放被按下的键

注意，其中的一些事件是重叠的。例如，如果用户按下鼠标按钮，就会引发 `MouseDown` 事件。如果立即释放按钮，就会引发 `MouseUp` 事件和 `Click` 事件。另外，一些方法接受一个派生自 `EventArgs` 的参数，而不是 `EventArgs` 本身的实例。派生类的这些实例可用于给出特定事件的更多信息。`MouseEventArgs` 有两个属性(X 和 Y)，它们给出鼠标按下时设备的坐标。`KeyEventArgs` 和 `KeyPressEventArgs` 的属性则指定与事件相关的键。

这就是用户响应方法。用户应考虑自己要完成的工作的逻辑。唯一要注意的是，编写 GDI+应用程序可能要比编写 `Windows.Forms` 应用程序做更多的逻辑工作，这是因为在 `Windows.Forms` 应用程序中，一般响应的是比较高级的事件(例如，文本框的 `TextChanged` 事件)。GDI+则相反，其中的事件都比较基本，用户单击鼠标，或按 H 键。应用程序采取的操作取决于一系列事件，而不是单个事件。例如，假定应用程序的工作方式类似于 `Microsoft Word for Windows`：为了选择一些文本，用户通常首先要单击鼠标左键，再移动鼠标，最后释放鼠标左键。虽然应用程序接收到 `MouseDown` 事件，但仅有这个事件是不能完成更多任务，它只是记录下该鼠标单击时光标的位置。那么，当接收到 `MouseDown` 事件时，就需要检查刚才的记录，确定鼠标左键是否被按下，如果按下，突出显示的文本就是用户选择的文本。当用户释放鼠标左键时，对应操作(在 `OnMouseUp()`方法中)就需要检查：按下的鼠标按钮是否有拖动操作，在方法中是否有相应的操作。只有这样，这个序列才算完成。

另外，因为某些事件有重叠，常常要选择希望代码响应哪个事件。

重要规则是仔细考虑用户可能启动的鼠标移动或单击和键盘事件的每个组合的逻辑，确保应用程序以直观的方式响应，使应用程序在各种情况下都按照期望的方式执行。我们的工作大多数是思考，而不是编码，尽管通过编码工作很复杂，因为我们需要考虑用户输入的许多组合。例如，如果用户开始输入文本，而鼠标按钮处于按下状态，应用程序该如何响应？这听起来是不可能的，但最终用户会尝试这么做的！

在 `CapsEditor` 示例中，为了使工作尽可能简单，并没有真正考虑用户输入的任何组合。在本例中只响应用户的双击，此时把光标悬停在那行文本变为大写字母。

这应是一个相当简单的任务，但有一个障碍，需要捕获 `DoubleClick` 事件。但表 48-6 说明，这个事件接受一个 `EventArgs` 参数，不是一个 `MouseEventArgs` 参数。问题是如果要把一行文本正确地标识为大写，我们需要知道用户双击时光标在什么地方，为此又需要一个 `MouseEventArgs` 参数。有两个变通方法，一个方法是使用由 `Form1` 对象 `Control.MousePosition` 实现的一个静态方法，来确定光标的位置：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
protected override void OnDoubleClick(EventArgs e)
{
    Point MouseLocation = Control.MousePosition;
    // handle double click
}
```

代码段 `CapsEditor.sln`

在大多数情况下,这个方法可以正常工作。但如果应用程序(甚至是其他一些有较高优先级的应用程序)在用户双击时进行某些计算密集型的工作,该方法就会有问题。此时要在用户双击之后大约半秒钟内,才调用 `OnDoubleClick()` 事件处理程序。我们不期望有这样的延迟,因为这会让用户感到很厌烦,但有时因为应用程序不能控制的原因(如计算机较慢),会偶尔发生这种情况。问题是半秒的时间足够光标在屏幕上移动到其他位置了——此时调用 `Control.MousePosition` 会返回完全错误的位置!

比较好的方法是依赖于鼠标事件之间的其中一个重叠。双击鼠标的第一部分涉及按下鼠标左键。这表示如果调用 `OnDoubleClick()` 方法,我们就知道刚调用 `OnMouseDown()` 方法,此时鼠标的位置不变。可以使用 `OnMouseDown()` 方法的重写版本记录光标的位置,为 `OnDoubleClick()` 方法做准备。这就是在 `CapsEditor` 中采用的方法:

```
protected override void OnMouseDown(MouseEventArgs e)
{
    base.OnMouseDown(e);
    mouseDoubleClickPosition = new Point(e.X, e.Y);
}
```

下面查看 `OnDoubleClick()` 方法的重写版本,这里该方法要完成许多工作:



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
protected override void OnDoubleClick(EventArgs e)
{
    int i = PageCoordinatesToLineIndex(mouseDoubleClickPosition);
    if (i >= 0)
    {
        TextLineInformation lineToBeChanged =
            (TextLineInformation)documentLines[i];
        lineToBeChanged.Text = lineToBeChanged.Text.ToUpper();
        Graphics dc = this.CreateGraphics();
        uint newWidth = (uint)dc.MeasureString(lineToBeChanged.Text,
            mainFont).Width;

        if (newWidth > lineToBeChanged.Width)
            lineToBeChanged.Width = newWidth;
        if (newWidth+2 * margin > this.documentSize.Width)
        {
            documentSize.Width = (int)newWidth;
            AutoScrollMinSize = this.documentSize;
        }
        Rectangle changedRectangle = new Rectangle(
            LineIndexToPageCoordinates(i),
            new Size((int)newWidth,
                (int)this.lineHeight));

        Invalidate(changedRectangle);
    }
    base.OnDoubleClick(e);
}
```

代码下载 [CapsEditor.sln](#)

首先调用 `PageCoordinatesToLineIndex()` 方法计算在用户双击时光标悬停在哪行文本上。如果该调用返回-1,则光标没有悬停在任何文本行上,因此什么也不做。当然,调用 `OnDoubleClick()` 方法的基类版本,可以让 `Windows` 执行一些默认操作。

假定已经标识一行文本，那么可以使用 `string.ToUpper()` 方法把它转换为大写。这很容易实现。比较难的部分是确定要在什么地方重绘什么内容。幸运的是，因为这个示例非常简单，所以没有太多的组合。可以假定把文本转换为大写通常要么保持这行文本的宽度不变，要么增大其宽度。因为大写字母比小写字母大，所以宽度不会减小。因为本例没有换行功能，所以文本行不会溢出到下一行上，并使其他文本向下移动。把文本行转换为大写的操作不会改变正在显示的任何其他项的位置，这是一个非常大的简化！

接着代码使用 `Graphics.MeasureString()` 方法计算文本的新宽度。这两种可能性：

- 新宽度会使该行最长，导致整个文档的宽度增加。如果情况是这样，就需要把 `AutoScrollMinSize` 设置为新值，以便正确地放置滚动条。
- 文档的大小没有变化。

在这两种情况下，都需要调用 `Invalidate()` 方法重绘屏幕。因为只有一行文本改变了，所以不希望重绘整个文档。而需要计算出仅包含被修改的文本行的矩形边界，并把这个矩形传递给 `Invalidate()` 方法，确保只重绘该行文本。这就是以前代码的作用。`Invalidate()` 方法会在鼠标事件处理程序最终返回时调用 `OnPaint()` 方法。本章前面曾提到在 `OnPaint()` 方法中设置断点的困难，如果运行该示例，在 `OnPaint()` 方法中设置断点，捕获绘图操作，就会发现传递给 `OnPaint()` 方法的 `PaintEventArgs` 参数包含一个与指定矩形匹配的剪切区域。因为重载了 `OnPaint()` 方法来仔细考虑剪切区域，所以只重绘要求的文本行。

## 48.16 打印

本章前面主要介绍如何在屏幕上绘图。但有时还需要应用程序生成数据的打印件。这就是本节的主题。我们将扩展 `CapsEditor` 示例，以便它能进行打印预览，并打印正在编辑的文档。

但是，因为本书没有详细讲述这个过程，所以这里实现的打印功能非常基本。通常，如果要实现应用程序的打印数据功能，就要在主 `File` 菜单中为应用程序添加 3 个菜单项：

- **Page Setup**，允许用户选择各种选项，例如，要打印哪一页，要使用什么打印机等。
- **Print Preview**，打开一个新窗体，新窗体显示打印副本的预览外观。
- **Print**，实际打印文档。

在本例中，为了简单起见，不实现 `Page Setup` 菜单项。打印也只使用默认的设置。但要注意，如果要实现 `Page Setup`，Microsoft 已经编写了一个页面设置对话框类，以供使用。这个类是 `System.Windows.Forms.PrintDialog`。一般应编写一个事件处理程序，该事件处理程序显示这个窗体，并保存用户选择的设置。

在许多情况下，打印与在屏幕上显示完全相同：提供一个设备环境(`Graphics` 实例)，对该实例调用所有常见的显示命令。Microsoft 编写了许多类以帮助完成这个工作，我们需要的两个主要的类是 `System.Drawing.Printing.PrintDocument` 和 `System.Drawing.Printing.PrintPreviewDialog`。这两个类可以确保传递给设备环境的绘图命令能得到正确地处理，我们不必担心什么内容应打印到何处的问题。

打印/打印预览和显示在屏幕上有一些重要的区别。打印机不能滚动，但它们输出页面。所以需要确保找到一种合适的方式给文档分页，按要求绘制每一页。其他工作还有计算文档有多少内容可以放在一个页面上，因此计算出需要多少页，文档的每个部分应写到哪个页面上。

尽管上面描述得相当复杂，但打印过程相当简单。从编程的角度来看，需要采取的步骤大致如下：

- **打印**——实例化一个 `PrintDocument` 对象，并调用其 `Print()` 方法。这个方法向 `PrintPage` 事件发出打印第一个页面的信号。`PrintPage` 事件接受一个 `PrintPageEventArgs` 参数，该参数提供页面大小和页面设置的信息，以及用于绘图命令的 `Graphics` 对象。因此应为这个事件编写一个事件处理程序，并实现该处理程序，以打印页面。这个事件处理程序还应把 `PrintPageEventArgs` 参数的布尔属性 `HasMorePages` 设置为 `true` 或 `false`，表示是否还有要打印的页面。`PrintDocument.Print()` 方法将重复引发 `PrintPage` 事件，直到把 `HasMorePages` 属性设置为 `false` 为止。
- **打印预览**——在这种情况下，实例化 `PrintDocument` 对象和 `PrintPreviewDialog` 对象。使用 `PrintPreviewDialog.Document` 属性把 `PrintDocument` 关联到 `PrintPreviewDialog` 上，然后调用对话框的 `ShowDialog()` 方法。这个方法会模拟地显示对话框，使之呈现为 Windows 标准打印预览窗体，打印预览窗体显示文档的页面。在内部，则重复引发 `PrintPage` 事件，多次显示页面，直到把 `HasMorePages` 属性为 `false` 为止。不需为此编写一个事件处理程序；而可以使用打印每个页面时使用的同一个事件处理程序，因为绘图代码在这两种情况下应完全相同(毕竟，打印预览的内容应与打印出来的版本看起来完全相同)。

## 实现打印和打印预览

既然简要概述了该过程，本节介绍如何在代码中完成这些步骤。可以从 [www.wrox.com](http://www.wrox.com) 或随书附赠光盘上找到 `PrintingCapsEdit` 项目，它包含 `CapsEditor` 项目，以及下述修改。

首先使用 Visual Studio 2010 设计视图在 File 菜单中添加两个新菜单项：`Print` 和 `Print Preview`。再使用 `Properties` 窗口把这两个项命名为 `menuFilePrint` 和 `menuFilePrintPreview`，把它们设置为应用程序启动时是禁用的(只有打开文档，才能进行打印)。在主窗体的 `LoadFile()` 方法中添加如下代码，启用这两个菜单项，`LoadFile()` 方法负责把文件加载到 `CapsEditor` 应用程序中：



```
private void LoadFile(string FileName)
{
    StreamReader sr = new StreamReader(FileName);
    string nextLine;
    documentLines.Clear();
    nLines = 0;
    TextLineInformation nextLineInfo;
    while ( (nextLine = sr.ReadLine()) != null)
    {
        nextLineInfo = new TextLineInformation();
        nextLineInfo.Text = nextLine;
        documentLines.Add(nextLineInfo);
        ++nLines;
    }
    sr.Close();
    if (nLines > 0)
    {
        documentHasData = true;
        menuFilePrint.Enabled = true;
        menuFilePrintPreview.Enabled = true;
    }
    else
    {
        documentHasData = false;
        menuFilePrint.Enabled = false;
        menuFilePrintPreview.Enabled = false;
    }
}
```

```

    }
    CalculateLineWidthths();
    CalculateDocumentSize();
    Text = standardTitle + "-" + FileName;
    Invalidate();
}

```

---

代码下载 [Printing.sln](#)

上面突出显示的代码是添加到这个方法中的新代码。接着，给 `Form1` 类添加一个成员字段：

```

public partial class Form1: Form
{
    private int pagesPrinted = 0;
}

```

这个字段用于指定目前正在打印的页面。使它成为一个成员字段，因为需要在 `PrintPage` 事件处理程序的调用之间记忆上述信息。

接着是用户选择 `Print` 或 `Print Preview` 菜单项时执行的事件处理程序：



```

private void menuFilePrintPreview_Click(object sender, System.EventArgs e)
{
    this.pagesPrinted = 0;
    PrintPreviewDialog ppd = new PrintPreviewDialog();
    PrintDocument pd = new PrintDocument();
    pd.PrintPage += this.pd_PrintPage;
    ppd.Document = pd;
    ppd.ShowDialog();
}
private void menuFilePrint_Click(object sender, System.EventArgs e)
{
    this.pagesPrinted = 0;
    PrintDocument pd = new PrintDocument();
    pd.PrintPage += new PrintPageEventHandler
        (this.pd_PrintPage);
    pd.Print();
}

```

---

代码下载 [Printing.sln](#)

前面解释了涉及打印的主要过程，可以看出，这些事件处理程序仅实现了这个过程。在打印和打印预览中，都实例化一个 `PrintDocument` 对象，并把一个事件处理程序附加到该对象的 `PrintPage` 事件中。对于打印，应调用 `PrintDocument.Print()` 方法；而对于打印预览，则把 `PrintDocument` 对象附加到 `PrintPreviewDialog` 中，并调用打印预览对话框对象的 `ShowDialog()` 方法。实际工作将在 `PrintPage` 事件的处理程序中完成。下面是该处理程序的代码：



```

private void pd_PrintPage(object sender, PrintPageEventArgs e)
{
    float yPos = 0;
    float leftMargin = e.MarginBounds.Left;
    float topMargin = e.MarginBounds.Top;
    string line = null;
    // Calculate the number of lines per page.
    int linesPerPage = (int)(e.MarginBounds.Height /
        mainFont.GetHeight(e.Graphics));
}

```

```
int lineNo = pagesPrinted * linesPerPage;
// Print each line of the file.
int count = 0;
while(count < linesPerPage && lineNo < this.nLines)
{
    line = ((TextLineInformation)this.documentLines[lineNo]).Text;
    yPos = topMargin + (count * mainFont.GetHeight(e.Graphics));
    e.Graphics.DrawString(line, mainFont, Brushes.Blue,
        leftMargin, yPos, new StringFormat());
    lineNo++;
    count++;
}
// If more lines exist, print another page.
if(this.nLines > lineNo)
    e.HasMorePages = true;
else
    e.HasMorePages = false;
pagesPrinted++;
}
```

---

[代码下载 Printing.sln](#)

在声明了两个局部变量后，应先计算出一个页面上可以显示多少行文本——即页面的高度除以一文本的高度，并向下舍入。页面的高度可以从 `PrintPageEventArgs.MarginBounds` 属性获得，这个属性是一个 `RectangleF` 结构，初始化该结构来给出页面的边界。一行文本的高度可以从 `Form1.mainFont` 字段中获得，该字段是显示文本所使用的字体。这里也必须使用相同的字体进行打印。注意，对于 `PrintingCapsEditor` 示例，因为每页的行数总相同，所以可以在第一次计算出该行数后，把它缓存起来。但是，该计算并不困难，在比较复杂的应用程序中，因为这个值可能会有变化，所以每次打印页面时重新计算它也是可以的。

我们还初始化一个 `lineNo` 变量。这给出页面第 1 行对应的文档的文本行索引(该索引从 0 开始)。这条信息非常重要，因为在原则上，本可以调用 `pd_PrintPage()` 方法打印任何页面，而不仅仅是打印第一页。`lineNo` 的值是每个页面的行数和已打印的页数的乘积。

接着运行一个循环，打印每一行文本。当打印完文档中的所有文本行，或者打印完本页面上的所有文本行时，这个循环就终止(只要满足这两个条件之一即可)。最后，检查是否还有要打印的文档，并据此设置 `PrintPageEventArgs` 参数的 `HasMorePages` 属性。同时递增 `pagesPrinted` 字段，这样下一次调用 `PrintPage` 事件处理程序时，就会打印正确的页面。

这个事件处理程序要注意的一点是不必担心绘图命令的发送目的地。我们使用所提供的 `Graphics` 对象和 `PrintPageEventArgs` 参数。Microsoft 编写的 `PrintDocument` 类将在内部确保，如果正在打印，`Graphics` 对象就与打印机关联起来；如果正在打印预览，`Graphics` 对象就与屏幕上的打印预览窗体关联起来。

最后，需要确保为类型定义搜索 `System.Drawing.Printing` 名称空间：

```
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.ComponentModel;
using System.Data;
using System.Drawing;
using System.Drawing.Printing;
using System.Text;
```

```
using System.Windows.Forms;
using System.IO;
```

剩下的内容全部是编译项目,并检查代码的工作情况。如果运行 CapsEdit,加载一个文本文档(与以前一样,为该项目选择 C#源文件),并选择 Print Preview,就可以显示出该文档的打印预览版本,如图 48-19 所示。

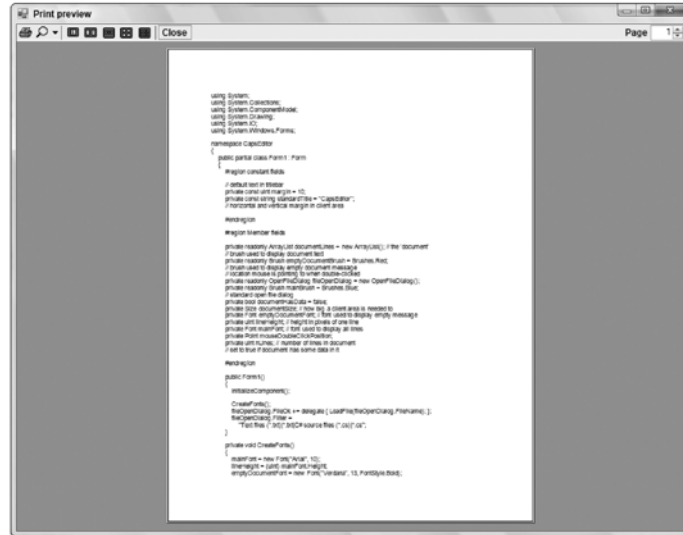


图 48-19

在图 48-19 上,滚动到文档的第 5 页上,把预览设置为显示正常的尺寸。PrintPreviewDialog 提供了许多功能,这可以从窗体顶部的工具栏中看出来。可用的选项包括打印文档、缩小和放大文档、一次显示 2、3、4 或 6 页。这些选项的功能都很完整,不需要我们做任何工作。例如,如果把缩放改为自动,单击显示 4 页的选项(右数第 3 个工具栏),就会得到如图 48-20 所示的结果。

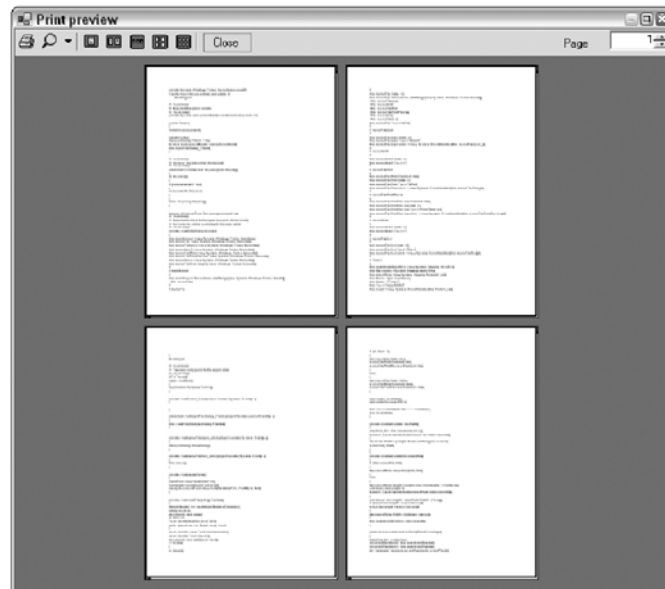


图 48-20



## 48.17 小结

本章介绍了如何在显示设备上绘图操作，其中绘图操作通过代码实现，而不是由一些预定义的控件或对话框实现，这就是 GDI+ 的实质。GDI+ 是一个功能强大的工具，有许多 .NET 基类都可用于在设备上绘图。绘图过程实际上相对简单。在大多数情况下，只使用几条 C# 语句，就可以绘制文本和专业的图形或显示图像。但是，管理绘图操作——后台的工作涉及计算出要绘制的内容、确定在什么地方绘制它，以及在任何给定情况下，哪些内容需要重绘，哪些内容不需要重绘。这些工作都非常复杂，需要经过仔细的算法设计。因此，很好地理解 GDI+ 的工作方式，以及 Windows 采取什么操作来完成工作也非常重要。特别是，由于 Windows 的体系结构，在绘图过程中，应使窗口的区域失效，并依赖 Windows 通过引发 Paint 事件来响应。

本章并没有介绍绘图操作所涉及的其他 .NET 类。然而，如果您理解了绘图操作的规则，就可以通过查看 SDK 文档中这些类的方法列表，实例化它们的实例，看看它们能做什么，以掌握它们。最后，如果要超越标准控件的功能，那么绘图与编程的任何其他方面一样，也需要逻辑、仔细的思考和清晰的算法。如果软件设计得好，它就有助于改善用户友好性和视觉外观。许多应用程序完全依赖于控件来设计其用户界面。这很有效，但这种应用程序看起来非常类似。通过添加一些 GDI+ 代码完成某些自定义绘图操作，可以使软件与众不同，显得比较新颖——这只会有助于软件的销售！

# 第 49 章

## VSTO

### 本章内容:

- 可以用 VSTO 创建的项目类型, 在这些项目中可以包含的功能
- 应用于所有 VSTO 解决方案类型的基础技术
- 使用宿主项和宿主控件
- 构建带自定义 UI 的 VSTO 解决方案

Visual Studio Tools for Office(VSTO)技术可以使用 .NET Framework 定制和扩展 Microsoft Office 应用程序和文档。它包含的工具还可以在 Visual Studio 中简化这个自定义过程, 例如, 用于 Office Ribbon 控件的可视化设计器。

VSTO 是 Microsoft 发布的一系列产品中的最新产品, 可以定制 Office 应用程序。用于访问 Office 应用程序的对象模型随时间逐步演化。如果读者过去曾使用过它, 就会熟悉它的某些部分。如果读者以前为 Office 应用程序编写过 VBA 插件, 就为本章讨论的技术做好了准备。但 VSTO 提供的、便于与 Office 交互的类已经扩展到 Office 对象模型之外。例如, VSTO 类包括 .NET 数据绑定功能。

在 Visual Studio 2008 推出之前, VSTO 一直是一个独立下载的软件包, 如果要开发 Office 解决方案, 就可以得到它。从 Visual Studio 2008 开始, VSTO 集成到 Visual Studio IDE 中。VSTO 的这个版本也称为 VSTO 3, 包含对 Office 2007 的全部支持, 还包括许多新功能。例如, 可以与 Word 内容控件交互, 前面提及的 ribbon 可视化设计器等。

在 Visual Studio 2010 中, VSTO 4 扩展并改进了以前的版本, 它更便于部署, 且不再需要在客户端 PC 上安装主互操作程序集(Primary Interop Assembly, PIA), 这通过 CLR 4 类型嵌入功能实现。还包含对 Office 2010 的支持。

本章不需要 VSTO 或其以前版本的任何预备知识。

### 49.1 VSTO 概述

#### VSTO 包含如下组件:

- 一组项目模板, 可用于创建各种类型的 Office 解决方案
- 设计器, 支持 ribbons、动作面板和自定义任务面板的可视化布局
- 建立在 Office 对象模型基础之上的类, 它们还提供扩展功能

VSTO 支持 Office 2003、2007 和 2010。VSTO 类库有多种形式，分别用于这几种 Office 版本，它们分别使用不同集的程序集。为了简单起见，本章主要介绍 2007 版。

VSTO 解决方案的一般体系结构如图 49-1 所示。

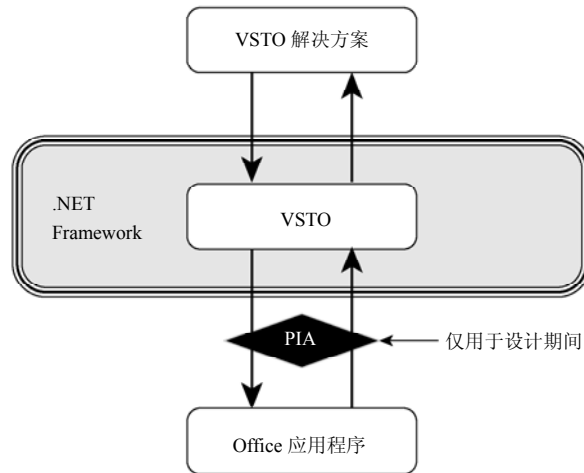


图 49-1

注意，当面向 .NET 4 时，在设计期间仅需要如图 49-1 所示的 PIA，当部署到客户端时这用作内嵌的类型。这对于面向 .NET 3.5 的 VSTO 解决方案不成立，此时在开发计算机和目标计算机上都需要 PIA。

#### 49.1.1 项目类型

图 49-2 显示了 VS for Office 2007 中的项目模板(Office 2010 中可用的列表与此类似)。本章主要讨论 Office 2007。

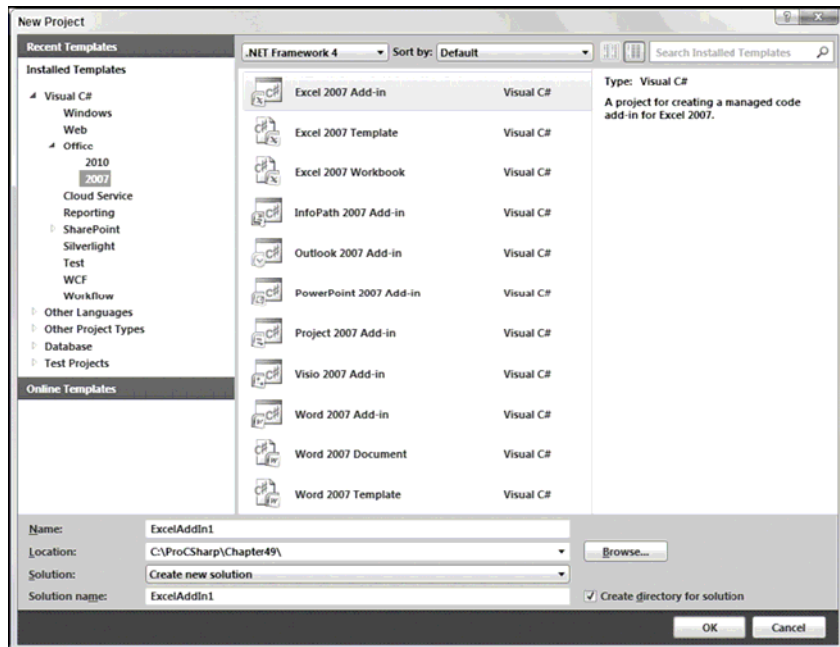


图 49-2

VSTO 项目模板可以分为如下类别：

- 文档级自定义
- 应用程序级的插件
- SharePoint 工作流模板(在图 49-2 中未显示，因为它们位于有关单独的模板类别中)



注意，VSTO 的以前版本包含第 4 类：InfoPath 窗体模板，它在 VSTO 4 中不再可用。

本章主要讨论最常用的项目类型，即文档级自定义和应用程序级的插件。

### 1. 文档级自定义

创建这种类型的项目时，会生成一个链接到单个文档上的程序集，如 Word 文档、Word 模板或 Excel 工作簿。加载该文档时，关联的 Office 应用程序会检测到该自定义，加载程序集，使 VSTO 定制可用。

这类项目可以给某个特定业务范围的文档提供附加功能，或者在文档模板中添加自定义功能，为整类文档添加附加功能。所包含的代码可以操作文档和文档的内容，包括嵌入对象。还可以提供自定义菜单，包括可以用 Visual Studio Ribbon 设计器创建的功能区菜单。

创建文档级的项目时，可以选择创建新文档，或者复制已有的文档，作为开发的起点。也可以选择要创建的文档类型。例如，对于 Word 文档，就可以选择创建.docx(默认)、.doc 或.docm 文档(.docm 是启用宏的文档)。其对话框如图 49-3 所示。

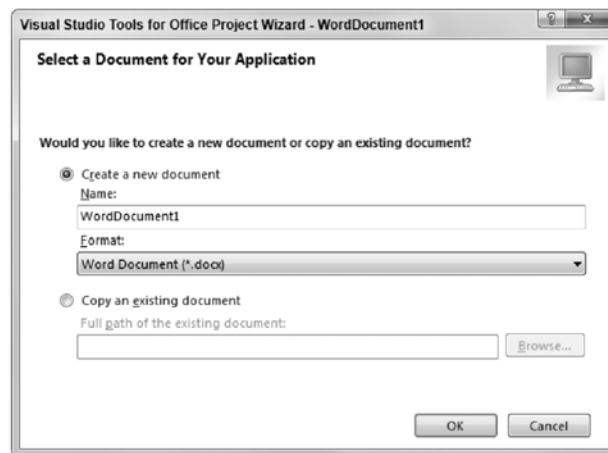


图 49-3

### 2. 应用程序级的插件

应用程序级的插件不同于文档级的自定义，因为前者可用于整个目标 Office 应用程序。我们可以访问插件代码，而无论加载什么文档，其中都可能包含菜单、文档操作等。

启动某个 Office 应用程序(如 Word)时，它会寻找已在注册表中有注册项的关联插件，并加载它需要的任何程序集。

### 3. SharePoint 工作流模板

这些项目提供了创建 SharePoint 工作流应用程序的模板。它们用于管理 SharePoint 进程中的文档流。创建这类项目后，就可以在文档的生命周期中，在重要的时刻执行自定义代码。

#### 49.1.2 项目功能

在各种 VSTO 项目类型中有几个可以使用的功能，如交互面板和控件。我们使用的项目类型决定了可用的功能。表 49-1~49-3 根据项目类型列出了这些功能。

表 49-1

功 能	说 明
动作面板	动作面板是驻留在 Word 或 Excel 的动作面板中的对话框。可以在这里显示任意控件，这是扩展文档和应用程序的一种通用方式
数据缓存	数据的缓存可以在文档外部的缓存数据岛上存储在文档中使用的数据。这些数据岛可以从数据源中更新或手工更新，在数据源脱机或不可用时，允许 Office 文档访问数据
VBA 代码的端点	如前所述，VSTO 支持与 VBA 的交互操作。在文档级的自定义中，可以提供从 VBA 代码中调用的端点方法
宿主控件	宿主控件是 Office 对象模型中已有控件的扩展包装器。可以操作这些对象，并把数据绑定到这些对象上
智能标记	智能标记是嵌入在 Office 文档中、有类型化内容的对象。它们在 Office 文档的内容中自动检测，例如，应用程序检测到相应的文本时，就会自动添加股票报价智能标记。可以创建自己的智能标记类型，定义可以在该类标记上执行的操作
可视化文档设计器	处理文档自定义项目时，要使用 Office 对象模型创建一个可视化设计界面，用于交互式地排放控件。设计器中显示的工具栏和菜单(如本章后面所述)功能齐全

表 49-2 列出了应用程序级的插件功能

表 49-2

功 能	说 明
自定义任务面板	任务面板一般停靠在 Office 应用程序的一个边界上，并提供各种功能。例如，Word 的一个任务面板用于操作样式。与动作面板一样，它们也提供了很大的灵活性
跨应用程序的通信	一旦为某个 Office 应用程序创建了插件，就可以把这个功能提供给其他插件。例如，可以在 Excel 中创建一个财务计算服务，再从 Word 中使用该服务——无需创建一个单独的插件
Outlook 窗体区域	可以创建在 Outlook 中使用的窗体区域

表 49-3 列出了所有项目类型可用的功能

表 49-3

功 能	说 明
ClickOnce 部署	可以通过 ClickOnce 部署方法把自己创建的任意 VSTO 项目发布给最终用户，让用户检测对应用程序集清的变化，拥有文档级和应用程序级解决方案最新版本
功能区菜单	功能区菜单在所有的 Office 应用程序中使用。VSTO 提供了创建自定义功能区菜单的两种方式。可以使用 XML 定义功能区，也可以使用功能区设计器，后者更容易使用，尽管采用 XML 版本可以保证向后兼容性

## 49.2 VSTO 项目基础

既然知道了 VSTO 包含的内容, 就该查看 VSTO 更实用的一面了, 并学习如何构建 VSTO 项目。本节介绍的技术可以应用于所有 VSTO 项目类型。

本节介绍如下内容:

- Office 对象模型
- VSTO 名称空间
- 宿主项和宿主控件
- 基本 VSTO 项目结构
- Globals 类
- 事件处理

### 49.2.1 Office 对象模型

Office 应用程序的 2007 和 2010 套件通过一个 COM 对象模型提供其功能。可以从 VBA 中直接使用这个对象模型, 来控制 Office 功能的任意方面。Office 对象模型在 Office 97 中引入, 之后有了许多演变, Office 中的功能也有许多改变。

Office 对象模型有大量类, 其中一些类在 Office 应用程序的套件中使用, 一些类专门用于个别应用程序。例如, Word 2007 对象模型包含一个 Documents 集合, 它表示当前加载的对象, 每个对象都用一个 Document 对象表示。在 VBA 代码中, 可以根据名称或索引访问文档, 调用方法对它们执行操作。例如, 下面的 VBA 代码关闭名称为 My Document 的文档, 且不保存修改的内容:

```
Documents("My Document").Close SaveChanges:= wdDoNotSaveChanges
```

Office 对象模型包含命名常量(如上述代码中的 wdDoNotSaveChanges)和枚举, 更便于使用。

### 49.2.2 VSTO 名称空间

VSTO 包含一个名称空间集合, 该集合包含的类型可用于给 Office 对象模型编写程序。这些名称空间中的许多类型直接映射到 Office 对象模型中的类型上。可以通过 Office PIA 在设计期间访问它们, 在部署解决方案时则通过嵌入的类型信息来访问。由于嵌入的类型, 因此主要使用用于访问 Office 对象模型的接口。VSTO 还包含不能直接映射的类型, 或者与 Office 对象模型无关的类型。例如, 有许多类用于 Visual Studio 中支持的设计器。

包装 Office 对象模型中的对象或与它们通信的类型分别放在不同的名称空间中。用于 Office 开发的名称空间如表 49-4 所示。

表 49-2

名称空间	说明
Microsoft.Office.Core Microsoft.Office.Interop.*	因为这些名称空间包含 Office 对象模型的接口和瘦包装器, 所以提供了处理 Office 类的基本功能。在 Microsoft.Office.Interop 名称空间中有几个嵌套的名称空间, 用于每个 Office 产品
Microsoft.Office.Tools	这个名称空间包含的通用类型提供了 VSTO 功能和用于嵌套名称空间中的许多类的基类。例如, 这个名称空间包含实现文档级自定义中的动作面板所需的类, 以及应用程序级插件的基类

(续表)

名称空间	说明
Microsoft.Office.Tools.Excel Microsoft.Office.Tools.Excel.*	这些名称空间包含的类型用于与 Excel 应用程序和 Excel 文档交互
Microsoft.Office.Tools.Outlook	这个名称空间包含的类型用于与 Outlook 应用程序交互
Microsoft.Office.Tools.Ribbon	这个名称空间包含的类型用于处理和创建功能区菜单
Microsoft.Office.Tools.Word Microsoft.Office.Tools.Word.*	这些名称空间包含的类型用于与 Word 应用程序和 Word 文档交互
Microsoft.VisualStudio.Tools.*	这些名称空间提供的 VSTO 基础结构可以在 Visual Studio 中开发 VSTO 解决方案时使用

### 49.2.3 宿主项和宿主控件

宿主项和宿主控件是经过扩展的接口，使文档级的自定义更容易与 Office 文档交互。这些接口简化了代码，因为它们提供了 .NET 样式的事件，且进行了全面地管理。宿主项和宿主控件中的“宿主”表示，这些接口封装和扩展了本地 Office 对象。

在使用宿主项和宿主控件时，也需要使用底层的交互操作类型。例如，如果创建了一个新的 Word 文档，就会接收到对交互操作 Word 文档类型的引用，而不是 Word 文档宿主项。必须注意这一点，并据此编写代码。

Word 和 Excel 文档级自定义都有宿主项和宿主控件。

#### 1. Word

Word 只有一个宿主项 `Microsoft.Office.Tools.Word.Document`。这表示一个 Word 文档。果然，这个接口有许多方法和属性，可用于与 Word 文档交互。

Word 有 12 个宿主控件，如表 49-5 所示，所有宿主控件都在 `Microsoft.Office.Tools.Word` 名称空间中。

表 49-5

控件	说明
Bookmark	这个控件表示 Word 文档中的一个位置，它可以是单个位置，或一个字符范围
XMLNode、XmlNodes	当文档有一个附加的 XML 架构时使用这两个控件，它们允许通过文档内容的 XML 节点位置来引用文档内容。也可以用这两个控件操作文档的 XML 结构
ContentControl	这个接口与本表中剩余 8 个控件有相同的基接口( <code>ContentControlBase</code> )，允许处理 Word 内容控件。内容控件把内容表示为控件，或者启用文档中纯文本没有提供的功能
BuildingBlockGallery-ContentControl	这个控件允许添加和处理文档构建模块，如格式化的表、封面等
ComboBoxContentControl	这个控件表示格式化为组合框的内容
DatePickerContentControl	这个控件表示格式化为日期拾取器的内容
DropDownListContentControl	这个控件表示格式化为下拉列表的内容

(续表)

控 件	说 明
GroupContentControl	这个控件表示的内容是其他内容项的分组集合，包括文本和其他内容控件
PictureContentControl	这个控件表示一幅图像
RickTextContentControl	这个控件表示一块格式文本内容
PlainTextContentControl	这个控件表示一块纯文本内容

## 2. Excel

Excel 有 3 个宿主项和 4 个宿主控件，它们都包含在 Microsoft.Office.Tools.Excel 名称空间中。Excel 宿主项如表 49-6 所示。

表 49-6

主 机 项	说 明
Workbook	这个宿主项表示整个 Excel 工作簿，它可以包含多个工作表和图表
Worksheet	这个宿主项用于工作簿中的单个工作表
Chartsheet	这个宿主项用于工作簿中的单个图表

Excel 宿主控件如表 49-7 所示。

表 49-7

控 件	说 明
Chart	这个控件表示嵌入到工作表中的图表
ListObject	这个控件表示工作表中的一个列表
NamedRange	这个控件表示工作表中的一个命名区域
XmlMappedRange	当 Excel 电子表格有附加的架构时使用这个控件，它用于处理映射到 XML 架构元素上的范围

### 49.2.4 基本的 VSTO 项目结构

第一次创建 VSTO 项目时，系统创建的文件随项目类型的不同而不同，但有一些共同的功能。本节介绍 VSTO 项目的组成。

#### 1. 文档级自定义项目结构

创建文档级自定义项目时，在 Solution Explorer 窗口中有一项表示文档类型。它可以是：

- 表示 Word 文档的.docx 文件
- 表示 Word 模板的.dotx 文件
- 表示 Excel 工作簿的.xlsx 文件
- 表示 Excel 模板的.xltx 文件

每个文档类型都有一个设计器视图和一个代码文件，如果在 Solution Explorer 窗口中展开该项，就会看到它们。Excel 模板还包含子项，它们表示整个工作簿和工作簿中的每个工作表。这个结构可以在每个工作表或工作簿的基础上提供自定义功能。



如果查看上述项目类型的隐藏文件，就会看到几个设计器文件，查看这些设计器文件，还会看到模板生成的代码。每个 Office 文档项都在 VSTO 名称空间中有关联的类，代码文件中的类派生自这些类。这些类定义为部分类，这样自定义代码会与可视化设计器生成的代码分隔开，类似于 Windows 窗体应用程序的结构。

例如，Word 文档模板提供了一个派生自 `Microsoft.Office.Tools.Word.Document` 宿主项的类。这个类通过 `Base` 属性提供 `Document` 宿主项，这个类包含在 `ThisDocument.cs` 中，如下所示：

```
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.Data;
using System.Linq;
using System.Text;
using System.Windows.Forms;
using System.Xml.Linq;
using Microsoft.VisualStudio.Tools.Applications.Runtime;
using Office = Microsoft.Office.Core;
using Word = Microsoft.Office.Interop.Word;

namespace WordDocument1
{
    public partial class ThisDocument
    {
        private void ThisDocument_Startup(object sender, System.EventArgs e)
        {
        }

        private void ThisDocument_Shutdown(object sender, System.EventArgs e)
        {
        }
        #region VSTO Designer generated code
        /// <summary>
        /// Required method for Designer support - do not modify
        /// the contents of this method with the code editor.
        /// </summary>
        private void InternalStartup()
        {
            this.Startup += new System.EventHandler(ThisDocument_Startup);
            this.Shutdown += new System.EventHandler(ThisDocument_Shutdown);
        }
        #endregion
    }
}
```

这些模板生成的代码包含两个主要名称空间的别名，在为 Word 创建文档级自定义时，需要使用这两个名称空间。`Microsoft.Office.Core` 用于主要的 VSTO Office 类，`Microsoft.Office.Interop.Word` 用于 Word 专用的类。注意如果要使用 Word 宿主控件，那么还要为 `Microsoft.Office.Tools.Word` 名称空间添加一条 `using` 语句。模板生成的代码还定义两个事件处理程序挂钩——`ThisDocument_Startup()` 和 `ThisDocument_Shutdown()`，用于在加载或卸载文档时执行代码。

每个文档级自定义项目类型的代码文件(或者，对于 Excel 文件或代码文件)都有类似的结构，还定义了名称空间别名以及 VSTO 类中各个 `Startup` 和 `Shutdown` 事件的处理程序。以此为起点，可以添加对话框、动作面板、ribbon 控件、事件处理程序和自定义代码，来定义自定义行为。

在文档级自定义中，还可以通过文档设计器定制文档。根据所创建的解决方案类型，这可能需给模板添加样板文件，给文档添加交互式内容或其他内容。设计器实际上是 Office 应用程序的宿主版本，使用它们可以像在应用程序中那样输入内容。然而，还可以在文档中添加控件，如宿主控件和 Windows 窗体控件，以及这些控件的代码。

## 2. 应用程序级插件的项目结构

当创建应用程序级插件时，在 Solution Explorer 窗口中没有文档。而有一项表示创建插件所使用的应用程序，如果展开该项，会看到一个 ThisAddIn.cs 文件。这个文件包含 ThisAddIn 类的一个部分类定义，该类是插件的入口点。这个类派生自 Microsoft.Office.Tools.AddIn Base，它提供了实现插件功能的代码。

例如，Word 插件模板生成的代码如下：

```
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.Linq;
using System.Text;
using System.Xml.Linq;
using Word = Microsoft.Office.Interop.Word;
using Office = Microsoft.Office.Core;
using Microsoft.Office.Tools.Word;
namespace WordAddIn1
{
    public partial class ThisAddIn
    {
        private void ThisAddIn_Startup(object sender, System.EventArgs e)
        {
        }
        private void ThisAddIn_Shutdown(object sender, System.EventArgs e)
        {
        }
        #region VSTO generated code
        /// <summary>
        /// Required method for Designer support - do not modify
        /// the contents of this method with the code editor.
        /// </summary>
        private void InternalStartup()
        {
            this.Startup += new System.EventHandler(ThisAddIn_Startup);
            this.Shutdown += new System.EventHandler(ThisAddIn_Shutdown);
        }
        #endregion
    }
}
```

可以看出，这个结构非常类似于文档级自定义使用的结构。它包含相同 Microsoft.Office.Core 和 Microsoft.Office.Interop.Word 名称空间的别名，并提供 Startup 和 Shutdown 事件的事件处理程序 (ThisAddIn\_Startup() 和 ThisAddIn\_Shutdown())。这些事件与文档级自定义略有不同，因为它们是在加载或卸载插件时引发，而不是在打开或关闭个别文档时引发。

定制应用程序级插件与文档级自定义相同：添加 ribbon 控件、任务面板和其他代码。

## 49.2.5 Globals 类

所有 VSTO 项目类型都定义一个 Globals 类，它提供了如下内容的全局访问权限：

- 对于文档级自定义，可以访问解决方案中的所有文档。这通过其名称匹配文档类名的成员来提供，如 Globals.ThisWorkbook 和 Globals.Sheet1。
- 对于应用程序级的插件，可以访问插件对象。这通过 Globals.ThisAddIn 提供。
- 对于 Outlook 插件项目，可以访问所有 Outlook 窗体区域。
- 通过 Globals.Ribbon 属性，可以访问解决方案中的所有 ribbon 控件。
- 派生自 Microsoft.Office.Tools.Factory 的接口提供项目类型专用的实用程序方法，通过 Factory 属性可访问这些方法。

在后台，在解决方案中由设计器维护的各种代码文件中通过一系列部分定义来创建 Globals 类。例如，在 Excel 工作簿项目中，默认的 Sheet1 工作表包含设计器生成的如下代码：

```
internal sealed partial class Globals
{
    private static Sheet1 _Sheet1;
    internal static Sheet1 Sheet1
    {
        get
        {
            return _Sheet1;
        }
        set
        {
            if ((_Sheet1 == null))
            {
                _Sheet1 = value;
            }
            else
            {
                throw new System.NotSupportedException();
            }
        }
    }
}
```

这段代码把 Sheet1 成员添加到 Globals 类中。

Globals 类还允许使用 Globals.Factory.GetVstoObject() 方法把交互操作类型转换为 VSTO 类型。例如，这会从 Microsoft.Office.Interop.Excel.Workbook 接口中得到 VSTO Workbook 接口。另外，Globals.Factory.HasVstoObject() 方法可用于确定这种转换是否可行。

## 49.2.6 事件处理

本章前面介绍了宿主项和宿主控件类如何提供我们可以处理的事件。但交互操作类不是这样。我们只能使用几个事件，大多数事件都很难用于创建事件驱动的解决方案。为了响应事件，我们常常要关注宿主项和宿主控件提供的事件。

此处一个明显的问题是应用程序级的插件项目没有宿主项和宿主控件。在使用 VSTO 时，必须面对这个问题。但是，我们在插件中侦听的大多数常用事件都关联到功能区菜单和任务面板的交互操作

中。我们用集成的功能区设计器设计功能区控件，响应功能区控件生成的事件，使控件可以交互操作。任务面板常常作为 Windows 窗体用户控件实现(尽管也可以使用 WPF)，这里可以使用 Windows 窗体事件。这表示，我们不会常常遇到如下情形：需要的功能没有可用的事件。

当需要使用 Office 交互操作对象提供的事件时，通过这些对象上的接口提供这些事件。考虑一个 Word 插件项目。这个项目中的 ThisAddIn 类有一个 Application 属性，利用该属性可以获得对 Office 应用程序的引用。这个属性的类型是 Microsoft.Office.Interop.Word.Application，它通过 Microsoft.Office.Interop.Word.ApplicationEvents4\_Event 接口提供事件。这个接口共提供 29 个事件(对于像 Word 这样复杂的应用程序 29 个事件并不多)。例如，我们可以处理 DocumentBeforeClose 事件，来响应 Word 文档的关闭请求。

### 49.3 构建 VSTO 解决方案

前面几节解释了 VSTO 项目的概念、结构和可以在各种项目类型中使用的功能。本节讨论如何实现 VSTO 解决方案。

图 49-4 列出了文档级自定义解决方案的结构。

对于文档级自定义，至少要与一个宿主项交互操作，该宿主项一般包含多个宿主控件。可以直接使用 Office 对象包装器，但在大多数情况下，应通过宿主项和宿主控件访问 Office 对象模型及其功能。

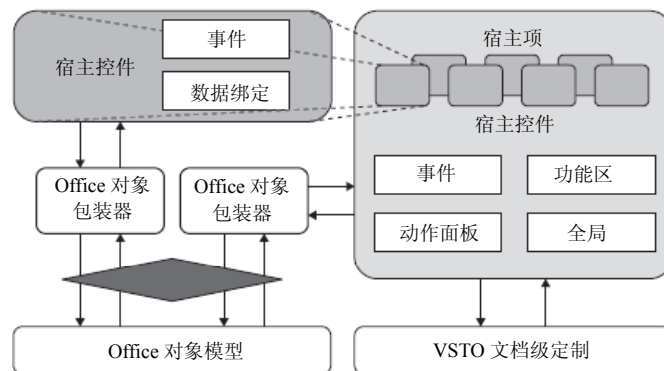


图 49-4

可以在代码中使用宿主项和宿主控件事件、数据绑定、功能区菜单、动作面板和全局对象。

图 49-5 列出了应用程序级插件解决方案的结构。

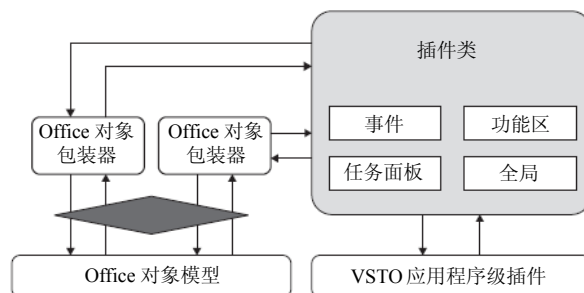


图 49-5

在这个略微简单的模型中，很可能要直接使用 Office 对象的瘦包装器，或者至少通过封装解决方案的插件类来使用。还要在代码中使用插件类提供的事件、功能区菜单、动作面板和全局对象。

本节介绍这两种应用程序类型以及如下主题：

- 管理应用程序级插件
- 与应用程序和文档交互操作
- UI 自定义

#### 49.3.1 管理应用程序级插件

在创建应用程序级插件时，会发现 Visual Studio 执行了通过 Office 应用程序注册插件所需的所有步骤。这表示，添加注册表项，这样在 Office 应用程序启动时，它会自动定位和加载程序集。如果以后要添加或删除插件，就必须导航 Office 应用程序设置，或者手工操作注册表。

例如，在 Word 中，必须打开 Office Button 菜单，单击 Word Options，选择 Add-Ins 选项卡，如图 49-6 所示。

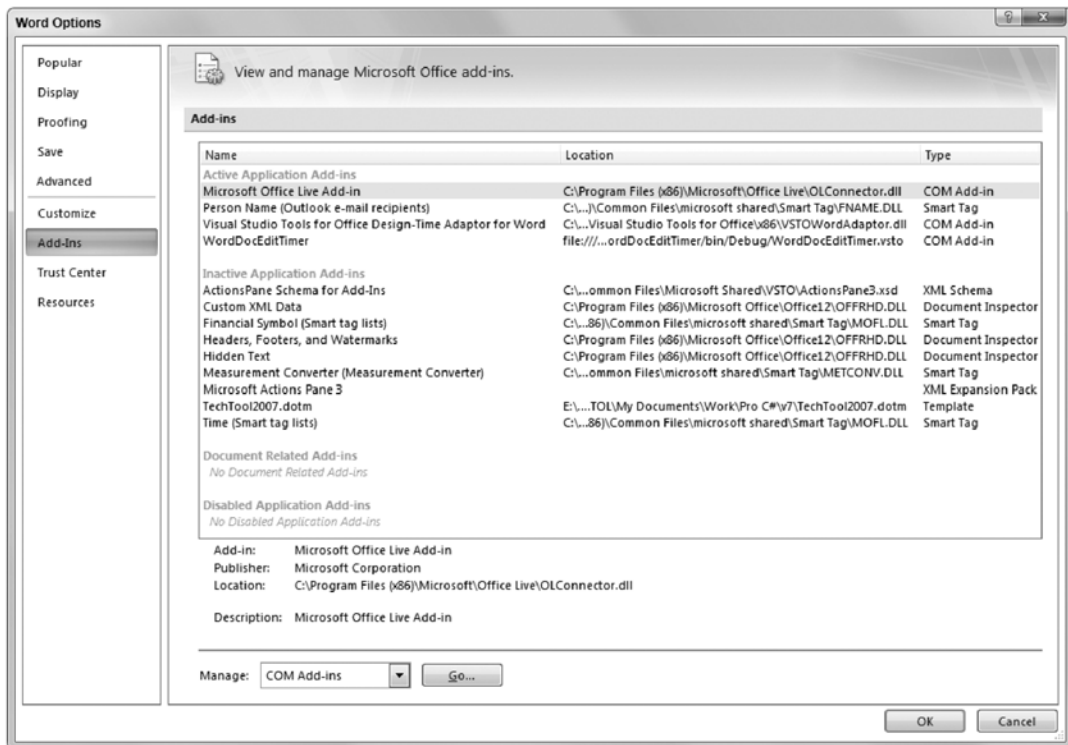


图 49-6

图 49-6 显示了用 VSTO 创建的一个插件：WordDocEditTimer。要添加或删除插件，必须在 Manage 下拉列表中选择 COM Add-Ins(默认选项)，单击 Go 按钮，打开如图 49-7 所示的对话框。

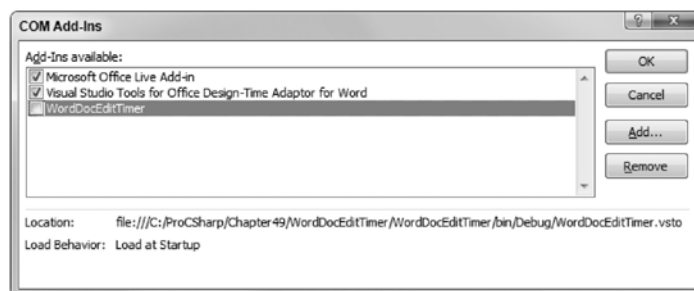


图 49-7

在 COM Add-Ins 对话框中取消选择插件，就会卸载插件，如图 49-7 所示。还可以使用 Add 和 Remove 按钮添加新插件或删除旧插件。

### 49.3.2 与应用程序和文档交互操作

无论创建什么类型的应用程序，都要与宿主应用程序和/或宿主操作中的文档进行交互。这包括使用下一节介绍的 UI 自定义功能。还可能需监控应用程序中的文档，这表示必须处理一些 Office 对象模型事件。例如，要监控 Word 中的文档，需要 Microsoft.Office.Interop.Word.Application Events4\_Event 接口中如下事件的事件处理程序：

- DocumentOpen——打开文档时引发
- NewDocument——创建新文档时引发
- DocumentBeforeClose——保存文档时引发

另外，Word 第一次启动时，它会加载一个文档，它可以是空白的文档，也可以是已加载的旧文档。



本章的可下载代码包含一个 WordDocEditTimer 示例，它维护 Word 文档的一个编辑次数表。这个应用程序的部分功能是监控已加载的文档，其原因在后面解释。因为这个示例也使用自定义任务面板和 ribbon 菜单，所以在介绍完这些主题后，再介绍这个示例。

在 Word 中，通过 ThisAddIn.Application.ActivateDocument 属性可以访问当前活动的文档，通过 ThisAddIn.Application.Documents 属性访问已打开的文档集合。由于有了多文档界面 (Multiple Document Interface, MDI)，类似的属性也存在于其他 Office 应用程序中。例如，可以通过 Microsoft.Office.Interop.Word.Document 类的属性操作文档的各个属性。

这里要注意，在开发 VSTO 解决方案时，必须处理的类和类成员的数量相当大。除非已经习惯了，否则很难找到需要的功能。例如，在 Word 中，当前活动选区不是通过活动文档获得的，而是通过应用程序获得的 (利用 ThisAddIn.Application.Selection 属性)，其原因并不是很明显。

通过 Range 属性可以把选区应用于插入、读取或替换文本的操作。例如：

```
ThisAddIn.Application.Selection.Range.Text = "Inserted text";
```

但是，本章没有足够的篇幅来详细介绍对象库，而读者可以在本章讨论相关的内容时学习对象库。

### 49.3.3 UI 的自定义

在 VSTO 的最新版本中，最重要的方面是可用于定制用户的自定义 UI 和插件的灵活性。可以给已有的功能区菜单中添加内容，添加全新的功能区菜单，通过添加动作面板定制动作面板，添加全新的动作面板，集成 Windows 窗体、WPF 窗体和控件。

本节介绍这些主题。

#### 1. 功能区菜单

可以在本章介绍的所有 VSTO 项目中添加功能区菜单。添加功能区菜单时，会看到如图 49-8 所示的设计器窗口。

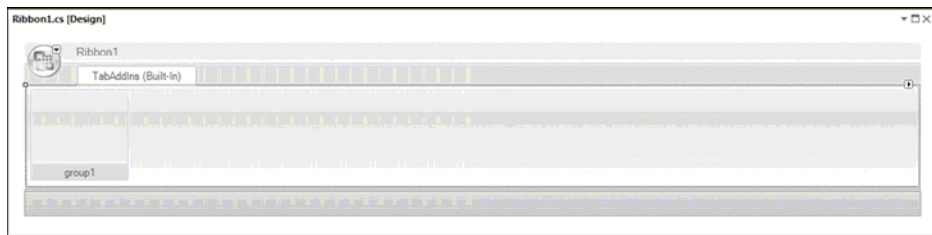


图 49-8

设计器可以给 Office 按钮菜单和功能区菜单上的组添加控件(显示在图 49-8 的左上部)，来定制这个功能区菜单。也可以添加其他组。

功能区中使用的类在 `Microsoft.Office.Tools.Ribbon` 名称空间中。这包括用于创建功能区的派生 ribbon 类 `OfficeRibbon`。这个类可以包含 `RibbonTab` 对象，每个 `RibbonTab` 对象都包含单个选项卡的内容。选项卡则包含 `RibbonGroup` 对象，类似图 49-8 中的 `group1` 组。这些选项卡都可以包含各种控件。

选项卡上的组可以位于目标 Office 应用程序的一个全新选项卡上，或者位于其中一个已有的选项卡上。组在何处显示取决于 `RibbonTab.ControlId` 属性。这个属性有一个 `ControlIdType` 属性，它可以设置为 `RibbonControlIdType.Custom` 或 `RibbonControlIdType.Office`。如果使用 `Custom`，那么还必须把 `RibbonTab.ControlId.CustomId` 设置为 `String` 值，这是选项卡的标识符。这里可以使用任意标识符。但如果给 `ControlIdType` 属性使用 `Office`，就必须把 `RibbonTab.ControlId.OfficeId` 设置为一个 `String` 值，该值匹配在当前 Office 产品中使用的其中一个标识符。例如，在 Excel 中，把这个属性设置为 `TabHome`，可以把组添加到 Home 选项卡中；设置为 `TabInsert`，可以把组添加到 Insert 选项卡中等。插件的默认属性是 `TabAddIns`，它由所有插件共享。



许多选项卡可用，尤其在 Outlook 中；可以从 [www.microsoft.com/downloads/details.aspx?FamilyID=4329D9E9-4D11-46A5-898D-23E4F331E9AE&displaylang=en](http://www.microsoft.com/downloads/details.aspx?FamilyID=4329D9E9-4D11-46A5-898D-23E4F331E9AE&displaylang=en) 中下载包含完整列表的一系列电子表格。

一旦决定在何处放置 ribbon 组后，就可以添加如表 49-9 所示的控件。

表 49-8

控 件	说 明
RibbonBox	这是一个容器控件，它可用于排放组中的其他控件。可以把 BoxStyle 属性改为 RibbonBoxStyle.Horizontal 或 RibbonBoxStyle.Vertical，在 RibbonBox 中水平或垂直排放控件
RibbonButton	这个控件可用于在组中添加大按钮或小按钮，在按钮的旁边可以有或没有文本标签。把 ControlSize 属性设置为 RibbonControlSize.RibbonControlSizeLarge 或 RibbonControlSize.RibbonControlSizeRegular，就可以控制大小。按钮的 Click 事件处理程序可用于响应交互操作。还可以设置自定义图像或存储在 Office 系统中的其中一幅图像(详见本表后面的内容)
RibbonButtonGroup	这是一个容器控件，它表示一组按钮。它可以包含 RibbonButton、RibbonGallery、RibbonMenu、RibbonSplitButton 和 RibbonToggleButton 控件
RibbonCheckBox	复选框控件，有 Click 事件和 Checked 属性
RibbonComboBox	组合框(合并了文本项和下拉列表项)。列表项使用 Items 属性，输入的文本使用 Text 属性，TextChanged 事件用于响应文本更改
RibbonDropDown	这个容器可以包含 RibbonDropDownItem 和 RibbonButton 列表项，它们分别在 Items 和 Buttons 属性中指定。按钮和列表项格式化到下拉列表中。使用 SelectionChanged 事件响应交互操作
RibbonEditBox	文本框，用户可用于输入或编辑 Text 属性中的文本。这个控件有 TextChanged 事件
RibbonGallery	与 RibbonDropDown 控件相同，这个控件也可以包含 RibbonDropDownItem 和 RibbonButton 项，它们分别在 Items 和 Buttons 属性中指定。这个控件使用 Click 和 ButtonClick 事件，来替代 RibbonDropDown 控件的 SelectionChanged 事件
RibbonLabel	显示简单的文本，用 Label 属性设置
RibbonMenu	弹出菜单，在设计视图中打开它时，可以用其他控件填充该菜单，如 RibbonButton 和嵌套的 RibbonMenu 控件。处理菜单上的菜单项的事件
RibbonSeparator	一个简单的分隔符，用于定制组中的控件布局
RibbonSplitButton	合并了 RibbonButton 或 RibbonToggleButton 和 RibbonMenu 的控件。用 ButtonType 设置按钮的样式，该属性可以是 RibbonButtonType.Button 或 RibbonButtonType.ToggleButton。使用主按钮的 Click 事件或菜单中各按钮的 Click 事件来响应交互操作
RibbonToggleButton	一个按钮，可以处于选中或未选中状态，用 Checked 属性指定。这个控件也有 Click 事件

也可以设置组的 DialogBoxLauncher 属性，以便把一个图标显示在组的右下部。顾名思义，使用这个属性可以显示一个对话框，或者打开一个任务面板，或者执行任何其他操作。通过 GroupView Tasks 菜单可以添加或删除这个图标，如图 49-9 所示，该图还显示了表 49-8 中的其他一些控件，因为它们在设计视图中显示在功能区上。



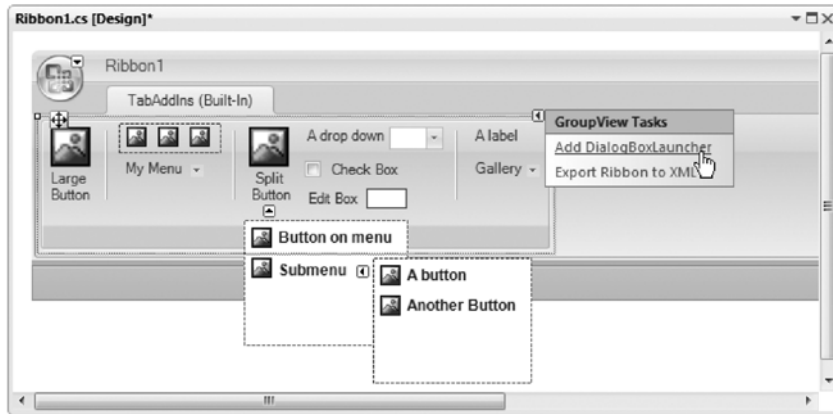


图 49-9

要给控件设置图像,如给 RibbonButton 控件设置图像,就可以把 Image 属性设置为自定义图像,把 ImageName 设置为图像名(以便在 OfficeRibbon.LoadImage 事件处理程序中优化图像的加载),也可以使用内置的 Office 图像。为此,应把 OfficeImageId 属性设置为图像的 ID。

可以使用许多图像;还可以从 [www.microsoft.com/downloads/details.aspx?familyid=12b99325-93e8-4ed4-8385-74d0f7661318&displaylang=en](http://www.microsoft.com/downloads/details.aspx?familyid=12b99325-93e8-4ed4-8385-74d0f7661318&displaylang=en) 上下载列出这些图像的电子表格。图 49-10 显示了一个示例。

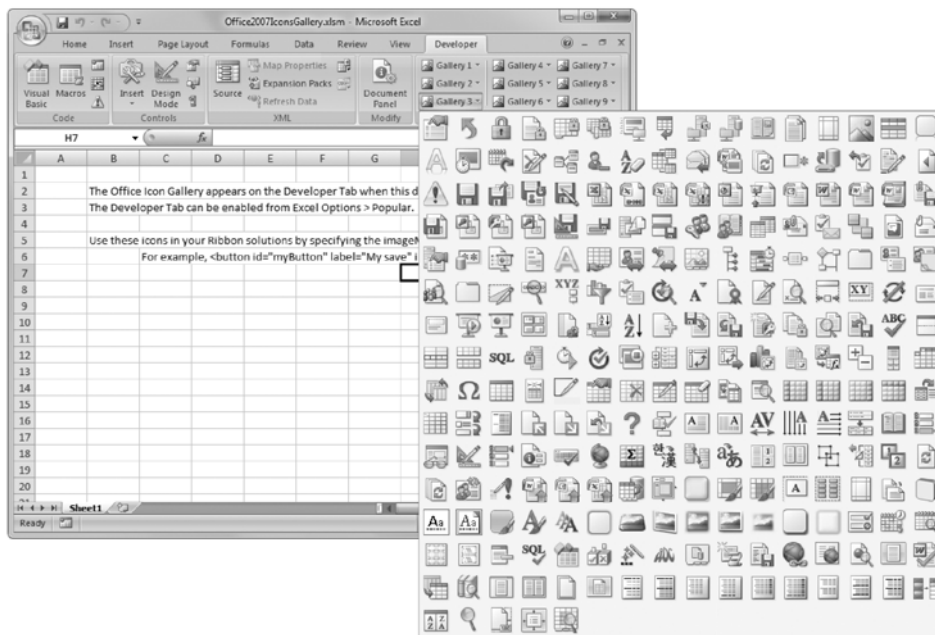


图 49-10



图 49-10 显示了 Developer 功能区选项卡,通过 Popular 选项卡上的 Excel Options 对话框中的 Office 按钮可以启用它。

单击一幅图像，就会打开一个对话框，指出该图像的 ID 是什么，如图 49-11 所示。

功能区设计器非常灵活，还可以提供希望出现在 Office 功能区上的许多额外功能。但是，如果要进一步定制 UI，就要使用动作面板和任务面板，因为可以通过它们创建任意 UI 和功能。

## 2. 动作面板和自定义任务面板

使用动作面板和任务面板可以显示停靠在 Office 应用程序界面的任务面板区域中的内容。任务面板在应用程序级的插件中使用，动作面板在文档级自定义中使用。任务面板和动作面板都必须继承自 UserControl 对象，这表示应使用 Windows 窗体创建一个 UI。如果把 WPF 窗体驻留在 UserControl 的 ElementHost 控件上，那么还可以使用 WPF UI。

要把动作面板添加到文档级自定义中的一个文档中，应把动作面板类的一个实例添加到文档的 ActionsPane 属性的 Controls 集合中。例如：

```
public partial class ThisWorkbook
{
    private UserControl1 actionsPane;
    private void ThisWorkbook_Startup(object sender, System.EventArgs e)
    {
        Workbook wb = Globals.Factory.GetVstoObject(this.Application.ActiveWorkbook);
        wb.AcceptAllChanges();
        actionsPane = new UserControl1();
        this.ActionsPane.Controls.Add(actionsPane);
    }
    ...
}
```

这段代码在加载文档(这里是 Excel 工作簿)时添加了动作面板。也可以在 ribbon 按钮事件处理程序中添加动作面板。

在应用程序级的插件项目中，自定义任务面板通过 ThisAddIns.CustomTaskPanes.Add()方法属性添加。这个方法也允许命名任务窗口，例如：

```
public partial class ThisAddIn
{
    Microsoft.Office.Tools.CustomTaskPane taskPane;
    private void ThisAddIn_Startup(object sender, System.EventArgs e)
    {
        taskPane = this.CustomTaskPanes.Add(new UserControl1(), "My Task Pane");
        taskPane.Visible = true;
    }
    ...
}
```

注意 Add()方法返回一个 Microsoft.Office.Tools.CustomTaskPane 类型的对象。可以通过这个对象的 Control 属性访问用户控件本身。还可以使用这个类型的其他属性，例如，上面代码中的 Visible 属性，来控制任务面板。



图 49-11

此时,应注意 Office 应用程序的一个不太寻常的功能,尤其是 Word 和 Excel 之间的区别。由于历史原因,尽管 Word 和 Excel 都是 MDI 应用程序,但这两个应用程序驻留文档的方式不同。在 Word 中,每个文档都有一个唯一的父窗口。而在 Excel 中,每个文档都共享同一个父窗口。

在调用 `CustomTaskPanes.Add()` 方法时,默认行为是把任务面板添加到当前的活动窗口中。在 Excel 中,这表示每个文档都显示该任务面板,因为它们都使用同一个父窗口。而在 Word 中,情况有所不同。如果希望任务面板显示给每个文档,就必须把它添加到包含文档的每个窗口中。

要把任务面板添加到特定的文档中,应给 `Add()` 方法传递 `Microsoft.Office.Interop.Word.Windows` 类的一个实例,作为第 3 个参数。通过 `Microsoft.Office.Interop.Word.Document.ActiveWindow` 属性可以获得与文档关联的窗口。

下一节介绍如何完成这个操作。

## 49.4 示例应用程序

如前所述,本章的示例代码包含一个 `WordDocEditTimer` 应用程序,它维护 Word 文档的一个编辑次数列表。本节将详细解释这个应用程序的代码,因为该应用程序揭示了前面介绍的所有内容,还包含一些有用的提示。

这个应用程序的一般操作是只要创建或加载文档,就启动一个链接到文档名上的计时器。如果关闭文档,该文档的计时器就暂停。如果打开以前计时的文档,计时器就恢复。另外,如果使用 `Save As` 把文档另存为另一个文件名,计时器就更新为使用新文件名。

这个应用程序是一个 Word 应用程序级的插件,使用一个自定义任务面板和一个功能区菜单。功能区菜单包含一个按钮和一个复选框,按钮用于打开和关闭任务面板,复选框用于暂停当前的活动文档的计时器。包含这些控件的组追加到 `Home` 功能区选项卡的最后。任务面板显示一个活动计时器列表。

这个用户界面如图 49-12 所示。

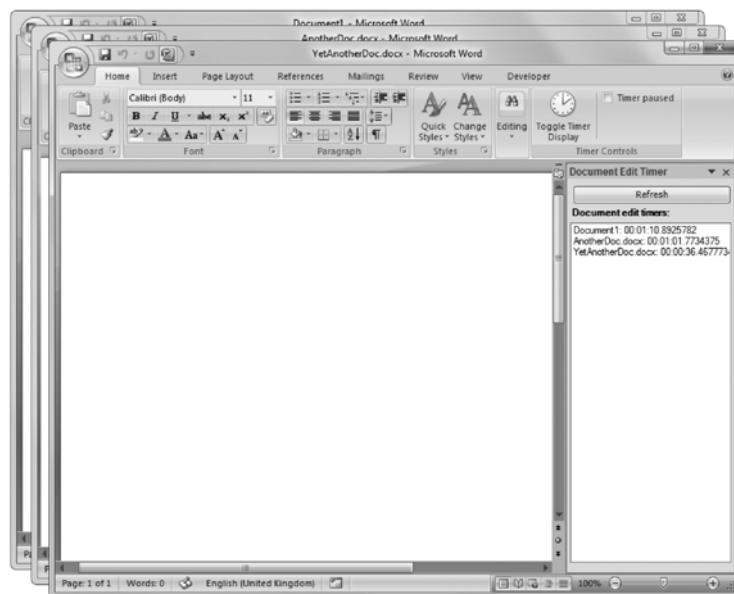


图 49-12

计时器通过 `DocumentTimer` 类来维护:



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
public class DocumentTimer
{
    public Word.Document Document { get; set; }
    public DateTime LastActive { get; set; }
    public bool IsActive { get; set; }
    public TimeSpan EditTime { get; set; }
}
```

代码段 DocumentTimer.cs

这段代码保存了对 `Microsoft.Office.Interop.Word.Document` 接口的一个引用、总编辑时间、计时器是否激活, 以及它上一次激活的时间。 `ThisAddIn` 类维护这些对象的一个集合, 这些对象与文档名关联起来:



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
public partial class ThisAddIn
{
    private Dictionary<string, DocumentTimer> documentEditTimes;
```

代码段 DocumentTimer.cs

因此, 每个计时器都可以通过文档引用或文档名来定位。这是必要的, 因为文档引用可以跟踪文档名的变化(这里没有可用于监控文档名变化的事件), 文档名允许跟踪已关闭和再次打开的文档。

`ThisAddIn` 类还维护一个 `CustomTaskPane` 对象列表(如前所述, `Word` 中的每个窗口都需要一个 `CustomTaskPane` 对象):

```
private List<Tools.CustomTaskPane> timerDisplayPanels;
```

插件启动时, `ThisAddIn_Startup()` 方法执行几个任务。首先它初始化两个集合:

```
private void ThisAddIn_Startup(object sender, System.EventArgs e)
{
    // Initialize timers and display panels
    documentEditTimes = new Dictionary<string, DocumentTimer>();
    timerDisplayPanels = new List<Microsoft.Office.Tools.CustomTaskPane>();
```

接着通过 `ApplicationEvents4_Event` 接口添加几个事件处理程序:

```
// Add event handlers
Word.ApplicationEvents4_Event eventInterface = this.Application;
eventInterface.DocumentOpen += new Microsoft.Office.Interop.Word
    .ApplicationEvents4_DocumentOpenEventHandler(
        eventInterface_DocumentOpen);
eventInterface.NewDocument += new Microsoft.Office.Interop.Word
    .ApplicationEvents4_NewDocumentEventHandler(
        eventInterface_NewDocument);
eventInterface.DocumentBeforeClose += new Microsoft.Office.Interop.Word
    .ApplicationEvents4_DocumentBeforeCloseEventHandler(
        eventInterface_DocumentBeforeClose);
eventInterface.WindowActivate += new Microsoft.Office.Interop.Word
    .ApplicationEvents4_WindowActivateEventHandler(
```

```
eventInterface_WindowActivate);
```

这些事件处理程序用于监控文档的打开、创建和关闭，并确保功能区上的 **Pause** 复选框保持最新状态。后一个功能使用 **WindowsActivate** 事件跟踪窗口的激活状态来实现。

在这个事件处理程序中，最后一个任务是开始监控当前文档，把自定义任务面板添加到包含文档的窗口中：

```
// Start monitoring active document
MonitorDocument(this.Application.ActiveDocument);
AddTaskPaneToWindow(this.Application.ActiveDocument.ActiveWindow);
}
```

**MonitorDocument()**实用程序方法为文档添加一个计时器：

```
internal void MonitorDocument(Word.Document Doc)
{
    // Monitor doc
    documentEditTimes.Add(Doc.Name, new DocumentTimer
    {
        Document = Doc,
        EditTime = new TimeSpan(0),
        IsActive = true,
        LastActive = DateTime.Now
    });
}
```

这个方法仅为文档创建了一个新的 **DocumentTimer** 对象。该 **DocumentTimer** 引用文档，其编辑次数是 0，处于激活状态，且在当前时间激活。接着把这个计时器添加到 **documentEditTimes** 集合中，并把它关联到文档名上。

**AddTaskPaneToWindow()**方法把自定义任务面板添加到窗口中。这个方法首先检查已有的任务面板，确保窗口中还没有一个任务面板。此外，**Word** 中的另一个奇怪的功能是如果在加载应用程序后，立即打开一个旧文档，默认的 **Document1** 文档就会消失，且不引发关闭事件。因为在文档中访问包含任务面板的文档窗口时，这可能导致引发异常，所以该方法还检查表示该异常的 **ArgumentNullException**：

```
private void AddTaskPaneToWindow(Word.Window Wn)
{
    // Check for task pane in window
    Tools.CustomTaskPane docPane = null;
    Tools.CustomTaskPane paneToRemove = null;
    foreach (Tools.CustomTaskPane pane in timerDisplayPanes)
    {
        try
        {
            if (pane.Window == Wn)
            {
                docPane = pane;
                break;
            }
        }
        catch (ArgumentNullException)
        {
            // pane.Window is null, so document1 has been unloaded.
        }
    }
}
```

```

        paneToRemove = pane;
    }
}

```

如果抛出一个异常，就从集合中删除冲突的任务面板：

```

// Remove pane if necessary
timerDisplayPanes.Remove(paneToRemove);

```

如果窗口中没有任务面板，这个方法最终就添加一个任务面板：

```

// Add task pane to doc
if (docPane == null)
{
    Tools.CustomTaskPane pane = this.CustomTaskPanes.Add(
        new TimerDisplayPane(documentEditTimes),
        "Document Edit Timer",
        Wn);
    timerDisplayPanes.Add(pane);
    pane.VisibleChanged +=
        new EventHandler(timerDisplayPane_VisibleChanged);
}
}

```

添加的任务面板是 `TimerDisplayPane` 类的一个实例。稍后介绍这个类。添加它时使用的名称是 `Document Edit Timer`。另外，在调用 `CustomTaskPanes.Add()` 方法后，还为得到的 `CustomTaskPane` 的 `VisibleChanged` 事件添加了一个事件处理程序。这样在第一次显示任务面板时，可以刷新显示内容：

```

private void timerDisplayPane_VisibleChanged(object sender, EventArgs e)
{
    // Get task pane and toggle visibility
    Tools.CustomTaskPane taskPane = (Tools.CustomTaskPane)sender;
    if (taskPane.Visible)
    {
        TimerDisplayPane timerControl = (TimerDisplayPane)taskPane.Control;
        timerControl.RefreshDisplay();
    }
}

```

`TimerDisplayPane` 类提供一个 `RefreshDisplay()` 方法，它在上面的代码中调用。顾名思义，这个方法刷新 `timerControl` 对象的显示内容。

接着，代码确保监控所有文档。首先，创建新文档时，调用 `eventInterface_NewDocument()` 事件处理程序，调用 `MonitorDocument()` 和前面介绍过的 `AddTaskPaneToWindow()` 方法监控该文档。

```

private void eventInterface_NewDocument(Word.Document Doc)
{
    // Monitor new doc
    MonitorDocument(Doc);
    AddTaskPaneToWindow(Doc.ActiveWindow);
}

```

新文档在计时器运行时启动，此时这个方法还清除了功能区菜单中的 `Pause` 复选框。这通过一个实用程序方法 `SetPauseStatus()` 实现，该方法在功能区中定义：

```

// Set checkbox
Globals.Ribbon.TimerRibbon.SetPauseStatus(false);
}

```

在关闭文档之前,调用 `eventInterface_DocumentBeforeClose()` 事件处理程序。这个方法冻结文档的计时器,更新总编辑时间,清除 `Document` 引用,并删除文档窗口中的任务面板(使用稍后介绍的 `RemoveTaskPaneFromWindow()` 方法),之后关闭窗口。

```

private void eventInterface_DocumentBeforeClose(Word.Document Doc,
ref bool Cancel)
{
// Freeze timer
documentEditTimes[Doc.Name].EditTime += DateTime.Now
- documentEditTimes[Doc.Name].LastActive;
documentEditTimes[Doc.Name].IsActive = false;
documentEditTimes[Doc.Name].Document = null;
// Remove task pane
RemoveTaskPaneFromWindow(Doc.ActiveWindow);
}

```

打开文档时,调用 `eventInterface_DocumentOpen()` 方法。此处该方法要完成更多工作,因为在监控文档之前,这个方法必须查看计时器的名称,确定文档是否已有计时器:

```

private void eventInterface_DocumentOpen(Word.Document Doc)
{
if (documentEditTimes.ContainsKey(Doc.Name))
{
// Monitor old doc
documentEditTimes[Doc.Name].LastActive = DateTime.Now;
documentEditTimes[Doc.Name].IsActive = true;
documentEditTimes[Doc.Name].Document = Doc;
AddTaskPaneToWindow(Doc.ActiveWindow);
}
}

```

如果目前还没有监控文档,就为新文档配置一个新监控器:

```

else
{
// Monitor new doc
MonitorDocument(Doc);
AddTaskPaneToWindow(Doc.ActiveWindow);
}
}

