

电子电路设计循序渐进系列教程

电路设计与制板

——Protel 应用教程

杜 刚 主编

王启宁
戎华洪
张东霞

等编著



清华大学出版社

电子电路设计循序渐进系列教程

电路设计与制板——Protel 应用教程

杜 刚 主编

王启宁 戎华洪 张东霞 等编著

清华大学出版社

北 京

内 容 简 介

Protel 99SE 是 Protel Technology 公司开发的电路 CAD 系列软件, 它以其强大的功能、友好的界面、简便的操作, 获得众多使用者的好评, 成为当今最流行的电子设计软件之一。

本书共分 8 章, 从电路设计实用的角度出发, 比较详细地介绍了电路原理图的设计、网络表的生成、原理图库与 PCB 元件库的制作、印刷电路板的设计方法与操作步骤, 以及介绍了在实验室环境下如何使用雕刻机制作印刷电路板的过程。

本书的特点是全面、实用、条理清晰、通俗易懂, 特别适合初学者或作为大学生电子设计竞赛的培训教材使用, 也可供大专院校相关专业的学生参考。

版权所有, 翻印必究。举报电话: 010-62782989 13501256678 13801310933

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签, 无标签者不得销售。

本书防伪标签采用特殊防伪技术, 用户可通过在图案表面涂抹清水, 图案消失, 水干后图案复现; 或将表面膜揭下, 放在白纸上用彩笔涂抹, 图案在白纸上再现的方法识别真伪。

图书在版编目 (CIP) 数据

电路设计与制板——Protel 应用教程/杜刚主编, 王启宁, 戎华洪, 张东霞等编著. —北京: 清华大学出版社, 2006. 6

(电子电路设计循序渐进系列教程)

ISBN 7-302-12799-9

I. 电… II. ①杜… ②王… ③戎… ④张… III. 印刷电路—计算机辅助设计—应用软件, Protel—教材 IV. TN410.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 033479 号

出 版 者: 清华大学出版社 地 址: 北京清华大学学研大厦
http://www.tup.com.cn 邮 编: 100084
社 总 机: 010-62770175 客户服务: 010-62776969

组稿编辑: 陈韦凯

文稿编辑: 刘欢欢

封面设计: 范华明

版式设计: 郑轶文

印 装 者: 北京鑫海金澳胶印有限公司

发 行 者: 新华书店总店北京发行所

开 本: 185 × 260 印 张: 15.5 字 数: 352 千字

版 次: 2006 年 6 月第 1 版 2006 年 6 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 7-302-12799-9/TN · 319

印 数: 1 ~ 5000

定 价: 24.00 元

读者建议反馈表

1. 姓名_____ 2. 性别_____ 3. 年龄_____ 4. 电话_____
5. 单位/学校_____ 6. 职务/职称 _____
7. 通信地址 _____ 邮编 _____
8. 电子信箱 _____ 9. 单位网站 _____
10. 您的文化程度: ☐ 中职中专 ☐ 高职高专 ☐ 本科 ☐ 研究生及以上
11. 您所学专业: ☐ 通信电子 ☐ 计算机 ☐ 电气 ☐ 自动化 ☐ 机电 ☐ 其他
12. 您的工作性质: ☐ 设计开发 ☐ 院校教师 ☐ 普通培训 ☐ 学生
13. 您购买本书在: ☐ 综合书店 ☐ 科技书店 ☐ 校园书店 ☐ 网站 ☐ 其他
14. 您对本书有何建议和意见?

15. 您了解的同类书籍还有哪些? 本书与这些同类书籍比较有何优劣?

16. 通过本书您学到了什么? 您还需要学习或了解什么进一步的知识?

17. 您今后需要哪类书籍?

18. 若有写作能力, 您是否有写作意向? 写哪方面的内容?

