

 普通高等教育计算机规划教材

数字图像处理—— Visual C#.NET 编程与实验

孙燮华 编著



附赠光盘



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



普通高等教育计算机规划教材

数字图像处理

——Visual C#. NET 编程与实验

孙燮华 编著



机械工业出版社

本书除绪论介绍 Visual C#. NET 编程基础外,其余 15 章对应地编程实现了配套书《数字图像处理——原理与算法》中除 K-L 变换外的所有算法并进行相应的实验。随书光盘中有完整的程序代码和相应的实验图像,可直接运行。部分程序源代码来自于作者的科学研究和与公司的合作研发,具有借鉴和参考价值。可供电子信息、通信、计算机、自动控制、生物医学等理工科相关专业的大专、大学本科和研究生及工程技术人员学习和参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

数字图像处理: Visual C#. NET 编程与实验/孙燮华编著. —北京: 机械工业出版社, 2010. 9

(普通高等教育计算机规划教材)

ISBN 978-7-111-31348-9

I. ① 数… II. ① 孙… III. ① 数字图像处理 - 高等学校 - 教材
② C 语言 - 程序设计 - 高等学校 - 教材 IV. ① TN911. 73 ② TP312

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 139155 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑: 张宝珠 李 宁

责任印制: 乔 宇

三河市国英印务有限公司印刷

2010 年 10 月第 1 版 · 第 1 次印刷

184mm × 260mm · 29.25 印张 · 727 千字

0001-3000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-31348-9

ISBN 978-7-89451-656-5 (光盘)

定价: 53.00 元 (含 1CD)

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心: (010) 88361066

门户网: <http://www.cmpbook.com>

销售一部: (010) 68326294

教材网: <http://www.cmpedu.com>

销售二部: (010) 88379649

读者服务部: (010) 68993821

封面无防伪标均为盗版

前 言

数字图像处理是一门实用性很强的学科，其中的许多处理算法具有实际应用背景。学习数字图像处理原理与算法必须与编程实践相结合才能真正理解和掌握。为此，作者编写了《数字图像处理——原理与算法》（以下简称为《原理与算法》），并将主要算法的编程实现写成《数字图像处理——Visual C#. NET 编程与实验》（以下简称为《编程与实验》）。在《原理与算法》中，作者对于原理与算法的着眼点不是“介绍性”的，即不是停留在介绍上，而是着眼于实现和实践。虽然将数字图像处理算法作为基本对象，但对于没有学习过甚至没有接触过计算机图形学和算法的读者来说，也能顺利地学完大部分章节。如用现在流行的语言来说，就是该书是“零知识”起点的，即对于数字图像处理和算法两个方面是“零知识”起点的。对于其他基础知识，一般要求读者学习过大学高等数学和一门程序设计语言，如 C 语言或 Java 语言。

一个算法只有当程序实现时才是-一个真正意义上的算法。一方面，算法在实现时，仍然会遇到一些计算机编程实现的困难；另一方面，当算法已经实现时，可以通过程序的运行和对代码的分析进一步理解和掌握算法，还可以学到编程实现的技巧，而这些正是读者需要掌握的。在学完原理与算法后，还应进行编程和实验。《编程与实验》中的程序是完整的，程序除了使用标准的可视化选择控件设置参数外，还设置了默认参数。这样处理的目的是给读者在进行图像处理实践和实验时带来便利。目的之二是为了方便非计算机专业的读者学习和应用图像处理技术。所以，本书不仅是面向计算机专业的，还适合电子信息、自动控制、生物医学等专业。由于程序能自动运行，即使初学者也能从中有所收获，所以本书大部分内容对于专科、高等职业技术学院等层次的读者也是适合的。当然，书中的某些内容，特别是最后 3 章，是为本科高年级学生和研究生们创新学习特意编写的。

《编程与实验》中的部分程序代码来自于作者与公司的合作研发项目，具有应用价值，允许非商业性的借鉴与修改，但必须遵守通用知识产权的协议。某些程序代码在国内外的著作中还是首次出现或者是首次出现能正确运行的程序代码。

本书由作者一人完成。因此，程序与相应的内容是一致的。由于个人的能力和水平有限，虽然作者经过极大的努力校对全书，但是书中不可避免地还有一些错误，希望读者和同行专家批评指正。