```

`RemoveTaskPaneFromWindow()` 方法用于从窗口中删除任务面板。其代码首先检查特定的窗口中是否有任务面板:

```

private void RemoveTaskPaneFromWindow(Word.Window Wn)
{
// Check for task pane in window
Tools.CustomTaskPane docPane = null;
foreach (Tools.CustomTaskPane pane in timerDisplayPanes)
{
if (pane.Window == Wn)

```

```

        {
            docPane = pane;
            break;
        }
    }
}

```

如果找到一个任务面板，就调用 `CustomTaskPanes.Remove()` 方法删除它。还要从任务面板引用的本地集合中删除它。

```

// Remove document task pane
if (docPane != null)
{
    this.CustomTaskPanes.Remove(docPane);
    timerDisplayPanes.Remove(docPane);
}
}

```

这个类中的最后一个事件处理程序是 `eventInterface_WindowActivate()`，在激活窗口时调用它。这个方法获得活动文档的计时器(先检查文档是否有计时器，因为在调用这个方法时，新文档可能还没有添加计时器)，选中功能区菜单上的复选框，以便更新文档的复选框：

```

private void eventInterface_WindowActivate(Word.Document Doc,
    Word.Window Wn)
{
    if (documentEditTimes.ContainsKey(this.Application.ActiveDocument.Name))
    {
        // Ensure pause checkbox in ribbon is accurate, start by getting timer
        DocumentTimer documentTimer =
            documentEditTimes[this.Application.ActiveDocument.Name];
        // Set checkbox
        Globals.Ribbons.TimerRibbon.SetPauseStatus(!documentTimer.IsActive);
    }
}

```

`ThisAddIn` 类的代码还包含两个实用程序方法。第一个方法——`ToggleTaskPaneDisplay()`用于设置 `CustomTaskPanes.Visible` 属性，为当前的活动文档显示或隐藏任务面板。

```

internal void ToggleTaskPaneDisplay()
{
    // Ensure window has task window
    AddTaskPaneToWindow(this.Application.ActiveDocument.ActiveWindow);
    // toggle document task pane
    Tools.CustomTaskPane docPane = null;
    foreach (Tools.CustomTaskPane pane in timerDisplayPanes)
    {
        if (pane.Window == this.Application.ActiveDocument.ActiveWindow)
        {
            docPane = pane;
            break;
        }
    }
    docPane.Visible = !docPane.Visible;
}

```



上述代码中的 `ToggleTaskPaneDisplay()` 方法由功能区控件上的事件处理程序调用，如后面所述。最后，该类有另一个从功能区菜单中调用的方法，它允许功能区控件暂停或恢复文档的计时器：

```
internal void PauseOrResumeTimer(bool pause)
{
    // Get timer
    DocumentTimer documentTimer =
        documentEditTimes[this.Application.ActiveDocument.Name];
    if (pause && documentTimer.IsActive)
    {
        // Freeze timer
        documentTimer.EditTime += DateTime.Now - documentTimer.LastActive;
        documentTimer.IsActive = false;
    }
    else if (!pause && !documentTimer.IsActive)
    {
        // Resume timer
        documentTimer.IsActive = true;
        documentTimer.LastActive = DateTime.Now;
    }
}
}
```

这个类定义中的其他代码是 `Shutdown` 事件的空事件处理程序，以及 `VSTO` 为关联 `Startup` 和 `Shutdown` 事件处理程序而生成的代码。

接着布置项目中的功能区，即 `TimerRibbon`，如图 49-13 所示。

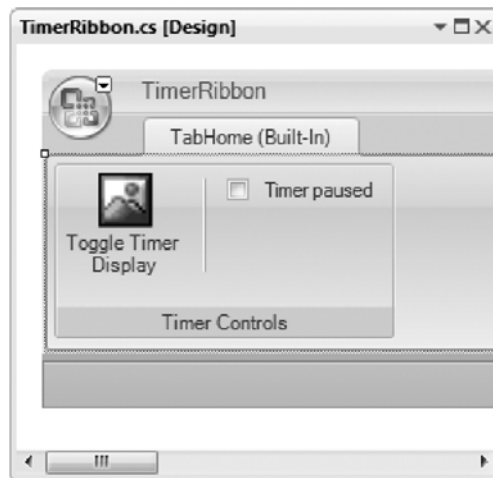


图 49-13

这个功能区包含一个 `RibbonButton`、一个 `RibbonSeparator`、一个 `RibbonCheckBox` 和一个 `DialogBoxLauncher`。按钮使用大显示样式，其 `OfficeImageId` 设置为 `StartAfterPrevious`，显示如图 49-13 所示的钟面(这些图像在设计期间不可见)。功能区使用 `TabHome` 选项卡类型，从而其内容追加到 `Home` 选项卡中。

功能区有 3 个事件处理程序，每个处理程序都调用前面介绍的 `ThisAddIn` 类的一个实用程序方法：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
private void group1_DialogLauncherClick(object sender,
    RibbonControlEventArgs e)
{
    // Show or hide task pane
    Globals.ThisAddIn.ToggleTaskPaneDisplay();
}
private void pauseCheckBox_Click(object sender, RibbonControlEventArgs e)
{
    // Pause timer
    Globals.ThisAddIn.PauseOrResumeTimer(pauseCheckBox.Checked);
}
private void toggleDisplayButton_Click(object sender,
    RibbonControlEventArgs e)
{
    // Show or hide task pane
    Globals.ThisAddIn.ToggleTaskPaneDisplay();
}
```

代码段 TimerRibbon.cs

ribbon 还包含自己的实用程序方法 `SetPauseStatus()`，如前所述，该方法由 `ThisAddIn` 类中的代码调用，以选中复选框或清除复选框。

```
internal void SetPauseStatus(bool isPaused)
{
    // Ensure checkbox is accurate
    pauseCheckBox.Checked = isPaused;
}
```

这个解决方案中的另一个组件是在任务面板中使用的 `TimerDisplayPane` 用户控件。这个控件的布局如图 49-14 所示。

这个控件包含一个按钮、一个标签和一个列表框——这些都是很普通的显示控件，也可以用更漂亮的 WPF 控件替代它们也很简单。

该控件的代码保存对文档计时器的一个本地引用，该引用在构造函数中设置：

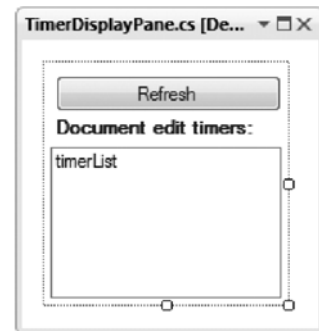


图 49-14



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
public partial class TimerDisplayPane : UserControl
{
    private Dictionary<string, DocumentTimer> documentEditTimes;
    public TimerDisplayPane()
    {
        InitializeComponent();
    }
    public TimerDisplayPane(Dictionary<string, DocumentTimer>
        documentEditTimes): this()
    {
        // Store reference to edit times
        this.documentEditTimes = documentEditTimes;
    }
}
```

代码段 TimerDisplayPane.cs

按钮事件处理程序调用 `RefreshDisplay()` 方法刷新计时器的显示内容：

```
private void refreshButton_Click(object sender, EventArgs e)
{
    RefreshDisplay();
}
```

RefreshDisplay()方法也从 ThisAddIn 类中调用,如前所述。考虑到该方法的任务,这是一个相当复杂的方法。它还参照已加载文档列表,检查被监控的文档列表,并修正任何问题。这种代码在 VSTO 应用程序中常常是必不可少的,因为 COM Office 对象模型的接口偶尔不能像期望的那样工作。这里的经验规则是防御式编码。

该方法首先清除 timerList 列表框中的当前计时器列表:

```
internal void RefreshDisplay()
{
    // Clear existing list
    this.timerList.Items.Clear();
}
```

接着,检查监控器。这个方法迭代 Globals.ThisAddIn.Application.Documents 集合中的每个文档,确定文档是被监控、未被监控、或被监控了但从上次刷新以后改变了文件名。

要找出被监控的文档,只需根据键的 documentEditTimes 集合中的文档名,检查文档名:

```
// Ensure all docs are monitored
foreach (Word.Document doc in Globals.ThisAddIn.Application.Documents)
{
    bool isMonitored = false;
    bool requiresNameChange = false;
    DocumentTimer oldNameTimer = null;
    string oldName = null;
    foreach (string documentName in documentEditTimes.Keys)
    {
        if (doc.Name == documentName)
        {
            isMonitored = true;
            break;
        }
    }
}
```

如果文档名不匹配,就比较文档引用,这样可以检测对文档名的更改,如下面的代码所示:

```
else
{
    if (documentEditTimes[documentName].Document == doc)
    {
        // Monitored, but name changed!
        oldName = documentName;
        oldNameTimer = documentEditTimes[documentName];
        isMonitored = true;
        requiresNameChange = true;
        break;
    }
}
}
```

对于未监控的文档,需要创建一个新的监控器:

```

// Add monitor if not monitored
if (!isMonitored)
{
    Globals.ThisAddIn.MonitorDocument(doc);
}

```

而名称改变的文档需要通过用于旧命名文档的监控器重新关联起来:

```

// Rename if necessary
if (requiresNameChange)
{
    documentEditTimes.Remove(oldName);
    documentEditTimes.Add(doc.Name, oldNameTimer);
}
}

```

调整文档编辑计时器后, 生成一个列表。代码还会检测引用的文档是否依然加载, 对于没有依然加载的文档, 把 `IsActive` 属性设置为 `false`, 暂停该文档的计时器。这也是防御性编程方式:

```

// Create new list
foreach (string documentName in documentEditTimes.Keys)
{
    // Check to see if doc is still loaded
    bool isLoading = false;
    foreach (Word.Document doc in
        Globals.ThisAddIn.Application.Documents)
    {
        if (doc.Name == documentName)
        {
            isLoading = true;
            break;
        }
    }
    if (!isLoading)
    {
        documentEditTimes[documentName].IsActive = false;
        documentEditTimes[documentName].Document = null;
    }
}

```

对于每个监控器, 把一个列表项添加到列表框中, 其列表框包含文档名和总编辑时间:

```

// Add item
this.timerList.Items.Add(string.Format("{0}: {1}", documentName,
    documentEditTimes[documentName].EditTime +
    (documentEditTimes[documentName].IsActive ?
    (DateTime.Now - documentEditTimes[documentName].LastActive):
    new TimeSpan(0))));
}
}
}

```

这就完成了这个例子中的代码。这个例子说明了如何使用功能区和任务面板控件, 如何维护多个 Word 文档中的任务面板。它还揭示了本章前面介绍的许多技术。

## 49.5 小结

本章学习了如何使用 VSTO 为 Office 产品创建托管解决方案。

本章的第一部分介绍了 VSTO 项目的一般结构和可以创建的项目类型，还探讨了可用于简化 VSTO 编程的功能。

接下来详细论述了 VSTO 解决方案中可用的一些功能，讨论了如何实现与 Office 对象模型通信，介绍了 VSTO 中可用的名称空间和类型，学习了如何使用这些类型实现各种功能。之后，探讨了 VSTO 项目的一些编码功能，以及如何使用这些功能获得希望的结果。

然后，进行了一些实践。我们学习了如何在 Office 应用程序中管理插件，如何与 Office 对象模型交互操作，如何用功能区菜单、任务面板和动作面板定制应用程序的 UI。

最后，探讨了一个示例应用程序，它揭示了前面学习的 UI 和交互操作技术。这个示例不仅包含许多代码，还包含有用的技巧，包括如何在多个 Word 文档窗口中管理任务面板。

# 第 50 章

## MAF

本章内容如下：

- MAF 的体系结构
- 定义协定
- 实现管道
- 创建插件
- 保存插件

本章详细介绍 Managed Add-In Framework(MAF)的体系结构,以及如何使用 MAF 创建和驻留插件。我们将学习 MAF 的体系结构,它通过驻留插件解决什么问题,如版本问题、发现、激活和隔离。接着讨论创建 MAF 管道所需的所有步骤,MAF 管道可用于连接插件和宿主;如何创建插件;如何创建使用插件的宿主应用程序。

### 50.1 MAF 体系结构

.NET 4 包含两个用于创建和使用插件的技术。第 28 章介绍了如何使用 Managed Extensibility Framework(MEF)创建插件。使用 MEF 的应用程序在运行期间在目录或程序集中查找插件,并使用属性连接它们。MAF 与 MEF 的区别是,MEF 没有使用应用程序域或不同的进程把插件与宿主应用程序分隔开。要把插件和宿主应用程序分隔开,应使用 MAF。但为了达到这个目的,MAF 的复杂性提高了不少。如果希望利用 MEF 和 MAF 的优点,就可以合并这两个技术。当然,这也会增加复杂性。

创建允许在运行期间添加插件的应用程序时,需要处理一些问题。例如,如何找到插件,如何解决版本问题,以便宿主应用程序和插件可以独立地升级。本节讨论插件的问题和 MAF 的体系结构如何解决这些问题。

要创建一个宿主应用程序,动态加载以后添加的程序集,必须解决几个问题,如表 50-1 所示。

表 50-1

插件问题	说明
发现	如何为宿主应用程序查找新插件?这有几个选项。一个选项是在配置文件中添加插件的信息。其缺点是安装新插件时,需要修改已有的配置文件。另一个选项是把包含插件的程序集复制到预定义的目录中,通过反射读取程序集的信息。 反射的更多内容可参见第 14 章

(续表)

插件问题	说明
激活	程序集动态加载后, 还不能使用 <code>new</code> 运算符创建实例。但可以用 <code>Activator</code> 类创建这类程序集。另外, 如果插件加载到另一个应用程序域中或一个新进程中, 那么还需要使用不同的激活选项。程序集和应用程序域的更多内容可参见第 18 章
隔离	插件可能会使宿主应用程序崩溃, 读者可能见过 IE 因各种插件而崩溃的情况。根据宿主应用程序的类型和插件的集成方式, 插件可以加载到另一个应用程序域或另一个进程中
生命周期	清理对象是垃圾回收器的工作。但是, 垃圾回收器在这里没有任何帮助, 因为插件可能在另一个应用程序域中或另一个进程中激活。把对象保存在内存中的其他方式有引用计数、租借和主办机制
版本	版本问题是插件的一个大问题。通常宿主的一个新版本仍可以加载旧插件, 而旧宿主应有加载新插件的选项

下面探讨 MAF 的体系结构, 说明这个架构如何解决这些问题。影响 MAF 的设计目标如下:

- 应易于开发插件
- 在运行期间查找插件应很高效
- 开发宿主应用程序应是一个很简单的过程, 但不像开发插件那么容易
- 插件和宿主应用程序应独立地升级

MAF 使用管道解决了这些问题, 管道在其核心使用协定。我们将讨论 MAF 如何使用发现功能来查找插件, 如何激活插件, 如何使插件保持激活状态, 如何处理版本问题。

### 50.1.1 管道

MAF 体系结构基于一个包含 7 个程序集的管道。这个管道解决了插件的版本问题。因为管道中的程序集之间的依赖性很弱, 所以协定、宿主程序和插件应用程序升级到新版本可以完全互不干扰。

图 50-1 显示了 MAF 体系结构的管道。其中心是协定程序集。这个程序集包含一个协定接口, 其中列出了插件必须实现并且可以由宿主调用的方法和属性。协定的左边是宿主端, 右边是插件端。图 50-1 还显示了程序集之间的依赖关系。最左端的宿主程序集与协定程序集没有依赖关系, 插件程序集与协定程序集也没有依赖关系, 这两个程序集实际上都没有实现协定定义的接口, 只是有一个对视图程序集的引用。宿主应用程序引用宿主视图; 插件引用插件视图。视图包含抽象的视图类, 该类定义的方法和属性与协定相同。



图 50-1

图 50-2 显示了管道中类的关系。宿主类与抽象的宿主视图类有一个关联, 并调用其方法。抽象的宿主视图类由宿主适配器实现。适配器在视图和协定之间建立连接。插件适配器实现协定的方法和属性。这个适配器包含对插件视图的引用, 把来自宿主端的调用转发给插件视图。宿主适配器类定义了一个具体的类, 它派生自宿主视图的抽象基类, 用于实现方法和属性。这个适配器包含对协定的一个引用, 用于把来自视图的调用转发给协定。

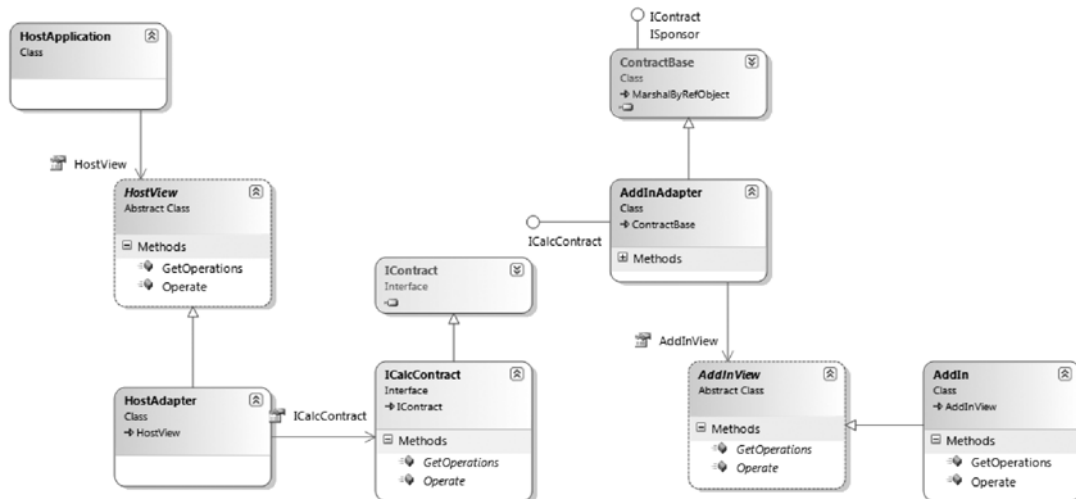


图 50-2

通过这个模型，插件端和宿主端可以完全独立地升级，只是需要调整映射层。例如，如果宿主的一个新版本使用全新的方法和属性，协定就仍可以保持不变，只有适配器需要更改。也可以定义新的协定。适配器可以更改，也可以同时使用几个协定。

### 50.1.2 发现

如何为宿主应用程序查找新插件？MAF 的体系结构使用一个预定义的目录结构来查找插件和管道的其他程序集。管道的组成部分必须存储在这些子目录中：

- HostSideAdapters
- Contracts
- AddInSideAdapters
- AddInViews
- AddIns

除了 AddIns 目录之外，其他目录都直接包含管道特定部分的程序集。AddIns 目录为每个插件程序集包含一个子目录。插件也可以存储在完全独立于其他管道组件的目录中。

管道的程序集需要使用反射来动态地加载，才能获得插件的所有信息。而且，对于许多插件，这还会增加宿主应用程序的启动时间。因此，MAF 使用一个缓存，来保存管道组件的信息。该缓存由安装插件的程序创建，如果宿主应用程序有管道目录的写入权限，该缓存就由宿主应用程序或安装插件的应用程序创建。

调用 AddInStore 类的方法来创建管道组件的缓存信息。Update()方法查找还没有列在存储文件中的新插件。Rebuild()方法用插件的信息重新生成整个二进制存储文件。

表 50-2 列出了 AddInStore 类的成员。

表 50-2

AddInStore 类的成员	说 明
Rebuild()、 RebuildAddIns()	Rebuild()方法为管道的所有组件重新生成缓存。如果插件存储在另一个目录下，就可以使用 RebuildAddIns()方法重新生成插件的缓存



(续表)

AddInStore 成员	说 明
Update()、 UpdateAddIns()	Rebuild()方法重建管道的完整缓存, Update()方法只用新管道组件的信息更新缓存。UpdateAddIns()方法只更新插件的缓存
FindAddIn()、 FindAddIns()	这些方法都使用缓存查找插件。FindAddIns()方法返回匹配宿主视图的所有插件集合。FindAddIn()方法返回一个特定的插件

### 50.1.3 激活和隔离

AddInStore 类的 FindAddIns()方法返回表示插件的 AddInToken 对象集合。使用 AddInToken 类可以访问插件的信息, 如名称、描述、发布者和版本。使用 Activate()方法可以激活插件。表 50-3 列出了 AddInToken 类的特性和方法。

表 50-3

AddInToken 类的成员	说 明
Name、Publisher、 Version、Description	AddInToken 类的 Name、Publisher、Version 和 Description 属性返回用 AddInAttribute 特性赋予插件的信息
AssemblyName	AssemblyName 返回包含插件的程序集的名称
EnableDirectConnect	使用 EnableDirectConnect 属性可以设置一个值, 指出宿主应直接连接到插件上, 而不使用管道的组件。只有插件和宿主运行在同一个应用程序域中, 插件视图和宿主视图的类型相同时, 才能使用这个属性。该属性仍要求管道的所有组件都存在
QualificationData	插件可以用 QualificationDataAttribute 特性标记应用程序域和安全需求。插件可以列出安全需求和隔离需求。例如, [QualificationData (“Isolation”, “NewAppDomain”)]表示插件必须驻留在新进程中。可以从 AddInToken 类中读取这些信息, 激活有特定需求的插件。除了应用程序域和安全需求之外, 还可以使用这个属性通过管道传递自定义信息
Activate()	插件用 Activate()方法激活, 利用这个方法的参数, 可以定义插件是否加载到新应用程序域或新进程中。还可以定义插件获得的权限

一个插件可能使整个应用程序崩溃。例如, IE 可能因一个失败的插件而崩溃。根据应用程序类型和插件类型, 可以让插件运行在另一个应用程序域或另一个进程中, 来避免这个问题。这里 MAF 给出了几个选项。可以在新应用程序域或新进程中激活插件。新应用程序域还可以有有限的权限。

AddInToken 类的 Activate()方法有几个重载版本, 在这些版本中, 可以传递应加载的插件的环境参数。表 50-4 列出了不同的选项。

表 50-4

AddInToken.Activate()方法的参数	说 明
AppDomain	可以传递应加载的插件的一个新应用程序域, 这样可以使插件独立于宿主应用程序, 还可以从应用程序域中卸载插件
AddInSecurityLevel	如果插件应使用不同的安全级别来运行, 就传递 AddInSecurityLevel 枚举的一个值, 其值可以是 Internet、Intranet、FullTrust 和 Host

(续表)

AddInToken.Activate()方法的参数	说 明
PermissionSet	如果预定义的安全级别不够专用,那么还可以给插件的应用程序域赋予 PermissionSet
AddInProcess	插件还可以运行在与宿主应用程序不同的进程中。可以给 Activate()方法传递一个新的 AddInProcess。如果卸载所有插件,新进程就可以关闭;否则新进程继续运行。这个选项可以用 KeepAlive 属性设置
AddInEnvironment	传递 AddInEnvironment 对象是定义在哪里加载插件的应用程序域的另一个选项。在 AddInEnvironment 的构造函数中,可以传递一个 AppDomain 对象。还可以用 AddInController 类的 AddInEnvironment 属性获得插件的已有 AddInEnvironment



应用程序域详见第 18 章。

应用程序的类型也会限制可以使用的选项。WPF 插件目前不支持跨进程。Windows 窗体不能在不同的应用程序域之间连接 Windows 控件。

下面列出调用 AddInToken 类的 Activate()方法时管道执行的步骤:

- (1) 用指定的权限创建应用程序域。
- (2) 用 Assembly.LoadFrom()方法把插件的程序集加载到新的应用程序域中。
- (3) 用反射调用插件的默认构造函数。因为插件派生自在插件视图中定义的基础类,所以也加载视图的程序集。

(4) 构造插件端适配器的一个实例。因为把插件的这个实例传递给适配器的构造函数,所以适配器能连接协定和插件。因为插件适配器派生自基类 MarshalByRefObject,所以可以在应用程序域之间调用它。

(5) 激活代码给宿主应用程序的应用程序域返回插件端适配器的一个代理。因为插件适配器实现协定接口,所以该代理包含协定接口的方法和属性。

(6) 宿主端适配器的实例在宿主应用程序的应用程序域中构造。把插件端适配器的代理传递给该构造函数。激活代码会从插件令牌中查找宿主端适配器的类型。

宿主端适配器返回宿主应用程序。

#### 50.1.4 协定

协定定义 MAF 体系结构中宿主端和插件端之间的边界。协定用一个接口来定义,该接口必须派生自基接口 IContract。协定必须仔细考虑,因为它根据需要提供灵活的插件场景。

因为协定没有版本冲突,不能改变,以便插件以前的实现代码仍可以在新的宿主程序中运行。新版本应通过定义新协定来创建。

可以使用的协定类型有一些限制,其原因是版本问题,而且应用程序域要从宿主应用程序跨越到插件上。类型必须是安全的,且没有版本冲突,能在边界(应用程序域或跨进程)之间传递,也能在宿主和插件之间传递。

可以用协定传递的类型可以是:

- 基元类型

- 其他协定
  - 可序列化的系统类型
  - 简单的可序列化的自定义类型，包括基本类型、协定，以及没有实现代码的类型
- IContract 接口的成员如表 50-5 所示。

表 50-5

IContract 接口的成员	说 明
QueryContract()	使用 QueryContract()方法可以查询协定，验证它是否也实现了另一个协定。一个插件可以支持几个协定
RemoteToString()	QueryContract()方法的参数需要协定的字符串表示。RemoteToString()方法返回当前协定的字符串表示
AcquireLifetimeToken() RevokeLifetimeToken()	客户端调用 AcquireLifetimeToken()方法来保存对协定的引用。AcquireLifetimeToken()方法会递增引用计数。RevokeLifetimeToken()方法递减引用计数
RemoteEquals()	RemoteEquals()方法可用于比较两个协定引用

协定接口在 System.AddIn.Contract、System.AddIn.Contract.Collections 和 System.AddIn.Contract.Automation 名称空间中定义。表 50-6 列出了可以用于协定的协定接口。

表 50-6

协 定	说 明
ICollectionContract<T>	ICollectionContract<T>可用于返回一个协定列表
IEnumeratorContract<T>	IEnumeratorContract<T>用于枚举 ICollectionContract<T>的元素
IServiceProviderContract	一个插件可以为其他插件提供服务。提供服务并实现 IServiceProviderContract 接口的插件称为服务提供程序。通过 QueryService()方法，可以查询实现该接口的插件提供什么服务
IProfferServiceContract	IProfferServiceContract 是服务提供程序和 IServiceProviderContract 协定提供的接口。IProfferServiceContract 协定定义 ProfferService()和 Revoke Service()方法。ProfferService()方法给所提供的服务添加一个 IServiceProviderContract 协定，而 RevokeService()方法删除它
INativeHandleContract	这个接口允许使用 GetHandle()方法访问本地 Windows 句柄。这个协定由 WPF 宿主程序用于使用 WPF 插件

### 50.1.5 生命周期

插件需要加载多长时间？它使用多少时间？何时可以卸载应用程序域？解决上述问题有几个选项。一个选项是使用引用计数。每次使用插件都会递增引用计数。如果引用计数递减到 0，就可以卸载插件。另一个选项是使用垃圾回收器。如果垃圾回收器在运行，且没有再引用对象，该对象就是垃圾回收器的目标。.NET 远程处理使用租约机制，和使对象保持激活状态的主办方。只要租期到了，就询问主办方该对象是否应继续保持激活状态。



应用程序域详见第 18 章。

对于插件，卸载插件还有一个特殊的问题，因为插件运行在不同的应用程序域中和不同的进程中。但垃圾回收器不能跨不同进程工作。MAF 使用一个混合的模型来管理生命周期。在单个应用程序域中，使用垃圾回收机制。在管道内部，虽然使用一个隐式的承办机制，但引用计数可用于从外部控制主办方。

下面考虑一种情况：把插件加载到另一个应用程序域中。在宿主应用程序中，当不再需要引用时，垃圾回收器清理了宿主视图和宿主端适配器。而在插件端，协定定义 `AcquireLifetimeToken()` 和 `RevokeLifetimeToken()` 方法，来递增和递减主办方的引用计数。这两个版本不仅递增和递减一个值，还可以在某一方频繁调用 `RevokeLifetimeToken()` 方法时，提早释放对象。而 `AcquireLifetimeToken()` 方法返回一个表示生命周期令牌的标识符，这个标识符必须用于调用 `RevokeLifetimeToken()` 方法。所以这两个方法总是成对调用。

通常不必处理 `AcquireLifetimeToken()` 和 `RevokeLifetimeToken()` 方法的调用。然而，可以使用 `ContractHandle` 类，在构造函数中调用 `AcquireLifetimeToken()` 方法，在终结器中调用 `RevokeLifetimeToken()` 方法。



终结器详见第 13 章。

在把插件加载到新应用程序域的情形中，当不再需要插件时，可以删除加载的代码。如果不再需要这个插件，MAF 就使用一个简单的模型把一个插件指定为应用程序域的拥有者，来卸载应用程序域。如果在激活插件时创建应用程序域，这个插件就是应用程序域的拥有者。如果应用程序域是以前创建的，就不会自动卸载它。

在宿主端适配器中 `ContractHandle` 类用来增加插件的引用计数。这个类的成员如表 50-7 所示。

表 50-7

ContractHandle 类的成员	说 明
<code>Contract</code>	在 <code>ContractHandle</code> 类的构造过程中，可以指定一个实现 <code>IContract</code> 接口的对象，来保存对它的引用。 <code>Contract</code> 属性返回这个对象
<code>Dispose()</code>	可以调用 <code>Dispose()</code> 方法，而不是等待垃圾回收器执行终结操作，来调用生命周期令牌
<code>AppDomainOwner()</code>	<code>AppDomainOwner()</code> 是 <code>ContractHandle</code> 类的一个静态方法，如果插件拥有通过该方法传递的应用程序域，该方法就返回插件适配器
<code>ContractOwnsAppDomain()</code>	使用静态方法 <code>ContractOwnsAppDomain()</code> ，可以验证指定的协定是否是应用程序域的拥有者。如果是，在删除协定时，就会卸载应用程序域

### 50.1.6 版本问题

版本问题是插件的一个大问题。宿主应用程序可以利用插件进一步开发。插件的一个要求是宿主应用程序的新版本仍可以加载插件的旧版本。旧宿主程序仍可以运行插件的新版本。那么，协定该如何修改呢？

`System.AddIn` 完全独立于宿主应用程序和插件的实现，这通过包含 7 部分的管道概念实现。

## 50.2 插件示例

下面是一个宿主应用程序的简单示例，它可以加载计算器插件。插件支持其他插件提供的不同计算操作。

我们需要创建一个解决方案，它包含 6 个库项目和一个控制台应用程序。示例应用程序的项目如表 50-8 所示。这个表列出了需要引用的程序集。在解决方案中引用其他项目，还需要把 Copy Local 属性设置为 False，这样程序集就不会复制。但 HostApp 控制台项目例外，它需要引用 HostView 项目。必须复制这个程序集，这样才能在宿主应用程序中找到它。另外，还需要更改所生成的程序集的输出路径，以便程序集复制到管道的正确目录下。

表 50-8

项 目	引 用	输 出 路 径	说 明
CalcContract	System.AddIn.Contract	.\Pipeline\ Contracts\	这个程序集包含与插件通信的协定。协定用接口定义
CalcView	System.AddIn	.\Pipeline\ AddInViews\	CalcView 程序集包含插件引用的一个抽象类，这是协定的插件端
CalcAddIn	System.AddIn.CalcView	.\Pipeline\AddIns\ CalcAddIn\	CalcAddIn 是引用插件视图程序集的插件项目。这个程序集包含插件的实现代码
CalcAddInAdapter	System.AddIn、 System.AddIn.Contract CalcView、 CalcContract、	.\Pipeline\ AddInSideAdapters\	CalcAddInAdapter 连接插件视图和协定程序集，并把协定映射到插件视图上
HostView			包含宿主视图的抽象类的程序集不需要引用任何插件程序集，也不引用解决方案中的其他项目
HostAdapter	System.AddIn、 System.AddIn.Contract、 HostView、 CalcContract、	.\Pipeline\ HostSideAdapters\	宿主适配器把宿主视图映射到协定上。因此需要引用这些项目
HostApp	System.AddIn、 HostView		宿主应用程序激活插件

### 50.2.1 插件协定

下面实现协定程序集。协定程序集包含一个协定接口，该接口定义了宿主和插件之间的通信协议。

下面的代码是为计算器示例应用程序定义的协定。应用程序给协定定义 GetOperations() 和 Operate() 方法。GetOperations() 方法返回计算器插件支持的一个数学操作列表。数学操作由

`IOperationContract` 接口定义，`IOperationContract` 接口本身就是一个协定。`IOperationContract` 接口定义只读特性 `Name` 和 `NumberOperands`。

`Operate()` 方法调用插件中的操作，它需要 `IOperation` 接口定义的一个操作和通过 `double` 数组提供的操作数。通过这个接口，插件就可以支持需要任意多个 `double` 操作数的操作，且返回一个 `double`。`AddInStore` 类使用 `AddInContract` 属性生成缓存。`AddInContract` 属性把类标记为插件协定接口。



这里使用的协定的功能与第 28 章中插件的协定类似。但 MEF 协定没有 MAF 协定的限制。MAF 协定的限制很严，因为宿主和插件之间有应用程序域边界和进程边界。而 MEF 体系结构没有使用不同的应用程序域。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
using System.AddIn.Contract;
using System.AddIn.Pipeline;
namespace Wrox.ProCSharp.MAF
{
    [AddInContract]
    public interface ICalculatorContract: IContract
    {
        IListContract<IOperationContract> GetOperations();
        double Operate(IOperationContract operation, double[] operands);
    }
    public interface IOperationContract: IContract
    {
        string Name { get; }
        int NumberOperands { get; }
    }
}
```

代码段 CalcContract/ICalculatorContract.cs

## 50.2.2 计算器插件视图

插件视图重新定义了插件可以识别的协定。该协定定义 `ICalculatorContract` 和 `IOperationContract` 接口。为此，插件视图定义了 `Calculator` 抽象类和 `Operation` 具体类。

在 `Operation` 中，没有每个插件都需要的特定实现代码，因为该类已经用插件视图程序集实现了。这个类用 `Name` 和 `NumberOperands` 属性描述数学计算的一个操作。

`Calculator` 抽象类定义需要由插件实现的方法。虽然协定定义了需要在应用程序域边界和进程边界之间传递的参数和返回类型，但插件视图不需要。这里可以使用类型，以便于插件开发人员编写插件。`GetOperations()` 方法返回 `IList<Operation>`，而不是 `IListOperation<IOperationContract>`，这与协定程序集不同。

`AddInBase` 属性把类标识为插件视图，便于存储。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
using System.AddIn.Pipeline;
using System.Collections.Generic;
namespace Wrox.ProCSharp.MAF
{
    [AddInBase]
```

```

public abstract class Calculator
{
    public abstract IList<Operation> GetOperations();
    public abstract double Operate(Operation operation, double[] operand);
}
public class Operation
{
    public string Name { get; set; }
    public int NumberOperands { get; set; }
}
}

```

---

代码段 CalcView/CalculatorView.cs

### 50.2.3 计算器插件适配器

插件适配器把协定映射到插件视图上。这个程序集引用协定和插件视图程序集。适配器的实现代码需要把协定中的 `IListContract<IOperationContract>` 集合的 `GetOperations()` 方法映射到 `IList<Operation>` 集合的 `GetOperations()` 视图方法上。

该程序集包含 `OperationViewToContractAddInAdapter` 类和 `CalculatorViewToContractAddInAdapter` 类。这两个类实现 `IOperationContract` 和 `ICalculatorContract` 接口。`IContract` 基接口的方法可以通过派生自 `ContractBase` 基类来实现。这个基类提供默认的实现代码。`OperationViewToContractAddInAdapter` 类实现 `IOperationContract` 接口的其他成员，并把调用转发给在构造函数中指定的 `Operation View`。

`OperationViewToContractAddInAdapter` 类还包含静态辅助方法 `ViewToContractAdapter()` 和 `ContractToViewAdapter()`，前者把 `Operation` 映射到 `IOperationContract` 上，后者把 `IOperationContract` 映射到 `Operation` 上。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

using System.AddIn.Pipeline;
namespace Wrox.ProCSharp.MAF
{
    internal class OperationViewToContractAddInAdapter: ContractBase,
        IOperationContract
    {
        private Operation view;
        public OperationViewToContractAddInAdapter(Operation view)
        {
            this.view = view;
        }
        public string Name
        {
            get { return view.Name; }
        }
        public int NumberOperands
        {
            get { return view.NumberOperands; }
        }
        public static IOperationContract ViewToContractAdapter(Operation view)
        {
            return new OperationViewToContractAddInAdapter(view);
        }
        public static Operation ContractToViewAdapter(
            IOperationContract contract)
    }
}

```

```

    {
        return (contract as OperationViewToContractAddInAdapter).view;
    }
}

```

---

代码段 CalcAddInAdapter/OperationViewToContractAddInAdapter.cs

CalculatorViewToContractAddInAdapter 类非常类似于 OperationViewToContractAddInAdapter 类：它派生自 ContractBase 基类，来继承 IContract 接口的默认实现代码，它还实现一个协定接口。但这里的 ICalculatorContract 接口用 GetOperations()和 Operate()方法实现。

适配器的 Operate()方法调用 Calculator 视图类的 Operate()方法，其中 IOperationContract 需要转换为 Operation。这是使用 OperationViewToContractAddInAdapter 类定义的静态辅助方法 ContractViewToAdapter()完成。

GetOperations()方法的实现需要把 IListContract<IOperationContract>集合转换为 IList<Operation>集合。对于这个集合转换，CollectionAdapters 类定义了转换方法 ToIList()和 ToIListContract()。其中 ToIListContract()方法用于这个转换。

AddInAdapter 属性把类标识为插件端适配器，用于插件存储器。



```

using System.AddIn.Contract;
using System.AddIn.Pipeline;
namespace Wrox.ProCSharp.MAF
{
    [AddInAdapter]
    internal class CalculatorViewToContractAddInAdapter: ContractBase,
        ICalculatorContract
    {
        private Calculator view;
        public CalculatorViewToContractAddInAdapter(Calculator view)
        {
            this.view = view;
        }
        public IListContract<IOperationContract>GetOperations()
        {
            return CollectionAdapters.ToIListContract<Operation,
                IOperationContract>(view.GetOperations(),
                OperationViewToContractAddInAdapter.ViewToContractAdapter,
                OperationViewToContractAddInAdapter.ContractToViewAdapter);
        }
        public double Operate(IOperationContract operation, double[] operands)
        {
            return view.Operate(
                OperationViewToContractAddInAdapter.ContractToViewAdapter(
                    operation), operands);
        }
    }
}

```

---

代码段 CalcAddInAdapter/OperationViewToContractAddInAdapter.cs





因为适配器类由.NET 反射调用, 所以这些类可以使用内部的访问修饰符。因为这些类要具体实现, 所以最好使用 `internal` 访问修饰符。

#### 50.2.4 计算器插件

插件现在包含具体功能的实现代码。它用 `CalculatorV1` 类实现。插件程序集依赖于插件视图程序集, 因为它需要实现 `Calculator` 抽象类。

`AddIn` 属性把类标记为插件, 用于插件存储器, 并添加发布者、版本和描述信息。在宿主端, 这些信息可以从 `AddInToken` 类中访问。

`CalculatorV1` 在 `GetOperations()` 方法中返回一个支持的操作列表。`Operate()` 方法根据操作计算操作数。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
using System;
using System.AddIn;
using System.Collections.Generic;
namespace Wrox.ProCSharp.MAF
{
    [AddIn("CalculatorAddIn", Publisher="Wrox Press", Version="1.0.0.0",
        Description="Sample AddIn")]
    public class CalculatorV1: Calculator
    {
        private List<Operation> operations;
        public CalculatorV1()
        {
            operations = new List<Operation>();
            operations.Add(new Operation() { Name = "+", NumberOperands = 2 });
            operations.Add(new Operation() { Name = "-", NumberOperands = 2 });
            operations.Add(new Operation() { Name = "/", NumberOperands = 2 });
            operations.Add(new Operation() { Name = "*", NumberOperands = 2 });
        }
        public override IList<Operation> GetOperations()
        {
            return operations;
        }
        public override double Operate(Operation operation, double[] operand)
        {
            switch (operation.Name)
            {
                case "+":
                    return operand[0] + operand[1];
                case "-":
                    return operand[0] - operand[1];
                case "/":
                    return operand[0] / operand[1];
                case "*":
                    return operand[0] * operand[1];
                default:
                    throw new InvalidOperationException(
                        String.Format("invalid operation {0}", operation.Name));
            }
        }
    }
}
```

```

    }
}
}

```

---

代码段 CalcAddIn/Calculator.cs

### 50.2.5 计算器宿主视图

下面看看宿主端的宿主视图。与插件视图类似，宿主视图也定义一个抽象类，其方法类似于协定。但是，这里定义的方法由宿主应用程序调用。

Calculator 和 Operation 类都是抽象类，因为其成员由宿主适配器实现。这两个类只需要定义宿主应用程序使用的接口：



```

using System.Collections.Generic;
namespace Wrox.ProCSharp.MAF
{
    public abstract class Calculator
    {
        public abstract IList<Operation> GetOperations();
        public abstract double Operate(Operation operation,
            params double[] operand);
    }
    public abstract class Operation
    {
        public abstract string Name { get; }
        public abstract int NumberOperands { get; }
    }
}

```

---

代码段 HostView/CalculatorHostView.cs

### 50.2.6 计算机宿主适配器

宿主适配器程序集引用宿主视图和协定，从而把视图映射到协定上。OperationContractToViewHostAdapter 类实现 Operation 抽象类的成员。CalculatorContractToViewHostAdapter 类实现 Calculator 抽象类的成员。

在 OperationContractToViewHostAdapter 类中，在构造函数中指定对协定的引用。适配器类还包含一个 ContractHandle 实例，该实例添加了对协定生命周期的引用，这样只要宿主应用程序需要，插件就保持加载状态。



```

using System.AddIn.Pipeline;
namespace Wrox.ProCSharp.MAF
{
    internal class OperationContractToViewHostAdapter: Operation
    {
        private ContractHandle handle;
        public IOperationContract Contract { get; private set; }
        public OperationContractToViewHostAdapter(IOperationContract contract)
        {
            this.Contract = contract;
            handle = new ContractHandle(contract);
        }
    }
}

```

```

        public override string Name
        {
            get
            {
                return Contract.Name;
            }
        }
        public override int NumberOperands
        {
            get
            {
                return Contract.NumberOperands;
            }
        }
    }
    internal static class OperationHostAdapters
    {
        internal static IOperationContract ViewToContractAdapter(Operation view)
        {
            return ((OperationContractToViewHostAdapter)view).Contract;
        }
        internal static Operation ContractToViewAdapter(
            IOperationContract contract)
        {
            return new OperationContractToViewHostAdapter(contract);
        }
    }
}

```

代码段 HostAdapter/OperationContractToViewHostAdapter.cs

`CalculatorContractToViewHostAdapter` 类实现抽象宿主视图类 `Calculator` 的方法，并把调用转发给协定。同样，该类还有一个 `ContractHandle` 实例，它包含对协定的引用，这类似于插件端类型转换的适配器。但这次仅需要从插件适配器向宿主端的类型转换。

`HostAdapter` 属性把类标记为一个需要在 `HostSideAdapters` 目录下安装的适配器。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

using System.Collections.Generic;
using System.AddIn.Pipeline;
namespace Wrox.ProCSharp.MAF
{
    [HostAdapter]
    internal class CalculatorContractToViewHostAdapter: Calculator
    {
        private ICalculatorContract contract;
        private ContractHandle handle;
        public CalculatorContractToViewHostAdapter(ICalculatorContract contract)
        {
            this.contract = contract;
            handle = new ContractHandle(contract);
        }
        public override IList<Operation> GetOperations()
        {
            return CollectionAdapters.ToIList<IOperationContract, Operation>(
                contract.GetOperations(),
                OperationHostAdapters.ContractToViewAdapter,

```

```

        OperationHostAdapters.ViewToContractAdapter);
    }
    public override double Operate(Operation operation, double[] operands)
    {
        return contract.Operate(OperationHostAdapters.ViewToContractAdapter(
            operation), operands);
    }
}
}
}

```

代码段 HostAdapter/OperationContractToViewHostAdapter.cs

## 50.2.7 计算器宿主

示例宿主应用程序使用 WPF 技术。这个应用程序的用户界面如图 50-3 所示。其顶部是可用的插件列表。左边是活动插件的操作。选择要调用的操作时，就会显示操作数。输入操作数的值后，就可以调用插件的操作。

底部一行的按钮用于重建和更新插件存储器，以及退出应用程序。

下面的 XAML 代码显示了用户界面的树型结构。在 `ListBox` 元素中，给项模板使用不同的样式，为插件列表、操作列表和操作数列表指定特定的表示方式。



图 50-3



项模板的内容可参见第 35 章。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

<DockPanel>
  <GroupBox Header="AddIn Store" DockPanel.Dock="Bottom">
    <UniformGrid Columns="4">
      <Button x:Name="rebuildStore" Click="RebuildStore"
        Margin="5"> Rebuild</Button>
      <Button x:Name="updateStore" Click="UpdateStore"
        Margin="5">Update</Button>
      <Button x:Name="refresh" Click="RefreshAddIns"
        Margin="5"> Refresh</Button>
      <Button x:Name="exit" Click="App_Exit" Margin="5">Exit</Button>
    </UniformGrid>
  </GroupBox>
  <GroupBox Header="AddIns" DockPanel.Dock="Top">
    <ListBox x:Name="listAddIns" ItemsSource="{Binding}"
      Style="{StaticResource listAddInsStyle}"/>
  </GroupBox>
  <GroupBox DockPanel.Dock="Left" Header="Operations">
    <ListBox x:Name="listOperations" ItemsSource="{Binding}"
      Style="{StaticResource listOperationsStyle}"/>
  </GroupBox>
  <StackPanel DockPanel.Dock="Right" Orientation="Vertical">
    <GroupBox Header="Operands">

```

```

        <ListBox x:Name="listOperands" ItemsSource="{Binding}"
            Style="{StaticResource listOperandsStyle}">
        </ListBox>
    </GroupBox>
    <Button x:Name="buttonCalculate" Click="Calculate" IsEnabled="False"
        Margin="5">Calculate</Button>
    <GroupBox DockPanel.Dock="Bottom" Header="Result">
        <Label x:Name="labelResult" />
    </GroupBox>
</StackPanel>
</DockPanel>

```

代码段 HostAppWPF/CalculatorHostWindow.xaml

在代码隐藏中，在 Window 的构造函数中调用 FindAddIns() 方法。FindAddIns() 方法使用 AddInStore 类获得 AddInToken 对象的集合，把它们传递给 listAddIns 列表框的 DataContext 属性，以显示它们。AddInStore.FindAddIns() 方法的第一个参数传递宿主视图定义的 Calculator 抽象类，从存储器中查找应用于协定的所有插件。第二个参数传递从应用程序配置文件中读取的管道目录。运行 Wrox 下载网站(<http://www.wrox.com>)上的示例应用程序时，需要修改应用程序配置文件中的目录，以匹配自己的目录结构。



```

using System;
using System.AddIn.Hosting;
using System.Diagnostics;
using System.IO;
using System.Linq;
using System.Windows;
using Wrox.ProCSharp.MAF.Properties;
namespace Wrox.ProCSharp.MAF
{
    public partial class CalculatorHostWindow: Window
    {
        private Calculator activeAddIn = null;
        private Operation currentOperation = null;
        public CalculatorHostWindow()
        {
            InitializeComponent();
            FindAddIns();
        }
        void FindAddIns()
        {
            try
            {
                this.listAddIns.DataContext =
                    AddInStore.FindAddIns(typeof(Calculator),
                    Settings.Default.PipelinePath);
            }
            catch (DirectoryNotFoundException ex)
            {
                MessageBox.Show("Verify the pipeline directory in the " +
                    "config file");
                Application.Current.Shutdown();
            }
        }
    }
}

```

```
}
//...
```

---

代码段 HostAppWPF/CalculatorHostWindow.xaml

---

要更新插件存储器的缓存，UpdateStore()和 RebuildStore()方法应映射到 Update 和 Rebuild 按钮的 Click 事件上。在这些方法的实现代码中，使用 AddInStore 类的 Update()或 Rebuild()方法。如果程序集存储在错误的目录下，这些方法就返回一个警告字符串数组。由于管道结构比较复杂，因此第一次把程序集复制到正确的目录下时，其项目配置不太可能完全正确。阅读这些方法返回的信息，可以清楚地了解出错原因。例如，“在程序集\Pipeline\AddInSideAdapters\CalcView.dll 中没有找到可用的 AddInAdapter 部件”消息表示，CalcView 程序集存储在错误的目录下。

```
private void UpdateStore(object sender, RoutedEventArgs e)
{
    string[] messages = AddInStore.Update(Settings.Default.PipelinePath);
    if (messages.Length != 0)
    {
        MessageBox.Show(string.Join("\n", messages),
            "AddInStore Warnings", MessageBoxButton.OK,
            MessageBoxImage.Warning);
    }
}
private void RebuildStore(object sender, RoutedEventArgs e)
{
    string[] messages =
        AddInStore.Rebuild(Settings.Default.PipelinePath);
    if (messages.Length != 0)
    {
        MessageBox.Show(string.Join("\n", messages),
            "AddInStore Warnings", MessageBoxButton.OK,
            MessageBoxImage.Warning);
    }
}
```

在图 50-3 中，可看到插件的旁边有一个 Activate 按钮。单击这个按钮会调用处理程序方法 ActivateAddIn()。在这个方法的实现代码中，使用 AddInToken 类的 Activate()方法激活插件。其中插件加载到用 AddInProcess 类创建的一个新进程中。AddInProcess 类启动 AddInProcess32.exe 进程。把该进程的 KeepAlive 属性设置为 false，只要最后一个插件引用被垃圾回收了，该进程就停止。AddInSecurityLevel.Internet 参数使插件在有限的权限下运行。ActivateAddIn()方法的最后一条语句调用 ListOperations()方法，ListOperations()方法又调用插件的 GetOperations()方法。GetOperations()方法把返回的列表赋予 listOperations 列表框的 DataContext 属性，用于显示所有操作。

```
private void ActivateAddIn(object sender, RoutedEventArgs e)
{
    FrameworkElement el = sender as FrameworkElement;
    Trace.Assert(el != null, "ActivateAddIn invoked from the wrong " +
        "control type");

    AddInToken addIn = el.Tag as AddInToken;
    Trace.Assert(el.Tag != null, String.Format(
        "An AddInToken must be assigned to the Tag property " +
        "of the control {0}", el.Name));
```

```

        AddInProcess process = new AddInProcess();
        process.KeepAlive = false;

        activeAddIn = addIn.Activate<Calculator> (process,
            AddInSecurityLevel.Internet);
        ListOperations();
    }
    void ListOperations()
    {
        this.listOperations.DataContext = activeAddIn.GetOperations();
    }

```

激活插件并在 UI 上显示操作列表后,用户就可以选择操作。在 Operations 类别中 Button 的 Click 事件赋予处理程序方法 OperationSelected()。在这个方法的实现代码中,检索赋予 Button 的 Tag 属性的 Operation 对象,获得操作所需要的操作数个数。为了允许用户给操作数添加值,把一个 OperandUI 对象数组绑定到 listOperands 列表框上。

```

private void OperationSelected(object sender, RoutedEventArgs e)
{
    FrameworkElement el = sender as FrameworkElement;
    Trace.Assert(el != null, "OperationSelected invoked from " +
        "the wrong control type");
    Operation op = el.Tag as Operation;
    Trace.Assert(el.Tag != null, String.Format(
        "An AddInToken must be assigned to the Tag property " +
        "of the control {0}", el.Name));
    currentOperation = op;
    ListOperands(new double[op.NumberOperands]);
}
private class OperandUI
{
    public int Index { get; set; }
    public double Value { get; set; }
}
void ListOperands(double[] operands)
{
    this.listOperands.DataContext =
        operands.Select((operand, index) =>
            new OperandUI()
            { Index = index + 1, Value = operand }).ToArray();
}

```

通过 Calculate 按钮的 Click 事件调用 Calculate()方法。这里从 UI 中检索操作数,把操作和操作数传递给插件的 Operate()方法,结果显示为标签的内容:

```

private void Calculate(object sender, RoutedEventArgs e)
{
    OperandUI[] operandsUI = (OperandUI[])this.listOperands.DataContext;
    double[] operands = operandsUI.Select(opui => opui.Value).ToArray();
    labelResult.Content = activeAddIn.Operate(currentOperation,
        operands);
}

```

### 50.2.8 其他插件

现在完成了艰苦的工作。创建了管道组件和宿主应用程序。管道现在可以正常工作，还可以轻松地在宿主应用程序中添加其他插件，例如，下面的 Advanced Calculator 插件：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
[AddIn("Advanced Calc", Publisher = "Wrox Press", Version = "1.1.0.0",  
      Description = "Another AddIn Sample")]  
public class AdvancedCalculatorV1: Calculator
```

代码段 [AdvancedCalcAddIn/AdvancedCalculator.cs](#)

## 50.3 小结

本章学习了新颖的.NET 3.5 技术的概念：Managed Add-In Framework。

MAF 使用管道概念使宿主程序集和插件程序集创建完全独立。清楚定义的协定把宿主视图和插件视图分开。适配器可以使宿主端和插件端独立地修改。

下一章介绍如何通过.NET Enterprise Services 使用.NET 组件。



# 第 51 章

## Enterprise Services

本章内容:

- Enterprise Services 的功能
- 使用 Enterprise Services
- 创建服务组件
- 部署 COM+应用程序
- 使用事务和 COM+
- 为 Enterprise Services 创建 WCF 外观
- 从 WCF 客户端中使用 Enterprise Services

Enterprise Services 是 Microsoft 应用程序服务器技术的另一个名称,它为分布式解决方案提供服务。Enterprise Services 基于已使用多年的 COM+技术。然而,除了把.NET 对象包装为 COM 对象,以使用这些服务,.NET 还对.NET 组件进行了扩展,使.NET 组件可以直接利用这些服务。通过.NET,将很容易访问.NET 组件的 COM+服务。

Enterprise Services 还可以与 WCF 集成。使用一个工具可以为服务组件自动创建 WCF 服务前端,并从 COM+客户程序中调用 WCF 服务。



本章使用样本数据库 Northwind,它可以从 Microsoft 下载页面 [www.microsoft.com/downloads](http://www.microsoft.com/downloads) 上下载。

### 51.1 使用 Enterprise Services

如果了解 Enterprise Services 的历史,就很容易理解 Enterprise Services 的复杂性和不同的配置选项(如果解决方案的所有组件都用.NET 开发,则不需要许多配置选项)。所以本节首先介绍 Enterprise Services 的历史。

之后,概述这种技术提供的不同服务,以便探讨应用程序可以使用的功能。

本节描述 Enterprise Services 的历史、其功能基于的环境,以及重要功能,例如,自动事务处理、对象池、基于角色的安全性、队列组件和松散耦合事件。

### 51.1.1 简史

Enterprise Services 可以追溯到作为 Windows NT 4.0 的一个选项包发布的 Microsoft 事务服务器 (Microsoft Transaction Server, MTS)。MTS 通过提供 COM 对象的事务处理等服务, 来扩展 COM。可以通过配置元数据来使用这些服务: 组件的配置定义了是否需要事务处理。有了 MTS, 就不再需要以编程方式处理事务。但是, MTS 有一个重要缺陷。因为 COM 不可扩展, 所以 MTS 在进行扩展时, 要重写 COM 组件注册配置, 把组件的实例化指向 MTS, 在 MTS 中实例化 COM 对象时还需要一些特殊的 MTS API 调用。这个问题在 Windows 2000 中得到了解决。

Windows 2000 的一个最重要的功能是在 COM+技术中集成了 MTS 和 COM。在 Windows 2000 中, 因为 COM+基本服务可以识别 COM+服务(以前的 MTS 服务)需要的环境, 所以不再需要特殊的 MTS API 调用。在 COM+服务中, 除了分布式事务之外, 还增加了一些新的服务功能。

Windows 2000 包含 COM+ 1.0。自从 Windows XP 和 Windows Server 2003 以来 COM+ 1.5 可用。COM+ 1.5 新增了更多功能, 以提高可伸缩性和可用性, 包括应用程序池和循环, 以及可配置的隔离级别。

.NET Enterprise Services 允许在 .NET 组件中使用 COM+服务, 并为 Windows 2000 及其后续版本提供支持。当在 COM+应用程序中运行 .NET 组件时, 不需要使用 CCW(参阅第 26 章); 而应用程序作为 .NET 组件运行。在操作系统上安装 .NET 运行库时, 会给 COM+服务添加一些运行库扩展。如果安装了两个带有 Enterprise Services 的 .NET 组件, 且 A 组件使用 B 组件, 则不使用 COM 编组功能, .NET 组件可以直接彼此调用。

### 51.1.2 使用 Enterprise Services 的场合

业务应用程序在逻辑上可以分为表示层、业务层和数据服务层。表示服务层(presentation service layer)负责用户交互, 在该服务层上, 用户可以与应用程序交互, 来输入和查看数据。这一层使用的技术是 Windows 窗体、WPF 和 ASP.NET。业务服务层由业务规则和数据规则组成。数据服务层与持久存储器交互。在该层上可以通过组件来使用 ADO.NET。Enterprise Services 可以在业务服务层和数据服务层上使用。

图 51-1 显示了两个典型应用程序的情况。Enterprise Services 可以直接从使用 Windows 窗体或 WPF 的胖客户端中使用, 或从运行 ASP.NET 的 Web 应用程序中使用。

Enterprise Services 也是一种可伸缩的技术。使用组件负载均衡技术, 就可以在不同的系统上分布客户端的负载。

还可以在客户端系统上使用 Enterprise Services, 因为该技术包含在 Windows 7 和 Windows Vista 中。

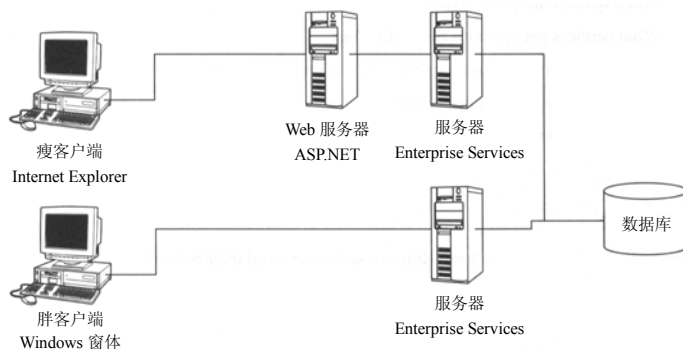


图 51-1

### 51.1.3 重要功能

下面看看使用 Enterprise Services 的优点，介绍它的重要功能，例如，自动事务处理、基于角色的安全性、队列组件和松散耦合事件。

#### 1. 环境

Enterprise Services 所提供的服务的基本功能是上下文(context)，该上下文是 Enterprise Services 所有功能的基础。该上下文可以截获方法调用，在调用希望的方法调用之前执行某个服务功能。例如，在调用组件实现的方法之前，可以创建事务作用域或同步范围。图 51-2 显示了运行在两个不同上下文 X 和 Y 中的对象 A 和对象 B。通过代理在上下文之间截获调用。该代理可以使用 Enterprise Services 所提供的服务，该服务用后面的功能解释。

这里通过上下文，COM 组件和 .NET 组件就可以参与同一个事务处理。这要归功于 ServicedComponent 基类，这个类本身派生自 MarshalByRefObject，用于集成 .NET 和 COM+ 上下文。

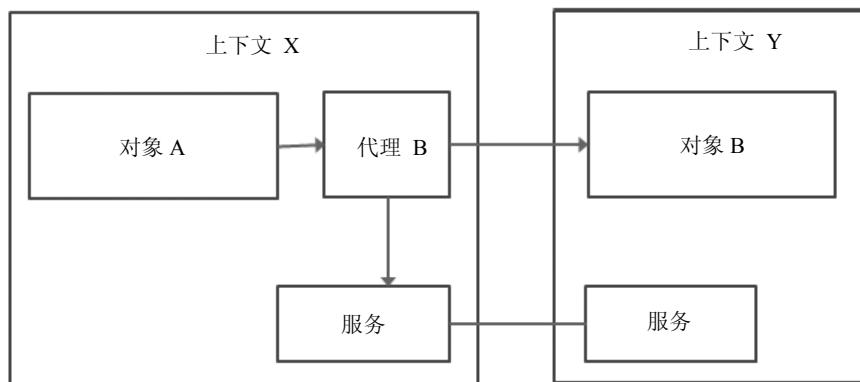


图 51-2

#### 2. 自动事务处理

Enterprise Services 最常用的功能是自动事务处理。使用自动事务处理，就不需要在代码中启动和提交事务，而是可以把属性应用于一个类。使用 [Transaction] 属性和 Required、Supported、RequiresNew、NotSupported 选项，就可以用类对事务的要求标记类。如果用 Required 选项标记属性，在方法启动时就会自动创建一个事务，并在完成事务的根组件完成时提交或终止事务。

在开发复杂的对象模型时，程序的这种声明方式具有特别的优势。这里，自动事务处理与手动为事务编程相对有优势。例如，假定有一个 Person 对象，以及几个与 Person 对象关联的 Address 和 Document 对象。现在要把 Person 对象和所有关联的对象都存储在一个事务中。通过编程方式进行事务处理，就意味着把一个事务对象传递给所有相关的对象，以便它们能参与同一个事务处理。以声明的方式使用事务，就不需要传递事务对象，因为这会通过上下文在后台上进行。

#### 3. 分布式事务处理

Enterprise Services 不仅提供了自动事务处理，事务处理还可以分布在多个数据库上。Enterprise Services 事务处理通过分布式事务处理协调器(Distributed Transaction Coordinator, DTC)来登记。DTC

支持使用 XA 协议的数据库, XA 协议是一种分两个阶段提交的协议, 由 SQL Server 和 Oracle 支持。单个事务处理可以把写入的数据分布到 SQL Server 和 Oracle 数据库中。

分布式事务处理不仅对数据库有用, 而且单个事务处理还可以把写入的数据分布到数据库和消息队列上, 如果这两个操作中的一个失败, 另一个操作就会回滚。消息队列详见第 46 章。



Enterprise Services 支持可升级的事务处理。如果使用 SQL Server, 且在一个事务处理中只要一个激活的连接, 就创建一个本地事务处理。如果在同一个事务处理中激活了另一个事务处理资源, 该事务处理就升级为 DTC 事务处理。

本章后面将讨论如何创建需要事务处理的组件。

#### 4. 对象池

对象池是 Enterprise Services 提供的另一个功能。这些服务使用线程池来回应客户端的请求。对象池可以用于初始化时间比较长的对象。使用对象池, 就会提前创建对象, 这样客户端就不需要一直等待直到初始化对象。

#### 5. 基于角色的安全性

使用基于角色的安全性, 可以以声明方式定义角色, 定义从什么角色中可以使用哪些方法或组件。系统管理员给用户或用户组赋予这些角色。在程序中, 不需要处理访问控制列表, 而可以使用只是简单字符串的角色。

#### 6. 队列组件

队列组件是消息队列的一个抽象层。客户端不是把消息发送给消息队列, 而是通过一个记录器调用方法, 该记录器提供的方法与在 Enterprise Services 中配置的 .NET 类相同。该记录器再创建消息, 通过消息队列把它们传输给服务器应用程序。

如果客户端应用程序运行在断开连接的环境中(例如, 不总是连接到服务器的笔记本电脑), 或者发送给服务器的请求要在转发给另一个服务器(例如发送给商业伙伴的服务器)之前缓存, 队列组件和消息队列就很有用。

#### 7. 松散耦合事件

第 8 章讨论了 .NET 的事件模型, 第 26 章讨论了如何在 COM 环境中使用事件。通过这两种事件机制, 客户端和服务端之间就会建立一个牢固的连接。这与松散耦合事件(LCE)不同。在 LCE 中, COM+功能会插入客户端和服务端之间(如图 51-3 所示)。发布者会通过定义一个事件类, 用 COM+来注册它提供的事件。发布者不是把事件直接发送给客户端, 而是把事件发送给用 LCE 服务注册的事件类。LCE 服务会把事件转发给订阅者, 订阅者是为事件注册请求订阅的客户端应用程序。

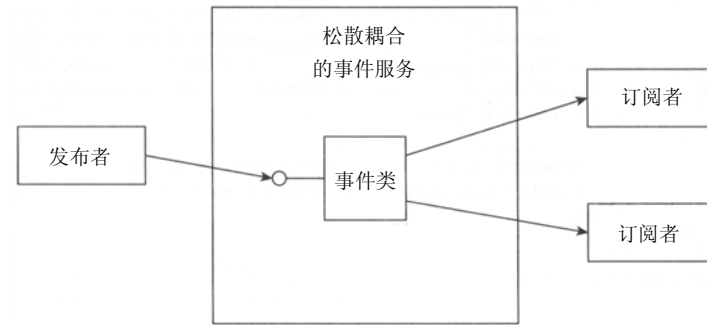


图 51-3

## 51.2 创建简单的 COM+应用程序

创建可以用 Enterprise Services 配置的 .NET 类时，必须引用 System.EnterpriseServices 程序集，把 System.EnterpriseServices 名称空间添加到 using 声明中。这个应用程序所使用的最重要的类是 ServicedComponent。

第一个示例仅说明创建服务组件的基本要求。首先创建一个 C# 库应用程序。所有 COM+ 应用程序都必须作为库应用程序编写，无论它们将运行在自己的进程中，还是运行在客户端的进程中，都是如此。把该库命名为 SimpleServer。引用 System.EnterpriseServices 程序集，给 AssemblyInfo.cs 文件和 Class1.cs 文件添加“using System.EnterpriseServices;”声明。

对于该项目还需要对库应用一个强名称。对于一些 Enterprise Services 功能，还需要在全局程序集缓存中安装程序集。强名称和全局程序集缓存在第 18 章讨论过。

### 51.2.1 ServicedComponent 类

每个服务组件类都必须派生于 ServicedComponent 基类。因为 ServicedComponent 类本身派生自 ContextBoundObject 类，所以实例会绑定到 .NET Remoting 环境上。

ServicedComponent 类包含一些可重写且受保护的方法，如表 51-1 所示。

表 51-1

受保护的方法	说 明
Activate()、 Deactivate()	如果把对象配置为使用对象池，就调用 Activate() 和 Deactivate() 方法。从对象池中取出对象时，调用 Activate() 方法。在对象返回对象池之前，调用 Deactivate() 方法
CanBePooled()	这是对象池的另一个方法。如果对象的状态不一致，就可以在 CanBePooled() 方法重写的实现代码中返回 false。虽然这样对象就不会放回对象池，但是它被销毁。而对象池会创建一个新对象
Construct()	这个方法在实例化时调用，实例化时将一个构造字符串传递给对象。构造字符串可以由系统管理员修改。本章后面将使用构造字符串定义数据库连接字符串

### 51.2.2 程序集的属性

还需要一些 Enterprise Services 属性。ApplicationName 属性定义应用程序在 Component Services Explorer 中显示的名称。Description 属性的值在应用程序配置工具中显示为对应描述。

`ApplicationActivate` 属性允许使用 `ActivationOption.Library` 或 `ActivationOption.Server` 选项, 定义应用程序是应配置为库应用程序还是服务器应用程序。如果配置为库应用程序, 该应用程序就会在客户端的进程中加载。在这种情况下, 客户端可能是 ASP.NET 运行库。如果配置为服务器应用程序, 就启动应用程序的进程。进程的名称是 `dllhost.exe`。使用 `ApplicationAccessControl` 属性可以关闭安全功能, 这样每个用户就都可以使用组件。

把 `class1.cs` 文件重命名为 `SimpleComponent.cs`, 在名称空间声明的外部添加这些属性:

```
[assembly: ApplicationName("Wrox EnterpriseDemo")]
[assembly: Description("Wrox Sample Application for Professional C#")]
[assembly: ApplicationActivation(ActivationOption.Server)]
[assembly: ApplicationAccessControl(false)]
```

表 51-2 列出了可以用 Enterprise Services 应用程序定义的、最重要的程序集属性。

表 51-2

属 性	说 明
<code>ApplicationName</code>	<code>ApplicationName</code> 属性定义 COM+应用程序的名称, 在配置组件后, 该名称显示在 Component Services Explorer 中
<code>ApplicationActivation</code>	<code>ApplicationActivation</code> 属性确定应用程序是应作为库运行在客户端应用程序库中, 还是应启动一个单独的进程。要配置的选项用 <code>ActivationOption</code> 枚举定义。 <code>ActivationOption.Library</code> 指定在客户端的进程中运行应用程序; <code>ActivationOption.Server</code> 启动它自己的进程 <code>dllhost.exe</code>
<code>ApplicationAccessControl</code>	<code>ApplicationAccessControl</code> 特性定义应用程序的安全配置。使用布尔值可以设置启用或禁用访问控制。使用 <code>Authentication</code> 属性可以设置私有级别: 即客户端是应在每个方法调用中验证, 还是仅在连接时验证, 还可以确定发送的数据是否应加密

### 51.2.3 创建组件

在 `SimpleComponent.cs` 文件中, 可以创建服务组件类。对于服务组件, 最好定义一个接口作为客户端和组件之间的协定。虽然这不是一个苛刻的要求, 但一些 Enterprise Services 功能(例如, 在方法或接口级别上设置基于角色的安全性)需要接口。用 `Welcome()` 方法创建 `IGreeting` 接口。可以从 Enterprise Services 功能中访问的服务组件类和接口都需要应用 `CpmVisible` 特性:



```
using System.Runtime.InteropServices;

namespace Wrox.ProCSharp.EnterpriseServices
{
    [ComVisible(true)]
    public interface IGreeting
    {
        string Welcome(string name);
    }
}
```

代码段 SimpleServer/IGreeting.cs

`SimpleComponent` 类派生自 `ServicedComponent` 基类, 并实现 `IGreeting` 接口。`ServicedComponent` 类作为所有服务组件类的基类, 为激活阶段和构造阶段提供一些方法。把 `EventTrackingEnabled` 特

性应用于这个类，使之能用 Component Services Explorer 监控对象。在默认情况下禁用监控功能，因为使用这个功能会降低性能。Description 特性仅指定显示在 Explorer 上的文本：



```
using System.EnterpriseServices;
using System.Runtime.InteropServices;

namespace Wrox.ProCSharp.EnterpriseServices
{
    [EventTrackingEnabled(true)]
    [ComVisible(true)]
    [Description("Simple Serviced Component Sample")]
    public class SimpleComponent: ServicedComponent, IGreeting
    {
        public SimpleComponent()
        {
        }
    }
}
```

代码段 SimpleServer/SimpleComponent.cs

Welcome()方法仅返回“Hello, ”和传递给参数的名称。这样在 Component Services Explorer 中运行组件的同时可以查看一些可见的结果，Thread.Sleep()方法模拟一些处理时间：

```
public string Welcome(string name)
{
    // simulate some processing time
    System.Threading.Thread.Sleep(1000);
    return "Hello, " + name;
}
}
```

除了应用一些特性和从 ServicedComponent 派生类之外，不需要对使用 Enterprise Services 功能的类做什么特别的工作。剩下的就是构建和部署客户应用程序。

在第一个示例组件中设置 EventTrackingEnabled 特性。有一些更常用的特性会影响服务组件的配置，如表 51-3 所示。

表 51-3

特 性 类	说 明
EventTrackingEnabled	设置 EventTrackingEnabled 特性，将允许使用 Component Services Explorer 监控组件。因为把这个特性设置为 true 会产生额外的开销，所以默认情况下关闭事件跟踪功能
JustInTimeActivation	使用这个特性，可以把组件配置为在调用者实例化类时不激活，而在调用第一个方法时激活。另外，使用这个特性，组件可以自动失效
ObjectPooling	如果与方法调用的时间相比，组件的初始化时间比较长，就可以用 ObjectPooling 特性配置对象池。使用这个特性，可以定义影响池中对象数的最大值和最小值
Transaction	Transaction 特性定义组件的事务特征。这里组件定义了是否需要、支持或不支持事务

## 51.3 部署

拥有服务组件的程序集必须用 COM+配置。这个配置可以自动进行，或通过手工注册程序集来完成。

### 51.3.1 自动部署

如果启动使用服务组件的.NET 客户端应用程序，就会自动配置 COM+应用程序。所有派生自 `ServicedComponent` 类的类都是这样。诸如 `EventTrackingEnabled` 的应用程序特性和类特性定义该配置的特征。

自动部署有一个重要的缺点。在自动部署时，客户端应用程序需要管理权限。如果调用服务组件的客户端应用程序是 ASP.NET 应用程序，那么 ASP.NET 运行库一般没有管理权限。因为这个缺点，所以自动部署仅在开发阶段有用。而在开发阶段，自动部署是一个极大的优势。在每次构建程序后，都不需要进行手动部署。

### 51.3.2 手动部署

手动部署程序集可以通过.NET 服务安装工具 `regcvcs.exe`(一种命令行实用程序)进行。输入下面的命令：

```
regcvcs SimpleServer.dll
```

就会把 `SimpleServer` 程序集注册为一个 COM+应用程序，并根据其属性配置包含的组件，创建一个可以由访问.NET 组件的 COM 客户端使用的类型库。

在配置好程序集后，就可以选择 `Administrative Tools | Component Services` 命令，启动 `Component Services Explorer`。在应用程序的左边树型视图中选择 `Component Services | Computers | My Computer | COM+ Application`，验证应用程序是否已配置。



在 Windows Vista 上，必须启动 MMC，添加 Component Services 插件，才能看到组件服务管理器。

### 51.3.3 创建安装软件包

使用组件服务管理器，可以为服务器系统或客户端系统创建安装软件包。服务器的安装软件包包含用于把应用程序安装到另一个服务器上的程序集和配置设置。如果在运行在另一个系统上的应用程序中调用服务组件，就必须在客户端系统上安装一个代理。客户端的安装软件包包含代理的程序集和配置。

要创建安装软件包，可以启动组件服务管理

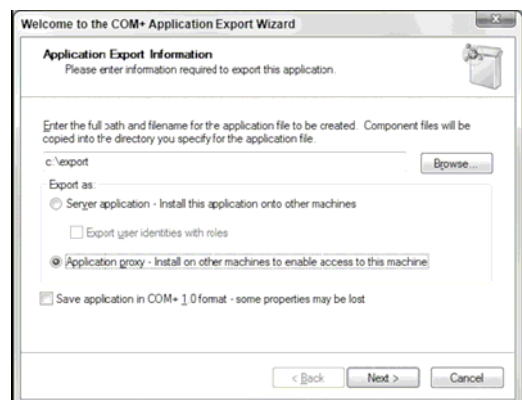


图 51-4



器，选择 COM+ 应用程序，选择菜单项 Action | Export，单击第一个对话框中的 Next 按钮，打开如图 51-4 所示的对话框。在这个对话框中可以导出 Server application 或 Application proxy。在 Server application 选项中，还可以进行配置，导出带有角色的用户标识。这个选项只能在目标系统与创建安装软件包的系统在同一域中时使用，因为配置的用户标识放在安装软件包中。使用 Application proxy 选项，会创建客户端系统的安装软件包。



如果应用程序配置为库应用程序，创建 Application proxy 的选项就不可用。

要安装代理，只需启动安装软件包中的 setup.exe。注意应用程序代理不能安装在应用程序所安装在的同一个系统中。在安装完应用程序代理后，在组建服务管理器中就有一项表示应用程序代理。在应用程序代理中，能配置的唯一选项是 Activation 选项卡中的服务器名，如下一节所述。

## 51.4 组件服务管理器

在成功配置后，就可以在组件服务管理器的树型视图中查看 Wrox EnterPriseDemo 应用程序名。这个名称由 [ApplicationName] 特性设置。选择 Action | Properties 命令，打开如图 51-5 所示的对话框。名称和描述都已使用属性配置了。在选择 Activations 选项卡时，可以看到该应用程序被配置为服务器应用程序，因为它使用 [ApplicationActivation] 特性定义，选择 Security 选项卡，其中没有选择 Enforce access checks for this application 选项，因为把 [ApplicationAccessControl] 特性设置为 fasle。

通过这个应用程序还可以设置其他一些选项：

- **Security**——在安全配置中，可以启用或禁用访问检查。如果启用安全功能，就可以把访问检查设置为应用程序级别、组件、接口和方法级别。还可以把数据包私密性作为调用的身份验证级别，加密在网络上发送的消息。当然，这会增加系统开销。
- **Identity**——在服务器应用程序中，使用 Identity 选项卡可以为驻留应用程序的进程配置要使用的用户账户。在默认情况下，这是一个交互式的用户。这个设置在调试应用程序时非常有用，但如果应用程序正在服务器上运行，该设置就不能在产品系统上使用，因为没有人能登录。在把应用程序安装到产品系统上之前，应为应用程序使用特定的用户，来测试应用程序。
- **Activation**——Activation 选项卡允许把应用程序配置为库或服务器应用程序。COM+ 1.5 的两个新选项是把应用程序作为 Windows 服务运行和使用 SOAP 访问应用程序。第 25 章讨论过 Windows 服务。选择 SOAP 选项，将使用在 Internet Information Server 中配置的 .NET



图 51-5

Remoting 来访问组件。本章的后面不使用 .NET Remoting，而使用 WCF 访问组件。WCF 已在第 43 章讨论过。

对于应用程序代理，Remote server name 选项是可以配置的唯一选项。使用这个选项可以设置服务器名。在默认情况下，DCOM 协议用作网络协议。但是，如果在服务器配置选择 SOAP，就通过 .NET Remoting 进行通信。

- **Queuing**——使用消息队列的服务组件需要 Queuing 配置。
- **Advanced**——在 Advanced 选项卡中，可以指定应用程序是否应在客户端处于未激活状态一段时间后停止。还可以指定是否锁定某个配置，这样就不会有人在无意中修改它。
- **Dump**——如果应用程序崩溃，就可以指定应把转储文件存储在目录的什么地方。Dump 对于利用 C++ 开发的组件很有用。
- **Pooling & Recycling**——这是 COM+ 1.5 的一个新选项。利用这个选项可以配置应用程序是否根据生命周期、需要的内存、调用的次数等重新启动(循环)。

使用 Component Services 浏览器还可以查看和配置组件本身。在打开应用程序的子元素时，可以查看 Wrox.ProCSharp.EnterpriseServices.SimpleComponent 组件。选择 Action | Properties 命令会打开如图 51-6 所示的对话框。

使用这个对话框，可以配置如下选项：

- **Transactions**——使用 Transactions 选项卡可以指定组件是否需要事务。下一个示例将使用这个功能。
- **Security**——如果应用程序启用安全功能，利用这个配置就可以定义允许使用组件的角色。
- **Activation**——Activation 配置允许设置对象池，指定构造字符串。
- **Concurrency**——如果组件不是线程安全的，concurrency 就可以设置为 Required 或 Requires New。这样 COM+ 运行库一次就仅允许一个线程访问组件。

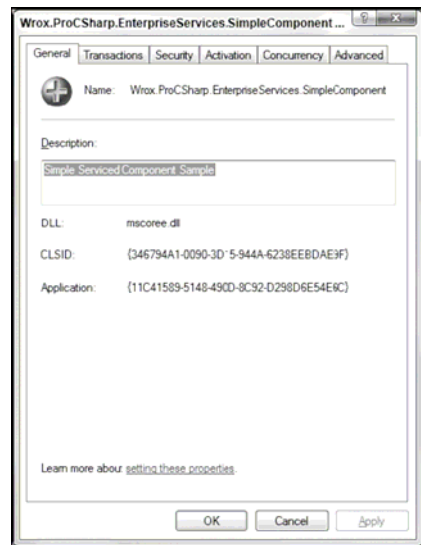


图 51-6

## 51.5 客户端应用程序

在构建服务组件库后，就可以创建客户端应用程序，这可以是简单的 C# 控制台应用程序。在为客户端创建项目后，必须引用服务组件中的 SimpleServer 程序集和 System.EnterpriseServices 程序集。接着编写代码，实例化一个新的 SimpleComponent 实例，并调用 Welcome() 方法。在下面的代码中，调用 Welcome() 方法 10 次。在垃圾收集器采取措施前，using 语句帮助释放分配给实例的资源。通过 using 语句，就会在 using 语句块的结尾处调用服务组件的 Dispose() 方法。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
using System;
namespace Wrox.ProCSharp.EnterpriseServices
{
```

```

class Program
{
    static void Main()
    {
        using (SimpleComponent obj = new SimpleComponent())
        {
            for (int i = 0; i < 10; i++)
            {
                Console.WriteLine(obj.Welcome("Stephanie"));
            }
        }
    }
}

```

---

代码段 ClientApplication/Program.cs

如果在配置服务器之前启动客户端应用程序，服务器就会自动配置。服务器的自动配置通过属性指定的值来进行。下面进行测试。注销服务组件，并再次启动客户程序。如果在客户端应用程序的启动过程中配置服务组件，启动时间就会较长。这个功能只能用在开发阶段。自动部署还需要管理权限。如果从 Visual Studio 中启动应用程序，就应在有管理权限的情况下启动 Visual Studio。

