



21世纪高职高专规划教材·机电系列
浙江省“十一五”重点教材建设项目

Protel 99 SE 电路设计与制板技术

叶建波 编著



清华大学出版社
<http://www.tup.com.cn>

北京交通大学出版社
<http://press.bjtu.edu.cn>

21 世纪高职高专规划教材·机电系列
浙江省“十一五”重点教材建设项目

Protel 99 SE

电路设计与制板技术

叶建波 编著

清华大学出版社
北京交通大学出版社

·北京·

内 容 简 介

《Protel 99 SE 电路设计与制板技术》为高职高专规划教材和浙江省重点教材建设项目。本书从印制电路板设计方向的岗位出发，按照项目导入、任务驱动的原则共设置了 11 个项目，包括 Protel 99 SE 的安装与启动、电原理图设计入门、电原理图设计提高、电原理图元件绘制、电原理图设计实例、印制电路板设计基础、人工设计 PCB、PCB 封装绘制、PCB 自动布线、PCB 设计实例和 PCB 制板技术。

本书深入浅出，循序渐进，图文并茂，侧重于软件的实用性，用一些简单的实例使读者快速掌握软件的使用方法，在短时间内成为印制电路板设计的高手。

本书可作为高职高专类院校应用电子技术、信息电子技术、电气自动化技术、通信技术等机电类有关专业的教材，还可作为工程技术人员和培训班学员的参考书。

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。

版权所有，侵权必究。侵权举报电话：010-62782989 13501256678 13801310933

图书在版编目 (CIP) 数据

Protel 99 SE 电路设计与制板技术 / 叶建波编著. — 北京：清华大学出版社；北京交通大学出版社，2011.5

(21 世纪高职高专规划教材·机电系列)

ISBN 978-7-5121-0563-8

I. ① P… II. ① 叶… III. ① 印刷电路-计算机辅助设计-应用软件, Protel 99 SE - 高等职业教育-教材 IV. ① TN410.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 096184 号

责任编辑：解 坤

出版发行：清华大学出版社 邮编：100084 电话：010-62776969

北京交通大学出版社 邮编：100044 电话：010-51686414

印刷者：

经 销：全国新华书店

开 本：185×260 印张：16 字数：400 千字

版 次：2011 年 5 月第 1 版 2011 年 5 月第 1 次印刷

书 号：ISBN 978-7-5121-0563-8/TN·77

印 数：1～4 000 册 定价：25.00 元

本书如有质量问题，请向北京交通大学出版社质监局反映。对您的意见和批评，我们表示欢迎和感谢。

投诉电话：010-51686043, 51686008；传真：010-62225406；E-mail: press@bjtu.edu.cn。

前 言

Protel 99 SE 是澳大利亚 Protel Technology 公司（现在改名为 Altium 公司）推出的电子线路设计和布线的软件，专门用于 Windows 操作系统下进行印制电路板设计，其中集成了一系列的电路设计工具，如高级设计技巧、智能布局和自动布线、全新的文件管理方式和网络设计机制，可以实现电路的真正高效并行设计。掌握 Protel 99 SE 的使用，设计者可以轻松实现从原理图设计到最终电路板输出的所有工作，可以轻松地驾驭电子线路设计的全过程。同时 Protel 系列软件的良好信誉、兼容性及 Protel 99 SE 的卓越表现使之成为国内 EDA 用户的首选软件。

作者在 2005 年编写了《EDA 技术——Protel 99 SE & EWB 5.0》一书，该书出版后深受广大读者的喜爱，已经过 7 次重印。经过这几年的教学和应用研究，作者对 Protel 99 SE 软件有了更深的了解，为适应项目导向教学的需要，本书对每个项目的教学内容进行了精心的设计与编排，按照项目导入、任务驱动的原则进行编写，每个项目均以实际工作任务开始，删去了原来 EWB 5.0 这部分内容，并增加了印制电路板制板工艺方面的内容，使本教材更具有实用性和可操作性。