作者对在参考文献中列出的作者们表示衷心的感谢！

孙燮华
2010 年 2 月于杭州

目 录

前言

绪论 Visual C#. NET 编程基础	1
0.1 .NET 和 C#语言简介	1
0.1.1 什么是.NET	1
0.1.2 什么是C#和Visual C#. NET	1
0.1.3 本书编程和实验的环境	1
0.1.4 无Visual C#. NET知识的读者进行本书实验的方法	1
0.2 Visual Studio. NET 初步	4
0.2.1 Visual Studio. NET 系统	4
0.2.2 创建图像处理项目	8
第1章 概论	11
1.1 编程算法	11
1.1.1 图像的统计特性	11
1.1.2 直方图的计算	11
1.1.3 PGM 图像显示	12
1.1.4 图像质量的评价标准	13
1.2 程序实现	13
1.2.1 主程序源码	13
1.2.2 编程方法注解	33
1.3 实验	34
1.3.1 图像的统计特性、直方图、图像间距离与图像客观评价	34
1.3.2 RAW 图像和 PGM 图像的读写	38
第2章 图像数字化	41
2.1 编程算法	41
2.1.1 采样	41
2.1.2 均匀量化	41
2.2 程序实现	42
2.2.1 主程序源码	42
2.2.2 编程方法注解	47
2.3 实验	49
2.3.1 图像采样	49
2.3.2 图像量化	50
第3章 图像处理基础	52
3.1 编程算法	52
3.1.1 彩色图像转变为灰度图像	52

3.1.2	灰度阈值变换	52
3.1.3	灰度线性变换	52
3.1.4	伪彩色处理	52
3.1.5	图像融合	53
3.2	程序实现	53
3.2.1	主程序源码	53
3.2.2	编程方法注解	63
3.3	实验	64
3.3.1	彩色图像转变为灰度图像	64
3.3.2	灰度阈值变换	66
3.3.3	灰度线性变换	66
3.3.4	伪彩色处理	67
3.3.5	图像融合	68
第4章	图像几何变换	70
4.1	编程算法	70
4.1.1	仿射变换	70
4.1.2	图像插值放大	71
4.2	程序实现	72
4.2.1	主程序源码	72
4.2.2	编程方法注解	91
4.3	实验	92
4.3.1	图像仿射变换	92
4.3.2	图像插值放大与缩小	94
第5章	图像时频变换	96
5.1	编程算法	96
5.1.1	快速傅里叶变换	96
5.1.2	利用FFT快速计算DCT	96
5.1.3	离散沃尔什-哈达玛变换	97
5.1.4	小波变换	97
5.2	程序实现	98
5.2.1	主程序源码	98
5.2.2	编程方法注解	124
5.3	实验	125
5.3.1	图像FFT变换	125
5.3.2	图像DCT变换	126
5.3.3	图像DWT变换	128
5.3.4	图像WHT变换	129
第6章	图像增强	131
6.1	编程算法	131

6.1.1	空域图像增强	131
6.1.2	频域图像增强	132
6.1.3	图像锐化	133
6.2	程序实现	134
6.2.1	主程序源码	134
6.2.2	编程方法注解	168
6.3	实验	170
6.3.1	空域增强	170
6.3.2	频域增强	173
6.3.3	图像锐化	175
第7章	图像恢复	178
7.1	编程算法	178
7.2	程序实现	178
7.2.1	主程序源码	178
7.2.2	编程方法注解	184
7.3	实验	185
第8章	图像分割	187
8.1	编程算法	187
8.1.1	边缘检测	187
8.1.2	图像阈值法	187
8.1.3	Hough 变换	189
8.2	程序实现	190
8.2.1	主程序源码	190
8.2.2	编程方法注解	216
8.3	实验	216
8.3.1	边缘检测	216
8.3.2	图像阈值法	219
8.3.3	Hough 变换	221
第9章	图像特征与分析	223
9.1	编程算法	223
9.1.1	边界提取	223
9.1.2	轮廓跟踪	223
9.1.3	区域形心位置	223
9.1.4	不变矩	223
9.1.5	图形细化	224
9.2	程序实现	225
9.2.1	主程序源码	225
9.2.2	编程方法注解	250
9.3	实验	250