表格填好后请寄:

有关计算机/电子/通信类等书籍投稿意向请按照如下方式联系:

地址: 北京清华大学出版社校内白楼 207 室

邮编: 100084

电话: 010-62788951/62791976 转 222

信箱: chenwk@tup.tsinghua.edu.cn

有关本书的建议和意见或邮购本书请按照以下方式联系:

地址: 北京清华大学出版社校内白楼 “电子电路设计循序渐进系列教程” 编辑部

邮编: 100084

电话: 010-62770384

传真: 010-62788903

电子电路设计循序渐进系列教程

丛书编委会

主任委员:

张晓冬

副主任委员:

黄正瑾 段哲民

委员:

王松武	常 华	杜 刚	赫建国	胡仁杰
赵良法	马晓春	于 鑫	郑 燕	薛延侠
袁 钢	于 蕾	王启宁	常敏嘉	戎华洪
张东霞	王 扬			

出版说明

高等教育应该重视学生工程素质和实践能力的培养,提高学生解决实际问题的能力,这也是当前用人单位对毕业生专业技能的要求。对于电子信息、电气、自动化等电类专业学生来说,电子电路设计是必备的专业技能。各高校普遍通过实验课程、课程设计、毕业设计以及组织各种竞赛来提高学生电子电路设计与制作的能力。尤其全国大学生电子设计竞赛更是教育部倡导的四大学科竞赛之一,在高校和社会中获得了较大的关注和影响,在一定程度上促进了电子科学与技术学科的发展,也促进了课程体系和教学内容的改革。

目前普遍存在的一个问题是,本科阶段课程多,学时少,学生在教学计划内的实践锻炼机会不够,且部分学校存在学生多、指导教师和实验资源不足等问题。因此,学生课下的学习提高非常重要,这就需要有适合自学或作为竞赛辅导的系列教材。

为此,我们组织出版了这套“电子电路设计循序渐进系列教程”。系列教程的编写遵循了一个从基础准备到综合设计的循序渐进的指导原则,通过电子元器件识别与选用指导、单片机应用指导、PLD 应用指导、常用电路模块分析与设计指导、仿真环节指导、电路板设计与制作指导、综合系统设计实例指导等一系列系统培训过程,使学生掌握电子电路设计的实用技术。同时系列教程中的每一册又是相对独立和完整的,学生可依据自身情况,选择具体介绍其所欠缺知识点的某一册或某几册作为参考。

本系列教程由历届全国大学生电子设计竞赛评选出的优秀组织者和优秀辅导教师执笔编写,他们不仅具有渊博、扎实的专业知识,还具有丰富的辅导经验和培养学生的责任心。在此,为他们的辛勤付出表示崇高的敬意和衷心的感谢!

由于时间紧迫和能力所限,本系列教程在出版过程中可能存在一些不足和遗憾,欢迎广大师生批评指正。最后,衷心希望本系列教程的出版能为高校实践教学开展以及学生动手能力的提高起到绵薄之力。

清华大学出版社

前 言

随着科学技术的发展,现代电子工业也取得了长足的进步,大规模、超大规模集成电路的应用使印刷电路板日趋精密和复杂,传统的手工设计和制作印刷电路板的方法已越来越难以适应生产的需求。为了解决这个问题,各类电路 CAD(计算机辅助设计)软件应运而生,Protel 就是这类软件中的杰出代表。

Protel 设计系统是世界上第一套将 EDA(电子设计自动化)环境引入 Windows 操作系统下的 EDA 电路集成设计系统,是具有强大功能的电子设计 CAD 软件,一向以其高度集成性和扩展性著称于世。Protel 公司 2001 年正式推出了具有 PDM 功能的强大的 EDA 综合设计环境 Protel 99SE,它具有原理图设计、PCB(印刷电路板)设计、层次电路图设计、报表制作、电路仿真以及逻辑器件设计等功能,是电子工程师进行电子设计的最有用的软件工具之一。

本书共分 8 章,从电路设计实用的角度出发,比较详细地向读者介绍了电路原理图的设计、网络表的生成、原理图库与 PCB 元件库的制作、印刷电路板的设计方法与操作步骤,并介绍了在实验室环境下如何使用雕刻机制作印刷电路板的过程。

本书的主要特色及说明如下:

(1) 本书的编写不是完全按照 Protel 软件操作界面的顺序逐一介绍,而是从实用的角度出发,按照项目研发过程中进入电路设计和制作阶段的实际需要来应用 EDA 软件,从而引导读者通过运用 Protel 99SE 进行高效、准确的原理图设计和 PCB 板绘制。书中介绍的所有操作步骤和软件使用方法都是编者近十年来从事 PCB 设计工作中经验的总结。