本书从印制电路板设计方向的岗位出发，按照项目导入、任务驱动的原则共设置了 11 个项目，包括 Protel 99 SE 的安装与启动、电原理图设计入门、电原理图设计提高、电原理图元件绘制、电原理图设计实例、印制电路板设计基础、人工设计 PCB、PCB 封装绘制、PCB 自动布线、PCB 设计实例和 PCB 制板技术。

本书在写法上深入浅出，循序渐进，图文并茂，侧重于软件的实用性，用一些简单的实例使读者快速掌握软件的使用方法，在短时间内成为印制电路板设计的高手。

在编写过程中得到了湖南科瑞特科技股份有限公司的大力支持，提供了印制电路板制板工艺方面的资料，公司技术培训中心对 PCB 制板技术项目内容进行了审核与修改，在此一并表示衷心的感谢。

虽然本书经过作者的努力，但书中难免存在错误和疏漏，恳请读者批评指正。

作者电子邮件地址：yjbhp@sina.com。

作者

2011 年 2 月 6 日于宁波

目 录

项目 1 Protel 99 SE 的安装与启动	1
任务 1.1 了解 Protel 99 SE	1
任务 1.2 Protel 99 SE 的安装	2
1.2.1 Protel 99 SE 的运行环境	2
1.2.2 安装 Protel 99 SE	2
任务 1.3 Protel 99 SE 的启动	5
1.3.1 启动 Protel 99 SE	5
1.3.2 系统参数设置	8
任务 1.4 Protel 99 SE 项目设计组管理	9
项目小结	12
项目练习	12
项目 2 电原理图设计入门	13
任务 2.1 认识电原理图设计流程	13
2.1.1 印制电路板设计的一般步骤	13
2.1.2 电原理图设计的一般流程	13
任务 2.2 电原理图的设计准备	14
2.2.1 新建电原理图文件	14
2.2.2 电原理图编辑器	14
2.2.3 图纸设置	16
2.2.4 栅格设置	19
2.2.5 活动工具栏	20
2.2.6 常用热键	22
任务 2.3 加载电原理图元件库	22
任务 2.4 放置电原理图设计对象	24
2.4.1 放置元件	24
2.4.2 放置电源和接地符号	27
2.4.3 放置总线和网络标号	28
2.4.4 放置电路的 I/O 端口	30
2.4.5 复合式元件的放置	32
任务 2.5 元件的编辑与操作	33
2.5.1 元件的编辑	33
2.5.2 元件的导线连接	36

2.5.3	对象属性的全局性修改	38
2.5.4	元件标号的自动标注	40
项目小结		42
项目练习		42
项目 3	电原理图设计提高	43
任务 3.1	层次电原理图的设计	43
3.1.1	层次电原理图结构	43
3.1.2	自上向下的层次电原理图设计	45
3.1.3	不同层次电原理图的切换	48
任务 3.2	报表文件的生成	49
3.2.1	电气规则检查	49
3.2.2	网络表的生成	52
3.2.3	生成元件清单	54
任务 3.3	文件的保存与输出	57
3.3.1	文件的保存	57
3.3.2	文件的打印输出	57
3.3.3	将电原理图粘贴到 Word 软件中	58
项目小结		60
项目练习		60
项目 4	电原理图元件绘制	61
任务 4.1	认识电原理图元件库管理器工作环境	61
4.1.1	新建电原理图元件库文件	61
4.1.2	电原理图元件库管理器	62
任务 4.2	元件绘制工具	64
4.2.1	绘图工具栏	64
4.2.2	利用绘图工具栏画图	65
4.2.3	IEEE 电气符号工具栏	67
任务 4.3	新元件绘制	69
4.3.1	新元件绘制实例	69
4.3.2	生成有关元件的报表	73
项目小结		74
项目练习		75
项目 5	电原理图设计实例	77
任务 5.1	光电隔离电路的电原理图设计	77
任务 5.2	单片机实时时钟电路的电原理图设计	81
项目小结		84
项目练习		85