9.3.1	轮廓跟踪与链码·····	250
9.3.2	图形细化·····	253
第 10 章	图像形态学·····	255
10.1	编程算法·····	255
10.1.1	基本运算·····	255
10.1.2	二值图像形态学的应用·····	255
10.1.3	灰度形态学·····	256
10.1.4	灰度图像形态学的应用·····	256
10.2	程序实现·····	257
10.2.1	主程序源码·····	257
10.2.2	编程方法注解·····	289
10.3	实验·····	290
10.3.1	二值图像形态学·····	290
10.3.2	灰度图像形态学·····	294
第 11 章	模式识别·····	298
11.1	编程算法·····	298
11.1.1	模板匹配分类法·····	298
11.1.2	二值数据 Bayes 分类·····	298
11.1.3	奖惩算法·····	299
11.1.4	最小均方误差算法·····	300
11.2	程序实现·····	300
11.2.1	主程序源码·····	300
11.2.2	编程方法注解·····	315
11.3	实验·····	317
11.3.1	识别手写数字·····	317
11.3.2	识别训练·····	318
第 12 章	图像压缩·····	319
12.1	编程算法·····	319
12.1.1	颜色表·····	319
12.1.2	数据压缩算法·····	319
12.1.3	DCT 图像压缩·····	320
12.2	程序实现·····	323
12.2.1	主程序源码·····	323
12.2.2	编程方法注解·····	349
12.3	实验·····	352
12.3.1	图像压缩实验·····	352
12.3.2	数据压缩算法·····	353
第 13 章	分形图像压缩·····	357
13.1	编程算法·····	357

13.2	程序实现	358
13.2.1	主程序源码	358
13.2.2	编程方法注解	375
13.3	实验	376
13.3.1	分形与迭代函数系	376
13.3.2	分形图像压缩和解压缩	377
第14章	图像加密	379
14.1	编程算法	379
14.1.1	空域图像加密	379
14.1.2	频域图像加密	380
14.2	程序实现	381
14.2.1	主程序源码	381
14.2.2	编程方法注解	420
14.3	实验	421
14.3.1	空域图像加密	421
14.3.2	频域图像加密	425
第15章	图像水印	428
15.1	编程算法	428
15.1.1	空域水印	428
15.1.2	频域水印	429
15.2	程序实现	430
15.2.1	主程序源码	430
15.2.2	编程方法注解	452
15.3	实验	453
15.3.1	空域水印	453
15.3.2	频域水印	457
参考文献		460

绪论 Visual C#. NET 编程基础

本章将简要介绍 .NET、C# 语言和 Visual C#. NET 编程基础。特别是，为初学 C# 的读者提供先运用本书程序进行实验，然后在学习数字图像处理中学会 Visual C#. NET 编程的方法。需要进一步学习有关 Visual C#. NET 编程知识的读者可参阅参考文献[19] - [21]。

0.1 .NET 和 C# 语言简介

0.1.1 什么是 .NET

当今世界是互联网世界，许多工作已经不能只用一台计算机来完成。因此，希望通过互联网把全世界的计算机都连接起来，然后使它们能够互相协作完成一个大的工作和任务。.NET 正是这样一个平台，它可以使互联网上的每台计算机都成为一个信息发布中心，可以使用其他计算机上的资源来完成自己的任务，这样可以节省很多的时间，从而提高工作效率。.NET 平台是目前 IT 产业中软件业的主流发展方向。

0.1.2 什么是 C# 和 Visual C#. NET

C#（英语读法为 C Sharp）是微软公司设计的一种高级编程语言，它是一种完全面向对象的语言。如今面向对象语言已成为编程语言的主流和趋势，而在 C# 出现之前最流行的面向对象语言是 Java，但 .NET 平台对 Java 的支持不够。为了弥补这个缺憾，同时也是为了能够赶超 Java 语言，微软公司推出了建立在 .NET 平台上的面向对象语言 C#。C# 集中了 17 种语言的优点，将成为 .NET 平台上的主流开发语言。

Visual Studio. NET 是一个全新的开发环境，同时集成了 Visual C#. NET、Visual C++ .NET、Visual Basic. NET 和 Visual J#. NET 等开发环境。Visual C#. NET 兼具 Visual Basic 的高效性和 Visual C++ 的强大功能，是专门针对 .NET 设计的语言。C# 是 Visual C#. NET 的核心语言，而 Visual C#. NET 是以 C# 语言为核心的可视化集成开发环境。

0.1.3 本书编程和实验的环境

本书程序的运行环境是 Microsoft Visual Studio 2005 或 Microsoft Visual C# 2005 Expression Edition（快速版）。在 Microsoft Visual Studio 2008 或 Microsoft Visual C# 2008 Expression Edition（快速版）中，程序经过自动转换后，能够顺利运行。

0.1.4 无 Visual C#. NET 知识的读者进行本书实验的方法

本节介绍无需 Visual C#. NET 知识就可使用本书全部程序进行实验的方法。对于尚未接触过或初学 Visual C#. NET 的读者，可在学习数字图像处理中学习编程的知识与技巧。基本