在运行应用程序时，可以用 Component Services Explorer 监控服务组件。在树型视图中选择 Components，再选择 View | Detail 命令，就可以查看设置[EventTrackingEnabled]特性后实例化对象的个数。

可以看出，创建服务组件就是从 ServicedComponent 基类中派生一个类，再设置一些特性，来配置应用程序。下面要学习如何同时使用事务和服务组件。

## 51.6 事务

自动事务处理是 Enterprise Services 中最常用的功能。使用 Enterprise Services 可以把组件标记为需要事务，接着从 COM+ 运行库中创建事务。组件中所有能识别事务的对象(如 ADO.NET 连接)都在事务中运行。



事务的概念详见第 23 章。

### 51.6.1 事务的特性

服务组件可以用[Transaction]特性标记，以定义组件是否需要事务，以及如何进行事务处理。

图 51-7 显示了不同的事务配置的多个组件。客户调用组件 A。因为组件 A 用 TransactionOption.Required 配置，而且以前不存在事务，所以创建一个新的事务 1。组件 A 调用组件 B，组件 B 调用组件 C。因为组件 B 用 TransactionOption.Supported 配置，而组件 C 的配置是 TransactionOption.Required，所以 3 个组件(A、B 和 C)都使用同一个事务环境。如果组件 B 用 TransactionOption.NotSupported 配置，组件 C 就会得到一个新事务。因为组件 D 用 TransactionOption.RequiresNew 配置，所以在组件 A 调用组件 D 时，会创建一个新事务。

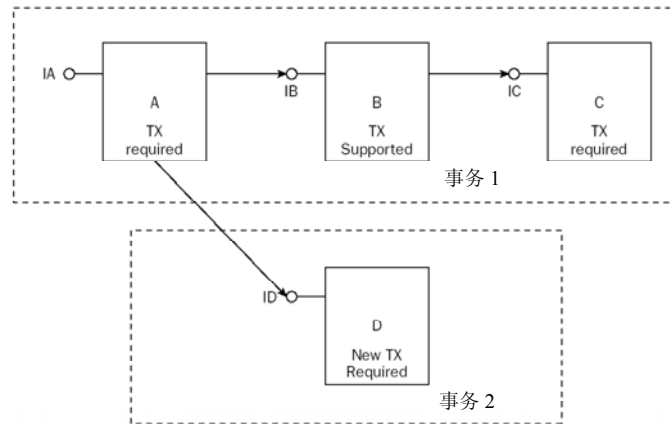


图 51-7

表 51-4 给出了用 TransactionOption 可以设置的不同值。

表 51-4

TransactionOption 枚举的值	说 明
Required	把[Transaction]特性设置为 TransactionOption.Required, 表示组件在事务中运行。如果已经创建了一个事务, 组件就运行在同一个事务中。如果不存在任何事务, 就创建一个事务
RequiresNew	TransactionOption.RequiresNew 总是会创建一个新的事务。组件从来不参与调用者所在的事务
Supported	使用 TransactionOption.Supported, 组件就不需要事务。但是, 如果这些组件需要事务, 事务就会跨越调用者和被调用的组件
NotSupported	TransactionOption.NotSupported 选项表示无论调用者是否有事务, 组件从来都不运行在事务中
Disabled	TransactionOption.Disabled 表示忽略当前上下文的事务

### 51.6.2 事务的结果

设置环境的 consistent 位和 done 位会影响事务。如果把 consistent 位设置为 true, 就表示组件对事务的结果很满意。如果所有参与事务处理的组件都成功了, 就提交该事务。如果把 consistent 位设置为 false, 则组件对事务的结果不满意, 在启动事务的根对象完成时, 就会终止事务。如果设置了 done 位, 就可以在方法调用结束后停用对象, 用下一个方法调用创建新实例。

使用 ContextUtil 类的 4 个方法可以设置 consistent 位和 done 位, 结果如表 51-5 所示。

表 51-5

ContextUtil 方法	consistent 位	done 位
SetComplete()	true	true
SetAbort()	false	true

EnableCommit()	true	false
DisableCommit()	false	false

在.NET 中, 还可以对方法应用[AutoComplete]特性, 来设置 consistent 位和 done 位, 而不是调用 ContextUtil()方法。使用这个特性, 如果方法成功, 就自动调用 ContextUtil.SetComplete()方法。如果方法失败, 并抛出一个异常, 则通过[AutoComplete]特性调用 ContextUtil. SetAbort()方法。

## 51.7 示例应用程序

在这个示例应用程序中, 要模拟一个简化的场景: 把一些新订单写入 Northwind 样本数据库中。如图 51-87 所示, 多个组件和 COM+应用程序一起使用。从客户端应用程序中调用 OrderControl 类, 创建新的订单。OrderControl 类使用 OrderData 组件, 该组件负责在 Northwind 数据库的 Order 表中创建一个新条目。OrderData 组件使用 OrderLineData 组件把 Order Detail 条目写入数据库中。OrderData 和 OrderLineData 组件都必须参与同一个事务处理。

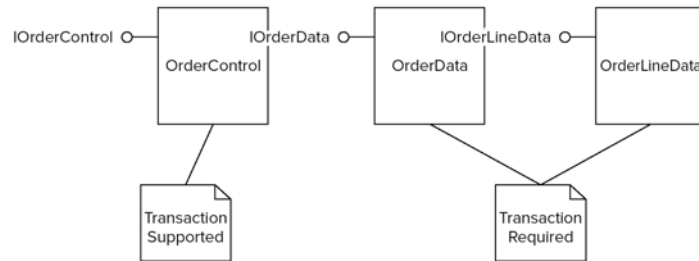


图 51-8

首先要创建一个 C#组件库, 命名为 NorthwindCompnnent。用密钥文件给程序集签名, 定义 Enterprise Services 应用程序特性, 如下面的代码所示:



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
[assembly: ApplicationName("Wrox.NorthwindDemo")]
[assembly: ApplicationActivation(ActivationOption.Server)]
[assembly: ApplicationAccessControl(false)]
```

代码段 NorthwindComponents/AssemblyInfo.cs

### 51.7.1 实体类

接着添加 Order 和 OrderLine 实体类, 它们表示 Northwind 数据库中 Order 表和 Order Detail 表中的列。实体类是数据存储器, 表示对应用程序域很重要的数据, 在本例中就是下订单。Order 类有一个静态方法 Create(), 它创建并返回 Order 类的一个新实例, 用传递给该方法的参数初始化这个实例。类 Order 类还有一些只读属性, 如 OrderId、CustomerId、OrderData、ShipAddress、ShipCity 和 ShipCountry。OrderId 属性的值在 Order 类的创建阶段未知, 但因为 Northwind 数据库中的 Order 表有一个自动递增的属性, 所以 OrderId 属性的值仅在订单写入数据库中后才已知。SetOrderId()方法用于在订单写入数据库后设置相应的 id。因为这个方法由同一程序集中的类调用, 所以把这个方法的访问级别设置为 internal。AddOrderLine()方法把订单细节添加到订单中。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
using System;
```

```

using System.Collections.Generic;

namespace Wrox.ProCSharp.EnterpriseServices
{
    [Serializable]
    public class Order
    {
        public static Order Create(string customerId, DateTime orderDate,
            string shipAddress, string shipCity, string shipCountry)
        {
            return new Order
            {
                CustomerId = customerId,
                OrderDate = orderDate,
                ShipAddress = shipAddress,
                ShipCity = shipCity,
                ShipCountry = shipCountry
            };
        }

        public Order()
        {
        }

        internal void SetOrderId(int orderId)
        {
            this.OrderId = orderId;
        }

        public void AddOrderLine(OrderLine orderLine)
        {
            orderLines.Add(orderLine);
        }

        private readonly List<OrderLine>orderLines = new List<OrderLine >();

        public int OrderId { get; private set; }
        public string CustomerId { get; private set; }
        public DateTime OrderDate { get; private set; }
        public string ShipAddress { get; private set; }
        public string ShipCity { get; private set; }
        public string ShipCountry { get; private set; }

        public OrderLine[] OrderLines
        {
            get
            {
                OrderLine[] ol = new OrderLine[orderLines.Count];
                orderLines.CopyTo(ol);
                return ol;
            }
        }
    }
}

```

---

代码段 NorthwindComponents/Order.cs

第二个实体类是 `OrderLine`，它有一个类似于 `Order` 类的方法的静态 `Create()` 方法。除此之外，这个类仅包含一些属性，如 `ProductedId`、`UnitPrice` 和 `Quantity`。



可从  
E112 wrox.com  
下载源代码

```
using System;
```

```

namespace Wrox.ProCSharp.EnterpriseServices
{
    [Serializable]
    public class OrderLine
    {
        public static OrderLine Create(int productId, float unitPrice, int quantity)
        {
            return new OrderLine
            {
                ProductId = productId,
                UnitPrice = unitPrice,
                Quantity = quantity
            };
        }
        public OrderLine()
        {
        }

        public int ProductId { get; set; }
        public float UnitPrice { get; set; }
        public int Quantity { get; set; }
    }
}

```

---

代码段 NorthwindComponents/OrderLine.cs

### 51.7.2 OrderControl 组件

`OrderControl` 类表示一个简单的业务服务组件。在这个示例中，在 `IOrderControl` 接口中只定义了一个方法，即 `NewOrder()`。`NewOrder()` 方法的实现代码只实例化 `OrderData` 数据服务组件的一个新实例，并调用 `Insert()` 方法把 `Order` 对象写入数据库中。在比较复杂的情况下，这个方法可以扩展为把一个日志项写入数据库中，或者调用队列组件，把 `Order` 对象发送给消息队列。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

using System;
using System.EnterpriseServices;
using System.Runtime.InteropServices;

namespace Wrox.ProCSharp.EnterpriseServices
{
    [ComVisible(true)]
    public interface IOrderControl
    {
        void NewOrder(Order order);
    }

    [Transaction(TransactionOption.Supported)]
    [EventTrackingEnabled(true)]
    [ComVisible(true)]
    public class OrderControl: ServicedComponent, IOrderControl
    {
        [AutoComplete()]
        public void NewOrder(Order order)
        {
            using (OrderData data = new OrderData())
            {

```

```

        data.Insert(order);
    }
}
}

```

---

代码段 NorthwindComponents/OrderControl.cs

### 51.7.3 OrderData 组件

OrderData 类负责把 Order 对象的值写入数据库中。IOrderUpdate 接口定义 Insert()方法。可以扩展这个接口，使之也支持 Update()方法，其中该方法会更新数据库中已有的项。



```

using System;
using System.Data.SqlClient;
using System.EnterpriseServices;
using System.Runtime.InteropServices;

namespace Wrox.ProCSharp.EnterpriseServices
{
    [ComVisible(true)]
    public interface IOrderUpdate
    {
        void Insert(Order order);
    }
}

```

---

代码段 NorthwindComponents/OrderData.cs

OrderData 类的[Transaction]特性值是 TransactionOption.Required。这表示组件在任何情况下都运行在事务中。要么事务由调用者创建，并且 OrderData 类使用同一个事务；要么创建一个新事务。这里会创建一个新事务，因为主调组件 OrderControl 没有事务。

在服务组件中，只能使用默认的构造函数。但是，可以使用组件服务管理器配置一个发送给组件的构造字符串(如图 51-9 所示)。选择组件配置的 Activation 选项卡，可以更改构造字符串。在设置[ConstructiunEnable]特性时，选中 Enable object constructiun 选项，因为它与 OrderData 类一起使用。[ConstructiunEnable]特性的 Default 属性定义默认的连接字符串，在注册程序集后，该字符串会显示在 Activation 设置中。设置这个特性还需要重载 ServicedComponent 基类中的 Construct()方法。在对象实例化时由 COM+运行库调用这个方法，同时把构造字符串作为参数传递。把构造字符串设置为 connectionString 变量，该变量在以后用于连接数据库。

```

[Transaction(TransactionOption.Required)]
[EventTrackingEnabled(true)]
[ConstructionEnabled
    (true, Default="server=(local);database=northwind;trusted_connection=true")]
[ComVisible(true)]
public class OrderData: ServicedComponent, IOrderUpdate
{
    private string connectionString;

    protected override void Construct(string s)
    {
        connectionString = s;
    }
}

```



Insert()方法是组件的核心。这里使用 ADO.NET 把 Order 对象写入数据库中。ADO.NET 详见第 30 章。对于这个示例，我们创建一个 SqlConnection 对象，在该对象中，使用 Construct()方法设置的连接字符串，用于初始化该对象。

把[AutoComplete()]属性应用于下面的方法，使用前面论述的自动事务处理。

```
[AutoComplete()]
public void Insert(Order order)
{
    var connection = new SqlConnection(
        connectionString);
```

connection.CreateCommand()方法创建一个 SqlCommand 对象，在该对象中，把 CommandText 属性设置为一条 SQL INSERT 语句，用于把新记录添加到 Orders 表中。ExecuteNonQuery()方法执行这条 SQL 语句：

```
try
{
    var command = connection.CreateCommand();
    command.CommandText = "INSERT INTO Orders (CustomerId, " +
        "OrderDate, ShipAddress, ShipCity, ShipCountry)" +
        "VALUES(@CustomerId, @OrderDate, @ShipAddress, @ShipCity, " +
        "@ShipCountry)";
    command.Parameters.AddWithValue("@CustomerId", order.CustomerId);
    command.Parameters.AddWithValue("@OrderDate", order.OrderDate);
    command.Parameters.AddWithValue("@ShipAddress", order.ShipAddress);
    command.Parameters.AddWithValue("@ShipCity", order.ShipCity);
    command.Parameters.AddWithValue("@ShipCountry", order.ShipCountry);

    connection.Open();

    command.ExecuteNonQuery();
```

因为把 OrderId 定义为数据库中自动递增的值，把 Order Details 写入数据库时需要这个 ID，所以 OrderId 使用@@IDENTITY 读取。接着调用 SetOrderId()方法把它设置为 Order 对象：

```
command.CommandText = "SELECT @@IDENTITY AS 'Identity'";
object identity = command.ExecuteScalar();
order.SetOrderId(Convert.ToInt32(identity));
```

在订单写入数据库后，使用 OrderLineData 组件把订单的所有订单行都写入数据库中：

```
using (OrderLineData updateOrderLine = new OrderLineData())
{
    foreach (OrderLine orderLine in order.OrderLines)
    {
        updateOrderLine.Insert(order.OrderId, orderLine);
    }
}
```

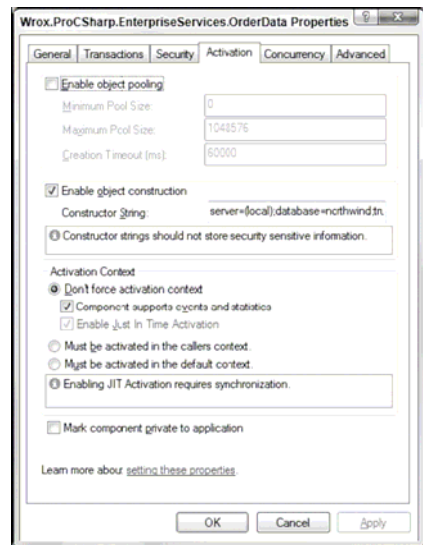


图 51-9

最后，无论 try 块中的代码成功执行，还是出现异常，都会关闭连接。

```

        finally
        {
            connection.Close();
        }
    }
}

```

#### 51.7.4 OrderLineData 组件

OrderLineData 组件的实现类似于 OrderData 组件的实现。使用 ConstructionEnables 特性定义数据库连接字符串：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

using System;
using System.EnterpriseServices;
using System.Runtime.InteropServices;
using System.Data;
using System.Data.SqlClient;

namespace Wrox.ProCSharp.EnterpriseServices
{
    [ComVisible(true)]
    public interface IOrderLineUpdate
    {
        void Insert(int orderId, OrderLine orderDetail);
    }

    [Transaction(TransactionOption.Required)]
    [EventTrackingEnabled(true)]
    [ConstructionEnabled
     (true, Default="server=(local);database=northwind;trusted_connection=true")]
    [ComVisible(true)]
    public class OrderLineData: ServicedComponent, IOrderLineUpdate
    {
        private string connectionString;

        protected override void Construct(string s)
        {
            connectionString = s;
        }
    }
}

```

代码段 NorthwindComponents/OrderLineData.cs

在本示例中，在 OrderLineData 类的 Insert()方法中，不使用 AutoComplete 特性作为阐述定义事务处理结果的另一种方式，而是说明如何使用 ContextUtil 类设置 consistent 位和 done 位。在 Insert()方法的最后，根据在数据库中插入数据是否成功，调用 SetComplete()方法。如果在抛出异常的地方有错误，SetAbort()方法就把 consistent 位设置为 false，这样该事务就和所有参与该事务处理的组件一起撤销。

```

public void Insert(int orderId, OrderLine orderDetail)
{
    var connection = new SqlConnection(connectionString);
    try

```

```

    {
        var command = connection.CreateCommand();
        command.CommandText = "INSERT INTO [Order Details] (OrderId, " +
            "ProductId, UnitPrice, Quantity)" +
            "VALUES(@OrderId, @ProductId, @UnitPrice, @Quantity)";
        command.Parameters.AddWithValue("@OrderId", orderId);
        command.Parameters.AddWithValue("@ProductId", orderDetail.ProductId);
        command.Parameters.AddWithValue("@UnitPrice", orderDetail.UnitPrice);
        command.Parameters.AddWithValue("@Quantity", orderDetail.Quantity);

        connection.Open();

        command.ExecuteNonQuery();

    }
    catch (Exception)
    {
        ContextUtil.SetAbort();
        throw;
    }
    finally
    {
        connection.Close();
    }
    ContextUtil.SetComplete();
}
}
}
}
}

```

### 51.7.5 客户端应用程序

构建组件后，就可以创建客户端应用程序。为了进行测试，可以创建一个控制台应用程序。在引用 NorthwindComponent 程序集和 System.EnterpriseServices 程序集后，就可以使用 Order.Create() 静态方法创建一个新的 order 对象。使用 order.AddOrderLine() 给该订单添加一个新订单行。OrderLine.Create() 方法接受产品 ID、价格和数量创建订单行。在实际应用程序中，添加 Product 类比使用产品 ID 会更有用，但本例仅用于演示一般的事务。

最后，创建 OrderControl 服务组件类，调用 NewOrder() 方法：



```

var order = Order.Create("PICCO", DateTime.Today, "Georg Pippis",
    "Salzburg", "Austria");
order.AddOrderLine(OrderLine.Create(16, 17.45F, 2));
order.AddOrderLine(OrderLine.Create(67, 14, 1));

using (var orderControl = new OrderControl())
{
    orderControl.NewOrder(order);
}

```

代码段 ClientApplication/Program.cs

可以尝试把不存在的产品写入 OrderLine(使用不在 Products 表中列出的产品 ID)中。在这种情况下，终止事务，并且不把数据写入数据库中。

在事务处于激活状态时，通过在组件服务管理器的树型视图中选择 Distributed Transaction Coordinator，可以查看事务，如图 51-10 所示。



可能必须给 OrderData 类的 Insert()方法添加睡眠时间,以查看活动事务;否则,事务处理就完成得太快,无法显示。



如果在服务组件事务中运行时对它进行调试,就应注意对于该服务组件,默认的事务超时是 60 秒。在 Component Services 浏览器中单击 My Computer,选择 Action | Properties 命令,打开 Options 选项卡,就可以为整个系统修改这个默认值。除了更改整个系统的值,也可以为依次为每个组件选择 Transaction 选项,配置事务超时。

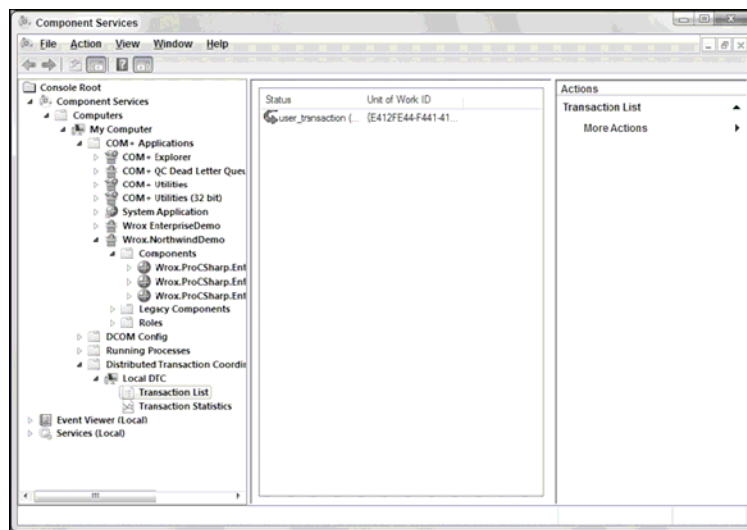


图 51-10

## 51.8 集成 WCF 和 Enterprise Services

Windows Communication Foundation(WCF)是.NET Framework 4 中首选的通信技术, WCF 详见第 43 章。.NET Enterprise Services 提供了一个与 WCF 集成的巨大模型。

### 51.8.1 WCF 服务外观

给 Enterprise Services 应用程序添加 WCF 外观,可以使用 WCF 客户端访问服务组件。除了使用 DCOM 协议之外,还可以通过 WCF 使用不同的协议,如 HTTP(含 SOAP)、TCP(二进制格式)。

要在 Visual Studio 2010 中创建 WCF 外观,可以选择 Tools | WCF Services Configuration Editor 命令,再选择 File | Integrate | COM+ Application 命令,最后选择 COM+应用程序 Wrox.NorthwindDemo、Wrox.ProCSharp.EnterpriseServices.OrderControl 组件和 IOrderControl 接口,如图 51-11 所示。



除了使用 Visual Studio 创建 WCF 外观之外, 还可以使用命令行实用程序 `comsvconfig.exe`。这个实用程序在 `<Windows> \Microsoft.NET \ Framework \ v4.0` 目录下。

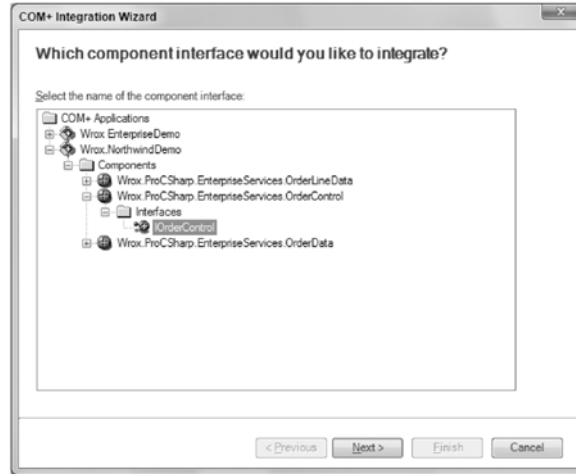


图 51-11

在下一个对话框中, 可以选择 `IOrderControl` 接口中可用于 WCF 客户端的所有方法。`IOrderControl` 接口只有一个方法即 `NewOrder()`, 如下所示。

下一个对话框如图 51-12 所示, 它允许配置宿主选项。在宿主选项中, 可以指定 WCF 服务运行在哪个进程中。选中 `COM+ hosted` 单选框时, WCF 外观运行在 `COM+` 的 `dllhost.exe` 进程中。只有在应用程序配置为服务器应用程序 `ApplicationActivation(ActivationOption.Server)` 时才可以配置这个选项。

`Web hosted` 选项指定 WCF 信道在 IIS 的一个进程或 `WAS (Windows Activation Services, Windows 活动服务)` 工作进程中侦听。`WAS` 是 `Windows Vista` 和 `Windows Server 2008` 中新增的。选中 `Web hosted in-process` 单选框表示 `Enterprise Services` 组件库运行在 IIS 或 `WAS` 工作进程中。只有在应用程序配置为库应用程序 `ApplicationActivation (ActivationOption.Library)` 时这个配置才可用。

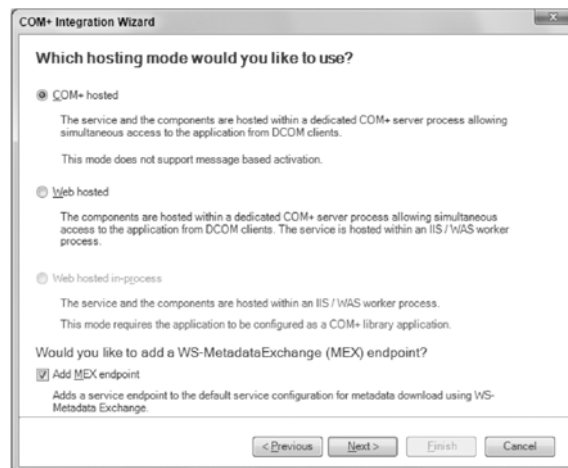


图 51-12

勾选 Add MEX endpoint 复选框，会把一个 MEX(Metadata Exchange, 元数据交换)端点添加到 WCF 配置文件中，这样客户端程序员就可以使用 WS-MEX 访问服务的元数据。



MEX 参见第 43 章。

在如图 51-13 所示的下一个对话框中，可以指定通信模式，访问 WCF 外观。根据需要，如果客户端跨防火墙访问服务，或者需要独立于平台的通信，HTTP 就是最佳选择。TCP 为 .NET 客户端提供了跨计算机的更快通信，如果客户端应用程序运行在与服务相同的系统上，命名管道就是最快的选项。

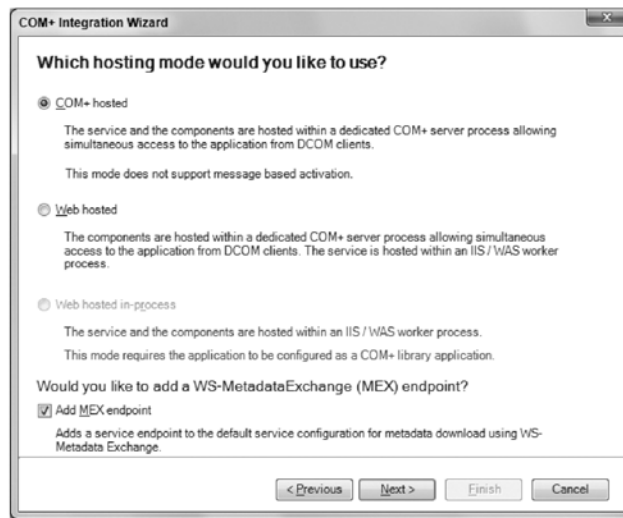


图 51-13

下一个对话框需要服务的基地址，该服务取决于所选择的通信协议，如图 51-14 所示。

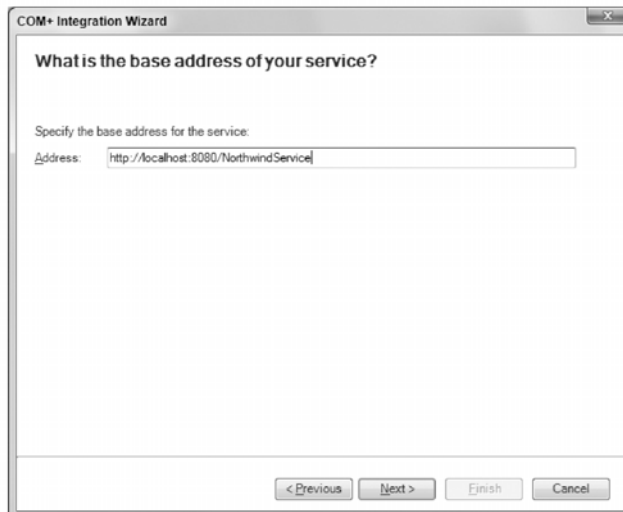


图 51-14

最后一个对话框显示端点配置的位置。配置的基目录是<Program Files>\ComPlus Applications，其后是应用程序的唯一 ID。这个目录包含 application.config 文件。这个配置文件列出 WCF 的行为和端点。

<service>元素指定带端点配置的 WCF 服务。因为用 comTransactionalBinding 配置把该绑定设置为 wsHttpBinding，所以事务可以从调用程序流向服务组件。利用其他网络和客户端要求，可以指定另一个绑定，详见第 43 章。

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<configuration>
  <system.serviceModel>
    <behaviors>
      <serviceBehaviors>
        <behavior name="ComServiceMexBehavior">
          <serviceMetadata httpGetEnabled="true"/>
          <serviceDebug/>
        </behavior>
      </serviceBehaviors>
    </behaviors>
    <bindings>
      <netNamedPipeBinding>
        <binding name="comNonTransactionalBinding"/>
        <binding name="comTransactionalBinding" transactionFlow="true"/>
      </netNamedPipeBinding>
      <wsHttpBinding>
        <binding name="comNonTransactionalBinding"/>
        <binding name="comTransactionalBinding" transactionFlow="true"/>
      </wsHttpBinding>
    </bindings>
    <comContracts>
      <comContract contract="{E1B02E09-EE48-3B6B-946F-E6A8BAEC6340}"
        name="IOrderControl"
        namespace="
          http://tempuri.org/E1B02E09-EE48-3B6B-946F-E6A8BAEC6340"
        requiresSession="true">
        <exposedMethods>
          <add exposedMethod="NewOrder"/>
        </exposedMethods>
      </comContract>
    </comContracts>
    <services>
      <service behaviorConfiguration="ComServiceMexBehavior"
        name="{196F39D0-4F47-454A-BC16-955C2C54B6F5},
          {A16C0740-C2A0-38C9-9FD3-7C583B3B42FA}">
        <endpoint address="IOrderControl" binding="wsHttpBinding"
          bindingConfiguration="comTransactionalBinding"
          contract="{E1B02E09-EE48-3B6B-946F-E6A8BAEC6340}"/>
        <endpoint address="mex" binding="mexHttpBinding"
          contract="IMetadataExchange"/>
      <host>
        <baseAddresses>
          <add baseAddress=
            net.pipe://localhost/Wrox.NorthwindDemo/Wrox.ProCSharp.
              EnterpriseServices.OrderControl"/>
        </baseAddresses>
      </host>
    </services>
  </system.serviceModel>
</configuration>
```

```

        <add baseAddress=
            "http://localhost:8088/NorthwindService"/>
    </baseAddresses>
</host>
</service>
</services>
</system.serviceModel>
</configuration>

```

在启动服务器应用程序之前，需要修改安全性，允许用户运行应用程序，注册侦听端口。否则普通的用户就不能注册侦听器端口。在 Windows 7 上，可以用 netsh 命令来注册。http 选项更改 HTTP 协议的 ACL。端口号和服务名用 URL 定义，用户选项指定启动侦听器服务的用户名。

```
netsh http add urlacl url=http://+:8088/NorthwindService user=username
```

### 51.8.2 客户端应用程序

创建一个新的控制台应用程序 WCFClientApp。由于服务提供一个 MEX 端点，因此可以选择 Visual Studio 中的 Project | Add Service Reference 命令，添加一个服务引用，如图 51-15 所示。

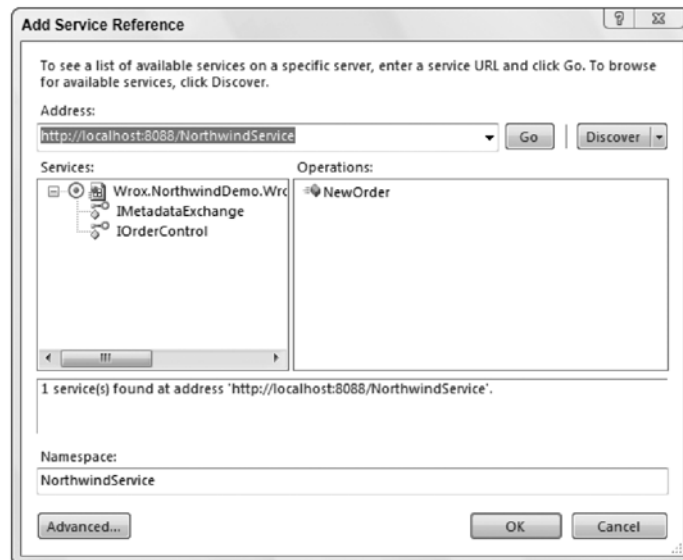


图 51-15



如果该服务驻留在 COM+ 中，就必须在访问 MEX 数据之前启动应用程序。如果服务驻留在 WAS 中，应用程序会自动启动。

利用服务引用创建一个代理类，引用 System.ServiceModel 和 System.Runtime.Serialization 程序集，把引用服务的应用程序配置文件添加到客户端应用程序中。

现在就可以使用生成的实体类和代理类 OrderControlClient，给服务组件发送一个订单请求。

```

static void Main()
{

```



```
var order = new Order
{
    CustomerId = "PICCO",
    OrderDate = DateTime.Today,
    ShipAddress = "Georg Pippis",
    ShipCity = "Salzburg",
    ShipCountry = "Austria"
};
var line1 = new OrderLine
{
    ProductId = 16,
    UnitPrice = 17.45F,
    Quantity = 2
};
var line2 = new OrderLine
{
    ProductId = 67,
    UnitPrice = 14,
    Quantity = 1
}
OrderLine[] orderLines = { line1, line2 };
order.orderLines = orderLines;

var occ = new OrderControlClient();
occ.NewOrder(order);
}
```

## 51.9 小结

本章讨论了 Enterprise Services 提供的丰富功能，如自动事务处理、对象池、队列组件和松散耦合事件。

为了创建服务组件，必须引用 System.EnterpriseServices 程序集。所有服务组件的基类都是 ServicedComponent。在这个类中，上下文就可以截获方法调用。可以使用特性指定要使用的截获功能。我们还学习了如何使用特性配置应用程序及其组件，如何使用[Transaction]特性管理事务，以及指定组件的事务要求。本章还讨论了如何创建 WCF 外观，使 Enterprise Services 与新通信技术 WCF 集成。

本章介绍了如何使用操作系统提供的 Enterprise Services 功能。下一章将讨论如何使用操作系统中另一个用于通信的功能：消息队列。

# 第 52 章

## 目录服务

### 本章内容:

- Active Directory 的体系结构和概念
- 访问 Active Directory 的工具
- 如何读取和修改 Active Directory 中的数据
- 搜索 Active Directory 中的对象
- 以编程方式管理用户和组
- 使用 DSML(Directory Service Markup Language, 目录服务标记语言)访问 Active Directory

Microsoft 的 Active Directory 是一种目录服务, 它提供用户信息、网络资源和服务等中心分层存储器。还可以扩展这个目录服务中的信息, 同时存储企业感兴趣的自定义数据。例如, Microsoft Exchange Server 和 Microsoft Dynamics 广泛使用 Active Directory 来存储公共文件夹和其他项。

在 Active Directory 发布之前, Exchange Server 使用它自己的私有存储器来存储对象。系统管理员必须为一个人配置两个用户 ID: Windows NT 域中的用户账户(启用登录), 和 Exchange Directory 中的用户账户。这是必需的, 因为需要用户的其他信息(如电子邮件地址, 电话号码等), NT 域的用户信息不能扩展, 以添加需要的信息。

目前系统管理员只需要在 Active Directory 上为一个人配置一个用户账户; user 对象的信息可以扩展, 以便它满足 Exchange Server 的要求。我们也可以扩展这些信息。例如, 可以在 Active Directory 上用一个技能列表扩展用户信息。然后, 就可以搜索需要的 C#技能, 跟踪 C#开发人员。

本章介绍如何在 .NET Framework 中使用 System.DirectoryServices、System.DirectoryServices.AccountManagement 和 System.DirectoryServices.Protocols 名称空间中的类访问和处理目录服务中的数据。



本章使用兼具 Active Directory 配置的 Windows Server 2008 R2, 也可以使用 Windows 2003 Server 或其他目录服务。

在讨论了体系结构和如何对 Active Directory 编程之后, 就要创建一个 Windows 应用程序, 在该应用程序中指定一些属性和一个筛选器, 搜索 user 对象。与其他章节一样, 本章的示例代码也可以从 Wrox 网站 [www.wrox.com](http://www.wrox.com) 或随书附赠光盘中找到。

## 52.1 Active Directory 的体系结构

在开始对 Active Directory 编程前, 必须知道 Active Directory 的工作方式、用途, 以及什么数据可以存储在 Active Directory 中。

### 52.1.1 Active Directory 的功能

Active Directory 的功能可以总结为:

- Active Directory 中的数据以分层的方式组合。对象可以存储在其他容器对象中。用户并不是放在一个大型用户列表中, 而是组合到组织单元中。因为组织单元可以包含其他组织单元, 所以以这种方式可以构建一个树型视图。
- Active Directory 使用多主机复制方式(multimaster replication)。在 Active Directory 中, 每个域控制器(DC)都是主机。在多主机模型中, 更新可以应用于所有 DC。与单主机模型相比, 这个模型的伸缩性比较高, 因为可以同时在不同的服务器上进行更新。该模型的缺点是复制起来比较复杂。本章后面会讨论复制问题。
- 灵活的复制拓扑(replication topology), 这通过 WAN 中的慢速链接支持复制。数据复制的频率由域管理员配置。
- Active Directory 支持开放标准。LDAP(Lightweight Directory Access Protocol, 轻型目录访问协议)是一个 Internet 标准, 该标准用于访问许多不同目录服务, 包括 Active Directory 中的数据。在 LDAP 中, 也定义一个编程接口 LDAP API。LDAP API 可以使用 C 语言来访问 Active Directory。在 Active Directory 中使用的另一个标准是 Kerberos, 它用于身份验证。Windows Server Kerberos 服务也可用于验证 UNIX 客户端的身份。
- 活动目录服务接口(Active Directory Service Interface, ADSI)定义访问目录服务的 COM 接口。ADSI 可以访问 Active Directory 的所有功能。System.DirectoryServices 名称空间中的类包装 ADSI COM 对象, 用于从 .NET 应用程序中访问目录服务。
- 目录服务标记语言(Directory Service Markup Language, DSML)是另一个访问目录服务的标准, 它是独立于平台的方法, 得到 OASIS 组的支持。
- 细粒度安全性。对于 Active Directory, 细粒度安全性可用。存储在 Active Directory 中的每个对象都可以有一个关联的访问控制列表, 该列表确定谁可以对对象进行哪些处理。

目录中的对象都是强类型化的, 这说明, 对象的类型是精确定义的, 没有给对象添加未指定的属性。在架构中, 定义了对象类型和对象的各部分(特性)。特性可以是必选的, 也可以是可选的。

### 52.1.2 Active Directory 的概念

在编程之前, 必须了解 Active Directory 的一些基本术语和定义。

#### 1. 对象

可以在 Active Directory 中存储对象。对象可以是用户、打印机或网络共享。对象包含描述它们的必选特性和可选特性。例如, user 对象的特性包含姓、名、电子邮件地址和电话号码等。

图 52-1 显示了一个容器对象，即 Wrox Press，它包含一些其他对象：两个用户对象、一个联系人对象、一台打印机对象和一个用户组对象。

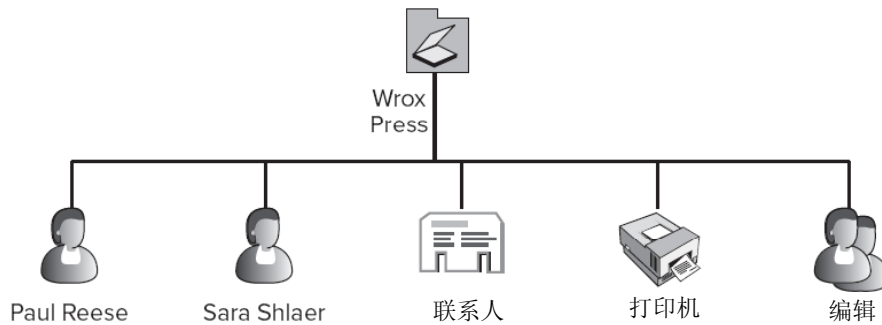


图 52-1

## 2. 架构

每个对象是类的一个实例，这个类在架构中定义。架构可以定义类型，架构本身存储在 Active Directory 的对象中。必须区分 classSchema 和 attributeSchema。对象的类型在 classSchema 中定义，其必选特性和可选特性也在 classSchema 中定义。attributeSchema 则定义特性的外观，以及特定特性的语法。

我们可以定义自定义类型和特性，并把它们添加到架构中。但要注意，不能从 Active Directory 中删除新架构类型。可以把它标记为未激活，这样就不能再创建新对象，但因为已有的对象可以是该类型，所以不能删除在架构中定义的类或特性。

Administrator 用户组没有足够的权限创建新架构项，此时需要 Enterprise Admins 用户组。

## 3. 配置

除了对象和存储为对象的类定义之外，Active Directory 本身的配置也存储在 Active Directory 中。Active Directory 的配置存储所有站点的信息，如复制间隔等，这些都由系统管理员设置。因为配置本身存储在 Active Directory 中，所以可以像访问 Active Directory 中的所有其他对象那样访问配置信息。

## 4. Active Directory 域

域是 Windows 网络的安全边界。在 Active Directory 域中，对象以分层顺序进行存储。Active Directory 本身由一个或多个域组成。图 52-2 显示了域中对象的分层顺序，其中域用一个三角形表示。容器对象如 Users、Computers 和 Books 都可以存储其他对象。图 52-2 中的每个椭圆表示一个对象，对象之间的连线表示父-子关系。例如，Books 是 .NET 和 Java 的父对象，Pro C#、Beg C# 和 ASP.NET 是 .NET 对象的子对象。

## 5. 域控制器

一个域可以有多个域控制器，每个控制器存储域中的所有对象。没有主服务器，所有 DC 都一视同仁。这是一个多主机模型。可以在域中跨服务器复制对象。

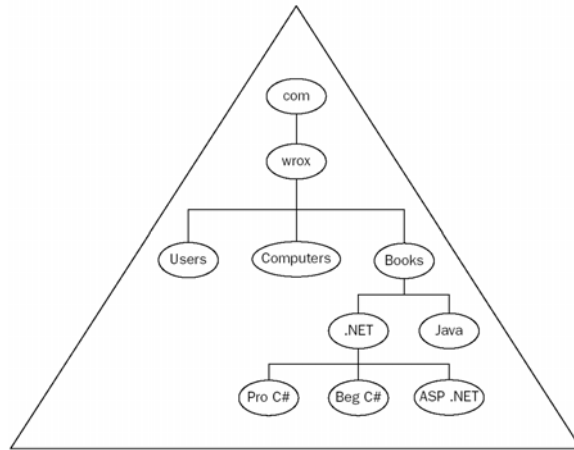


图 52-2

## 6. 站点

站点是网络中的一个位置，它至少拥有一个 DC。如果企业有多个办事处，办事处用慢速网络连接来连接，就可以在一个域中使用多个站点。由于备份或可伸缩性原因，每个站点都有一个或多个 DC 在运行。在一个站点的服务器之间复制数据，其间隔比较短，因为网络连接比较快。在跨站点的服务器之间进行复制的时间间隔可以配置得较长，这取决于网络的速度。当然，复制间隔由域管理员配置。

## 7. 域树

通过信任关系可以连接多个域。这些域共享公共架构、公共配置和全局目录(后面将介绍全局目录)。公共架构和公共配置表示可以跨域复制该数据。域树共享相同的类和属性架构。不能跨域复制对象自身。

以这种方式连接的域就构成了域树。域树中的域有一个连续和分层的名称空间。这表示，子域的域名是把子域的名称追加到父域名后。在这些域之间，建立使用 Kerberos 协议的信任关系。

例如，有一个根域 wrox.com，它是子域 india.wrox.com 和 uk.wrox.com 的父域。在父域和子域之间建立信任关系，这样域中的账户可以由其他域验证身份。

## 8. 森林

使用公共架构、公共配置和全局目录来连接多个域树，但没有使用连续的名称空间，该名称空间称为森林(forest)。森林是一组域树。如果公司有使用不同域名的子公司，就可以使用森林。例如，wrox.com 域应相对独立于 wiley.com 域，但应有一个公共管理，wrox.com 域的用户可以访问 wiley.com 域中的资源，反之亦然。使用森林，可以在多个域树之间建立信任关系。

## 9. 全局目录

对象的搜索可以跨越多个域。如果使用一些特性查找某个特定 user 对象，就必须搜索每个域。首先从 wrox.com 开始，接着搜索 uk.wrox.com 和 india.wrox.com，通过慢速链接，这样的搜索花费的时间会比较长。

要加快搜索速度，可以把所有对象都复制到全局目录 GC 中。GC 将被复制到森林的每个域中。

在每个域中至少有一个服务器包含 GC。出于性能和可伸缩性原因，在一个域中可以有多个 GC 服务器。使用 GC，可以在一个服务器上搜索所有对象。

GC 是所有对象的只读缓存，GC 只能用于搜索；必须使用域控制器更新。

并不是对象的所有特性都存储在 GC 中。可以定义特性是否和对象一起保存。特性是否存储在 GC 中，主要取决于该特性在搜索中使用的频率。如果特性在搜索中使用得很频繁，把它放在 GC 中，搜索就会比较快。用户的一幅图片在 GC 中不是很有用，因为我们从来不会搜索该图片。相反，在存储器中添加电话号码就比较有用。还可以定义该特性是否应被索引，如果进行索引，对该特性的查询就比较快。

## 10. 复制

程序员不喜欢配置复制，但因为会影响存储在 Active Directory 中的数据，所以必须了解它如何工作。Active Directory 使用了多主机服务器体系结构。域中的每个域控制器都可以进行更新。复制延迟时间定义了更新开始之前等待的时间。

- 如果某些特性发生变化，默认情况下，站点中每隔 5 分钟就发布一次变更通知，通知的内容是可配置的。因为发生改变的 DC 每隔 30 秒就通知另一个服务器，所以第 4 个 DC 可以在 7 分钟后得到变更通知。在默认情况下，把跨站点的变更通知设置为 180 分钟。站点之间和内部的复制可以配置为其他值。
- 如果没有发生改变，在站点内，每隔 60 分钟就进行一次预定复制。这将确保不遗漏一个变更通知。
- 对于敏感的安全信息，如账户被锁，会立即发出通知。

进行复制后，就只把改动的内容复制到 DC 中。在每次修改特性后，就会记录版本号(USN，更新序列号)和时间戳。如果更新不同服务器上的同一个特性，这就可以用于解决冲突。

下面看一个示例。用户 John Doe 的移动电话特性的 USN 号为 47。这个值已经复制到所有 DC 中。一个系统管理员改变电话号码。在服务器 DC1 上发生改变后；在服务器 DC1 上这个特性的新 USN 现在是 48，而其他域控制器的 USN 仍是 47。如果有人读取该特性，就会读取旧值，直到所有域控制器都进行复制为止。

下面的情况很少发生：另一个管理员改变电话号码特性，选择另一个域控制器，因为这个管理员从服务器 DC2 中接收到一个比较快的响应。在服务器 DC2 上，这个特性的 USN 也改为 48。

在通知的间隔期间，发出通知的原因是特性的 USN 改变，上次进行复制时，USN 的值是 47。使用复制机制可以检测到服务器 DC1 和 DC2 的电话号码特性的 USN 都是 48。虽然使用哪个服务器上的特性值并不重要，但必须使用其中一个服务器上的特性值。要解决这个冲突，就要使用改变的时间戳。因为 DC2 上的改变比较迟，所以会复制存储在 DC2 域控制器中的值。



在读取对象时，必须知道数据不一定是最新的。数据是否最新取决于复制延迟时间。在更新对象时，另一个用户可以在更新后仍获取旧值，同时还可能进行另一个更新操作。

### 52.1.3 Active Directory 数据的特征

假如 Active Directory 没有替代关系数据库或注册表，那么什么数据可以存储在 Active Directory 中？

- Active Directory 可以存储分层数据，容器也可以存储其他容器和对象。容器本身也是对象。
- 数据应主要用于读取。因为在一定的时间间隔中会进行复制，所以不能确定可以读取到最新的数据。在应用程序中，必须注意读取的信息有可能不是最新的信息。

- 数据应是企业普遍感兴趣的数据。因为给架构添加一个新数据类型，会把该数据类型复制到企业的所有服务器上。如果只有一小部分用户对该数据类型感兴趣，企业的域管理员就不会安装新的架构类型。
- 存储的数据量应合适，因为这些数据是要被复制的。如果存储数据量是 100KB，而且每星期仅修改一次数据，把它存储在目录中就不会出问题。但如果每小时修改一次数据，这个数据量就太大了。总是要考虑到数据复制到不同的服务器上、数据要传输到什么地方、复制的时间间隔等。如果数据量比较大，就要链接到 Active Directory 中，并把数据存储到另一个地方。总之，存储在 Active Directory 中的数据应分层组织，且数据量应合理，这对企业非常重要。

#### 52.1.4 指定架构

Active Directory 对象是强类型化的。架构定义对象的类型、必选特性和可选特性，特性的语法和约束。如前所述，在架构中，必须区分架构和特性架构的对象。

类是特性的集合。通过类，就可以支持单一继承。从图 52-3 中可以看出，user 类派生自 organizationalPerson 类，而 organizationalPerson 类是 person 类的一个子类，它们的基类都是 top。classSchema 定义一个类，它用 systemMayContain 特性描述该特性。

图 52-3 只列出了几个 systemMayContain 值。使用 ADSI Edit 工具可以查看所有值。下一节将介绍这个工具。在 top 根类中，每个对象都有公共名称(cn)、displayName、objectGUID、whenChanged 和 whenCreated 特性。person 类派生自 top 类。person 对象也有 userPassword 和 telephoneNumber。organizationalPerson 派生自 person。除了 person 类的特性外，它还有 manager、department、company 特性，以及 user 登录系统所必需的其他特性。

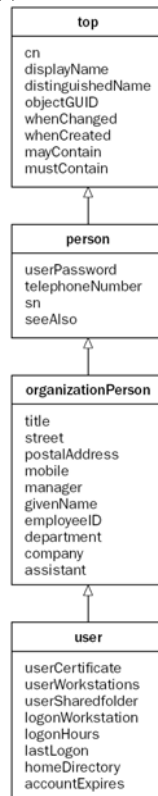


图 52-3

## 52.2 Active Directory 的管理工具

学习 Active Directory 的一些管理工具有助于理解 Active Directory、其中包含的数据，以及以编程方式可以完成的任务。

系统管理员可以用许多工具输入新数据，更新数据和配置 Active Directory。

- Active Directory Users and Computers MMC 插件用于更新用户数据、输入新用户。
- Active Directory Sites and Services MMC 插件用于配置域中的站点，在这些站点之间复制数据。
- Active Directory Domains and Trusts MMC 插件可以在树的域之间建立信任关系。
- ADSI Edit 是 Active Directory 的编辑器，可以在其中查看和编辑所有对象。



要在 Windows 7 上运行这些工具，需要安装 Windows 7 Remote Administration Tools。对于其他 Windows 版本，也需要单独下载这些系统管理工具。

下面几节介绍 Active Directory Users and Computers 和 ADSI Edit 工具的功能，因为这些工具对使用 Active Directory 创建应用程序非常重要。

### 52.2.1 Active Directory Users and Computers 工具

Active Directory Users and Computers 插件系统管理员用来管理用户的工具。选择 Start | Programs | Administrative | Tools | Active Directory Users and Computers 命令，就会启动这个程序，如图 52-4 所示。

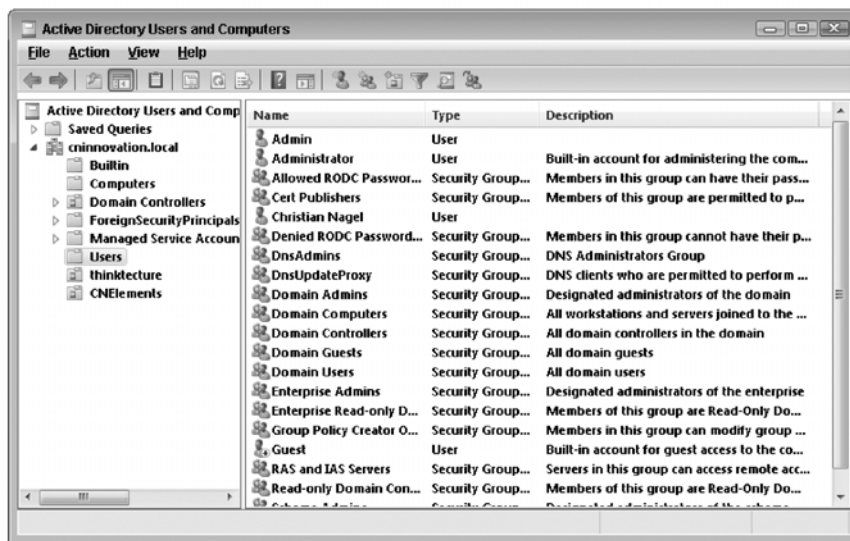


图 52-4

使用这个工具可以添加新用户、组、联系人、组织单元、打印机、共享文件夹或计算机，修改已有的项。在图 52-5 中，可以为 user 对象输入属性：办公室、电话号码、电子邮件地址、网页、公司信息、地址和组等。



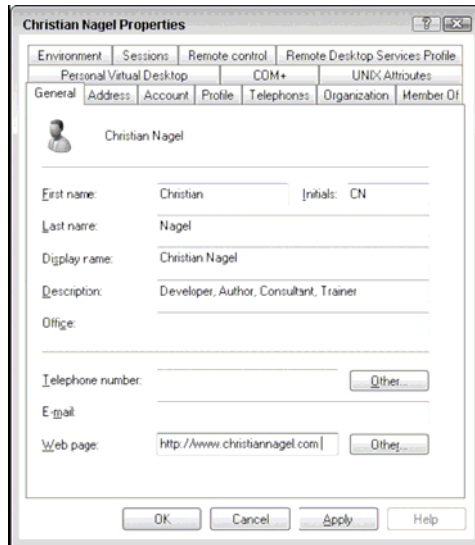


图 52-5

Active Directory Users and Computers 还可以用于有上百万对象的大公司。我们不必在有 1000 个对象的列表中查找，因为可以使用一个自定义筛选器，只显示某些对象。也可以执行 LDAP 查询，搜索公司中的对象。本章后面将讨论这些问题。

### 52.2.2 ADSI Edit 工具

ADSI Edit 是 Active Directory 的编辑器。如图 52-6 所示，ADSI Edit 提供的控制比 Active Directory Users and Computers 工具更多。使用 ADSI Edit，可以配置所有内容，也可以查看架构和对应配置。但使用这个工具并不是很容易，而且很容易输入错误的数据。

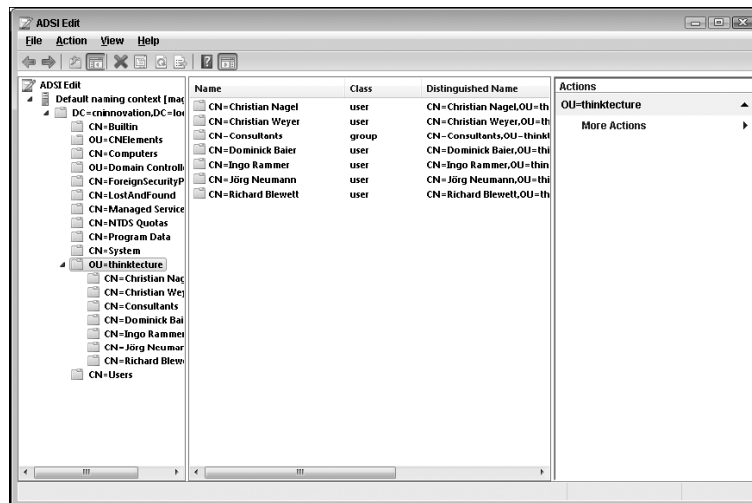


图 52-6

打开对象的 Properties 窗口，可以查看和修改 Active Directory 中对象的每个特性。利用该工具，可以查看必选特性、可选特性、特性的类型和值等，如图 52-7 所示。

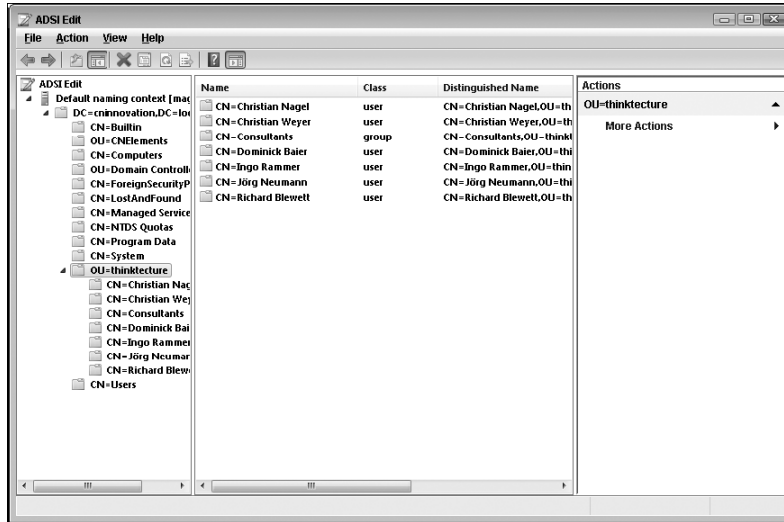


图 52-7

### 52.3 Active Directory 编程

要为 Active Director 开发程序, 可以使用 System.DirectoryServices 或 System.Directory Services.Protocols 名称空间中的类。在 System.DirectoryServices 名称空间中, 可以找到包装活动目录服务接口(Active Directory Service Interfaces, ADSI) COM 对象的类, 它们可以访问 Active Directory。

ADSI 是目录服务的一个编程接口。ADSI 定义一些由 ADSI 提供程序实现的 COM 接口。客户端可以在相同编程接口中使用不同目录服务。System.DirectoryServices 名称空间中的 .NET Framework 类可以使用 ADSI。

在图 52-8 中, 有一些实现 COM 接口(如 IADs 和 IUnknown)的 ADSI 提供程序(LDAP、IIS 和 NDS)。System.DirectoryServices 程序集使用 ADSI 提供程序。

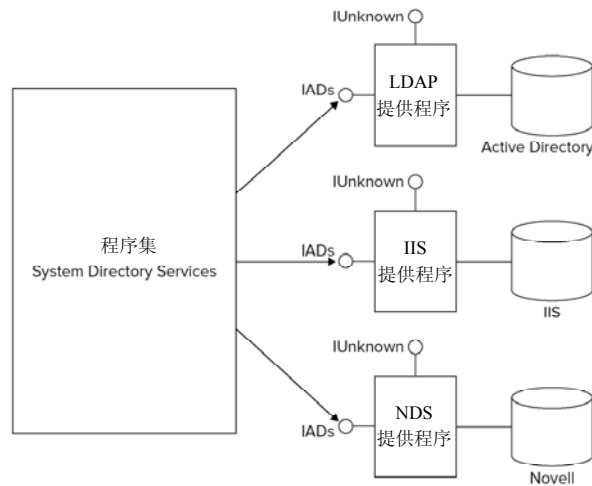


图 52-8

System.DirectoryServices.Protocols 名称空间中的类使用 Windows 的 DSML(Directory Services Markup Language, 目录服务标记语言)服务。OASIS 组(<http://www.oasis-open.org/committees/dsml>) 利用 DSML 定义了标准化的 Web 服务接口。

要使用 System.DirectoryServices 名称空间中的类, 必须引用 System.DirectoryServices 程序集。使用这个程序集中的类可以查询对象、查看和更新属性、搜索对象, 以及把对象移动到其他容器对象中。在本节后面的代码段中, 将使用一个简单的 C#控制台应用程序, 来说明 System.DirectoryServices 名称空间中的类的功能。

本节将介绍:

- System.DirectoryServices 名称空间中的类
- 连接 Active Directory 的处理方式: 绑定
- 获取目录项, 创建新对象, 并更新已有项
- 搜索 Active Directory

### 52.3.1 System.DirectoryServices 名称空间中的类

表 52-1 列出了 System.DirectoryServices 名称空间中的主要类。

表 52-1

类	说 明
DirectoryEntry	这个类是 System.DirectoryServices 名称空间中的主类。这个类的对象表示 Active Directory 存储器中的一个对象。使用这个类可以绑定对象, 查看和更新属性。对象的属性都显示在 PropertyCollection 中。PropertyCollection 中的每一项都有一个 PropertyValueCollection
DirectoryEntries	DirectoryEntries 是 DirectoryEntry 对象的一个集合。DirectoryEntry 对象的 Children 属性返回 DirectoryEntries 集合中的一个对象列表
DirectorySearcher	这个类主要用于用指定的属性搜索对象。要定义该搜索, 可以使用 SortOption 类和 SearchScope、SortDirection 和 ReferralChasingOption 枚举。搜索的结果是一个 SearchResult 或 SearchResultCollection。也可以得到 ResultProperty Collection 和 ResultPropertyValueCollection 对象

### 52.3.2 绑定到 Directory Services

要获得 Active Directory 中一个对象的值, 必须连接到 Active Directory 服务。这个连接进程称为绑定。绑定路径如下:

```
LDAP://dc01.thinktecture.com/OU=Development, DC=Thinktecture, DC=Com
```

在绑定进程中, 可以指定如下项:

- 协议(protocol)指定要使用的提供程序
- 域控制器的服务器名(server name)
- 服务器进程的端口号(port number)
- 对象的可分辨名称(distinguished name), 这标识要访问的对象
- 如果允许访问 Active Directory 的用户不是当前登录的账户, 则提供用户名和密码

- 如果需要加密，应指定 authentication 类型。

下面详细介绍这些内容。

### 1. 协议

绑定路径(即协议)的第一部分指定 ADSI 提供程序。该提供程序作为一个 COM 服务器实现；对于标记，progID 可在注册表的 HKEY\_CLASSES\_ROOT 下。Windows 7 附带的提供程序如表 52-2 所示。

表 52-2

提供程序	说明
LDAP	LDAP 服务器，如 Exchange 目录和 Windows 2000 及以后版本的 Active Directory 服务器
GC	GC 用于访问 Active Directory 中的全局目录。它也可以用于快速查询
IIS	使用 IIS 的 ADSI 提供程序，可以在 IIS 目录中创建和管理新网站
NDS	这个 progID 用于和 Novell Directory Services 通信

### 2. 服务器名

在绑定路径中，服务器名在协议的后面。如果用户登录到 Active Directory 域上，服务器名就是可选的。如果不提供服务器名，就会发生无服务器绑定操作，此时 Windows Server 2008 会在域中查找与用户绑定过程相关的“最好的”域控制器。如果站点中没有服务器，就使用查找到的第一个域控制器。

无服务器绑定如下所示：

```
LDAP://OU=Sales, DC=Thinktecture, DC=Local
```

### 3. 端口号

在服务器名的后面，可以指定服务器进程的端口号，其语法是 xxx。LDAP 服务器的默认端口号是 389：

```
LDAP://dc01.sentinel.net:389
```

Exchange 服务器使用的端口号同 LDAP 服务器的端口号。如果在同一个系统上安装 Exchange 服务器，例如，用作 Active Directory 的域控制器，就可以配置另一个端口。

### 4. 可分辨名称

在路径中指定的第 4 部分是可分辨名称(Distinguished Name, DN)。DN 是一个唯一的名称，它标识要访问的对象。在 Active Directory 中，可以使用基于 X.500 的 LDAP 语法，指定对象的名称。

这是有一个可分辨名称：

```
CN=Christian Nagel, OU=Consultants, DC= Thinktecture, DC=local
```

这个 DN 指定 thinktecture.local 域中 thinktecture 域组件(Domain Component, DC)的 Consultants 组织单元(Organizational Unit, OU)的公共名称(Common Name, CN) Christian Nagel。最右边指定的

部分是域的根对象。该名称必须符合对象树中的层次结构。

可分辨名称的字符串表示的LDAP规范在RFC 2253(<http://www.ietf.org/rfc/rfc2253.txt>)上。

#### (1) 相对可分辨名称

相对可分辨名称(RDN)用于引用容器对象中的对象。使用RDN时,不需要指定OU和DC,因为一个公共名称就足够了。CN=Christian Nagel就是组织单元中的一个相对可分辨名称。如果已经引用一个容器对象,并且要访问其子对象,就可以使用相对可分辨名称。

#### (2) 默认的命名上下文

如果在路径中没有指定可分辨名称,绑定进程就会使用默认的命名上下文。使用rootDSE可以读取默认命名上下文。LDAP 3.0把rootDSE定义为目录服务器中目录树的根。例如

```
LDAP://rootDSE
```

或

```
LDAP://servername/rootDSE
```

通过枚举rootDSE的所有属性,将获得没有指定名称时使用的defaultNamingContext信息。schemaNamingContext和configurationNamingContext指定用于访问Active Directory存储器中架构和配置所需要的名称。

通过下面的代码可获得rootDSE的所有属性:

```
try
{
    using (var de = new DirectoryEntry())
    {
        de.Path = "LDAP://magellan/rootDSE";
        de.Username = @"cninnovation\christian";
        de.Password = "Pa$$w0rd";

        PropertyCollection props = de.Properties;
        foreach (string prop in props.PropertyNames)
        {
            PropertyValueCollection values = props[prop];
            foreach (string val in values)
            {
                Console.WriteLine("{0}: ", prop);
                Console.WriteLine(val);
            }
        }
    }
}
catch (COMException ex)
{
    Console.WriteLine(ex.Message);
}
```

代码段 DirectoryServicesSamples/Program.cs



要在自己的计算机上运行这段代码,必须更改要访问的对象的路径,使之包含服务器名。

这个程序显示默认的命名上下文(defaultNamingContextDC=explorer、DC=local), 用于访问架构的上下文(CN=Schema、CN=Configuration、DC=cninnovation、DC=local)和上下文的命名环境(CN=Configuration、DC=cninnovation、DC=local), 如下所示。

```
currentTime: 20090925131508.0Z
subschemaSubentry: CN=Aggregate,CN=Schema,CN=Configuration,DC=cninnovation,
DC=local
dsServiceName: CN=NTDS Settings,CN=MAGELLAN,CN=Servers,
CN=Default-First-Site-Name,CN=Sites,CN=Configuration,DC=cninnovation,DC=local
namingContexts: DC=cninnovation,DC=local
namingContexts: CN=Configuration,DC=cninnovation,DC=local
namingContexts: CN=Schema,CN=Configuration,DC=cninnovation,DC=local
namingContexts: DC=DomainDnsZones,DC=cninnovation,DC=local
namingContexts: DC=ForestDnsZones,DC=cninnovation,DC=local
defaultNamingContext: DC=cninnovation,DC=local
schemaNamingContext: CN=Schema,CN=Configuration,DC=cninnovation,DC=local
configurationNamingContext: CN=Configuration,DC=cninnovation,DC=local
rootDomainNamingContext: DC=cninnovation,DC=local
supportedControl: 1.2.840.113556.1.4.319
supportedControl: 1.2.840.113556.1.4.801
```

### (3) 对象标识符

每个对象都有一个全局唯一的标识符 GUID。GUID 是一个唯一的 128 位数字, 您可能已经从 COM 开发中了解了它。使用 GUID 可以绑定一个对象。这样, 不管对象是否移动到另一个容器中, 也可以得到同一个对象。GUID 在创建对象时生成, 且总是保持不变。

使用 DirectoryEntry.NativeGuid 可以得到 GUID 的字符串表示。这个字符串表示就可以用于绑定对象。

下面的示例显示一个无服务器绑定的路径名, 它绑定到 GUID 表示的一个特定对象上:

```
LDAP://<GUID=14abbd652aae1a47abc60782dcfc78ea>
```

## 5. 用户名

如果必须使用另一个用户名访问目录(也许这个用户没有访问 Active Directory 所必需的权限), 此时必须为绑定进程指定显式用户证书(user credential)。Active Directory 提供许多方式来指定用户名。

### (1) Downlevel 登录

使用 downlevel 登录, 用户名可以用 Windows 2000 以前的域名指定:

```
domain\username
```

### (2) 可分辨名称

也可以用 user 对象的可分辨名称来指定用户, 例如:

```
CN=Administrator, CN=Users, DC=thinktecture, DC=local
```

### (3) 用户主体名 (UPN)

对象的 UPN 用 userPrincipalName 属性定义。系统管理员可以在 Active Directory Users and Computers 工具中 User 属性的 Account 选项卡上, 用登录信息指定 UPN, 注意, 这不是用户的电子邮件地址。

这些信息也唯一地标识了用户，可以用于登录：

```
Nagel@ thinktecture.local
```

## 6. 身份验证

对于安全加密身份验证，也可以指定身份验证(authentication)类型。身份验证可以用 `DirectoryEntry` 类的 `AuthenticationType` 属性设置。可以指定其值为 `AuthenticationTypes` 枚举中的一个值。因为枚举用 [Flags]特性标记，所以可以指定多个值。发送的数据进行加密的可能值有 `ReadOnlyServer` 和 `Secure`，`ReadOnlyServer` 指定只需要读取访问；`Secure` 表示安全身份验证。

## 7. 用 DirectoryEntry 类绑定

`System.DirectoryServices.DirectoryEntry` 类可以用于指定所有绑定信息。可以使用默认的构造函数，并用 `Path`、`Username`、`Password` 和 `AuthenticationType` 属性定义绑定信息，或者把这些信息传递给构造函数：

```
DirectoryEntry de = new DirectoryEntry();
var de = new DirectoryEntry();
de.Path = "LDAP://platinum/DC=thinktecture, DC=local";
de.Username = "Christian.Nagel@thinktecture.local";
de.Password = "password";

// use the current user credentials
var de2 = new DirectoryEntry("LDAP://DC=thinktecture, DC=local");
```

即使构造 `DirectoryEntry` 对象成功，也并不意味着绑定成功。在第一次读取属性时进行绑定，可以避免不必要的网络流量。对象是否存在，或者指定的用户证书是否正确，都可以在第一次访问该对象时确定。

### 52.3.3 获取目录项

既然知道了如何指定 Active Directory 中对象的绑定特性，就可以转向读取对象的特性。在下面的示例中，读取用户对象的属性。

`DirectoryEntry` 类的一些属性可以提供对象的信息，即 `Name`、`Guid` 和 `SchemaClassName` 属性。第一次访问 `DirectoryEntry` 对象的属性时，会执行绑定操作，并填充基础 ADSI 对象的缓存。后面将详细讨论这些。其他属性可以从缓存中读取，同一对象的数据不需要通过与服务器的通信来获得。

在本例中，用 `thinktecture` 组织单元中的公共名称 `Christian Nagel` 访问 `user` 对象：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
using (var de = new DirectoryEntry())
{
    de.Path = "LDAP://magellan/CN=Christian Nagel, " +
             "OU=thinktecture, DC=cninnovation, DC=local";
    Console.WriteLine("Name: {0}", de.Name);
    Console.WriteLine("GUID: {0}", de.Guid);
    Console.WriteLine("Type: {0}", de.SchemaClassName);
    Console.WriteLine();

    //...
}
```

代码段 DirectoryServicesSamples/Program.cs

Active Directory 对象包含许多信息，可用信息取决于对象的类型。Properties 属性返回一个 PropertyCollection。每个属性本身就是一个集合，因为一个属性可以有多个值；例如，user 对象可以有多个电话号码。在本例中，用一个内层 foreach 循环查看这些值。从 properties[name]返回的集合是一个 object 数组。特性值可以是字符串、数字或其他类型。使用 ToString()方法就可以显示这些值：

```
Console.WriteLine("Properties: ");
PropertyCollection properties = de.Properties;
foreach (string name in properties.PropertyNames)
{
    foreach (object o in properties[name])
    {
        Console.WriteLine("{0}: {1}", name, o.ToString());
    }
}
```

在最终输出中，可以查看 user 对象指定的所有特性。一些属性(如 otherTelephone)有多个值，通过该属性，可以定义许多电话号码。一些属性值只显示 System.\_ComObject 对象的类型，例如，lastLogoff、lastLogon 和 nTSecurityDescriptor。要得到这些特性的值，必须直接使用 System.DirectoryServices 名称空间的类中的 ADSI COM 接口。

```
Name: CN=Christian Nagel
GUID: 0238fd5c-7e67-48bc-985f-c2f1ccf0f86c
Type: user

Properties:
objectClass: top
objectClass: person
objectClass: organizationalPerson
objectClass: user
cn: Christian Nagel
sn: Nagel
givenName: Christian
distinguishedName: CN=Christian Nagel,OU=thinktecture,DC=cninnovation,DC=local
instanceType: 4
whenCreated: 9/25/2009 12:42:05 PM
whenChanged: 9/25/2009 12:42:05 PM
displayName: Christian Nagel
uSNCreated: System.__ComObject
uSNChanged: System.__ComObject
name: Christian Nagel
objectGUID: System.Byte[]
userAccountControl: 66048
badPwdCount: 0
codePage: 0
countryCode: 0
badPasswordTime: System.__ComObject
lastLogoff: System.__ComObject
lastLogon: System.__ComObject
pwdLastSet: System.__ComObject
primaryGroupID: 513
objectSid: System.Byte[]
accountExpires: System.__ComObject
logonCount: 0
```



```
sAMAccountName: christian.nagel
sAMAccountType: 805306368
userPrincipalName: christian.nagel@cninnovation.local
objectCategory: CN=Person,CN=Schema,CN=Configuration,DC=cninnovation,DC=local
dSCorePropagationData: 1/1/1601 12:00:00 AM
nTSecurityDescriptor: System.__ComObject
```

使用 `DirectoryEntry.Properties` 可以访问所有属性。如果已知属性名, 就可以直接访问其值:

```
foreach (string homePage in de.Properties["wWWHomePage"])
    Console.WriteLine("Home page: " + homePage);
```

### 52.3.4 对象集合

对象分层存储在 Active Directory 中。容器对象包含子对象。使用 `DirectoryEntry` 类的 `Children` 属性可以枚举容器中的子对象。另一方面, 使用 `Parent` 属性可以得到对象的容器。

因为 `user` 对象没有子对象, 所以下面的示例使用一个组织单元。非容器对象用 `Children` 属性返回一个空集合。下面从 `explore.local` 域 `thinktecture` 组织单元中获得所有 `user` 对象。`Children` 属性返回一个 `DirectoryEntries` 集合, 其中包含 `DirectoryEntry` 对象。遍历所有 `DirectoryEntry` 对象, 显示子对象的名称。



```
using (var de = new DirectoryEntry())
{
    de.Path = "LDAP://magellan/OU=thinktecture, DC=cninnovation, DC=local";

    Console.WriteLine("Children of {0}", de.Name);
    foreach (DirectoryEntry obj in de.Children)
    {
        Console.WriteLine(obj.Name);
    }
}
```

代码段 `DirectoryServicesSamples/Program.cs`

运行程序, 会显示对象的公共名称:

```
Children of OU=thinktecture
OU=Admin
CN=Buddhike de Silva
CN=Christian Nagel
CN=Christian Weyer
CN=Consultants
CN=demos
CN=Dominick Baier
CN=Ingo Rammer
CN=Neno Loye
```

本例显示了组织单元中的所有对象: `users`、`contacts`、`printers`、`shares` 和其他对象。如果只需要查看某些对象类型, 就可以使用 `DirectoryEntries` 类的 `SchemaFilter` 属性。`SchemaFilter` 属性返回一个 `SchemaNameCollection`。通过这个 `SchemaNameCollection`, 就可以使用 `Add()` 方法定义要查看的对象类型。在本例中, 因为只需要查看 `user` 对象, 所以把 `user` 添加到这个集合中:

```

using (var de = new DirectoryEntry())
{
    de.Path = "LDAP://magellan/OU=thinktecture, DC=cninnovation, DC=local";

    Console.WriteLine("Children of {0}", de.Name);
    de.Children.SchemaFilter.Add("user");
    foreach (DirectoryEntry obj in de.Children)
    {
        Console.WriteLine(obj.Name);
    }
}

```

结果，只显示组织单元中的 user 对象，如下所示。

```

Children of OU=thinktecture
CN=Christian Nagel
CN=Christian Weyer
CN=Dominick Baier
CN=Ingo Rammer
CN=Jörg Neumann
CN=Richard Blewett

```

### 52.3.5 缓存

为了减少网络流量，ADSI 使用缓存来存储对象属性。如前所述，在创建 DirectoryEntry 对象时不访问服务器。只要从目录存储器中读取第一个属性，所有属性都会写入缓存中，这样，在访问下一个属性时，就不需要往返服务器。

给对象写入任何更改内容时，只会改变已缓存的对象。设置属性不会产生网络流量。必须使用 DirectoryEntry.CommitChanges() 方法刷新缓存，把任何已更改的数据传输到服务器。要从目录存储器中获取新写入的数据，可以使用 DirectoryEntry.RefreshCache() 读取属性。当然，如果没有调用 CommitChanges() 和 RefreshCache() 方法更改一些属性，那么所有更改都会丢失，因为我们将再次使用 RefreshCache() 方法读取目录服务中的值。

把 DirectoryEntry.UsePropertyCache 属性设置为 false，就可以关闭这个属性缓存。但除非正在调试代码，否则最好不要关闭缓存，因为这会与服务器间产生额外的往返。

### 52.3.6 创建新对象

创建新 Active Directory 对象时，如 users、computers、printers 和 contacts 等，可以使用 DirectoryEntries 类以编程方式完成创建工作。

要给目录添加新对象，首先必须绑定一个容器对象，如组织单元，可以在其中插入新对象。不能使用不包含其他对象的对象。下面的示例使用一个容器对象，其可分辨名称为 CN=Users, DC= thinktecture, DC=local:



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

var de = new DirectoryEntry();
de.Path = "LDAP://magellan/CN=Users, DC=cninnovation, DC=local";

```

代码段 DirectoryServicesSamples/Program.cs

使用 `DirectoryEntry` 类的 `Children` 属性, 可以得到 `DirectoryEntries` 对象:

```
DirectoryEntries users = de.Children;
```

`DirectoryEntries` 类提供的方法可以添加、删除和查找集合中的对象。下面创建一个新的 `user` 对象。使用 `Add()` 方法时, 需要一个对象名和一个类型名。使用 `ADSI Edit` 可以直接获得类型名:

```
DirectoryEntry user = users.Add("CN=John Doe", "user");
```

对象现在有默认属性值。要指定特定属性值, 可以使用 `Properties` 属性的 `Add()` 方法添加属性。当然, 所有属性都必须存在于 `user` 对象的架构中。如果指定的属性不存在, 就得到一个 `COMException` 异常: “指定的目录服务属性或值不存在”:

```
user.Properties["company"].Add("Some Company");
user.Properties["department"].Add("Sales");
user.Properties["employeeID"].Add("4711");
user.Properties["samAccountName"].Add("JDoe");
user.Properties["userPrincipalName"].Add("JDoe@explorer.local");
user.Properties["givenName"].Add("John");
user.Properties["sn"].Add("Doe");
user.Properties["userPassword"].Add("someSecret");
```

最后, 为了把数据写入 `Active Directory` 中, 必须刷新缓存:

```
user.CommitChanges();
```

### 52.3.7 更新目录项

`Active Directory` 服务中对象的更新和读取一样简单。可以在读取对象后更改它们的值。要删除一个属性的所有值, 可以调用 `PropertyValueCollection.Clear()` 方法。使用 `Add()`, 可以把新值添加到属性中。`Remove()` 和 `RemoveAt()` 方法可以从属性集合中删除指定的值。

要更改一个值, 只需把这个值设置为指定的值。下面的示例通过 `PropertyValueCollection` 类的一个索引器把移动电话号码设置为一个新值。使用该索引器只能改变已存在的值。因此, 应总是使用 `DirectoryEntry.Properties.Contains()` 方法来确定该特性是否可用。

```
using (var de = new DirectoryEntry())
{
    de.Path = "LDAP://magellan/CN=Christian Nagel, " +
             "OU=thinktecture, DC=cninnovation, DC=local";

    if (de.Properties.Contains("mobile"))
    {
        de.Properties["mobile"][0] = "+43(664)3434343434";
    }
    else
    {
        de.Properties["mobile"].Add("+43(664)3434343434");
    }

    de.CommitChanges();
}
```

在本例的 `else` 部分，如果手机号码不存在新属性，就用 `PropertyValue Collection.Add()` 方法添加它。如果对已有的属性使用 `Add()` 方法，那么最终结果将取决于属性的类型(单值属性或多值属性)。对已有的单值属性使用 `Add()` 方法，会得到一个 `COMException` 异常：“违反了一个约束。”对已有的多值属性使用 `Add()` 方法，则会成功地把另一个值添加到属性中。

因为把 `user` 对象的属性 `mobile` 定义为单值属性，所以不能添加其他手机号码。但是用户可以有多个手机号码。对于多个手机号码，`otherMobile` 属性可用。因为它是一个多值属性，允许设置多个手机号码，所以可以多次调用 `Add()` 方法。注意，对多值属性要检查其唯一性。如果把第二个电话号码添加到同一个 `user` 对象中，那么也会得到一个 `COMException` 异常：“指定的目录服务属性或值已经存在。”



在创建或更新目录对象后，应调用 `DirectoryEntry.CommitChanges()` 方法。否则，只能更新缓存中的信息，更改的信息不会发送到目录服务中。

### 52.3.8 访问本地 ADSI 对象

调用预定义的 ADSI 接口的方法常常比搜索对象的属性名容易得多。一些 ADSI 对象还支持不能从 `DirectoryEntry` 类中直接使用的方法。例如，`IADsServiceOperations` 接口有启动和停止 Windows 服务的方法。Windows 服务的详细内容请参见第 25 章。

如前所述，`System.DirectoryServices` 名称空间的类使用基础 ADSI COM 对象。`DirectoryEntry` 类支持直接使用 `Invoke()` 方法调用基础对象的主调方法。

`Invoke()` 方法的第一个参数是应在 ADSI 对象中调用的方法名，第二个参数的 `params` 关键字允许把数量可变的其他参数传递给 ADSI 方法：