项目 6 印制电路板设计基础	88
任务 6.1 认识印制电路板 (PCB)	88
6.1.1 印制电路板 (PCB) 结构	88
6.1.2 元件的封装 (Footprint)	89
6.1.3 焊盘 (Pad) 与过孔 (Via)	90
6.1.4 铜膜导线 (Track) 和飞线	90
6.1.5 网络 (Net) 和网络表 (Netlist)	91
6.1.6 安全间距 (Clearance)	91
任务 6.2 PCB 编辑器的使用	91
6.2.1 新建 PCB 文件	91
6.2.2 PCB 管理器的使用	92
6.2.3 画面显示和坐标原点	94
任务 6.3 PCB 设计环境的设置	94
6.3.1 栅格和计量单位设置	94
6.3.2 工作参数设置	95
任务 6.4 认识 PCB 的工作层	99
6.4.1 PCB 的工作层	99
6.4.2 工作层的类型	99
6.4.3 工作层的设置	100
项目小结	103
项目练习	104
项目 7 人工设计 PCB	105
任务 7.1 人工设计 PCB 的步骤及定义电路板	105
7.1.1 人工设计 PCB 的步骤	105
7.1.2 物理边界和电气边界	105
7.1.3 直接定义电路板	106
7.1.4 使用向导定义电路板	106
任务 7.2 加载 PCB 元件库	114
7.2.1 PCB 元件库的加载	114
7.2.2 浏览元件封装	114
任务 7.3 放置 PCB 设计对象	116
7.3.1 放置元件	116
7.3.2 放置焊盘和过孔	118
7.3.3 放置导线和连线	120
7.3.4 放置填充块和铺铜	123
7.3.5 放置尺寸标注和坐标	125
7.3.6 放置字符串	126

7.3.7	放置圆弧	127
7.3.8	补泪滴操作	127
任务 7.4	人工布局	128
7.4.1	移动元件	129
7.4.2	旋转元件	129
7.4.3	排列元件	129
7.4.4	元件标注调整	131
任务 7.5	打印电路板图	131
7.5.1	打印机的设置	131
7.5.2	设置打印模式	132
7.5.3	打印输出层设置	133
7.5.4	打印输出	135
项目小结	.....	135
项目练习	.....	136
项目 8	PCB 封装绘制	139
任务 8.1	认识 PCB 封装库管理器	139
8.1.1	新建 PCB 封装库文件	139
8.1.2	PCB 封装库管理器	139
任务 8.2	PCB 封装绘制	141
8.2.1	利用向导创建 PCB 封装	141
8.2.2	人工绘制 PCB 封装	145
8.2.3	编辑 PCB 封装引脚焊盘	147
项目小结	.....	148
项目练习	.....	148
项目 9	PCB 自动布线	150
任务 9.1	掌握 PCB 自动布线的步骤	150
任务 9.2	根据电原理图生成网络表	151
任务 9.3	定义电路板	152
任务 9.4	加载网络表	153
9.4.1	加载网络表的方法	153
9.4.2	加载网络表出错的修改	154
任务 9.5	PCB 封装的布局	155
9.5.1	PCB 封装布局参数的设置	156
9.5.2	PCB 封装自动布局	157
9.5.3	人工调整布局	158
任务 9.6	设计规则设置与自动布线	161
9.6.1	设计规则设置	161