(2) 本书主要章节的结尾附有典型实例,便于读者就学习的内容进行针对性地应用、复习和提高;第 7 章是结合两道全国大学生电子设计竞赛赛题给出的综合性应用实例。

(3) 本书“扩展”栏中的内容是为较全面叙述软件相应功能而列出,在初学者首次阅读本书时,可跳过这部分内容。

(4) 本书还介绍了在实验室条件下如何使用标准型 CCD/2 印制电路板钻孔/雕刻机制作印刷电路板的过程。

本书的特点是全面、实用、条理清晰、通俗易懂,特别适合初学者或作为大学生电子设计竞赛的培训教材使用,也可供大专院校相关专业的学生参考。

本书由中国地质大学(北京)杜刚副教授主编,参加编写的还有:北京大学系统与控制研究中心的王启宁博士,中庆数字设备有限公司的戎华洪高级工程师和北京农业职业学院的张东霞副教授。另外,中国地质大学(北京)邓明教授、郑州和岳龙飞等同志对部分章节的修改和编写工作提出了宝贵的意见,在此表示感谢。由于我们水平有限,时间仓促,书中缺点和不足之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

作 者

2006 年 3 月

目 录

第 1 章	Protel 99SE 的安装与使用	1
1.1	安装前的准备	1
1.1.1	系统配置要求	1
1.1.2	创建工作目录	1
1.2	安装 Protel 99SE	1
1.3	安装 Protel 99SE 程序补丁 Pack6	3
1.4	备份系统文件	5
第 2 章	运行 Protel 99SE	6
2.1	设计资源管理器	6
2.2	系统参数设置	7
2.3	自动保存设置	9
2.4	数据库文件	9
2.4.1	创建数据库文件	9
2.4.2	打开/关闭数据库文件	10
2.4.3	建立数据库内部文件	13
第 3 章	原理图设计	15
3.1	打开原理图的设计界面	15
3.1.1	原理图的设计界面	17
3.1.2	原理图的设计环境	18
3.2	在原理图中导入元件库文件	22
3.2.1	从原理图的信息窗口导入元件库文件	23
3.2.2	从原理图的功能菜单导入元件库文件	25
3.3	在原理图上放置电气元件	26
3.3.1	利用工具按钮放置电气元件	26
3.3.2	利用菜单命令放置电气元件	27
3.3.3	利用原理图信息窗口放置电气元件	28
3.4	在原理图上放置线路	30
3.4.1	导线的两种画法	30
3.4.2	原理图上元件的几种连接方法	32
3.5	在原理图上放置网络标号	33
3.6	在原理图上放置节点	34

3.7	模块化原理电路和层次化原理电路设计	35
3.8	原理图的后处理	36
3.8.1	自动标注元件标号	36
3.8.2	原理图电气规则检查 (ERC 检查)	38
3.8.3	其他原理图报表	40
3.9	原理图编辑	45
3.9.1	选取	45
3.9.2	取消选取	46
3.9.3	复制、剪切和粘贴	46
3.9.4	删除	49
3.9.5	拖动与移动	49
3.9.6	排列与对齐	51
3.9.7	阵列式粘贴	52
3.9.8	批量修改元件参数	53
3.9.9	在原理图上制作说明性文字和图形	54
3.10	绘制原理图举例	56
第 4 章	原理图库与元件制作	61
4.1	元件库编辑器	61
4.1.1	打开元件库编辑器	61
4.1.2	元件库编辑器界面	63
4.2	元件库管理	63
4.2.1	元件管理器	63
4.2.2	用工具菜单 (Tools) 管理	66
4.3	创建一个新元件符号	68
4.3.1	认识创建元件符号的工具	68
4.3.2	创建一个新元件符号	70
4.3.2	元件库文件报表	77
4.4	创建一个新的元件库	79
4.4.1	从现有的原理图生成库文件	79
4.4.2	创建用户专用的原理图元件符号库的数据库文件	79
4.5	创建一个新的原理图库文件	80
第 5 章	PCB 板图设计	82
5.1	什么是 PCB 板	82
5.1.1	PCB 的分类	82
5.1.2	PCB 工作层类型	83
5.1.3	电路板材料	87
5.1.4	构成 PCB 的基本元素	88