```
public object Invoke(string methodName, params object[] args);
```

ADSI 文档介绍了可以用 `Invoke()` 方法调用的方法。域中的每个对象都支持 `IADs` 接口的方法。前面创建的 `user` 对象也支持 `IADsUser` 接口的方法。

在下面的代码示例中，使用 `IADsUser.SetPassword()` 方法改变前面创建的 `user` 对象的密码：

```
using (var de = new DirectoryEntry())
{
    de.Path = "LDAP://magellan/CN=John Doe, CN=Users, DC=chinnoation, DC=local";

    de.Invoke("SetPassword", "anotherSecret");
    de.CommitChanges();
}
```

如果不使用 `Invoke()` 方法，那么还可以直接使用基础 ADSI 对象。要使用这些对象，必须选择 `Project | Add Reference` 命令添加对 `Active DS Type Library` 的引用，如图 52-9 所示。这会创建一个包装器类，在该类中可以访问 `ActiveDs` 名称空间中的这些对象。

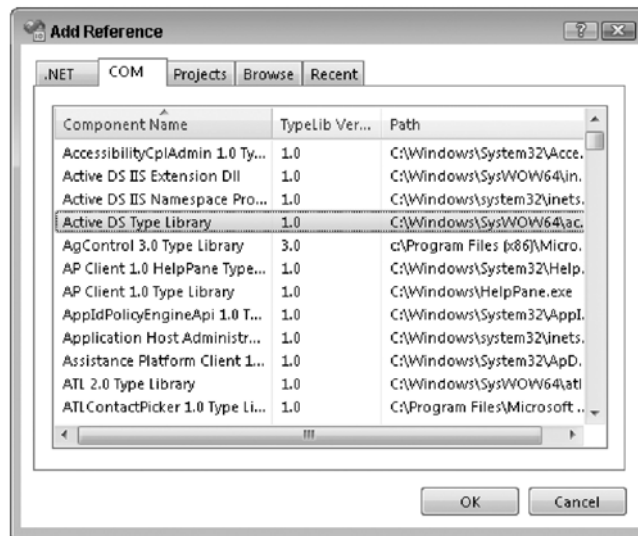


图 52-9

本地对象可以使用 `DirectoryEntry` 类的 `NativeObject` 属性访问。在下面的示例中，因为 `de` 对象是一个 `user` 对象，所以可以把它强制转换为 `ActiveDs.IADsUser` 类型。`SetPassword()` 方法是在 `IADsUser` 接口中归档的方法，所以可以直接调用它，而不是使用 `Invoke()` 方法调用它。把 `IADsUser` 接口的 `AccountDisabled` 属性设置为 `false`，就可以启用账户。与前面的示例一样，调用 `CommitChanges()` 方法和 `DirectoryEntry` 对象，把更改的内容写入目录服务中：

```
ActiveDs.IADsUser user = (ActiveDs.IADsUser)de.NativeObject;
user.SetPassword("someSecret");
user.AccountDisabled = false;
de.CommitChanges();
```



从 .NET 3.5 开始，不需要在 .NET 类 `DirectoryEntry` 的后面调用本地对象。可以使用 `System.DirectoryServices.AccountManagement` 名称空间中的类管理用户。这个名称空间中的类参见本章后面的内容。

### 52.3.9 在 Active Directory 中搜索

因为 Active Directory 是一个数据存储库，它为大多数读取访问进行了优化，所以一般用来搜索一些值。要在 Active Directory 中搜索，可以使用 .NET Framework 中的 `DirectorySearcher` 类。



`DirectorySearcher` 类只能和 LDAP 提供程序一起使用；它不能和 NDS 或 IIS 等提供程序一起使用。

在 `DirectorySearcher` 类的构造函数中，可以定义搜索的 4 个重要部分：搜索开始的根目录、筛选、应加载的属性和搜索的范围。也可以使用默认构造函数，并用属性定义搜索选项。

## 1. SearchRoot

搜索根目录指定搜索应从什么地方开始。SearchRoot 的默认值是当前使用的域的根。SearchRoot 用 DirectoryEntry 对象的 Path 指定。

## 2. 筛选器

筛选器定义希望获得的值。筛选器是一个必须放在圆括号中的字符串。

表达式中可以使用关系运算符，如 <=、=、>=。(objectClass=contact) 搜索所有为 contact 类型的对象；(lastName>=Nagel) 按字母顺序搜索 lastName 属性等于或大于 Nagel 的所有对象。

表达式可以和前缀运算符“&”和“|”组合使用。例如，(&(objectClass=user)(description=Auth\*)) 搜索类型为 user，其 description 属性以字符串 Auth 开头的对象。因为“&”和“|”运算符在表达式的开头，所以可以把两个以上的表达式用一个前缀运算符组合在一起。

因为默认筛选器是(objectClass=\*)，所以所有对象有效。



筛选器语法在 RFC 2254 “LDAP 搜索筛选器的字符串表示”中定义。这个 RFC 在 <http://www.ietf.org/rfc/rfc2254.txt> 中。

## 3. PropertiesToLoad

使用 PropertiesToLoad，可以定义需要的所有属性的一个 StringCollection。对象可以有許多属性，其中大多数对于搜索请求都不太重要。我们定义了应加载到缓存中的属性。如果没有指定属性返回的，默认属性就是对象的 Path 和 Name 属性。

## 4. SearchScope

SearchScope 是一个枚举，它定义搜索应扩展的深度：

- 因为 SearchScope.Base 只搜索开始搜索的对象中的特性，所以至多可以得到一个对象。
- SearchScope.OneLevel 表示在基对象的子集中继续搜索。不搜索基对象本身。
- SearchScope.Subtree 定义在整个树中向下搜索。

SearchScope 属性的默认值是 SearchScope.Subtree。

## 5. 搜索的限制

在目录服务中搜索特定的对象可以跨几个域进行。要限制搜索对象的个数或搜索时间，可以定义其他几个属性(如表 52-3 所示)。

表 52-3

属 性	说 明
ClientTimeout	客户端等待服务器返回结果的最长时间。如果服务器没有响应，就不返回记录
PageSize	使用 paged search，服务器会返回用 PageSize 定义的许多对象，而不是所有对象。这会减少客户端获得第一个应答的时间和需要的内存。服务器把一个 cookie 发送给客户端，客户端再把下一个搜索请求发送回服务器，这样搜索就可以在上一次结束的地方继续进行

(续表)

属 性	说 明
ServerPageTimeLimit	对于 paged search, 这个值定义了一个搜索时间范围, 在该时间范围内应继续返回用 PageSize 值定义的许多对象。如果这段时间在 PageSize 值之前到达, 就会把此时查找到的对象返回给客户端。默认值为 -1, 表示时间为无限长
SizeLimit	定义搜索返回的最大对象个数。如果把它设置为比服务器定义的值(1000)还大, 就使用服务器定义的限制
ServerTimeLimit	定义服务器搜索对象的最长时间。过了这段时间后, 就会把此时查找到的所有对象返回给客户端。默认值是 120 秒, 不能把搜索时间设置为较高的值
ReferralChasing	搜索可以跨几个域进行。如果用 SearchRoot 指定的根目录是一个父域或没有指定根目录, 就会继续在子域中搜索。使用这个属性可以指定是否应在不同的服务器上继续搜索。 ReferralChasingOption.None 表示不在不同的服务器上继续搜索。 ReferralChasingOption.Subordinate 指定继续在子域中搜索。当搜索从 DC=Wrox、DC=COM 开始时, 服务器可以返回一个结果集, 并引用 DC=France、DC=Wrox、DC=COM。客户端可以继续在于域中搜索。 ReferralChasingOption.External 表示服务器可以使客户机搜索不在子域中的另一个独立服务器, 这是默认选项。 ReferralChasingOption.All 表示返回外部引用和从属引用
Tombstone	如果将属性 Tombstone 设置为 true, 就返回所有匹配搜索的已删除对象
VirtualListView	如果搜索结果比较多, 就可以使用 VirtualListView 属性定义一个应从搜索中返回的子集。这个子集用 DirectoryVirtualListView 类定义

在搜索示例中, 要搜索 thinkecture 组织单元中 description 属性值为 Author 的所有 user 对象。

首先, 绑定 thinkecture 组织单元, 从该组织单元中开始搜索。创建一个 DirectorySearcher 对象, 在其中设置 SearchRoot。把筛选器定义为(&(objectClass=user)(description=Auth\*)), 这样就可以搜索所有类型为 user、description 属性以 Auth 开头的对象。搜索的范围应在一个子树中, 这样在 thinkecture 的子组织单元中搜索:



```
using (var de = new DirectoryEntry("LDAP://OU=thinkecture, DC=cninnovation, DC=local"))
using (var searcher = new DirectorySearcher())
{
    searcher.SearchRoot = de;
    searcher.Filter = "( &(objectClass=user)(description=Auth*))";
    searcher.SearchScope = SearchScope.Subtree;
}
```

代码段 DirectoryServicesSamples/Program.cs

要在搜索结果中包含的属性有 name、description、givenName 和 wWWHomePage。

```
searcher.PropertiesToLoad.Add("name");
searcher.PropertiesToLoad.Add("description");
searcher.PropertiesToLoad.Add("givenName");
searcher.PropertiesToLoad.Add("wWWHomePage");
```

下面准备开始搜索。还应对结果进行排序。DirectorySearcher 类有一个 Sort 属性，它可以设置一个 SortOption。SortOption 类的构造函数的第一个参数定义用于排序的属性，第二个参数定义排序的方向。SortDirection 枚举的值有 Ascending 和 Descending。

要开始搜索，可以使用 FindOne()方法查找第一个对象，或者使用 FindAll()方法。FindOne()方法返回一个简单的 SearchResult，而 FindAll()方法返回一个 SearchResultCollection。因为要返回所有作者，所以应使用 FindAll()方法：

```
searcher.Sort = new SortOption("givenName", SortDirection.Ascending);
SearchResultCollection results = searcher.FindAll();
```

使用一个 foreach 循环，可以访问 SearchResultCollection 中的每个 SearchResult。SearchResult 表示搜索缓存中的一个对象。Properties 属性返回一个 ResultPropertyCollection，其中使用属性名和索引器可以访问该集合中的所有属性：

```
SearchResultCollection results = searcher.FindAll();

foreach (SearchResult result in results)
{
    ResultPropertyCollection props = result.Properties;
    foreach (string propName in props.PropertyNames)
    {
        Console.WriteLine("{0}: ", propName);
        Console.WriteLine(props[propName][0]);
    }
    Console.WriteLine();
}
}
```

也可以在搜索之后获得完整的对象：SearchResult 有一个 GetDirectoryEntry()方法，它返回查找到的对象的相应 DirectoryEntry。

最终的输出应显示所有 thinktecture 对应的列表的开始，以及已选择的属性。

```
givenname: Christian
adspath: LDAP://magellan/CN=Christian Weyer,OU=thinktecture,DC=cninnovation,
DC=local
description: Author
name: Christian Weyer

givenname: Christian
adspath: LDAP://magellan/CN=Christian Nagel,OU=thinktecture,DC=cninnovation,
DC=local
description: Author
name: Christian Nagel

givenname: Dominick
adspath: LDAP://magellan/CN=Dominick Baier,OU=thinktecture,DC=cninnovation,
DC=local
description: Author
name: Dominick Baier

givenname: Ingo
adspath: LDAP://magellan/CN=Ingo Rammer,OU=thinktecture,DC=cninnovation,
DC=local
```



```

description: Author
name: Ingo Rammer

givenname: Jörg
adspath: LDAP://magellan/CN=Jörg Neumann,OU=thinktecture,DC=cninnovation,
DC=local
description: Author
name: Jörg Neumann

```

## 52.4 搜索用户对象

本节要创建一个 WPF 应用程序 UserSearch。这个应用程序非常灵活，因为可以输入特定域控制器、用户名和密码，访问 Active Directory 或者使用正在运行的进程的用户。在这个应用程序中，我们将访问 Active Directory 服务的架构，获得 user 对象的属性。该用户可以输入一个筛选器字符串，搜索域中的所有 user 对象。还可以设置应显示的 user 对象的属性。

### 52.4.1 用户界面

用户界面显示一些已编号的步骤，说明如何使用该应用程序(如图 52-10 所示)。

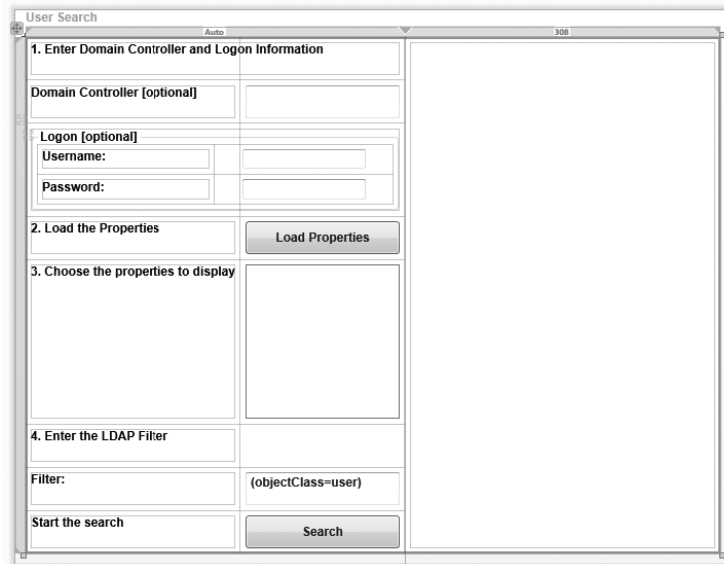


图 52-10

1. 输入用户名、密码和域控制器。所有这些信息都是可选的。如果没有输入域控制器，就使用无服务器绑定进行连接。如果没有输入用户名，就使用当前用户的安全上下文。
2. 使用一个按钮，就可以把 user 对象的所有属性名动态地加载到 listBoxProperties 列表框中。
3. 选择要显示的属性。把列表框的 SelectionMode 设置为 MultiSimple。
4. 可以输入限制搜索的筛选器，在该对话框中设置的默认值搜索所有 user 对象：(objectClass=user)。
5. 现在开始搜索。

### 52.4.2 获取架构命名上下文

这个应用程序只有两个处理程序方法：按钮的第一个方法加载属性，第二个方法则在域中开始搜索操作。首先，从架构中动态地读取 `user` 类的属性，在用户界面中显示它。

在 `buttonLoadProperties_Click()` 方法中，使用 `SetLogonInformation()` 方法从对话框中读取用户名、密码和主机名，并把它们存储在类的成员中。接着，`SetNamingContext()` 方法设置架构的 LDAP 名称和默认上下文的 LDAP 名称。这个架构的 LDAP 名称用于 `SetUserProperties()` 调用中，设置列表框中的属性。



```
private void OnLoadProperties(object sender, RoutedEventArgs e)
{
    try
    {
        SetLogonInformation();

        SetNamingContext();

        SetUserProperties(schemaNamingContext);
    }
    catch (Exception ex)
    {
        MessageBox.Show(String.Format("check your input! {0}", ex.Message));
    }
}
```

代码段 `UserSearch/MainWindow.xaml.cs`

在辅助方法 `SetNamingContext()` 中，使用目录树的根目录来获得服务器的属性。这里只考虑两个属性的值：`schemaNamingContext` 和 `defaultNamingContext`。

```
private void SetNamingContext()
{
    using (var de = new DirectoryEntry())
    {
        string path = "LDAP://" + hostname + "rootDSE";
        de.Username = username;
        de.Password = password;
        de.Path = path;
        schemaNamingContext = de.Properties["schemaNamingContext"][0].ToString();
        defaultNamingContext = de.Properties["defaultNamingContext"][0].ToString();
    }
}
```

### 52.4.3 获取 User 类的属性名

使用 LDAP 名称可以访问架构。使用它可以访问目录，并读取属性。我们不仅要介绍 `user` 类的属性，还将介绍 `user` 类的基类：`Organizational-Person`、`Person` 和 `Top`。在这个程序中，基类的名称是硬编码的。还可以使用 `subClassOf` 属性动态地读取基类。

`GetSchemaProperties()` 方法返回 `IEnumerable<string>`，其中包含指定对象类型的所有属性名。把所有属性名都添加到列表框中：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
private void SetUserProperties(string schemaNamingContext)
{
    var properties = from p in GetSchemaProperties(schemaNamingContext,
                                                "User").Concat(
                                                GetSchemaProperties(schemaNamingContext,
                                                "Organizational-Person")).Concat(
                                                GetSchemaProperties(schemaNamingContext, "Top"))
                    orderby p
                    select p;
    listBoxProperties.DataContext = properties;
}
```

代码段 UserSearch/MainWindow.xaml.cs

在 `GetSchemaProperties()` 方法中, 再次访问 Active Directory 服务。这次不使用 `rootDSE`, 而使用前面介绍的架构的 LDAP 名称。`systemMayContain` 属性包含 `objectType` 类中的所有属性的一个集合:

```
private IEnumerable<string>GetSchemaProperties(string schemaNamingContext,
                                             string objectType)
{
    IEnumerable<string>data;
    using (var de = new DirectoryEntry())
    {
        de.Username = username;
        de.Password = password;

        de.Path = String.Format("LDAP://{0}CN={1},{2}", hostname, objectType,
                               schemaNamingContext);

        PropertyValueCollection values = de.Properties["systemMayContain"];
        data = from s in values.Cast<string>()
              orderby s
              select s;
    }
    return data;
}
```

这样就完成了应用程序的第二步。Listbox 控件包含 `user` 对象的所有属性名。

#### 52.4.4 搜索用户对象

搜索按钮的处理程序只调用辅助方法 `FillResult()`:



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
private void OnSearch(object sender, RoutedEventArgs e)
{
    try
    {
        FillResult();
    }
    catch (Exception ex)
    {
        MessageBox.Show(String.Format("check your input! {0}", ex.Message));
    }
}
```

代码段 UserSearch/MainWindow.xaml.cs

在 FillResult()方法中,在整个 Active Directory 域中进行与前面一样的正常搜索。把 SearchScope 设置为 Subtree,把 Filter 设置为从 TextBox 获取中的字符串,应加载到缓存中的属性由用户在列表框中选择的值设置。DirectorySearcher 类的 PropertiesToLoad 属性是 StringCollection 类型,其中应加载的属性可以使用 AddRange()方法添加,该方法的参数是一个字符串数组。应加载的属性用 SelectedItems 属性从 listBoxProperties 列表框中读取。在设置 DirectorySearcher 对象的属性后,就调用 SearchAll()方法搜索属性。SearchResultCollection 中的搜索结果用于生成写入 textBoxResults 文本框中的汇总信息。

```
private void FillResult()
{
    using (var root = new DirectoryEntry())
    {
        root.Username = username;
        root.Password = password;
        root.Path = String.Format("LDAP://{0}/{1}",
            hostname, defaultNamingContext);
        using (var searcher = new DirectorySearcher())
        {
            searcher.SearchRoot = root;
            searcher.SearchScope = SearchScope.Subtree;
            searcher.Filter = textFilter.Text;
            searcher.PropertiesToLoad.AddRange(
                listBoxProperties.SelectedItems.Cast < string > ().ToArray());

            SearchResultCollection results = searcher.FindAll();
            var summary = new StringBuilder();
            foreach (SearchResult result in results)
            {
                foreach (string propName in result.Properties.PropertyNames)
                {
                    foreach (object p in result.Properties[propName])
                    {
                        summary.AppendFormat(" {0}: {1}", propName, p);
                        summary.AppendLine();
                    }
                }
                summary.AppendLine();
            }
            textResult.Text = summary.ToString();
        }
    }
}
```

启动该应用程序,给出其中筛选器有效的所有对象对应的一个列表,如图 52-11 所示。

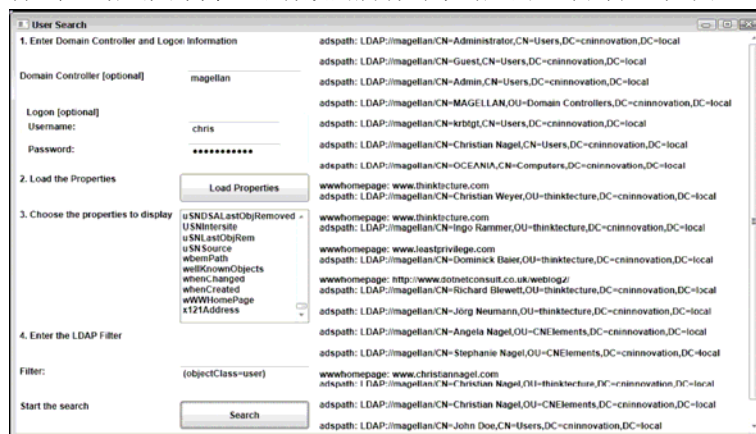


图 52-11

## 52.5 账户管理

在.NET 3.5 推出之前, 很难创建和修改用户账户和组账户。以前使用的一种方式是利用 System.DirectoryServices 名称空间中的类或强类型化的本地 COM 接口。从.NET 3.5 开始新增了 System.DirectoryServices.AccountManagement 程序集, 它提供 System.DirectoryServices 类的抽象, 方法是使用特定的方法和属性搜索、修改、创建、更新用户和组。

这些类及其功能如表 52-4 所示。

表 52-4

类	说明
PrincipalContext	使用 PrincipalContext 类可以配置账户管理的上下文。这里可以确定是否使用 Active Directory 域、本地系统中的账户或应用程序目录。为此, 应把 ContextType 枚举设置为 Domain、Machine 或 ApplicationDirectory。根据上下文类型, 还可以定义域名, 指定用于访问的用户名和密码
Principal	Principal 类是所有主体的基类。使用静态方法 FindByIdentity(), 可以获得一个 Principal 标识对象。通过主体对象可以访问各种属性, 如架构中的名称、描述、可分辨的名称, 以及对象类型。如果除了这个类中可用的方法和属性之外, 还需要更多地控制主体, 就可以使用 GetUnderlyingType()方法, 它返回基础 DirectoryEntry 对象
AuthenticablePrincipal	AuthenticablePrincipal 类派生自 Principal 类, 是所有可以验证身份的主体的基类。有几个查找主体的静态方法, 如按登录时间或锁定时间、按不正确的密码尝试次数或按密码设置时间来查找。使用实例方法可以修改密码, 释放账户
UserPrincipal ComputerPrincipal	UserPrincipal 类和 ComputerPrincipal 类派生自 AuthenticablePrincipal 基类, 因此拥有这个基类的所有属性和方法。UserPrincipal 对象映射到用户账户, ComputerPrincipal 对象映射到计算机账户。UserPrincipal 类有许多属性可以获取和设置用户信息, 如 EmployeeId、EmailAddress、GivenName 和 VoiceTelephoneNumber
GroupPrincipal	组不能进行身份验证, 因此 GroupPrincipal 类直接派生自 Principal 类。在 GroupPrincipal 类中, 可以使用 Members 属性和 GetMembers()方法获得组的成员
PrincipalCollection	PrincipalCollection 类包含一组 Principal 对象; 例如, GroupPrincipal 类的 Members 属性返回一个 PrincipalCollection 对象
PrincipalSearcher	PrincipalSearcher 类是 DirectorySearcher 类的一个抽象, 专门用于账户管理。使用 PrincipalSearcher 类不需要了解 LDAP 查询语法, 因为这是自动创建的
PrincipalSearchResult<T>	PrincipalSearcher 类和 Principal 类的搜索方法返回一个 PrincipalSearchResult<T>

下面几节介绍可以使用 System.DirectoryServices.AccountManagement 名称空间中的类的场合。

### 52.5.1 显示用户信息

UserPrincipal 类的 Current 静态属性返回一个 UserPrincipal 对象和当前登录用户的信息:



```
using (var user = UserPrincipal.Current)
{
    Console.WriteLine("Context Server: {0}", user.Context.ConnectedServer);
    Console.WriteLine(user.Description);
    Console.WriteLine(user.DisplayName);
    Console.WriteLine(user.EmailAddress);
    Console.WriteLine(user.GivenName);
    Console.WriteLine("{0:d}", user.LastLogon);
}
```

---

代码段 AccountManagementSamples/Program.cs

运行这个应用程序，会显示用户的信息：

```
Context Server: Magellan.cninnovation.local
Developer, Author, Trainer, Consultant
Christian Nagel
Christian@ChristianNagel.com
Christian
2009/09/25
```

### 52.5.2 创建用户

使用 `UserPrincipal` 类可以创建新用户。首先需要有一个 `PrincipalContext` 类定义创建用户的位置。在 `PrincipalContext` 类中，根据应使用目录服务、计算机的本地账户还是应用程序目录，把 `ContextType` 设置为 `Domain`、`Machine` 或 `ApplicationDirectory` 的一个枚举值。如果当前用户不能在 Active Directory 中添加账户，那么还可以使用 `PrincipalContext` 类设置用户和密码，用于访问服务器。

接着，传递该 `PrincipalContext`，设置需要的属性，创建 `UserPrincipal` 类的一个实例。这里设置 `GivenName` 和 `EmailAddress` 属性。最后，必须调用 `UserPrincipal` 类的 `Save()` 方法，把新用户写入存储器中：



```
using (var context = new PrincipalContext(ContextType.Domain, "cninnovation"))
using (var user = new UserPrincipal(context, "Tom", "P@ssw0rd", true)
    {
        GivenName = "Tom",
        EmailAddress = "test@test.com"
    })
{
    user.Save();
}
```

---

代码段 AccountManagementSamples/Program.cs

### 52.5.3 重置密码

要给已有用户重置密码，可以使用 `UserPrincipal` 对象的 `SetPassword()` 方法：

```
using (var context = new PrincipalContext(ContextType.Domain, "cninnovation"))
using (var user = UserPrincipal.FindByIdentity(context, IdentityType.Name,
    "Tom"))
{
    user.SetPassword("Pa$$w0rd");
    user.Save();
}
```

---

代码段 AccountManagementSamples/Program.cs

运行上述代码的用户需要有重置密码的权限。要把旧密码改为新密码，可以使用 `ChangePassword()` 方法。

#### 52.5.4 创建组

新组的创建方式与新用户的创建相同。这里仅使用 `GroupPrincipal` 类替代 `UserPrincipal` 类。与创建新用户一样，也要设置属性，并调用 `Save()` 方法：



```
using (var ctx = new PrincipalContext(ContextType.Domain, "cninnovation"))
using (var group = new GroupPrincipal(ctx)
    {
        Description = "Sample group",
        DisplayName = "Wrox Authors",
        Name = "WroxAuthors"
    })
{
    group.Save();
}
```

代码段 AccountManagementSamples/Program.cs

#### 52.5.5 在组中添加用户

要在组中添加用户，可以使用 `GroupPrincipal`，并把 `UserPrincipal` 添加到组的 `Members` 属性中。要获得已有用户和组，可以使用静态方法 `FindByIdentity()`：



```
using (var context = new PrincipalContext(ContextType.Domain))
using (var group = GroupPrincipal.FindByIdentity(
    context, IdentityType.Name, "WroxAuthors"))
using (var user = UserPrincipal.FindByIdentity(
    context, IdentityType.Name, "Stephanie Nagel"))
{
    group.Members.Add(user);
    group.Save();
}
```

代码段 AccountManagementSamples/Program.cs

#### 52.5.6 查找用户

`UserPrincipal` 对象的静态方法可以根据某些预定义的条件查找用户。这里的示例说明了如何使用 `FindPasswordSetTime()` 方法查找在最近 30 天内未修变密码的用户。这个方法返回一个 `PrincipalSearchResult<UserPrincipal>` 集合，迭代它就可以显示用户名、最后一次登录时间和重置密码的时间：



```
using (var context = new PrincipalContext(ContextType.Domain, "explorer"))
using (var users = UserPrincipal.FindByPasswordSetTime(context,
    DateTime.Today - TimeSpan.FromDays(30), MatchType.LessThan))
{
    foreach (var user in users)
    {
        Console.WriteLine("{0}, last logon: {1}, " +
            "last password change: {2}", user.Name, user.LastLogon,

```

```

        user.LastPasswordSet);
    }
}

```

代码段 AccountManagementSamples/Program.cs

UserPrincipal 类中用于查找用户的其他方法有 FindByBadPasswordAttempt()、FindByExpirationTime()、FindByLockoutTime() 和 FindByLogonTime()。

使用 PrincipalSearcher 类可以更灵活地查找用户。这个类是 DirectorySearcher 类的一个抽象，且在后台使用 DirectorySearcher 类。在 PrincipalSearcher 类中，可以把任意 Principal 对象赋予 QueryFilter 属性。

在下面的例子中，把带有 Surname 和 Enabled 属性的 UserPrincipal 对象赋予 QueryFilter。这样，就用 PrincipalSearchResult 集合返回所有姓氏为 Nag 且启用的用户对象。PrincipalSearcher 类创建一个 LDAP 查询字符串，进行搜索。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

var context = new PrincipalContext(ContextType.Domain);
var userFilter = new UserPrincipal(context);
userFilter.Surname = "Nag*";
userFilter.Enabled = true;

using (var searcher = new PrincipalSearcher())
{
    searcher.QueryFilter = userFilter;
    var searchResult = searcher.FindAll();
    foreach (var user in searchResult)
    {
        Console.WriteLine(user.Name);
    }
}

```

代码段 AccountManagementSamples/Program.cs

## 52.6 DSML

在 System.DirectoryServices.Protocols 名称空间中，可以通过 DSML(目录服务标记语言)访问 Active Directory。DSML 是 OASIS 组(<http://www.oasis-open.org>)定义的一个标准，它允许通过 Web 服务访问目录服务。要通过 DSML 访问 Active Directory，至少要安装 Windows Server 2003 R2。

图 52-12 显示了 DSML 的一个配置。提供 DSML 服务的系统通过 LDAP 访问 Active Directory。在客户端系统上，使用 System.DirectoryServices.Protocols 名称空间中的 DSML 类向 DSML 服务发出 SOAP 请求。

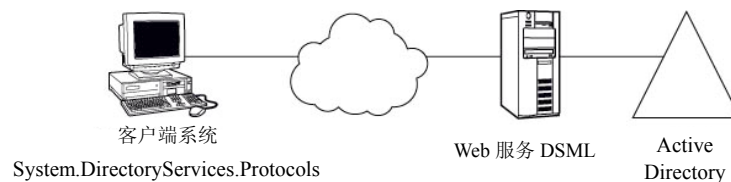


图 52-12



## 52.6.1 System.DirectoryServices.Protocols 名称空间中的类

表 52-5 列出了 System.DirectoryServices.Protocols 名称空间中的主要类。

表 52-5

类	说 明
DirectoryConnection	DirectoryConnection 类是可以定义到目录服务的连接的所有连接类的基类。派生自 DirectoryConnection 类的类有 LdapConnection(为使用 LDAP 协议)、Dsm1SoapConnection 和 Dsm1SoapHttpConnection。使用 SendRequest()方法可以把消息发送给目录服务
DirectoryRequest	派生自 DirectoryRequest 基类的类可以把请求发送给目录服务。根据请求的类型, 使用 SearchRequest、AddRequest、DeleteRequest 和 ModifyRequest 等类发送请求
DirectoryResponse	用 SendRequest 返回的结果的类型派生自 DirectoryResponse 基类。这种派生类的示例有 SearchResponse、AddResponse、DeleteResponse 和 ModifyResponse

## 52.6.2 用 DSML 搜索 Active Directory 对象

本节用一个例子说明如何搜索目录服务对象。在下面的代码中, 首先实例化一个 Dsm1SoapHttpConnection 对象, 该对象定义与 DSML 服务的连接。该连接用包含 Uri 对象的 Dsm1DirectoryIdentifier 类定义, 还可以使用该连接设置用户证书:



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
Uri uri = new Uri("http://dsmlserver/dsml");
var identifier = new Dsm1DirectoryIdentifier(uri);

var credentials = new NetworkCredential();
credentials.UserName = "cnagel";
credentials.Password = "password";
credentials.Domain = "explorer";

var dsmlConnection = new Dsm1SoapHttpConnection(identifier, credentials);
```

代码段 Dsm1Sample/Program.cs

定义连接后, 就可以配置搜索请求。搜索请求包含开始搜索的目录项、LDAP 搜索筛选器和应从搜索中返回的属性值的定义。这里把筛选器设置为(objectClass=user), 以便从搜索中返回所有用户对象。把 attributesToReturn 属性设置为 null, 并且可以读取所有带值的属性。SearchScope 是 System.DirectoryServices.Protocols 名称空间中的一个枚举, 它类似于 System.DirectoryServices 名称空间中的 SearchScope 枚举, 它定义搜索的深度。这里把 SearchScope 属性设置为 Subtree, 搜索整个 Active Directory 树。

搜索筛选器可以用 LDAP 字符串定义, 或使用包含在 XmlDocument 类中的一个 XML 文档定义:

```
string distinguishedName = null;
string ldapFilter = "(objectClass=user)";
string[] attributesToReturn = null;// return all attributes

var searchRequest = new SearchRequest(distinguishedName,
    ldapFilter, SearchScope.Subtree, attributesToReturn);
```

用 `SearchRequest` 对象定义该搜索后, 就调用 `SendRequest()` 方法, 把该搜索发送给 Web 服务。`SendRequest()` 是 `DsmlSoapHttpConnection` 类的一个方法, 它返回一个 `SearchResponse` 对象, 从该对象中可以读取返回的对象。

除了调用同步的 `SendRequest()` 方法, `DsmlSoapHttpConnection` 类还提供了异步的 `BeginSendRequest()` 和 `EndSendRequest()` 方法, 这些异步方法遵循异步 .NET 架构。



异步架构可参见第 20 章。

```
SearchResponse searchResponse =
    (SearchResponse)dsmlConnection.SendRequest(searchRequest);
```

返回的 `Active Directory` 对象可以在 `SearchResponse` 中读取。`SearchResponse.Entries` 包含用 `SearchResultEntry` 类型包装的所有项的一个集合。`SearchResultEntry` 类的 `Attributes` 属性包含所有特性。每个属性都可以使用 `DirectoryAttribute` 类读取。

在代码示例中, 把每个对象的可分辨的名称都写入控制台中。接着, 访问组织单元的属性值, 把组织单元的名称写入控制台中。之后把 `DirectoryAttribute` 对象的所有值写入控制台中。

```
Console.WriteLine("\r\nSearch matched {0} entries:",
    searchResponse.Entries.Count);
foreach (SearchResultEntry entry in searchResponse.Entries)
{
    Console.WriteLine(entry.DistinguishedName);

    // retrieve a specific attribute
    DirectoryAttribute attribute = entry.Attributes["ou"];
    Console.WriteLine("{0} = {1}", attribute.Name, attribute[0]);
    // retrieve all attributes
    foreach (DirectoryAttribute attr in entry.Attributes.Values)
    {
        Console.WriteLine("{0}=", attr.Name);

        // retrieve all values for the attribute
        // the type of the value can be one of string, byte[] or Uri
        foreach (object value in attr)
        {
            Console.WriteLine("{0} ", value);
        }
        Console.WriteLine();
    }
}
```

添加、修改和删除对象的操作与搜索对象类似。根据要执行的操作, 使用相应的方法。

## 52.7 小结

本章介绍了 `Active Directory` 的体系结构, 域、树和森林的重要概念。利用它, 可以访问整个企业的信息。在编写访问 `Active Directory` 服务的应用程序时, 必须注意读取的数据可能不是最新的,

因为有复制延迟。

使用 `System.DirectoryServices` 名称空间中的类，可以很容易地访问包装到 ADSI 提供程序中的 Active Directory 服务。`DirectoryEntry` 类可以直接读写数据存储器中的对象。

使用 `DirectorySearcher` 类可以进行复杂的搜索，定义筛选器、超时、加载的属性和范围等。使用全局目录，可以加快对整个企业中的对象的搜索，因为它在森林中存储了所有对象的只读版本。

DSML 是另一个允许通过 Web 服务接口访问 Active Directory 的 API。

`System.DirectoryServices.AccountManagement` 名称空间中的类提供了一个抽象，很容易创建和修改用户、组和计算机账户。

# 第 53 章

## C#、Visual Basic、C++/CLI 和 F#

### 本章内容:

- 名称空间
- 定义类型
- 方法
- 数组
- 控制语句
- 循环
- 异常处理
- 继承
- 资源管理
- 委托
- 事件
- 泛型
- LINQ 查询
- C++/CLI 混合本地代码和托管代码

C#是专为.NET 设计的编程语言。编写.NET 应用程序可以使用 50 多种语言, 例如, Eiffel、Smalltalk、COBOL、Haskell、Pizza、Pascal、Delphi、Oberon、Prolog, 以及 Ruby 等。Microsoft 还发布了 C#、Visual Basic、C++/CLI、J#、JScript.NET 和 F#。

每种语言都有优缺点; 一些任务很容易用一种语言完成, 但用另一种语言完成就很复杂。.NET Framework 中的类总相同, 但语言的语法从.NET Framework 中抽象出了各种功能。例如, C#的 using 语句很便于使用实现 IDisposable 接口的对象。其他语言要实现该功能就需要较多代码。

Microsoft 最常用的.NET 语言是 C#和 Visual Basic。C#是专为.NET 设计的新语言, 其理念来自于 C++、Java、Pascal 和其他语言。Visual Basic 植根于 Visual Basic 6, 用.NET 的面向对象功能进行了扩展。

C++/CLI 是 C++的一种扩展, 基于 ECMA 标准(ECMA 372)。C++/CLI 的一大优点是可将本地代码与托管代码混合起来。我们可以扩展已有的本地 C++应用程序, 添加.NET 功能, 将.NET 类添加到本地库中, 使它们能用于其他.NET 语言(如 C#)。还可以用 C++/CLI 编写完全托管的应用程序。

F#是 Visual Studio 中的一种新语言, 它提供对函数编程的特殊支持。它可以与.NET 很好地合作, 因为它也支持传统的面向对象编程。在 F#中, 函数编程是指, 函数可以用作值, 这样, 就很容易从

多个函数中构建函数，进行函数的通道化，其中函数逐个地链接起来。

本章介绍如何将.NET 应用程序从一种语言转换为另一种语言。Visual Basic 或 C++/CLI 示例代码可以映射到 C#，反之亦然。要进行这个比较，不需要学习 F#或 C++/CLI，因为本章主要介绍如何把 C#映射到其他语言上，而不讨论其他语言的核心概念和理念。



要理解本章的内容，读者应知道 C#，并已阅读了本书的前几章。但不必了解 Visual Basic、C++/CLI 和 F#。

## 53.1 名称空间

把.NET 类型组织到名称空间中。这 4 种语言定义和使用名称空间的语法完全不同。

为了导入名称空间，C#使用 `using` 关键字。C++/CLI 完全基于 C++语法和 `using namespace` 语句，Visual Basic 定义 `Imports` 关键字，F#定义 `open` 关键字，来导入名称空间。

在 C#和 Visual Basic 中，可以给类或其他名称空间定义别名。在 C++/CLI 中，别名只能引用其他名称空间，不能引用类。C++需要用 `namespace` 关键字定义别名，这个关键字也用于定义名称空间。Visual Basic 同样使用 `Imports` 关键字。

要定义名称空间，这 4 种语言都使用 `namespace` 关键字，但仍有一个区别。在 C++/CLI 中，不能用一条名称空间语句定义层次结构的名称空间，而必须嵌套名称空间。项目设置有一个重要的区别：在 C#的项目设置中定义名称空间，就是定义默认的名称空间，该名称空间会显示在添加到项目中的所有新项的代码中。在 Visual Basic 的项目设置中，定义项目中所有项使用的根名称空间。在源代码中声明的名称空间只定义根名称空间中的子名称空间。

```
// C#
using System;
using System.Collections.Generic;
using Assm = Wrox.ProCSharp.Assemblies;
namespace Wrox.ProCSharp.Languages
{
}

// C++/CLI
using namespace System;
using namespace System::Collections::Generic;
namespace Assm = Wrox::ProCSharp::Assemblies;
namespace Wrox
{
    namespace ProCSharp
    {
        namespace Languages
        {
        }
    }
}
' Visual Basic
Imports System
```

```
Imports System.Collections.Generic
Imports Assm = Wrox.ProCSharp.Assemblies
Namespace Wrox.ProCSharp.Languages

End Namespace

// F#
namespace Wrox.ProCSharp.Languages
open System
open System.Collections.Generic
```

## 53.2 定义类型

.NET 区分引用类型和值类型。在 C# 中，引用类型用类定义，值类型用结构定义。除了引用类型和值类型之外，本节还介绍如何定义接口(引用类型)和枚举(值类型)。

### 53.2.1 引用类型

要声明引用类型，C# 和 Visual Basic 使用 `class` 关键字。在 C++/CLI 中，类和结构基本相同，不能像 C# 和 Visual Basic 那样区分引用类型和值类型。C++/CLI 有一个 `ref` 关键字，它定义托管类。定义 `ref class` 或 `ref struct` 可以创建引用类型。

在 C# 和 C++/CLI 中，类用花括号括起来。C++/CLI 要求在类声明的最后加上分号。Visual Basic 在类的最后使用 `End Class` 语句。F# 创建类和所有其他类型的方式是：使用 `type` 关键字和后面的类型名以及可选的 `as` 标识符，`as` 标识符定义实例标识符的名称：

```
// C#
public class MyClass
{
}

// C++/CLI
public ref class MyClass
{
};
public ref struct MyClass2
{
};

' Visual Basic
Public Class MyClass2
End Class

// F# signature file
type MyClass() as this =
// ... members of the class
```

在使用引用类型时，需要声明一个变量，必须在托管堆上给该对象分配内存。在声明引用类型的句柄时，C++/CLI 会定义句柄操作符`^`，它有点类似于 C++ 指针\*。`gnew` 操作符分配托管堆上的内存。使用 C++/CLI 还可以在本地声明变量，但对于引用类型，仍在托管堆上给该对象分配内存。在 Visual Basic 中，变量声明以 `Dim` 语句开头，其后是变量名。对于 `new` 和对象类型，需要在托管

堆上分配内存。

```
// C#
MyClass obj = new MyClass();
var obj2 = new MyClass()

// C++/CLI
MyClass^ obj = gcnew MyClass();
MyClass obj2;

' Visual Basic
Dim obj as New MyClass2()
```

如果引用类型没有引用内存，这4种语言就使用其他关键字：C#定义 `null` 字面量，C++/CLI 定义 `nullptr`(`NULL` 仅对本地对象有效)，Visual Basic 定义 `Nothing`。F#一般不使用 `null` 值——用F#定义的类型不允许使用这个值。使用不是F#语言定义的类型时，可能得到 `null` 值。

表 53-1 列出了预定义的引用类型。C++/CLI 没有像其他语言那样定义对象和字符串类型。当然，可以使用 .NET Framework 定义的类。

表 53-1

.NET 类型	C#	C++/CLI	Visual Basic	F#
System.Object	object	未定义	Object	obj
System.String	string	未定义	String	string

### 53.2.2 值类型

要声明值类型，C#使用 `struct` 关键字；C++/CLI 使用 `value` 关键字，Visual Basic 使用 `Structure` 关键字，F#使用 `type` 关键字和 `[<Struct>]` 特性。另一种选择是使用 `struct` 关键字和 `end` 关键字：

```
// C#
public struct MyStruct
{
}

// C++/CLI
public value class MyStruct
{
};

' Visual Basic
Public Structure MyStruct
End Structure

// F#
[<Struct>]
type MyStruct =
    val x : int
type MyStruct2 =
    struct
        val x : int
    end
```

在 C++/CLI 中，可以把值类型分配到栈上、内置堆上(使用 `new` 操作符)或托管堆上(使用 `gcnew` 操作符)。C# 和 Visual Basic 没有这些选项，但用 C++/CLI 混合本地代码和托管代码时，这些选项就变得非常重要。

```
// C#
MyStruct ms;

// C++/CLI
MyStruct ms1;
MyStruct* pms2 = new MyStruct();
MyStruct^ hms3 = gcnew MyStruct();

' Visual Basic
Dim ms as MyStruct
```

表 53-2 列出了这 4 种语言中预定义的值类型。在 C++/CLI 中，`char` 类型的大小为 1 字节，用于存储 ASCII 字符。在 C# 中，`char` 类型的大小为 2 字节，用于存储 Unicode 字符，而 C++/CLI 为此使用 `wchar_t` 类型。C++ 的 ANSI 标准只定义了 `short`  $\leq$  `int`  $\leq$  `long`。在 32 位计算机上，`int` 和 `long` 的大小都是 32 位。要在 C++ 中定义 64 位的变量，需要使用 `long long`。

表 53-2

.NET 类型	C#	C++/CLI	Visual Basic	F#	大小
Char	char	wchar_t	Char	char	2 字节
Boolean	bool	bool	Boolean	bool	1 字节, 包含 true 或 false
Int16	short	short	Short	int16	2 字节
UInt16	ushort	unsigned short	Ushort	uint16	2 字节, 无符号
Int32	int	int	Integer	int	4 字节
UInt32	uint	unsigned int	UInteger	uint	4 字节, 无符号
Int64	long	long long	Long	int64	8 字节
UInt64	ulong	unsigned long long	ULong	uint64	8 字节, 无符号

### 53.2.3 类型推断

C# 允许在定义本地变量时，不显式声明数据类型，而使用 `var` 关键字。类型从指定的初始值中推断出来。在 Visual Basic 中，只要打开 `Option infer`，就可以使用 `Dim` 关键字推断变量的类型。这个功能需要使用编译器选项 `infer+`，或者在 Visual Basic 中使用项目配置页面。在 F# 中，推断值、变量、参数和返回值的类型：

```
// C#
var x = 3;





' Visual Basic
Dim x = 3

// F#
let x = 3
```





## 53.2.4 接口

这3种语言在定义接口方面非常类似，它们都使用 `interface` 关键字。但 F# 不同，因为其接口用仅包含抽象成员的类型定义：

 可从 <a href="http://wrox.com">wrox.com</a> 下载源代码	<pre>// C# public interface IDisplay {     void Display(); }</pre>	<hr/> 代码段 CSharp/Person.cs
 可从 <a href="http://wrox.com">wrox.com</a> 下载源代码	<pre>// C++/CLI public interface class IDisplay {     void Display(); };</pre>	<hr/> 代码段 CPPCLI/Person.h
 可从 <a href="http://wrox.com">wrox.com</a> 下载源代码	<pre>' Visual Basic Public Interface IDisplay     Sub Display End Interface</pre>	<hr/> 代码段 VisualBasic/Person.vb
 可从 <a href="http://wrox.com">wrox.com</a> 下载源代码	<pre>// F# [&lt;Interface&gt;] type public IDisplay     abstract member Display : unit -&gt; unit</pre>	<hr/> 代码段 FSharp/Person.fs

实现接口的方式则不同。C#和 C++/CLI 在类名后面加上冒号，之后是接口名，并实现用该接口定义的方法。在 C++/CLI 中，方法必须声明为 `virtual`。Visual Basic 使用 `Implements` 关键字实现接口，接口定义的方法也需要附加 `Implements` 关键字。F#在类型定义中列出已实现的接口。接口用 `interface` 和 `with` 关键字实现，并实现下述接口的所有成员：

 可从 <a href="http://wrox.com">wrox.com</a> 下载源代码	<pre>// C# public class Person: IDisplay {     public void Display()     {     } }</pre>	<hr/> 代码段 CSharp/Person.cs
 可从 <a href="http://wrox.com">wrox.com</a> 下载源代码	<pre>// C# explicit interface implementation public class Person: IDisplay {     void IDisplay.Display()     {     } }</pre>	

```
// C++/CLI
public ref class Person: IDisplay
{
public:
    virtual void Display() { }
};
```

---

代码段 CPPCLI/Person.h



```
' Visual Basic
Public Class Person
    Implements IDisplay
    Public Sub Display Implements IDisplay.Display
    End Sub
End Class
```

---

代码段 VisualBasic/Person.vb



```
// F#
type Person as this =
    interface IDisplay with
        member this.Display() = printfn "%s %s" this.FirstName this.LastName
```

---

代码段 FSharp/Person.fs

### 53.2.5 枚举

这 3 种语言在定义枚举方面非常类似，它们都使用 `enum` 关键字(只有 Visual Basic 使用新的一行代码，而不是用逗号分隔元素)。F#使用 `type` 关键字和匹配表达式“|”:



```
// C#
public enum Color
{
    Red, Green, Blue
}
```

---

代码段 CSharp/Color.cs



```
// C++/CLI
public enum class Color
{
    Red, Green, Blue
};
```

---

代码段 CPPCLI/Color.h



```
' Visual Basic
Public Enum Color
    Red
    Green
    Blue
End Enum
```

---

代码段 VisualBasic/Color.vb



```
// F#
type Color =
| Red = 0
| Green = 1
```

## 53.3 方法

除了 F# 之外，总是在类中声明方法。C++/CLI 的语法非常类似于 C#，除了访问修饰符不包含在方法声明中，而是写在方法声明之前。访问修饰符必须用冒号结束。在 Visual Basic 中，使用 Sub 关键字定义方法。在 F# 中，可以用 let 关键字定义方法。Foo 有一个参数 x，返回 x 加 3 的结果。参数类型和返回类型可以用函数声明，如下所示。对于 add 函数，x 和 y 的类型是 int，返回一个 int。如果没有声明类型，类型就由编译器推断。对于 Foo 函数，x 也是 int，因为 3 要与 x 相加，而 3 是 int。在类中定义方法使用 member 关键字。实例方法有一个用类定义中的 as 标识符定义的前缀。虽然 F# 不需要使用 this、Me 或 self 访问当前实例，但可以定义任意标识符。

```
// C#
public class MyClass
{
    public void Foo()
    {
    }
}

// C++/CLI
public ref class MyClass
{
public:
    void Foo()
    {
    }
};

' Visual Basic
Public Class MyClass1
    Public Sub Foo
    End Sub
End Class

// F# function
let foo x = x + 3
let add (x : int, y : int) : int = x + y

// method within a class
type MyClass as this =
    member this.Foo() =
        printfn "MyClass.Foo"
```

### 53.3.1 方法的参数和返回类型

在 C# 和 C++/CLI 中，传递给方法的参数在圆括号中定义。参数的类型在变量名的前面声明。如果从方法中返回一个值，该方法就用返回值的类型定义，而不是 void。

Visual Basic 使用 Sub 语句声明没有返回值的方法，用 Function 语句声明有返回类型的方法。返

回类型放在方法名和圆括号的后面。参数中的变量声明和类型在 Visual Basic 中的顺序也不同：类型在变量的后面，而在 C#和 C++/CLI 中，变量在类型的后面。

在 F#中，如果方法没有返回值，它就声明为 `unit`，`unit` 类似于 C#中的 `void`。Foo()方法声明为接收一个 `int` 参数，并返回一个 `int`：

```
// C#
public class MyClass
{
    public int Foo(int i)
    {
        return 2 * i;
    }
}

// C++/CLI
public ref class MyClass
{
public:
    int Foo(int i)
    {
        return 2 * i;
    }
};

' Visual Basic
Public Class MyClass2
    Public Sub Foo1(ByVal i as Integer)
    End Sub
    Public Function Foo(ByVal i As Integer) As Integer
        Return 2 * i
    End Sub
End Class

// F#
type MyClass as this =
    member this.Foo(i : int) : int = i * 2
```

### 53.3.2 参数修饰符

在默认情况下，值类型按值传递，引用类型按引用传递。如果作为参数传递的值类型要在主调方法中更改，那么 C#允许使用参数修饰符 `ref`。

C++/CLI 定义一个托管引用操作符“%”。这个操作符类似于 C++引用操作符“&”，但“%”可以用于托管类型，垃圾收集器可以跟踪这些对象，以防它们在托管堆中移动。

Visual Basic 使用 `ByRef` 关键字按引用传递参数。

```
// C#
public class ParameterPassing
{
    public void ChangeVal(ref int i)
    {
        i = 3;
    }
}

// C++/CLI
```

```

public ref class ParameterPassing
{
public:
    int ChangeVal(int% i)
    {
        i = 3;
    }
};

' Visual Basic
Public Class ParameterPassing
    Public Sub ChangeVal(ByRef i as Integer)
        i = 3
    End Sub
End Class

```

调用带引用参数的方法时，只有 C# 语言需要使用参数修饰符。C++/CLI 和 Visual Basic 在调用带或不带参数修饰符的方法方面没有区别。这方面 C# 有优势，因为可以立即看出，参数值可以在主调方法中更改。

由于调用语法没有区别，因此 Visual Basic 不允许在重载方法时仅更改修饰符。C++/CLI 编译器允许在重载方法时仅更改修饰符，但不能编译调用者，因为这个解析方法有多义性。虽然在 C# 中允许重载并使用只有参数修饰符的方法，但这不是一个好的编程习惯。

```

// C#
ParameterPassing obj = new ParameterPassing();
int a = 1;
obj.ChangeVal(ref a);
Console.WriteLine(a); // writes 3

// C++/CLI
ParameterPassing obj;
int a = 1;
obj.ChangeVal(a);
Console.WriteLine(a); // writes 3

' Visual Basic
Dim obj as new ParameterPassing()
Dim i as Integer = 1
obj.ChangeVal(i)
Console.WriteLine(i) // writes 3

```



当从方法中返回一个参数时，C# 还定义了 `out` 关键字。这个选项在 C++/CLI 和 Visual Basic 都不可用。只要调用者和被调用者在相同的应用程序域中，`out` 和 `ref` 在后台就没有区别。用 C# 的 `out` 参数修饰符声明的方法也可以在 C++/CLI 和 Visual Basic 中以与 `ref` 参数修饰符相同的方式调用。如果方法要跨多个应用程序域或进程使用，C++/CLI 和 Visual Basic 就可以使用 `[out]` 特性。

### 53.3.3 构造函数

在 C# 和 C++/CLI 中，构造函数与类同名。Visual Basic 使用 `New` 过程。`this` 和 `Me` 关键字用于

访问这个实例的成员。在一个构造函数中调用另一个构造函数时，C#需要初始化一个成员。C++/CLI 和 Visual Basic 可以将构造函数作为方法调用。

F#有点区别，它使用类型声明定义构造函数。Person 类的构造函数接受两个 string 参数，其他构造函数使用 new 关键字定义。new()方法定义没有参数的构造函数。对于 Person 类，用两个参数调用构造函数。



```
// C#
public class Person
{
    public Person()
        : this("unknown", "unknown") { }
    public Person(string firstName, string lastName)
    {
        this.firstName = firstName;
        this.lastName = lastName;
    }
    private string firstName;
    private string lastName;
}
```

代码段 CSharp/Person.cs



```
// C++/CLI
public ref class Person
{
public:
    Person()
    {
        Person("unknown", "unknown");
    }
    Person(String^ firstName, String^ lastName)
    {
        this->firstName = firstName;
        this->lastName = lastName;
    }
private:
    String^ firstName;
    String^ lastName;
};
```

代码段 CPPCLI/Person.h



```
' Visual Basic
Public Class Person
    Public Sub New()
        Me.New("unknown", "unknown")
    End Sub
    Public Sub New(ByVal firstName As String, ByVal lastName As String)
        Me.MyFirstName = firstName
        Me.MyLastName = lastName
    End Sub
    Private MyFirstName As String
    Private MyLastName As String
End Class
```

代码段 VisualBasic/Person.vb



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
// F#
type Person(firstName0 : string, lastName0 : string) as this =
    let mutable firstName, lastName = firstName0, lastName0
    new () = Person("unknown", "unknown")
```

代码段 FSharp/Person.fs

### 53.3.4 属性

要定义属性，在属性块中 C#需要 `get` 和 `set` 存取器。C#、C++/CLI 和 Visual Basic 中还有一种速记表示法：如果 `get` 和 `set` 存取器只返回或设置一个简单的变量，就不需要自定义实现代码。这是一个自动属性。其语法与 C++/CLI 和 Visual Basic 不同，这两种语言都有 `property` 关键字，且需要用 `set` 存取器定义变量的值。C++/CLI 还需要用 `get` 存取器指定返回类型，用 `set` 存取器指定参数类型。

C++/CLI 在用简短版本编写属性时，只需定义属性的类型和名称，`get` 和 `set` 存取器由编译器自动创建。如果除了设置和返回变量之外不需要做其他工作，就可以使用这个简短版本。如果存取器的实现代码还需要做其他工作(例如，检查变量或刷新)就必须使用属性的完整语法。

F#把属性定义为类的成员，使用 `get()`作为 `get` 存取器，把 `set (value)`作为 `set` 存取器。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
// C#
public class Person
{
    private string firstName;
    public string FirstName
    {
        get { return firstName; }
        set { firstName = value; }
    }
    public string LastName { get; set; }
}
```

代码段 CSharp/Person.cs



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
// C++/CLI
public ref class Person
{
private:
    String^ firstName;
public:
    property String^ FirstName
    {
        String^ get()
        {
            return firstName;
        }
        void set(String^ value)
        {
            firstName = value;
        }
    }
    property String^ LastName;
};
```

代码段 CPPCLI/Person.h



```
' Visual Basic
Public Class Person
    Private myFirstname As String
    Public Property FirstName()
        Get
            Return myFirstname
        End Get
        Set(ByVal value)
            myFirstname = value
        End Set
    End Property
    Public Property LastName As String
End Class
```

---

代码段 VisualBasic/Person.vb



```
// F#
type Person(firstName0 : string, lastName0 : string) as this =
    let mutable firstName, lastName = firstName0, lastName0
    member this.FirstName
        with get() = firstName
        and set(value) = firstName <- value
    member this.LastName
        with get() = lastName
        and set(value) = lastName <- value
```

---

代码段 FSharp/Person.fs

在 C# 和 C++/CLI 中，只读属性只有 `get` 存取器。在 Visual Basic 中，还必须指定 `ReadOnly` 修饰符，只写属性必须用 `WriteOnly` 修饰符和 `set` 存取器定义。

```
' Visual Basic
Public ReadOnly Property Name()
    Get
        Return myFirstname & " " & myLastName
    End Get
End Property
```

### 53.3.5 对象初始值设定项

在 C# 和 Visual Basic 中，属性可以使用对象初始值设定项进行初始化。属性可以使用类似于数组初始值设定项的花括号初始化。C# 和 Visual Basic 中的语法非常类似，Visual Basic 仅使用 `With` 关键字：

```
// C#
Person p = new Person { FirstName = "Tom", LastName = "Turbo" };

' Visual Basic
Dim p As New Person With { .FirstName = "Tom", .LastName = "Turbo" }
```

### 53.3.6 扩展方法

扩展方法是 LINQ 的基础。在 C# 和 Visual Basic 中，可以创建扩展方法。但是其语法不同。C# 在第一个参数中用 `this` 关键字标记扩展方法，Visual Basic 用 `<Extension>` 特性标记扩展方法。在 F# 中，扩展语法的术语是类型扩展。类型扩展通过 `type` 声明指定类型的完全限定名称，并用 `with` 关键字扩展它：



```

// C#
public static class StringExtension
{
    public static void Foo(this string s)
    {
        Console.WriteLine("Foo {0}", s);
    }
}

' Visual Basic
Public Module StringExtension
    < Extension() > _
    Public Sub Foo(ByVal s As String)
        Console.WriteLine("Foo {0}", s)
    End Sub
End Module

// F#
module Wrox.ProCSharp.Languages.StringExtension
type System.String with
    member this.Foo = printfn "String.Foo"

```

## 53.4 静态成员

静态字段只为某种类型的所有对象实例化一次。C#和C++/CLI都使用 `static` 关键字；Visual Basic 则使用 `Shared` 关键字。

使用静态成员的方法是：指定类名，其后是“.”操作符和静态成员名。C++/CLI 使用“:”操作符访问静态成员。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

// C#
public class Singleton
{
    private static SomeData data = null;
    public static SomeData GetData()
    {
        if (data == null)
        {
            data = new SomeData();
        }
        return data;
    }
}

// use:
SomeData d = Singleton.GetData();

```

代码段 CSharp/Singleton.cs



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

// C++/CLI
public ref class Singleton
{
private:
    static SomeData^ hData;

```

```

public:
    static SomeData^ GetData()
    {
        if (hData == nullptr)
        {
            hData = gcnew SomeData();
        }
        return hData;
    }
};
// use:
SomeData^ d = Singleton::GetData();

```

代码段 CPPCLI/Singleton.h



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

' Visual Basic
Public Class Singleton
    Private Shared data As SomeData
    Public Shared Function GetData() As SomeData
        If data is Nothing Then
            data = new SomeData()
        End If
        Return data
    End Function
End Class
' Use:
Dim d as SomeData = Singleton.GetData()

```

代码段 VisualBasic/Singleton.fs

## 53.5 数组

数组在第 6 章讨论过。Array 类总是后台的 .NET 数组。声明数组时，编译器会创建一个派生自 Array 基类的类。在设计 C# 时，采用了 C++ 数组的方括号语法，并用数组初始化值设定项扩展它。

```

// C#
int[] arr1 = new int[3] {1, 2, 3};
int[] arr2 = {1, 2, 3};

```

如果在 C++/CLI 中使用方括号，就会创建一个本地 C++ 数组，而不是基于 Array 类的数组。为了创建 .NET 数组，C++/CLI 引入了 array 关键字。这个关键字使用类似于泛型的语法，即使用尖括号。在尖括号中指定元素的类型。C++/CLI 支持数组初始化值设定项的语法与 C# 相同。

```

// C++/CLI
array<int>^ arr1 = gcnew array<int>(3) {1, 2, 3};
array<int>^ arr2 = {1, 2, 3};

```

Visual Basic 给数组使用括号。它要求在数组声明中指定最后一个元素编号，而不是数组中的元素个数。在每种 .NET 语言中，数组都以元素编号 0 开始，Visual Basic 也是如此。为了使之更清楚，Visual Basic 9 在数组声明中引入了 0 To number 表达式。它总是从 0 开始，To 使该语法可读性更强。

如果数组用 new 操作符初始化，那么 Visual Basic 也支持数组初始化值设定项。

```
' Visual Basic
Dim arr1(0 To 2) As Integer()
Dim arr2 As Integer() = New Integer(0 To 2) {1, 2, 3};
```

F#提供了初始化数组的不同方式。创建小型数组时，可以使用“[]”和“[]”作为左花括号和右花括号，并指定所有元素，这些元素用分号隔开。序列表达式(如 for in 语句)可以用于初始化数组中的元素，如下面的 arr2。arr3 在初始化时用 zeroCreate 类型扩展为 Array 类，以创建并初始化 20 个元素。可以使用索引器访问数组。对于数组片段，可以访问数组中的一个范围，例如，arr2.[4..]从第 5 个元素开始访问，直到最后一个元素。

```
// F#
let arr1 = [| 1; 2; 3 |]
let arr2 = [| for i in 1..10 -> i |]
let arr3 : int array = Array.zeroCreate 20
```

## 53.6 控制语句

控制语句指定应运行什么代码。C#定义了 if 和 switch 语句，以及条件操作符。

### 53.6.1 if 语句

C#的 if 语句与 C++/CLI 版本相同，Visual Basic 使用 If-Then/Else/End If 来替代花括号。

```
// C# and C++/CLI
if (a == 3)
{
    // do this
}
else
{
    // do that
}

' Visual Basic
If a = 3 Then
    ' do this
Else
    ' do that
End If
```

### 53.6.2 条件操作符

C#和 C++/CLI 支持条件操作符，它是 if 语句的一个轻型版本。在 C++/CLI 中，这个操作符称为三元操作符。第一个参数必须有一个布尔值。如果结果为 true，就计算第一个表达式；否则，就计算第二个表达式。Visual Basic 在 Visual Basic Runtime Library 中提供了有类似功能的 IIf 函数。F# 把 if/then/else 用作条件操作符

```
// C#
string s = a > 3 ? "one" : "two";

// C++/CLI
```

```
String^ s = a > 3 ? "one": "two";

' Visual Basic
Dim s As String = IIf(a > 3, "one", "two")

// F#
if a = 3 then printfn "do this" this else printfn "do that"
```

### 53.6.3 switch 语句

C#和 C++/CLI 中的 `switch` 语句看起来很类似，但它们有重要的区别。C#支持在 `case` 选项中使用字符串，但 C++不支持。在 C++中，必须使用 `if-else`。C++/CLI 支持从一个 `case` 选项向下一个 `case` 选项隐式跳转。但在 C#中，如果没有 `break` 或 `goto` 语句，编译器就会发出警告。只有 `case` 中没有语句时，C#才支持从一个 `case` 选项向下一个 `case` 选项隐式跳转。

Visual Basic 用 `Select/Case` 语句替代 `switch/case` 语句。它不需要也不允许使用 `break` 语句。即使 `Case` 后面没有一条语句，也不能从一个 `case` 选项向下一个 `case` 选项隐式跳转。`Case` 可以用 `And`、`Or` 和 `To` 合并，如 3 To 5。

F#用 `match` 和 `with` 关键字提供匹配表达式。匹配表达式的每一行都以“|”开头，后跟一种模式。下面的示例对 `Suit.Hear | Suit.Diamond` 使用 OR 模式。最后一个模式是通配符模式：

```
// C#
string GetColor(Suit s)
{
    string color;
    switch (s)
    {
        case Suit.Heart:
        case Suit.Diamond:
            color = "Red";
            break;
        case Suit.Spade:
        case Suit.Club:
            color = "Black";
            break;
        default:
            color = "Unknown";
            break;
    }
    return color;
}

// C++/CLI
String^ GetColor(Suit s)
{
    String^ color;
    switch (s)
    {
        case Suit::Heart:
        case Suit::Diamond:
            color = "Red";
            break;
        case Suit::Spade:
        case Suit::Club:
```

```
        color = "Black";
        break;
    default:
        color = "Unknown";
        break;
    }
    return color;
}

' Visual Basic
Function GetColor(ByVal s As Suit) As String
    Dim color As String = Nothing
    Select Case s
        Case Suit.Heart And Suit.Diamond
            color = "Red"
        Case Suit.Spade And Suit.Club
            color = "Black"
        Case Else
            color = "Unknown"
    End Select

    Return color
End Function

// F#
type SuitTest =
    static member GetColor(s : Suit) : string =
        match s with
        | Suit.Heart | Suit.Diamond -> "Red"
        | Suit.Spade | Suit.Club -> "Black"
        | _ -> "Unknown"
```

## 53.7 循环

使用循环, 代码会重复执行, 直到满足一个条件为止。C#中的循环详见第2章, 包括 `for`、`while`、`do...while` 和 `foreach`。C#和 C++/CLI 的循环语句非常类似, 而 Visual Basic 和 F#定义了不同的语句。

### 53.7.1 for 语句

C#和 C++/CLI 的 `for` 语句很类似。在 Visual Basic 中, 不能在 `For/To` 语句中初始化变量, 而必须提前初始化变量。`for/To` 不需要使用 `Step` 语句, 因为默认使用 `Step 1`。只有不打算将递增量设置为 1, `for/To` 才需要使用 `Step` 关键字。F#使用 `for/to/do` 和 `for/downto/do` 关键字。

```
// C#
for (int i = 0; i < 100; i++)
{
    Console.WriteLine(i);
}

// C++/CLI
for (int i = 0; i < 100; i++)
{
    Console::WriteLine(i);
}
```

```

' Visual Basic
Dim count as Integer
For count = 0 To 99 Step 1
    Console.WriteLine(count)
Next

// F#
for i = 1 to 10 do
    printfn i
for i = 10 downto 1 do
    printfn i

```

### 53.7.2 while 和 do...while 语句

while 和 do...while 语句在 C#和 C++/CLI 中相同。Visual Basic 中的 Do While/Loop 和 Do/Loop While 的结构与它们非常类似。F#没有 do/while, 但有 while/do。

```

// C#
int i = 0;
while (i < 3)
{
    Console.WriteLine(i++);
}
i = 0;
do
{
    Console.WriteLine(i++);
} while (i < 3);

// C++/CLI
int i = 0;
while (i < 3)
{
    Console::WriteLine(i++);
}
i = 0;
do
{
    Console::WriteLine(i++);
} while (i < 3);

' Visual Basic
Dim num as Integer = 0
Do While (num < 3)
    Console.WriteLine(num)
    num += 1
Loop
num = 0
Do
    Console.WriteLine(num)
    num += 1
Loop While (num < 3)

// F#
let i = 0
let mutable looping = true

```

```

while looping do
    printfn "%d" i
    i++
    if i >= 3
        looping < - false

```

### 53.7.3 foreach 语句

foreach 语句使用 IEnumerable 接口。foreach 语句在 ANSI C++ 中不存在，但它是 ANSI C++/CLI 中的一个扩展。与 C# 的 foreach 语句不同，在 C++/CLI 中，for 和 each 之间有一个空格。F# 使用 for/in/do 关键字提供这个功能。

```

// C#
int[] arr = {1, 2, 3};
foreach (int i in arr)
{
    Console.WriteLine(i);
}

// C++/CLI
array<int>^ arr = {1, 2, 3};
for each (int i in arr)
{
    Console::WriteLine(i);
}

' Visual Basic
Dim arr() As Integer = New Integer() {1, 2, 3}
Dim num As Integer
For Each num as Integer In arr
    Console.WriteLine(num)
Next

// F#
for i in arr do
    printfn i

```



foreach 很容易遍历集合，而 C# 允许使用 yield 语句创建枚举。在 Visual Basic 和 C++/CLI 中 yield 语句不可用，而必须手工实现 IEnumerable 和 IEnumerator 接口。yield 语句参见第 6 章。

## 53.8 异常处理

异常处理详见第 15 章。这 3 种语言的异常处理非常类似。它们都使用 try/catch/finally 处理异常，用 throw 关键字创建异常。F# 使用 raise 抛出异常，使用 try/with/finally 处理异常：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

// C#
public void Method(Object o)
{
    if (o == null)

```

```

        throw new ArgumentException("Error");
    }
    public void Foo()
    {
        try
        {
            Method(null);
        }
        catch (ArgumentException ex)
        { }
        catch (Exception ex)
        { }
        finally
        { }
    }
}

```

---

代码段 CSharp/ExceptionDemo.cs



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

// C++/CLI
public:
    void Method(Object^ o)
    {
        if (o == nullptr)
            throw gcnew ArgumentException("Error");
    }
    void Foo()
    {
        try
        {
            Method(nullptr);
        }
        catch (ArgumentException^ ex)
        { }
        catch (Exception^ ex)
        { }
        finally
        { }
    }
}

```

---

代码段 CPPCLI/ExceptionDemo.h



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

' Visual Basic
Public Sub Method(ByVal o As Object)
    If o = Nothing Then
        Throw New ArgumentException("Error")
    End Sub
Public Sub Foo()
    Try
        Method(Nothing)
    Catch ex As ArgumentException
    ,
    Catch ex As Exception
    ,
    Finally
    ,
    End Try
End Sub

```





```
// F#
type ExceptionDemo() as this =
    member this.Method(o : obj) =
        if o = null then
            raise(ArgumentException("error"))
    member this.Foo =
        try
            try
                this.Method(null)
            with
                | :? ArgumentException as ex -> printfn "%s" ex.Message
                | :? IOException as ex -> printfn "%s" ex.Message
        finally
            printfn "finally"
```

代码段 FSharp/ExceptionDemo.fs

## 53.9 继承

.NET 提供了许多关键字，用于定义多态行为，用来重写或隐藏方法；以及访问修饰符，以允许访问或不允许访问类的成员。C#的这个功能参见第4章。C#、C++/CLI 和 Visual Basic 的功能非常类似，但关键字不同。

### 53.9.1 访问修饰符

C++/CLI、Visual Basic 和 F#的访问修饰符非常类似于 C#，但有一些显著的区别。Visual Basic 使用 Friend 访问修饰符替代 internal，访问同一个程序集中的类型。C++/CLI 还有一个访问修饰符 protected private。internal protected 允许访问同一个程序集中的成员，还可以访问其他程序集中派生自基类的类型。C#和 Visual Basic 不允许访问同一个程序集中的派生类型，但在 C++/CLI 中这可以使用 protected private 来实现。这里 private 表示在程序集的外部不能访问，但在程序集的内部可以进行受保护的访问。其顺序(不管是 protected private 或 private protected)并不重要。访问修饰符在程序集中总是允许访问较多的内容，在程序集的外部总是允许访问较少的内容。F#使用 3 个访问修饰符，还允许把 protected 修饰符用于在其他.NET 语言中使用的类型。F#中的访问修饰符可以在签名文件中声明。

每种语言的访问修饰符见表 53-3。

表 53-3

C#	C++/CLI	Visual Basic	F#
public	Public	Public	public
protected	Protected	Protected	
private	Private	Private	private
internal	Internal	Friend	internal
internal protected	internal protected	Protected Friend	
无	protected private	无	

F#签名文件的扩展名是.fsi，它定义成员的签名。这种文件可以从代码文件中通过-- sig 编译器选项自动创建。根据不同的需求，只需要更改访问修饰符：

```
// F#
type public Person =
  class
    interface IDisplay
    public new : unit -> Person
    public new : firstName:string * lastName:string -> Person
    override ToString : unit -> string
    member public FirstName : string
    member public LastName : string
    member public FirstName : string with set
    member public LastName : string with set
  end
```


### 53.9.2 关键字

对继承很重要的关键字如表 53-4 所示。

表 53-4

C#	C++/CLI	Visual Basic	F#	功 能
:	:	Implements	interface with	实现一个接口
:	:	Inherits	inherit	继承自一个基类
virtual	virtual	Overridable	abstract	声明一个支持多态性的方法
overrides	overrides	Overrides	override	重写一个虚方法
new	new	Shadows		隐藏基类中的方法
abstract	abstract	MustInherit	[ < AbstractClass ]	抽象类
sealed	sealed	NotInheritable	[ < Sealed > ]	密封类
abstract	abstract	MustOverride	abstract	抽象方法
sealed	sealed	NotOverridable		密封方法
this	this	Me		引用当前对象
base	Classname::	MyBase	base	引用基类

关键字的放置顺序在各种语言中很重要。在代码示例中，抽象基类 Base 有一个抽象方法和一个已实现的虚方法。Derived 类派生自 Base，它实现抽象方法，并重写虚方法。

 // C#  
 可从  
 wrox.com  
 下载源代码

```
public abstract class Base
{
  public virtual void Foo()
  {
  }
  public abstract void Bar();
}
public class Derived: Base
{
```

```

    public override void Foo()
    {
        base.Foo();
    }
    public override void Bar()
    {
    }
}

```

---

代码段 CSharp/InheritanceDemo.cs



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

// C++/CLI
public ref class Base abstract
{
public:
    virtual void Foo()
    {
    }
    virtual void Bar() abstract;
};
public ref class Derived: public Base
{
public:
    virtual void Foo() override
    {
        Base::Foo();
    }
    virtual void Bar() override
    {
    }
};

```

---

代码段 CPPCLI/InheritanceDemo.h



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

' Visual Basic
Public MustInherit Class Base
    Public Overridable Sub Foo()
    End Sub
    Public MustOverride Sub Bar()
End Class
Public class Derived
    Inherits Base
    Public Overrides Sub Foo()
        MyBase.Foo()
    End Sub
    Public Overrides Sub Bar()
    End Sub
End Class

```

---

代码段 VisualBasic/InheritanceDemo.vb



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

// F#
[<AbstractClass>]
type Base() as this =
    abstract Foo : unit -> unit
    default this.Foo() = printfn "Base.Foo"
    abstract Bar : unit -> unit

```

```

type Derived() as this =
    inherit Base()
    override this.Foo() =
        base.Foo()
        printfn "Derived.Foo"
    override this.Bar() = printfn "Derived.Bar"

```

---

代码段 FSharp/InheritanceDemo.fs

## 53.10 资源管理

第 13 章介绍了资源管理,同时实现 `IDisposable` 接口和一个终结器。本节介绍这些功能在 C++/CLI、Visual Basic 和 F#中如何实现。

### 53.10.1 IDisposable 接口的实现

为了释放资源, `IDisposable` 接口定义 `Dispose()` 方法。使用 C#、Visual Basic 和 F#时, 必须实现 `IDisposable` 接口。在 C++/CLI 中, 也实现 `IDisposable` 接口, 但如果只编写一个析构函数, 这将由编译器完成。



```

// C#
public class Resource: IDisposable
{
    public void Dispose()
    {
        // release resource
    }
}

```

---

代码段 CSharp/Resource.cs



```

// C++/CLI
public ref class Resource
{
public:
    ~Resource()
    {
        // release resource
    }
};

```

---

代码段 CPPCLI/Resource.h



```

' Visual Basic
Public Class Resource
    Implements IDisposable
    Public Sub Dispose() Implements IDisposable.Dispose
        ' release resource
    End Sub
End Class

```

---

代码段 VisualBasic/Resource.vb

```

// F#
type Resource() as this =

```

```
interface IDisposable with
member this.Dispose() = printfn "release resource"
```

代码段 FSharp/Resource.fs



在 C++/CLI 中，使用 `delete` 语句调用 `Dispose()` 方法。

### 53.10.2 using 语句

C#的 `using` 语句使用“获取/使用/释放”模式释放不再使用的资源，甚至在出现异常的情况下也是如此。编译器创建一个 `try/finally` 语句，在 `finally` 语句中调用 `Dispose()` 方法。Visual Basic 支持类似于 C#的 `using` 语句。C++/CLI 针对这个问题提供了更好的方法。如果引用类型在本地声明，编译器就创建一条 `try/finally` 语句，在该块的最后调用 `Dispose()` 方法。F#提供了两种不同的结构，轻松地支持资源管理。在值超出作用域时，`use` 绑定会自动调用 `Dispose()` 方法。`using` 表达式创建的对象必须释放，并且在所调用函数的末尾释放。下面的 `bar()` 函数在创建 `Resource` 对象后调用：

```
// C#
using (Resource r = new Resource())
{
    r.Foo();
}

// C++/CLI
{
    Resource r;
    r.Foo();
}

' Visual Basic
Using r As New Resource
    r.Foo()
End Using

// F# use binding
let rs =
    use r = new Resource()
    r.Foo()
    // r.Dispose called implicitly
// F# using expression
let bar (r : Resource) =
    r.Foo()

using (new Resource()) bar
```

### 53.10.3 重写 `Finalize()` 方法

如果类包含必须释放的本地资源，该类就必须重写 `Object` 类中的 `Finalize()` 方法。在 C#中，这只需编写一个析构函数。C++/CLI 采用一种特殊的语法：用“!”前缀定义终结器。在终结器中，也不允许释放有终结器的对象，以确保终结的顺序。这就是 `Dispose` 模式定义一个带布尔参数的 `Dispose()` 方法的原因。在 C++/CLI 中，不需要在代码中实现这种模式，因为这由编译器完成。C++/CLI 析构函

数实现两个 Dispose()方法。在 Visual Basic 中, Dispose()方法和终结器都必须手工实现。但是大多数 Visual Basic 类都不直接使用本地资源,而是借助于其他类。在 Visual Basic 中,通常不需要重写 Finalize()方法,但一般要实现 Dispose()方法。



在 C#中,编写析构函数重写基类的 Finalize()方法。C++/CLI 的析构函数实现 IDisposable 接口。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
// C#
public class Resource: IDisposable
{
    ~Resource // override Finalize
    {
        Dispose(false);
    }
    protected virtual void Dispose(bool disposing)
    {
        if (disposing) // dispose embedded members
        {
        }
        // release resources of this class
        GC.SuppressFinalize(this);
    }
    public void Dispose()
    {
        Dispose(true);
    }
}
```

代码段 CSharp/Resource.cs



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
// C++/CLI
public ref class Resource
{
public:
    ~Resource() // implement IDisposable
    {
        this->!Resource();
    }
    !Resource() // override Finalize
    {
        // release resource
    }
};
```

代码段 CPPCLI/Resource.h



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
' Visual Basic
Public Class Resource
    Implements IDisposable
    Public Sub Dispose() Implements IDisposable.Dispose
        Dispose(True)
        GC.SuppressFinalize(Me)
    End Sub
```

```

Protected Overridable Sub Dispose(ByVal disposing)
    If disposing Then
        ' Release embedded resources
    End If
    ' Release resources of this class
End Sub
Protected Overrides Sub Finalize()
    Try
        Dispose(False)
    Finally
        MyBase.Finalize()
    End Try
End Sub
End Class