9.6.2	自动布线前的预布线	167
9.6.3	运行自动布线	168
任务 9.7	人工调整布线	170
9.7.1	布线调整	170
9.7.2	添加电源/地的输入端与信号的输出端	170
9.7.3	加宽电源线和接地线	172
9.7.4	文字标注的调整与添加	173
9.7.5	PCB 的 3D 显示功能	174
任务 9.8	PCB 报表的生成	175
9.8.1	生成 PCB 信息报表	175
9.8.2	生成数控钻孔报表	177
9.8.3	生成 PCB 封装报表	179
9.8.4	生成插件表报表	181
任务 9.9	PCB 输出	182
项目小结	.....	182
项目练习	.....	183
项目 10	PCB 设计实例	186
任务 10.1	光电隔离电路的 PCB 设计	186
任务 10.2	单片机实时时钟电路的 PCB 设计	189
项目小结	.....	193
项目练习	.....	193
项目 11	PCB 制板技术	197
任务 11.1	热转印制板	197
任务 11.2	雕刻制板	198
11.2.1	导出 Gerber 数据文件	199
11.2.2	雕刻机床参数的设定	203
11.2.3	雕刻机床的操作	210
11.2.4	雕刻机软件的安装	211
11.2.5	雕刻制板的操作步骤	214
任务 11.3	化学环保制板	221
11.3.1	环保制板机结构	221
11.3.2	化学环保制板的操作步骤	222
11.3.3	环保制板机的操作说明	224
11.3.4	操作注意事项	224
任务 11.4	小型工业制板	225
11.4.1	底片制作	225
11.4.2	孔金属化	238

11.4.3	线路制作	239
11.4.4	阻焊制作	242
11.4.5	字符制作	244
11.4.6	OSP 工艺	245
	项目小结	245
	项目练习	245
	参考文献	246

项目 1 Protel 99 SE 的安装与启动

任务目标:

-
- 了解 Protel 99 SE
 - 熟悉 Protel 99 SE 的运行环境
 - 掌握 Protel 99 SE 的安装与启动
 - 掌握系统参数的设置
 - 了解 Protel 99 SE 项目设计组管理
-

任务 1.1 了解 Protel 99 SE

Protel 99 SE 是澳大利亚 Protel Technology 公司（现在改名为 Altium 公司）推出的电子线路设计和布线的软件，专门用于 Windows 操作系统下进行印制电路板设计，其中集成了一系列的电路设计工具，如高级设计技巧、智能布局和自动布线、全新的文件管理方式和网络设计机制，可以实现电路的真正高效并行设计。掌握 Protel 99 SE 的使用，设计者可以轻松实现从原理图设计到最终电路板输出的所有工作，可以轻松地驾驭电子线路设计的全过程。同时 Protel 系列软件的良好信誉、兼容性及 Protel 99 SE 的卓越表现使之成为国内 EDA 用户的首选软件。

Protel 软件包是 20 世纪 90 年代初由该公司研制开发的电子线路设计和布线的软件，该软件以其方便、易学、实用、快速的风格在我国电子行业中知名度很高，得到了广泛的应用。

1999 年 Protel Technology 公司正式将 Protel 99 SE 推向市场。Protel 99 SE 是应用于 Windows 操作系统下的 EDA 设计软件，采用设计库管理模式，可以进行联网设计，具有很强的数据交换能力和开放性及 3D 模拟功能；是一个 32 位的设计软件，可以完成电路原理图设计、印制电路板设计和可编程逻辑器件设计等工作，可以设计 32 个信号层，16 个电源、地线层和 16 个机加工层。

Protel 99 SE 主要由电路设计和电路仿真与可编程逻辑器件设计两大部分组成，每一部分各有几个模块。

1. 电路设计

1) Advanced Schematic 99 SE（电路原理图设计系统）

该模块是一个功能完备的电路原理图编辑器，主要用于电路原理图设计、电路原理图元件设计和各种电路原理图报表生成等。

2) Advanced PCB 99 SE（印制电路板设计系统）

该模块提供了一个功能强大和交互友好的 PCB 设计环境，主要用于 PCB 板设计、元件

封装设计、产生印制电路板的各种报表及输出 PCB。

3) Advanced Route 99 SE (自动布线系统)

该模块是一个完全集成的无网格自动布线系统, 布线效率高, 使用方便。

4) Advanced Integrity 99 SE (PCB 信号完整性分析系统)

该模块提供精确的板级物理信号分析, 可以检查出串扰、过冲、下冲、延时和阻抗等问题, 并能自动给出具体解决方案。

2. 电路仿真与可编程逻辑器件设计

1) Advanced SIM 99 SE (电路仿真系统)

