

普通高等教育“十一五”国家级规划教材配套实习教程
国家精品课程“数字图像处理”指定参考书

数字图像处理实习教程

贾永红 崔卫红 余 卉 编著



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

普通高等教育“十一五”国家级规划教材配套实习教程
国家精品课程“数字图像处理”指定参考书

TN911.73

3C

2007

数字图像处理实习教程

贾永红 崔卫红 余 卉 编著



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

数字图像处理实习教程/贾永红,崔卫红,余卉编著. —武汉:武汉大学出版社,2007.1

ISBN 978-7-307-05379-3

I. 数… II. ①贾… ②崔… ③余… III. 数字图像处理—实习—高等学校—教材 IV. TN911.73-45

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 153047 号

责任编辑:王金龙

责任校对:王 建

版式设计:杜 枚

出版发行:武汉大学出版社 (430072 武昌 珞珈山)

(电子邮件:wdp4@whu.edu.cn 网址:www.wdp.com.cn)

印刷:湖北新华印务有限责任公司

开本:787×1092 1/16 印张:12.125 字数:289千字

版次:2007年1月第1版 2007年1月第1次印刷

ISBN 978-7-307-05379-3/TN·22 定价:20.00元

版权所有,不得翻印;凡购买我社的图书,如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请与当地图书销售部门联系调换。

前 言

自 1980 年原武汉测绘科技大学航测系开设该课程以来,随着计算机技术的发展和教学条件的改善,经过 27 年的建设与改革,已建成凸显该课程基础理论、技术方法和应用三大特征的理论与实践并重的新教学体系。课程性质从当初的任选课转变为限选课,从限选课发展为专业基础必修课,目前已跨入主干课系列;教学模式从最初纯理论发展为“理论教学 + 课间实习”模式,并改革成现在的“理论教学 + 课间实习 + 集中实习”模式;教材建设经历了从最初自翻译材料→引用正式出版的翻译教材→拥有自主知识产权的公开出版教材→现在的武汉大学“十五”规划教材《数字图像处理》,该书已被国内 50 多所知名高校选用,荣获全国测绘优秀教材二等奖,并列入“十一五”国家规划教材选题;教学手段已从传统教学发展为全程现代化教学。课程由 2003 年武汉大学、湖北省精品课程建设成 2004 年国家精品课程,成为测绘科学与技术专业的第一门国家级精品课程。这一切成果的取得,凝聚着课程组成员的辛劳和汗水,更离不开学院、学校、湖北省教育厅和国家教育部给予的鼓励和支持。

随着计算机和信息技术的发展,数字图像处理实习现已成为数字图像处理课程不可缺少的重要教学环节。为达到理论教学与实践教学并重,我们一直致力于实习教学体系和教学内容建设与改革,建立了数字图像处理实习课程“独立设课”的新教学体系;实习内容涵盖专业基础和专业知识,由浅入深,由单项到综合逐步提升;取材上力求做到先进、新颖、实用,理论联系实际;技能培养由点及面到系统,摆脱简单的知识学习、理论验证等传统实践教学模式,积极引导 students 独立钻研和相互协作,努力培养学生设计开发、实践创新和综合运用知识的能力。在近 3 届本科教学实践中教学效果显著,受到学生和同行的好评。这不仅为开展深层次数字图像处理实习教学创造了条件,积累丰富的教学资源和经验,而且为学生学习后续课程奠定了扎实的基础。为了满足教学的需求,在国家精品课程、湖北省教学项目和武汉大学“十一五”规划教材经费资助下,我们着手编写了武汉大学“十一五”规划教材《数字图像处理实习教程》,作为数字图像处理课程的实践篇,奉献给读者。

《数字图像处理实习教程》由四部分内容组成。第一部分是数字图像处理实习预备知识,包括数字图像处理实习平台搭建,位图文件存取与显示功能的实现;第二部分是 2 个单元组成的课间实习,目的是让学生掌握数字图像处理基本算法设计和基本操作技能,为开展集中实习打好基础;第三部分是集中实习内容,由 3 个单元的基础实习和 16 个具有综合性、应用性和创新性的实习单元组成,集中实习的目的是要求学生进一步掌握和巩固所学图像处理技术的基本原理与方法,理论联系实际,灵活应用所学知识解决实际问题,提高分析问题和解决问题的能力,培养学生的创新能力;第四部分给出了实习内容的相关源代码,仅供参考。另外,每个实习单元后面都附有思考题。在 Web 网址 <http://jpkc.whu.edu.cn/jpkc/dip/> 上可以获得源代码和研制的实验软件。欲与作者联系,可以通过以下两种途径:

1) E-mail: yhjia2000@sina.com

2) <http://jpkc.whu.edu.cn/jpkc/dip/gbook/index.asp>

全书由贾永红策划、设计和组织编写,崔卫红同志主要参与第一、三部分有关内容的撰写;硕士研究生余卉主要参加第三、四部分有关内容的撰写与程序整理;研究生李芳芳、潘鹏、马云霞、胡静、高振宇、张岱等人参与编写实习单元程序代码和流程图绘制。其他内容及全书的统稿、定稿由贾永红完成。

本书不仅可以作为遥感科学与技术、计算机科学与技术、光学、电子、测绘、地理信息系统、通信和自动控制等专业的学生实习教材和参考资料,也可作为工程技术人员和科研人员进行数字图像处理研究和开发的技术资料。