```

---

代码段 VisualBasic/Resource.vb

## 53.11 委托

第8章讨论的委托是方法类型安全的指针。在这4种语言中，都可以使用 `delegate` 关键字定义委托，但使用委托的方式有区别。

示例代码使用的 `Demo` 类有一个静态方法 `Foo()` 和一个实例方法 `Bar()`。这两个方法都由 `DemoDelegate` 类型的委托实例调用。把 `DemoDelegate` 声明为调用一个返回类型为 `void` 并且带 `int` 参数的方法。

C#使用委托支持委托推断，其中编译器会创建一个委托实例，传递方法的地址。

在C#和C++/CLI中，可以使用“+”运算符将两个委托合二为一：



```

// C#
public delegate void DemoDelegate(int x);
public class Demo
{
    public static void Foo(int x) { }
    public void Bar(int x) { }
}

Demo d = new Demo();
DemoDelegate d1 = Demo.Foo;
DemoDelegate d2 = d.Bar;
DemoDelegate d3 = d1 + d2;
d3(11);

```

---

代码段 CSharp/DelegateSample.cs

C++/CLI 不支持委托推断。C++/CLI 需要创建一个委托类型的新实例，并将方法的地址传递给构造函数。



```

// C++/CLI
public delegate void DemoDelegate(int x);
public ref class Demo
{
public:
    static void Foo(int x) { }
    void Bar(int x) { }
}

```

```
};
Demo^ d = gcnew Demo();
DemoDelegate^ d1 = gcnew DemoDelegate( &Demo::Foo);
DemoDelegate^ d2 = gcnew DemoDelegate(d, &Demo::Bar);
DemoDelegate^ d3 = d1 + d2;
d3(11);
```

代码段 CPPCLI/DelegateSample.h

与 C++/CLI 类似，Visual Basic 也不支持委托推断。必须创建一个委托类型的新实例，传递方法的地址。Visual Basic 使用 AddressOf 运算符传递方法的地址。

因为 Visual Basic 没有为委托重载 “+” 操作符，所以需要调用 Delegate 类的 Combine() 方法。把 Delegate 类写在方括号中，因为 Delegate 是一个 Visual Basic 关键字，不能使用同名的类。给 Delegate 加上方括号，可确保使用 Delegate 类，而不使用 Delegate 关键字。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
' Visual Basic
Public Delegate Sub DemoDelegate(ByVal x As Integer)
Public Class Demo
    Public Shared Sub Foo(ByVal x As Integer)
        '
    End Sub
    Public Sub Bar(ByVal x As Integer)
        '
    End Sub
End Class
Dim d As New Demo()
Dim d1 As New DemoDelegate(AddressOf Demo.Foo)
Dim d2 As New DemoDelegate(AddressOf d.Bar)
Dim d3 As DemoDelegate = [Delegate].Combine(d1, d2)
d3(11)
```

代码段 VisualBasic/DelegateDemo.vb

在 F# 中，作为对象的函数是头等成员。与其他 .NET 语言的交互操作性一样，由于 F# 也需要委托，因此语法看起来比较复杂。在 F# 中声明委托时，需要把委托关键字赋予类型名，并定义参数和返回类型。对于 DemoDelegate() 方法，参数的类型是 int，返回类型是与 C# 中的 void 类似的 unit。

用一个静态成员 Foo() 和一个实例成员 Bar() 定义 Demo 类型。这两个成员都满足委托类型的要求。

变量 d1 是引用 Demo.Foo() 方法的委托变量，d2 引用实例方法 Bar()。InvokeDelegate() 函数的参数是 DemoDelegate 和 int，它声明为通过委托调用引用的函数。它调用 Delegate 类的 Invoke() 方法，并传递 int 参数。在声明 invokeDelegate() 函数后，就传递委托实例 d1 和值 33，调用该函数。为了合并委托，需要调用 Delegate.Combine() 方法。因为 Combine() 方法需要两个 Delegate 参数，并返回一个 Delegate 类型，所以需要强制向上转换和强制向下转换。这里 F# 的语法是使用 “:>” 把 d1 强制转换为基类型 Delegate，使用 “:? >” 把 Delegate 类型 d33 强制转换为派生类 DemoDelegate。除了使用 “:>” 和 “:? >” 之外，还可以使用 upcast 和 downcast 关键字。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
// F#
type DemoDelegate = delegate of int -> unit
type Demo() as this =
    static member Foo(x : int) =
```



```

        printfn "Foo %d" x
        member this.Bar(x : int) =
            printfn "Bar %d" x

// F# using delegate
let d = Demo()
let d1 : DemoDelegate = new DemoDelegate(Demo.Foo)
let invokeDelegate (dlg : DemoDelegate) (x : int) =
    dlg.Invoke(x)
(invokeDelegate d1 33)
let d2 : DemoDelegate = new DemoDelegate(d.Bar)
let d11 = d1 :> Delegate
let d22 = d2 :> Delegate
let d33 : Delegate = Delegate.Combine(d11, d22)
let d3 : d33 :?> DemoDelegate
(invokeDelegate d3 11)

```

---

代码段 FSharp/DelegateDemo.fs

## 53.12 事件

使用 `event` 关键字可以实现基于委托的订阅机制。这 4 种语言都定义了 `event` 关键字，提供类中的事件。下面的 `EventDemo` 类引发 `DemoDelegate` 类型的 `DemoEvent` 事件。

在 C# 中，引发事件的语法类似于事件的方法调用。只要没有人注册事件，事件变量就是 `null`，所以在引发事件之前要检查事件变量是否为 `null`。在注册处理程序方法时，要使用 “+=” 运算符，在委托推断的帮助下传递处理程序方法的地址。



```

// C#
public class EventDemo
{
    public event DemoDelegate DemoEvent;
    public void FireEvent()
    {
        if (DemoEvent != null)
            DemoEvent(44);
    }
}

public class Subscriber
{
    public void Handler(int x)
    {
        // handler implementation
    }
}

//...
EventDemo evd = new EventDemo();
Subscriber subscr = new Subscriber();
evd.DemoEvent += subscr.Handler;
evd.FireEvent();

```

---

代码段 CSharp/EventDemo.cs

C++/CLI 与 C# 非常类似，除了触发事件不需要先查看事件变量不为 `null`。这由编译器创建的 IL

代码自动完成。



C#和 C++/CLI 使用 “+=” 运算符来注销事件。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
// C++/CLI
public ref class EventDemo
{
public:
    event DemoDelegate^ DemoEvent;
    public void FireEvent()
    {
        DemoEvent(44);
    }
}
public class Subscriber
{
public:
    void Handler(int x)
    {
        // handler implementation
    }
}
//...
EventDemo^ evd = gcnew EventDemo();
Subscriber^ subscr = gcnew Subscriber();
evd-> DemoEvent += gcnew DemoDelegate(subscr, &Subscriber::Handler);
evd-> FireEvent();
```

代码段 CPPCLI/EventDemo.h

Visual Basic 使用不同的语法。用 `Event` 关键字声明事件，这与 C#和 C++/CLI 相同。但是，用 `RaiseEvent` 语句引发事件。`RaiseEvent` 语句检查事件变量是否用订阅器初始化。用于注册处理程序的 `AddHandler` 语句与 C#中的 “+=” 运算符有相同的功能。`AddHandler` 语句需要两个参数：第一个参数定义事件，第二个参数定义处理程序的地址。`RemoveHandler` 语句用于从事件中注销处理程序。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
' Visual Basic
Public Class EventDemo
    Public Event DemoEvent As DemoDelegate
    public Sub FireEvent()
        RaiseEvent DemoEvent(44);
    End Sub
End Class
Public Class Subscriber
    Public Sub Handler(ByVal x As Integer)
        ' handler implementation
    End Sub
End Class
'...
Dim evd As New EventDemo()
Dim subscr As New Subscriber()
AddHandler evd.DemoEvent, AddressOf subscr.Handler
evd.FireEvent()
```

Visual Basic 提供的另一种语法对于其他语言不可用：对订阅事件的方法使用 **Handles** 关键字。它要求用 **WithEvents** 关键字定义一个变量：

```
Public Class Subscriber
    Public WithEvents evd As EventDemo
    Public Sub Handler(ByVal x As Integer) Handles evd.DemoEvent
        ' Handler implementation
    End Sub
    Public Sub Action()
        evd = New EventDemo()
        evd.FireEvent()
    End Sub
End Class
```

### 53.13 泛型

这4种语言都支持泛型的创建和使用。泛型参见第5章。

为了使用泛型，C#借用了C++模板的语法，用尖括号定义泛型类型。C++/CLI 使用相同的语法。在 Visual Basic 中，泛型类型用圆括号中的 **Of** 关键字定义。F#非常类似于 C#。



```
// C#
List<int> intList = new List<int>();
intList.Add(1);
intList.Add(2);
intList.Add(3);
```

代码段 CSharp/GenericsDemo.cs



```
// C++/CLI
List<int>^ intList = gcnew List<int>();
intList->Add(1);
intList->Add(2);
intList->Add(3);
```

代码段 CPPCLI/GenericsDemo.h



```
' Visual Basic
Dim intList As List(Of Integer) = New List(Of Integer)()
intList.Add(1)
intList.Add(2)
intList.Add(3)
```

代码段 VisualBasic/GenericsDemo.vb



```
// F#
let intList =
    new List<int>()
intList.Add(1)
intList.Add(2)
intList.Add(3)
```

代码段 FSharp/GenericsDemo.fs

因为类声明使用尖括号，所以编译器知道要创建一个泛型类型。用 `where` 子句定义约束。



```
public class MyGeneric<T>
    where T: IComparable<T>
{
    private List<T>list = new List<T>();
    public void Add(T item)
    {
        list.Add(item);
    }
    public void Sort()
    {
        list.Sort();
    }
}
```

代码段 CSharp/GenericsDemo.cs

用 C++/CLI 定义泛型类型与用 C++ 定义模板类似。但 C++/CLI 不使用 `template` 关键字，而对于泛型使用 `generic` 关键字。`where` 子句类似于 C# 中的 `where` 子句，但 C++/CLI 没有构造函数的限制。



```
generic <typename T>
where T: IComparable<T>
ref class MyGeneric
{
private:
    List<T>^ list;
public:
    MyGeneric()
    {
        list = gcnew List<T>();
    }
    void Add(T item)
    {
        list-> Add(item);
    }
    void Sort()
    {
        list-> Sort();
    }
};
```

代码段 CPPCLI/GenericsDemo.h

Visual Basic 用 `Of` 关键字定义泛型类，用 `As` 定义约束。



```
Public Class MyGeneric(Of T As IComparable(Of T))
    Private myList = New List(Of T)
    Public Sub Add(ByVal item As T)
        myList.Add(item)
    End Sub
    Public Sub Sort()
        myList.Sort()
    End Sub
End Class
```

代码段 VisualBasic/GenericsDemo.vb

F#用尖括号定义泛型类型。泛型类型用一个撇号标记。约束用 `when` 关键字定义。约束跟在 `when` 的后面。在下面的示例中，使用“`:>`”类型约束。它指定，泛型类型必须派生自接口或基类。也可以定义值类型约束(`: struct`)、引用类型约束(`: not struct`)和默认构造函数约束(`'a : (new : unit -> 'a)`)。不可用于其他语言的约束是空约束(`'a : null`)。这个约束指定 `'a` 泛型类型必须是可空的，这就允许使用所有.NET 引用类型，但不能使用不能为空的 F#类型：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
type MyGeneric<'a> when 'a :> IComparable<'a>() as this =
    let list = new List<'a>()
    member this.Add(item : 'a) = list.Add(item)
    member this.Sort() = list.Sort()
```

代码段 FSharp/GenericsDemo.fs

## 53.14 LINQ 查询

语言集成的查询是 C#和 Visual Basic 的一个功能。这两种语言的语法非常类似：



LINQ 参见第 11 章。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
// C#
var query = from r in racers
            where r.Country == "Brazil"
            orderby r.Wins descending
            select r;
```

代码段 CSharp/LinqSample.cs



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
' Visual Basic
Dim query = From r in racers _
            Where r.Country = "Brazil" _
            Order By r.Wins Descending _
            Select r
```

代码段 VisualBasic/LinqSample.vb



C++/CLI 不支持 LINQ 查询。

## 53.15 C++/CLI 混合本地代码和托管代码

C++/CLI 的一大优点是混合本地代码和托管代码。使用 C#中的本地代码需要通过一种机制(称为平台调用)。平台调用参见第 26 章。在 C++/CLI 中使用本地代码切实可行。

在托管类中，可以使用本地代码和托管代码，如下所示。本地类也是如此。可以在一个方法中混合使用本地代码和托管代码。



```
#pragma once
#include <iostream> // include this header file for cout
using namespace std; // the iostream header defines the namespace std
using namespace System;
public ref class Managed
{
public:
    void MixNativeAndManaged()
    {
        cout << "Native Code" << endl;
        Console::WriteLine("Managed Code");
    }
};
```

---

代码段 CPPCLI/Mixing.h

在托管类中，还可以声明本地类型的字段或本地类型的指针。但不能在本地类中声明托管类型的字段或托管内型的指针。必须注意，可以在垃圾收集器清理内存时删除托管类型的实例。

为了将托管类用作本地类中的成员，C++/CLI 定义了 `gcroot` 关键字，它在头文件 `gcroot.h` 中定义。`gcroot` 关键字包装一个 `CGHandle`，`CGHandle` 用于跟踪本地引用中的 CLR 对象。

```
#pragma once
#include "gcroot.h"
using namespace System;
public ref class Managed
{
public:
    Managed() { }
    void Foo()
    {
        Console::WriteLine("Foo");
    }
};
public class Native
{
private:
    gcroot<Managed^> m_p;
public:
    Native()
    {
        m_p = gcnew Managed();
    }
    void Foo()
    {
        m_p -> Foo();
    }
};
```

## 53.16 C#的特殊功能

一些 C#语法功能没有在本章中介绍。C#定义了 `yield` 语句，它便于创建枚举器。这条语句对于 C++/CLI 和 Visual Basic 不可用。在这些语言中，必须手动实现枚举器。另外，C#还为可空类型定

义了特殊的语法，而在其他语言中，必须使用泛型结构 `Nullable<T>`。

C#允许使用不安全的代码块，在不安全的代码块中可以使用指针和指针算术。这个功能非常有利于调用本地库中的方法。Visual Basic 没有这个功能，这是 C#的一个优势。C++/CLI 不需要使用 `unsafe` 关键字定义不安全的代码块，C++/CLI 本身就混合了本地代码和托管代码。

## 53.17 小结

本章学习了如何将 C#的语法映射到 Visual Basic、C++/CLI 和 F#上。C++/CLI 定义了对 C++的扩展，以编写.NET 应用程序，并利用 C#进行语法扩展。尽管 C#和 C++/CLI 的根源相同，但有许多重要的区别。Visual Basic 没有使用花括号，但比较琐碎。F#的语法完全不同，因为它主要关注函数编程。

在语法映射上，本章探讨了如何把 C#语法映射到 Visual Basic、C++/CLI 和 F#上，介绍了其他 3 种语言的语法，如何定义类型、方法、属性，哪些关键字用于 OO 功能，资源管理如何进行，委托、事件和泛型在 4 种语言中如何实现。

尽管可以映射大多数语法，但这些语言的功能仍有区别。

# 第 54 章

## .NET Remoting

本章内容:

- .NET Remoting 概述
- 把具有类似执行要求的对象组合在一起的上下文
- 实现一个简单的远程对象、客户端和服务端
- .NET Remoting 体系结构
- .NET Remoting 配置文件
- 在 ASP.NET 中驻留 .NET Remoting 对象
- 使用 Soapsuds 访问远程对象的元数据
- 异步调用 .NET Remoting 方法
- 利用事件调用客户端中的方法
- 使用 CallContext 自动把数据传递给服务器

本章将讨论 .NET Remoting，它可以用来访问另一个应用程序域(如另一个服务器)中的对象。 .NET Remoting 为客户端和服务端端的 .NET 应用程序之间的通信提供了一种更为快速的格式。

本章将使用 HTTP、TCP 和 IPC 信道开发 .NET Remoting 对象、客户端和服务端。首先以编程方式配置客户端和服务端，之后修改应用程序，以使用配置文件，其中只需要几个 .NET Remoting 方法。本章还编写一些小程序，异步使用 .NET Remoting，在客户端应用程序中调用事件处理程序。

.NET Remoting 类位于 System.Runtime.Remoting 名称空间及其子名称空间中，其中许多类在核心程序集 mscorlib 中，一些只用于跨网络通信的类可用于 System.Runtime.Remoting 程序集中。

### 54.1 使用 .NET Remoting 的原因

.NET Remoting 是在不同应用程序域之间通信的技术。使用 .NET Remoting 在不同应用程序域之间通信可以在同一个进程中、一个系统的进程之间或不同系统的进程之间进行。

对于客户端和服务端应用程序之间的通信，可以使用几种不同的技术。可以使用套接字编写应用程序，或使用 System.Net 名称空间中的一些辅助类，便于处理协议、IP 地址和端口号(详见第 24 章)。使用这种技术总是必须通过网络发送数据。所发送的数据可以是自己的自定义协议，其中由服务器解释数据包，这样服务器就知道应调用什么方法。我们不仅需要处理发送的数据，还需要自己创建线程。



使用 ASP.NET Web 服务, 可以跨网络传递消息。通过 ASP.NET Web 服务, 可以获得平台独立性。ASP.NET Web 服务不仅具有平台独立性, 在客户端和服务端之间的耦合也比较松散, 于是更容易处理版本问题。ASP.NET Web 服务详见第 55 章。

.NET Remoting 总是在客户端和服务端之间提供较紧密的耦合, 因为它们共享相同的对象类型。.NET Remoting 给 CLR 对象提供了跨不同应用程序域调用方法的功能。

.NET Remoting 的功能可以用应用程序类型和所支持的协议描述, 还可以通过 CLR Object Remoting 来描述。

CLR Object Remoting 是 .NET Remoting 的一个重要方面。所有的语言结构(如构造函数、委托、接口、方法、属性和字段等)都可以与远程对象一起使用。.NET Remoting 跨网络扩展 CLR 对象的功能, CLR Object Remoting 可以处理激活、分布式标识、生命周期和调用上下文等方面的工作。它与 XML Web 服务大不相同。在 XML Web 服务中, 对象是抽象的, 客户端不需要知道服务器的对象类型。

目前, 网络通信的最佳选择是第 43 章介绍的 WCF。WCF 提供 ASP.NET Web 服务的功能, 如平台无关性, 以及 .NET Remoting 为 .NET 与 .NET 通信提供的性能和灵活性。.NET Remoting 仍具备优势的一个地方是进程内部的应用程序域之间的通信。第 50 章讨论的 MAF 技术(System.AddIn)在后台使用 .NET Remoting。当然还有许多基于 .NET Remoting 的现有 .NET 解决方案, 所以不能把 .NET Remoting 重写为一门新技术。



尽管 SOAP 由 .NET Remoting 提供, 但不能假定它可用于不同平台之间的交互操作。SOAP Document 样式对于 .NET Remoting 不可用。.NET Remoting 是为客户端和服务端端的 .NET 应用程序而设计的。如果要进行交互操作, 就应使用 Web 服务。

.NET Remoting 是一个极为灵活的体系结构, 它可以用于通过任意方式传输的任意应用程序中, 方法是使用任意的有效负载编码(payload encoding)。

组合使用 SOAP 和 HTTP 只是调用远程对象的一种方式。传输信道是“可插入的”, 也可以替换。在 .NET 4 中, 可以获取 HttpChannel 类、TcpChannel 类和 IpcChannel 类分别表示的 HTTP 信道、TCP 信道和 IPC 信道, 还可以构建传输信道, 以使用 UDP、IPX、SMTP、共享的内存机制或消息队列, 至于选择使用哪一个, 自己完全有权决定。



“可插入(pluggable)”这个术语通常与 .NET Remoting 一起使用。“可插入”的意思是设计一个特定的部分, 这样用自定义实现方式可以替代它。

有效负载可以用于传输方法调用的参数, 这个有效负载编码也可以替换。Microsoft 发布了 SOAP 和二进制编码机制。可以通过 HTTP 信道来使用 SOAP 格式化程序, 也可以通过二进制格式化程序使用 HTTP。当然, 这两种格式化程序都可以与 TCP 信道一起使用。



尽管 SOAP 可以和 .NET Remoting 一起使用, 但应该知道 .NET Remoting 仅支持 SOAP RPC 样式, 而 ASP.NET Web 服务支持 DOC 样式(默认)和 RPC 样式。RPC 样式在新的 SOAP 版本中已废弃。

通过.NET Remoting,不但可以在每一个.NET 应用程序中使用服务器功能,还可以在任何地方使用.NET Remoting,包括控制台应用程序、Windows 应用程序、Windows 服务或 COM+组件。.NET Remoting 还是用于对等通信的一种好技术。

## 54.2 .NET Remoting 术语详解

.NET Remoting 可以用于访问另一个应用程序域中的对象。不论两个对象是处于一个进程中,还是处于不同的进程中,甚至处于不同的系统中,都可以使用.NET Remoting。

远程程序集可以配置为在应用程序域本地工作,或者配置为远程应用程序的一部分。如果程序集是远程应用程序的一部分,则客户端收到一个代理而不是真实的对象进行会话。代理表示客户端进程中的远程对象,由客户端应用程序用于调用方法。当客户端在代理中调用方法时,代理把一条消息发送到信道中,该消息再传递给远程对象。

.NET 应用程序通常在应用程序域中工作。应用程序域可以看作进程中的子进程。传统上,进程通常用作隔离的边界。在一个进程中运行的应用程序不能访问和销毁另一个进程中的内存。对于相互通信的应用程序,需要跨进程的通信。利用.NET,应用程序域就成为进程中新的安全边界,原因是 MSIL 代码是类型安全和可验证的。如第 18 章所述,不同应用程序可以在同一进程内的不同应用程序域中运行。在同一应用程序域中的对象可以直接进行交互,但是在访问不同应用程序域中的对象时,必须使用代理。

下面列出了.NET Remoting 体系结构的主要元素:

- **远程对象**——远程对象是运行在服务器上的对象。客户端不能直接调用远程对象上的方法,而要使用代理。使用.NET,很容易把远程对象和本地对象区分开:即任何派生自 `MarshalByRefObject` 的类从来都不会离开它的应用程序域。客户端可以通过代理调用远程对象的方法。
- **信道**——信道用于客户端和服务器之间的通信。信道包括客户端的信道部分和服务器的信道部分。.NET Framework 4 提供了 3 种信道类型,它们分别通过 TCP、HTTP 和 IPC 进行通信。此外,还可以创建自定义信道,这些信道使用其他协议通信。
- **消息**——消息被发送到信道中。消息是为客户端和服务器之间的通信而创建的。消息包含远程对象的信息、被调用方法的名称以及所有的参数。
- **格式化程序**——格式化程序用于定义消息如何传输到信道中。.NET 4 有 SOAP 格式化程序和二进制格式化程序。使用 SOAP 格式化程序可以与不是基于.NET Framework 的 Web 服务通信。二进制格式化程序速度更快,可以有效地用在内部网环境中。当然,也可以创建自定义格式化程序。
- **格式化程序提供程序**——格式化程序提供程序用于把格式化程序与信道关联起来。通过创建信道,可以指定要使用的格式化程序提供程序,格式化程序提供程序则定义把数据传输到信道中时所使用的格式化程序。
- **代理**——客户端调用代理的方法,而不是远程对象的方法。代理分为两种:透明的代理和真实的代理。对于客户端,透明代理看起来与远程对象类似。在透明代理上,客户端可以

调用远程对象实现的方法。然后，透明代理调用真实代理上的 `Invoke()` 方法。`Invoke()` 方法使用消息接收器把消息传递给信道。

- **消息接收器**——消息接收器是一个侦听器(interceptor)对象，简称接收器。在客户端和服务端上都有侦听器。接收器与信道相关联。真实的代理使用消息接收器把消息传递到信道中，因此，在消息进入信道之前，接收器可以进行截获工作。根据接收器所处的位置，可以把接收器称为特使接收器(envoy sink)、服务器上下文接收器、对象上下文接收器等。
  - **激活器**——客户端可以使用激活器在服务器上创建远程对象，或者获取一个被服务器激活的对象的代理。
  - **RemotingConfiguration 类**——该类是用于配置远程服务器和客户端的一个实用程序类。它可以用于读取配置文件或动态地配置远程对象。
  - **ChannelServices 类**——该类是一个实用程序类，可用于注册信道并把消息分配到信道中。
- 图 54-1 展示了如何把各个元素联系在一起。

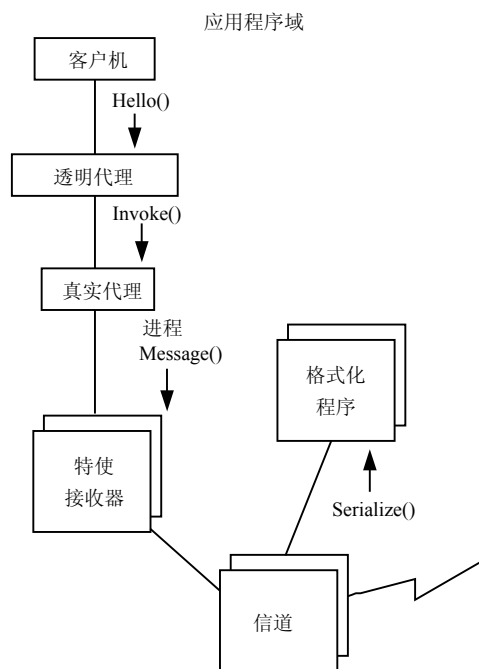


图 54-1

### 54.2.1 客户端通信

在客户端调用远程对象上的方法时，它实际上调用的是透明代理(而不是实际对象)上的方法。透明代理看起来与真实对象一样，它可以实现真实对象的公有方法。透明代理使用反射机制从程序集中读取元数据，获得真实对象的公共方法的信息。

然后，透明对象调用真实代理。真实代理负责把消息发送到信道中。真实代理是“可插入的”，可以使用自定义实现方式取代它。自定义实现方式可以用于写日志，或使用另一种方法查找信道等。真实代理对象的默认实现方式是查找特使接收器的集合(或链)，并把消息传递给第一个特使接收器。特使接收器可以截获和更改消息。这种接收器的示例有调试接收器、安全接收器以及同步接收器等。

最后一个特使接收器把消息发送到信道中。如何在线上发送消息取决于格式化程序。如前所述，.NET Framework 4 提供了 SOAP 格式化程序和二进制格式化程序。格式化程序也是“可插入的”。信道负责连接到服务器的监听网络接口上，或者发送已格式化的数据。定制信道的功能可以与上述功能不同，仅需执行代码，就可以完成把数据传输到另一端的必要工作。

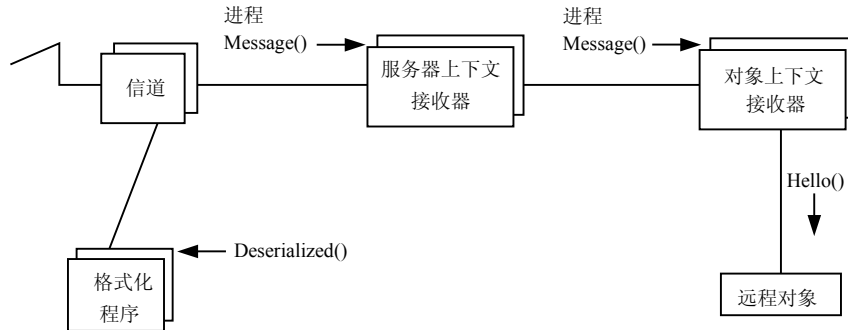


图 54-2

### 54.2.2 服务器端通信

图 54-2 展示了服务器端的消息传递：

- 信道接收来自客户端的已格式化消息，并且使用格式化程序打乱消息中的 SOAP 或二进制数据。然后，信道调用服务器上下文接收器。
- 服务器上下文接收器是一个接收器链，链中的最后一个接收器继续调用对象上下文接收器链。
- 最后一个对象上下文接收器调用远程对象上的方法。

注意对象上下文接收器被限制为对象上下文；服务器上下文接收器被限制为服务器上下文。单个的服务器上下文接收器可以用于访问许多对象接收器。

日志接收器就是一个接收器的例子。利用日志接收器，可以记录发送和接收的消息。利用客户系统上的接收器，可以检查服务器是否可用，并动态修改另一个服务器。



.NET Remoting 具有极大的可定制性：可以替代真实代理、添加接收器对象、替代格式化程序和信道等。当然，也可以使用所有已有的对象。

或许我们想知道通过这些层时的系统开销，如果什么工作也没有做，就不会有太多的系统开销；如果添加了一些功能，系统开销就取决于所添加的功能。

## 54.3 上下文

.NET Remoting 可以用于建立通过网络进行通信的服务器和客户端，在讨论这个方面的内容之前，首先看看在应用程序域中何时需要信道：通过上下文调用对象。

如果您编写过 COM+ 组件，则一定知道 COM+ 上下文。.NET 中的上下文与它非常相似。上下

文是包含一个对象的边界。同样，在 COM+ 上下文中，这种集合中的对象需要上下文特性定义的同用法规则。

我们知道，一个进程可以有多个应用程序域。应用程序域类似于带有安全边界的子进程。第 18 章讨论过应用程序域。

应用程序域可以有不同的上下文。上下文用于把具有相似执行需求的对象组合在一起。上下文由一组属性组合而成，它用于截获工作：即从不同的上下文中访问上下文绑定对象(context-bound object)时，侦听器可以在调用到达对象之前进行截获工作，如线程同步、事务和安全管理。

派生自 `MarshalByRefObjects` 的类被绑定在应用程序域中。在应用程序域外，访问对象时需要代理。派生自 `ContextBoundObject`(它又派生自 `MarshalByRefObjects`)的类被限制在上下文中。在上下文之外，访问对象时需要代理。

上下文绑定对象可以拥有上下文特性。没有上下文特性的上下文绑定对象在创建者的上下文中创建。带有上下文特性的上下文绑定对象在新的上下文中创建。如果属性兼容，那么也可以在创建者的上下文中创建带有上下文特性的上下文绑定对象。

为了更好地理解上下文，必须知道下面的术语：

- 默认上下文——在创建应用程序域的同时，会在该应用程序域中创建默认上下文。如果实例化的新对象需要不同的上下文特性，则系统会为它创建新的上下文。
- 上下文特性——上下文特性可以赋予派生自 `ContextBoundObject` 的类。实现 `IContextAttribute` 接口，可以创建自定义特性类。NET Framework 在 `System.Runtime.Remoting.Contexts` 名称空间中有一个上下文特性类 `SynchronizationAttribute`。
- 上下文属性——上下文特性定义对象需要的上下文属性。上下文属性类实现 `IContextProperty` 接口。活动属性为主调链提供消息接收器。`ContextAttribute` 类实现 `IContextProperty` 和 `IContextAttribute` 接口，可以用作自定义属性的基类。
- 消息接收器——消息接收器是方法调用的侦听器。使用消息接收器，可以截获方法调用。特性可以提供消息接收器。

### 54.3.1 激活

如果创建的类实例需要不同于主调上下文的上下文，系统就会创建新的上下文。如果当前上下文的所有属性都可以接受，就会请求与目标类相关联的特性类。如果这些属性中的任何一个不能接受，则运行库就请求所有与该特性类相关联的属性类，并且创建一个新的上下文。然后，运行库为要安装的接收器请求属性类。属性类可以实现一个 `IContributeXXXXSink` 接口，以提供接收器对象。其中的几个接口可以用于不同的接收器。

### 54.3.2 特性和属性

通过上下文特性可以定义上下文的属性。上下文特性类主要是特性。第 14 章有特性的详细介绍。上下文特性类必须实现 `IContextAttribute` 接口。因为 `ContextAttribute` 类总是有 `IContextAttribute` 接口的一个默认实现方式，所以自定义上下文特性类可以派生自 `ContextAttribute` 类。

.NET Framework 有两个上下文特性类：`System.Runtime.Remoting.Contexts.SynchronizationAttribute` 和 `System.Runtime.Remoting.Activation.UrlAttribute`。`Synchronization` 特性用于定义同步的要求，它指定对象需要的同步属性。可以指定多个线程不能同时访问该对象，但是访问对象的线程可以更改。

使用这个特性的构造函数，可以设置以下 4 个值中的 1 个值：

- NOT\_SUPPORTED，定义不应该在设置了同步的上下文中对类进行实例化。
- REQUIRED，指定需要有同步上下文。
- REQUIRED\_NEW，总是创建一个新的上下文。
- SUPPORTED，表示得到什么样的上下文并不重要，只要上下文中有对象即可。

### 54.3.3 上下文之间的通信

上下文之间是怎样进行通信的呢？客户端使用代理代替真实对象，代理创建的消息要传输到信道中，接收器可以截获。相同的机制也可以用在跨不同应用程序域或不同系统的通信中。跨上下文的通信不需要 TCP 或 HTTP 信道，但这里也使用了信道。CrossContextChannel 可以在信道的客户端和服务端使用同一虚拟内存。此外，跨上下文的通信也不需要格式化程序。

## 54.4 远程对象、客户端和服务端

在详细讨论.NET Remoting 体系结构之前，本节先简要地讨论远程对象和一个非常简单的客户端/服务器应用程序，该应用程序使用远程对象。之后，详细讨论所有需要的步骤和选项。

图 54-3 显示了客户端和服务端应用程序中的主要.NET Remoting 类。实现的远程对象是 Hello。HelloServer 是服务器上应用程序的主类，HelloClient 是客户端上应用程序的主类。

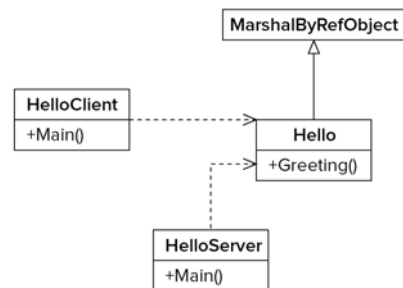


图 54-3

### 54.4.1 远程对象

分布式计算需要远程对象。从不同系统中远程调用的对象必须派生自 System.MarshalByRefObject 对象。MarshalByRefObject 对象被限制在创建它们的应用程序域中，这说明不能跨应用程序域传递它们；而应使用代理对象访问另一个应用程序域中的远程对象。其他应用程序域可以存在于同一进程、另一个进程或另一个系统中。

远程对象具有分布式标识。因此，对象的引用可以传递给其他客户端，而其他客户端仍访问同一对象。代理知道远程对象的标识。

除了具有从 Object 类继承的方法之外，MarshalByRefObject 类还有用于初始化和获取生命周期服务的方法。生命周期服务定义远程对象的生命周期有多长。本章后面的内容将讨论生命周期服务和租约功能。

为了查看起作用的.NET Remoting，下面给远程对象创建一个简单的类库。Hello 类派生自 System.MarshalByRefObject。在构造函数中，把消息写入控制台中，提供对象的生命周期信息。此外，添加一个从客户端调用的 Greeting() 方法。

为了易于区分后面几节中的程序集和类，我们在所使用的方法调用的参数中给它们指定不同的名称。程序集的名称是 RemoteHello，类的名称是 Hello。



```
using System;

namespace Wrox.ProCSharp.Remoting
{
    public class Hello : System.MarshalByRefObject
    {
        public Hello()
        {
            Console.WriteLine("Constructor called");
        }

        public string Greeting(string name)
        {
            Console.WriteLine("Greeting called");
            return "Hello, " + name;
        }
    }
}
```

代码段 RemoteHello/RemoteHello/Hello.cs

#### 54.4.2 简单的服务器应用程序

对于服务器，创建一个新的 C#控制台应用程序 HelloServer。为了使用 TcpServerChannel 类，必须引用 System.Runtime.Remoting 程序集。此外，还需要引用上一节创建的 RemoteHello 程序集。

在 Main()方法中，用端口号 8086 创建一个 System.Runtime.Remoting.Channels.Tcp.TcpServerChannel 类型的对象。该信道使用 System.Runtime.Remoting.Channels.ChannelServices 类注册，使之可用于远程对象。远程对象类型通过调用 RemotingConfiguration.RegisterWellKnownServiceType()方法注册。

在这个例子中，指定客户端所使用的远程对象的 URI 类型和一种模式。WellKnownObject.SingleCall 模式说明为每个方法调用创建一个新的实例，示例程序不保存远程对象中的状态。



.NET Remoting 允许创建无状态和有状态的远程对象。在第一个例子中，我们使用了已知的单调用(single-call)对象，它不保存状态。另一个对象类型称为客户端激活的对象，这种对象保存状态。本章后面在介绍对象的激活顺序时，将详细论述它们的区别，以及如何使用这些对象类型。

在远程对象注册之后，有必要使服务器一直处于运行状态，直到按任意键为止：



```
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.Runtime.Remoting;
using System.Runtime.Remoting.Channels;
using System.Runtime.Remoting.Channels.Tcp;

namespace Wrox.ProCSharp.Remoting
{
    class Program
    {
        static void Main()
        {
            var channel = new TcpServerChannel(8086);
```

```

        ChannelServices.RegisterChannel(channel, true);
        RemotingConfiguration.RegisterWellKnownServiceType(
            typeof>Hello), "Hi", WellKnownObjectMode.SingleCall);
        Console.WriteLine("Press return to exit");
        Console.ReadLine();
    }
}
}

```

---

代码段 RemoteHello/HelloServer/Program.cs

### 54.4.3 简单的客户端应用程序

这个客户端应用程序也是一个 C#控制台应用程序 HelloClient。在该项目中，也引用 System.Runtime.Remoting 程序集，以便可以使用 TcpClientChannel 类。此外，也必须引用 RemoteHello 程序集。尽管将在远程服务器上创建对象，但是为了代理能在运行期间读取类型信息，还需要在客户端上引用程序集。

在客户端程序中，要创建一个 TcpClientChannel 对象，这个对象在 ChannelServices 中注册。对于 TcpChannel，可以使用默认的构造函数，因此可以选择任意一个端口。接下来，使用 Activator 类把代理返回远程对象。代码是 System.Runtime.Remoting.Proxies.\_\_TransparentProxy 类型。这个对象看起来像是真实对象，原因是它提供相同的方法。透明代理使用真实代理把消息发送给信道：



```

using System;
using System.Runtime.Remoting.Channels;
using System.Runtime.Remoting.Channels.Tcp;

namespace Wrox.ProCSharp.Remoting
{
    class Program
    {
        static void Main()
        {
            Console.WriteLine("Press return after the server is started");
            Console.ReadLine();

            ChannelServices.RegisterChannel(new TcpClientChannel(), true);
            Hello obj = (Hello)Activator.GetObject(
                typeof>Hello), "tcp://localhost:8086/Hi");

            if (obj == null)
            {
                Console.WriteLine("could not locate server");
                return;
            }
            for (int i=0; i < 5; i++)
            {
                Console.WriteLine(obj.Greeting("Stephanie"));
            }
        }
    }
}

```

---

代码段 RemoteHello/HelloClient/Program.cs





代理是客户端应用程序用于替代远程对象的对象。第 55 章使用的代理与本章的代理有类似的功能。Web 服务的代理和 .NET Remoting 的代码在实现方式上有很大的区别。

现在可以启动服务器和客户端。在客户端控制台中，Hello Stephanie 文本会出现 5 次。在服务器控制台窗口中，会看到如下所示的输出结果。因为选择的是 WellKnownObjectMode.SingleCall 激活模式，所以为每一个方法调用创建一个新的实例。

```
Press return to exit
Constructor called
Greeting called
Constructor called
Greeting called
Constructor called
Greeting called
Constructor called
Greeting called
Constructor called
Greeting called
```

## 54.5 .NET Remoting 体系结构

既然讨论了简单的客户端/服务器后，本节就介绍 .NET 的体系结构并详细讨论它。以前面创建的程序为基础，下面详细介绍 .NET 体系结构以及它的扩展机制。

本节将论述下面的主题：

- 信道的功能和配置
- 格式化程序及其用法
- 实用程序类 ChannelServices 和 RemotingConfiguration
- 激活远程对象的不同方式，以及如何在 .NET Remoting 中使用无状态和有状态的对象
- 消息接收器的功能
- 如何按值和按引用传递对象
- 用 .NET Remoting 租约机制管理有状态的对象的生命周期

### 54.5.1 信道

信道用于 .NET 客户端和服务器之间的通信。 .NET Framework 4 发布的信道类使用 TCP、HTTP 或 IPC 进行通信。我们可以为其他的协议创建自定义信道。

HTTP 信道使用 HTTP 协议进行通信。因为防火墙通常让端口 80 处于打开的状态，所以客户端能够访问 Web 服务器，因为 .NET Remoting Web 服务可以侦听端口 80，所以客户端更容易使用它们。

虽然在 Internet 上也可以使用 TCP 信道，但是必须配置防火墙，这样客户端能够访问 TCP 信道所使用的指定端口。与 HTTP 信道相比，在内部网环境中使用 TCP 信道能够进行更加高效的通信。

IPC 信道最适合于在单个系统上进行跨进程的通信。因为它使用 Windows 进程间通信机制，所以它比其他信道快。

当执行远程对象上的方法调用时，导致客户信道对象就把消息发送到远程信道对象中。

服务器应用程序和客户端应用程序都必须创建信道。下面的代码说明了如何在服务器端创建 `TcpServerChannel`：

```
using System.Runtime.Remoting.Channels.Tcp;
...
TcpServerChannel channel = new TcpServerChannel(8086);
```

构造函数的参数指定 TCP 套接字侦听哪个端口。服务器信道必须指定一个众所周知的端口，在访问服务器时，客户端必须使用该端口。但是，在客户端上创建 `TcpClientChannel` 时，不必指定一个众所周知的端口，`TcpClientChannel` 的默认构造函数会选择一个可用端口，在客户端与服务器连接时，该端口被传递给服务器，以便服务器能够把数据返回给客户端。

创建新的信道实例，会使套接字立即转换到侦听状态，在命令行中输入 `netstat -a`，可以验证套接字是否处于侦听状态。



测试跨网络发送了哪些数据的一种有效工具是 `tcpTrace`。它可以从 <http://www.pocketsoap.com/tcptrace> 上下载。

HTTP 信道的使用方式类似于 TCP 信道。可以指定服务器能在哪个端口上创建侦听套接字。服务器可以侦听多个信道。下面的代码创建并注册 HTTP、TCP 和 IPC 信道：

```
var tcpChannel = new TcpServerChannel(8086);
var httpChannel = new HttpServerChannel(8085);
var ipcChannel = new IpcServerChannel("myIPCPort");

// register the channels
ChannelServices.RegisterChannel(tcpChannel, true);
ChannelServices.RegisterChannel(httpChannel, false);
ChannelServices.RegisterChannel(ipcChannel, true);
```

信道类必须实现 `IChannel` 接口。`IChannel` 接口有以下两个属性：

- `ChannelName` 属性是只读的，它返回信道的名称。信道的名称取决于协议的类型，例如，HTTP 信道的名称为 HTTP。
- `ChannelPriority` 属性也是只读的。在客户端和服务器之间可以使用多个信道进行通信，优先级定义信道的次序。在客户端上，具有较高优先级的信道首先连接到服务器上。优先级值越高，优先级就越高，其默认值是 1，但允许使用负值创建较低的优先级。

实现的其他接口要根据信道的类型决定，服务器信道实现 `IChannelReceiver` 接口，而客户端信道实现 `IChannelSender` 接口。

`HTTPChannel`、`TcpChannel` 和 `IPCChannel` 类都可以用于服务器和客户端。它们实现 `IChannelSender` 和 `IChannelReceiver` 接口。这些接口都派生自 `IChannel` 接口。

客户端的 `IchannelSender` 接口除了有 `Ichannel` 接口之外，还有一个 `CreateMessageSink()` 方法，这个方法返回一个实现 `IMessageSink` 接口的对象。`IMessageSink` 接口可以把同步和异步消息放到信道中。在使用服务器端的接口 `IChannelReceiver` 时，通过 `StartListening()` 方法可以把信道设置为侦听状态，而通过 `StopListening()` 方法则可以停止对信道的侦听。`ChannelData` 属性用于访问所获取的数据。

使用信道类的属性, 可以获取信道的配置信息。HTTP 和 TCP 信道都有 `ChannelName`、`ChannelPriority` 和 `ChannelData` 属性。使用 `ChannelData` 属性可以获取存储在 `ChannelDataStore` 类中的 URI 信息。此外, `HttpServerChannel` 类还有一个 `Scheme` 属性。下面的代码显示一个辅助方法 `ShowChannelProperties()`, 该方法在文件中显示对应的信息:

```
static void ShowChannelProperties(IChannelReceiver channel)
{
    Console.WriteLine("Name: {0}", channel.ChannelName);
    Console.WriteLine("Priority: {0}", channel.ChannelPriority);
    if (channel is HttpServerChannel)
    {
        HttpServerChannel httpChannel = channel as HttpServerChannel;
        Console.WriteLine("Scheme: {0}", httpChannel.ChannelScheme);
    }
    if (channel is TcpServerChannel)
    {
        TcpServerChannel tcpChannel = channel as TcpServerChannel;
        Console.WriteLine("Is secured: {0}", tcpChannel.IsSecured);
    }

    ChannelDataStore data = (ChannelDataStore)channel.ChannelData;
    if (data != null)
    {
        foreach (string uri in data.ChannelUris)
        {
            Console.WriteLine("URI: {0}", uri);
        }
    }
    Console.WriteLine();
}
```

### 1. 设置信道属性

使用构造函数 `TcpServerChannel(IDictionary, IServerChannelSinkProvider)`, 可以在一个列表中设置信道的所有属性。`Dictionary` 泛型类实现 `IDictionary` 接口, 因此, 使用这个类可以设置 `Name`、`Priority` 和 `Port` 属性。为了使用 `Dictionary` 类, 必须导入 `System.Collections.Generic` 名称空间。

在 `TcpServerChannel` 类的构造函数中, 除了参数 `IDictionary` 之外, 还可以传递实现 `IServerChannelSinkProvider` 接口的对象。在本例中, 设置 `BinaryServerFormatterSinkProvider` 而不设置 `SoapServerFormatterSinkProvider`, 前者是 `HttpServerChannel` 的默认值。`BinaryServerFormatterSinkProvider` 类的默认实现代码把 `BinaryServerFormatterSink` 类与使用 `BinaryFormatter` 对象的信道联系起来, 以转换数据, 便于传输:

```
var properties = new Dictionary<string, string>();
properties["name"] = "HTTP Channel with a Binary Formatter";
properties["priority"] = "15";
properties["port"] = "8085";
var sinkProvider = new BinaryServerFormatterSinkProvider();
var httpChannel = new HttpServerChannel(properties, sinkProvider);
```

根据信道的类型, 可以指定不同的属性。TCP 和 HTTP 信道都支持本例中使用的 `name` 和 `priority` 信道属性。这些信道也支持其他属性, 如 `bindTo`, 如果计算机配置了多个 IP 地址, `bindTo` 指定绑

定可以使用的 IP 地址。TCP 服务器信道支持 `rejectRemoteRequests`，只允许从本地计算机上连接客户端。

## 2. 信道的“可插入性”

创建的自定义信道可以使用 HTTP、TCP 和 IPC 之外的其他传输协议发送消息。此外，也可以对现有的信道进行扩展，从而提供更多功能：

- 发送部分必须实现 `IChannelSender` 接口。最重要的部分是 `CreateMessageSink()` 方法，在该方法中，客户端要发送 URL，此外，使用这个方法可以实例化与服务器的连接。在这里必须创建消息接收器，代理使用该消息接收器把消息发送到信道中。
- 接收部分必须实现 `IChannelReceiver` 接口。必须在 `ChannelData` 的 `get` 属性中启动侦听功能。然后，可以等待另一个线程接收来自客户端的数据。在打乱消息之后，使用 `ChannelServices.SyncDispatchMessage()` 方法把消息分配给对象。

### 54.5.2 格式化程序

.NET Framework 提供了两个格式化程序类，即：

- `System.Runtime.Serialization.Formatters.Binary.BinaryFormatter`
- `System.Runtime.Serialization.Formatters.Soap.SoapFormatter`

通过格式化程序接收器对象和格式化程序接收器提供程序，可以把格式化程序和信道联系起来。

这两个格式化程序类都实现 `System.Runtime.Remoting.Messaging.IRemotingFormatter` 接口，该接口定义 `Serialize()` 方法和 `Deserialize()` 方法，以便在信道之间来回传输数据。

格式化程序也是“可插入的”。在编写自定义格式化程序类时，必须把实例与要使用的信道联系起来，这项工作使用格式化程序接收器和格式化程序接收器提供程序就可以完成。例如，在创建前面介绍的信道时，格式化程序接收器提供程序 `SoapServerFormatterSinkProvider` 可以作为参数传递。格式化程序接收器提供程序为服务器实现 `IServerChannelSinkProvider` 接口，为客户端实现 `IClientChannelSinkProvider` 接口。这两个接口都定义 `CreateSink()` 方法，这个方法必须返回格式化程序接收器。`SoapServerFormatterSinkProvider` 返回 `SoapServerFormatterSink` 类的一个实例。

在客户端，`SoapClientFormatterSink` 类使用 `SoapFormatter` 类的 `SyncProcessMessage()` 方法和 `AsyncProcessMessage()` 方法，序列化消息。而 `SoapServerFormatterSink` 类使用 `SoapFormatter` 类反序列化消息。

所有这些接收器和提供程序类都可以扩展，并可以被自定义实现方式替代。

### 54.5.3 ChannelServices 和 RemotingConfiguration

`ChannelServices` 实用程序类用于把信道注册到 .NET Remoting 运行库中。此外，也可以使用这个类访问所有已注册的信道。因为在这里信道是隐式创建的(详见后面的内容)，所以在使用配置文件配置信道时，`ChannelServices` 类极其有用。

使用静态方法 `ChannelServices.RegisterChannel()` 可以注册信道。这个方法的第一个参数需要该信道，把第二个参数设置为 `true`，可以验证安全性对于信道是否可用。因为 `HttpChannel` 类没有安全支持，所以把对应的检查设置为 `false`。

下面是注册 HTTP、TCP 和 IPC 信道的服务器代码：

```

var tcpChannel = new TcpChannel(8086);
var httpChannel = new HttpChannel(8085);
var ipcChannel = new IpcChannel("myIPCPort");
ChannelServices.RegisterChannel(tcpChannel, true);
ChannelServices.RegisterChannel(httpChannel, false);
ChannelServices.RegisterChannel(ipcChannel, true);

```

`ChannelServices` 实用程序类可以用于分配同步消息和异步消息，以及注销指定信道。`RegisteredChannels` 属性返回一个 `IChannel` 数组，数组中的元素是已注册的所有信道。此外，还可以使用 `GetChannel()` 方法根据名称获取指定的信道。使用 `ChannelServices` 类，可以编写自定义管理实用程序，用于管理信道。下面的小示例阐明了如何阻止服务器信道侦听所传入的请求：

```

HttpServerChannel channel =
    (HttpServerChannel)ChannelServices.GetChannel("http");
channel.StopListening(null);

```

`RemotingConfiguration` 类是另一个 .NET Remoting 实用程序类。在服务器端，这个类用于为服务器激活的对象注册远程对象类型，把远程对象编组到已编组的对象引用类 `ObjRef` 中。`ObjRef` 是在网络上发送的对象的序列化表示。在客户端，为了从对象引用中创建代理，需要使用 `RemotingServices` 类打乱远程对象。

### 1. 知名对象的服务器

下面的服务器端代码把知名的远程对象类型注册为 `RemotingServices`：

```

RemotingConfiguration.RegisterWellKnownServiceType(
    typeof(Hello), // Type
    "Hi", // URI
    WellKnownObjectMode.SingleCall); // Mode

```

`RegisterWellKnownServiceType()` 方法的第一个参数是 `typeof(Hello)`，它指定远程对象的类型。第二个参数 `Hi` 是远程对象的 URI，客户端访问远程对象时要使用这个 URI。最后一个参数是远程对象的模式。模式可以是 `WellKnownObjectMode` 枚举的一个值：`SingleCall` 或 `Singleton`。

- `SingleCall` 意味着对象不保存状态。每一次调用远程对象时，都会创建一个新的实例。使用 `RemotingConfiguration.RegisterWellKnownServiceType()` 方法和 `WellKnownObjectMode.SingleCall` 参数，可以从服务器中创建 `SingleCall` 对象。因为不需要为数千个客户端保存资源，因此，这种模式在服务器上非常高效。
- 使用 `singleton`，服务器的所有客户端都可以共享对象。一般情况下，如果要在所有的客户端之间共享一些数据，则可以使用这种对象类型。对于只读数据这是毫无问题的，但是，对于可读写的数，就必须考虑数据锁定问题和可伸缩性。使用 `RemotingConfiguration.RegisterWellKnownServiceType()` 方法和 `WellKnownObjectMode.Singleton` 参数，服务器可以创建单一对象。必须考虑单一对象所使用资源的锁定问题。在客户端并发地访问单一对象时，必须确保数据不能被损坏，还必须检查锁定是否足够有效，以便实现必要的可伸缩性。

### 2. 客户端激活的对象的服务器

如果远程对象应该保存某一特定客户端的状态，则可以使用客户端激活的对象。下一节将讨论

在客户端如何调用服务器激活的对象或客户端激活的对象。在服务器端，客户端激活的对象的注册方式必须与服务器激活的对象不同。

不调用 `RemotingConfiguration.RegisterWellKnownType()` 方法，而必须调用 `Remoting Configuration.RegisterActivatedServiceType()` 方法。使用这个方法时，只指定类型，不指定 URI。原因是，对于客户端激活的对象，客户端可以使用同一个 URI 对不同的对象类型进行实例化。所有客户端激活的对象的 URI 必须使用 `RemotingConfiguration.ApplicationName` 定义：

```
RemotingConfiguration.ApplicationName = "HelloServer";
RemotingConfiguration.RegisterActivatedServiceType(typeof(Hello));
```

#### 54.5.4 对象的激活

客户端可以使用和创建远程 `Activator` 类。使用 `GetObject()` 方法，可以得到服务器激活的远程对象或知名的远程对象的代理。`CreateInstance()` 方法返回客户端激活的远程对象的代理。

`new` 运算符可以代替 `Activator` 类激活远程对象。为此，还必须使用 `RemotingConfiguration` 类在客户端中配置远程对象。

##### 1. 应用程序的 URL

在激活对象时，必须指定远程对象的 URL。这个 URL 与使用 Web 浏览器进行浏览时所使用的 URL 相同。第一部分指定协议、服务器名或 IP 地址、端口号和 URI，其中 URI 在服务器中以下面的格式注册远程对象时指定：

```
protocol://server:port/URI
```

下面的代码示例连续使用 3 个 URL 示例。在 URL 中，用 `http`、`tcp` 和 `ipc` 指定协议，对于 HTTP 和 TCP 信道，服务器名是 `localhost`，端口号是 8085 和 8086。对于 IPC 信道，不需要定义主机名，因为 IPC 只能在单个系统上使用。对于所有协议，URI 是 `Hi`，如下所示：

```
http://localhost:8085/Hi
tcp://localhost:8086/Hi
ipc://myIPCPort/Hi
```

##### 2. 激活知名对象

在 54.4.3 节的简单客户端例子中，激活了知名对象。下面详细讨论一下激活顺序：

```
TcpClientChannel channel = new TcpClientChannel();
ChannelServices.RegisterChannel(channel);

Hello obj = (Hello)Activator.GetObject(typeof(Hello),
                                         "tcp://localhost:8086/Hi");
```

`GetObject()` 是 `System.Activator` 类的一个静态方法，它调用 `Remoting Services.Connect()` 方法以返回远程对象的代理对象。`GetObject()` 方法的第一个参数指定远程对象的类型。代理实现所有公有的和受保护的方法和属性，以便客户端可以像在真实对象上那样调用这些方法。第二个参数是远程对象的 URL。这里使用 `tcp://localhost:8086/Hi` 字符串，其中 `tcp` 定义使用的协议，`localhost:8086` 是主机名和端口号，最后的 `Hi` 是对象的 URI，其中对象在服务器上使用 `method.RemotingConfiguration.RegisterWellKnownServiceType()` 方法

指定。

也可以直接使用 `RemotingServices.Connect()` 方法，而不使用 `Activator.GetObject()` 方法：

```
Hello obj = (Hello)RemotingServices.Connect(typeof(Hello),
                                           "tcp://localhost:8086/Hi");
```

如果偏爱使用 `new` 运算符激活知名的远程对象，则可以在客户端上使用 `RemotingConfiguration.RegisterWellKnownClientType()` 方法注册远程对象。这里需要的参数与上面相似：即远程对象的类型和 URI。`new` 运算符实际上并没有创建新的远程对象，它返回一个与 `Activator.GetObject()` 方法相似的代理。如果使用 `WellKnownObjectMode.SingleCall` 标记注册远程对象，那么规则总是一样：使用每一个方法调用创建远程对象。

```
RemotingConfiguration.RegisterWellKnownClientType(typeof(Hello),
                                                  "tcp://localhost:8086/Hi");
Hello obj = new Hello();
```

### 3. 激活客户端激活的对象

远程对象可以保存客户端的状态。`Activator.CreateInstance()` 方法用于创建客户端激活的远程对象。使用 `Activator.GetObject()` 方法，可以在调用方法时创建远程对象，而当方法执行完时，可以销毁远程对象。对象不在服务器上保存状态，这一点与 `Activator.CreateInstance()` 方法不同。使用静态的 `CreateInstance()` 方法，按次序开始激活，进而创建远程对象。在租约时间到期并且进行垃圾收集之前，对象将一直处于激活状态。本章后面的内容将讨论租约机制。

一些重载的 `Activator.CreateInstance()` 方法只能用于创建本地对象。为了创建远程的对象，就需要一个能够传递激活属性的方法。下面的示例就使用其中一个重载的方法，该方法接收两个字符串参数和一个对象数组，第一个参数是程序集的名称，第二个参数是远程对象的类型。利用第三个参数，可以把参数传递给远程对象类的构造函数。通过 `UrlAttribute` 在对象数组中指定信道和对象名。为了使用 `UrlAttribute` 类，必须导入 `System.Runtime.Remoting.Activation` 名称空间：

```
object[] attrs = {new UrlAttribute("tcp://localhost:8086/HelloServer") };
ObjectHandle handle = Activator.CreateInstance(
    "RemoteHello", "Wrox.ProCSharp.Remoting.Hello", attrs);
if (handle == null)
{
    Console.WriteLine("could not locate server");
    return;
}

Hello obj = (Hello)handle.Unwrap();
Console.WriteLine(obj.Greeting("Christian"));
```

当然，对于客户端激活的对象，虽然也可以使用运算符 `new` 替代 `Activator` 类，但是使用 `new` 运算符，就必须使用 `RemotingConfiguration.RegisterActivatedClientType()` 方法注册客户端激活的对象。在客户端激活的对象体系结构中，`new` 运算符不但返回代理，也创建远程对象：

```
RemotingConfiguration.RegisterActivatedClientType(typeof(Hello),
                                                  "tcp://localhost:8086/HelloServer");
Hello obj = new Hello();
```

#### 4. 代理对象

`Activator.GetObject()`方法和 `Activator.CreateInstance()`方法都给客户端返回一个代理。实际上使用两个代理：即透明代理和真实代理。透明代理看起来像远程对象，它实现远程对象的所有公共方法。这些方法调用 `RealProxy` 的 `Invoke()`方法，传递包含待调用方法的消息。在消息接收器的帮助下，`RealProxy` 把消息发送到信道中。

使用 `RemotingServices.IsTransparentProxy()`方法，可以检查对象是否真是透明代理。还可以通过 `RemotingServices.GetRealProxy()`方法获取真实代理。使用 `Vasula Studio` 调试器，很容易得到真实代理的所有属性：

```
ChannelServices.RegisterChannel(new TCPChannel());
Hello obj = (Hello)Activator.GetObject(typeof(Hello),
                                     "tcp://localhost:8086/Hi");

if (obj == null)
{
    Console.WriteLine("could not locate server");
    return;
}
if (RemotingServices.IsTransparentProxy(obj))
{
    Console.WriteLine("Using a transparent proxy");
    RealProxy proxy = RemotingServices.GetRealProxy(obj);

    // proxy.Invoke(message);
}
```

#### 5. 代理的“可插入性”

真实代理可以用自定义代理替代。自定义代理可以扩展基类 `System.Runtime.Remoting.RealProxy`。在自定义代理的构造函数中接收远程对象的类型。调用 `RealProxy` 的构造函数，可以创建真实代理和透明代理。在构造函数中，使用 `ChannelServices` 类创建消息接收器 `IChannelSender.CreateMessageSink()`，可以访问已注册信道。除了实现构造函数之外，自定义信道还必须重写 `Invoke()`方法。在 `Invoke()`方法中，可以接收到可分析的消息，然后把它们发送到消息接收器中。

#### 6. 消息

代理可以把消息发送到信道中。在服务器端，分析消息之后，就可以进行方法调用。因此，下面讨论消息。

.NET Framework 有一些消息类可以用于方法调用、响应，以及返回消息等。所有消息类都可以实现 `IMessage` 接口，该接口只有一个 `Properties` 属性。`Properties` 属性表示一个带有 `IDictionary` 接口的字典，字典中包括对象的 `URI`、`MethodName`、`MethodSignature`、`TypeName`、`Args` 和 `CallContext` 等。

图 54-4 显示了消息类和接口的层次结构。发送给真实代理的消息是 `MethodCall` 类型的对象。通过 `IMethodCallMessage` 和 `IMethodMessage` 接口比通过 `IMessage` 接口更容易实现对消息属性的访问。不必使用 `IDictionary` 接口，仍可以直接访问方法名、`URI` 和参数等内容。真实代理把 `ReturnMessage` 返回给透明代理。



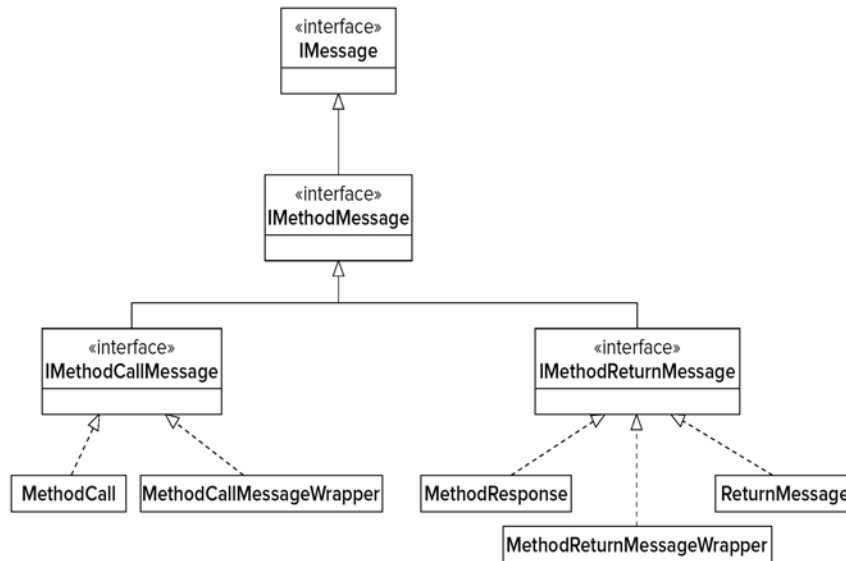


图 54-4

### 54.5.5 消息接收器

Activator.GetObject()方法调用 RemotingServices.Connect()方法连接已知对象。在 Connect()方法中，Unmarshal()方法不但在创建代理时发生，也在创建特使接收器时发生。代理使用一个特使接收器链把消息传递到信道中。所有接收器都是侦听器，它们可以更改消息，执行一些额外的操作，如创建锁、写事件以及执行安全检查等。

所有消息接收器都实现 IMessageSink 接口，这个接口定义一个属性和两个方法：

- NextSink 属性——接收器使用这个属性到达下一个接收器，并向前传递消息。
- SyncProcessMessage()方法——对于同步消息，前面的接收器或远程基础结构调用这个方法，它的 IMessage 参数用于发送消息和返回消息。
- AsyncProcessMessage()方法——对于异步消息，接收器链中前面的接收器或远程基础结构调用这个方法。该方法有两个参数：消息和接收回应的消息接收器。

下面几节讨论可以使用的 3 个不同的消息接收器。

#### 1. 特使接收器

通过 IEnvoyInfo 接口，可以到达特使接收器链。编组对象引用 ObjRef 有一个 EnvoyInfo 属性，该属性返回 IEnvoyInfo 接口。特使列表从服务器上下文中创建，因此，服务器可以把一些功能注入客户端。特使可以收集客户端的身份信息，并把这些信息传递给服务器。

#### 2. 服务器上下文接收器

在信道的服务器端接收消息时，消息就传递给服务器上下文接收器。服务器上下文接收器链中的最后一个接收器把消息传递到对象接收器链中。

### 3. 对象接收器

对象接收器与某个具体的对象关联。如果对象类定义特定上下文特性，就为该对象创建上下文接收器。

#### 54.5.6 在远程方法中传递对象

远程方法调用中的参数类型不仅可以是基本的数据类型，还可以是我们自己定义的类。为了进行远程处理，必须区分下面 3 种类型的类：

- **按值编组的类**——这种类通过信道进行序列化。要编组的类必须用 `Serializable` 特性标记。这些类的对象没有远程标识，因为完整的对象通过信道编组，而且与客户端序列化的对象独立于服务器对象(或相反)。按值编组的类也称作未绑定的类，原因是它们没有依赖于应用程序域的数据。序列化详见第 29 章。
- **按引用编组的类**——这种类有远程标识。对象不是在网络上传递的，而是返回一个代理。按引用编组的类必须派生自 `MarshalByRefObject`。`MarshalByRefObject` 称为应用程序域绑定对象。`MarshalByRefObject` 的一个专业化版本是 `ContextBoundObject`：抽象类 `ContextBoundObject` 派生自 `MarshalByRefObject`。如果类派生自 `ContextBoundObject`，则当上下文边界交叉时，甚至在同一应用程序域中也需要代理。这样的对象称为上下文绑定对象，它们只在创建上下文中有效。
- **不能用于远程通信的类**——这种类不能序列化，也不派生自 `MarshalByRefObject` 的。这些类型的类不能在远程对象的公共方法中用作参数。它们只能用于创建它们的应用程序域中。如果类的数据成员只在应用程序域中有效(如 Win32 文件句柄)则应该使用这种类。

为了阐明类的编组问题，我们将把远程对象改为向客户端发送一个对象：`MySerialized` 类将按值编组。在方法中，消息被写入控制台中，以便验证调用是在客户端上进行还是在服务器上进行。此外，把 `Hello` 类扩展为返回 `MySerialized` 实例：



```
using System;

namespace Wrox.ProCSharp.Remoting
{
    [Serializable]
    public class MySerialized
    {
        public MySerialized(int val)
        {
            a = val;
        }
        public void Foo()
        {
            Console.WriteLine("MySerialized.Foo called");
        }
        public int A
        {
            get
            {
                Console.WriteLine("MySerialized.A called");
                return a;
            }
        }
    }
}
```

```

    }
    set
    {
        a = value;
    }
}
protected int a;
}

public class Hello : MarshalByRefObject
{
    public Hello()
    {
        Console.WriteLine("Constructor called");
    }
    public string Greeting(string name)
    {
        Console.WriteLine("Greeting called");
        return "Hello, " + name;
    }
    public MySerialized GetMySerialized()
    {
        return new MySerialized(4711);
    }
}
}

```

---

代码段 PassingObjects/RemoteHello/Hello.cs

此外，为了查看使用按值编组的对象和按引用编组的对象的效果，还需要修改客户端应用程序。调用 `GetMySerialized()` 方法和 `GetMyRemote()` 方法获取新的对象。再使用 `RemotingServices.IsTransparentProxy()` 方法检查返回的对象是否是代理。



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

ChannelServices.RegisterChannel(new TcpClientChannel(), false);
Hello obj = (Hello)Activator.GetObject(typeof(Hello),
    "tcp://localhost:8086/Hi");
if (obj == null)
{
    Console.WriteLine("could not locate server");
    return;
}
MySerialized ser = obj.GetMySerialized();
if (!RemotingServices.IsTransparentProxy(ser))
{
    Console.WriteLine("ser is not a transparent proxy");
}
ser.Foo();

```

---

代码段 PassingObjects/HelloClient/Program.cs

在客户端控制台窗口中，可以看到在客户端上调用了 `ser` 对象。因为 `ser` 对象序列化到客户端，所以它不是透明代理。

Press return after the server is started

```
ser is not a transparent proxy
MySerialized.Foo called
```

## 1. 安全性和序列化的对象

.NET Remoting 和 ASP.NET Web 服务的一个重要区别是对象编组的方式。在 ASP.NET Web 服务中，只有公共字段和属性通过网络传输。而 .NET Remoting 使用另一种序列化机制来序列化所有数据，包括所有私有数据。恶意客户端可以在序列化和反序列化阶段中破坏应用程序。

为了解决这个问题，跨 .NET Remoting 边界传递对象时，定义两个自动反序列化级别：低级反序列化和完整反序列化。

在默认情况下，使用低级反序列化。在低级反序列化中，不能传递 `ObjRef` 对象，也不能传递实现 `ISponsor` 接口的对象。为了传递这两类对象，可以把反序列化级别改为完整级别。这可以通过编程方式实现：创建一个格式化程序接收器提供程序，并给它赋予 `TypeFilterLevel` 属性。对于二进制格式化程序，提供程序类是 `BinaryServerFormatterSinkProvider`，对于 SOAP 格式化程序，提供程序类是 `SoapServerFormatterSinkProvider`。

下面的代码说明了如何利用完整级别的序列化支持创建一个 TCP 信道：



```
var serverProvider = new BinaryServerFormatterSinkProvider();
serverProvider.TypeFilterLevel = TypeFilterLevel.Full;

var clientProvider = new BinaryClientFormatterSinkProvider();

var properties = new Dictionary<string, string>();
properties["port"] = 6789;

var channel = new TcpChannel(properties, clientProvider, serverProvider);
```

代码段 `PassingObjects/HelloServer/Program.cs`

首先，创建一个 `BinaryServerFormatterSinkProvider`，并把 `TypeFilterLevel` 属性设置为 `TypeFilterLevel.Full`。因为 `TypeFilterLevel` 枚举在 `System.Runtime.Serialization.Formatters` 名称空间中定义，所以必须声明这个名称空间。对于信道的客户端，创建一个 `BinaryClientFormatterSinkProvider`。客户端和服务端端的格式化程序接收器提供程序实例都传递给 `TcpChannel` 类的构造函数，定义信道特性的 `IDictionary` 属性也传递给该构造函数。

## 2. 方向特性

远程对象从来都不通过网络传输，而值类型和可序列化的类通过网络传输。有时只需要在一个方向上发送数据。这在数据通过网络传输时尤其重要。例如，如果要把集合中的数据发送给服务器，服务器再对这些数据执行一些计算操作，并给客户端返回一个简单的值，把集合发送回客户端就不是很有效。如果数据应发送给服务器、客户端或双向发送，则可以使用 COM 给参数声明方向特性 `[in]`、`[out]` 和 `[in, out]`。

在 C# 中，有相似的特性：`ref` 和 `out` 方法参数。`ref` 和 `out` 方法参数可以用于可序列化的值类型和引用类型。使用 `ref` 参数时，数据可以双向编组；使用 `out` 时，数据从服务器发送到客户端；不使用参数 `ref` 和 `out` 时，数据从客户端发送到服务器。



有关 `ref` 和 `out` 关键字的内容详见第 3 章。

## 54.5.7 生命周期管理

客户端和服务端怎样检测到另一端是否可用？此时，我们遇到的问题是什么呢？

对于客户端，答案比较简单。只要客户端调用远程对象上的方法，就会产生一个 `System.Runtime.Remoting.RemotingException` 类型的异常。此时，只需处理这个异常，完成一些必要的工作，如重试、写日志以及通知用户等。

对于服务器，服务器应何时检测客户端是否还在？即服务器何时可以清理为该客户端保存的资源？可以一直等待来自客户端的下一个方法调用，但该客户端可能再没有方法调用了。在 COM 领域中，DCOM 协议使用 ping 机制解决这个问题。客户端把 ping 和引用对象的信息发送给服务器。因为客户端在服务器上可能有几百个引用的对象，所以 ping 中的信息非常多。为了使这个机制更加有效，DCOM 不发送所有对象的所有信息，而只发送与上一个 ping 不同的信息。

虽然这个 ping 机制在 LAN 上非常有效，但它并不适用于可伸缩的解决方案。考虑到有成千上万的客户端向服务器发送 ping 信息，.NET Remoting 为生命周期管理提供了一个伸缩性更强的解决方案：即租约分布式垃圾收集器(Leasing Distributed Garbage Collector, LDGC)。

这个生命周期管理只对客户端激活的对象和知名的单一对象有效。因为单一对象不保存状态，所以在每个方法调用之后就可以销毁它们。客户端激活的对象保存状态，我们应该知道它们使用的资源。如果在应用程序域外部引用客户端激活的对象，就需要创建租约。租约有一个租约时间。当租约时间为 0 时，租约就已经到期，此时远程对象就会断开连接，最后由垃圾收集器回收。

### 1. 租约的续约

当租约到期之后，如果客户端还调用对象上的方法，就会抛出异常。如果有一个客户端，其中需要租约远程对象的时间超过了 300 秒(默认的租约时间)时，那么有以下 3 种方法进行续约：

- **隐式续约**——当客户端调用远程对象上的方法时，租约的隐式续约会自动进行。如果当前租约时间小于 `RenewOnCallTime` 的值，租约时间就设置为 `RenewOnCallTime`。
- **显式续约**——通过显式续约，客户端可以指定新的租约时间，这项工作可以通过 `ILease` 接口的 `Renew()` 方法完成。通过调用透明代理的 `GetLifetimeService()` 方法，就可以使用 `ILease` 接口。
- **发起租约**——这是第三种续约的方法。客户端可以创建一个实现 `ISponsor` 接口的发起者，并使用 `ILease` 接口的 `Register()` 方法在租约服务中注册这个发起者。发起者定义租约延长的时间。当租约到期时，发起者就要求延长租约时间。如果要长期租约服务器上的远程对象，就可以使用这个发起租约机制。

### 2. 租约的配置值

可以配置下面的一些值：

- **LeaseTime**——它定义租约到期之前的时间。
- **RenewOnCallTime**——这个时间是租约在方法调用上设置的时间，它指的是续约时间，如果当前租约时间的值低于这个时间，就要进行续约。

- **SponsorshipTimeout**——如果 **SponsorshipTimeout** 中没有租约发起者，远程基础结构就会寻找下一个发起者。如果没有更多发起者，租约就到期。
- **LeaseManagerPollTime**——租约管理器隔一段时间就检查一次，查看有没有对象到期，**LeaseManagerPollTime** 定义这个时间间隔。

表 54-1 中列出了它们的默认值。

表 54-1

租约配置	默认值(秒)
LeaseTime	300
RenewOnCallTime	120
SponsorshipTimeout	120
LeaseManagerPollTime	10

### 3. 管理生命周期所使用的类

**ClientSponsor** 类实现 **ISponsor** 接口。在客户端可以使用它延长租约时间。使用 **ILease** 接口，可以获取租约的所有信息、所有租约属性，以及当前租约的时间和状态。通过 **LeaseState** 枚举类型指定状态。通过 **LifetimeServices** 实用程序类，可以为应用程序域中所有远程对象的租约设置或获取属性。

### 4. 获取租约信息示例

在这个小示例代码中，调用透明代理的 **GetLifetimeService()** 方法访问租约信息。对于 **ILease** 接口，必须声明 **System.Runtime.Remoting.Lifetime** 名称空间。对于 **UrlAttribute** 类，必须导入 **System.Runtime.Remoting.Activation** 名称空间。

租约机制只能用于有状态的(客户端激活的和单一)对象。由于每次调用方法时都实例化单一调用对象，因此租约机制不适用于单一调用对象。为了通过服务器提供客户端激活的对象，可以把远程处理配置更改为调用 **RegisterActivatedServiceType()** 方法：

```
RemotingConfiguration.ApplicationName = "Hello";
RemotingConfiguration.RegisterActivatedServiceType(typeof(Hello));
```

在客户端应用程序中，远程对象的实例化也必须更改。在此，并不使用 **Activator.GetObject()** 方法，而是使用 **Activator.CreateInstance()** 方法调用客户端激活的对象：

```
ChannelServices.RegisterChannel(new TcpClientChannel(), true);

object[] attrs = {new UrlAttribute("tcp://localhost:8086/Hi") };
Hello obj = (Hello)Activator.CreateInstance(typeof(Hello), null, attrs);
```

为了显示租约时间，可以调用代理对象中的 **GetLifetimeService()** 方法使用返回的 **ILease** 接口：

```
ILease lease = (ILease)obj.GetLifetimeService();
if (lease != null)
{
    Console.WriteLine("Lease Configuration:");
    Console.WriteLine("InitialLeaseTime: {0}", lease.InitialLeaseTime);
    Console.WriteLine("RenewOnCallTime: {0}", lease.RenewOnCallTime);
}
```

```

        Console.WriteLine("SponsorshipTimeout: {0}", lease.SponsorshipTimeout);
        Console.WriteLine(lease.CurrentLeaseTime);
    }

```

## 5. 更改默认的租约配置

使用 `System.Runtime.Remoting.Lifetime.LifetimeServices` 实用程序类，服务器自身就可以为所有远程对象更改默认的租约配置：

```

LifetimeServices.LeaseTime = TimeSpan.FromMinutes(10);
LifetimeServices.RenewOnCallTime = TimeSpan.FromMinutes(2);

```

如果希望不同的默认生命周期依赖于远程对象的类型，则可以重写 `MarshalByRefObject` 基类的 `InitializeLifetimeService()` 方法，更改远程对象的租约配置：

```

public class Hello : System.MarshalByRefObject
{
    public override Object InitializeLifetimeService()
    {
        ILease lease = (ILease)base.InitializeLifetimeService();
        lease.InitialLeaseTime = TimeSpan.FromMinutes(10);
        lease.RenewOnCallTime = TimeSpan.FromSeconds(40);
        return lease;
    }
}

```

使用后面讨论的配置文件，也可以完成生命周期服务的配置。

## 54.6 配置文件

使用配置文件，可以不用把信道和对象配置写入到源代码中。如果使用配置文件，就可以在不更改源代码的情况下，重新配置信道，添加另外的信道等。与.NET 平台上所有其他的配置文件一样，这个配置文件也使用XML，还使用了第18章和第21章中的应用程序和配置文件。对于.NET Remoting，可以使用一些XML元素和特性配置信道和远程对象。远程配置文件的不同之处是这个配置不需要放在应用程序配置文件中，该文件可以有任意名称。为了简化构建过程，本章将在应用程序配置文件中编写远程处理配置，应用程序配置文件的名称应该是可执行文件的名称后面跟上.config文化扩展名。

在下载的代码(从 [www.wrox.com](http://www.wrox.com) 网站)中，可以在客户端和服务器的根目录中找到配置文件示例：`clientactivated.config` 和 `wellknown.config`。客户端示例中还有一个配置文件 `wellknownhttp.config`，它指定了一个通向知名远程对象的HTTP信道。为了使用这些配置文件，必须对它们重命名，`RemotingConfiguration.Configure()`方法的参数使用这些新文件名，并把它们放到包含可执行文件的目录中。

下面就是一个配置文件的示例：



```

<configuration>
  <system.runtime.remoting>
    <application name="Hello">
      <service>
        <wellknown mode="SingleCall"
          type="Wrox.ProCSharp.Remoting.Hello, RemoteHello"

```

```

        objectUri="Hi" />
    </service>
</channels>
</application>
</system.runtime.remoting>
</configuration>

```

---

代码段 ConfigurationFiles/HelloServer/app.config

---

<configuration>是所有.NET 配置文件的 XML 根元素。所有远程配置都可以在子元素 <system.runtime.remoting>中找到。<application>是<system.runtime.remoting>的一个子元素。

以下列表描述<system.runtime.remoting>中部件的主要元素和特性：

- 对于<application>元素，使用这个元素的 name 特性，可以指定应用程序的名称。在服务器端，name 特性的值是服务器的名称；而在客户端，name 特性的值是客户端应用程序的名称。上面的示例是服务器的配置文件：<application name="Hello"> 把远程应用程序名称定义为 Hello，客户端访问远程对象时可以把 Hello 用作 URL 的一部分。
- 在服务器端，<service>元素用于指定远程对象的集合。这个元素有两个子元素<wellknown>和<activated>，用于指定远程对象(知名对象或客户端激活的对象)的类型。
- <service>元素的客户端部分是<client>。与<service>元素类似，<client>元素也有两个子元素<wellknown>和<activated>，用于指定远程对象的类型。但是与<service>元素的两个子元素不同，<client>元素还有一个 url 特性，用于指定远程对象的 URL。
- <wellknown>元素用在服务器和客户端上，指定知名的远程对象。服务器部分如下所示：

```

<wellknown mode="SingleCall"
    type="Wrox.ProCSharp.Remoting.Hello, RemoteHello"
    objectURI="Hi" />