步骤如下：

1) 安装 0.1.3 节中任何一个运行环境，下面以 Microsoft Visual Studio 2005 为例。对于其他运行环境，其方法是类似的。

2) 将本书程序从光盘复制到计算机的一个目录，如 D:\ 数字图像处理 - VC#. NET 编程与实验。

3) 双击 Microsoft Visual Studio 2005 的启动图标，其起始页面如图 0-1 所示。

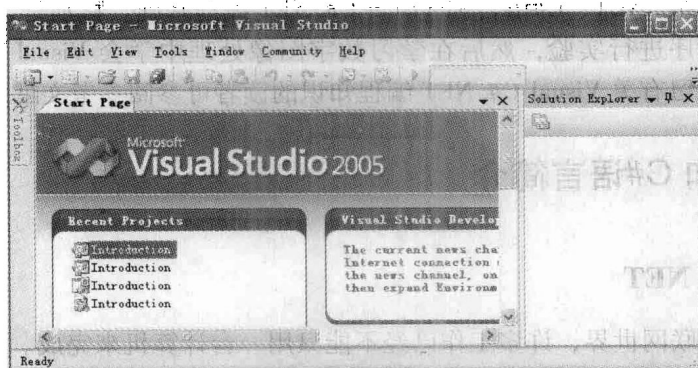


图 0-1 起始页面

4) 选择“File(文件)”→“Open(打开)”→“Project/Solution(项目/解决方案)”，如图 0-2 所示。

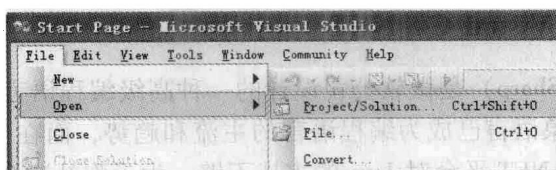


图 0-2 选择“File”→“Open”→“Project/Solution”

5) 将出现“Open Project”选择框。在选择框中选择需要进行实验的项目文件或解决方案，如光盘中 Ch1 概论的 Introduction.csproj (项目文件) 或 Introduction.sln (解决方案)，结果如图 0-3 所示。

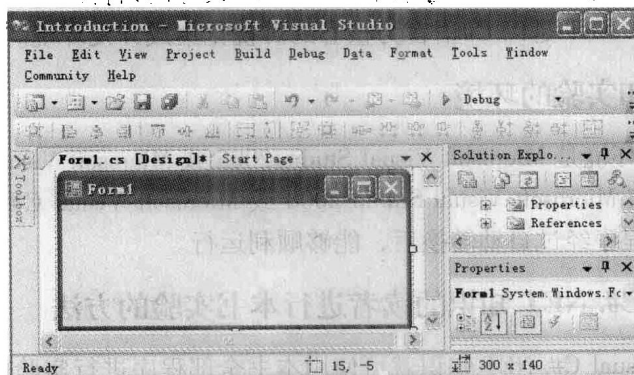


图 0-3 打开项目文件或解决方案

6) 选中右边“Solution Explorer (解决方案管理器)”中的 Form1.cs, “Form1.cs”将变为蓝色, 单击菜单“View(视图)”→“Code(代码)”, 如图 0-4 所示。

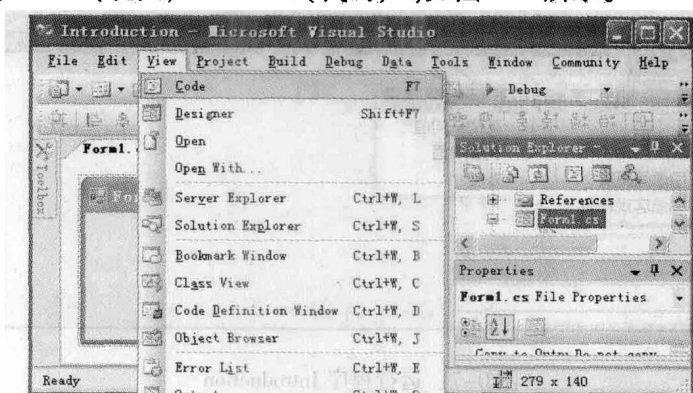


图 0-4 选择“View”→“Code”