本书得以出版,完全是集体努力的结果。初稿完成后,承蒙关泽群教授审阅,张治国博士校对。该书引用了一些作者的论著和资料,在此一并表示衷心的感谢。

由于本人水平所限,书中不足之处,恳请读者批评指正。

编 者

2006 年 10 月

目 录

第一部分 实习预备知识	1
一、创建 VC++ 应用工程的基本流程	1
二、位图操作 CDib 类的实现	22
三、基于 CDib 类的位图文件读取、显示和存储	39
第二部分 课间实习	44
实习一 灰度图像直方图统计	44
实习二 图像增强操作	45
第三部分 集中实习	48
(一)基础实习(必做)	48
实习一 实现 RAW→BMP 格式的转换	48
实习二 灰度图像对比度增强	51
实习三 图像局部处理	52
(二)综合性实习(选做)	54
单元一 灰度图像中值滤波	54
单元二 图像几何处理:图像平移、缩放和旋转变换	56
单元三 图像频域处理	61
单元四 伪彩色增强	67
单元五 基于高通滤波的影像融合	70
单元六 基于 HIS 变换的影像融合方法	72
单元七 灰度图像边缘检测	74
单元八 图像二值化:判断分析法	75
单元九 Hough 变换检测直线	78
单元十 霍夫曼编码	80
单元十一 图像的行程编码	81
单元十二 纹理图像的自相关函数分析法	84
单元十三 灰度共生矩阵特征提取	85
单元十四 基于灰度的模板匹配	88
单元十五 基于特征的模板匹配	91
单元十六 形状特征提取	92
第四部分 实习项目的 C++ 源程序代码	94
参考文献	187

第一部分 实习预备知识

数字图像处理实习的目的是要求学生掌握和巩固数字图像处理的原理与方法,理论联系实际,灵活应用所学知识解决实际问题,提高分析问题和解决问题的能力,培养学生的创新能力。因此我们要求学生实习时能用 Visual C++ 创建应用工程——数字图像处理平台,编程完成各项实习,以便将来能独立地开发应用系统。为此,学生应该对 Visual C++ 开发环境有所了解,特别是应掌握如何搭建起一个 Visual C++ 应用工程,以及如何实现图像处理常见的基本操作。在这里介绍创建 Visual C++ 应用工程的基本流程,希望学生完成本部分的阅读和操作后,能创建一个基于 MFC 的 Visual C++ 数字图像处理平台,并能实现位图读写、显示的操作,为顺利完成后面的各项实习任务奠定基础。

一、创建 VC++ 应用工程的基本流程

对 Visual C++ 的初学者,按照下列步骤操作就可初步掌握设计 Visual C++ 应用程序的基本操作流程。

(一) 创建基于 MFC 的 Visual C++ 应用程序的步骤

1. 打开 Visual C++ 开发工具软件。
2. 点击开始/程序/Microsoft Visual Studio 6.0/Microsoft Visual C++ 6.0(如图 1-1 所示)。

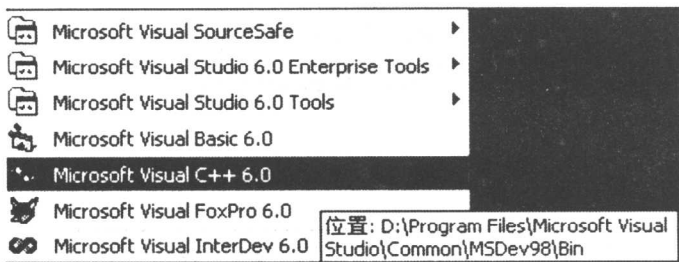


图 1-1 打开 Visual C++ 开发工具

3. 创建一个新的项目。

在 Visual C++ 开发环境下,选择“File”菜单下的“New”菜单,点击进入“New”对话框,选择“Projects”中的“MFC AppWizard(exe)”,如图 1-2 所示,在路径“E:\教学\”下创建工程“ImageProcessEx”。也可点击右侧按钮 选择工作路径,根据自己的学号或需要输入工程名称。

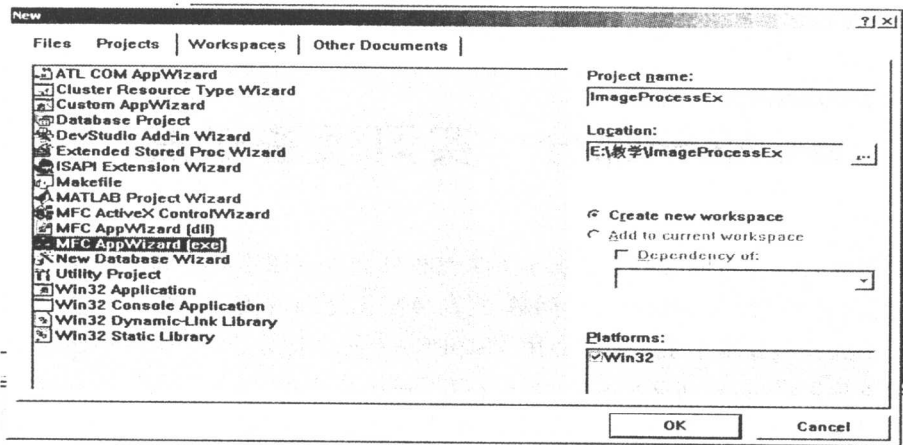


图 1-2 New 对话框

4. 单击“OK”按钮,进入“MFC AppWizard”(MFC 应用程序向导)对话框,如图 1-3 所示,根据提示依次进行选择(共 6 步),直到最后出现 Finish。