```

- 当 mode 特性的值为 SingleCall 或 Singleton 时，type 特性的值就是远程对象的类型，其值包括 Wrox.ProCSharp.Hello 名称空间。程序集名 RemoteHello 位于该名称空间后面。objectURI 是在信道中注册的远程对象的名称。
- 客户端上的 type 特性和在服务器上的属性相同。但是在客户端不需要使用 mode 和 objectURL 特性，而需要使用 url 特性定义远程对象的路径：协议、主机名、端口号、应用程序名，以及对象的 URI。

```

<wellknown type="Wrox.ProCSharp.Remoting.Hello, RemoteHello"
    url="tcp://localhost:6791/Hello/Hi" />

```

- <activated>元素用于客户端激活的对象。必须使用 type 特性为客户端和服务端应用程序定义类型和程序集：

```

<activated type="Wrox.ProCSharp.Remoting.Hello, RemoteHello" />

```

- 使用<channel>元素可以指定信道。<channel>是<channels>元素的子元素，目的是为单个应用程序配置信道集合。在客户端和服务端上，<channel>元素的使用方法相似。使用 XML



特性 `ref` 可以引用一个预先配置的信道名称。对于服务器信道，必须用 XML 特性 `port` 设置端口号。XML 特性 `displayName` 用于指定从 .NET Framework Configuration 工具中使用的信道名称，如后面所述：

```
<channels>
  <channel ref="tcp" port="6791" displayName="TCP Channel" />
  <channel ref="http" port="6792" displayName="HTTP Channel" />
  <channel ref="ipc" portName="myIPCPort" displayName="IPC Channel"
  />
</channels>
```



预定义的信道名称是 `tcp`、`http` 和 `ipc`，它们定义 `TcpChannel`、`HttpChannel` 和 `IpChannel` 类。

### 54.6.1 知名对象的服务器配置

在示例文件 `wellknown_Server.config` 中，`name` 属性的值为 `Hello`。在下面的配置文件中，把 TCP 信道设置为在端口 6791 处侦听，把 HTTP 信道设置为在端口 6792 处侦听。IPC 信道用端口名 `myIPCPort` 配置。远程对象类是 `RemoteHello` 程序集中的 `Wrox.ProCSharp.Hello`，对象在信道中称为 `Hi`，对象模式是 `SingleCall`：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
<configuration>
  <system.runtime.remoting>
    <application name="Hello">
      <service>
        <wellknown mode="SingleCall"
          type="Wrox.ProCSharp.Remoting.Hello, RemoteHello"
          objectUri="Hi" />
      </service>
      <channels>
        <channel ref="tcp" port="6791"
          displayName="TCP Channel (HelloServer)" />
        <channel ref="http" port="6792"
          displayName="HTTP Channel (HelloServer)" />
        <channel ref="ipc" portName="myIPCPort"
          displayName="IPC Channel (HelloServer)" />
      </channels>
    </application>
  </system.runtime.remoting>
</configuration>
```

代码段 `ConfigurationFiles/HelloServer/Wellknown.config`

### 54.6.2 知名对象的客户端配置

对于知名对象，必须在客户端配置文件 `Wellknown_Client.config` 中指定程序集和信道。远程对象的类型可以在 `RemoteHello` 程序集中找到，`Hi` 是信道中对象的名称，远程类型 `Wrox.ProCSharp.Remoting.Hello` 的 URI 是 `ipc://myIPCPort/Hello/Hi`。在客户端中，也使用 IPC 信道，但是不指定端口，因此可以任意挑选可用的端口。客户端选择的信道必须对应于 URL：



```
<configuration>
  <system.runtime.remoting>
    <application name="Client">
      <client displayName="Hello client for well-known objects">
        <wellknown type = "Wrox.ProCSharp.Remoting.Hello, RemoteHello"
          url="ipc://myIPCPort/Hello/Hi" />
      </client>
      <channels>
        <channel ref="ipc" displayName="IPC Channel (HelloClient)" />
      </channels>
    </application>
  </system.runtime.remoting>
</configuration>
```

---

代码段 ConfigurationFiles/HelloClient/Wellknown\_Client.config

配置文件中的一个小改动是使用 HTTP 信道(如 WellknownHttp\_Client.config 所示):



```
<client>
  <wellknown type="Wrox.ProCSharp.Remoting.Hello, RemoteHello"
    url="http://localhost:6792/Hello/Hi" />
</client>
<channels>
  <channel ref="http" displayName="HTTP Channel (HelloClient)" />
</channels>
```

---

代码段 ConfigurationFiles/HelloClient/WellknownHttp\_Client.config

### 54.6.3 客户端激活的对象的服务器配置

只需更改配置文件(它可以在 clientactivated\_Server.config 中找到), 就可以把服务器配置从服务器激活的对象改为客户端激活的对象。在这里指定<service>元素的<activated>子元素。使用<activated>元素对服务器进行配置时, 必须指定 type 特性。application 元素的 name 特性定义 URI:



```
<configuration>
  <system.runtime.remoting>
    <application name="HelloServer">
      <service>
        <activated type="Wrox.ProCSharp.Remoting.Hello, RemoteHello" />
      </service>
      <channels>
        <channel ref="http" port="6788"
          displayName="HTTP Channel (HelloServer)" />
        <channel ref="tcp" port="6789"
          displayName="TCP Channel (HelloServer)" />
        <channel ref="ipc" portName="myIPCPort"
          displayName="IPC Channel (HelloServer)" />
      </channels>
    </application>
  </system.runtime.remoting>
</configuration>
```

---

代码段 ConfigurationFiles/HelloServer/ClientActivated.config

## 54.6.4 客户端激活的对象的客户端配置

clientactivated\_Client.config 配置文件使用<client>元素的 url 特性和<activated>元素的 type 特性定义客户端激活的远程对象:



```
<configuration>
  <system.runtime.remoting>
    <application>
      <client url="http://localhost:6788/HelloServer"
        displayName="Hello client for client - activated objects">
        <activated type="Wrox.ProCSharp.Remoting.Hello, RemoteHello" />
      </client>
      <channels>
        <channel ref="http" displayName="HTTP Channel (HelloClient)" />
        <channel ref="tcp" displayName="TCP Channel (HelloClient)" />
        <channel ref="ipc" displayName="IPC Channel (HelloClient)" />
      </channels>
    </application>
  </system.runtime.remoting>
</configuration>
```

代码段 ConfigurationFiles/HelloClient/ClientActivated\_Client.config

## 54.6.5 使用配置文件的服务器代码

在服务器代码中, 必须使用 RemotingConfiguration 类的静态方法 Configure()配置远程服务。这里在配置文件中定义的所有信道都已用.NET Remoting 运行库创建和配置。可能也希望从服务器应用程序中了解信道配置的信息, 因此可以创建静态方法 ShowActivatedServiceTypes() 和 ShowWellKnownServiceTypes(), 它们在加载和启动远程处理配置之后调用:



```
public static void Main()
{
    RemotingConfiguration.Configure("HelloServer.exe.config", false);
    Console.WriteLine("Application: {0}", RemotingConfiguration.ApplicationName);
    ShowActivatedServiceTypes();
    ShowWellKnownServiceTypes();
    System.Console.WriteLine("press return to exit");
    System.Console.ReadLine();
}
```

代码段 ConfigurationFiles/HelloServer/Program.cs

这两个函数显示了知名类型和客户端激活的类型的配置信息:

```
public static void ShowWellKnownServiceTypes()
{
    WellKnownServiceTypeEntry[] entries =
        RemotingConfiguration.GetRegisteredWellKnownServiceTypes();
    foreach (var entry in entries)
    {
        Console.WriteLine("Assembly: {0}", entry.AssemblyName);
        Console.WriteLine("Mode: {0}", entry.Mode);
        Console.WriteLine("URI: {0}", entry.ObjectUri);
        Console.WriteLine("Type: {0}", entry.TypeName);
    }
}
```

```

}
public static void ShowActivatedServiceTypes()
{
    ActivatedServiceTypeEntry[] entries =
        RemotingConfiguration.GetRegisteredActivatedServiceTypes();
    foreach (var entry in entries)
    {
        Console.WriteLine("Assembly: {0}", entry.AssemblyName);
        Console.WriteLine("Type: {0}", entry.TypeName);
    }
}
}

```

### 54.6.6 使用配置文件的客户端代码

在客户端代码中，只需使用配置文件 `client.exe.config` 配置远程处理服务。之后，不论处理的是服务器激活的远程对象还是客户端激活的远程对象，都可以使用 `new` 运算符创建远程类 `Hello` 的新实例。但是有一点不同：对于客户端激活的对象，非默认的构造函数和 `new` 运算符可以一起使用。但服务器激活的对象不行，原因是单一调用对象可以没有状态，因为每次调用之后都会销毁它们，并且单一对象只创建一次。调用非默认的构造函数只对客户端激活的对象有效，因为 `new` 运算符只能针对这种类型实例化远程对象。

在 `HelloClient.cs` 文件的 `Main()` 方法中，可以更改远程处理代码，使用配置文件和 `RemotingConfiguration.Configure()` 方法，用 `new` 运算符创建远程对象：



```

RemotingConfiguration.Configure("HelloClient.exe.config", false);
Hello obj = new Hello();
if (obj == null)
{
    Console.WriteLine("could not locate server");
    return;
}
for (int i=0; i < 5; i++)
{
    Console.WriteLine(obj.Greeting("Stephanie"));
}

```

代码段 ConfigurationFiles/HelloClient/Program.cs

### 54.6.7 客户端信道的延迟加载

对于 .NET Remoting，如果客户端没有配置信道，就会默认配置能自动使用的 3 条信道：

```

<system.runtime.remoting>
  <application>
    <channels>
      <channel ref="http client" displayName="http client (delay loaded)"
        delayLoadAsClientChannel="true" />
      <channel ref="tcp client" displayName="tcp client (delay loaded)"
        delayLoadAsClientChannel="true" />
      <channel ref="ipc client" displayName="ipc client (delay loaded)"
        delayLoadAsClientChannel="true" />
    </channels>
  </application>
</system.runtime.remoting>

```

当XML特性 `delayLoadAsClientChannel` 的值为 `true` 时,将指定应从没有配置信道的客户端上使用的信道。因为运行库会尝试使用延迟加载的信道连接到服务器,所以不需要在客户端配置文件中配置信道,前面使用的知名对象的客户端配置文件可以变得非常简单:

```
<system.runtime.remoting>
  <application>
    <channels>
      <channel ref="http client" displayName="http client (delay loaded)"
        delayLoadAsClientChannel="true" />
      <channel ref="tcp client" displayName="tcp client (delay loaded)"
        delayLoadAsClientChannel="true" />
      <channel ref="ipc client" displayName="ipc client (delay loaded)"
        delayLoadAsClientChannel="true" />
    </channels>
  </application>
</system.runtime.remoting>
```

### 54.6.8 调试配置

如果有一个误配置的服务器配置文件(例如,指定远程程序集的错误名称),在服务器启动时就检测不出这个错误。在客户端实例化远程对象并调用方法时,才能检测出该错误。客户端会得到一个异常,说明未找到该远程对象程序集。指定 `<debug loadTypes="true" />` 配置,会在服务器启动时加载远程对象,并在服务器上实例化该对象。这样,如果配置文件配置错误,就会在服务器上出现一个错误。

```
<configuration>
  <system.runtime.remoting>
    <application name="Hello">
      <service>
        <wellknown mode="SingleCall"
          type="Wrox.ProCSharp.Remoting.Hello, RemoteHello"
          objectUri="Hi" />
      </service>
      <channels>
        <channel ref="tcp" port="6791"
          displayName="TCP Channel (HelloServer)" />
      </channels>
    </application>
    <debug loadTypes="true" />
  </system.runtime.remoting>
</configuration>
```

### 54.6.9 配置文件中的生命周期服务

远程服务器的租约配置也可以使用应用程序配置文件来完成。`<lifetime>`元素有 `leaseTime`、`sponsorshipTimeOut`、`renewOnCallTime` 和 `pollTime` 特性,如下面的示例所示:

```
<configuration>
  <system.runtime.remoting>
    <application>
      <lifetime leaseTime = "15M" sponsorshipTimeOut = "4M"
        renewOnCallTime = "3M" pollTime = "30s" />
    </application>
  </system.runtime.remoting>
</configuration>
```

```

    </system.runtime.remoting>
  </configuration>

```

使用配置文件时,不用更改源代码,通过编辑文件就可以完成对远程处理配置的更改。可以很容易把信道改为使用 TCP 而不使用 HTTP,并更改端口和信道的名称等内容。在配置文件中添加一行内容,就可以让服务器侦听两个信道,而不是一个。

#### 54.6.10 格式化程序提供程序

本章前面已经讨论了更改格式化程序提供程序的属性,以支持跨网络编组所有对象。这里不像前面那样通过编程的方式实现,而是在配置文件中配置格式化程序提供程序的属性。

下面的服务器配置文件在<channel>元素进行更改,其中把<serverProviders>和<clientProviders>定义为子元素。在<serverProviders>元素中,引用了本地提供程序 wsdl、soap 和 binary,对于 soap 和 binary 提供程序,把 typeFilterLevel 属性设置为 Full。

```

<configuration>
  <system.runtime.remoting>
    <application name="HelloServer">
      <service>
        <activated type="Wrox.ProCSharp.Remoting.Hello, RemoteHello" />
      </service>
      <channels>
        <channel ref="tcp" port="6789" displayName="TCP Channel (HelloServer)">
          <serverProviders>
            <provider ref="wsdl" />
            <provider ref="soap" typeFilterLevel="Full" />
            <provider ref="binary" typeFilterLevel="Full" />
          </serverProviders>
          <clientProviders>
            <provider ref="binary" />
          </clientProviders>
        </channel>
      </channels>
    </application>
  </system.runtime.remoting>
</configuration>

```

## 54.7 在 ASP.NET 中驻留远程服务器

迄今为止,所有服务器示例都是运行在自驻留(self-hosted)的.NET 服务器上。自驻留的服务器必须手动启动。.NET Remoting 服务器也可以在许多其他的应用程序类型中启动。在 Windows 服务中,服务器可以在系统启动时自动启动,此外,进程可以通过系统账户的证书运行。关于 Windows 服务的内容,可以参阅第 25 章。

ASP.NET 对 .NET Remoting 服务器有一种特殊支持。ASP.NET 可用于自动启动远程服务器。与可执行的驻留应用程序相反,驻留在 ASP.NET 中的 .NET Remoting 在配置时使用不同的文件,但语法相同。

为了使用 IIS(Internet Information Server, Internet 信息服务器)和 ASP.NET 中的基础结构,必须创建一个派生自 `System.MarshalByRefObject` 类的类,该类具有默认的构造函数。不再需要以前为服务器创建和注册信道所使用的代码;这些代码所做的工作可以由 ASP.NET 运行库完成。此外,也必须在 Web 服务器上创建一个虚拟目录,该目录映射到保存 `Web.config` 配置文件的目录上。远程类的程序集必须驻留在子目录 `bin` 中。

可以使用 IIS MMC 配置 Web 服务器上的虚拟目录。选择 Default Web Site 并打开 Action 菜单,就可以创建一个新的虚拟目录。

Web 服务器上的 `Web.config` 配置文件必须放在虚拟网站的主目录中。使用默认的 IIS 配置,将使用的信道会侦听端口 80:

```
<configuration>
  <system.runtime.remoting>
    <application>
      <service>
        <wellknown mode="SingleCall"
          type="Wrox.ProCSharp.Remoting.Hello, RemoteHello"
          objectUri="HelloService.soap" />
      </service>
    </application>
  </system.runtime.remoting>
</configuration>
```



如果远程对象驻留在 IIS 中,根据所使用的格式化程序类型(SOAP 或二进制)远程对象的名称就必须以 `.soap` 或 `.bin` 结尾。

现在,客户端使用下面的配置文件就可以连接到远程对象上。在这里必须指定远程对象的 URL,这个 URL 包括 Web 服务器 `localhost`、Web 应用程序的名称 `RemoteHello`(该名称在创建虚拟网站时指定)、远程对象 `HelloService.soap`(在文件 `Web.config` 中定义的 URI)。因为端口号 80 是 HTTP 协议的默认端口,所以不必指定它。不指定 `<channels>` 部分表示使用 `machine.config` 配置文件中延迟加载的 HTTP 信道:

```
<configuration>
  <system.runtime.remoting>
    <application>
      <client url="http://localhost/RemoteHello">
        <wellknown type="Wrox.ProCSharp.Remoting.Hello, RemoteHello"
          url="http://localhost/RemoteHello/HelloService.soap" />
      </client>
    </application>
  </system.runtime.remoting>
</configuration>
```



ASP.NET 中驻留的远程对象只支持知名对象,不支持客户端激活的对象。

## 54.8 类、接口和 Soapsuds

迄今为止，在所有 .NET Remoting 示例中，总是把远程对象的程序集复制到服务器和客户端应用程序中。这样远程对象的 MSIL 代码就在客户端和服务端系统中(尽管在客户端应用程序中只需要元数据)。然而，复制远程对象的程序集表示客户端和服务端不能独立编程。为了只使用元数据，更好的方法是使用接口或 Soapsuds.exe 实用程序。

### 54.8.1 接口

使用接口可以把客户端代码和服务端代码完全分离开。接口只定义没有实现的方法。这样，协定(接口)和实现方式就完全分开了。而客户端系统只需要协定。使用接口时必须按照下面的步骤进行：

- (1) 定义一个接口，把它放到一个独立的程序集中。
- (2) 在远程对象类中实现这个接口。为此，必须引用接口的程序集。
- (3) 在服务器端不需要进行更改，可以按照通常的方式配置服务器和对服务器进行编程。
- (4) 在客户端，引用接口的程序集，而不引用远程类的程序集。
- (5) 现在，客户端可以使用远程对象的接口，而不使用远程对象类。类似以前创建对象的方法，可以使用 Activator 类创建对象。由于接口本身不能实例化，因此不能使用 new 运算符。

由于接口定义了客户端和服务端之间的协定，因此客户端应用程序和服务端应用程序就可以独立地开发。此外，即使坚持旧的 COM 规则(即接口不应该更改)，也不会出现任何版本问题。

### 54.8.2 Soapsuds

如果使用 HTTP 信道和 SOAP 格式化程序，就可以使用 Soapsuds 实用程序从程序集中获取元数据。Soapsuds 可以把程序集转化为 XML 架构、把 XML 架构转化为包装类；也可以把包装类转化为 XML 架构，把 XML 架构转化为程序集。

下面的命令行把 Hello 类型从 RemoteHello 程序集转化为 HelloWrapper 程序集，在转化过程中将生成调用远程对象的透明代理：

```
soapsuds -types:Wrox.ProCSharp.Remoting.Hello,RemoteHello -oa:HelloWrapper.dll
```

如果使用 HTTP 信道和 SOAP 格式化程序，那么也可以直接使用 Soapsuds 从正在运行的服务器中获取类型信息：

```
soapsuds -url:http://localhost:6792/hello/hi?wsdl - oa:HelloWrapper.dll
```

现在，可以在客户端中引用 Soapsuds 生成的程序集，而不引用原始程序集。表 54-2 列出了 Soapsuds 命令的一些选项。

表 54-2

选 项	描 述
-url	从指定的 URL 中检索架构
-proxyurl	如果需要代理服务器访问服务器，就使用该选项指定代理
-types	指定类型和程序集，以便从中读取架构信息



(续表)

选项	描述
-is	输入架构文件
-ia	输入程序集文件
-os	输出架构文件
-oa	输出程序集文件

## 54.9 异步远程调用

如果服务器的方法要花费一段时间才能完成,同时客户端需要做一些不同的工作,就没有必要启动一个单独的线程进行远程调用。而进行异步调用,使方法启动后立即返回给客户端。在远程对象上可以进行异步调用,因为在委托的帮助下它们就像是在本地对象上调用一样。对于没有返回值的方法,也可以使用 `OneWay` 特性。

### 54.9.1 使用委托和.NET Remoting

为了实现方法的异步调用,创建一个委托 `GreetingDelegate`,这个委托的参数和返回值与远程对象的 `Greeting()`方法相同。泛型委托 `Func<T>`和 `Action<T>`非常适合于这种情况。`Greeting()`方法需要一个返回 `string` 类型的 `string` 参数 `Func<string, string>`。这是调用这个方法的委托定义。使用委托的 `BeginInvoke()`方法,启动 `Greeting()`调用。`BeginInvoke()`方法的第二个参数是一个 `AsyncCallback` 实例,该实例定义 `HelloClient.Callback()`方法。当远程方法完成时,会调用 `HelloClient.Callback()`方法。在 `Callback()`方法中,远程调用使用 `EndInvoke()`方法完成:

```
using System;
using System.Runtime.Remoting;
namespace Wrox.ProCSharp.Remoting
{
    public class HelloClient
    {
        private static string greeting;

        public static void Main()
        {
            RemotingConfiguration.Configure("HelloClient.exe.config");
            Hello obj = new Hello();
            if (obj == null)
            {
                Console.WriteLine("could not locate server");
                return;
            }
            Func<string, string> d = new Func<string, string>(obj.Greeting);
            IAsyncResult ar = d.BeginInvoke("Stephanie", null, null);

            // do some work and then wait
            ar.AsyncWaitHandle.WaitOne();
            string greeting = null;
            if (ar.IsCompleted)
```

```

        {
            greeting = d.EndInvoke(ar);
        }

        Console.WriteLine(greeting);
    }
}
}

```

第 8 章详细介绍了委托，第 20 章介绍了如何异步地使用委托。

### 54.9.2 OneWay 特性

返回值为 `void`、只有输入参数的方法可以由 `OneWay` 特性标记。不论客户如何调用方法，`OneWay` 特性(在 `System.Runtime.Remoting.Messaging` 名称空间中定义)都可以实现方法的自动异步。把 `TakeAWhile()` 方法添加到远程对象类 `RemoteHello` 中，就可以创建一个“即发即弃(`fire-and-forget`)”的方法。如果客户端通过代理调用 `TakeAWhile()` 方法，则代理会立即返回给客户端。在服务器上，该方法会在一段时间后完成：

```

[OneWay]
public void TakeAWhile(int ms)
{
    Console.WriteLine("TakeAWhile started");
    System.Threading.Thread.Sleep(ms);
    Console.WriteLine("TakeAWhile finished");
}

```

## 54.10 .NET Remoting 的安全性

自从 .NET 2.0 以来，.NET Remoting 就支持安全性。.NET Remoting 可以保护通过网络传输的数据，并可以验证用户的身份。

安全性可以使用每条管道配置。TCP、HTTP 和 IPC 信道支持安全性配置。在服务器配置中，必须定义通信的最低安全要求，而客户端配置定义与安全性相关的功能。如果客户端定义的安全性配置低于服务器指定的最低要求，通信就会失败。

首先介绍服务器配置。在下面摘录的配置文件中，显示了如何为服务器定义安全性。

使用 XML 属性 `protectionLevel`，可以指定服务器是否需要跨网络传递加密的数据。`protectionLevel` 属性可以设置的值有 `None`、`Sign` 和 `EncryptAndSign`。使用 `Sign` 值会创建一个签名，用于验证发送的数据是否跨网络传递过程中不更改。但是，使用嗅探器仍可以读取网络上的所有数据。对于 `EncryptAndSign` 值，发送的数据也是加密的，于是没有正式参与消息传输的系统不能读取数据。

`impersonate` 属性可以设置为 `true` 或 `false`。如果把 `impersonate` 属性设置为 `true`，服务器就可以模拟客户端的用户，以他的名义访问资源。

```

<channels>
  <channel ref="tcp" port="9001"
    secure="true"
    protectionLevel="EncryptAndSign"

```

```

        impersonate="false" />
    </channels>

```

在客户端配置中，定义网络通信的功能。如果该功能不能满足服务器的要求，通信就会失败。在下面的示例配置中，配置 `protectionLevel` 和 `TokenImpersonationLevel`。

`protectionLevel` 可以设置为与服务器配置文件相同的选项。

`TokenImpersonationLevel` 可以设置为 `Anonymous`、`Identification`、`Impersonation` 和 `Delegation`。如果把 `TokenImpersonationLevel` 设置为 `Anonymous`，服务器就不能标识客户端的用户。如果把属性值设置为 `Identification`，服务器就可以找出服务器的用户标识。如果服务器把 `impersonate` 配置为 `true`，则客户端只有配置为 `Anonymous` 或 `Identification` 时，通信才失败。把 `TokenImpersonationLevel` 设置为 `Impersonation`，就允许服务器模拟客户端。把 `TokenImpersonationLevel` 设置为 `Delegation`，不但允许服务器模拟客户端访问服务器上的本地资源，还可以使用用户标识访问其他服务器上的资源。只有像使用 `Active Directory` 那样把 `Kerberos` 用于用户的登录身份验证，才能使用 `Delegation`。

```

<channels>
  <channel ref="tcp"
    secure="true"
    protectionLevel="EncryptAndSign"
    TokenImpersonationLevel="Impersonate" />
</channels>

```

如果以编程方式创建信道，而不使用配置文件，那么也可以以编程方式定义安全性设置。可以把包含所有安全性设置的集合传送给信道的构造函数，如下所示。集合类的要求是必须执行 `IDictionary` 接口，例如泛型类 `Dictionary` 或 `Hashtable` 类。

```

var dict = new Dictionary <string, string>();
dict.Add("secure", "true");

var clientChannel = new TcpClientChannel(dict, null);

```

安全性详见第 21 章。

## 54.11 远程处理和事件

使用 `.NET Remoting`，不但客户端可以跨网络调用远程对象上的方法，而且服务器也可以调用客户端中的方法。关于这个方面，从基本的语言功能中已经知道，可以使用的机制是委托和事件。

总的来说，体系结构比较简单。服务器有客户端可以调用的远程对象，而客户端有服务器可以调用的远程对象：

- 服务器中的远程对象必须声明一个带有方法签名的外部函数(委托)，以便客户端在处理程序中实现这些外部函数。
- 由于与处理程序函数一起传递给客户端的参数必须是可编组的，因此发送给客户端的所有数据必须是序列化的。
- 远程对象也必须声明一个委托函数的实例，委托函数可以通过 `event` 关键字更改。客户端将使用该实例注册处理程序。

- 客户端必须创建一个带有处理程序方法的接收器对象，其中的处理程序方法必须与委托定义的接收器对象有一样的签名。此外，客户端必须注册接收器对象，这个接收器对象带有远程对象中的事件。

下面举一个例子。为了查看通过 .NET Remoting 处理的事件的所有内容，需要创建 5 个类：Server、Client、RemoteObject、EventSink 和 StatusEventArgs。它们的依赖关系如图 54-5 所示。

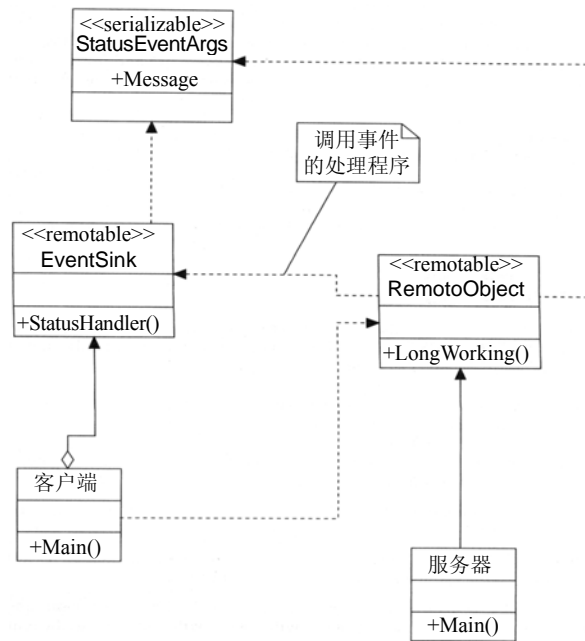


图 54-5

Server 类就像我们已经知道的远程处理服务器一样。Server 类将根据配置文件中的信息创建信道，并且注册远程对象，在远程处理运行库中，远程对象将在 RemoteObject 类中实现。远程对象声明委托的参数，并且触发已注册的处理程序函数中的事件。传递给处理程序函数的参数是 StatusEventArgs 类型。StatusEventArgs 类必须是可序列化的，以便它可以编组传递给客户端。

Client 类表示客户端应用程序。这个类创建 EventSink 类的一个实例，并且把 EventSink 类的 StatusHandler() 方法注册为远程对象中委托的处理程序。因为 RemoteObject 类也跨网络调用，所以 EventSink 类必须像 RemoteObject 类一样是远程类。

### 54.11.1 远程对象

远程对象类在 RemoteObject.cs 文件中实现。如以前的示例所示，远程对象类必须派生自 MarshalByRefObject。为了使客户端能够注册从远程对象中调用的事件处理程序，必须使用 delegate 关键字声明一个外部函数。我们声明的 StatusEvent() 委托带有两个参数：sender(使用这个参数，客户端可以确定激活事件的对象)和一个 StatusEventArgs 类型的变量。可以把要发送给客户端的所有附加信息都放到该参数类中。

要在客户端中执行的方法有一些严格的要求。它只能有输入参数，而不允许有返回类型、ref 和 out 参数；参数类型必须是 [Serializable] 或远程的(派生自 Marshal ByRefObject)，使用 EventHandler-

<EventArgs>委托定义的参数可以满足这些要求:

在 `RemoteObject` 类中, 声明 `EventHandler<EventArgs>` 类型的一个 `Status` 事件。客户端必须给 `Status` 事件添加事件处理程序, 以便从远程对象中获取状态信息:



```
public class RemoteObject : MarshalByRefObject
{
    public RemoteObject()
    {
        Console.WriteLine("RemoteObject constructor called");
    }
    public event EventHandler<EventArgs>Status;
```

代码段 RemotingAndEvents/RemoteObject/RemoteObject.cs

在调用 `Status(this, e)` 方法触发事件之前, `LongWorking()` 方法检查事件处理程序是否已注册。为了验证事件是否异步地触发, 就在执行 `Thread.Sleep()` 之前在方法的开端触发一个事件, 并在执行之后触发一个事件:

```
public void LongWorking(int ms)
{
    Console.WriteLine("RemoteObject: LongWorking() Started");
    EventArgs e = new EventArgs(
        "Message for Client: LongWorking() Started");
    // fire event
    if (Status != null)
    {
        Console.WriteLine("RemoteObject: Firing Starting Event");
        Status(this, e);
    }
    System.Threading.Thread.Sleep(ms);
    e.Message = "Message for Client: LongWorking() Ending";
    // fire ending event
    if (Status != null)
    {
        Console.WriteLine("RemoteObject: Firing Ending Event");
        Status(this, e);
    }
    Console.WriteLine("RemoteObject: LongWorking() Ending");
}
```

### 54.11.2 事件参数

在 `RemoteObject` 类中可以看出, `EventArgs` 类用作委托的参数。使用 `Serializable` 特性, 可以把 `EventArgs` 类的实例从服务器传输给客户端。我们使用 `string` 类型的一个简单属性把消息发送给客户端:



```
[Serializable]
public class EventArgs : EventArgs
{
    public EventArgs(string message)
    {
        this.Message = message;
    }
}
```

```
public string Message { get; set; }
}
```

代码段 RemotingAndEvents/RemoteObject/RemoteObject.cs

### 54.11.3 服务器

在控制台应用程序中实现服务器。使用 `RemotingConfiguration.Configure()` 方法，读取配置文件，从而设置信道及远程对象。服务器使用 `Console.ReadLine()` 方法等待用户终止应用程序：



```
using System;
using System.Runtime.Remoting;
namespace Wrox.ProCSharp.Remoting
{
    class Server
    {
        static void Main()
        {
            RemotingConfiguration.Configure("Server.exe.config", true);
            Console.WriteLine("press return to exit");
            Console.ReadLine();
        }
    }
}
```

代码段 RemotingAndEvents/RemoteServer/Program.cs

### 54.11.4 服务器配置文件

创建服务器配置文件 `Server.exe.config` 的方法前面已经讨论过。其中有一个要点：因为客户端首先注册事件处理程序，之后才调用远程方法，所以远程对象必须为客户端保存状态。由于不能使用带有事件的单一调用对象，因此要把 `RemoteObject` 类配置为客户端激活的类型。另外，为了支持委托，必须用 `<provider>` 元素指定 `typeFilterLevel` 特性，启用完整的序列化：



```
<configuration>
  <system.runtime.remoting>
    <application name="CallbackSample">
      <service>
        <activated type="Wrox.ProCSharp.Remoting.RemoteObject,
          RemoteObject" />
      </service>
      <channels>
        <channel ref="tcp" port="6791">
          <serverProviders>
            <provider ref="binary" typeFilterLevel="Full" />
          </serverProviders>
        </channel>
      </channels>
    </application>
  </system.runtime.remoting>
</configuration>
```

代码段 RemotingAndEvents/RemoteServer/app.config

### 54.11.5 事件接收器

客户端需要使用事件接收器库，服务器也需要调用事件接收器库。事件接收器实现处理程序 `StatusHandler()`，`StatusHandler()`与委托一起定义。如前所述，方法只有输入参数，不返回任何 `Void` 值。因为将从服务器中远程调用 `EventSink` 类，所以它必须继承自 `MarshalByRefObject` 类，以便使它成为远程类：



```
using System;
using System.Runtime.Remoting.Messaging;

namespace Wrox.ProCSharp.Remoting
{
    public class EventSink : MarshalByRefObject
    {
        public EventSink()
        {
        }

        public void StatusHandler(object sender, StatusEventArgs e)
        {
            Console.WriteLine("EventSink: Event occurred: " + e.Message);
        }
    }
}
```

代码段 `RemotingAndEvents/EventSink/EventSink.cs`

### 54.11.6 客户端

客户端通过 `RemotingConfiguration` 类读取客户端配置文件。这与以前客户端的行为没有区别。客户端在本地创建远程接收器类 `EventSink` 的一个实例。从服务器上的远程对象中调用的方法应传递给远程对象：



```
using System;
using System.Runtime.Remoting;

namespace Wrox.ProCSharp.Remoting
{
    class Client
    {
        static void Main()
        {
            RemotingConfiguration.Configure("Client.exe.config", true);
            Console.WriteLine("wait for server...");
            Console.ReadLine();
        }
    }
}
```

代码段 `RemotingAndEvents/RemoteClient/Program.cs`

不同的是，必须在本地创建远程接收器类 `EventSink` 的一个实例。由于不使用 `<client>` 元素配置 `EventSink` 类，因此它在本地实例化。接下来，实例化远程对象类 `RemoteObject`。由于在 `<client>` 元素中配置 `RemoteObject` 类，因此它在远程服务器上实例化：

```
var sink = new EventSink();
var obj = new RemoteObject();
if (!RemotingServices.IsTransparentProxy(obj))
```

```

    {
        Console.WriteLine("check your remoting configuration");
        return;
    }

```

现在，在远程对象中注册 `EventSink` 对象的处理程序方法。`StatusEvent` 是在服务器中定义的委托的名称。`StatusHandler()`方法的参数与在 `StatusEvent` 中定义的参数完全相同。

调用 `LongWorking()`方法时，服务器将在方法的开始和结尾处回调 `StatusHandler()`方法：

```

// register client sink in server - subscribe to event
obj.Status += sink.StatusHandle;
obj.LongWorking(5000);

```

因为现在不用再考虑接收来自服务器的事件，所以取消订阅事件。下一次调用 `LongWorking()`方法时，不接收事件：

```

// unsubscribe from event
obj.Status -= sink.StatusHandler;
obj.LongWorking(5000);
Console.WriteLine("press return to exit");
Console.ReadLine();
}
}
}

```

#### 54.11.7 客户端配置文件

客户端的配置文件 `client.exe.config` 与客户端激活的对象(这类对象前面介绍过)的配置文件几乎完全相同。唯一不同的是定义信道的端口号。由于服务器必须使用已知的端口才能到达客户端，因此必须把信道的端口号定义为 `<channel>` 元素的特性。因为客户端将使用 `new` 运算符在本地实例化 `EventSink` 类，所以不必为这个类定义 `<service>` 部分。服务器不是通过其名称访问该对象，而它接收对这个实例的编组引用：



```

<configuration>
  <system.runtime.remoting>
    <application name="Client">
      <client url="tcp://localhost:6791/CallbackSample">
        <activated type="Wrox.ProCSharp.Remoting.RemoteObject,
                    RemoteObject" />
      </client>
      <channels>
        <channel ref="tcp" port="0">
          <serverProviders>
            <provider ref="binary" typeFilterLevel="Full" />
          </serverProviders>
        </channel>
      </channels>
    </application>
  </system.runtime.remoting>
</configuration>

```

代码段 `RemotingAndEvents/RemoteClient/app.config`



### 54.11.8 运行程序

下面是服务器的最终输出。因为我们拥有客户端激活的对象，所以远程对象的构造函数被调用一次。接下来，开始调用 `LongWorking()` 方法，触发客户端的事件。之后，由于客户端已经注销其关心的事件，所以下一次启动 `LongWorking()` 方法不会触发事件。

```
press return to exit
RemoteObject constructor called
RemoteObject: LongWorking() Started
RemoteObject: Firing Starting Event
RemoteObject: Firing Ending Event
RemoteObject: LongWorking() Ending
RemoteObject: LongWorking() Started
RemoteObject: LongWorking() Ending
```

在客户端，可以看到跨网络触发的事件。

```
wait for server...

EventSink: Event occurred: Message for Client: LongWorking() Started
EventSink: Event occurred: Message for Client: LongWorking() Ending
```

## 54.12 调用上下文

客户端激活的对象能够保存某一具体客户端的状态。使用客户端激活的对象时，服务器需要为每个客户端分配资源。而使用服务器激活的 `SingleCall` 对象时，每个实例调用都会创建一个新的实例。由于单一调用对象不保存客户的状态，因此在服务器上不占用资源。在管理状态时，可以在客户端保存状态，对象的状态信息随每一次方法调用发送给服务器。要实现这样的状态管理，因为可以使用调用上下文自动完成，所以不必改变所有方法签名，使它包括附加参数，附加参数把状态传递给服务器。

调用上下文随逻辑线程一起流动，并和每一个方法调用一起传递。逻辑线程从主调线程开始，经过从主调线程中开始的所有方法调用，并且通过不同的上下文、不同的应用程序域和不同的进程。

使用 `CallContext.SetData()` 方法可以把数据赋予调用上下文。该对象可以用作 `SetData()` 方法的数据，但是这些对象所属的类必须实现 `ILogicalThreadAffinative` 接口。使用 `CallContext.GetData()` 方法也可以在同一逻辑线程(但有可能是不同的物理线程)中得到同样的数据。

使用 `CallContextData` 类为调用上下文的数据创建一个新的 C# 类库。`CallContextData` 类用于把一些数据随每一次方法调用从客户端传递给服务器。与调用上下文一起传递的类必须实现 `System.Runtime.Remoting.Messaging.ILogicalThreadAffinative` 接口。该接口没有方法，它只是运行库的一个标记，作用是指定 `CallContextData` 类的实例应该与逻辑线程一起流动。此外，`CallContextData` 类也必须使用 `Serializable` 特性标记，以便通过信道传输它：

```
using System;
using System.Runtime.Remoting.Messaging;
namespace Wrox.ProCSharp.Remoting
{
    [Serializable]
```

```

public class CallContextData : ILogicalThreadAffinative
{
    public CallContextData()
    {
    }
    public string Data { get; set; }
}
}

```

在 Hello 远程对象类中, 需要更改 Greeting() 方法, 以便访问调用上下文。为了使用 CallContextData 类, 必须引用前面在 CallContextData.dll 文件中创建的 CallContextData 程序集。此外, 为了使用 CallContext 类, 必须打开 System.Runtime.Remoting.Messaging 名称空间。cookie 变量保存从客户传递给服务器的数据。因为该上下文的工作方式类似于基于浏览器的 cookie, 客户端会自动把数据传递给 Web 服务器, 所以把该变量命名为 cookie:

```

public string Greeting(string name)
{
    Console.WriteLine("Greeting started");
    CallContextData cookie = (CallContextData)CallContext.GetData("mycookie");
    if (cookie != null)
    {
        Console.WriteLine("Cookie: " + cookie.Data);
    }
    Console.WriteLine("Greeting finished");
    return "Hello, " + name;
}

```

在客户端代码中, 调用 CallContext.SetData() 方法, 以设置调用上下文信息。在这个方法中, 指定要传递给服务器的 CallContextData 类的实例。现在, 每次在 for 循环中调用 Greeting() 方法时, 上下文数据都会自动传递给服务器:

```

CallContextData cookie = new CallContextData();
cookie.Data = "information for the server";
CallContext.SetData("mycookie", cookie);
for (int i=0; i < 5; i++)
{
    Console.WriteLine(obj.Greeting("Christian"));
}

```

调用上下文可以用于发送用户的信息、客户端系统的名称或者仅发送唯一标识符, 在服务器端, 使用唯一标识符可以从数据库中获取状态信息。

## 54.13 小结

在本章中我们看到, .NET Remoting 有助于跨网络调用方法。远程对象必须继承自 MarshalByRefObject。在服务器应用程序中, 要加载配置文件, 只需要一个方法, 就可以设置和运行信道和远程对象。在客户端中, 我们加载配置文件, 并使用 new 运算符实例化远程对象。

即使不使用配置文件, 也可以使用 .NET Remoting。在服务器上, 只需创建信道和注册远程对象;

而在客户端上，只需创建信道和使用远程对象。

此外，.NET Remoting 体系结构也非常灵活，并可以扩展。这项技术的所有部分，如信道、代理、格式化程序、消息接收器等都是可插入的，并可以用自定义实现方式替代。

使用 HTTP、TCP 和 IPC 信道可以跨网络通信，使用 SOAP 和二进制格式化程序可以在发送参数前对其进行格式化。

最后讨论了无状态和有状态的对象类型的用法，它们可以由知名对象和客户端激活的对象使用。而使用客户端激活的对象可以确定如何使用租约机制指定远程对象的生命周期。

我们还讨论了 .NET Remoting 可以与 .NET Framework 的其他部分有机集成，如调用异步方法、使用 `delegate` 和 `event` 关键字执行回调等。

# 第 55 章

## Web 服务和 ASP.NET

本章的内容如下:

- SOAP 和 WSDL 的语法
- 如何通过 Web 服务使用 SOAP 和 WSDL
- 提供和使用 Web 服务
- Web 服务的用法。
- 使用 SOAP 标题交换数据

Web 服务是利用 SOAP(Simple Object Access Protocol, 简单对象访问协议)在 HTTP 上执行远程方法调用的一种新方法。过去这个问题一直非常棘手, 因为使用过任何 DCOM(分布式 COM)的人们, 在实例化远程服务器上的对象、调用方法和获取结果时感到非常麻烦, 并且在进行必要的配置时, 需要具有很高的技巧。

SOAP 的出现使事情变得简单多了。SOAP 技术是一个基于 XML 的标准, 它详细描述了怎样在 HTTP 上以可重复的方式进行方法调用。远程 SOAP 服务器能够理解这些调用并执行所有困难的工作, 如实例化所需的对象、进行调用以及给客户端返回 SOAP 格式的响应等。

通过 .NET Framework, 可以非常容易地利用上述技术。与 ASP.NET 一样, 我们可以在服务器上使用完整的 C# 和 .NET 技术, 而且(也许是更重要的)可以从任何平台上通过 HTTP 访问服务器, 从而实现的 Web 服务的简单利用。换句话说, 例如, Linux 代码就可以使用 .NET Web 服务, 或者 Internet 启用的电冰箱。过去作者就曾经成功地把 ASP.NET Web 服务和 Macromedia Flash 组合在一起, 创建启用数据的 Flash 内容。

此外, 也可以使用 WSDL(Web Service Description Language, Web 服务描述语言)完整地描述 Web 服务, 还可以在运行期间动态地查找 Web 服务。WSDL 使用带有 XML 架构的 XML 提供对所有方法的描述(以及对调用方法所需类型的描述)。现在各式各样的类型可用于 Web 服务, 既有简单的基元类型, 又有完整的 DataSet 对象, 这样, 完全存储在内存中的数据库就可以被编组到客户端, 从而大大减少加数据库服务器上加载的数据量。



注意, 本章讨论的是 ASP.NET Web 服务, 而不是 WCF Web 服务, 后者是近期才添加到 .NET 中。ASP.NET Web 服务使用起来比较简单, 足以满足大多数需要, 而 Windows Communication Foundation(WCF) Web 服务包含 ASP.NET Web 服务的全部功能, 还添加了额外的功能。WCF 详解第 43 章。

## 55.1 SOAP

如前所述, SOAP 是一个与 Web 服务交换数据的方法。有关这项技术的书有很多, 尤其是微软公司决定在 .NET Framework 中采用这项技术之后, SOAP 方面的书就更多了。稍微考虑一下, 可以发现 SOAP 的工作原理和 HTTP 的工作原理比较相似, 这非常有趣, 但并不是必需的。大多数情况下, 我们不必考虑与 Web 服务进行交换时所采用的格式, 只要得到希望的结果就够了。

因此, 本节不深入探讨 SOAP 的技术细节, 而是给出一些简单的 SOAP 请求和响应, 以便您对 SOAP 有一个感性的认识。

假定要用下面的签名调用 Web 服务中的方法:

```
int DoSomething(string stringParam, int intParam)
```

这条语句必需的 SOAP 标题和主体如下所示, 最上面是 Web 服务的地址:

```
POST /SomeLocation/myWebService.asmx HTTP/1.1
Host: hostname
Content-Type: text/xml; charset=utf-8
Content-Length: length
SOAPAction: "http://tempuri.org/DoSomething"
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<soap:Envelope xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
    xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema"
    xmlns:soap="http://schemas.xmlsoap.org/soap/envelope/">
  <soap:Body>
    <DoSomething xmlns="http://tempuri.org/">
      <stringParam>string</stringParam>
      <intParam>int</intParam>
    </DoSomething>
  </soap:Body>
</soap:Envelope>
```

length 参数用于指定内容的总字节数, 它的大小随着 string 和 int 参数中发送的值而变化。Host 也是变化的, 它取决于 Web 服务的位置。

上面代码引用的 soap 名称空间定义用于构建消息的各种元素。通过 HTTP 发送上面的代码时, 实际发送的数据将有所不同(但是相关)。例如, 可以使用简单的 GET 方法调用上面的方法:

```
GET /SomeLocation/myWebService.asmx/DoSomething?stringParam= string & intParam= int
HTTP/1.1
Host: hostname
```

这个方法的 SOAP 响应如下:

```
HTTP/1.1 200 OK
Content-Type: text/xml; charset=utf-8
Content-Length: length
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<soap:Envelope xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
    xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema"
    xmlns:soap="http://schemas.xmlsoap.org/soap/envelope/">
```

```

<soap:Body>
  <DoSomethingResponse xmlns="http://tempuri.org/">
    <DoSomethingResult>int</DoSomethingResult>
  </DoSomethingResponse>
</soap:Body>
</soap:Envelope>

```

其中 `length` 参数的值根据 `int` 参数值的变化而改变。此外，通过 HTTP 的实际响应也比较简单，例如：

```

HTTP/1.1 200 OK
Content-Type: text/xml; charset=utf-8
Content-Length: length

<?xml version="1.0"?>
<int xmlns="http://tempuri.org/">int</int>

```

这是一种比较简单的 XML 格式。

如本节开始时所讨论的，有许多语法问题可以完全忽略。只有在需要考虑语法时，语法才会变得很重要。

## 55.2 WSDL

WSDL 可以完整地描述 Web 服务、可用的方法，以及调用这些方法的各种方式。此外，虽然过多地讨论 WSDL 的细节对我们并没有太多的好处，但对 WSDL 的总体理解却非常有用。

WSDL 是另一种与 XML 完全兼容的语法。WSDL 通过可用的方法、这些方法所使用的类型、通过各种协议(纯 SOAP、HTTP GET 等)发送给方法的请求消息和从方法中发送出的响应消息的格式，以及上面规范的各种绑定，指定 Web 服务。WSDL 由各种客户端读取，而不只是 .NET，还有本章前言提及的 Macromedia Flash。

WSDL 文件中最重要的部分或许是类型定义部分。这一部分使用 XML 架构描述数据交换的格式，数据交换的格式要通过可使用的 XML 元素和元素之间的关系定义。

例如，上一节中的示例所使用的 Web 服务方法：

```
int DoSomething(string stringParam, int intParam)
```

下面是为请求所做的类型声明：

```

<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<definitions xmlns:http="http://schemas.xmlsoap.org/wsdl/http/"
  xmlns:soap="http://schemas.xmlsoap.org/wsdl/soap/"
  xmlns:s="http://www.w3.org/2001/XMLSchema"
  xmlns:wsdl="http://schemas.xmlsoap.org/wsdl"
  ...other namespaces...>
  <wsdl:types>
    <s:schema elementFormDefault="qualified"
      targetNamespace="http://tempuri.org/">
      <s:element name="DoSomething">
        <s:complexType>

```

```

    <s:sequence>
      <s:element minOccurs="0" maxOccurs="1" name="stringParam"
        type="s:string" />
      <s:element minOccurs="1" maxOccurs="1" name="intParam"
        type="s:int" />
    </s:sequence>
  </s:complexType>
</s:element>
<s:element name="DoSomethingResponse">
  <s:complexType>
    <s:sequence>
      <s:element minOccurs="1" maxOccurs="1" name="DoSomethingResult"
        type="s:int" />
    </s:sequence>
  </s:complexType>
</s:element>
</s:schema>
</wsdl:types>
...other definitions...
</definitions>

```

这些类型都是以前我们看到的 SOAP 和 HTTP 请求及响应所必需的，并且这些类型被绑定在文件中的后期操作上。所有这些类型都使用标准的 XML 架构语法指定，例如：

```

<s:element name="DoSomethingResponse">
  <s:complexType>
    <s:sequence>
      <s:element minOccurs="1" maxOccurs="1" name="DoSomethingResult"
        type="s:int" />
    </s:sequence>
  </s:complexType>
</s:element>

```

这个示例指定一个 DoSomethingResponse 元素，该元素包含一个子元素 DoSomething Result，这个子元素包含了一个整数。这个整数必须出现 1 次，即它必须包含在内。

如果可以访问 Web 服务的 WSDL，就可以使用 WSDL。不久我们可以看到，对 WSDL 的使用并不困难。

上面对 SOAP 和 WSDL 进行简短的讨论，接下来讨论如何创建和使用 Web 服务。

## 55.3 Web 服务

Web 服务的讨论分为两个方面：

- 创建 Web 服务，这一部分主要讨论如何编写 Web 服务和如何把它们放在 Web 服务器上。
- 使用 Web 服务，这一部分主要讨论如何在客户端应用程序中使用 Web 服务。

### 55.3.1 提供 Web 服务

把代码直接放到 .asmx 文件中或者从这些文件中引用 Web 服务类，都可以提供 Web 服务。如同 ASP.NET 页面一样，在 Visual Studio .NET 中创建 Web 服务也使用后一种方法，目的是把问题讲述

得更清楚一些。

如图 55-1 所示, 使用 File | New | Web Site 命令在 C:\ProCSharp\Chapter55 目录下创建一个 Web 服务项目 PCSWebService1, 此时系统会生成一组类似的文件, 它们与创建 Web 应用程序项目时所生成的一组文件相似, 其位置选项也相同。实际上, 唯一的区别就是创建 Web 应用程序时生成的文件是 Default.aspx, 而创建 Web 服务项目时生成的文件是 Service.aspx, 其代码隐藏是 App\_Code/ Service.cs。

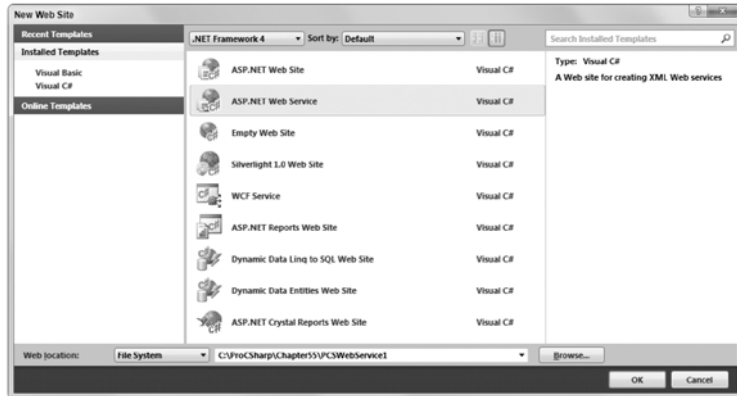


图 55-1

Service.aspx 中的代码如下所示:

```
<%@ WebService Language="C#" CodeBehind="~/App_Code/Service.cs" Class="Service" %>
```

它引用代码文件/App\_Code/ Service.cs。下面的程序清单是生成的代码:



```
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.Linq;
using System.Web;
using System.Web.Services;

[WebService(Namespace = "http://tempuri.org/")]
[WebServiceBinding(ConformsTo = WsiProfiles.BasicProfile1_1)]
// To allow this Web Service to be called from script, using ASP.NET AJAX,
// uncomment the following line.
// [System.Web.Script.Services.ScriptService]
public class Service : System.Web.Services.WebService
{
    public Service()
    {
        //Uncomment the following line if using designed components
        //InitializeComponent();
    }

    [WebMethod]
    public string HelloWorld()
    {
        return "Hello World";
    }
}
```

代码段 PCSWebService1\App\_Code\Service.cs



这段代码包含几个标准名称空间引用，并定义 Web 服务类 Service(它在 Service.asmx 中引用)，Service 类继承自 System.Web.Services.WebService。WebService 属性指定 Web 服务的名称空间，它允许客户端应用程序区分不同 Web 服务中同名的 Web 服务方法。WebServiceBinding 属性与 Web 服务的交互操作性相关，如 WS-I Basic Profile 1.1 规范中的定义所示。简言之，这个属性可以声明，Web 服务为一个或多个 Web 方法支持标准的 WSDL 描述，或者像这个示例一样，指定一组新的 WSDL 定义。其中还有一个注释掉的 ScriptService 属性，如果取消注释，就可以使用 ASP.NET AJAX 脚本调用 Web 方法。现在可以在这个 Web 服务类上提供其他方法。

在添加可以通过 Web 服务访问的方法时，只需要把方法定义为 public，并给方法提供 WebMethod 属性。这个属性仅把方法标记为可通过 Web 服务访问。稍后将会学习返回类型和参数使用的类型，现在用下面的方法替换自动生成的 HelloWorld()方法。

```
[WebMethod]
public string CanWeFixIt()
{
    return "Yes we can!";
}
```

现在编译该项目。

要检查是否一切正常工作，可用 Ctrl+F5 组合键运行应用程序，就会进入 Web 服务的测试页面，如图 55-2 所示。

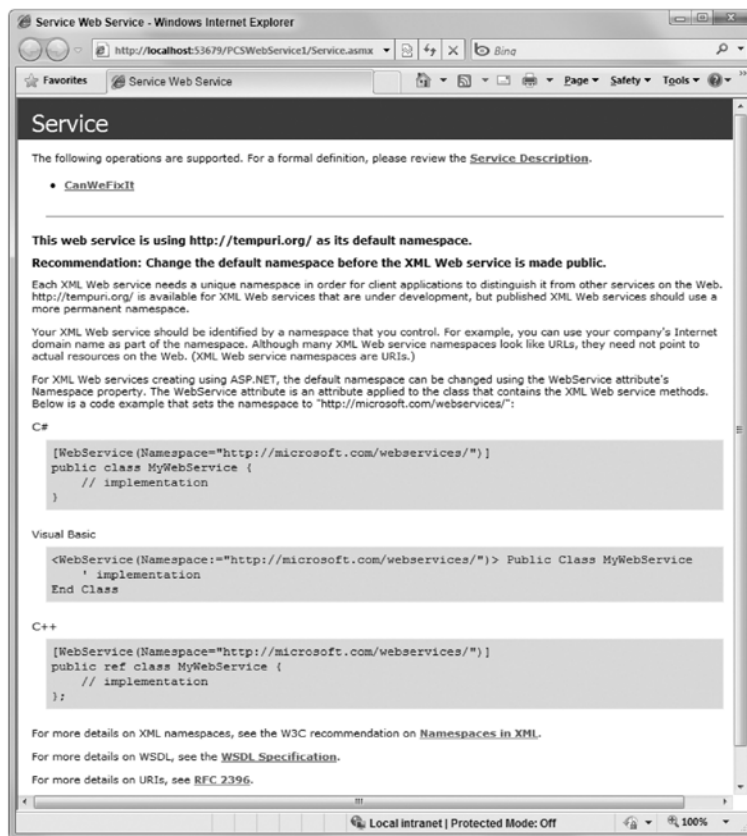


图 55-2



注意, 这个测试页面默认仅可用于本地计算机的调用者, 即使 Web 服务驻留在 IIS(Internet Information Services, Internet 信息服务)中, 也是如此。

在浏览器中显示的大多数文本都说明把 Web 服务的名称空间设置为 `http://tempuri.org/`。这在开发过程中不是问题, 尽管以后应修改它(如 Web 页面中的文本所示)。为此可以使用 `WebService` 属性, 但目前可以不修改它。

单击方法名称, 可以得到 SOAP 请求和响应的信息, 此外, 还可以得到一个示例, 说明了如何通过 HTTP GET 和 HTTP POST 方法获得请求和响应。另外, 也可以单击 `Invoke` 按钮, 对方法进行测试。如果方法需要简单的参数, 那么在这个窗体中也可以输入这些参数(如果方法需要较复杂的参数, 这个窗体就不允许以这种方式测试方法)。这样, 就可以看到方法调用所返回的 XML:

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<string xmlns="http://tempuri.org/"> Yes we can! </string>
```

这说明方法运行良好。

单击图 55-2 的浏览器屏幕上的 `Service Description` 链接, 可以查看 Web 服务的 WSDL 描述。其中最重要的部分是关于请求和响应的元素类型的描述:

```
<wsdl:types>
  <s:schema elementFormDefault="qualified" targetNamespace="http://tempuri.org/">
    <s:element name="CanWeFixIt">
      <s:complexType />
    </s:element>
    <s:element name="CanWeFixItResponse">
      <s:complexType>
        <s:sequence>
          <s:element minOccurs="0" maxOccurs="1" name="CanWeFixItResult"
            type="s:string" />
        </s:sequence>
      </s:complexType>
    </s:element>
  </s:schema>
</wsdl:types>
```

该描述文件比较长, 除了包含服务的各种绑定之外, 还可以包含请求和响应所需类型的描述。

### 1. 对于 Web 服务可用的类型

Web 服务可以用于交换表 55-1 中所示的类型。

表 55-1

String	Char	Byte
Boolean	Int16	Int32
Int64	UInt16	UInt32
UInt64	Single	Double

(续表)

Guid	Decimal	DateTime
XmlQualifiedName	class	struct
XmlNode	DataSet	enum

以上所有类型的数组都可以使用，因为它们都是泛型集合类型，如 `List<string>`。还要注意，只能编组 `class` 和 `struct` 类型的公共属性和字段。

### 55.3.2 使用 Web 服务

既然明白了如何创建 Web 服务，接下来就讨论如何使用它们。为此需要在代码中生成一个知道如何与给定 Web 服务进行通信的代理类。这样，代码中对 Web 服务进行的任何调用都要通过这个代理类，从表面看，这个代理类就等同于 Web 服务，代码也会认为我们有了 Web 服务的本地副本。而实际的情况是有许多 HTTP 通信工作在进行，只是对我们屏蔽了其中的细节。有两种方式可以完成这项任务：第一，可以使用 `WSDL.exe` 命令行工具；第二，可以使用 Visual Studio .NET 中的 `Add Web Reference` 菜单选项。

从命令行中使用 `WSDL.exe` 时，它会根据 Web 服务的 WSDL 描述生成一个包含代理类的 `.cs` 文件。使用 Web 服务的 URL 来指定该文件，例如：

```
WSDL http://localhost:53679/PCSWebService1/Service.asmx?WSDL
```



注意，这里和随后的例子使用默认的文件系统驻留 Web 应用程序。为了使上面的 URL 起作用，Web 服务的 Visual Web Developer Web Server 必须正在运行。这仍不能保证 Web 服务的端口号(在这里是 61968)仍相同。这适合于演示，因为一般我们希望 Web 服务驻留在固定的 Web 服务器(如 IIS)上，否则就必须继续重新生成代理类。确保 Web 服务可用于测试的一种方式是在一个解决方案中包含多个 Web 站点。

这样就会在 `Service.cs` 文件中为上一节中的示例生成一个代理类。这个代理类将以 Web 服务命名，在这个示例中就是 `Service`，该代理类包含一些方法，那些方法将可以调用与服务同名的方法。在使用这个类时，只需把所生成的 `.cs` 文件添加到项目中，并在代码中使用下面的代码行：

```
Service myService = new Service();
string result = myService.CanWeFixIt();
```

默认情况下，生成的类将放在根名称空间中，因此不需要使用 `using` 语句，但是，可以使用 `WSDL.exe` 命令行选项 `/n:<namespace>` 指定一个不同的名称空间。

虽然这项技术非常有效，但是，如果服务正处于开发或处于连续更改中，就比较麻烦。当然，为了在每次编译之前自动更新所生成的代理，这项技术可以用项目的构建选项执行，但是我们有更好的方法。

在一个新的空白网站 `PCSWebClient1` 中，为上一节中的示例创建客户端(在 `C:\ProCSharp\Chapter55`

目录下), 阐明这个更好的方法。现在创建这个项目, 添加 Default.aspx 页面, 并在 Default.aspx 页面中添加下面的代码:



```
<form id="form1" runat="server">
  <div>
    <asp:Label Runat="server" ID="resultLabel" />
    <br />
    <asp:Button Runat="server" ID="triggerButton" Text="Invoke CanWeFixIt()" />
  </div>
</form>
```

代码段 PCSWebClient\Default.aspx

接下来将把单击按钮事件处理程序绑定到 Web 服务。首先需要在项目中添加对 Web 服务的引用。其方法是: 右击 Solution Explorer 窗口中的新客户端项目, 选择 Add Web Reference 选项。然后, 在出现的窗口中输入 Web 服务文件 Service1.asmx 的 URL, 或者使用本地计算机链接中的 Web 服务, 自动查找它, 如图 55-3 所示。

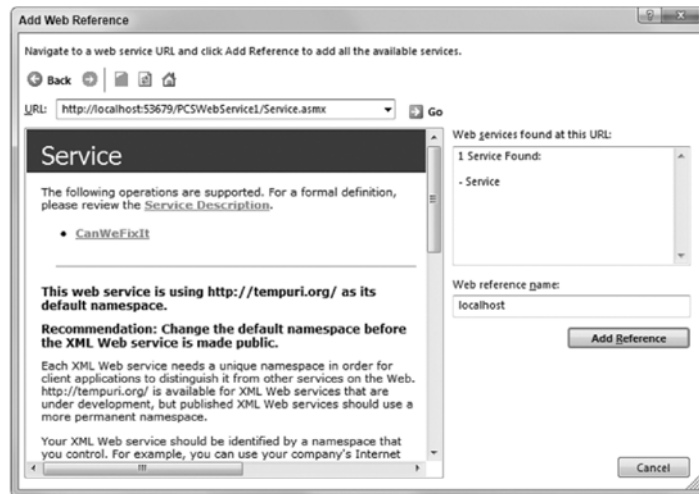


图 55-3

接着, 可以使用 Add Reference 按钮添加引用。但应先把 Web 引用的默认内容从 localhost 改为 myWebService。现在单击 Add Reference 按钮, 在 Solution Explorer 窗口中把 myWebService 添加到该项目的 App-WebReferences 文件夹中。如果在 Solution Explorer 窗口中查看这个文件夹时, 就可以看到 Service.disco、Service.discomap 和 Service1.wsdl 文件已添加到项目中。

Web 引用名(myWebService)也是使用代理类需要引用的名称空间。在 Default.aspx.cs 的代码中添加下面的 using 语句:

```
using myWebService;
```

现在就可以在类中使用服务, 而不必完全限定它的名称。

在设计视图中双击该按钮, 添加下面的代码, 把事件处理程序添加到窗体上的按钮中:

```
protected void triggerButton_Click(object sender, EventArgs e)
{
```

```

    Service myService = new Service();
    resultLabel.Text = myService.CanWeFixIt();
}

```

运行应用程序并且单击该按钮，浏览器窗口将显示 CanWeFixIt()方法的执行结果。



如果使用 ASPNET Development Server(即 Web 应用程序驻留在本地文件系统上，而没有驻留在 IIS 上)，就会产生 401:Unauthorized 错误。这是因为，默认情况下，这个服务器配置为需要 NTLM 身份验证。为了修正这个错误，可以在 PCSWebService1 的属性页面的 Start Options 页面上取消选择 NTLM Authentication 复选框，或者在调用 Web 服务方法时传递默认的证书。后一种方式需要以下代码：

```
myService.Credentials = System.Net.CredentialCache.DefaultCredentials;
```

以后这个 Web 服务也许会更改，但是，使用这个方法，可以只右击 Server Explorer 窗口中的 App\_WebReference 文件夹，并选择 Update Web/Service Reference 命令，生成一个新的代理类，以供使用。

另外，Web 服务以后可能在部署它时会移动。如果查看客户端应用程序的 web.config 中，就会看到如下代码：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

<appSettings>
  <add key="myWebService.Service"
    value="http://localhost:53679/PCSWebService1/Service.asmx"/>
</appSettings>

```

代码段 PCSWebClient1\web.config

由于这个设置配置把 Web 请求发送到什么地方，因此必须确保它匹配 Web 服务的位置，或者使用其他方式记录这个信息。

## 55.4 扩充事件登记示例

既然我们已经对 Web 服务的创建和使用有了一定的了解，接下来要应用这些知识扩充第 40 章中的会议室登记应用程序。具体来说，就是从应用程序中提取数据库访问方面的内容，把它们放到一个 Web 服务中。这个 Web 服务有两个方法：

- GetData(), 它返回一个 DataSet 对象，DataSet 对象包含 PCSDemoSite 数据库中的 3 个表。
- AddEvent(), 因为它添加一个事件，返回受影响的行数，所以客户端应用程序可以检查数据是否发生变化。

此外，使用能够减少加载量的技术设计 Web 服务。具体来说，就是把包含会议室登记数据的 DataSet 对象存储在 Web 服务应用程序中的应用层上。这意味着对数据的多个请求将不需要进行额外的数据库请求工作。这样，只有在数据库中添加新的数据时，才会刷新应用层 DataSet 中的数据。通过其他方式对数据库的更改(如手动编辑)就不会反映在 DataSet 对象中。而且，只有知道 Web 服务是唯一可以直接访问数据的应用程序，这样我们就没有什么可担心的。

### 55.4.1 事件登记 Web 服务

在 Visual Studio 中, 在 C:\ProCSharp\Chapter55 目录下创建一个名为 PCSWebService2 的新 Web 服务项目。首先, 把第 41 章代码的 PCSDemoSite 中的数据库文件(MeetingRoomBooker.mdf)复制到 Web 服务的 App\_Data 目录下。接着, 需要给项目添加 Global.asax 文件, 然后在它的 Application\_Start() 处理程序中更改代码。把 MeetingRoomBooker 数据库中的所有数据都加载到数据集中并存储它。其中涉及的大部分代码前面已讨论过, 因为前面已经把数据库加载到 DataSet 中。如本章前面所示, 也可以使用存储在 web.config 文件中的连接字符串。web.config 文件的代码如下所示(连接字符串应放在单独一行上):



```
<?xml version="1.0" ?>
<configuration>
  ...
  <connectionStrings>
    <add name="MRBConnectionString"
        connectionString="Data Source=.\SQLExpress;Integrated
        Security=True;AttachDBFilename=|DataDirectory|MeetingRoomBooker.mdf;
        User Instance=True"
        providerName="System.Data.SqlClient"/>
  </connectionStrings>
</configuration>
```

代码段 PCSWebService2\web.config

在 Global.asax 文件的 Application\_Start() 处理程序中, 添加如下代码:



```
void Application_Start(Object sender, EventArgs e)
{
  System.Data.DataSet ds;
  System.Data.SqlClient.SqlConnection sqlConnection1;
  System.Data.SqlClient.SqlDataAdapter daAttendees;
  System.Data.SqlClient.SqlDataAdapter daRooms;
  System.Data.SqlClient.SqlDataAdapter daEvents;

  using (sqlConnection1 = new System.Data.SqlClient.SqlConnection())
  {
    sqlConnection1.ConnectionString =
      ConfigurationManager.ConnectionStrings["MRBConnectionString"]
        .ConnectionString;

    sqlConnection1.Open();

    ds = new System.Data.DataSet();
    daAttendees = new System.Data.SqlClient.SqlDataAdapter(
      "SELECT * FROM Attendees", sqlConnection1);
    daRooms = new System.Data.SqlClient.SqlDataAdapter(
      "SELECT * FROM Rooms", sqlConnection1);
    daEvents = new System.Data.SqlClient.SqlDataAdapter(
      "SELECT * FROM Events", sqlConnection1);

    daAttendees.Fill(ds, "Attendees");
    daRooms.Fill(ds, "Rooms");
    daEvents.Fill(ds, "Events");
  }
}
```

```

        Application["ds"] = ds;
    }

```

代码段 PCSWebService2\Global.asax

这里需要注意的最重要的代码在最后一行中。通常, `Application`(类似 `Session`)对象都有一个名/值对的集合, 可以在该集合中存储数据。这里在 `Application` 存储器中创建一个名称(`ds`), 它从数据库中提取 `ds` 的序列化值, 其中 `ds` 包含 `Attendees`、`Rooms` 和 `Events` 表。这样, `Web` 服务对象的所有实例在任何时间都可以访问这些值。

这项技术非常适合用于只读数据, 因为多个线程可以访问它, 减少了在数据库上的负载。但要注意, 由于 `Events` 表有可能发生变化, 因此在 `Events` 表发生变化时, 必须更新应用层的 `DataSet` 类。稍后会介绍这一内容。

接下来用一个新的服务(`MRBService`)替换默认的 `Service` 服务。为此, 删除已有的 `Service.asmx` 和 `Service.cs` 文件, 在项目中添加一个新的 `Web` 服务, 命名为 `MRBService`(确保选择把代码放在一个单独的文件中)。接着把 `GetData()`方法添加到 `MRBService.cs` 的服务中:



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

[WebMethod]
public DataSet GetData()
{
    return (DataSet)Application["ds"];
}

```

代码段 PCSWebService2\App\_Code\MRBService.cs

上面代码使用与 `Application_Load()`方法相同的语法访问存储的 `dataset`, 这样, 就可以仅将数据强制转换为正确的类型, 并返回。

注意, 为了使上述代码正常工作, 并便于以后添加的其他 `Web` 方法正常工作, 可以添加下面的 `using` 语句:

```

using System;
using System.Collections.Generic;
using System.Configuration;
using System.Data;
using System.Linq;
using System.Web;
using System.Web.Services;

```

`AddEvent()`方法稍微有点复杂。从概念上讲, 需要做下面的事情:

- 接受来自客户端的事件数据
- 使用这些数据创建 `SQL INSERT` 命令
- 连接到数据库并且执行 `SQL` 语句
- 如果添加成功, 就需要刷新 `Application["ds"]`中的数据
- 把成功或失败的通知返回给客户端(如果有必要, 客户端就会刷新它的 `DataSet`)

从现在开始, 就要接受正确数据类型的所有字段:

```

[WebMethod]
public int AddEvent(string eventName, int eventRoom,
                   string eventAttendees, DateTime eventDate)
{

```

```

    ...
}

```

下面声明数据库访问需要的对象，连接到数据库并执行查询，完成这些工作使用的所有代码与 PCSDemoSite 中的代码相似(记住，这里也需要连接字符串，从 web.config 中提取它)：

```

[WebMethod]
public int AddEvent(string eventName, int eventRoom,
                   string eventAttendees, DateTime eventDate)
{
    System.Data.SqlClient.SqlConnection sqlConnection1;
    System.Data.SqlClient.SqlDataAdapter daEvents;
    DataSet ds;

    using (sqlConnection1 = new System.Data.SqlClient.SqlConnection())
    {
        sqlConnection1.ConnectionString =
            ConfigurationManager.ConnectionStrings["MRBConnectionString"]
                .ConnectionString;

        System.Data.SqlClient.SqlCommand insertCommand =
            new System.Data.SqlClient.SqlCommand(
                "INSERT INTO [Events] (Name, Room,"
                + "AttendeeList, EventDate) VALUES (@Name, @Room, @AttendeeList,"
                + "@EventDate)", sqlConnection1);
        insertCommand.Parameters.Add("Name", SqlDbType.VarChar, 255).Value
            = eventName;
        insertCommand.Parameters.Add("Room", SqlDbType.Int, 4).Value
            = eventRoom;
        insertCommand.Parameters.Add("AttendeeList", SqlDbType.Text, 16).Value
            = eventAttendees;
        insertCommand.Parameters.Add("EventDate", SqlDbType.DateTime, 8).Value
            = eventDate;

        sqlConnection1.Open();
        int queryResult = insertCommand.ExecuteNonQuery();
    }
}

```

同前，使用 queryResult 存储受查询影响的行数。如果 queryResult 的结果是 1，则说明查询成功，然后就可以对数据库进行新的查询，以便刷新 DataSet 中的 Events 表。在执行更新时，必须锁定应用程序数据，确保在更新过程中其他线程不可以访问 Application["ds"]。使用 Application 对象的 Lock() 和 Unlock() 方法，可以实现对数据的锁定和解锁：

```

[WebMethod]
public int AddEvent(string eventName, int eventRoom,
                   string eventAttendees, DateTime eventDate)
{
    ...
    int queryResult = insertCommand.ExecuteNonQuery();
    if (queryResult == 1)
    {
        daEvents = new System.Data.SqlClient.SqlDataAdapter(
            "SELECT * FROM Events", sqlConnection1);
    }
}

```



```

        ds = (DataSet)Application["ds"];
        ds.Tables["Events"].Clear();
        daEvents.Fill(ds, "Events");
        Application.Lock();
        Application["ds"] = ds;
        Application.Unlock();
    }
}
}

```

最后，返回 `queryResult`，以便让客户端知道查询是否成功：

```

[WebMethod]
public int AddEvent(string eventName, int eventRoom,
                  string eventAttendees, DateTime eventDate)
{
    ...
    return queryResult;
}

```

至此，就完成了 Web 服务。同前，在 Web 浏览器中查看 `.asmx` 文件，可以测试 Web 服务，这样，不用编写任何客户端代码，就可以添加记录，并查看 `GetData()` 方法返回的 `DataSet` 的 XML 表示。

在继续之前，需要讨论 `DataSet` 对象和 Web 服务的组合使用。初看起来这似乎是交换数据的一种荒谬方式，而实际上这是一种极其有用的技术。然而，`DataSet` 类的用途非常广泛，该事实有隐含意义。如果查看为 `GetData()` 方法生成的 WSDL，就会看到如下代码：

```

<s:element name="GetDataResponse">
  <s:complexType>
    <s:sequence>
      <s:element minOccurs="0" maxOccurs="1" name="GetDataResult">
        <s:complexType>
          <s:sequence>
            <s:element ref="s:schema" />
            <s:any />
          </s:sequence>
        </s:complexType>
      </s:element>
    </s:sequence>
  </s:complexType>
</s:element>

```

可以看出，这是非常通用的代码，允许传递的 `DataSet` 对象包含用内联架构指定的任何数据。但是，这表示 WSDL 没有完整地描述 Web 服务。对于 .NET 客户端这不是个问题，在前面的示例中传递简单的字符串时，一切都很正常，唯一的区别是我们交换了一个 `DataSet` 对象。但是，非 .NET 客户端必须提前了解要传递的数据，或者某个等价的 `DataSet` 类，才能访问数据。这包括脚本客户端，例如，使用客户端 ASP.NET AJAX 代码处理已检索数据的客户端。

这个问题的解决方法是把数据重新打包为另一种格式，如结构数组。如果这么做，就可以以任意方式定制生成的 XML，XML 可以由 Web 服务的架构完整地描述。这还可以影响性能，因为传递 `DataSet` 对象会生成大量 XML，在大多数情况下远远超过了需要的 XML。重新打包数据导致的系统开销比在 Web 上发送数据的系统开销少得多，而且数据较少，序列化和反序列化也较快。所以如果

性能比较重要，就应避免以这种方式使用 DataSet 对象，除非要使用 DataSet 对象提供的其他功能。

但是，这里使用 DataSet 对象不成问题，而且还可以大大简化其他代码。

#### 55.4.2 事件登记客户端

本节使用的客户端是第 41 章开发的 PCSDemoSite 网站。下面把这个应用程序命名为 PCSDemoSite2，放在 C:\ProCSharp\Chapter55 目录下，并且使用 PCSDemoSite 中的代码作为起点。

对项目主要进行两个主要的修改：第一，从应用程序中删除对数据库直接访问的所有内容，并使用 Web 服务代替；第二，引入一个从 Web 服务返回的 DataSet 的应用层存储器，并且只有在必要时才对 DataSet 进行更新，这将大大降低数据库上的负载。

对于新的 Web 应用程序，首先需要添加对 PCSWebService2/MRBService.asmx 服务的 Web 引用。添加的方法在本章前面部分中已经讨论过，即在 Server Explorer 窗口中右击项目，定位 .asmx 文件，调用 Web 引用 MRBService，单击 Add Reference 按钮。在此之前，可能还需要在浏览器中查看 Web 服务的 .asmx 文件，以启动 ASP.NET Development Server。因为我们不再使用本地数据库，所以还可以从 App\_Data 目录中删除它，从 web.config 中删除 MRBConnectionString 项。其余修改操作都在 MRB.ascx 和 MRB.ascx.cs 中进行。

开始时，删除 MRB.ascx 上的所有数据源，并删除当前所有数据绑定控件上的 DataSourceID 项。这是因为我们要在代码隐藏文件中处理数据绑定。



注意，在修改或删除 Web 服务器控件的 DataSourceID 属性时，需要确认是否要删除已定义的模板，因为不能保证控件使用的数据对于这些模板仍旧有效。因为这里要使用相同的数据，只是从另一个数据源中提取，所以应保留模板。如果确定删除了模板，最终的 HTML 布局就会变成默认布局，它看起来不漂亮，于是必须从头添加它们或重写它们。

接着，需要给 MRB.ascx.cs 添加一个属性，用于存储 Web 服务返回的 DataSet。这个属性使用 Application 状态存储器，其方式与 Web 服务中的 Global.asax 相同。代码如下：



```
public DataSet MRBData
{
    get
    {
        if (Application["mrbData"] == null)
        {
            Application.Lock();
            MRBService.MRBService service = new MRBService.MRBService();
            service.Credentials = System.Net.CredentialCache.DefaultCredentials;
            Application["mrbData"] = service.GetData();
            Application.Unlock();
        }
        return Application["mrbData"] as DataSet;
    }
    set
    {
        Application.Lock();
```

```
        if (value == null && Application["mrbData"] != null)
        {
            Application.Remove("mrbData");
        }
        else
        {
            Application["mrbData"] = value;
        }
        Application.UnLock();
    }
}
```

---

代码段 PCSDemoSite2\MRB\MRB.ascx.cs

---

注意需要锁定和解锁 `Application` 状态，这与 Web 服务中相同。另外，注意只有在需要时才填充 `Application["mrbData"]` 存储器，即在它为空时填充它。这个 `DataSet` 对象现在可用于 `PCSDemoSite2` 的所有实例，也就是说多个用户可以读取数据，而无需调用 Web 服务或访问数据库。这里还设置了证书，如前所述，在使用 ASP.NET Development Server 中的 Web 服务时需要证书。如果不需要它，就可以注释掉这行代码。

要绑定 Web 页面上的控件，可以提供 `DataView` 属性，它映射到存储在这个属性中的数据，如下所示：

```
private DataView EventData
{
    get
    {
        return MRBData.Tables["Events"].DefaultView;
    }
}

private DataView RoomData
{
    get
    {
        return MRBData.Tables["Rooms"].DefaultView;
    }
}

private DataView AttendeeData
{
    get
    {
        return MRBData.Tables["Attendees"].DefaultView;
    }
}

private DataView EventDetailData
{
    get
    {
        if (EventList != null && EventList.SelectedValue != null)
        {
            return new DataView(MRBData.Tables["Events"], "ID=" +
                EventList.SelectedValue.ToString(), "",
```

```

        DataRowState.CurrentRows);
    }
    else
    {
        return null;
    }
}
}