在代码窗口中可查看或编写主文件 Form1.cs 的源代码, 如图 0-5 所示。

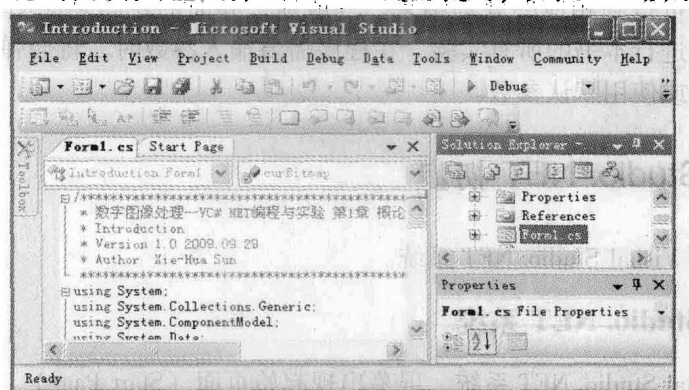


图 0-5 查看或编写源代码

7) 选择“Build(生成)”→“Build Solution(生成解决方案)”, 可以编译文件。编译成功的信息 (“生成成功”) 显示在窗口的左下角, 如图 0-6 所示。

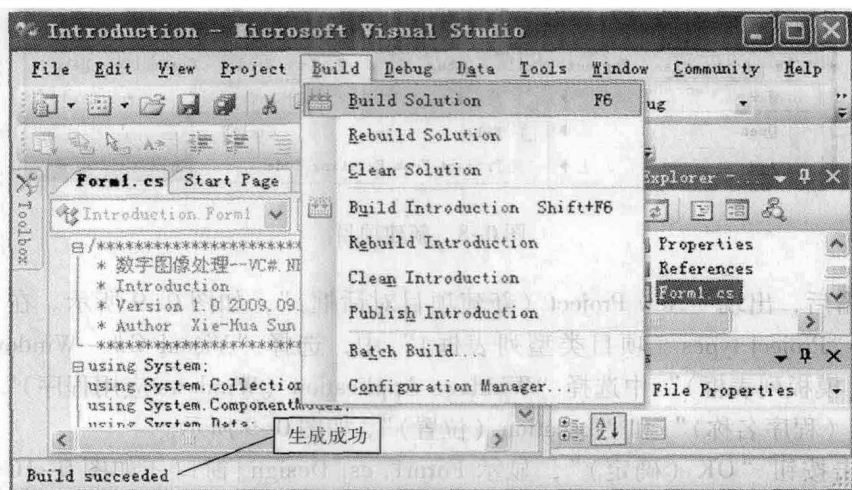


图 0-6 生成解决方案

8) 单击执行图标, 运行程序, 结果如图 0-7 所示。

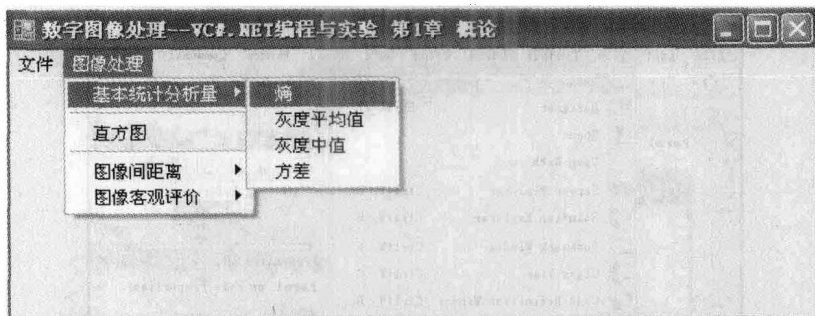


图 0-7 运行程序 Introduction

然后打开需要处理的图像。使用的图像都存放在各章的子目录中, 统一命名为 image。运行处理方法, 即可得到相应的处理结果。一般地, 界面的左图是原图, 右图是处理后结果。用此方法即可进行本书的所有实验。在程序需要输入参数时, 将会弹出信息提示, 读者可按提示输入参数或使用默认参数。

0.2 Visual Studio. NET 初步

下面简要介绍 Visual Studio. NET 系统。

0.2.1 Visual Studio. NET 系统

(1) 启动 Visual Studio. NET 系统, 屏幕出现起始页面 (Start Page)。

(2) 选择菜单“File(文件)”, 出现下拉菜单, 选择其中的“New(新建)”→“Project(项目)”, 如图 0-8 所示。

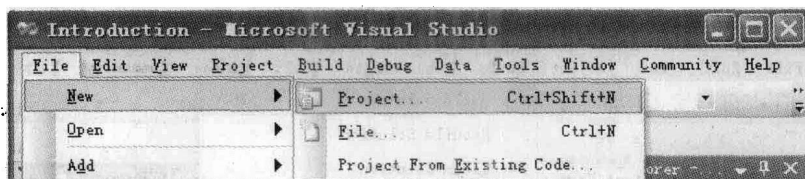


图 0-8 新建项目

(3) 单击后, 出现“New Project (新建项目对话框)”, 如图 0-9 所示。在“新建项目对话框”的“Project types (项目类型列表框)”中, 选择“Visual C# - Windows”项, 在“Templates (模板列表框)”中选择“Windows Application (Windows 应用程序)”, 然后依次填写“Name (程序名称)”和“Location (位置)”, 如图 0-9 所示。