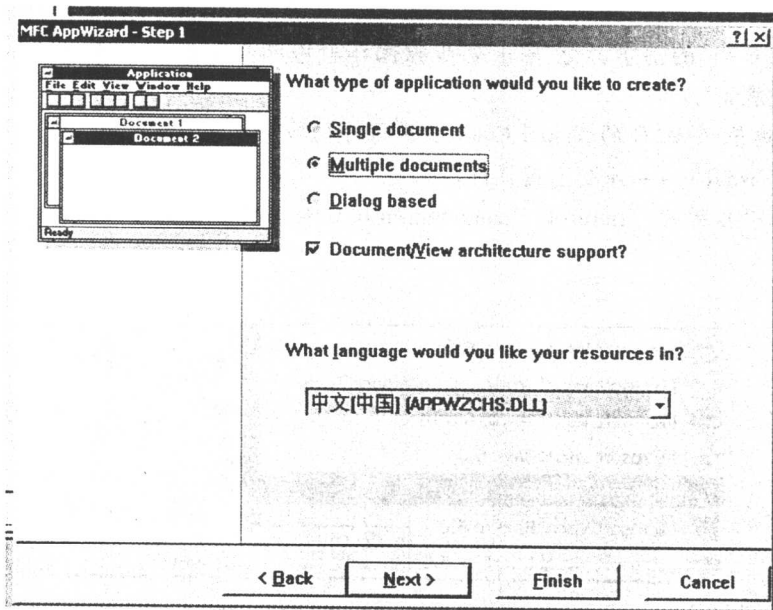


图 1-3 MFC AppWizard-Step1 对话框

在“MFC AppWizard-Step 1”对话框中,三个单选项分别表示所构建的程序是基于单文档(如 windows 的 notebook)、多文档(如 Microsoft Word)还是基于对话框形式。复选框是文档/视图结构支持(对话框结构时不支持)选项。下面的资源语言选择项,用来为你的程序选择不同的资源语言。若选择了英语[美国][APPWENU.DLL]等其他资源语言,则在后

面添加的菜单、对话框等资源中将不能正常显示中文。

图 1-4 所示“MFC AppWizard-Step 2”对话框用来为你的工程选择是否需要数据库支持以及选择什么样的数据库和数据源。这里不做详细介绍,如感兴趣请查阅有关 Visual C++ 数据库编程的资料。

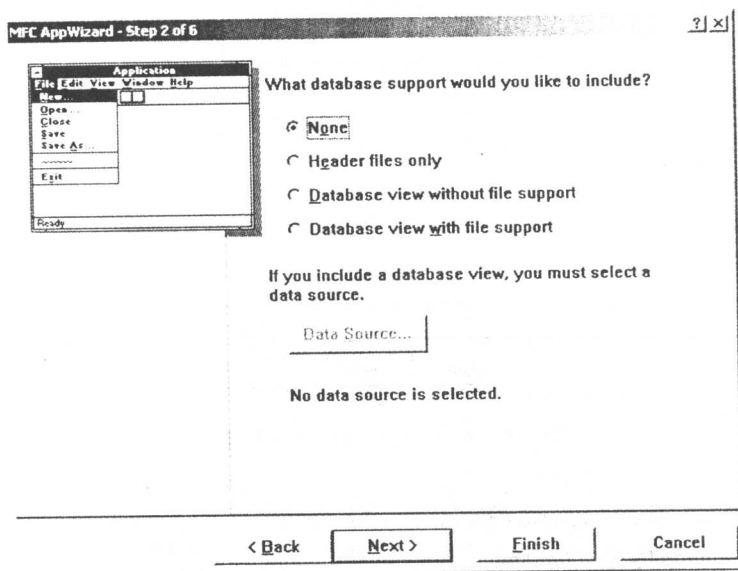


图 1-4 MFC AppWizard-Step2 对话框

图 1-5 所示的“MFC AppWizard-Step 3”对话框包含“compound document support(复合文档支持)”选项和其他高级支持选项,可针对用户的具体要求将应用程序做成特定的类型。

将文本和图表同时保存在一个文档中,这样的文档就是一种复合文档。只由文本组成的文档不能称为复合文档。如果应用程序不需要设计成复合文档支持型,就选择“None”选项;如果希望将应用程序做成一个全服务器的话,可以选择“Full-server”选项;如果希望将应用程序做成一个容器的话,可以选择“Container”选项。所谓“容器”就是可以嵌入其他对象的应用程序。比如 Microsoft Word 就是一个容器,因为在 Word 中以嵌入的方式可加入一个位图对象,能容纳位图对象,因此称 Word 为容器。“Mini-server”选项也是一个服务器,满足其他应用,但它不能自己独立运行,必须由其他应用来启动运行。而与之相对的“Full-server(完全服务器)”是可以单独运行的。

位于“MFC AppWizard-Step3”对话框下方的其他支持选项,一个是“Automation(自动)”,与组件对象模型(Component Object Model,简称 COM)关系密切。如果你要创建一个 COM 组件,又想在网络上发布,那么最好选上该项。另一个是“ActiveX Controls(ActiveX 控件)”,是指创建的工程支持使用 ActiveX 组件。

图 1-6 给出的“MFC AppWizard-Step 4”对话框用来设计应用工程的一些外观特征,即用户界面功能。其选项都十分直观明了,如“Docking toolbar(停泊工具栏)”、“Initial status bar(初始状态栏)”、“Print and print preview(打印和打印预览)”、“Context-sensitive Help(上下文相关帮助)”、“3D controls(三维控件)”以及和网络编程有关的“MAPI”和“Windows sock-