```

还可以删除已有的 `eventData` 字段和 `EventData` 属性。

大多数属性都很简单，只有最后一个属性有点新意。在本例中，要筛选 `Events` 表中的数据，只获得一个事件，用于在细节视图 `FormView` 控件中显示。

既然没有使用数据源控件，就必须自己绑定数据。为此，可调用页面的 `DataBind()` 方法，但仍需要为页面上的各种数据绑定控件设置数据源 `DataSource` 属性。一种较好的方式是在 `OnDataBinding()` 事件处理程序的重写版本中设置它，如下所示：

```

protected override void OnDataBinding(EventArgs e)
{
    roomList.DataSource = RoomData;
    attendeeList.DataSource = AttendeeData;
    EventList.DataSource = EventData;
    FormView1.DataSource = EventDetailData;
    base.OnDataBinding(e);
}

```

这里把 `roomList`、`attendeeList`、`EventList` 和 `FormView1` 的 `DataSource` 属性设置为前面定义的属性。接着给 `Page_Load()` 方法添加 `DataBind()` 调用：

```

void Page_Load(object sender, EventArgs e)
{
    if (!this.IsPostBack)
    {
        nameBox.Text = Context.User.Identity.Name;
        DateTime trialDate = DateTime.Now;
        calendar.SelectedDate = GetFreeDate(trialDate);
        DataBind();
    }
}

```

此外，还需要更改 `submitButton_Click()` 方法，以使用 Web 服务的 `AddData()` 方法。同样，其中的大部分代码保持不变，只有数据添加代码需要更改：

```

void submitButton_Click(object sender, EventArgs e)
{
    if (Page.IsValid)
    {
        ...
        try
        {
            MRBService.MRBService service = new MRBService.MRBService();
            if (service.AddEvent(eventBox.Text, int.Parse(roomList.SelectedValue),
                attendees, calendar.SelectedDate) == 1)

```

```

        {
            MRBData = null;
            DataBind();
            calendar.SelectedDate =
                GetFreeDate(calendar.SelectedDate.AddDays(1));
        }
    }
    catch
    {
    }
}
}

```

事实上，这里所做的工作是为了简化事情，因此，当使用设计良好的 Web 服务时，通常可以忽略许多内部工作机制，而应更关注用户体验。

这段代码没有很多注释。继续使用 `queryResult` 很有帮助，锁定应用程序也是必需的，这些内容在前面曾经提到过。

最后要修改的地方有两处，一处是 `EventList_SelectedIndexChanged()` 方法：

```

protected void EventList_SelectedIndexChanged(object sender, EventArgs e)
{
    FormView1.DataSource = EventDetailData;
    EventList.DataSource = EventData;
    EventList.DataBind();
    FormView1.DataBind();
}

```

这就确保事件列表的数据源和细节视图正确地刷新。

还需要添加 `EventList_SelectedIndexChanging()` 处理程序，它必须关联到 `EventList` 控件的 `SelectedIndexChanging` 事件上：

```

protected void EventList_SelectedIndexChanging(object sender,
    ListViewSelectEventArgs e)
{
    EventList.SelectedIndex = e.NewSelectedIndex;
}

```

不添加这个处理程序，代码就会失败，因为我们进行的修改需要这个事件的处理程序。

虽然 `PCSDemoSite2` 网站从外表和功能上来看与 `PCSDemoSite` 非常相似，但是 `PCSDemoSite2` 执行起来会更好一些。很容易把同一 Web 服务用到其他应用程序中，例如，如果添加更多方法，就可以在页面上显示事件，甚至可以编辑事件、与会者姓名和房间等。这样做并不会破坏 `PCSDemoSite2`，它仅忽略任何新创建的方法。但必须引入新的触发机制，以更新缓存在事件列表中的数据，因为在其他地方修改这些数据会使数据过时。

## 55.5 使用 SOAP 标题交换数据

本章要讨论的最后一个主题是使用 SOAP 标题交换信息，而不包括方法参数中的信息。讨论这个主题的原因是：这是一个用于维护用户登录的非常好的系统。我们将不详细论述如何设置服务器，

用于 SSL 连接，也不讨论可以使用 IIS 配置的各种身份验证方法，因为这些都不影响交换信息所需的 Web 服务代码。

假定有一个服务包含一个简单的身份验证方法，其签名如下所示：

```
AuthenticationToken AuthenticateUser(string userName, string password);
```

其中 `AuthenticationToken` 是我们定义的一个类型，它可以在后续方法调用中由用户使用，例如：

```
void DoSomething(AuthenticationToken token, OtherParamType param);
```

一旦用户登录，他就可以使用从 `AuthenticateUser()` 方法中接收到的令牌(token)访问其他方法。尽管常常用较复杂的方式实现它，但这种技术是典型的安全 Web 系统。

使用 SOAP 标题交换标识(或任何其他数据)可以进一步简化这个过程。由于可以对方法进行限制，因此只有在方法调用中包含指定的 SOAP 标题，才调用它们。这就简化了它们的结构，如下所示：

```
void DoSomething(OtherParamType param);
```

其优点是，一旦在客户端上设置了标题，它就一直存在。在设置初始位后，就可以在后续的所有 Web 方法调用中忽略身份验证标识。

为了查看这个过程，在 `C:\ProCSharp\Chapter55` 目录下创建一个新的 Web 服务项目，命名为 `PCSWebService3`，在 `App_Code` 目录下添加一个新类 `AuthenticationToken`：



```
using System;
using System.Web.Services.Protocols;

public class AuthenticationToken : SoapHeader
{
    public Guid InnerToken;
}
```

代码段 PCSWebService3\App\_Code\AuthenticationToken.cs

通常使用 GUID 来标识该令牌，因为这样可以确保它是唯一的。

要声明 Web 服务可以有一个自定义 SOAP 标题，只需给服务类添加一个新类型的公共成员：



```
public class Service : System.Web.Services.WebService
{
    public AuthenticationToken AuthenticationTokenHeader;
```

代码段 PCSWebService3\App\_Code\Service.cs

还需要使用 `System.Web.Services.Protocols.SoapHeaderAttribute` 属性，标记那些需要额外 SOAP 标题才能正常工作的 Web 方法。在添加这样的方法前，应先添加一个非常简单的 `Login()` 方法，客户端可以使用该方法获得身份验证令牌：

```
[WebMethod(true)]
public Guid Login(string userName, string password)
{
    if ((userName == "Karli") && (password == "Cheese"))
    {
        Guid currentUser = Guid.NewGuid();
        Session["currentUser"] = currentUser;
```

```

        return currentUser;
    }
    else
    {
        Session["currentUser"] = null;
        return Guid.Empty;
    }
}

```

如果使用正确的用户名和密码，就会生成一个新的 Guid 对象，它存储在会话层的变量中，并返回给用户。如果身份验证失败，就返回一个空的 Guid 实例，该 Guid 存储在会话层中。True 参数允许会话状态用于这个 Web 方法，因为在 Web 服务中，默认情况下禁用它，而这个功能需要它。

接着是一个接受标题的方法，该方法用 SoapHeaderAttribute 属性指定：

```

[WebMethod(true)]
[SoapHeaderAttribute("AuthenticationTokenHeader",
    Direction = SoapHeaderDirection.In)]
public string DoSomething()
{
    if (Session["currentUser"] != null &&
        AuthenticationTokenHeader != null &&
        AuthenticationTokenHeader.InnerToken
            == (Guid)Session["currentUser"])
    {
        return "Authentication OK.";
    }
    else
    {
        return "Authentication failed.";
    }
}

```

这将根据 AuthenticationTokenHeader 标题是否存在，是否不是空的 Guid，以及是否匹配存储在 Session["currentUser"] 中的一个字符串(此时存在 Session 变量)，返回两个字符串中的一个。

接着创建一个简单的客户端，测试该服务。创建一个新的 PCSWebClient2 网站，给用户界面使用包含如下简单代码的 Default.aspx 页面：



```

<form id="form1" runat="server">
    <div>
        User Name:
        <asp:TextBox Runat="server" ID="userNameBox" /><br />
        Password:
        <asp:TextBox Runat="server" ID="passwordBox" /><br />
        <asp:Button Runat="server" ID="loginButton" Text="Log in" /><br />
        <asp:Label Runat="server" ID="tokenLabel" /><br />
        <asp:Button Runat="server" ID="invokeButton"
            Text="Invoke DoSomething()" /><br />
        <asp:Label Runat="server" ID="resultLabel" /><br />
    </div>
</form>

```

代码段 PCSWebClient2\Default.aspx

把 PCSWebService3 服务添加为一个 Web 引用(因为 Web 服务相对于解决方案位于本地, 所以可以单击 This Solution 链接中的 Web Services, 快速获得引用), Web 服务的名称为 authenticateService, 再把下面的 using 语句添加到 Default.aspx.cs 中:



```
using System.Net;
using authenticateService;
```

代码段 PCSWebClient2\Default.aspx.cs

需要使用 System.Net 名称空间, 因为它包含 CookieContainer 类。这个类用于存储 cookie 的引用, 如果正在运行使用会话状态的 Web 服务, 就需要它。这是因为 Web 服务需要跨客户端的多个调用, 以某种方式检索正确的会话状态, 其中在每次回发时重新创建服务的代理。检索 Web 服务使用的 cookie, 以存储会话状态, 在 Web 服务调用之间存储它, 然后在以后的调用中使用它, 就可以在 Web 服务中维护正确的会话状态。如果不这么做, Web 服务就会丢失其会话状态, 此时需要客户提供登录信息。

在代码中, 将使用一个受保护的成员存储 Web 引用代理, 用另一个受保护的成员存储一个布尔值, 表示用户是否通过了身份验证:

```
public partial class _Default : System.Web.UI.Page
{
    protected Service myService;
    protected bool authenticated;
```

Page\_Load()方法首先初始化 myService 服务, 并准备一个 CookieContainer 实例, 由该服务使用:

```
protected void Page_Load(object sender, EventArgs e)
{
    myService = new Service();
    myService.Credentials = CredentialCache.DefaultCredentials;
    CookieContainer serviceCookie;
```

接着检查已存储的 CookieContainer 实例或创建一个新实例。在这两种方式中, 都要把 CookieContainer 赋予 Web 服务代理, 以准备在调用后检索 Web 服务的 cookie 信息。这里使用的存储器是窗体的 ViewState 集合(这是在回发之间持久化信息的一种有效方式, 其工作方式类似于在应用程序或会话层中存储信息):

```
if (ViewState["serviceCookie"] == null)
{
    serviceCookie = new CookieContainer();
}
else
{
    serviceCookie = (CookieContainer)ViewState["serviceCookie"];
}
myService.CookieContainer = serviceCookie;
```

然后 Page\_Load()方法确定是否有一个已存储的标题, 并相应地把该标题赋予代理(以这种方式赋予标题是把要发送的数据作为 SOAP 标题必要的唯一一步)。这样, 调用的任何事件处理程序(例如, Web 方法调用按钮的事件处理程序)就不需要担心赋予标题的问题了——这一步已经完成了:



```
AuthenticationToken header = new AuthenticationToken();
if (ViewState["AuthenticationTokenHeader"] != null)
{
    header.InnerToken = (Guid)ViewState["AuthenticationTokenHeader"];
}
else
{
    header.InnerToken = Guid.Empty;
}
myService.AuthenticationTokenValue = header;
}
```

接着在设计器中双击 Login 按钮，为它添加一个事件处理程序：

```
protected void loginButton_Click(object sender, EventArgs e)
{
    Guid authenticationTokenHeader = myService.Login(userNameBox.Text,
                                                    passwordBox.Text);
    tokenLabel.Text = authenticationTokenHeader.ToString();
    if (ViewState["AuthenticationTokenHeader"] != null)
    {
        ViewState.Remove("AuthenticationTokenHeader");
    }
    ViewState.Add("AuthenticationTokenHeader", authenticationTokenHeader);
    if (ViewState["serviceCookie"] != null)
    {
        ViewState.Remove("serviceCookie");
    }
    ViewState.Add("serviceCookie", myService.CookieContainer);
}
```

这个处理程序使用在两个文本框中输入的任何数据调用 Login()方法，显示返回的 Guid，并把该 Guid 存储在 ViewState 集合中。它还更新已存储在 ViewState 集合中的 CookieContainer 存储器，以备重用。

最后，必须以相同的方式为 Invoke DoSomething()按钮添加一个处理程序：

```
protected void invokeButton_Click(object sender, EventArgs e)
{
    resultLabel.Text = myService.DoSomething();
    if (ViewState["serviceCookie"] != null)
    {
        ViewState.Remove("serviceCookie");
    }
    ViewState.Add("serviceCookie", myService.CookieContainer);
}
```

这个处理程序仅输出 DoSomething()方法返回的文本，并更新 CookieContainer 存储器，这与 loginButton\_Click()方法相同。

在运行这个应用程序时，可以直接单击 Invoke DoSomething()按钮，因为 Page\_Load()方法已经指定一个备用的标题(如果没有指定标题，就会抛出一个异常，因为已经指定这个方法必须有一个标题)。这会使 DoSomething()方法返回一条失败消息，如图 55-4 所示。

如果试着用除 Karli 和 Cheese 之外的任何用户名和密码登录, 就会得到相同的结果。另一方面, 如果使用这些证书进行登录, 接着调用 DoSomething() 方法, 就会获得成功的消息, 如图 55-5 所示。

此外, 还可以看到 Guid 用于验证有效性的字符串表示。

当然, 使用这种技术通过 SOAP 标题交换数据的应用程序可能会复杂得多。它们需要以比使用会话存储更灵活的方式存储登录令牌, 或许存储在数据库中。为了完整起见, 也可以在经过某段时间时给这些令牌执行自己的过期机制, 给用户提提供注销选项, 即删除令牌。尽管会话状态在指定的时间(默认为 20 分钟)过后过期, 但还可以使用更复杂、更强大的机制。甚至可以根据用户使用的 IP 地址验证令牌, 获得更高的安全性。但此处的关键点是用户的用户名和密码只发送一次, 然后使用 SOAP 标题简化以后的方法调用。

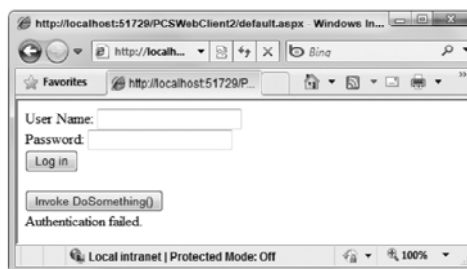


图 55-4

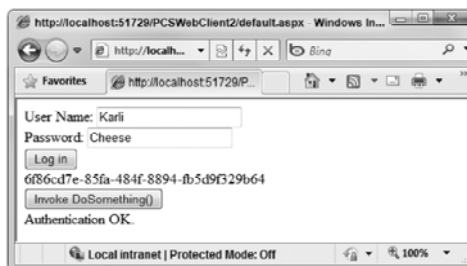


图 55-5

## 55.6 小结

本章讨论了如何应用 C# 和 Visual Studio .NET 开发平台创建和使用 Web 服务。虽然它们易学易用, 但是用途却非常大。

目前已经有许多 Web 服务可以从任何平台上访问。这是因为使用了 SOAP 协议, 由于 SOAP 协议不限制使用 .NET, 因此从任何平台上都可以访问 Web 服务。

本章开发的主要示例阐明了如何轻松地创建 .NET 分布式应用程序。这里假定用户使用一个服务器测试示例, 但是这并不是说 Web 服务不应与客户端完全分离。如果需要额外的数据层, 则它可以位于数据库中一个单独的服务器上。

对于大型应用程序, 数据缓存技术是另一项非常重要的技术, 因为可能会出现数千个用户同时连接的情况。

从最后一个示例可看出, 通过 SOAP 标题交换数据是另一种可以用在应用程序中的有效技术。这个示例交换的是注册令牌, 更复杂的数据也可以通过这种方式交换。例如, 它可以用于 Web 服务的简单“密码保护”, 而无需借助于施加更复杂的安全性。

Web 服务的使用者并不一定是 Web 应用程序, 因为也可以从 Windows 窗体或 WPF 应用程序(在公司的内联网中使用这些应用程序当然看起来更好一些)中使用 Web 服务。另外, 在 ASP.NET 中, Web 服务可以使用简单的事件驱动系统, 异步调用其他 Web 服务。这非常适合于 Windows 窗体应用程序, 它意味着, 在复杂的 Web 服务执行复杂的工作, 应用程序仍可以保持响应。

最后, 值得一提的是 Web 服务是最新 WCF 技术(参见第 43 章)中的一个被分离出来的子集。但这并不意味着应总是使用 WCF 服务, 而不使用 Web 服务——Web 服务实现起来要简单得多, 而简单是一个巨大的优势。

# 第 56 章

## LINQ to SQL

### 本章内容:

- 使用 LINQ to SQL 和 Visual Studio 2010
- 把 LINQ to SQL 对象映射到数据库实体上
- 脱离 O/R 设计器构建 LINQ to SQL 操作
- 使用 O/R 设计器和自定义对象
- 用 LINQ 查询 SQL Server 数据库
- 存储过程和 LINQ to SQL

在 C# 2010 中,令人激动的新增功能之一是.NET LINQ(Language Integrated Query,语言集成查询架构)架构。LINQ 主要在编程数据集成的基础上提供了一种轻型外观。这是一个很好的功能,因为数据是最重要的。

每个应用程序都以某种方式处理数据,无论这些数据来自内存(内存中的数据)、数据库、XML 文件、文本文件还是其他地方。许多开发人员发现很难把 C#中强类型化的、面向对象的数据移动到数据层中(其中对象是辅助类的成员)。在最好的情况下,从一个环境转换到另一个环境充满了易于出错的操作,且顶多是一个重组过程。

在 C#中,用对象编程意味着利用一个强类型化的强大功能处理代码。很容易在名称空间中导航,使用 Visual Studio IDE 中的调试器等。但是,在访问数据时,情况就大不相同了。

这是一个没有强类型化的环境,调试很痛苦,甚至是不可能的,大部分时间都花在把字符串作为命令发送给数据库。开发人员还必须注意基础数据,了解它的构造方式或者所有数据点的相互关系。

LINQ 为基础数据存储器提供了一个强类型化的界面。LINQ 为开发人员提供了在编码环境下工作的方式,可以把基础数据作为对象访问,使用 IDE、IntelliSense 甚至调试功能。

有了 LINQ,我们创建的查询现在就变成.NET Framework 和其他环境中的重要成员。在对数据存储器执行查询时,会很快发现它们现在正常工作且行为方式类似于系统中的类型。这说明,现在可以使用任意兼容.NET 的语言并查询基础数据存储器,这在以前是不可能的。



第 11 章概述了 LINQ。

图 56-1 显示了 LINQ 在查询数据中的作用。

在图 56-1 中, 根据要在应用程序中处理的基础数据的不同, 有不同类型的 LINQ 功能。下面列出了各种 LINQ 技术:

- LINQ to Objects
- LINQ to DataSets
- LINQ to SQL
- LINQ to Entities
- LINQ to XML

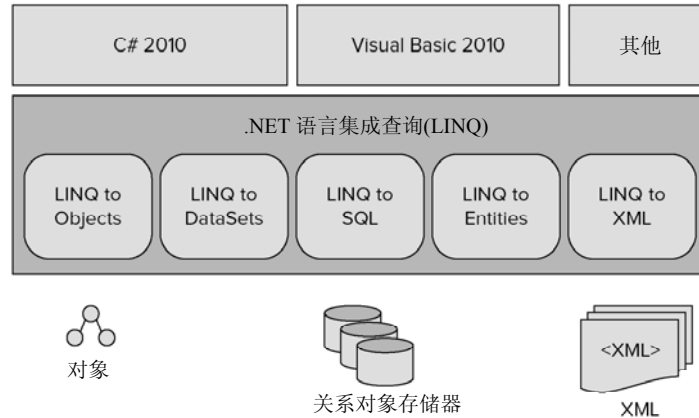


图 56-1

对于开发人员, 类库提供了可以使用 LINQ 查询的对象, 像查询任何其他数据存储器那样。其实, 对象只不过是存储在内存中的数据。实际上, 对象本身可能就在查询数据。此时应使用 LINQ to Objects。

LINQ to SQL(本章的重点)、LINQ to Entities 和 LINQ to DataSets 都提供了查询关系数据的方式。使用 LINQ 可以直接查询数据库, 甚至查询数据库提供的存储过程。图 56-1 中的最后一项是使用 LINQ to XML 查询 XML(详见第 33 章)。LINQ 非常强大的原因是它对所查询的内容没有任何限制, 因为查询非常类似。

## 56.1 LINQ to SQL 和 Visual Studio 2010

特殊的是 LINQ to SQL 是在 SQL Server 数据库上设置一个强类型化界面的方式。LINQ to SQL 提供的方法是当前可用于查询 SQL Server 最简单的方法。它不仅在数据库中查询单个表。例如, 如果调用 Northwind 数据库的 Customers 表, 提取该数据库的 Orders 表中某位顾客的特定订单, LINQ 就使用两个表之间的关系并代表用户进行查询。LINQ 会查询数据库, 加载要在代码中使用的数据(也是强类型化的)。

注意, LINQ to SQL 不仅可以查询数据, 还可以执行需要的 Insert/Update/Delete 语句。

也可以与整个过程交互操作, 并定制所执行的操作, 给 CRUD(Create/Read/Update/Delete)操作添加自己的业务逻辑。

Visual Studio 2010 非常重视 LINQ to SQL，因为这是一个功能丰富的用户界面，允许设计要使用的 LINQ to SQL 类。

下一节介绍如何创建第一个 LINQ to SQL 实例，从 Northwind 数据库的 Products 表中提取数据项。

### 56.1.1 调用 Products 表

作为使用 LINQ to SQL 的一个例子，本章首先调用 Northwind 数据库中的单个表，用这个表把一些结果显示在屏幕上。

首先创建一个控制台应用程序(使用 .NET Framework 4)，把 Northwind 数据库文件添加到这个项目中(Northwind.MDF)。



下面的例子使用 SQL Server Express Database 文件 Northwind.mdf。要获得这个数据库，请搜索“Northwind and pubs Sample Database for SQL Server 2000”。这个链接在 <http://www.microsoft.com/downloads/details.aspx?FamilyId=06616212-0356-46A0-8DA2-EEBC53A68034&displaylang=en>。安装后，Northwind.mdf 文件位于 C:\SQL Server 2000 Sample Database 目录下。要把这个数据库添加到应用程序中，可以右击正在使用的解决方案，选择 Add Existing Item 命令。在打开的对话框中，找到刚才安装的 Northwind.mdf 文件。如果在获得使用该数据库的权限方面有问题，那么可以从 Visual Studio Server Explorer 中建立与该文件的数据连接，使自己成为该数据库的相应用户。Visual Studio 就会进行相应的改变，允许使用该数据库。

现在，在 Visual Studio 2010 中创建 .NET Framework 4 提供的许多应用程序类型时，默认已经有了使用 LINQ 的正确引用。在创建控制台应用程序时，代码中会包含如下 using 语句：

```
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.Linq;
using System.Text;
```

可以看出，代码已经包含需要的 LINQ 引用。

### 56.1.2 添加 LINQ to SQL 类

下一步是添加一个 LINQ to SQL 类。使用 LINQ to SQL 时，一个主要优点是 Visual Studio 2010 会使该任务尽可能简单。Visual Studio 提供了一个与对象相关的映射设计器，称为 O/R 设计器，它允许可视化地设计数据库要映射的对象。

首先，右击解决方案，从弹出的菜单中选择 Add New Item 命令。在 Add New Item 对话框中，包含 LINQ to SQL Classes 选项，如图 56-2 所示。

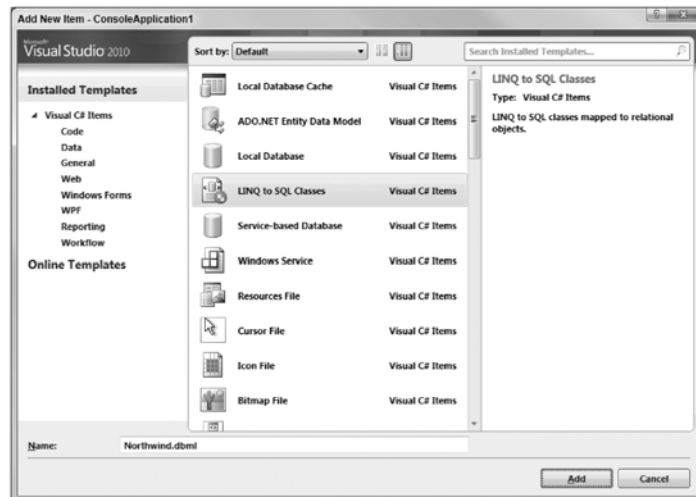


图 56-2

因为这个例子使用 Northwind 数据库，所以把文件命名为 Northwind.dbml。单击 Add 按钮，就会创建几个文件，图 56-3 显示了添加 Northwind.dbml 文件后的 Solution Explorer 窗口。

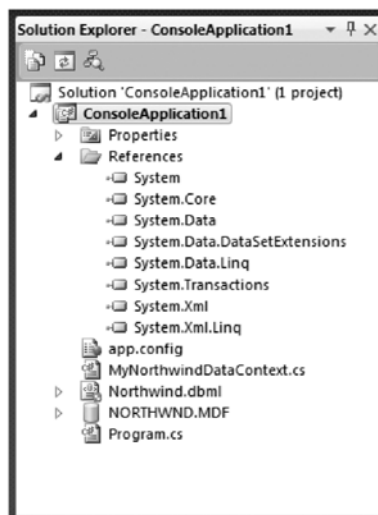


图 56-3

这个操作在项目中添加了许多内容。添加了 Northwind.dbml 文件，它包含两个组件。因为前面添加的 LINQ to SQL 类要使用 LINQ，所以也添加了下面的引用：System.Core、System.Data.DataSetExtensions、System.Data.Linq 和 System.XML.Linq。

### 56.1.3 O/R 设计器概述

在项目(Northwind.dbml 文件)中添加 LINQ to SQL 类时，还在 IDE 上添加了一个新功能：.dbml 文件的可视化表示。新的 O/R 设计器在 IDE 的文档窗口中显示为一个选项卡。图 56-4 显示了 O/R 设计器第一次启动时的视图。

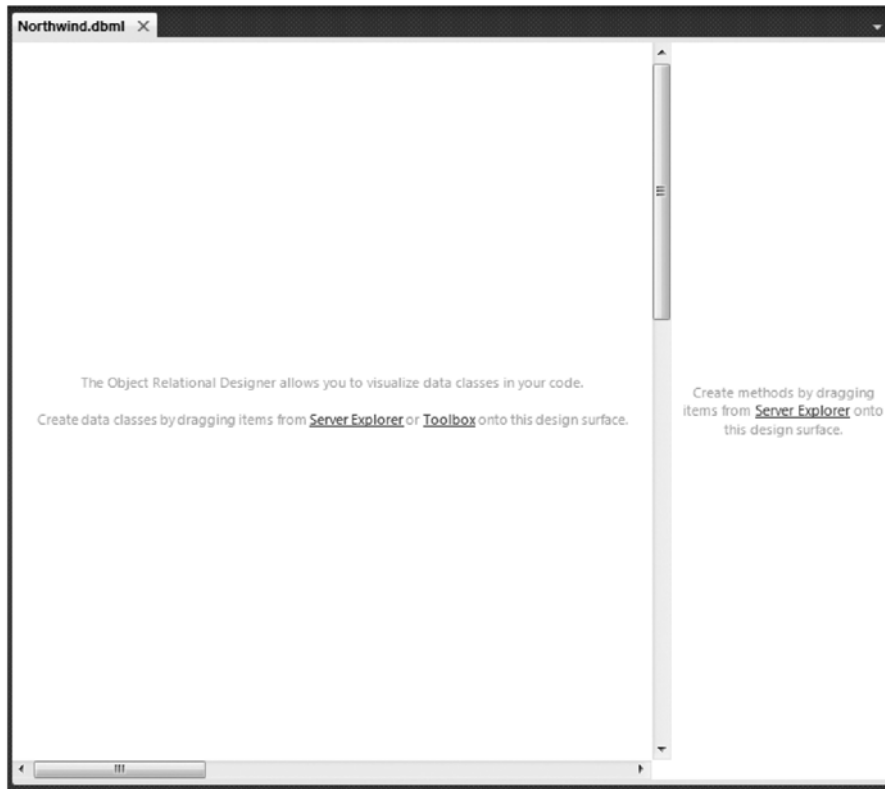


图 56-4

O/R 设计器由两部分组成。第一部分用于显示数据类，它可以是表、类、关联和继承。在这个设计界面上拖动这些项，可以显示所使用的对象的可视化表示。第二部分(右边)用于显示方法，这些方法映射到数据库中的存储过程上。

在 O/R 设计器中查看 .dbml 文件时，Visual Studio 工具箱中还有一组 Object Relational Designer 控件。该工具箱如图 56-5 所示。

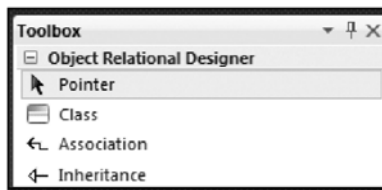


图 56-5

#### 56.1.4 创建 Product 对象

这个例子要使用 Northwind 数据库中的 Products 表，这表示必须创建一个 Products 表，Products 表使用 LINQ to SQL 映射到这个表上。完成该任务只需在 Visual Studio 的 Server Explorer 对话框中打开包含在该数据库中的表对应的视图，把 Products 表拖放到 O/R 设计器的设计界面上。这个操作的结果如图 56-6 所示。

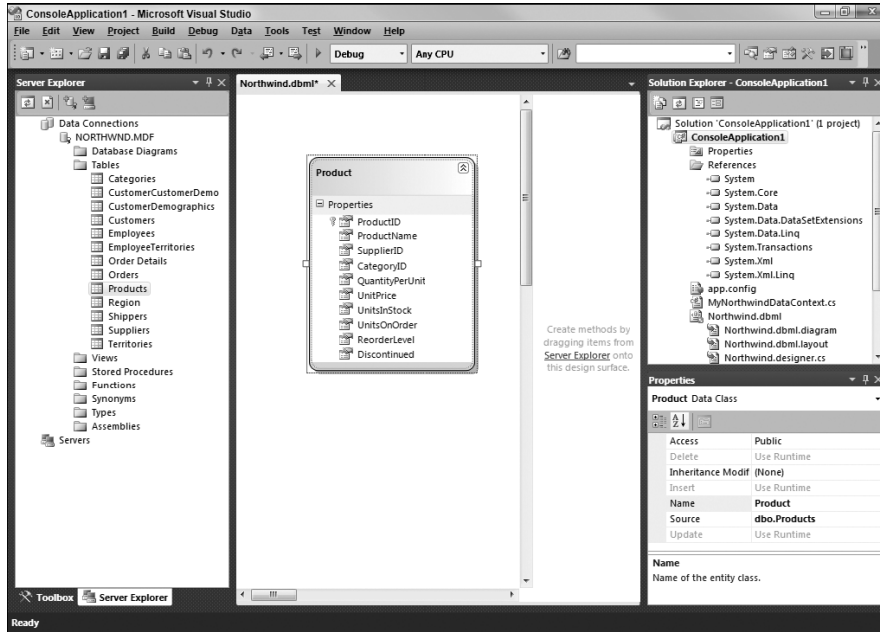


图 56-6

执行这个操作，会把一些代码添加到.dbml 文件的设计器文件中。这些类可以对 Products 表进行强类型化访问。为了演示这个访问，把注意力转向控制台应用程序的 Program.cs 文件上。下面显示了这个例子需要的代码：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```
using System;
using System.Linq;

namespace ConsoleApplication1
{
    class Class1
    {
        static void Main(string[] args)
        {
            NorthwindDataContext dc = new NorthwindDataContext();

            var query = dc.Products;

            foreach (Product item in query)
            {
                Console.WriteLine("{0} | {1} | {2}",
                    item.ProductID, item.ProductName, item.UnitsInStock);
            }

            Console.ReadLine();
        }
    }
}
```

代码下载 [ConsoleApplication1.sln](#)

虽然这些代码并不多，但它查询 Northwind 数据库中的 Products 表，提取出要显示的数据。下面单步执行这段代码，从 Main()方法的第一行开始：



```
NorthwindDataContext dc = new NorthwindDataContext();
```

NorthwindDataContext 对象是 DataContext 类型的一个对象。基本上可以把这个对象看作映射到 Connection 类型对象上的一个对象。这个对象可以使用连接字符串，并为任何需要的操作连接到数据库上。

下一行比较有趣：

```
var query = dc.Products;
```

这里使用了新的 var 关键字，它是一个隐式类型化的变量。如果不能确定输出类型，就可以使用 var 替代类型定义，再在编译期间设置类型。事实上，代码(dc.Products;) 返回一个 System.Data.Linq.Table<ConsoleApplication1.Product> 对象，这就是编译应用程序时设置的 var。因此，这表示也可以编写如下语句：

```
Table<Product>query = dc.Products;
```

这种方法实际上比较好，因为程序员以后查看应用程序的代码时，很容易理解其含义。使用 var 关键字还有一个隐含的优点：程序员可能会发现它有问题。要使用 Table<Product>(这基本上是 Product 对象的一个泛型列表)，就应引用 System.Data.Linq 名称空间。

赋予 query 对象的值是 Products 属性的值，它是 Table<Product> 类型。之后，下面的代码迭代 Table<Product> 中的 Product 对象集合：

```
foreach (Product item in query)
{
    Console.WriteLine("{0} | {1} | {2}",
        item.ProductID, item.ProductName, item.UnitsInStock);
}
```

在本例中，这个迭代从 Product 对象中提取出 ProductID、ProductName 和 UnitsInStock 属性，并把它们写到程序中。因为我们仅使用该表的几项，所以还可以使用 O/R 设计器中的选项删除从数据库中提取的、不感兴趣的列。程序的结果如下：

```
1 | Chai | 39
2 | Chang | 17
3 | Aniseed Syrup | 13
4 | Chef Anton's Cajun Seasoning | 53
5 | Chef Anton's Gumbo Mix | 0

** Results removed for space reasons **

73 | R d Kaviar | 101
74 | Longlife Tofu | 4
75 | Rh nbr u Klosterbier | 125
76 | Lakkalik ri | 57
77 | Original Frankfurter grüne Soße | 32
```

从这个例子可以看出，很容易使用 LINQ to SQL 查询 SQL Server 数据库。

## 56.2 对象如何映射到 LINQ 对象上

LINQ 的优点是提供了在代码(和 IntelliSense)中使用的强类型化对象，这些对象映射到已有的数

数据库对象上。另外，LINQ 不过是这些已有数据库对象上的一个瘦外观。表 56-1 列出了数据库对象和 LINQ 对象之间的映射。

表 56-1

数据库对象	LINQ 对象
数据库	DataContext
表	类和集合
视图	类和集合
列	属性
关系	嵌套的集合
存储过程	方法

左侧是正在处理的数据库。数据库是一个完整的实体——表、视图、触发器、存储过程构成数据库。在右侧 LINQ 对象中，有一个 DataContext 对象，它绑定到数据库上。为了与数据库进行必要的交互操作，该对象包含一个连接字符串，并管理所发生的所有事务；它还负责记录操作，并管理数据的输出。DataContext 对象通过数据库全面管理事务。

如前面的控制台应用程序例子所示，表转换为类。这表示如果有一个 Products 表，就有一个 Product 类。注意 LINQ 的名称是友好的，因为它把复数形式的表名改为单数形式，给要在代码中使用的类指定合适的名称。除了用作类的数据库表之外，把数据库视图也看作类。另一方面，把列看作属性，因此可以直接管理列的属性(名称和类型定义)。

关系是在各个对象之间映射的嵌套集合。因此可以定义映射到多个项上的关系。

还必须理解存储过程的映射。在代码中，存储过程实际上映射到 DataContext 实例的方法上。

下一节将详细介绍 DataContext 实例和 LINQ 中的表对象。

在处理 LINQ to SQL 的体系结构时，注意其中有 3 层：应用层、LINQ to SQL 层和 SQL Server 数据库层。从前面的例子中可以看出，可以在应用程序的代码中创建强类型化的查询：

```
dc.Products;
```

这个查询会被 LINQ to SQL 层转换为 SQL 查询，之后提供给数据库：

```
SELECT [t0].[ProductID], [t0].[ProductName], [t0].[SupplierID],
[t0].[CategoryID], [t0].[QuantityPerUnit], [t0].[UnitPrice],
[t0].[UnitsInStock], [t0].[UnitsOnOrder], [t0].[ReorderLevel],
[t0].[Discontinued]
FROM [dbo].[Products] AS [t0]
```

结果，LINQ to SQL 层通过这个查询从数据库中提取行，把返回的数据变成一个强类型化的对象集合，以便于使用。

### 56.2.1 DataContext 对象

同样，在使用 LINQ to SQL 时，DataContext 对象管理在所使用的数据库中发生的事务。使用 DataContext 对象可以执行许多操作。

在实例化这些对象时，需要几个可选参数，如下所示：

- 一个字符串，表示 SQL Server Express 数据库文件的位置或所使用的 SQL Server 的名称
- 连接字符串
- 另一个 DataContext 对象

前两个可选字符串参数也可以包含自己的数据库映射文件。实例化这个对象后，就可以在许多不同的操作中以编程方式使用它。

### 1. 使用 ExecuteQuery()方法

使用 DataContext 对象完成的一个简单任务是用 ExecuteQuery<T>()方法快速运行自己编写的命令。例如，如果要使用 ExecuteQuery<T>()方法提取 Products 表中的所有产品，那么代码应如下所示：



```
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.Data.Linq;

namespace ConsoleApplication1
{
    class Class1
    {
        static void Main(string[] args)
        {
            DataContext dc = new DataContext(@"Data Source=.\SQLEXPRESS;
            AttachDbFilename=|DataDirectory|\NORTHWND.MDF;
            Integrated Security=True;User Instance=True");

            IEnumerable<Product>myProducts =
                dc.ExecuteQuery<Product>("SELECT * FROM PRODUCTS", "");

            foreach (Product item in myProducts)
            {
                Console.WriteLine(item.ProductID + " | " + item.ProductName);
            }

            Console.ReadLine();
        }
    }
}
```

[代码下载 ConsoleApplication1.sln](#)

在这个例子中，调用 ExecuteQuery<T>()方法时传递了一个查询字符串，并返回一个 Product 对象集合。在该方法调用中使用的查询是一条简单的 Select 语句，它不需要传递任何参数。由于在查询中没有传递任何参数，因此可以使用双引号作为方法调用的第二个必选参数，甚至也可以不提供这个参数。如果要在查询中替换任何值，那么可以按如下方式构建 ExecuteQuery<T>()方法调用：

```
IEnumerable <Product> myProducts =
    dc.ExecuteQuery<Product>("SELECT * FROM PRODUCTS WHERE UnitsInStock > {0}",
    50);
```

在这个例子中，{0}是一个占位符，用于替换要传入的参数值，ExecuteQuery<T>()方法的第二个参数是在替换过程中使用的参数。

## 2. 使用 Connection 属性

Connection 属性返回 System.Data.SqlClient.SqlConnection(由 DataContext 对象使用)的一个实例。如果需要与应用程序中使用的其他 ADO.NET 代码共享这个连接,或者需要获得该连接提供的 SqlConnection 属性或方法,就可以使用这个属性。例如,获得连接字符串就很简单:

```
NorthwindDataContext dc = new NorthwindDataContext();

Console.WriteLine(dc.Connection.ConnectionString);
```

## 3. 使用 ADO.NET 事务

如果有一个可以使用的 ADO.NET 事务,就可以使用 Transaction 属性把这个事务赋予 DataContext 对象实例。还可以通过 .NET 2.0 Framework 中的 TransactionScope 对象使用事务(需要引用 System.Transactions 程序集):



```
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.Data.Linq;
using System.Transactions;

namespace ConsoleApplication1
{
    class Class1
    {
        static void Main(string[] args)
        {
            NorthwindDataContext dc = new NorthwindDataContext();

            using (TransactionScope myScope = new TransactionScope())
            {
                Product p1 = new Product() { ProductName = "Bill's Product" };
                dc.Products.InsertOnSubmit(p1);

                Product p2 = new Product() { ProductName = "Another Product" };
                dc.Products.InsertOnSubmit(p2);

                try
                {
                    dc.SubmitChanges();

                    Console.WriteLine(p1.ProductID);
                    Console.WriteLine(p2.ProductID);
                }
                catch (Exception ex)
                {
                    Console.WriteLine(ex.ToString());
                }

                myScope.Complete();
            }

            Console.ReadLine();
        }
    }
}
```

}

代码段 ConsoleApplication1.sln

在这个例子中，使用了 `TransactionScope` 对象，如果数据库中的某个操作失败，就把所有操作滚到原始状态。

#### 4. DataContext 对象的其他方法和属性

除了前面介绍的项之外，`DataContext` 对象还有许多其他可用的方法和属性。表 56-2 列出了 `DataContext` 对象的一些方法。

表 56-2

方 法	说 明
<code>CreateDatabase</code>	可以在服务器上创建数据库
<code>DatabaseExists</code>	可以确定数据库是否存在，是否可以打开
<code>DeleteDatabase</code>	删除相关联的数据库
<code>ExecuteCommand</code>	可以给数据库传入要执行的命令
<code>ExecuteQuery</code>	可以给数据库直接传递查询
<code>GetChangeSet</code>	<code>DataContext</code> 对象跟踪数据库中发生的变化，这个方法可以访问这些变化
<code>GetCommand</code>	可以访问要执行的命令
<code>GetTable</code>	可以访问数据库中的表集合
<code>Refresh</code>	可以利用数据库中存储的数据刷新对象
<code>SubmitChanges</code>	在代码中建立的数据库中执行 CRUD 命令
<code>Translate</code>	把 <code>IDataReader</code> 转换为对象

除了这些方法之外，`DataContext` 对象还包含一些属性，如表 56-3 所示。

表 56-3

属 性	说 明
<code>ChangeConflicts</code>	调用 <code>SubmitChanges()</code> 方法时，提供一个导致并发冲突的对象集合
<code>CommandTimeout</code>	可以设置一个超时期限，允许在这个时间段内在数据库上运行命令。如果查询需要执行较长时间，就应把这个属性设置为较高的值
<code>Connection</code>	可以使用客户端使用的 <code>System.Data.SqlClient.SqlConnection</code> 对象
<code>DeferredLoadingEnabled</code>	可以指定是否延迟加载一对多或一对一关系
<code>LoadOptions</code>	可以指定或检索 <code>DataLoadOptions</code> 对象的值
<code>Log</code>	可以指定在查询中使用的命令的输出位置
<code>Mapping</code>	提供映射所基于的 <code>MetaModel</code>
<code>ObjectTrackingEnabled</code>	指定是否跟踪数据库中对象的变化，以进行事务处理。如果正在处理只读数据库，就应把这个属性设置为 <code>false</code>
<code>Transaction</code>	可以指定数据库中使用的本地事务

## 56.2.2 Table<TEntity>对象

Table<TEntity>对象表示在数据库中使用的表。例如，前面使用了 Product 类，它就是一个 Table<Product>实例。如本章所述，许多方法都可用于 Table<TEntity>对象。其中一些方法在表 56-4 中定义。

表 56-4

方 法	说 明
Attach	可以把一个实体关联到 DataContext 实例上
AttachAll	可以把一个实体集合关联到 DataContext 实例上
DeleteAllOnSubmit<TSubEntity>	可以把所有挂起的操作置于准备删除的状态。从 DataContext 对象上调用 SubmitChanges()方法时，就执行这里的所有操作
DeleteOnSubmit	可以把一个挂起的操作置于准备删除的状态。从 DataContext 对象上调用 SubmitChanges()方法时，就执行这里的所有操作
GetModifiedMembers	提供一个已修改的对象数组，可以访问它们的当前值和更改后的值
GetNewBindingList	提供一个新列表，以绑定到数据存储设备上
GetOriginalEntityState	提供一个对象的实例，且显示其初始状态
InsertAllOnSubmit<TSubEntity>	可以把所有挂起的操作置于准备插入的状态。从 DataContext 对象上调用 SubmitChanges()方法时，就执行这里的所有操作
InsertOnSubmit	可以把一个挂起的操作置于准备插入的状态。从 DataContext 对象上调用 SubmitChanges()方法时，就执行这里的所有操作

## 56.3 脱离 O/R 设计器工作

Visual Studio 2010 中的新 O/R 设计器很容易创建 LINQ to SQL 需要的所有对象，但基础架构允许从头开始完成所有任务。这将最大限度地控制实际发生的事件。

### 56.3.1 创建自己的自定义对象

为了完成与前面 Customer 表相同的任务，需要通过一个类提供 Customer 表。首先在项目 (Customer.cs)中创建一个新类，这个类的代码如下所示：



```
using System.Data.Linq.Mapping;

namespace ConsoleApplication1
{
    [Table(Name = "Customers")]
    public class Customer
    {
        [Column(IsPrimaryKey = true)]
        public string CustomerID { get; set; }
        [Column]
        public string CompanyName { get; set; }
        [Column]
    }
}
```

```

    public string ContactName { get; set; }
    [Column]
    public string ContactTitle { get; set; }
    [Column]
    public string Address { get; set; }
    [Column]
    public string City { get; set; }
    [Column]
    public string Region { get; set; }
    [Column]
    public string PostalCode { get; set; }
    [Column]
    public string Country { get; set; }
    [Column]
    public string Phone { get; set; }
    [Column]
    public string Fax { get; set; }
}
}

```

---

代码段 Customer.cs

这里, Customer.cs 文件定义要用于 LINQ to SQL 的 Customer 对象。这个类把 Table 属性赋予它, 用于表示表类。Table 类属性包含一个 Name 属性, 它定义在数据库中使用的表的名称, 这个表名要通过连接字符串中引用。使用 Table 属性还表示, 需要在代码中引用 System.Data.Linq.Mapping 名称空间。

除了 Table 属性之外, 类中定义的每个属性都使用 Column 属性。如前所述, SQL Server 数据库中的列映射到代码的属性上。

### 56.3.2 通过自定义对象和 LINQ 查询

只有具备 Customer 类, 才可以查询 Northwind 数据库中的 Customers 表。完成这一任务的代码通过同一控制台应用程序中的以下示例说明:

```

using System;
using System.Data.Linq;

namespace ConsoleApplication1
{
    class Program
    {
        static void Main()
        {
            DataContext dc = new DataContext(@"Data Source=.\SQLEXPRESS;
            AttachDbFilename=|DataDirectory|\NORTHWND.MDF;
            Integrated Security=True;User Instance=True");

            dc.Log = Console.Out; // Used for outputting the SQL used

            Table<Customer>myCustomers = dc.GetTable<Customer>();

            foreach (Customer item in myCustomers)
            {
                Console.WriteLine("{0} | {1}",

```

```

        item.CompanyName, item.Country);
    }
    Console.ReadLine();
}
}
}

```

在这个例子中，使用默认的 `DataContext` 对象，把包含 SQL Server Express 数据库 Northwind 的连接字符串作为一个参数传递。再使用 `GetTable<TEntity>()` 方法填充 `Customer` 类型的 `Table` 类。这个例子中的 `GetTable<TEntity>()` 操作使用定制的 `Customer` 类：

```
dc.GetTable<Customer>();
```

LINQ to SQL 使用 `DataContext` 对象在 SQL Server 数据库上执行查询，把返回的行作为强类型化的 `Customer` 对象。这就允许迭代 `Table` 对象的集合中的每个 `Customer` 对象，获得需要的信息，如下面的 `Console.WriteLine()` 语句所示：

```

foreach (Customer item in myCustomers)
{
    Console.WriteLine("{0} | {1}",
        item.CompanyName, item.Country);
}

```

运行这段代码，会在控制台应用程序中生成如下结果：

```

SELECT [t0].[CustomerID], [t0].[CompanyName], [t0].[ContactName],
[t0].[ContactTitle], [t0].[Address], [t0].[City], [t0].[Region],
[t0].[PostalCode], [t0].[Country], [t0].[Phone], [t0].[Fax]
FROM [Customers] AS [t0]
--Context: SqlProvider(Sql2005) Model: AttributedMetaModel Build: 4.0.21006.1

Alfreds Futterkiste | Germany
Ana Trujillo Emparedados y helados | Mexico
Antonio Moreno Taquería | Mexico
Around the Horn | UK
Berglunds snabbk  p | Sweden

// Output removed for clarity

Wartian Herkku | Finland
Wellington Importadora | Brazil
White Clover Markets | USA
Wilman Kala | Finland
Wolski Zajazd | Poland

```

### 56.3.3 通过查询限制所调用的列

注意，该查询检索在 `Customer` 类文件中指定的每一列。如果删除不需要的列，就可以得到一个新的 `Customer` 类文件，如下所示：



```

using System.Data.Linq.Mapping;

namespace ConsoleApplication1
{
    [Table(Name = "Customers")]

```



```

public class Customer
{
    [Column(IsPrimaryKey = true)]
    public string CustomerID { get; set; }
    [Column]
    public string CompanyName { get; set; }
    [Column]
    public string Country { get; set; }
}

```

---

代码段 Customer.cs

这里删除了应用程序未使用的所有列。现在，如果运行控制台应用程序，并查看生成的 SQL 查询，结果如下：

```

SELECT [t0].[CustomerID], [t0].[CompanyName], [t0].[Country]
FROM [Customers] AS [t0]

```

可以看出，在对 Customers 表的查询中，仅使用在 Customer 类中定义的 3 列。

CustomerID 属性比较有趣，因为可以在 Column 属性中使用 IsPrimaryKey 设置，把该列指定为表的主键。这个设置接受一个布尔值，这里它设置为 true。

### 56.3.4 使用列名

列的另一个要点是在 Customer 类中定义的属性名必须与数据库中使用的名称相同。例如，如果把 CustomerID 属性名改为 MyCustomerID，尝试运行控制台应用程序时，就会得到如下异常：

```

System.Data.SqlClient.SqlException was unhandled
  Message="Invalid column name 'MyCustomerID'."
  Source=".Net SqlClient Data Provider"
  ErrorCode=-2146232060
  Class=16
  LineNumber=1
  Number=207
  Procedure=""
  Server="\\\\.\\pipe\\F5E22E37-1AF9-44\\tsql\\query"

```

为了改正这个错误，需要在前面创建的 Customer 自定义类中定义列的名称。为此，可以使用 Column 属性，如下所示：

```

[Column(IsPrimaryKey = true, Name = "CustomerID")]
public string MyCustomerID { get; set; }

```

与 Table 属性一样，Column 属性也包含一个 Name 属性，Name 属性指定列在 Customers 表中显示的名称。

这会生成如下查询：

```


SELECT [t0].[CustomerID] AS [MyCustomerID], [t0].[CompanyName], [t0].[Country]
FROM [Customers] AS [t0]

```

这也意味着，需要使用新的名称 MyCustomerID 引用该列，如 item.MyCustomerID。

### 56.3.5 创建自己的 DataContext 对象

使用普通的 DataContext 对象有时并不是最好的方法，而创建自己的 DataContext 类可以进行更多控制。为此，创建一个新类 MyNorthwindDataContext.cs，使这个类继承自 DataContext。该类最简单的形式如下：

 可从 wrox.com 下载源代码

```
using System.Data.Linq;


namespace ConsoleApplication1
{
    public class MyNorthwindDataContext: DataContext
    {
        public Table<Customer>Customers;

        public MyNorthwindDataContext()
            : base(@"Data Source=.\SQLEXPRESS;
                AttachDbFilename=|DataDirectory|\NORTHWND.MDF;
                Integrated Security=True;User Instance=True")
        {
        }
    }
}
```

代码段 MyNorthwindDataContext.cs

这里，MyNorthwindDataContext 类继承自 DataContext，从前面创建的 Customer 类中提供 Table<Customer>对象的一个实例。构造函数是这个类的另一个要求。这个构造函数使用一个基本实例初始化对象的新实例，这个对象引用文件(这里是 SQL 数据库文件的一个连接)。

现在使用自己的 DataContext 对象，可以改变应用程序中的代码，如下所示：

 可从 wrox.com 下载源代码

```
using System;
using System.Data.Linq;

namespace ConsoleApplication1
{
    class Program
    {
        static void Main()
        {
            MyNorthwindDataContext dc = new MyNorthwindDataContext();
            Table<Customer> myCustomers = dc.Customers;

            foreach (Customer item in myCustomers)
            {
                Console.WriteLine("{0} | {1}",
                    item.CompanyName, item.Country);
            }

            Console.ReadLine();
        }
    }
}
```

代码下载 ConsoleApplication1.sln

创建 `MyNorthwindDataContext` 对象的实例后，就允许该类管理到数据库的连接。现在还可以通过 `dc.Customers` 语句直接访问 `Customer` 类。



注意，本章的例子都比较纯粹，因为它们都没有包含构建应用程序时通常包含的错误处理和日志功能，而只是阐述本章讨论的要点。

## 56.4 自定义对象和 O/R 设计器

除了在自己的.cs 文件中构建自定义对象再把该类关联到自己构建的 `DataContext` 对象上之外，还可以在 Visual Studio 2010 中使用 O/R 设计器构建自己的类文件。以这种方式使用 Visual Studio 时，Visual Studio 会创建相应的.cs 文件，O/R 设计器还提供了类文件和自己建立的所有关系的可视化表示。

在查看.dbml 文件的设计器视图时，注意工具箱中有 3 项：`Class`、`Association` 和 `Inheritance`。

对于这个例子，从工具箱中选择 `Class` 对象，把它拖放到设计界面上。这会显示泛型类的图像，如图 56-7 所示。

现在可以单击 `Class1` 名称，把这个类重命名为 `Customer`。右击该名称的旁边，从弹出的菜单中选择 `Add | Property` 命令，可以给类文件添加属性。对于这个例子，给 `Customer` 类添加 3 个属性——`CustomerID`、`CompanyName` 和 `Country`。如果突出显示 `CustomerID` 属性，那么可以在 Visual Studio 的 `Properties` 对话框中配置该属性，把 `Primary Key` 设置从 `False` 改为 `True`。也可以突出显示整个类，进入 `Properties` 对话框，把 `Source` 属性改为 `Customers`，因为这是 `Customer` 对象需要使用的表名。之后，类的可视化表示就如图 56-8 所示。



图 56-7

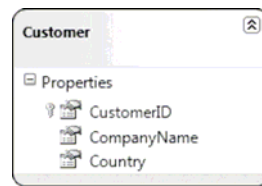


图 56-8

从图 56-8 可以看出，`CustomerID` 属性的名称旁边可能显示主键图标。此时单击 `Northwind.dbml` 文件旁边的加号，就会看到 3 个文件——`Northwind.dbml.layout`、`Northwind.designer.cs` 和 `Northwind.dbml.diagram`。`Northwind.dbml.layout` 文件是有助于 Visual Studio 在 O/R 设计器中进行可视化表示的 XML 文件。但最重要的文件是 `Northwind.designer.cs`，这是我们创建的 `Customer` 类文件。打开这个文件，可以查看 Visual Studio 创建的对象。

首先，会发现 `Customer` 类文件在页面的代码中：

```
[Table(Name="Customers")]
public partial class Customer: INotifyPropertyChanging,
                               INotifyPropertyChanged
{
    // Code removed for clarity
}
```

`Customer` 类是根据我们在设计器中提供的名称而指定的类名。这个类有一个 `Table` 属性，其值

是 Customers，因为这是该对象在连接到 Northwind 数据库上时需要使用的数据库的名称。

在 Customer 类中，会发现前面定义的 3 个属性，这里只列出其中一个属性——CustomerID：



```
[Column(Storage="_CustomerID", CanBeNull=false, IsPrimaryKey=true)]
public string CustomerID
{
    get
    {
        return this._CustomerID;
    }
    set
    {
        if ((this._CustomerID != value))
        {
            this.OnCustomerIDChanging(value);
            this.SendPropertyChanging();
            this._CustomerID = value;
            this.SendPropertyChanged("CustomerID");
            this.OnCustomerIDChanged();
        }
    }
}
```

代码段 Customer.cs

与前面示例在构建立类时的方式类似，所定义的属性使用 Column 特性和对这个特性可用的一些属性。例如，用 IsPrimaryKey 项设置主键。

除了 Customer 类之外，在创建的文件中还有一个继承自 DataContext 对象的类：

```
[System.Data.Linq.Mapping.DatabaseAttribute(Name="NORTHWND")]
public partial class NorthwindDataContext: System.Data.Linq.DataContext
{
    // Code removed for clarity
}
```

DataContext 对象(NorthwindDataContext)可以连接到 Northwind 数据库和 Customer 表上，与前面的例子一样。

使用 O/R 设计器可以使数据库对象类文件的创建更简单、直接。然而，同时，如果要完全控制，就可以自己编写所有代码，得到期望的结果。

## 56.5 查询数据库

如前所述，在应用程序的代码中有许多方式查询数据库。该查询最简单的形式如下：

```
Table<Product> query = dc.Products;
```

这条命令把整个 Products 表放在 query 对象实例中。

### 56.5.1 使用查询表达式

除了使用 dc.Products 把表直接提取出数据库之外，还可以在代码中直接使用强类型化的查询表

达式。下面的代码就是一个例子：



```
using System;
using System.Linq;

namespace ConsoleApplication1
{
    class Class1
    {
        static void Main(string[] args)
        {
            NorthwindDataContext dc = new NorthwindDataContext();

            var query = from p in dc.Products
                       select p;
            foreach (Product item in query)
            {
                Console.WriteLine(item.ProductID + " | " + item.ProductName);
            }

            Console.ReadLine();
        }
    }
}
```

代码下载 ConsoleApplication1.sln

在这个例子中，用“from p in dc.Products select p;”的查询值填充 query 对象(同样是 Table<Product> 对象)。为了增强可读性，把这条命令放在两行上，根据个人爱好也可以放在一行上。

### 56.5.2 查询表达式

在代码中可以使用许多查询表达式，上面的例子仅是一条简单的 select 语句，它返回整个表。表 56-5 列出了其他一些查询表达式。

表 56-5

选 项	语 法
Project	select <expression>
Filter	where <expression>, distinct
Test	any(<expression>), all(<expression>)
Join	<expression> join <expression> on <expression> equals <expression>
Group	group by <expression>, into <expression>, <expression> group join<decision> on <expression> equals <expression> into <expression>
Aggregate	count([<expression>]), sum(<expression>), min(<expression>), max(<expression>), avg(<expression>)
Patition	skip [while] <expression>, take [while] <expression>
Set	union, intersect, except
Order	order by <expression>, <expression> [ascending   descending]

### 56.5.3 使用表达式筛选

除了直接查询整个表之外，还可以使用 `where` 和 `distinct` 选项筛选数据项。下面的例子就查询 `Products` 表中指定类型的记录：

```
var query = from p in dc.Products
            where p.ProductName.StartsWith("L")
            select p;
```

在该示例中，这个查询从 `Products` 表中选择所有以字母 `L` 开头的记录。这通过 `where p.ProductName.StartsWith("L")` 表达式实现。`ProductName` 属性有许多选择方法，可以细调需要的筛选条件。这个操作生成如下结果：

```
65 | Louisiana Fiery Hot Pepper Sauce
66 | Louisiana Hot Spiced Okra
67 | Laughing Lumberjack Lager
74 | Longlife Tofu
76 | Lakkalik  ri
```

根据需要还可以给列表添加任意多个表达式。例如，下面的例子给查询添加了两条 `where` 语句：

```
var query = from p in dc.Products
            where p.ProductName.StartsWith("L")
            where p.ProductName.EndsWith("i")
            select p;
```

其中一个筛选表达式查找产品名称以字母 `L` 开头的项，第二个表达式确保还应用了第二个条件，即对应项必须以字母 `i` 结尾。这会生成如下结果：

```
76 | Lakkalik    ri
```

### 56.5.4 执行连接

除了使用一个表之外，还可以使用多个表，用查询执行连接。如果把 `Customers` 表和 `Orders` 表都拖放到 `Northwind.dbml` 设计界面上，就会得到如图 56-9 所示的结果：

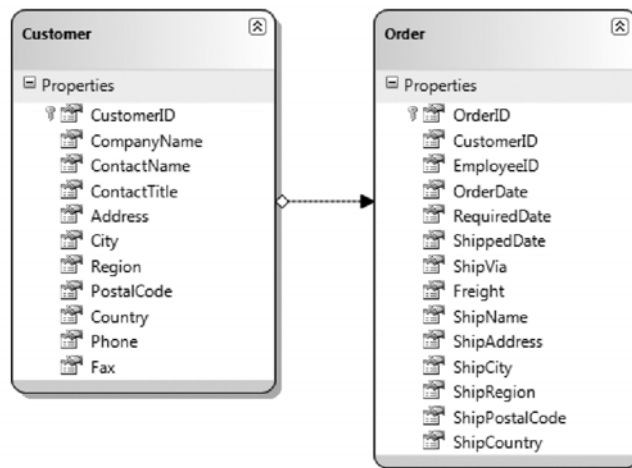


图 56-9

从图 56-9 可以看出, 把这些元素拖放到设计界面上后, Visual Studio 就知道这些项之间存在一个关系, 并在代码中创建这个关系, 用黑色箭头表示它。

现在, 就可以在查询中通过 `join` 语句使用这两个表, 如下面的例子所示:



```
using System;
using System.Linq;

namespace ConsoleApplication1
{
    class Class1
    {
        static void Main(string[] args)
        {
            NorthwindDataContext dc = new NorthwindDataContext();
            dc.Log = Console.Out;

            var query = from c in dc.Customers
                join o in dc.Orders on c.CustomerID equals o.CustomerID
                orderby c.CustomerID
                select new { c.CustomerID, c.CompanyName,
                    c.Country, o.OrderID, o.OrderDate };

            foreach (var item in query)
            {
                Console.WriteLine(item.CustomerID + " | " + item.CompanyName
                    + " | " + item.Country + " | " + item.OrderID
                    + " | " + item.OrderDate);
            }

            Console.ReadLine();
        }
    }
}
```

代码段 ConsoleApplication1.sln

这个例子从 `Customers` 表中提取数据, 并连接 `Orders` 表中与 `CustomerID` 列匹配的记录。这通过 `join` 语句实现:

```
join o in dc.Orders on c.CustomerID equals o.CustomerID
```

接着用 `select new` 语句创建一个新对象, 这个新对象包含 `Customers` 表中的 `CustomerID`、`CompanyName`、`Country` 列, 以及 `Orders` 表中的 `OrderID` 和 `OrderDate` 列。

在迭代这个新对象的集合时, 有趣的是 `foreach` 语句还使用 `var` 关键字, 因为该类型在此刻未知:

```
foreach (var item in query)
{
    Console.WriteLine(item.CustomerID + " | " + item.CompanyName
        + " | " + item.Country + " | " + item.OrderID
        + " | " + item.OrderDate);
}
```

无论如何, `item` 对象可以访问我们指定的所有属性。运行这个示例, 会得到类似于如下部分结果的输出:

```

WILMK | Wilman Kala | Finland | 10695 | 10/7/1997 12:00:00 AM
WILMK | Wilman Kala | Finland | 10615 | 7/30/1997 12:00:00 AM
WILMK | Wilman Kala | Finland | 10673 | 9/18/1997 12:00:00 AM
WILMK | Wilman Kala | Finland | 11005 | 4/7/1998 12:00:00 AM
WILMK | Wilman Kala | Finland | 10879 | 2/10/1998 12:00:00 AM
WILMK | Wilman Kala | Finland | 10873 | 2/6/1998 12:00:00 AM
WILMK | Wilman Kala | Finland | 10910 | 2/26/1998 12:00:00 AM

```

### 56.5.5 分组项

也可以通过查询对项分组。在 Northwind.dbml 示例中, 把 Categories 表拖放到设计界面上, 会发现这个表和 Products 表之间存在一个关系。下面的例子说明了如何按类别对产品分组:



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

using System;
using System.Linq;

namespace ConsoleApplication1
{
    class Class1
    {
        static void Main(string[] args)
        {
            NorthwindDataContext dc = new NorthwindDataContext();

            var query = from p in dc.Products
                        orderby p.Category.CategoryName ascending
                        group p by p.Category.CategoryName into g
                        select new { Category = g.Key, Products = g };

            foreach (var item in query)
            {
                Console.WriteLine(item.Category);

                foreach (var innerItem in item.Products)
                {
                    Console.WriteLine(" " + innerItem.ProductName);
                }

                Console.WriteLine();
            }

            Console.ReadLine();
        }
    }
}

```

代码下载 ConsoleApplication1.sln

这个例子创建了一个新对象, 它是一组类别, 再把整个 Product 表打包到这个新表(g)中。在此之前, 类别使用 orderby 语句按名称排序, 因为所提供的订单按升序排列(另一个选项是降序)。输出是 Category(通过 Key 属性传递)和 Product 实例。foreach 语句的迭代对类别迭代一次, 给在类别中找到的每种产品迭代一次。

这个程序的部分输出结果如下:

```

Beverages
    Chai

```



```

Chang
Guaran ´ Fant ´ stica
Sasquatch Ale
Steeleye Stout
Côte de Blaye
Chartreuse verte
Ipoh Coffee
Laughing Lumberjack Lager
Outback Lager
Rhönbräu Klosterbier
Lakkalikööri

```

#### Condiments

```

Aniseed Syrup
Chef Anton's Cajun Seasoning
Chef Anton's Gumbo Mix
Grandma's Boysenberry Spread
Northwoods Cranberry Sauce
Genen Shouyu
Gula Malacca
Sirop d'érable
Vegie-spread
Louisiana Fiery Hot Pepper Sauce
Louisiana Hot Spiced Okra
Original Frankfurter grüne Soße

```

除了本章介绍的命令和表达式之外，还有许多其他的命令和表达式。

## 56.6 存储过程

前面都是直接查询表，使 LINQ 为操作创建相应的 SQL 语句。在使用那些大量使用存储过程的已有数据库和遵循使用存储过程的最佳实践的数据库时，LINQ 也是一个可用的选项。

LINQ to SQL 把存储过程看作方法调用。如图 56-4 所示，O/R 设计器可以把表拖放到其设计界面上，之后就可以通过编程方式使用表。在 O/R 设计器的右侧，有一个区域可以拖放存储过程。

拖放到 O/R 设计器这个部分的任何存储过程都变成可以在 `DataContext` 对象中可用的方法。例如，把 `TenMostExpensiveProducts` 存储过程拖放到 O/R 设计器的这个部分上。

下面的例子说明了如何在 `Northwind` 数据库中调用这个存储过程：



可从  
wrox.com  
下载源代码

```

using System;
using System.Collections.Generic;
using System.Data.Linq;
using System.Linq;

namespace ConsoleApplication1
{
    class Class1
    {
        static void Main(string[] args)
        {
            NorthwindDataContext dc = new NorthwindDataContext();

```

```
        ISingleResult<Ten_Most_Expensive_ProductsResult> result =
            dc.Ten_Most_Expensive_Products();

        foreach (Ten_Most_Expensive_ProductsResult item in result)
        {
            Console.WriteLine(item.TenMostExpensiveProducts + " | " +
                item.UnitPrice);
        }

        Console.ReadLine();
    }
}
```

---

代码下载 [ConsoleApplication1.sln](#)

从这个例子中可以看出，存储过程输出的行被收集到 `ISingleResult<Ten_Most_Expensive_ProductsResult>` 对象中。之后，迭代这个对象，这与余下的操作一样简单。

从这个例子可以看出，调用存储过程是很简单的过程。

## 56.7 小结

.NET Framework 4 版本的一个激动人心的功能是该平台提供的 LINQ 功能。本章介绍了 LINQ to SQL 的使用和查询 SQL Server 数据库时可用的一些选项。

使用 LINQ to SQL 可以通过一组强类型化的操作对数据库执行 CRUD 操作。也可以使用已有的访问功能，不管是与 ADO.NET 交互，还是使用存储过程。

# 第 57 章

## WPF 3.0

### 本章内容:

- 不同类型的工作流：顺序工作流和状态机工作流
- 内置活动
- 如何创建自定义活动
- 工作流服务
- 与 WCF 的集成
- 驻留工作流
- 迁移到 Workflow Foundation 4 的提示

本章将概述 Windows Workflow Foundation 3.0(本章称之为 WF)，它提供一个模型，在该模型中，可以使用一组构建块(称为活动)定义和执行进程。WF 还提供了一个设计器，在默认情况下，该设计器驻留在 Visual Studio 中，允许将工具箱中的活动拖放到设计界面上，创建一个工作流模板。

创建一个 WorkflowInstance，运行该实例，就可以执行这个模板。执行工作流的代码称为 WorkflowRuntime，该对象也可以驻留许多服务，正在运行的工作流可以访问它们。在任意时刻，均有几个工作流实例在执行，运行库负责调度这些实例，保存和还原状态，它还可以记录每个工作流实例的执行情况。

工作流由许多活动构成，这些活动由运行库执行。活动可以是发送电子邮件、更新数据库中的一行，或在后端系统上执行一个事务。有许多内置活动，它们用于一般性的工作，也可以创建自己的自定义活动，根据需要将它们放在工作流中。

注意 Visual Studio 2010 有 Windows Workflow 的一个新版本，它不后向兼容。本章介绍工作流的老版本。对于新项目，建议使用 WF 4 版本，更多信息参见第 44 章。本章末尾还提供了一些升级到 WF 4 的建议。

本章从一个规范的例子 Hello World 开始，每个人在面对一种新技术时都要使用这个例子，并描述在开发计算机上使工作流运行所需要做的工作。

### 57.1 Hello World 示例

Visual Studio 2010 包含对创建工作流的内置支持。打开 New Project 对话框，会看到一个工作流

项目类型列表，如图 57-1 所示。

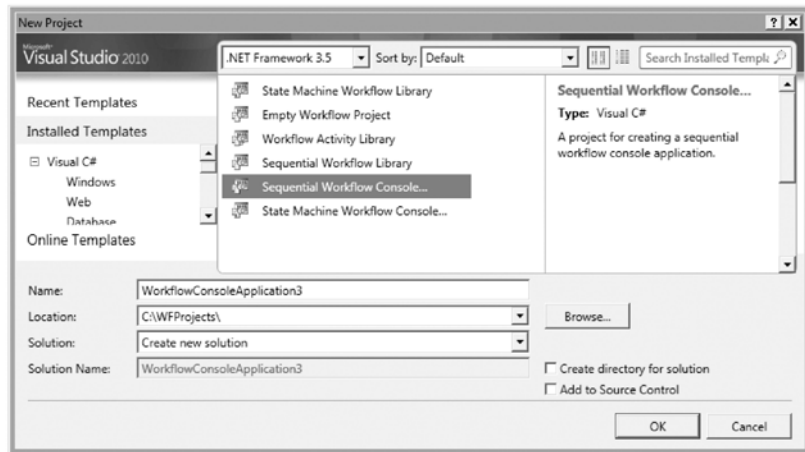


图 57-1

从可用的模板中选择 Sequential Workflow Console Application(它会创建一个驻留 workflow 运行库的控制台应用程序)和默认的工作流，以后要在该工作流上拖放活动。

接着，把 Code 活动从工具箱拖放到设计界面上，这样就会得到如图 57-2 所示的工作流。

该活动右上角的感叹号标志符号表示，没有定义该活动的强制属性，这里它是 ExecuteCode 属性，它指定活动执行时调用的方法。57.3.1 节将学习如何把自己的属性标记为强制属性。如果双击 Code 活动，就在代码隐藏类中创建一个方法，该方法使用 Console.WriteLine 输出 Hello World 字符串，如下面的代码所示：

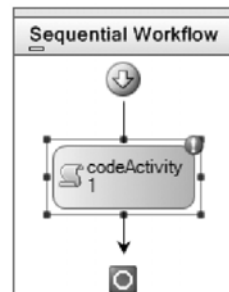


图 57-2

```
private void codeActivity1_ExecuteCode(object sender, EventArgs e)
{
    Console.WriteLine("Hello World");
}
```

如果构建并运行程序，就会在控制台上看到输出的文本。程序执行时，创建了一个 WorkflowRuntime 类型的实例，然后构建一个工作流实例，并执行它。在执行 Code 活动时，它调用已定义的方法，和将字符串输出到控制台上的方法。57.5 节将详细描述如何驻留运行库。上述示例的代码在 01 HelloWorldWorld 文件夹中。

## 57.2 活动

工作流中的内容是一个活动——该活动位于工作流中，其类型比较特殊，它通常允许在其中定义其他活动，这称为复合活动，本章的后面将介绍其他复合活动。活动是一个最终派生自 Activity 类的类。

Activity 类定义许多可重写的方法，其中最重要的是 Execute()方法，如下面的代码段所示：

```
protected override ActivityExecutionStatus Execute
( ActivityExecutionContext executionContext )
{
    return ActivityExecutionStatus.Closed;
}
```

在运行库调度活动以便执行时，最终会调用 Execute()方法，在该方法中，可以编写自定义代码，提供活动的行为。在上一节的简单示例中，当 workflow 运行库在 CodeActivity 上调用 Execute()方法时，这个方法的实现代码就会执行在代码隐藏类中定义的方法，在控制台上显示该消息。

Execute()方法需要一个 ActivityExecutionContext 类型的上下文参数，本章的后面将探讨这个参数。该方法的返回值是 ActivityExecutionStatus 类型，该返回值由运行库用于确定活动是已成功完成、仍在处理，还是处于其他几个状态中的一个状态，这几个状态可以向 workflow 运行库描述活动所处的状态。从这个方法中返回 ActivityExecutionStatus.Closed，表示活动已完成其工作，可以释放它。

WF 提供了许多标准活动，下面几节就介绍其中一些活动的例子，并说明使用这些活动的场合。活动的命名约定是在名称的后面追加 Activity。例如，图 57-2 中的代码活动就由 CodeActivity 类定义。

所有标准活动都在 System.Workflow.Activities 名称空间中定义，该名称空间位于 System.Workflow.Activities.dll 程序集中。还有另外两个程序集——System.Workflow.ComponentModel.dll 和 System.Workflow.Runtime.dll 也是 WF 的组成部分。

### 57.2.1 ElseIfActivity

顾名思义，这个活动的操作类似于 C# 中的 If-Else 语句。

当将一个 ElseIfActivity 拖放到设计界面上时，会看到如图 57-3 所示的活动。ElseIfActivity 是一个复合活动，它构建两个分支(这两个分支的类型也是活动，这里是 ElseIfBranchActivity)。每个分支也都是派生自 SequenceActivity 的复合活动，这个类自上而下执行每个活动。设计器添加了 Drop Activities Here 文本，指出可以把子活动添加到什么地方。

如图 57-3 所示，第一个分支包含一个符号，指定需要定义 Condition 属性。条件派生自 ActivityCondition，并用于确定是否执行该分支。

```
protected override ActivityExecutionStatus Execute
( ActivityExecutionContext executionContext )
{
    return ActivityExecutionStatus.Closed;
}
```

在执行 ElseIfActivity 时，将判断第一个分支的条件，如果该条件等于 true，就执行该分支。如果条件等于 false，ElseIfActivity 就尝试执行下一个分支，依此类推，直到活动中的最后一个分支为止。注意，ElseIfActivity 可以有任意多个分支，每个分支都有自己的条件。最后一个分支不能有条件，因为它相当于 If-Else 语句中的 else 部分。要添加一个新分支，可以显示活动的上下文菜单，从

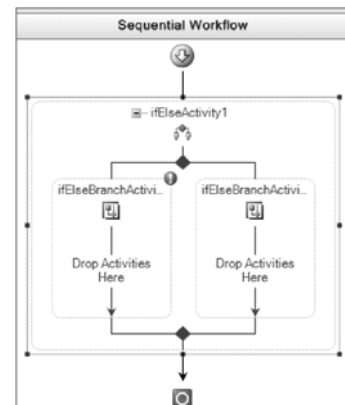


图 57-3

菜单中选择 Add Branch 命令——也可以从 Visual Studio 的 Workflow 菜单中选择它。在添加分支时，每个分支都有一个强制的条件，但最后一个分支例外。

WF 定义两个标准的条件类型——CodeCondition 和 RuleConditionReference。CodeCondition 类在代码隐藏类上执行一个方法，它返回 true 或 false。要创建 CodeCondition，可以显示 IfElseActivity 的属性表，将条件设置为 CodeCondition，再为要执行的代码输入一个名称，如图 57-4 所示。

将方法名输入属性网格时，设计器会在代码隐藏类上构建一个方法，如下面的代码段所示：

```
private void InWorkingHours(object sender, ConditionalEventArgs e)
{
    int hour = DateTime.Now.Hour;
    e.Result = ((hour >= 9) && (hour <= 17));
}
```

如果当前时间在 9 am 和 5 pm 之间，上面的代码就将所传递的 ConditionalEventArgs 的 Result 属性设置为 true。可以在代码中定义条件，如上面的代码所示，另一种方法是根据以类似方式判断的 Rule 定义条件。Workflow 设计器包含一个规则编辑器，它可以用于声明条件和语句(类似于上面的 If-Else 语句)。这些规则在运行时根据工作流的当前状态进行判断。

### 57.2.2 ParallelActivity

这个活动可以定义并行执行的一组活动，或者以伪并行的方式执行的一组活动。当工作流运行库调度一个活动时，它在一个线程中调度活动。这个线程先执行第一个活动，再执行第二个活动，直到完成所有活动为止(或者某个活动在等待某种形式的输入为止)。在执行 ParallelActivity 时，它会迭代每个分支，依次调度执行每个分支。工作流运行库为每个工作流实例维护一个已调度的活动队列，一般以 FIFO(先进先出)的方式执行它们。

假定有如图 57-5 所示的一个 ParallelActivity，它调度执行 sequenceActivity1 和 sequenceActivity2。SequenceActivity 类型的工作方式是先用运行库调度执行第一个活动，这个活动执行完毕后，就调度第二个活动。这个调度/等待完成方法会遍历系列中的所有子活动，直到所有子活动都执行完毕后，序列活动才完成。

如果 SequenceActivity 一次调度执行一个活动，就表示 WorkflowRuntime 维护的队列会用可调度执行的活动连续不断地更新。假定有一个并行活动 P1，它包含两个系列(S1 和 S2)，每个系列都有两个代码活动(C1 和 C2)，这会在调度程序队列中生成如表 57-1 所示的项。

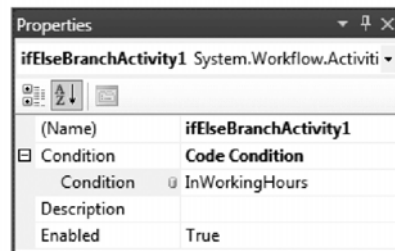


图 57-4

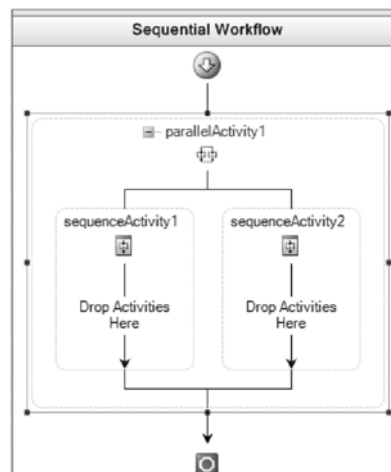


图 57-5

表 57-1

workflow 队列	初始队列在队列中没有活动
P1	在工作流运行时并行执行
S1, S2	执行 P1 时, 添加到队列中
S2, S1.C1	S1 执行, 并将 S1.C1 添加到队列中
S1.C1, S2.C1	S2 执行, 并将 S2.C1 添加到队列中
S2.C1, S1.C2	S1.C1 完成, 所以 S1.C2 进入队列中
S1.C2, S2.C2	S2.C1 完成, 所以 S2.C2 进入队列中
S2.C2	队列中的最后一项

这里, 队列处理第一项(并行活动 P1), 这将序列活动 S1 和 S2 添加到 workflow 队列中。在执行序列活动 S1 时, 它会将其第一个子活动(S1.C1)放在队列的尾部, 调度并完成这个活动后, 就把第二个子活动添加到队列中。

从上面的例子可以看出, `ParallelActivity` 的执行并非真正是并行的, 它实际上在两个系列分支之间交叉执行。由此可以推断, 最好的情况是活动的执行时间最短, 因为每个 workflow 都只有一个线程为调度程序队列服务, 所以运行时间较长的活动会妨碍队列中其他活动的执行。但是, 因为活动的执行时间常常是任意的, 所以必须采用某种方式将活动标记为“运行时间较长”, 以便其他活动有机会执行。为此, 可以从 `Execute()` 方法中返回 `ActivityExecutionStatus.Executing`, 在活动结束时让运行库知道, 以后还要调用它。这种活动的一个例子是 `DelayActivity`。

### 57.2.3 CallExternalMethodActivity

workflow 一般需要调用 workflow 外部的的方法, 这个活动可以定义一个接口和在该接口上调用的方法。`WorkflowRuntime` 维护一个服务列表(其键为一个 `System.Type` 值), 使用传递给 `Execute()` 方法的 `ActivityExecutionContext` 参数可以访问该服务列表。

可以定义自己的服务, 用于添加到这个集合中, 再从自己的活动中访问这些服务。例如, 可以构建一个数据访问层, 作为一个服务接口提供, 再为 SQL Server 和 Oracle 提供该服务的不同实现代码。因为活动只调用接口方法, 所以从 SQL Server 到 Oracle 的切换对活动是不透明的。