(4) 单击按钮“OK (确定)”, 显示 Form1. cs[Design]窗口, 如图 0-10 所示。

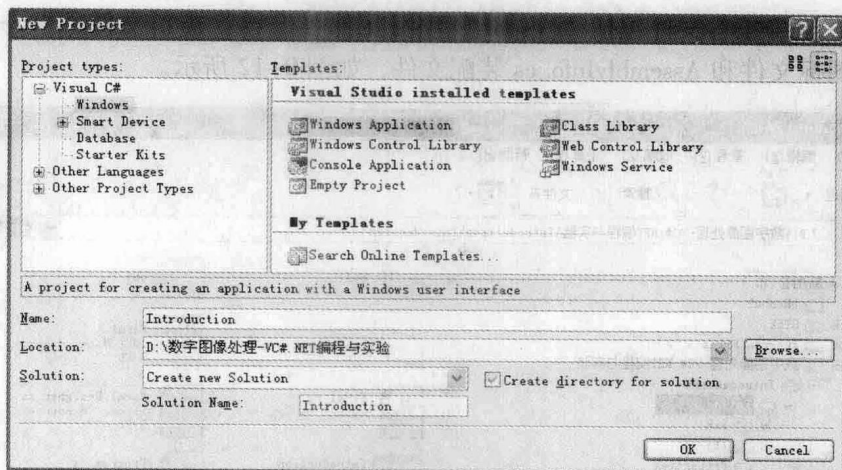


图 0-9 新建项目对话框

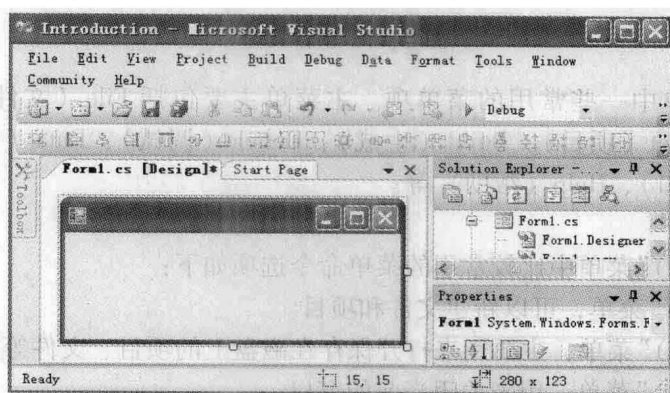


图 0-10 Form1.cs [Design]窗口

(5) 在 Form1.cs [Design] 窗口内，可用鼠标拖动窗口四角或四边中部的标记“o”来调整窗口大小。

(6) 用鼠标单击 Form1 窗体，则可进入代码编辑窗口。在代码编辑窗口内，显示系统自动生成有关项目的代码。

(7) 选择菜单“File(文件)”→“Save All(全部保存)”，保存项目的所有文件，如图 0-11 所示。

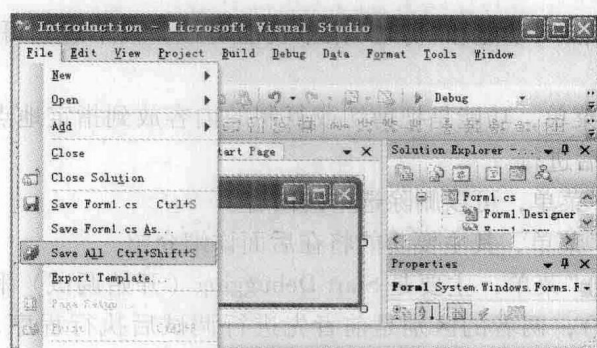


图 0-11 保存所有文件

Visual C#. NET 工程文件包括“.csproj”项目文件、“.cs”窗口文件、“.resx”资源文件、“.ico”图标文件和 AssemblyInfo.cs 装配文件,如图 0-12 所示。