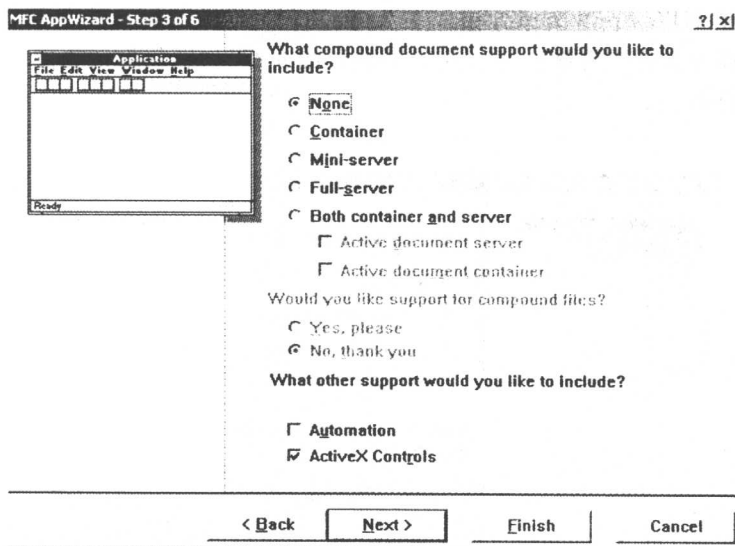


图 1-5 MFC AppWizard-Step 3 对话框

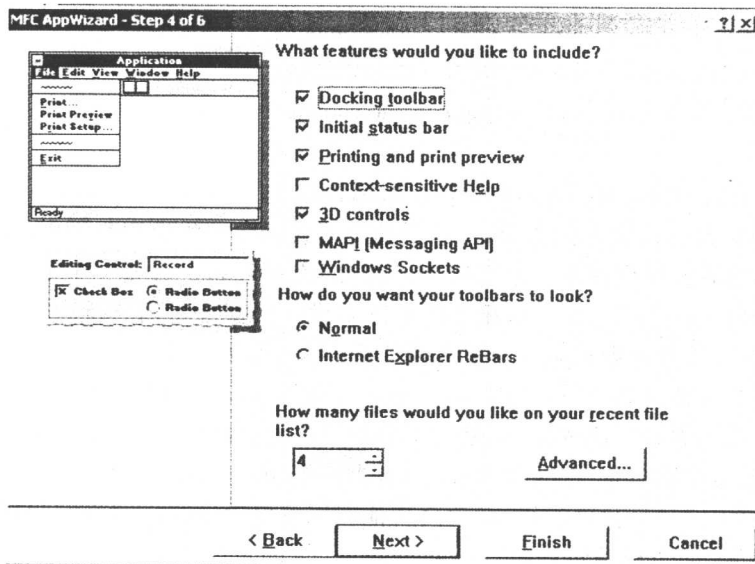


图 1-6 MFC AppWizard-Step 4 对话框

ets(Windows 套接)”。再下面的选项是 toolbar 的外观样式选择。最下面的选项是设定文件打开菜单中需要保留最近打开文件的个数。点击旁边的“Advanced...”按钮,弹出“Advanced Option”对话框(图 1-7)。该对话框有两个选项卡,其中“Document Template String(文档模板字符串)”选项是对应用程序文档的一些说明。这里有 7 个编辑框,都可以进行修改,不过与其对它们进行修改,不如在生成应用程序之前给定应用程序的名称,这些编辑框中的值都会以字符串的形式各自保存在一个字符资源之中。其中第一个编辑框中的字符

串代表应用程序的扩展名,如希望应用程序的扩展名为“. bmp”,就可将第一个文本框“File extension(文件扩展名)”中的内容写为“bmp”。“Advanced Option”对话框的第二个选项“Window Styles(窗口类型)”是为选择合适的应用程序外观而设计的,如果希望应用程序一启动就具有最大化的特征,占据整个的桌面空间,那么就选择“Maximized(最大化)”复选框。其他复选框有关于拆分窗口等多个内容,试着修改这些属性,注意应用程序的外观所发生的变化。