5.2	PCB 板设计流程	90
5.3	打开 PCB 的设计界面	91
5.3.1	启动 PCB 设计系统	91
5.3.2	PCB 设计系统的管理	93
5.3.3	PCB 设计工作区的管理（编辑器的管理）	96
5.4	设置 PCB 设计系统的参数	100
5.4.1	工作层设置	100
5.4.2	设计参数设置	100
5.4.3	系统参数设置	102
5.5	设置设计规则	108
5.5.1	设计规则的设置方法	108
5.5.2	常用的几条设计规则的设置	109
5.6	PCB 设计的基本操作	134
5.6.1	坐标原点的应用	134
5.6.2	“对象”的选取与取消	135
5.6.3	“对象”移动	135
5.6.4	装入元件封装库	136
5.6.5	浏览元件封装库	137
5.6.6	用网络表装入元件封装	138
5.6.7	人工调入元件的封装	140
5.6.8	放置与编辑元件封装	140
5.6.9	放置与编辑焊盘	143
5.6.10	如何走线	146
5.6.11	放置与编辑过孔	150
5.6.12	放置与编辑填充	151
5.6.13	放置与编辑多边形填充（敷铜）	152
5.6.14	放置与编辑字符串	153
5.6.15	放置尺寸标注	155
5.7	PCB 设计自动化	156
5.7.1	自动布局	156
5.7.2	自动布线	157
5.8	人工设计 PCB	159
5.8.1	人工布局	159
5.8.2	人工布线	161
5.9	DRC 检查及纠错	161
5.9.1	DRC 检查	161
5.9.2	纠错	164
5.10	输出 PCB	166

5.11 PCB 设计举例——480 串行通信模块 PCB 设计	167
第 6 章 PCB 元件库	175
6.1 创建元件封装库文件	175
6.2 元件封装编辑器	175
6.3 元件封装库管理器	176
6.4 元件封装库的操作	177
6.4.1 在元件封装库之间移动元件封装	177
6.4.2 复制元件封装图形	178
6.4.3 新添元件封装	179
6.5 创建元件封装举例	180
第 7 章 应用实例	182
7.1 液体点滴速度监控装置	182
7.2 数据采集与传输系统	188
第 8 章 运用雕刻机制作印刷电路板	203
8.1 软件安装	203
8.1.1 Isocam 的安装	203
8.1.2 RoutePro 2000 的安装	204
8.2 Gerber File 文件的生成及载入 Isocam	205
8.3 路径计算及格式转换	216
8.3.1 添加定位孔	216
8.3.2 钻孔文件的保存	220
8.3.3 Gerber File 文件格式的转换	220
8.4 RoutePro 2000 基本操作与范例雕刻	224
8.4.1 定位孔操作	225
8.4.2 钻孔操作	228
8.4.3 线路雕刻	231

第 1 章 Protel 99SE 的安装与使用

Protel 公司推出的 Protel 99SE 以其强大的功能、友好的界面、简便的操作, 获得众多使用者的好评, 成为当今最流行的电子设计软件之一。Protel 99SE 由于引入了数据库文件和团队设计概念, 将所有与设计相关的文件都保存在一个独立的数据库文件中, 给设计带来了极大的方便。团队设计的管理功能使设计人员能更好地进行分工协作。另外, Protel 99SE 还把电路的模拟/仿真功能归入系统, 简化了 EDA 工作, 大大提高设计工作的效率。

本章首先介绍 Protel 99SE 的安装及其使用。

1.1 安装前的准备

1.1.1 系统配置要求

Protel 99SE 要求主机操作系统为 Microsoft Windows 9x/ Me/ NT (含中文版), 也可运行在 Windows XP 下。硬件的基本配置要求为 Pentium 级别 CPU、32MB 以上内存、在 1024 × 768 分辨率下可显示 256 色的 SVGA 显示器、200MB 以上的硬盘空间; 理想配置是 Pentium II 300MHz 以上的 CPU、128MB 内存、要求分辨率在 1024 × 768 下可显示真彩色的 SVGA 显示器、6GB 以上的硬盘空间。