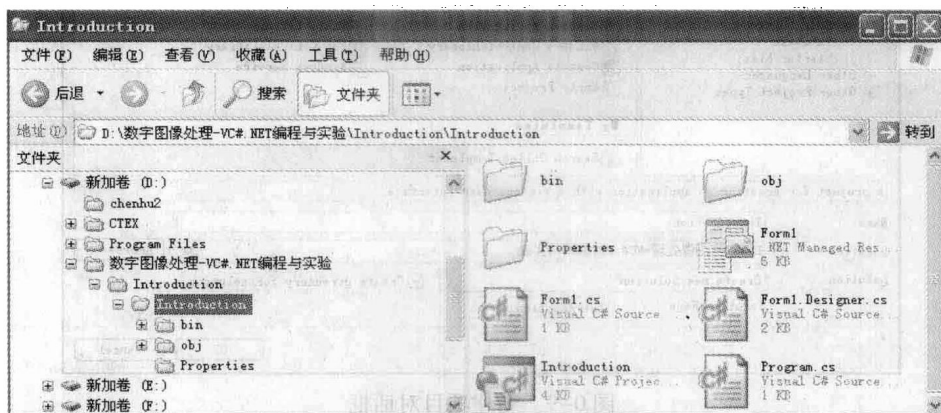


图 0-12 项目文件

下面介绍主菜单中一些常用的菜单项。主菜单主要包括 File (文件)、Edit (编辑)、View (视图)、Project (项目)、Build (生成)、Debug (调试)、Data (数据)、Tools (工具)、Windows (窗口)、Help (帮助) 等。

1. 常用的菜单

(1) “File(文件)”菜单中比较常用的菜单命令选项如下:

- 1) “New(新建)”菜单,可以新建文件和项目。
- 2) “Open(打开)”菜单,主要用来打开保存在磁盘上的项目、文件等资源。
- 3) “Close(关闭)”菜单,用来关闭当前的窗口。
- 4) “Open Solution(打开解决方案)”菜单,可以打开扩展名为 .sln 和 .csproj 的文件,它既可以打开解决方案,也可以打开工程项目。

5) “Close Solution(关闭解决方案)”菜单,可以关闭当前解决方案中的所有文件。

6) “Exit(退出)”菜单,用于退出整个开发环境。

(2) “Edit(编辑)”菜单中比较常用的菜单命令选项如下:

1) “Cut(剪切)”菜单,可以把选中的内容剪切下来,然后粘贴到另一个地方,原处的内容就不存在了。

2) “Copy(复制)”菜单,功能和“剪切”菜单功能类似,只不过它可以在原处保留原来的内容。

3) “Paste(粘贴)”菜单,功能是把剪切或复制的内容放到指定地点,它必须在完成“剪切”和“复制”的功能之后进行。

4) “Delete(删除)”菜单,可以删除选中的内容。

(3) “View(视图)”菜单,其主要功能将在后面详细介绍。

(4) “Debug(调试)”菜单,主要是 Start Debugging (开始调试) 和 Start Without Debugging (不调试执行程序),两者的区别是前者先进行调试后执行程序,后者不调试直接执行程序。

2. 工具箱

选择“View(视图)”→“Toolbox(工具箱)”菜单命令,如图0-13所示,就可以看到工具箱,如图0-14所示。



图 0-13 选择“视图”→“工具箱”

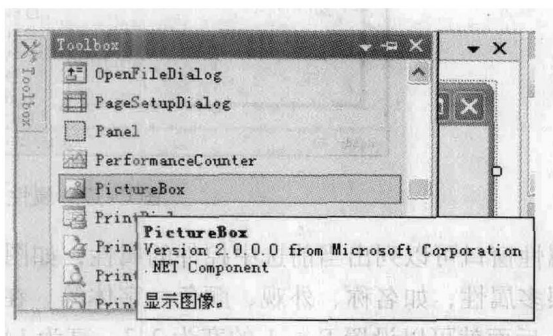


图 0-14 工具箱

工具箱在 .NET 的编程中有很重要的作用,它里面放着 Visual Studio .NET 中一些常用的控件,如在图 0-14 中看到的“Toolbox”窗口就有“PictureBox(图形框)”等常用控件。

3. 常用视图

(1) 解决方案管理器。选择“View(视图)”→“Solution Explorer(解决方案资源管理器)”菜单命令,可以看到解决方案资源管理器,如图 0-15 所示。

一个工程通常由多个文件组成,解决方案管理器里会显示正在进行的工程和工程里面引用的资源。例如,图 0-15 中 Form1.cs 下就列出了 Form1.Designer.cs 和 Form1.resx 两个文件,前者是 Form1 的页面设计文件,后者是 Form1 的资源文件。

(2) 类视图。选择“View(视图)”→“Class View(类视图)”菜单命令,就可以看到类视图,如图 0-16 所示。通过类视图这个工具,可以非常方便地查看整个工程引用了哪些类,还可以引用哪些类,也可以通过它非常方便地查看类成员属性和方法的定义。