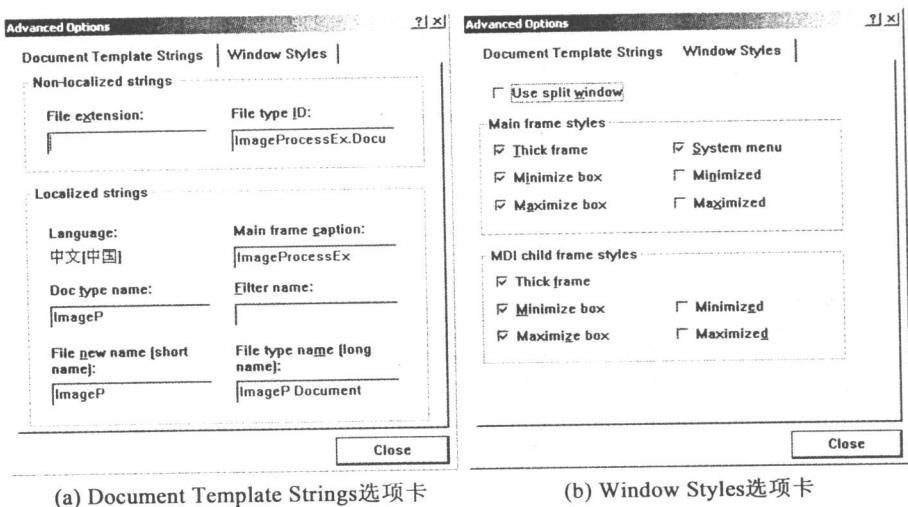


图 1-7 MFC AppWizard-Step 4 的 Advanced Option 对话框

图 1-8 是“MFC AppWizard-Step 5”对话框,包含应用程序选择界面样式、是否需要为应用程序产生源文件注释和应用程序将如何使用 MFC 库三项内容。其中,应用程序界面样式可以有“MFC Standard(MFC 标准)”和“Windows Explorer(Windows 资源管理器)”两个可选项。在 MFC 库使用的选项中,可以选择“As a shared DLL(作为一个共享的动态链接库)”或“As a statically linked library(作为静态链接库)”。动态链接库与静态链接库的区别在于:动态链接在应用程序运行时才去真正调用动态链接库中的函数;在编译过程中,动态链接库并不直接挂在应用程序中,这样既节约计算机资源又减少了应用程序的代码量;它可以为多个应用程序使用,但当一个应用程序要使用某个动态链接库中的函数,则必须保证该动态链接库存在,否则程序无法运行。同样,当发布应用程序时,也要将使用的动态链接库一同发布,否则用户无法使用应用程序。静态链接是在使用到某类及其成员函数时,要对类有明确定义,并且在编译过程中要将它们与应用程序紧密地链接在一起。所以,静态链接存在的最大问题是无论在哪个应用程序中使用,都必须有类的源代码,否则便无法完成静态链接。这不仅使程序变得冗长,同时也浪费计算机资源。因此,选择静态链接库方式生成的应用程序将比使用动态链接库方式的应用程序大许多。

MFC AppWizard 的最后一步是对应用程序框架所定制生成的类的一个总结。根据前面几个步骤中的选择,呈现工程所得到类的情况,还可以修改工程中存在的类的基类。比如,为了使视窗能完整显示各种不同大小的影像,可将 CImageProcessExView 类的基类设为

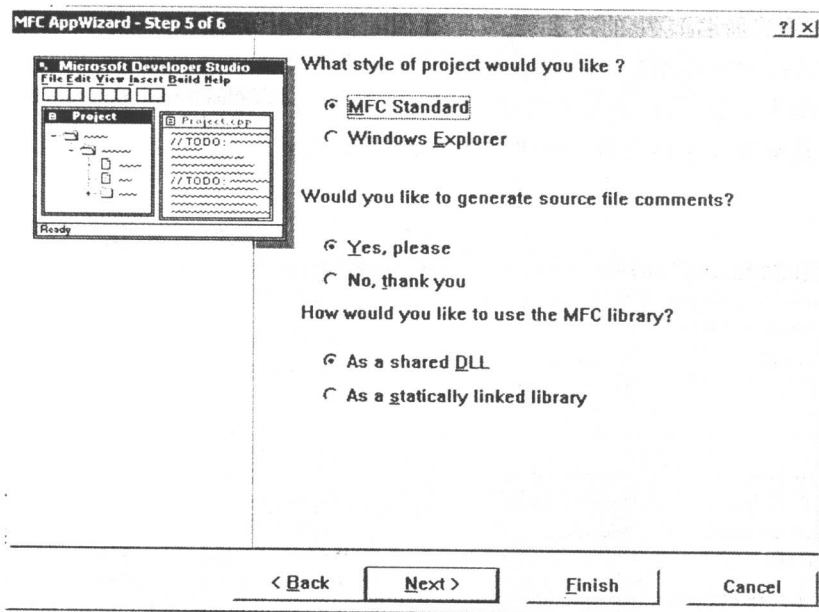


图 1-8 MFC AppWizard-Step 5 对话框

CScrollView(滚动视窗类)。

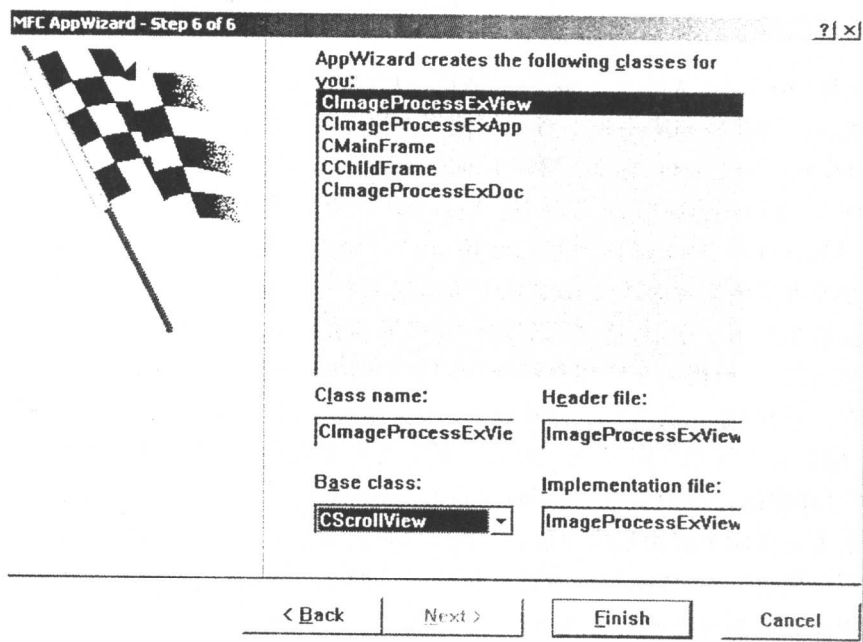


图 1-9 MFC AppWizard-Step 6 对话框

单击“Finish”按钮,可以看到集成开发环境列出了工程的类型、工程中包含的类以及所选界面外观特征等信息,如图 1-10 所示。点击“New Project Information”对话框的“OK”按钮后,开发环境便根据 MFC AppWizard 步骤 1~6 的选择创建生成工程源程序,其工程开发环境界面如图 1-11 所示。