将一个 `CallExternalMethodActivity` 添加到 workflow 中后, 就定义两个强制属性(`InterfaceType` 和 `MethodName`)。接口类型定义在执行活动时运行库要使用的服务, 方法名指定要调用该接口的哪个方法。

在执行这个活动时, 它将查询该服务类型的执行上下文, 查找有指定接口的服务, 然后调用该接口上的相应方法。也可以从 workflow 中给方法传递参数, 对应内容将在 57.4.5 节中讨论。

### 57.2.4 DelayActivity

业务流程常常需要等待一段时间才能完成——考虑使用 workflow 进行费用申请的过程。workflow 给直接经理发送一封电子邮件, 要求他批准某个费用申请。之后 workflow 进入等待状态, 等待经理批准(或者不批准), 这里最好定义一个超时期限, 这样如果在 1 天的时间内没有返回响应, 费用申请就路由给命令链中的下一个经理。

DelayActivity 可以实现这个情形的一部分(另一部分是下面定义的 ListenActivity),其任务是等待指定的时间,之后继续执行工作流。定义延迟的持续时间有两种方式:可以将延迟的 TimeoutDuration 属性设置为一个字符串,如“1.00:00:00”(1天,没有指定小时、分钟和秒);也可以提供一个方法,在执行活动时,调用该方法,从代码中将延迟的持续时间设置为一个值。为此,需要为延迟活动的 InitializeTimeoutDuration 属性定义一个值。这会在代码隐藏中创建一个方法,如下面的代码段所示:

```
private void DefineTimeout(object sender, EventArgs e)
{
    DelayActivity delay = sender as DelayActivity;

    if (null != delay)
    {
        delay.TimeoutDuration = new TimeSpan(1, 0, 0, 0);
    }
}
```

这里的 DefineTimeout() 方法将发送者强制转换为一个 DelayActivity,然后在代码中把 TimeoutDuration 属性设置为 TimeSpan。尽管这里硬编码了这个值,但很可能从其他数据——或许是传递给工作流的一个参数或者从配置文件中读取的一个值——构建该属性值。工作流参数在 57.4 节中讨论。

### 57.2.5 ListenActivity

一个常见的编程结构是等待一组事件中某个可能的事件,例如 System.Threading.WaitHandle 类的 WaitAny() 方法。ListenActivity 是在工作流中等待事件的一种方式,因为它可以定义任意多个分支,每个分支都把基于事件的活动作为该分支的第一个活动。

事件活动是实现在 System.Workflow.Activities 名称空间中定义的 IEventActivity 接口的活动。目前 WF 将 3 个这样的活动定义为标准活动: DelayActivity、HandleExternalEventActivity 和 WebServiceInputActivity。图 57-6 中的工作流正在等待外部输入或者某个延迟——这是前面讨论的费用申请工作流的一个示例。

在这个例子中, CallExternalMethodActivity 用作工作流中的第一个活动,它会调用在服务接口上定义的方法,服务接口提示经理批准或不批准——因为这是一个外部服务,所以该提示可以是电子邮件、IM 消息或用其他方式通知经理,需要处理一个费用申请。之后,工作流执行 ListenActivity,等待来自这个外部服务的输入(批准或不批准),同时也在延迟。

在执行 ListenActivity 时,它实际上会将一个等待操作放在每个分支的第一个活动中,在触发一

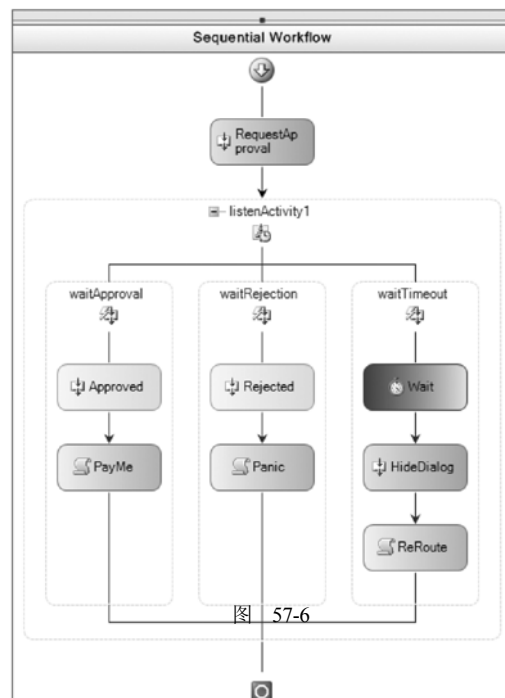


图 57-6



个事件时，会取消所有其他等待事件，然后处理在其中触发事件的分支的其他活动。所以在该情况中，如果批准费用报告，就引发 `Approved` 事件，然后调度 `PayMe` 活动。但如果经理没有批准该费用申请，就引发 `Rejected` 事件，然后调度 `Panic` 活动。

最后，如果 `Approved` 事件和 `Rejected` 事件都没有引发，`DelayActivity` 最终就会在延迟到期后完成，费用报告可以路由给下一个经理——可能在 `Active Directory` 中查找这个人。在本示例中，因为在执行 `RequestApproved` 活动时会给用户显示一个对话框，所以如果执行 `DelayActivity` 时，那么还需要关闭这个对话框，而这就是图 57-6 中 `HideDialog` 活动的作用。

这个例子的代码在 `02 Listen` 目录下。该示例使用了前面没有介绍的一些概念，如 workflow 实例如何标识，如何引发事件返回 workflow 运行库，最终发送给正确的工作流实例。这些概念将在 57.4 节中探讨。

### 57.2.6 活动执行模型

到目前为止，本章仅讨论了运行库通过调用 `Execute()` 方法执行活动。实际上，活动在执行过程中会经历许多不同的状态，如图 57-7 所示。

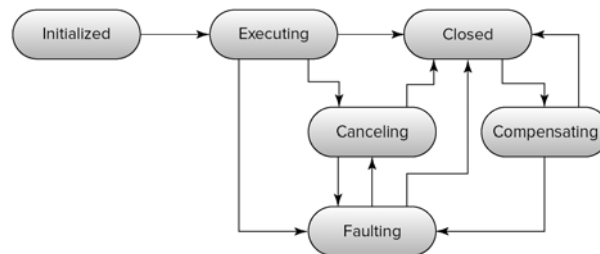


图 57-7

`WorkflowRuntime` 先调用活动的 `Initialize()` 方法，初始化这个活动。给这个方法传递 `IServiceProvider` 实例，该实例映射到运行库中可用的服务。这些服务将在 57.6 节中讨论。大多数活动在这个方法中都是什么都不做，但这个方法会进行一些必要的设置。

接着，运行库调用 `Execute()` 方法，活动就可以从 `ActivityExecutionStatus` 枚举中返回一个值。一般应从 `Execute()` 方法中返回 `Closed`，表示活动处理完毕；但是如果返回其他状态值中的某个值，运行库就使用该值确定活动所处的状态。

从这个方法中可以返回 `Executing`，表示运行库还有额外的工作要做。一个典型的例子是当有一个复合活动并且它需要执行其子活动时。在这种情况下，活动可以调度其每个子活动以便执行，接着等待所有子活动执行完毕，之后通知运行库，活动已完成。

## 57.3 自定义活动

前面使用的都是 `System.Workflow.Activities` 名称空间中定义的活动。本节将学习如何创建自定义活动，扩展它们，从而在设计时和运行时提供更好的用户体验。

首先，创建 `WriteLineActivity`，它用于一行文本输出到控制台上。这是一个简单的例子，但后面将扩展它，介绍使用该例子的自定义活动的所有可用选项。在创建自定义活动时，可以仅在工作流项目中构建一个类，但最好在一个独立的程序集中构建自定义活动，因为 `Visual Studio` 的设计环

境(尤其是和工作流项目)会从程序集中加载活动, 并能在更新程序集时锁定它。所以, 应创建一个简单的类库项目, 在其中构建自定义活动。

简单的活动(如 WriteLineActivity)直接派生自 Activity 基类。下面的代码显示一个构建的活动类, 并定义 Message 属性, 在调用 Execute()方法时会显示该属性:

```
using System;
using System.ComponentModel;
using System.Workflow.ComponentModel;

namespace SimpleActivity
{
    /// <summary>
    /// A simple activity that displays a message to the console when it executes
    /// </summary>
    public class WriteLineActivity: Activity
    {
        /// <summary>
        /// Execute the activity-display the message on screen
        /// </summary>
        /// <param name="executionContext"></param>
        /// <returns></returns>
        protected override ActivityExecutionStatus Execute
            (ActivityExecutionContext executionContext)
        {
            Console.WriteLine(Message);

            return ActivityExecutionStatus.Closed;
        }

        /// <summary>
        /// Get/Set the message displayed to the user
        /// </summary>
        [Description("The message to display")]
        [Category("Parameters")]
        public string Message
        {
            get { return _message; }
            set { _message = value; }
        }

        /// <summary>
        /// Store the message displayed to the user
        /// </summary>
        private string _message;
    }
}
```

在 Execute()方法中, 可以将消息写入控制台中, 再返回 Closed 状态, 通知运行库, 活动已完成。

也可以在 Message 属性上定义特性, 以便为这个属性定义其描述内容和类别。这将在 Visual Studio 的属性网格中使用, 如图 57-8 所示。

本节用于创建活动的代码在 03 CustomActivities 解决方

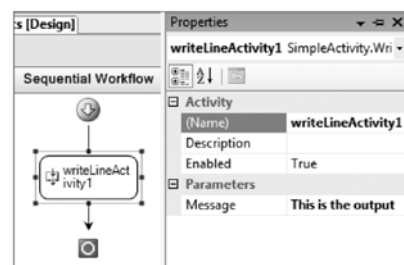


图 57-8

案中。如果编译该解决方案，就可以从工具箱的上下文菜单中选择 **Choose Items** 菜单项，导航到包含活动的程序集所驻留的文件夹，将自定义活动添加到 **Visual Studio** 的工具箱中。程序集中的所有活动都添加到工具箱中。

这个活动肯定是可以使用的，但是，有几个地方可以使这个活动更友好。与本章前面的 `CodeActivity` 一样，它有一些强制属性，如果没有定义，就会在设计界面上生成一个错误标志符号。为了从活动获得相同的行为，需要构建一个派生自 `ActivityValidator` 的类，将这个类与自定义活动关联起来。

### 57.3.1 活动的验证

当把活动放在设计界面上时， workflow 设计器就会在该活动上查找一个属性，它定义对活动进行验证的类。为了验证活动，需要检查是否设置了 `Message` 属性。

给活动实例传递一个自定义验证器，以确定哪些强制属性没有定义，并给设计器使用的 `ValidationErrorsCollection` 添加一个错误。之后 workflow 设计器读取这个集合，在该集合中发现的错误会将一个标志符号添加到活动中，并将每个错误链接到需要注意的属性上。

```
using System;
using System.Workflow.ComponentModel.Compiler;

namespace SimpleActivity
{
    public class WriteLineValidator: ActivityValidator
    {
        public override ValidationErrorsCollection Validate
            (ValidationManager manager, object obj)
        {
            if (null == manager)
                throw new ArgumentNullException("manager");
            if (null == obj)
                throw new ArgumentNullException("obj");

            ValidationErrorsCollection errors = base.Validate(manager, obj);

            // Coerce to a WriteLineActivity
            WriteLineActivity act = obj as WriteLineActivity;

            if (null != act)
            {
                if (null != act.Parent)
                {
                    // Check the Message property
                    if (string.IsNullOrEmpty(act.Message))
                        errors.Add(ValidationErrors.GetNotSetValidationErrors("Message"));
                }
            }

            return errors;
        }
    }
}
```

更新活动的任一部分时，以及将活动拖放在设计界面上时，设计器都会调用 `Validate()` 方法。设计器调用 `Validate()` 方法时，会把活动传递为非类型化的 `obj` 参数。

在这个方法中，先验证传入的参数，再调用基类的 `Validate()` 方法得到一个 `ValidationErrorsCollection`。尽管这不是严格必需的，但如果从有许多需要验证的属性的活动中派生，调用基类方法就能确保也检查这些属性。

代码然后将传递的 `obj` 参数强制转换为 `WriteLineActivity` 实例，检查活动是否有父活动。这个测试是必需的，因为 `Validate()` 函数在编译活动的过程中调用(假定活动在一个工作流项目或活动库中)，此时并没有定义父活动。没有这个检查，实际上就不能构建包含活动的程序集和验证器。如果项目的类型是类库，就不需要这个额外的步骤。

最后一步是检查 `Message` 属性是否设置为一个值，而不是设置为空字符串——这使用 `ValidationErrors` 类的一个静态方法，它构造一个错误，说明没有定义属性。

为了给 `WriteLineActivity` 实例添加验证支持，最后一步是将 `ActivityValidation` 属性添加到活动中，如下面的代码段所示：

```
[ActivityValidator(typeof(WriteLineValidator))]
public class WriteLineActivity: Activity
{
    .
}
```

如果编译该应用程序，再将一个 `WriteLineActivity` 实例拖放在工作流上，就会看到如图 57-9 所示的验证错误；单击这个错误，就能在属性网格中查看这个属性。

如果给 `Message` 属性输入一些文本，就会删除验证错误，之后就可以编译并运行应用程序。

既然完成了活动的验证后，接下来就要更改活动的呈现行为，给该活动添加填充色。为此，需要定义 `ActivityDesigner` 类和 `ActivityDesignerTheme` 类，如下一节所述。

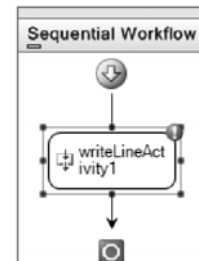


图 57-9

### 57.3.2 主题和设计器

活动的屏幕呈现使用 `ActivityDesigner` 类执行，这也可以使用 `ActivityDesignerTheme` 类执行。主题类用于在工作流设计器中对活动的呈现行为进行简单的更改。

```
public class WriteLineTheme: ActivityDesignerTheme
{
    /// <summary>
    /// Construct the theme and set some defaults
    /// </summary>
    /// <param name="theme"></param>
    public WriteLineTheme(WorkflowTheme theme)
    : base(theme)
    {
        this.BackColorStart = Color.Yellow;
        this.BackColorEnd = Color.Orange;
        this.BackgroundStyle = LinearGradientMode.ForwardDiagonal;
    }
}
```

主题派生自 `ActivityDesignerTheme`，它有一个作为 `WorkflowTheme` 参数传递的构造函数。在该构造函数中，为活动设置起始颜色和结束颜色，再定义一个线性渐变画笔，用于绘制背景。

`Designer` 类用于重写活动的呈现行为——因为这里不需要重写，所以下面的代码就足够了：

```
[ActivityDesignerTheme(typeof(WriteLineTheme))]
public class WriteLineDesigner: ActivityDesigner
{
}
```

注意使用 `ActivityDesignerTheme` 属性将主题与设计器关联起来。

最后一步是用 `Designer` 属性修饰活动：

```
[ActivityValidator(typeof(WriteLineValidator))]
[Designer(typeof(WriteLineDesigner))]
public class WriteLineActivity: Activity
{
}
}
```

于是，活动的呈现结果如图 57-10 所示。

添加设计器和主题之后，活动现在看上去更专业。主题上还有许多其他属性，如用于呈现边框的钢笔、边框的颜色、边框的样式等。

重写 `ActivityDesigner` 类的 `OnPaint()` 方法，可以完全控制活动的呈现。这里最好适量练习一下，因为可以更进一步，创建一个与工具箱中任何其他活动都不雷同的活动。

在 `ActivityDesigner` 类中，另一个有用的重写属性是 `Verbs`。它允许在活动的上下文菜单中添加菜单项。用 `ParallelActivity` 的设计器将 `Add Branch` 菜单项插入活动的上下文菜单和 `Workflow` 菜单中。还可以重写设计器的 `PreFilterProperties()` 方法，修改为活动提供的属性列表，这是 `CallExternalMethodActivity` 的方法参数显示到属性网格中的方式。如果需要对设计器进行这类扩展，就应运行 Red Gate 的 `Reflector`(<http://www.reflector.red-gate.com>)，并在其中加载工作流程序集，查看 Microsoft 如何定义一些扩展属性。

这个活动快完成了，现在需要定义呈现活动时使用的图标，以及与活动关联的工具箱选项。

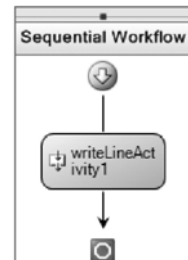


图 57-10

### 57.3.3 ActivityToolboxItem 和图标

为了完成自定义活动，需要添加一个图标。还可以创建一个派生自 `ActivityToolboxItem` 的类，在 Visual Studio 的工具箱中显示活动时，要用到这个类。

为了给活动定义图标，创建一幅  $16 \times 16$  像素的图像。将它包含到项目中，之后将图像的构建操作设置为 `Embedded Resource`。这会将该图像包含到程序集的清单资源中。可以给项目添加一个 `Resources` 文件夹，如图 57-11 所示。

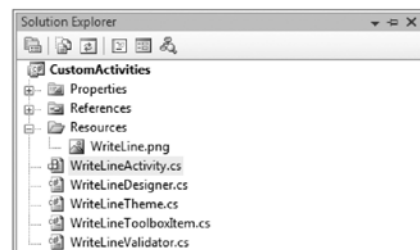


图 57-11

一旦添加了图像文件并将其构建操作设置为 `Embedded Resource` 后，就可以设置活动的属性，如下面的代码段所示：

```

    [ActivityValidator(typeof(WriteLineValidator))]
    [Designer(typeof(WriteLineDesigner))]
    [ToolboxBitmap(typeof(WriteLineActivity), "Resources.WriteLine.png")]
    public class WriteLineActivity: Activity
    {
        .
    }

```

`ToolboxBitmap` 属性定义许多构造函数,这里使用的构造函数的参数是活动程序集中定义的类型和资源名称。当将一个资源添加到文件夹中时,因为从程序集的名称空间和图像驻留的文件夹的名称构造其名称,所以该资源的完全限定名称是 `CustomActivities.Resources.WriteLine.png`。给 `ToolboxBitmap` 属性使用的构造函数将类型参数所驻留的名称空间追加到作为第二个参数传递的字符串后面,这样当 Visual Studio 加载它时,这个名称会解析为相应的资源。

最后一个需要创建的类派生自 `ActivityToolboxItem`。当把该活动加载到 Visual Studio 工具箱中时,会使用这个类。该类的一个典型应用是更改活动在工具箱上显示的名称——所有内置活动都会更改其名称,从类型中删除“Activity”。在这个类中,要将 `DisplayName` 属性设置为 `WriteLine`,以更改活动的名称。

```

    [Serializable]
    public class WriteLineToolboxItem: ActivityToolboxItem
    {
        /// <summary>
        /// Set the display name to WriteLine - i.e. trim off
        /// the 'Activity' string
        /// </summary>
        /// <param name="t"></param>
        public WriteLineToolboxItem(Type t)
            : base(t)
        {
            base.DisplayName = "WriteLine";
        }

        /// <summary>
        /// Necessary for the Visual Studio design time environment
        /// </summary>
        /// <param name="info"></param>
        /// <param name="context"></param>
        private WriteLineToolboxItem(SerializationInfo info,
                                     StreamingContext context)
        {
            this.Deserialize(info, context);
        }
    }

```

这个类派生自 `ActivityToolboxItem`,并重写构造函数,以更改显示名称;它还提供了一个序列化构造函数,当将选项加载到工具箱中时,工具箱会使用这个序列化构造函数。如果没有这个构造函数,在试图将活动添加到工具箱上时,就会接收到一个错误。注意这个类也标记为 `[Serializable]`。

使用 `ToolboxItem` 属性把工具箱中的选项添加到活动中,如下面的代码所示:

```

    [ActivityValidator(typeof(WriteLineValidator))]
    [Designer(typeof(WriteLineDesigner))]

```

```
[ToolboxBitmap(typeof(WriteLineActivity), "Resources.WriteLine.png")]
[ToolboxItem(typeof(WriteLineToolboxItem))]
public class WriteLineActivity: Activity
{
    .
}
}
```

所有这些更改都完成后，就可以编译程序集，然后创建一个新的 workflow 项目。要把活动添加到工具箱中，可以打开一个 workflow，然后显示工具箱的上下文菜单，并单击 **Choose Items** 按钮。

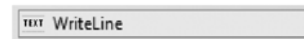


图 57-12

接着可以浏览包含活动的程序集，把活动添加到工具箱中，结果如图 57-12 所示。图标看起来不太漂亮，但它说明我们的工作已经完成了。

下一节将在自定义复合活动中再次访问 `ActivityToolboxItem`，因为这个类有一些额外的功能，将复合活动添加到设计界面上时，需要这些功能。

再次重申，我们创建了一个自定义 `WriteLineActivity`，创建了 `WriteLineValidator` 以添加验证逻辑，使用 `WriteLineDesigner` 类和 `WriteLineTheme` 类创建设计器和主题，为活动创建一个位图，最后创建了 `WriteLineToolboxItem` 类，以修改活动的显示名称。

### 57.3.4 自定义复合活动

活动有两种主要类型，派生自 `Activity` 的活动可以看作能从 workflow 中调用的函数。派生自 `CompositeActivity` 的活动(如 `ParallelActivity`、`IfElseActivity` 和 `ListenActivity`)是其他活动的容器，它们在设计期间的行为完全不同于简单的活动，因为它们显示在设计器的一个区域中，可以在该区域中拖放子活动。

本节将创建一个活动，称为 `DaysOfWeekActivity`。这个活动可以根据当前的日期执行 workflow 的不同部分。例如，在 workflow 中，为周末到达的订单执行的路径需要与正常工作日到达的订单的执行路径不同。在这个例子中，读者将学习许多高级 workflow 主题，在本节末尾之前将很好地理解如何用自己的复合活动扩展系统。这个例子的代码也放在 03 `CustomActivities` 解决方案中。

首先，创建一个自定义活动，它的一个属性默认为当前日期/时间。可以将该属性设置为另一个值，该值来自于 workflow 中的另一个活动；或把该属性设置为一个执行 workflow 时传递给 workflow 的一个参数。这个复合活动包含用户定义的许多分支，每个分支都包含一个枚举常量，该常量定义将执行该分支的日期。下面的示例定义该活动及其两个分支：

```
DaysOfWeekActivity
    SequenceActivity: Monday, Tuesday, Wednesday, Thursday, Friday
    <other activities as appropriate>
    SequenceActivity: Saturday, Sunday
    <other activities as appropriate>
```

这个例子需要一个定义一周中各天的枚举，其中包含 `[Flags]` 属性(这样就不能使用 `System` 名称空间中定义的内置枚举 `DayOfWeek`，因为它不包含 `[Flags]` 属性)。

```
[Flags]
[Editor(typeof(FlagsEnumEditor), typeof(UITypeEditor))]
public enum WeekdayEnum: byte
{
```

```

None = 0x00,
Sunday = 0x01,
Monday = 0x02,
Tuesday = 0x04,
Wednesday = 0x08,
Thursday = 0x10,
Friday = 0x20,
Saturday = 0x40
}

```

这个类型还包含一个自定义编辑器，它允许根据复选框修改枚举值。其代码可以下载。

定义了枚举类型后，就可以考虑活动的主干了。自定义复合活动一般派生自 `CompositeActivity` 类，此外，因为该基类定义 `Activities` 属性，它是所有后续活动的集合。

```

public class DaysOfWeekActivity: CompositeActivity
{
    /// <summary>
    /// Get/Set the day of week property
    /// </summary>
    [Browsable(true)]
    [Category("Behavior")]
    [Description("Bind to a DateTime property, set a specific date time,
        or leave blank for DateTime.Now")]
    [DefaultValue(typeof(DateTime), "")]
    public DateTime Date
    {
        get { return (DateTime)
            base.GetValue(DaysOfWeekActivity.DateProperty); }
        set { base.SetValue(DaysOfWeekActivity.DateProperty, value); }
    }

    /// <summary>
    /// Register the DayOfWeek property
    /// </summary>
    public static DependencyProperty DateProperty =
        DependencyProperty.Register("Date", typeof(DateTime),
            typeof(DaysOfWeekActivity));
}

```

`Date` 属性提供常规的 `get` 和 `set` 存取器，本例还添加了许多标准特性，以便 `Date` 属性能正确地显示在属性浏览器中。其代码看起来与正常的 .NET 属性有所不同，因为 `get` 和 `set` 存取器没有使用标准字段存储其值，而是使用 `DependencyProperty`。

`Activity` 类(之所以是这个类，因为它最终派生自 `Activity`)派生自 `DependencyObject` 类，它定义了一个键为 `DependencyProperty` 的值字典。这种使用 `get` 和 `set` 存取器间接得到的属性值由 WF 用于支持绑定，即把一个活动的属性链接到另一个活动的属性上。例如，我们常常要在代码中传递参数，有时是按值传递，有时是按引用传递。因为 WF 使用绑定将属性值链接在一起，所以本例在工作流上定义了一个 `DateTime` 属性，这个活动需要在运行期间绑定到该属性值上。本章的后面将列举一个绑定的例子。

如果构建这个活动，那么并没有做太多的工作；实际上它甚至不允许在该活动中拖放子活动，因为还没有为该活动定义 `Designer` 类。



## 1. 添加设计器

与本章前面的 `WriteLineActivity` 一样，每个活动都有一个关联的 `Designer` 类，`Designer` 类用于更改该活动在设计期间的行为。虽然 `WriteLineActivity` 中的 `Designer` 类是空的，但对于复合活动，需要重写两个方法，用于添加某些特殊的分支处理。

```
public class DaysOfWeekDesigner: ParallelActivityDesigner
{
    public override bool CanInsertActivities
        (HitTestInfo insertLocation, ReadOnlyCollection<Activity> activities)
    {
        foreach (Activity act in activities)
        {
            if (!(act is SequenceActivity))
                return false;
        }

        return base.CanInsertActivities(insertLocation, activitiesToInsert);
    }

    protected override CompositeActivity OnCreateNewBranch()
    {
        return new SequenceActivity();
    }
}
```

这个 `Designer` 类派生自 `ParallelActivityDesigner`，它在添加子活动时提供很好的设计时行为。如果所拖放的任何活动不是 `SequenceActivity`，就需要将 `CanInsertActivities` 重写为返回 `false`。如果所有活动的类型都正确，就可以调用基类方法，进一步检查自定义活动所允许的活动类型。

还需要重写 `OnCreateNewBranch()` 方法，它在用户选择 `Add Branch` 菜单项时调用。`Designer` 类使用 `[Designer]` 属性与该活动关联起来，如下面的代码所示：

```
[Designer(typeof(DaysOfWeekDesigner))]
public class DaysOfWeekActivity: CompositeActivity
{
}
```

设计期间的操作就快完成了，然而，还需给活动添加一个派生自 `ActivityToolboxItem` 的类，指定将该活动的一个实例从工具箱中拖出时会发生什么。默认行为是仅构造一个新活动，然而，在本例中还希望创建两个默认分支。下面的代码完整地显示了这个工具箱选项类：

```
[Serializable]
public class DaysOfWeekToolboxItem: ActivityToolboxItem
{
    public DaysOfWeekToolboxItem(Type t)
        : base(t)
    {
        this.DisplayName = "DaysOfWeek";
    }

    private DaysOfWeekToolboxItem(SerializationInfo info,
        StreamingContext context)
    {

```

```

        this.Deserialize(info, context);
    }

    protected override IComponent[] CreateComponentsCore(IDesignerHost host)
    {
        CompositeActivity parent = new DaysOfWeekActivity();
        parent.Activities.Add(new SequenceActivity());
        parent.Activities.Add(new SequenceActivity());
        return new IComponent[] { parent };
    }
}

```

代码更改了活动的显示名称，实现了序列化构造函数，并重写了 `CreateComponentsCore()` 方法。

这个方法在拖放操作的最后调用，在该方法中构造 `DayOfWeekActivity` 的一个实例。在代码中还构造两个子序列活动，为活动的用户提供了更好的设计时体验。几个内置活动与 `DayOfWeekActivity` 有相同的作用，当把一个 `IfElseActivity` 实例拖放到设计界面上时，它的工具箱选项类也会添加两个分支。当将 `ParallelActivity` 实例添加到工作流中时，也会添加两个分支。

序列化构造函数和 `[Serializable]` 特性是所有派生自 `ActivityToolboxItem` 的类都需要的。

最后，将这个工具箱选项类与该活动关联起来：

```

[Designer(typeof(DaysOfWeekDesigner))]
[ToolboxItem(typeof(DaysOfWeekToolboxItem))]
public class DaysOfWeekActivity: CompositeActivity
{
}

```

之后，活动的 UI 就接近完成了，如图 57-13 所示。

现在需要在图 57-13 的每个系列活动上定义一个属性，以便用户能指定分支执行的日期。这在 Windows 工作流中有两种方式：可以创建 `SequenceActivity` 的一个子类，在该子类中定义该属性；也可以使用依赖属性的另一个功能——附加属性。

这里采用第二种方式，因为它不需要创建子类，但可以有效地扩展序列活动，而无需活动的源代码。

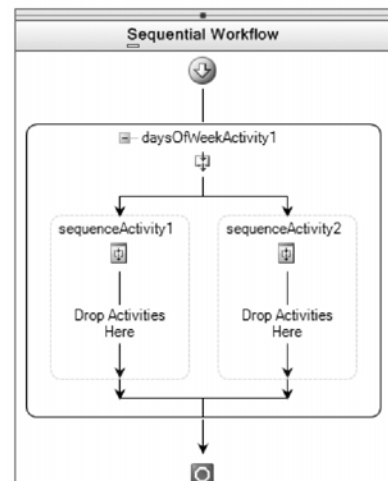


图 57-13

## 2. 附加属性

在注册依赖属性时，可以调用 `RegisterAttached()` 方法，创建一个附加属性。附加属性是在一个类中定义但在另一个类中显示的属性。所以这里在 `DayOfWeekActivity` 上定义一个属性，但这个属性实际上显示在 UI 上，作为系列活动的一个附加属性。

下面的代码段显示一个 `WeekdayEnum` 类型的 `Weekday` 属性，它会添加到驻留在复合活动中的序列活动中。

```

public static DependencyProperty WeekdayProperty =
    DependencyProperty.RegisterAttached("Weekday",
        typeof(WeekdayEnum), typeof(DaysOfWeekActivity),
        new PropertyMetadata(DependencyPropertyOptions.Metadata));

```

最后一行代码允许指定属性的额外信息，这个例子指定它是一个 `Metadata` 属性。

Metadata 属性与一般的属性不同，它只能在运行期间读取。Metadata 属性类似于 C# 中的常量声明。在程序正在执行时不能更改常量，在工作流正在执行时也不能更改 Metadata 属性。

在这个例子中，因为要指定执行活动的日期，所以在设计器中将这个字段设置为“Saturday, Sunday”。在工作流发出的代码中，应有如下的声明(代码已重新设置了格式，以适应页面的大小):

```
this.sequenceActivity1.SetValue
(DaysOfWeekActivity.WeekdayProperty,
((WeekdayEnum)((WeekdayEnum.Sunday | WeekdayEnum.Saturday)));
```

除了定义依赖属性之外，还需要利用方法在任意活动上获取和设置这个值。这些方法一般定义为复合活动上的静态方法，如下面的代码所示:

```
public static void SetWeekday(Activity activity, object value)
{
    if (null == activity)
        throw new ArgumentNullException("activity");
    if (null == value)
        throw new ArgumentNullException("value");

    activity.SetValue(DaysOfWeekActivity.WeekdayProperty, value);
}

public static object GetWeekday(Activity activity)
{
    if (null == activity)
        throw new ArgumentNullException("activity");

    return activity.GetValue(DaysOfWeekActivity.WeekdayProperty);
}
```

还需要更改另外两个地方，才能使这个额外的属性显示为 SequenceActivity 的附加属性。第一处更改是创建一个扩展提供程序，它告诉 Visual Studio 在序列活动中包含额外的属性。第二处更改是注册这个提供程序，具体操作是重写活动设计器的 Initialize() 方法，并添加如下代码:

```
protected override void Initialize(Activity activity)
{
    base.Initialize(activity);

    IExtenderListService iels = base.GetService(typeof(IExtenderListService))
        as IExtenderListService;

    if (null != iels)
    {
        bool extenderExists = false;

        foreach (IExtenderProvider provider in iels.GetExtenderProviders())
        {
            if (provider.GetType() == typeof(WeekdayExtenderProvider))
            {
                extenderExists = true;
                break;
            }
        }
        if (!extenderExists)
```

```

        {
            IExtenderProviderService ieps =
                base.GetService(typeof(IExtenderProviderService))
                    as IExtenderProviderService;
            if (null != ieps)
                ieps.AddExtenderProvider(new WeekdayExtenderProvider());
        }
    }
}

```

在上述代码中对 `GetService()` 方法的调用允许自定义设计器查询宿主(这里是 Visual Studio)设置的服务。在 Visual Studio 中查询 `IExtenderListService`，它提供用于枚举所有可用的扩展提供程序的一种方式。如果没有找到 `WeekdayExtenderProvider` 服务的实例，就查询 `IExtenderProviderService`，并添加一个新的提供程序。

扩展提供程序的代码如下所示：

```

[ProvideProperty("Weekday", typeof(SequenceActivity))]
public class WeekdayExtenderProvider: IExtenderProvider
{
    bool IExtenderProvider.CanExtend(object extende)
    {
        bool canExtend = false;

        if ((this != extende) && (extende is SequenceActivity))
        {
            Activity parent = ((Activity)extende).Parent;

            if (null != parent)
                canExtend = parent is DaysOfWeekActivity;
        }

        return canExtend;
    }

    public WeekdayEnum GetWeekday(Activity activity)
    {
        WeekdayEnum weekday = WeekdayEnum.None;

        Activity parent = activity.Parent;

        if ((null != parent) && (parent is DaysOfWeekActivity))
            weekday = (WeekdayEnum)DaysOfWeekActivity.GetWeekday(activity);

        return weekday;
    }

    public void SetWeekday(Activity activity, WeekdayEnum weekday)
    {
        Activity parent = activity.Parent;

        if ((null != parent) && (parent is DaysOfWeekActivity))
            DaysOfWeekActivity.SetWeekday(activity, weekday);
    }
}

```

扩展提供程序用它提供的属性标识，对于这些属性，它必须提供公共的 `Get<Property>()` 和

Set<Property>()方法。这些方法的名称必须匹配属性的名称，并带有相应的 Get 或 Set 前缀。

对设计器进行了上述更改，并添加扩展提供程序之后，在设计器中添加一个序列活动(这里是 SequenceActivity1)时，就会在 Visual Studio 中看到该属性，如图 57-14 所示。

扩展提供程序用于 .NET 中的其他功能，其中一个常见的功能是在 Windows 窗体项目中给控件添加工具提示。在窗体上添加工具提示控件时，会注册一个扩展器，为窗体上的每个控件添加一个 Tooltip 属性。

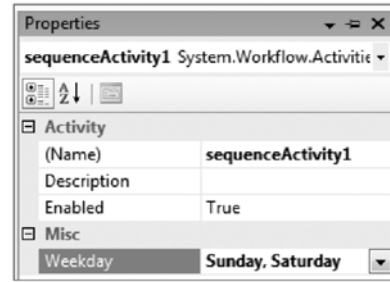


图 57-14

## 57.4 工作流

到目前为止，本章主要探讨了活动，但没有讨论工作流。工作流只是一个活动列表，实际上工作流本身是另一个类型的活动。使用这个模型简化运行库引擎，因为运行库引擎只需知道如何执行一种对象——派生自 Activity 类的对象。

每个工作流实例都用其 InstanceId 属性唯一地标识，InstanceId 属性是一个可以由运行库指定的 Guid，或者这个 Guid 可以由代码提供给运行库。Guid 的一个常见用途是将正在运行的工作流实例与在工作流外部维护的其他数据关联起来，如数据库中的一行。使用 WorkflowRuntime 类的 GetWorkflow(Guid)方法可以访问特定的工作流实例。

WF 中有两种工作流：顺序工作流和状态机工作流。

### 57.4.1 顺序工作流

顺序工作流中的根活动是 SequenceWorkflowActivity。这个类派生自前面介绍的 SequenceActivity，它定义两个根据需要可以附加处理程序的事件——Initialized 和 Completed。

顺序工作流首先执行其中的第一个子活动，之后执行第二个子活动，直到所有其他子活动都执行完毕为止。在两种情况下，工作流不会继续执行所有活动：一种是执行工作流的过程中引发了异常，另一种是工作流中存在 TerminateActivity。

工作流不会在所有情况下都执行。例如，当遇到 DelayActivity 时，工作流就进入等待状态，如果定义了工作流持续服务，就会从内存中删除工作流。工作流的持续性在 57.6.1 节中介绍。

### 57.4.2 状态机工作流

如果进程处于几种状态中的一种，只要给工作流传递数据，就可以使进程从一个状态转换到另一个状态，此时就可以使用状态机工作流。

一个例子是工作流用于对大厦的访问控制。此时，可以为一个 door 类建模，它可以关闭或打开，和一个 lock 类，它可以锁定或解锁。在最初启动系统(或大厦)时，就进入了一个已知状态——为了便于讨论，假定所有门都是关闭，且已上锁，那么某个门的的状态是 closed locked。

当雇员从前门输入其访问代码时，会把一个事件发送给工作流，其中包含的细节有输入的代码和用户 ID。接着需要访问数据库，检索信息，例如，是否允许这个人在给定的这个时间打开选定的门，假定授权了该访问权限，工作流就会从其初始状态改为 closed unlocked 状态。

在这个状态下,有两种可能的结果——雇员打开该门(这是因为该门安装了打开/关闭传感器);或者因为雇员发现把东西落在了汽车上,所以不打算进门了,于是,在过了延迟时间后要重新锁上门。因此该门返回 closed locked 状态,或进入 open unlocked 状态。

现在假定雇员进入大厦,并关上门——接着要从 open unlocked 状态进入 closed unlocked 状态,在过了延迟时间后要转换为 Closed locked 状态。如果该门处于 open unlocked 状态的时间很长,那么还要引发警报。

在 Windows Workflow 中为这种情形建模很简单:需要定义系统的状态,再定义可以使工作流从一个状态转换为另一个状态的事件。表 57-2 描述了系统的状态,并提供了每个已知状态可能的转换的细节,以及改变状态的输入(外部或内部输入)。

表 57-2

状 态	切 换
Closed Locked	这是系统的初始状态 为了响应用户的刷卡动作(且成功通过了访问检查),状态会改为 Closed Unlocked,门锁会通过电子方式打开
Closed Unlocked	当门处于这种状态时,会发生如下两个事件中的一个: (1) 用户打开门——将状态转换为 Closed Locked 状态 (2) 定时器过期,门返回 Closed Locked 状态
Open Unlocked	在这个状态下,工作流只能转换为 Closed Unlocked 状态
Fire Alarm	这是工作流的最后一个状态,从其他 3 种状态都可以转换为这种状态

可以添加到系统中的另一个功能是响应火警的能力。当发出警报时,应打开所有门,让所有人离开大厦,消防员可以顺畅地进入大厦。可以把这个状态作为门工作流的最后一个状态建模,因为一旦取消火警,就可以从这个状态重置系统。

图 57-15 中的工作流定义这个状态机,并显示工作流可以处于的状态。线条说明系统中可以进行的转换。

工作流的初始状态用 ClosedLocked 活动建模。这包含一些初始化代码(锁上门),然后是一个基于事件的活动,它等待一个外部事件,在这个例子中,雇员输入了大厦的访问代码。因为状态图中显示的每个活动都由序列工作流组成,所以为系统的初始化定义一个工作流(CLInitialize),再定义一个 RequestEntry 工作流,该工作流会响应

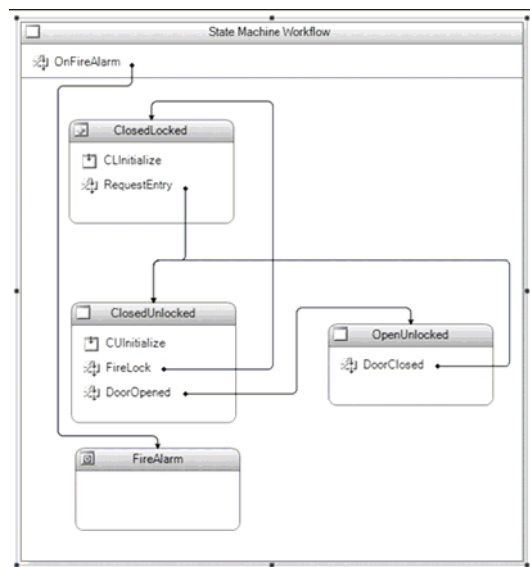


图 57-15

当雇员输入其 PIN 时引发的外部事件。如果查看 RequestEntry 工作流,它的定义就如图 57-16 所示。

每个状态都由许多子工作流组成,每个子工作流的开始都有一个事件驱动的活动,之后是任意多

个其他活动，它们构成了状态中的处理代码。在图 57-16 中，开头有一个 `HandleExternalEventActivity`，它在等待输入 PIN。之后工作流将检查 PIN，如果它是有效的，工作流就转换为 `ClosedUnlocked` 状态。

`ClosedUnlocked` 状态由两个工作流组成。一个工作流响应开门事件，将工作流转换为 `OpenUnlocked` 状态；另一个工作流包含一个延迟活动，该活动用于将状态改为 `ClosedLocked`。状态驱动的活动与本章前面的 `ListenActivity` 采用相同的方式工作——状态由许多事件驱动的工作流组成，当发生一个事件时，就执行其中一个工作流。

为了支持工作流，需要引发系统中的事件，实现状态的改变。为此，需要使用一个接口和该接口的实现代码，这对对象称为外部服务。本章后面将描述用于这个状态机的接口。

上述状态机例子的代码在 04 `StateMachine` 解决方案中，其中还包含一个用户界面，在该用户界面中可以输入 PIN，通过两扇门中的一扇门进入大厦。

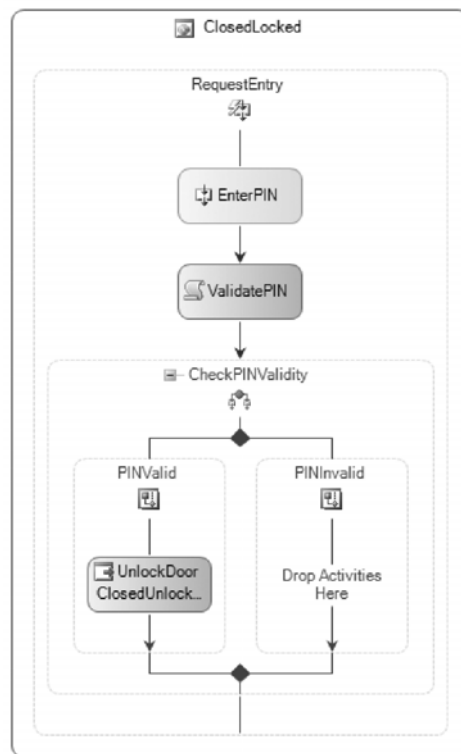


图 57-16

### 57.4.3 给工作流传递参数

工作流一般需要一些数据才能执行，例如，订单处理工作流需要一个订单 ID，付费处理工作流需要一个顾客账户 ID，或者其他必要的数据项。

工作流的参数传递机制与标准的 .NET 类有所不同，在标准的 .NET 类中，一般在方法调用中传递参数。而对于工作流，传递参数时，要把这些参数存储在一个名称/值对字典中，在构造工作流时，要经过这个字典。

当 WF 调度工作流以便执行时，它使用这些名称-值对设置关于工作流实例的公共属性。每个参数名都要用工作流的公共属性检查。如果找到了匹配的属性值，就调用属性设置器，把该参数的值

传递给设置器。如果将一个名称-值对添加到字典中，在该字典中，名称并不对应工作流上的一个属性，则在试图构造这个工作流时，会抛出一个异常。

例如，下面的工作流将 `OrderID` 属性定义为一个整数：

```
public class OrderProcessingWorkflow: SequentialWorkflowActivity
{
    public int OrderID
    {
        get { return _orderID; }
        set { _orderID = value; }
    }

    private int _orderID;
}
```

下面的代码说明了如何将订单 ID 参数传递给工作流的一个实例：

```
WorkflowRuntime runtime = new WorkflowRuntime ();

Dictionary<string,object> parms = new Dictionary<string,object>();
parms.Add("OrderID", 12345);

WorkflowInstance instance = runtime.CreateWorkflow(typeof(OrderProcessingWorkflow),
                                                    parms);

instance.Start();

. Other code
```

在上面的示例代码中，构造一个 `Dictionary<string, object>`，它包含要传递给工作流的参数，在构造工作流时要使用这个字典。上面的代码包含 `WorkflowRuntime` 类和 `WorkflowInstance` 类，这里没有介绍它们，57.8 节将介绍它们。

#### 57.4.4 从工作流中返回结果

工作流的另一个常见要求是返回输出参数，它们可能用于将在数据库或其他永久存储器中记录数据。

因为工作流由工作流运行库执行，所以不能只使用标准的方法调用机制调用工作流，而需要创建一个工作流实例，启动这个实例，然后等待它的完成。工作流完成后，工作流运行库就会引发 `WorkflowCompleted` 事件。这是传递的关于工作流的上下文信息，该工作流已经完成，并包含从工作流中输出的数据。

所以，要获取从该工作流中返回的输出参数，需要将一个事件处理程序关联到 `WorkflowCompleted` 事件上，该处理程序可以从工作流中检索输出参数。下面的代码显示了如何实现上述操作的一个例子：

```
using(WorkflowRuntime workflowRuntime = new WorkflowRuntime())
{
    AutoResetEvent waitHandle = new AutoResetEvent(false);
    workflowRuntime.WorkflowCompleted +=
        delegate(object sender, WorkflowCompletedEventArgs e)
        {
            waitHandle.Set();
            foreach (KeyValuePair<string, object> parm in e.OutputParameters)
            {
```



```

        Console.WriteLine("{0} = {1}", parm.Key, parm.Value);
    }
};

WorkflowInstance instance =
    workflowRuntime.CreateWorkflow(typeof(Workflow1));
instance.Start();

waitHandle.WaitOne();
}

```

我们把一个委托关联到 `WorkflowCompleted` 事件上, 在这个委托中, 迭代传递给该委托的 `WorkflowCompletedEventArgs` 类中的 `OutputParameters` 集合, 并在控制台上显示输出参数。这个集合包含工作流的所有公共属性。实际上工作流没有指定输出参数。

#### 57.4.5 将参数绑定到活动上

既然理解了如何将参数传递给工作流, 就还需要明白如何把这些参数链接到活动上。这通过绑定机制实现。在前面定义的 `DaysOfWeekActivity` 中, 有一个 `Date` 属性, 它可以硬编码, 也可以绑定到工作流中的另一个值上。可绑定的属性显示在 Visual Studio 的属性网格中, 如图 57-17 所示。Data 属性名右边的图标表示, 这是一个可绑定的属性。

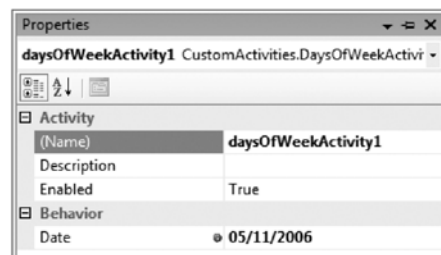


图 57-17

双击绑定图标会显示如图 57-18 所示的对话框。该对话框允许选择一个合适的属性, 链接到 `Date` 属性。

在图 57-18 中, 选择了工作流的 `OrderDate` 属性(把 `OrderData` 属性定义为工作流上一个普通的 .NET 属性)。任何 `Bindable` 属性都可以绑定到定义活动的工作流的属性上, 或者绑定到驻留在工作流中当前活动上方的任何活动的属性上。注意, 被绑定的属性的数据类型必须匹配正在绑定的属性的数据类型, 该对话框不允许绑定不匹配的类型。

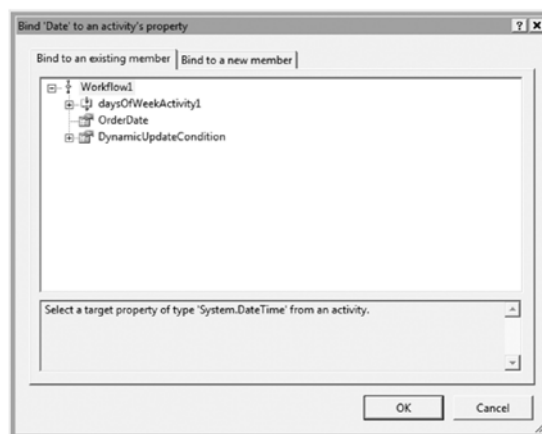


图 57-18

下面再次显示 `Date` 属性的代码, 说明绑定的工作方式, 并在后面几段中详细解释。

```

public DateTime Date
{
    get { return (DateTime)base.GetValue(DaysOfWeekActivity.DateProperty); }
    set { base.SetValue(DaysOfWeekActivity.DateProperty, value); }
}

```

当绑定 workflow 中的一个属性时，会在后台构造一个 `ActivityBind` 类型的对象，它就是存储在依赖属性中的值。所以，需要给属性设置器传递一个 `ActivityBind` 类型的对象，它存储在这个活动的属性字典中。这个 `ActivityBind` 对象包含的数据描述正在绑定的活动和要在运行时使用的活动的属性。

在读取属性值时，调用 `DependencyObject` 的 `GetValue()` 方法，这个方法会检查基础属性值，确定它是否是 `ActivityBind` 对象。如果是，它就解析这个绑定链接的活动，然后从该活动中读取属性值。但是，如果绑定的值是另一种类型，它就仅从 `GetValue()` 方法中返回该对象。

## 57.5 工作流运行库

为了启动 workflow，需要创建 `WorkflowRuntime` 类的一个实例。这一般在应用程序中创建，这个对象通常定义为应用程序的一个静态成员，以便在应用程序的任意地方可以访问它。

在启动运行库时，它会从永久存储器中读取上次执行应用程序时执行的工作流实例，重新加载它们。这需要使用一个持久性服务，详见 57.6 节的内容。

运行库包含 6 个用于构造 workflow 实例的 `CreateWorkflow()` 方法。运行库还包含几个方法，可以重载 workflow 实例，并枚举所有正在运行的实例。

运行库还有许多在执行 workflow 时引发的事件，例如，`WorkflowCreated` (在构造新的 workflow 实例时引发)、`WorkflowIdled` (在 workflow 等待输入时引发，如前面的费用处理例子) 和 `WorkflowCompleted` (在 workflow 完成时引发)。

## 57.6 工作流服务

workflow 不能独自存在，如前一节所述，workflow 在 `WorkflowRuntime` 中执行，这个运行库提供了运行 workflow 的服务。

该服务可以是执行 workflow 时需要的任何类。运行库为 workflow 提供了一些标准服务，用户也可以选择构造自己的服务，由正在运行的 workflow 使用这些服务。

本节将描述运行库提供的两个标准服务，再说明如何构建自己的服务和何时需要一些实例。

在活动运行时，要通过 `Execute()` 方法的 `ActivityExecutionStatus` 参数给活动传递一些上下文信息。

```

protected override ActivityExecutionStatus Execute
    (ActivityExecutionContext executionContext)
{
    .
}

```

在这个上下文参数上其中一个可用的方法是 `GetService<T>()`。在下面的代码中，它用于访问与 workflow 运行库关联的一个服务：

```
protected override ActivityExecutionStatus Execute
(ActivityExecutionContext executionContext)
{
    ICustomService myService = executionContext.GetService<ICustomService>();
    . Do something with the service
}

```

在调用 `StartRuntime()` 方法之前，运行库驻留的服务会添加到运行库中。如果试图将某个服务添加到已启动的运行库中，就会引发一个异常。

两个方法可用于将服务添加到运行库中：可以在代码中构造服务，再调用 `AddService()` 方法将它们添加到运行库中；也可以在应用程序配置文件中定义服务，构造这些服务并把它们添加到运行库中。

下面的代码段说明了如何在代码中将服务添加到运行库中——所添加的服务将在本节的后面介绍。

```
using(WorkflowRuntime workflowRuntime = new WorkflowRuntime())
{
    workflowRuntime.AddService(
        new SqlWorkflowPersistenceService(conn, true, new TimeSpan(1,0,0),
            new TimeSpan(0,10,0)));
    workflowRuntime.AddService(new SqlTrackingService(conn));
}

```

这段代码构造 `SqlWorkflowPersistenceService` 的实例，运行库使用这些实例存储工作流的状态。这段代码还构造 `SqlTrackingService` 的一个实例，它记录工作流运行时执行的事件。

要使用应用程序配置文件创建服务，需要为工作流运行库添加一个节处理程序，然后将服务添加到该节中，如下所示：

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8" ?>
<configuration>
  <configSections>
    <section name="WF"
      type="System.Workflow.Runtime.Configuration.WorkflowRuntimeSection,
        System.Workflow.Runtime, Version=3.0.0000.0, Culture=neutral,
        PublicKeyToken=31bf3856ad364e35" />
  </configSections>

  <WF Name="Hosting">
    <CommonParameters/>
    <Services>
      <add type="System.Workflow.Runtime.Hosting.SqlWorkflowPersistenceService,
        System.Workflow.Runtime, Version=3.0.0000.0, Culture=neutral,
        PublicKeyToken=31bf3856ad364e35"
        connectionString="Initial Catalog=WF;Data Source=.;
          Integrated Security=SSPI;"
        UnloadOnIdle="true"
        LoadIntervalSeconds="2"/>
      <add type="System.Workflow.Runtime.Tracking.SqlTrackingService,
        System.Workflow.Runtime, Version=3.0.0000.0, Culture=neutral,
        PublicKeyToken=31bf3856ad364e35"
        connectionString="Initial Catalog=WF;Data Source=.;
          Integrated Security=SSPI;"

```

```

        UseDefaultProfile="true"/>
    </Services>
</WF>
</configuration>

```

在配置文件中，添加了 WF 节处理程序(这个名称并不重要，但必须匹配其后配置节的名称)，之后为该节创建合适的数据项。<Services>元素可以包含一个任意数据项列表，其中包含一个.NET 类型和运行库构造服务时传递给服务的参数。

要从应用程序配置文件中读取配置设置，可以调用运行库上的另一个构造函数，如下所示：

```

using(WorkflowRuntime workflowRuntime = new WorkflowRuntime("WF"))
{
    .
}

```

这个构造函数会实例化在配置文件中定义的每个服务，并把它们添加到运行库上的服务集合中。下面几节将介绍 WF 提供的一些标准服务。

### 57.6.1 持久性服务

执行工作流时，它可能会进入等待状态——在执行延迟活动时，或者在 ListenActivity 中等待外部输入时，就会进入等待状态。此时，工作流处于空闲状态，这是持久性服务的一个候选对象。

假定开始在服务器上执行 1000 个工作流，之后每个工作流实例都进入空闲状态。此时，因为不需要在内存中维护这些实例的数据，所以最好能卸载工作流，释放它使用的资源。持久性服务就用于完成这个任务。

当某个工作流进入空闲状态时，工作流运行库会检查是否存在一个派生自 Workflow PersistenceService 类的服务。如果该服务存在，就给它传递工作流实例，接着服务就可以捕获工作流的当前状态，并将它存储在永久存储介质上。可以把工作流的状态存储在磁盘的一个文件中，或把这些数据存储在数据库(如 SQL Server)中。

工作流库包含持久性服务的实现代码，持久性服务可以把数据存储在 SQL Server 数据库中，即 SqlWorkflowPersistenceService。为了使用这个服务，需要对 SQL Server 实例运行两个脚本，其中一个脚本构造对应架构，另一个脚本创建持久性服务使用的存储过程。这些脚本默认位于 C:\Windows\Microsoft.NET\Framework\v3.5\Windows Workflow Foundation\SQL\EN 目录下。

在数据库上执行的脚本是 SqlPersistenceServiceProviderSchema.sql 和 SqlPersistenceProvider\_Logic.sql。这些脚本需要按顺序执行：先执行架构文件，再执行逻辑文件。SQL 持久性服务的架构包含两个表：InstanceState 和 CompletedScope。这些都是不透明的表，不在 SQL 持久性服务的外部使用。

当工作流空闲时，其状态用二进制序列化机制序列化，接着把这些数据插入 InstanceState 表中。重新激活工作流时，从这一行中读取状态，用于重新构建工作流实例。这一行用工作流实例 ID 作为键，一旦工作流完成就从数据库中删除该行。

SQL 持久性服务可以由多个运行库同时使用——它实现锁定机制，以便一次只能由工作流运行库的一个实例访问一个工作流。如果多个服务器都使用同一个永久存储器运行工作流，这个锁定行为就非常有用。

为了查看添加到永久存储器中的内容，需要构造一个新的工作流项目，并给运行库添加

SqlWorkflowPersistenceService 的一个实例。下面是使用声明性代码的一个例子：

```
using(WorkflowRuntime workflowRuntime = new WorkflowRuntime())
{
    workflowRuntime.AddService(
        new SqlWorkflowPersistenceService(conn, true, new TimeSpan(1,0,0),
            new TimeSpan(0,10,0)));
    // Execute a workflow here.
}
```

接着，如果构造一个包含 DelayActivity 的工作流，并将延迟时间设置为 10 秒，就可以查看在 InstanceState 表中存储的数据。05 WorkflowPersistence 示例包含上述代码，并在 20 秒的时间内执行一个延迟。

持久性服务的构造函数的参数如表 57-3 所示。

表 57-3

参 数	说 明	默 认 值
ConnectionString	持久性服务使用的数据库连接字符串	None
UnloadOnIdle	确定工作流在空闲时是否卸载它。它应总是设置为 true，否则就不会出现任何持久性	False
InstanceOwnershipDuration	定义已加载工作流的运行库拥有工作流实例的时间长度	None
LoadingInterval	在给数据库请求更新的永久性记录时使用的时间间隔	2 分钟

这些值也可以在配置文件中定义。

## 57.6.2 跟踪服务

当工作流执行时，它可能需要记录运行了哪些活动，对于 IfElseActivity 和 ListenActivity 等复合活动，执行其分支。这些数据可以用作工作流实例的一种审计线索，在以后的某个日期查看，证明执行了哪些活动，在工作流中使用了什么数据。跟踪服务可以用于这类记录操作，并可以配置，根据需要记录关于正在运行的工作流的尽可能少或尽可能多的信息。

在 WF 中，因为跟踪服务作为一个抽象类 TrackingService 实现，所以很容易用自己的跟踪服务替换标准的跟踪实现方式。在工作流程序集中，跟踪服务有一个具体的实现方式，即 SqlTrackingService。

要记录工作流的状态数据，就需要定义一个 TrackingProfile。它定义应记录什么事件，例如，可以只记录工作流的开头和结束，忽略正在运行的实例的所有其他数据。更一般的情况是，记录工作流的所有事件和其中的每个活动，提供工作流的执行配置文件的完整描述。

运行库引擎调度工作流时，引擎会检查工作流跟踪服务是否存在。如果找到了一个跟踪服务，它就会要求该服务为正在执行的工作流提供一个跟踪配置文件，接着使用它记录工作流和活动数据。还可以定义用户跟踪数据，把它们存储在跟踪数据存储中，这些操作不需要改变该架构。

跟踪配置文件类如图 57-19 所示。这个类包含活动、用户和工作流跟踪点的集合属性。跟踪点是一个对象(如 WorkflowTrackPoint)，它一般定义

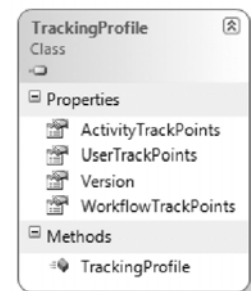


图 57-19

一个匹配位置和一些额外的数据，在单击这个跟踪点时，就会记录这些额外的数据。匹配位置指定这个跟踪点在什么地方有效。例如，可以定义一个 `WorkflowTrackPoint`，它记录了创建工作流时的一些数据，再定义一个 `WorkflowTrackPoint`，记录完成工作流时的一些数据。

一旦记录这些数据，就需要显示工作流的执行路径，如图 57-20 所示。该图显示了执行的工作流，运行的每个活动都包含一个说明它已执行的标志符号。这些数据从工作流实例的跟踪存储器中读取。

为了读取 `SqlTrackingService` 存储的数据，可以直接在 SQL 数据库上执行查询。Microsoft 还为此在 `System.Workflow.Runtime.Tracking` 名称空间中提供了 `SqlTrackingQuery` 类。下面的示例说明了如何检索在两个日期之间跟踪的所有工作流的一个列表：

```
public IList<SqlTrackingWorkflowInstance> GetWorkflows
    (DateTime startDate, DateTime endDate, string connectionString)
{
    SqlTrackingQuery query = new SqlTrackingQuery (connectionString);

    SqlTrackingQueryOptions queryOptions = new SqlTrackingQueryOptions();
    query.StatusMinDateTime = startDate;
    query.StatusMaxDateTime = endDate;

    return (query.GetWorkflows (queryOptions));
}
```

这段代码使用 `SqlTrackingQueryOptions` 类，该类定义对应的查询参数。可以定义这个类的其他属性，进一步约束要检索的工作流。

在图 57-20 中，可以看到所有活动都执行了。但如果工作流仍在运行，或者在工作流中做了一些决策，以便在执行过程中采用不同的路径，情况就有所改变。跟踪数据包含执行了哪些活动等等信息，这些数据与生成图 57-20 中的映像的活动相关。还可以在工作流执行时检索这些数据，用于为工作流的执行流生成审计线索。

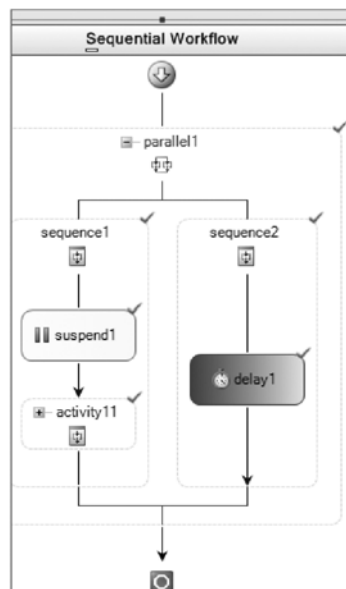


图 57-20

### 57.6.3 自定义服务

除了持久性服务和跟踪服务等内置服务之外，还可以在 `WorkflowRuntime` 维护的服务集合中添加自己的对象。这些服务一般用一个接口和一种实现方式定义，以便在不记录工作流的情况下替换该服务。

本章前面的状态机利用了下面的接口：

```
[ExternalDataExchange]
public interface IDoorService
{
    void LockDoor();
    void UnlockDoor();

    event EventHandler<ExternalDataEventArgs> RequestEntry;
    event EventHandler<ExternalDataEventArgs> OpenDoor;
    event EventHandler<ExternalDataEventArgs> CloseDoor;
    event EventHandler<ExternalDataEventArgs> FireAlarm;

    void OnRequestEntry(Guid id);
    void OnOpenDoor(Guid id);
    void OnCloseDoor(Guid id);
    void OnFireAlarm();
}
```

工作流使用组成这个接口的方法调用该服务，该服务引发的事件由工作流使用。使用 `ExternalDataExchange` 属性是告诉工作流运行库，这个接口用于正在运行的工作流和服务实现之间的通信。

在状态机中，有许多 `CallExternalMethodActivity` 的实例，它们用于在这个外部接口上调用方法。例如，当门上锁或不上锁时，工作流需要执行对 `UnlockDoor()` 或 `LockDoor()` 方法的方法调用，服务的响应是给门锁发送一条命令，锁上门，或打开门。

当服务需要与工作流通信时，应使用一个事件完成该任务，因为工作流运行库也包含一个 `ExternalDataExchangeService` 服务，它作为这些事件的代理。这个代理在引发事件时使用，因为在传递事件时，工作流可能没有加载到内存中，所以该事件会先路由到外部数据交换服务，它检查工作流是否已加载，如果没有加载，就从永久存储器中解除冻结工作流，再把该事件传递给工作流。

下面的代码构造 `ExternalDataExchangeService`，还为该服务定义的事件构造多个代理：

```
WorkflowRuntime runtime = new WorkflowRuntime();
ExternalDataExchangeService edes = new ExternalDataExchangeService();

runtime.AddService(edes);
DoorService service = new DoorService();
edes.AddService(service);
```

这段代码构造外部数据交换服务的一个实例，把它添加到运行库中。接着它创建 `DoorService` 的一个实例(它本身实现 `IDoorService`)，并把它添加到外部数据交换服务中。

`ExternalDataExchangeService.Add()` 方法为自定义服务定义的每个事件构造一个代理，以便在传递事件之前加载已持久化的工作流。如果没有把服务驻留在外部数据交换服务中，在引发事件时，就不会侦听这些事件，它们也不会传递给正确的工作流。

事件使用 `ExternalDataEventArgs` 类,因为它包含待传递事件的工作流实例 ID。如果需要将其他值从外部事件传递给工作流,就应从 `ExternalDataEventArgs` 中派生一个类,并把这些值作为属性添加到该类中。

## 57.7 与 WCF 集成

从 .NET 3.5 开始可用两个新活动支持工作流和 WCF 之间的集成,这两个活动是 `SendActivity` 和 `ReceiveActivity`。`SendActivity` 称为 `CallActivity` 更恰当,因为它的工作是向 WCF 服务发出一个请求,并可以选择性地把结果显示为参数,这些参数可以绑定到主调工作流中。

但更有趣的是 `ReceiveActivity`。因为它允许工作流变成 WCF 服务的实现方式,所以现在工作流就是服务。下面例子提供一个使用一个工作流的服务,并且也使用一个新的服务测试宿主工具,测试服务,而无需编写独立的测试工具。

从 Visual Studio 2010 的 `New Project` 菜单中选择 `WCF` 节点,再选择 `Sequential Workflow Service Library` 项,如图 57-21 所示。

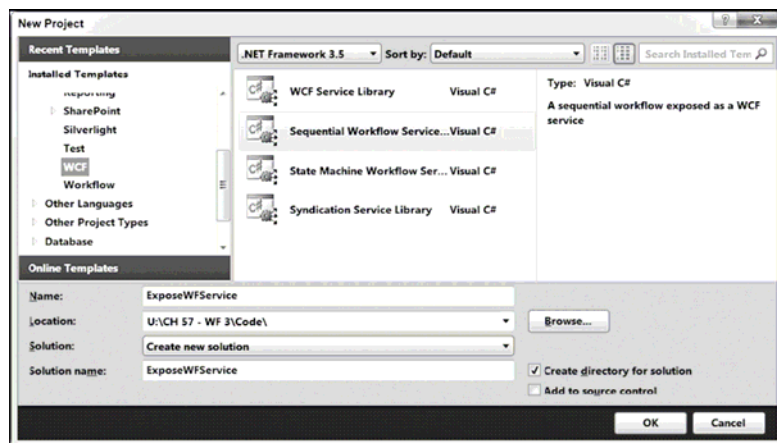


图 57-21

这会创建一个库,其中包含了一个工作流、一个应用程序配置文件和一个服务接口,如图 57-22 所示。这个示例的代码在 `06 ExposeWfService` 子目录中。

工作流提供协定的 `Hello` 操作,还定义要传递给这个操作的参数属性,以及该操作的返回值。接着只需添加代码,代码提供服务的执行行为,该服务就完成了。

为此,对于本示例,把一个 `CodeActivity` 拖放到 `ReceiveActivity` 上,如图 57-23 所示。再双击该活动,提供服务的实现代码。

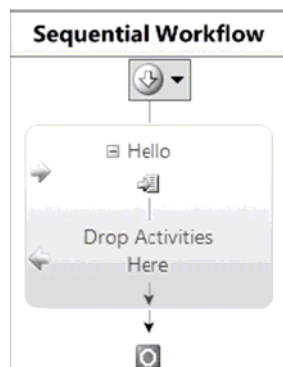


图 57-22

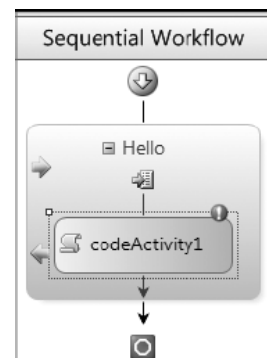


图 57-23



下面就是这个服务的实现代码。

```
public sealed partial class Workflow1: SequentialWorkflowActivity
{
    public Workflow1()
    {
        InitializeComponent();
    }

    public String returnValue = default(System.String);
    public String inputMessage = default(System.String);

    private void codeActivity1_ExecuteCode(object sender, EventArgs e)
    {
        this.returnValue = string.Format("You said {0}", inputMessage);
    }
}
```

因为 Hello 操作的服务协定包含 `inputMessage` 参数和一个返回值，所以它们都作为公共字段提供给工作流。在代码中，把 `returnValue` 设置为一个字符串值，这就是从 WCF 服务的调用中返回的内容。

如果编译这个服务，按 F5 键，就会注意到 Visual Studio 2010 的另一个新功能：WCF 测试客户端应用程序，如图 57-24 所示。

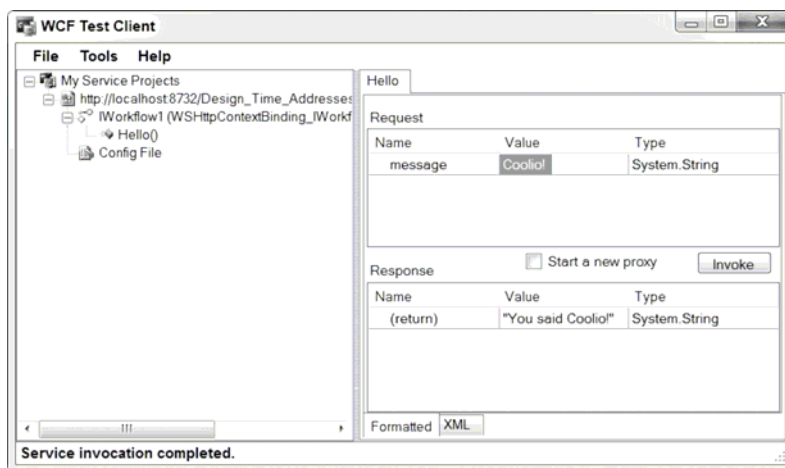


图 57-24

在这里可以浏览服务提供的操作，双击一个操作，会显示窗口的右半部分，其中列出了该服务使用的参数和提供的任意返回值。

要测试该服务，可以给 `message` 属性输入一个值，单击 `Invoke` 按钮。这会通过 WCF 给该服务发送一个请求，构造并执行工作流，调用代码活动，代码活动然后运行代码隐藏，最终给 WCF 测试客户端返回工作流的结果。

如果要手动作为服务驻留工作流，那么可以使用在 `System.WorkflowServices` 名称空间中定义的新 `WorkflowServiceHost` 类。下面的代码段显示了一个非常小的宿主的实现方式：

```
using (WorkflowServiceHost host = new WorkflowServiceHost
```

```

                                (typeof(YourWorkflow)))
    {
        host.Open();
        Console.WriteLine ( "Press [Enter] to exit" );
        Console.ReadLine();
    }

```

这里构造 `WorkflowServiceHost` 的一个实例，把它传递给要执行的工作流。这类似于驻留 WCF 服务时使用 `ServiceHost` 类的方式。它将读取配置文件，确定服务应侦听哪个端点，然后等待服务请求。

下一节介绍驻留工作流的某些其他选项。

## 57.8 驻留工作流

在进程中驻留 `WorkflowRuntime` 的代码随应用程序的不同而不同。

对于 Windows 窗体应用程序或 Windows 服务，一般在应用程序的开头构造运行库，把它存储在主应用程序类的一个属性中。

为了响应应用程序中的一些输入(如用户单击了用户界面上的一个按钮)，可能就需要构造工作流的一个实例，在本地执行这个实例。工作流可能还需要与用户通信，例如，可以定义一个外部服务，在将订单发送给后端服务器之前，提示用户确认。

在 ASP.NET 中驻留工作流时，一般不用消息框提示用户，而是导航到站点上请求确认的另一个页面上，再显示一个确认页面。在 ASP.NET 中驻留运行库时，一般要重写 `Application_Start` 事件，在那里构造工作流运行库的一个实例，以便在站点的所有其他部分访问它。运行库实例可以存储在一个静态属性中，但最好把它存储在应用程序状态中，再提供一个访问方法，从应用程序状态中检索工作流运行库，使之可用于应用程序的其他地方。

在 Windows 窗体或 ASP.NET 中，都要构造工作流运行库的一个实例，给它添加服务，如下所示：

```

WorkflowRuntime workflowRuntime = new WorkflowRuntime();

workflowRuntime.AddService(
    new SqlWorkflowPersistenceService(conn, true, new TimeSpan(1,0,0),
                                     new TimeSpan(0,10,0)));

// Execute a workflow here.

```

要执行工作流，需要使用运行库的 `CreateInstance()` 方法，创建该工作流的一个实例。这个方法有许多重写版本，重写版本可用于构造基于代码的工作流的实例或在 XML 中定义的工作流的实例。

本章前面都把工作流看作 .NET 类，实际上这只是工作流的一种表示形式。还可以使用 XML 定义工作流，此时运行库会构造工作流在内存中的表示形式，在调用 `WorkflowInstance` 的 `Start()` 方法时执行它。

在 Visual Studio 中，可以从 Add New Item 对话框中选择 `Sequential Workflow`(其代码是独立的)或 `State Machine Workflow`(其代码是独立的)。这将创建基于 XML 的工作流。这会创建一个扩展名为 `.xoml` 的 XML 文件，并将它加载到设计器中。

把活动添加到设计器中时，会将这些活动持久化到 XML 中，元素的结构定义活动之间的父子关系。下面的 XML 是一个简单的序列工作流，其中包含一个 `IfElseActivity` 和两个代码活动，分别

用于 `IfElseActivity` 的每个分支。

```
<SequentialWorkflowActivity x:Class="DoorsWorkflow.Workflow1" x:Name="Workflow1"
  xmlns:x="http://schemas.microsoft.com/winfx/2006/xaml"
  xmlns="http://schemas.microsoft.com/winfx/2006/xaml/workflow">
  <IfElseActivity x:Name="ifElseActivity1">
    <IfElseBranchActivity x:Name="ifElseBranchActivity1">
      <IfElseBranchActivity.Condition>
        <CodeCondition Condition="Test" />
      </IfElseBranchActivity.Condition>
      <CodeActivity x:Name="codeActivity1" ExecuteCode="DoSomething" />
    </IfElseBranchActivity>
    <IfElseBranchActivity x:Name="ifElseBranchActivity2">
      <CodeActivity x:Name="codeActivity2" ExecuteCode="DoSomethingElse" />
    </IfElseBranchActivity>
  </IfElseActivity>
</SequentialWorkflowActivity>
```

在活动上定义的特性作为属性持久化到 XML 中，每个活动都作为一个元素持久化。从 XML 可以看出，该结构定义了父活动(如 `SequentialWorkflowActivity` 和 `IfElseActivity`)和子活动之间的关系。

执行基于 XML 的工作流与执行基于代码的工作流没有区别，只需使用 `CreateWorkflow()` 方法的一个重写版本，该版本接受一个 `XMLReader` 实例，接着调用 `Start()` 方法启动该实例即可。

与基于代码的工作流相比，使用基于 XML 的工作流的一个优点是：很容易将工作流的定义存储在数据库中。之后可以在运行时加载这个 XML，执行工作流。修改该工作流定义时，也不需要重新编译代码。

无论工作流是在 XML 中定义，还是在代码中定义，都可以在运行时更改工作流。只需构造一个 `WorkflowChanges` 对象，它包含要添加到工作流中的所有新活动，接着调用在 `WorkflowInstance` 类上定义的 `ApplyWorkflowChanges()` 方法，持久化这些更改。这非常有用，因为业务需求时常更改，例如，需要把这些更改应用于一个保险单工作流，在续保日期的一个月之前给客户发送电子邮件，告诉客户他们的保险单需要续保。因为这种更改要基于每个实例进行，所以如果系统中有 100 个保险单工作流，就需要对每个工作流进行这种更改。

## 57.9 工作流设计器

本章还有最后一个主题要讨论。用于设计工作流的工作流设计器不与 Visual Studio 关联，可以根据需要在自己的应用程序中重新驻留这个设计器。

这意味着，可以发布一个包含工作流的系统，允许最终用户在不需要 Visual Studio 的副本的情况下定制系统。但驻留设计器相当复杂，这个主题可能需要好几章的篇幅，但这超出了本章的范围。在 Web 上有许多重新驻留设计器的例子，建议读者在 <http://msdn2.microsoft.com/enus/library/aa480213.aspx> 上获得驻留设计器的更多信息。

允许用户定制系统的传统方式是定义一个接口，再让客户实现这个接口，根据需要扩展处理过程。

有了 Windows 工作流，该扩展在整体上变成更多图形，因为可以给用户提供一个空白的工作流作为模板，再提供一个工具箱，其中包含适合于应用程序的自定义活动。他们接着可以编写自己的工作流，添加他们自己编写的自定义活动。

## 57.10 从 WF 3.X 迁移到 WF 4

在.NET 4 和 Visual Studio .NET 2010 中有一个 WF 新版本,这个新版本与 3.x 不后向兼容。概念大都相同,但实现方式完全不同。其优点是可以继续运行 3.x 工作流,无需任何修改;但如果希望使用新功能,就必须迁移应用程序。本节介绍这个迁移过程的要点,并提供一些简化这个过程的建议。



WF4 的更多信息可参见第 44 章。

### 57.10.1 把活动代码提取到服务中

因为 WF 4 的类层次结构与 WF 3.x 大不相同,但活动类大都相同;所以为了简化升级过程,建议从活动中删除内联代码,并把它们放在一组服务中(如包含静态方法的简单.NET 类)。

因为数据绑定的本质在 WF 4 中有了很大的变化,所以在 WF 3.x 中可以使用依赖属性和/或标准的.NET 属性,而在 WF 4 中需要使用参数对象。迁移代码最简单的方法是移动活动内部的所有处理过程,并把它们移动到一个单独的类中。例如,考虑 WriteLine 活动的代码段:

```
public class WriteLineActivity : Activity
{
    public string Message { get; set; }

    public override ActivityExecutionStatus Execute
    ( ActivityExecutionContext context )
    {
        Console.WriteLine ( Message );
        return ActivityExecutionStatus.Closed;
    }
}
```

如果要把这些代码转换为 WF 4 活动,就需要创建如下类:

```
public static class WriteLineService
{
    public static void WriteLine ( string message )
    {
        Console.WriteLine ( message );
    }
}
```

接着就可以在当前活动中使用这个类(还可以进行独立的单元测试),当升级到 WF 4 时,要编写的代码会比较少。尽管这是一个简单的例子,但它说明了如何简化升级过程。

### 57.10.2 删除代码活动

由于 Workflow 4 中活动的代码隐藏样式与 3.x 中已有的样式不同,因此,如果在代码隐藏文件中包含代码,就应使用前面建议的方法把这些代码移植到一个库中,以便在 WF 4 中使用它们。

### 57.10.3 同时运行 WF 3.x 和 4

只要可能，就应尽量同时运行 WF 3.x 和 WF 4 工作流，除非不再有 3.x 工作流。因为永久存储器和跟踪存储器在 WF 4 中也不同，所以一个合并的系统是最简单的使用方法。如果没有长时间运行的工作流，就没有什么问题，但如果有长时间运行的工作流，最简单的方法是不更改旧工作流，并确保在 WF 4 上创建新工作流。

当应用程序启动工作流时，能用启动 WF 4 工作流的代码替换这些代码吗？如果不能，建议在代码中添加一个能识别版本的执行策略，这样就不必更改调用工作流的代码，并可以调度新工作流实例。

### 57.10.4 考虑把状态机迁移到流程图上

Workflow 4 目前不支持状态机，也没有对状态机的内置支持。基础活动模型可以处理状态机(实际上可以处理任何工作流处理模型)；然而在最初的 WF 4 版本中，没有状态机活动或设计支持。

与 3.x 状态机最接近的是 WF 4 的流程图，它们不是精确匹配，但流程图允许工作流跳转回处理过程的一个早期阶段，状态机工作流一般会这么做。

## 57.11 小结

Windows 工作流为应用程序的构造方式带来了根本性的改变。现在可以将应用程序的复杂部分都显示为活动，允许用户将活动拖放到工作流中，更改系统的处理方式。

几乎没有应用程序不能应用工作流，从最简单的命令行工具，到包含上百个模块的最复杂的系统。现在 WCF 的通信功能和 WPF 新的 UI 功能使应用程序前进了一大步，Windows 工作流的出现使开发和配置应用程序的方式有了根本的改变。

在 Visual Studio 2010 中，Workflow 3.x 基本上被 WF 4 取代，本章提供了简化升级的一些建议。如果正在计划第一次使用工作流，建议从 WF 4 开始，完全绕过 Workflow 3.x。