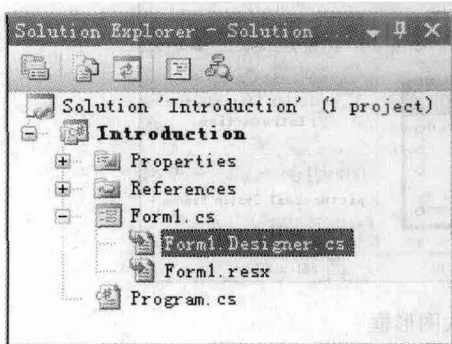


图 0-15 解决方案资源管理器

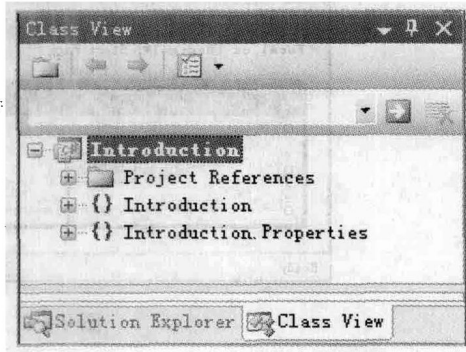


图 0-16 类视图

(3) 属性窗口。选择“View(视图)”→“Properties Window(属性窗口)”菜单命令,就可以看到属性窗口,如图 0-17 所示。

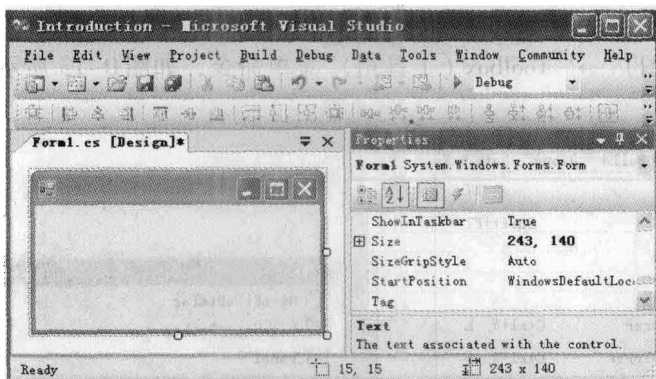


图 0-17 属性窗口

属性窗口可以列出当前选中控件的属性，如图 0-17 列出的就是 Form1 的属性。一个控件有很多属性，如名称、外观、颜色、字体等。在属性窗口中，设置这些属性的值。例如，在 Size 后面就可以设置 Form1 的宽为 243、高为 140。

在默认情况下，这些视图窗口有些是打开的，有些是关闭的。使用者可以根据自己的需要，从视图菜单中打开或关闭视图窗口。

0.2.2 创建图像处理项目

以创建第 1 章 Introduction 项目为例，简要介绍图像处理项目的创建和编写程序的方法。步骤(1)~(4)与 0.2.1 节相同。

(5) 在窗口 Form1 被选中状态下，选择菜单“View”→“Toolbox”，出现“Toolbox”窗口。

(6) 在“Toolbox”窗口中，双击要加入的图形框控件“PictureBox”，可调整图形框的大小，结果如图 0-18 所示。

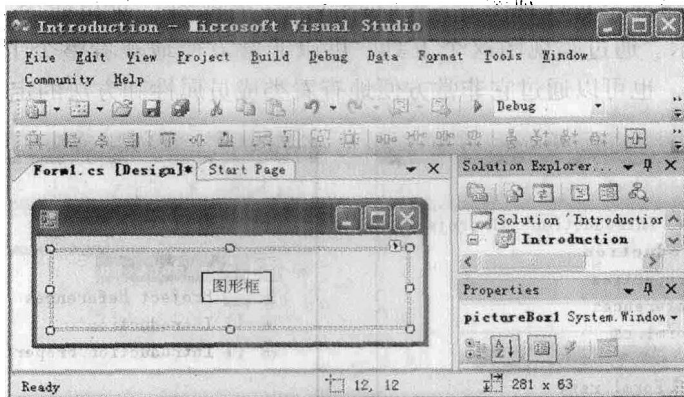


图 0-18 加入图形框

(7) 加入菜单控件“MainMenu”。“Toolbox”窗口只列出常用的一小部分控件，而控件“MainMenu”可能不在其中。现在以加入“MainMemu”到“Toolbox”窗口为例，介绍将 C# 内置控件加入到“Toolbox”窗口的方法。

① 选择“Tools”→“Choose Toolbox Items...”，如图 0-19 所示。