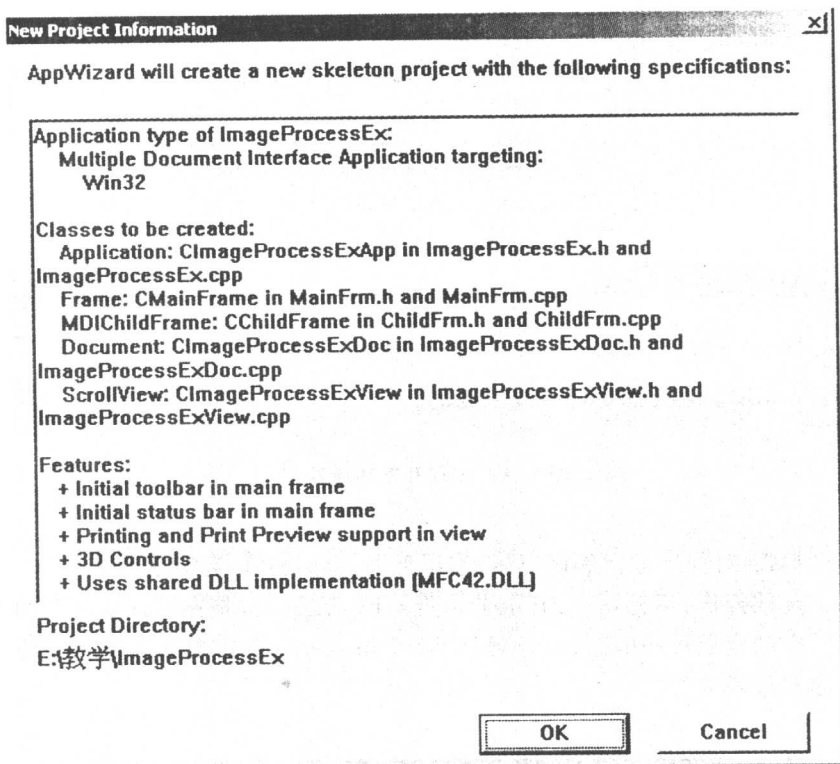


图 1-10 New Project Information 对话框

5. 自动生成的几个重要类及其功能说明。

CImageProcessExApp 为应用类,负责启动主线程,一般不在这个类工作。一个应用类有且只能有一个从该类派生出来的全局对象,MFC 默认状态下将它命名为 theApp。

CImageProcessExDoc 为文档类,负责对文档内容的管理,包括文件读入与保存等许多与存储相关的操作。永久保存数据操作、文档更新操作以及文档读取操作等都是通过该类完成的,用它来管理数据非常方便,因此在编写应用程序时,常常将该类作为数据的存取基地。

CImageProcessExView 为视图类,负责数据显示,该类的许多方法与图形操作有关。在文档类中保存的数据一般是由视图类来显示给用户的,用户通过视图与文档类中保存的数据进行交互操作。

CMainFrame 为框架类,负责管理整个框架,在多文档应用程序中具有多个视图,而且允许一次显示多个视图。若要求从一个视图切换到另一个视图,同时还允许修改客户区大小和显示多个视图,这使得管理框架为客户区提供的区域变复杂,可利用 CMainFrame 实现。

CChildFrame 为框架类,负责对视图的管理。

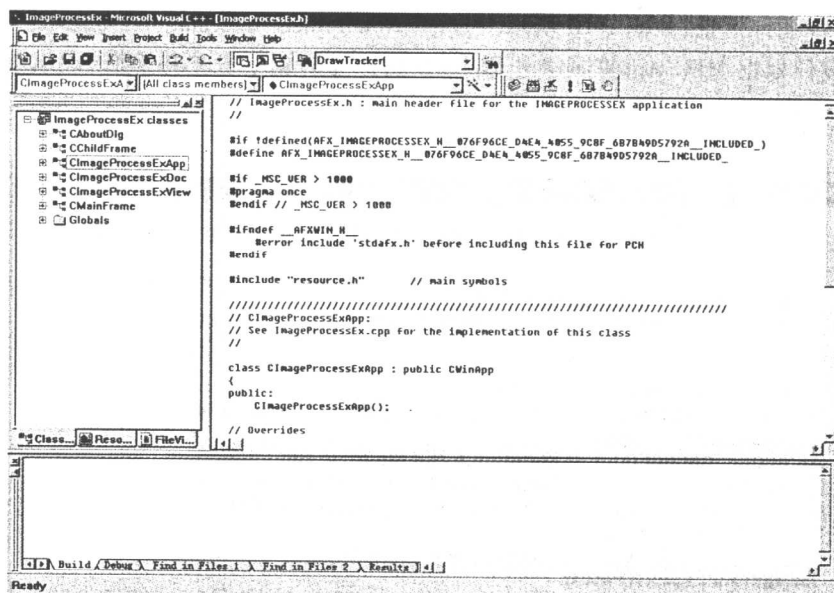


图 1-11 工程开发环境界面

6. 点击图标对程序进行编译连接,编译无误,再点击运行程序。

按照以上步骤操作,运行程序,其结果如图 1-12 所示。这是在默认情况下由 MFC 应用向导所创建的空的应用程序框架,其外观与 Word 相似。若要实现图像处理的功能,则需要添加相应资源和代码。