注意: Protel 99SE 如果在 800 × 600 显示模式下运行, 窗口下部的部分内容将不能被显示。

1.1.2 创建工作目录

在安装 Protel 99SE 之前, 建议在硬盘上先创建一个以项目名称命名的目录, 然后再在这个目录下创建两个子目录, 一个命名为软件备份, 另一个命名为工作备份。

1.2 安装 Protel 99SE

安装 Protel 99SE 比较简单, 运行软件目录下的 Protel 99SE 安装程序 setup.exe 文件即可。之后会启动一个安装向导来指导安装, 安装向导启用后首先弹出一个表示欢迎的对话框,

单击 **Next** 按钮可进入下一步。这时会出现一个如图 1-1 所示的对话框，输入使用人的姓名和公司名称后，再输入序列号，此时 **Next** 按钮就会变得可用。单击它，进入下一步，如图 1-2 所示，安装程序默认的安装路径是在 C 盘，单击 **Browse** 按钮可以更改程序的安装路径。安装路径确定后，单击 **Next** 按钮进入下一步，窗口显示如图 1-3 所示，向导要求选择安装方式。**Typical** 是标准安装方式，也是最常用的安装方式，选择它将会把整套 Protel 99SE 程序都安装在硬盘上；**Custom** 是自定义安装，采用这种安装方式时，可以选择要安装的程序组件，只安装那些在设计中所必需的组件，节省硬盘空间。默认状态下，系统将在 C:\Program Files\Design Explorer 99SE 文件夹下创建与 Protel 99SE 系统相关的文件夹及相应的应用程序文件。并且在 Windows 屏幕左下方“开始”功能菜单的“程序”菜单中创建对应的 Protel 99SE 的功能选项。在 Windows 的桌面上也会出现一个快捷方式图标，为启动 Protel 99SE 提供方便。

 **注意：** Name 和 Company 这两栏的内容可以任意输入，但不能缺少，否则不能进入下一步。

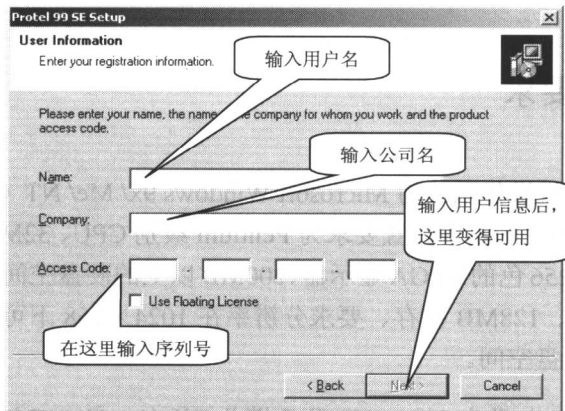


图 1-1 输入用户信息对话框

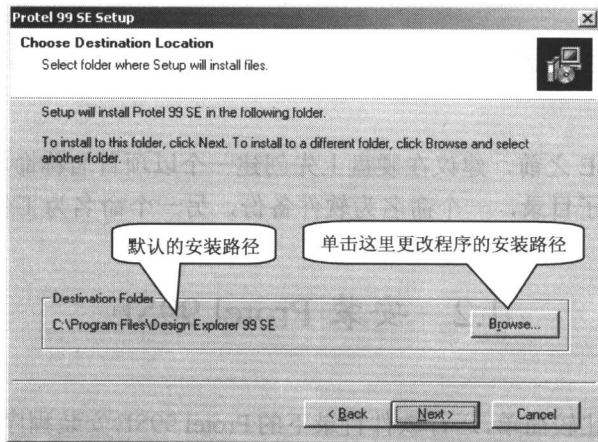


图 1-2 选择安装路径对话框

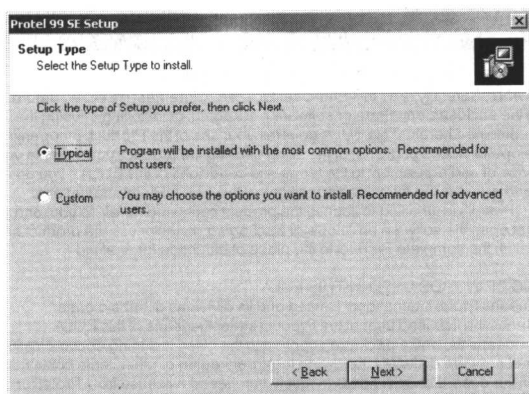


图 1-3 选择安装方式对话框

1.3 安装 Protel 99SE 程序补丁 Pack6

Protel 99SE 正式发布后,发现存在一些缺陷,Protel 公司又发行了补充程序,通常叫做程序补丁。Protel 99SE 的程序补丁目前最高版本是 Pack6,可从 Protel 网站(网址: www.Protel.com)下载。下载的程序如图 1-4 所示。运行 Protel 99SE Service Pack6.exe,首先出现如图 1-5 所示的有关版权声明对话框,单击对话框下方的“I accept the terms of License Agreement and wish to CONTINUE”,进入如图 1-6 所示的要求确认程序补丁的安装路径对话框,单击 Browse 按钮,可以更改安装路径。单击 Next 按钮,操作系统开始安装补丁程序,如图 1-7 所示。安装完成后会弹出如图 1-8 所示的对话框,单击 Finish 按钮,补丁程序 Pack6 安装结束。