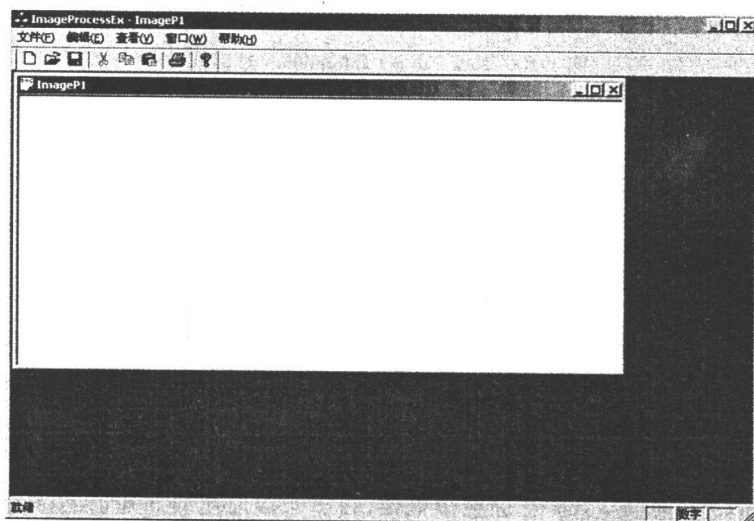


图 1-12 在默认情况下由应用向导生成的 MFC 应用程序框架

(二) 以图像格式转换为例在应用程序中添加菜单、对话框资源及其消息处理函数的方法

1. 添加相关菜单资源。

在 ResourceView 中,在 ImageProcessEx Resource 目录下,双击“Menu”子目录下的“IDR_IMAGEPTYPE”,在其对应的显示于右侧视窗中的菜单上分别添加主菜单及其子菜单项。

首先,添加主菜单,在空白菜单上单击鼠标右键,选择弹出菜单的“Properties”子菜单,在“Caption”编辑控件中填入主菜单的名称,同时注意“Pop-up”复选框被选中,如图 1-13 所示。

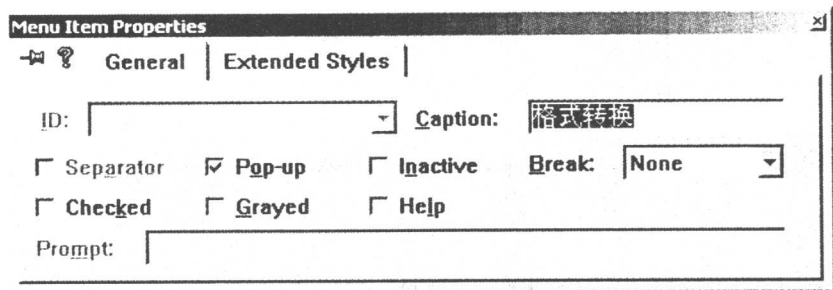


图 1-13 为工程添加“格式转换”主菜单项

然后,为主菜单添加其子菜单项。在主菜单下方的空白菜单上单击鼠标右键,选择弹出菜单的“Properties”子菜单,为该子菜单输入和选择各种属性。注意菜单 ID 号最好根据它所代表的内容来命名,如“Raw to Bmp”菜单项可取其 ID 为“ID_RAWTOBMP”,如图 1-14 所示。菜单设计好后,可以进行一次编译连接并运行,观察 Raw to Bmp 菜单项是否已经出现。可见它是灰色的,表明处于没有激活状态。这是因为还没有为该菜单项添加消息处理函数。按照同样的方法,可以为工程添加其他菜单项,图 1-15 是按实习教程内容添加好所有菜单后显示的结果。

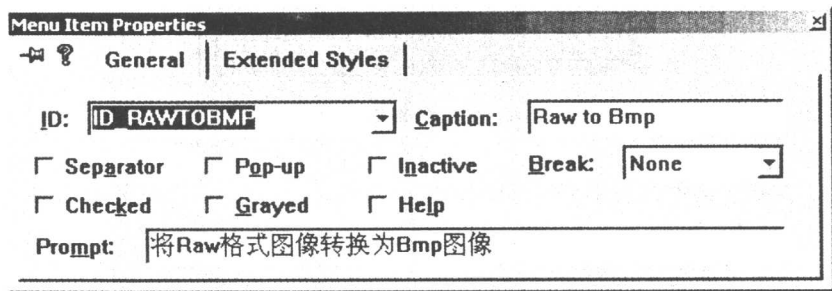


图 1-14 “格式转换”菜单下“Raw to Bmp”子菜单项的属性

2. 添加对话框资源。

将 Raw 格式转换为 Bmp 格式时,一般需要给出文件路径、大小、颜色数等信息。因此,可以设计一个对话框来输入和设置此信息。添加对话框的过程为:

首先,在 ResourceView 中双击“Dialog”,子目录上单击鼠标右键,在弹出的菜单中选择

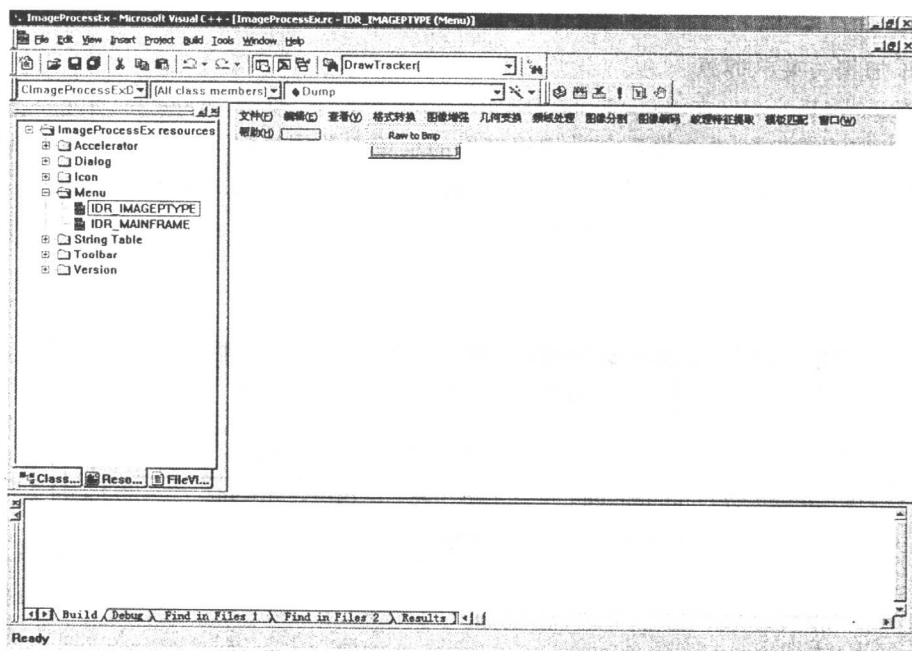


图 1-15 ImageProcessEx 工程添加完成的所有菜单资源

“Insert Dialog”子项,将自动出现一个默认对话框(图 1-16)。

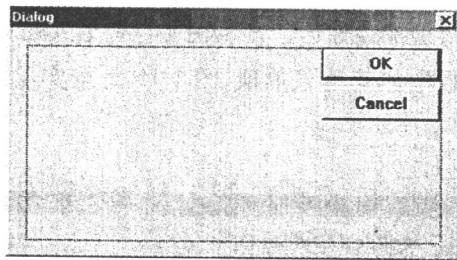


图 1-16 默认的新插入对话框

然后在对话框上单击鼠标右键,选择弹出菜单中的“Properties”子菜单为该对话框设置属性,如图 1-17 所示。

最后为对话框添加需要的控件。

图 1-18 所示是设计的“Raw To Bmp”对话框。需要说明的是:在图 1-18 中,“Raw 格式文件”和“Bmp 格式文件”为静态控件,用于说明打开和保存文件类型;其后面的两个 Edit 控件用于输入和显示打开和保存的文件路径、名称;两个“浏览”按钮控件,用于选择所要打开或保存文件的路径和名称;下面一个 Group Box 控件,类似静态控件,只用来说明其 Box 中的内容(这里为 RAW 文件的参数);位于其左侧“宽度:”和“高度:”为静态控件;旁边的两个 Edit 控件用来输入 Raw 文件的高度和宽度;Group Box 的中间的两个单选按钮确定所打

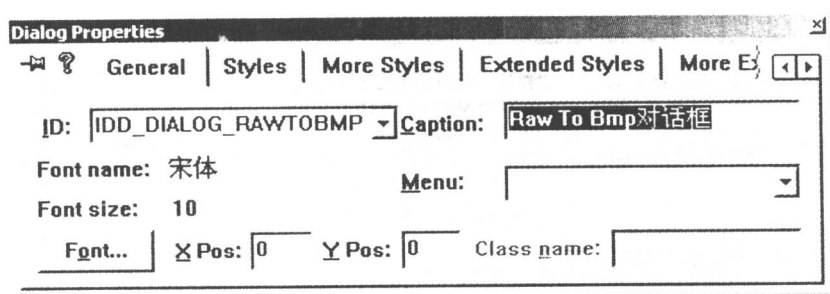


图 1-17 Raw To Bmp 格式转换对话框属性设置

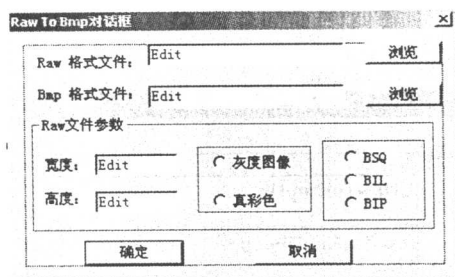


图 1-18 设计的 Raw To Bmp 对话框

开的 Raw 文件是灰度图像还是真彩色图像;位于 Group Box 右侧的三个单选按钮,用来选取 Raw 文件的存储方式:BSQ(逐波段存储)、BIL(逐行存储)和 BIP(逐像素存储)。

注意:(1)给每个控件的 ID 号名尽量做到“见名知意”;(2)添加一组单选按钮时,要连续添加,并将第一个单选按钮属性中的 Group 选中。例如该对话框中的“灰度图像”和“真彩色”要连续添加,且将“灰度图像”的 Group 属性选中,“BSQ”、“BIL”和“BIP”也为一组,三个要连续添加,且将“BSQ”的 Group 属性选中。

3. 为对话框创建类。

在“Raw To Bmp 对话框”上点击鼠标右键,再点击弹出菜单的“ClassWizard”菜单项,将会在“MFC ClassWizard”对话框上弹出一个“Adding a Class”对话框,如图 1-19 所示。选中“Create a new class”项,点击“OK”按钮后,将弹出“New Class”对话框,如图 1-20 所示。注意对话框 ID 为 IDD_DIALOG_RAWTOBMP,即当前选中的对话框,基类为 CDialog,因为这是要创建一个关于对话框的类。在 Class information 的 Name 项中输入所要创建的类名,则 File name 中的内容自动与输入的类名一致。这里需要提醒的是,一般类名以字母 C 开头,同样也要做到见名知意。

类名输入完成后,单击 OK 按钮,系统自动创建新类 CRawToBmpDlg,伴随它的是 RawToBmpDlg.h 和 RawToBmpDlg.cpp,同时可以看到图 1-21 的“MFC ClassWizard”对话框,会发现刚才添加的新类已经在类列表中。单击 ClassView,会发现增加了新类 CRawToBmpDlg,双击 CRawToBmpDlg 会打开 RawToBmpDlg.h,即类定义文件(请注意仔细观察生成的头文件和源文件)。