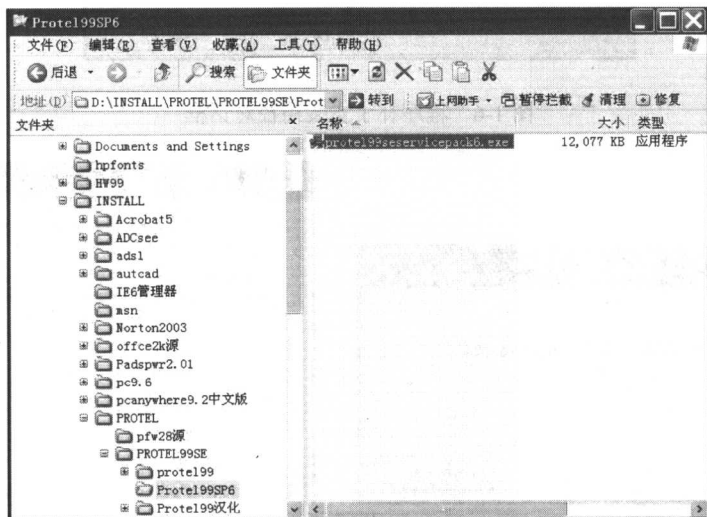


图 1-4 运行 Pack6 程序补丁

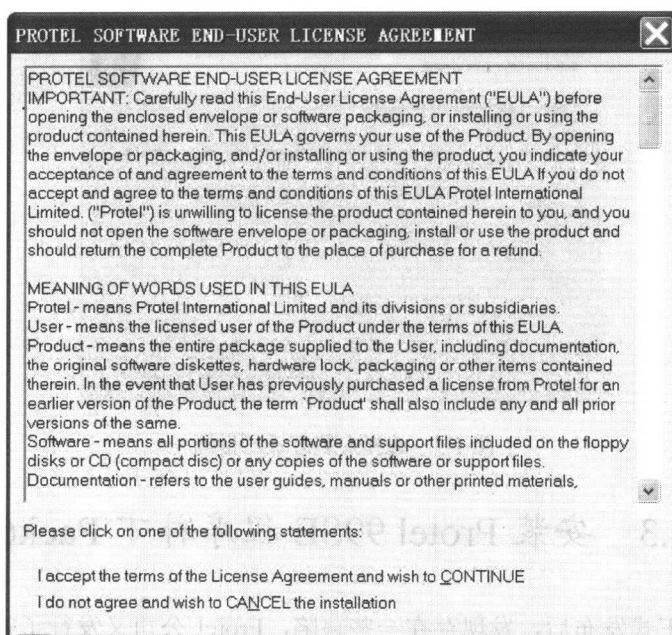


图 1-5 版权声明对话框

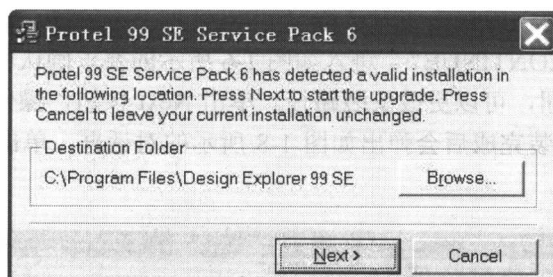


图 1-6 程序补丁安装路径对话框

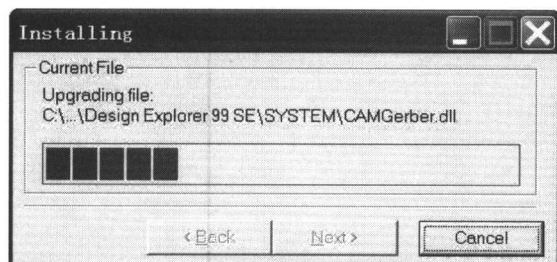


图 1-7 补丁程序安装过程

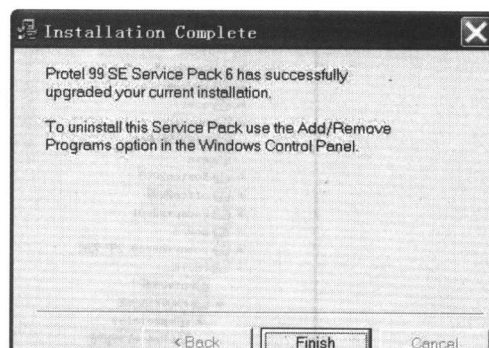


图 1-8 补丁程序 Pack6 安装结束对话框

1.4 备份系统文件

Protel 99SE 安装完成后不要忙于运行, 而应把 Protel 99SE 安装过程中, 在 Windows 操作系统所在的 Windows 文件夹下生成的几个系统文件中的 Client99SE.ini、Client99SE.cfg、Client99SE.rcs、Client99SE.raf 4 个文件进行复制, 然后粘贴到安装软件前所创建的“软件备份”子目录中。以后一旦出现程序运行不畅、速度明显下降或程序因出错而频繁死机等现象时, 只要把这 4 个程序复制回 Windows 目录下进行覆盖即可解决, 而不必重新安装源程序。

第 2 章 运行 Protel 99SE

双击桌面上的快捷方式，就可以打开 Protel 99SE，首先出现的是一个欢迎界面，然后是一个称为“设计资源管理器”的窗口，如图 2-1 所示。

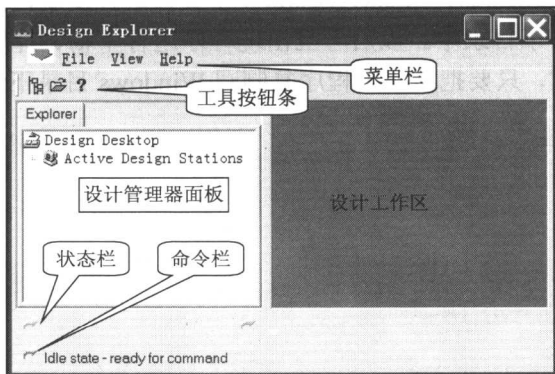


图 2-1 “设计资源管理器”窗口

2.1 设计资源管理器

设计资源管理器窗口由菜单栏、工具按钮条、设计管理器面板、设计工作区、状态栏和命令栏组成。在没有加载设计数据库（即没有打开设计数据库）文件时，设计工作区是空白的，呈灰色。菜单栏显示设计资源管理器的功能菜单，仅有 File（文件）、View（显示）、Help（帮助）三项。

设计资源管理器窗口除了菜单栏和设计工作区外，其他区域都可以用 View（显示）菜单中的命令来打开或关闭。

 **扩展：**在没有建立设计数据库时，菜单栏显示设计资源管理器的功能菜单。选择 File | New 命令，系统将创建一个新的数据库文件；选择 File | Open 命令，系统将打开一个已有的数据库文件；选择 File | Exit 命令，系统将关闭设计资源管理器窗口，即退出 Protel 99SE 的运行。选择 View | Design Manager 命令，可以隐藏或显示设计管理器面板；选择 View | Status Bar 命令，可以隐藏或显示状态栏；选择 View | Command Status 命令，可以隐藏或显示命令栏。

设计管理器面板里有个名为 Explorer（资源管理器）的选项卡，相当于 Windows 操作