该模块是一个基于最新 Spice 3.5 标准的仿真器, 并与 Protel 99 SE 的电路原理图设计环境完全集成, 为用户的设计前端提供了完整、直观的解决方案。

2) Advanced PLD 99 SE (可编程逻辑器件设计系统)

该模块是一个集成的 PLD 开发环境, 可以使用电路原理图或 CUPL 硬件描述语言作为设计前端, 全面支持各大厂家器件, 能提供符合工业标准 JEDEC 的输出。

本书主要介绍 Protel 99 SE 软件中的 Advanced Schematic 99 SE (电路原理图设计系统)、Advanced PCB 99 SE (印制电路板设计系统) 和 Advanced Route 99 SE (自动布线系统) 三个模块。

任务 1.2 Protel 99 SE 的安装

1.2.1 Protel 99 SE 的运行环境

Protel 99 SE 对系统的硬件和软件要求都比较高, 而且系统运行时占据较大的内存空间, 如果系统配置不足, 有可能发生频繁的死机现象, 导致 Protel 99 SE 运行失常, 因此建议读者尽可能更好地配置计算机。

运行 Protel 99 SE 的操作系统为 Windows 2000/Windows XP, 建议使用 Windows XP。运行 Protel 99 SE 系统的硬件环境, 建议最好采用如下配置。

- (1) CPU: Pentium II 1 GHz 以上。
- (2) 内存: 128 MB 以上。
- (3) 硬盘: 安装 Protel 99 SE 后, 系统硬盘至少要有 300 MB 以上的空间。
- (4) 显示器: 17 英寸以上。
- (5) 显示分辨率: 1 024×768 像素以上。
- (6) 最好配有打印机或绘图仪。

1.2.2 安装 Protel 99 SE

1. Protel 99 SE 的安装步骤

Protel 99 SE 的安装非常简单, 只需按照安装向导的指引操作即可, 安装步骤如下。

- (1) 将 Protel 99 SE 软件光盘放入计算机光盘驱动器中。
- (2) 放 Protel 99 SE 系统光盘后, 系统将激活自动执行文件, 屏幕出现图 1-1 所示的欢迎信息框。如果光驱没有自动执行的功能, 可以在 Windows 环境中打开光盘中的 Protel 99 SE 文

文件夹，运行其中的“setup.exe”文件，进入安装程序。

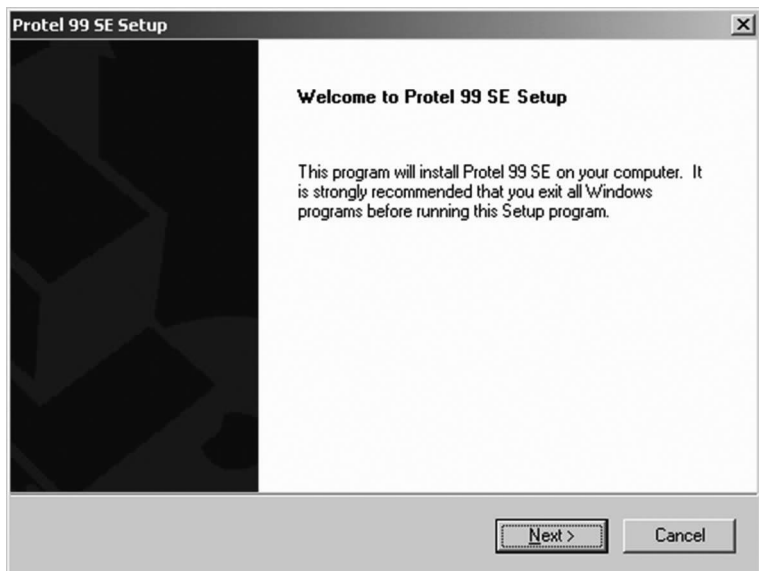


图 1-1 欢迎信息框

(3) 单击 Next 按钮，屏幕弹出用户注册对话框，提示输入序列号及用户信息，正确输入供应商提供的序列号后，如图 1-2 所示，单击 Next 按钮进入下一步。

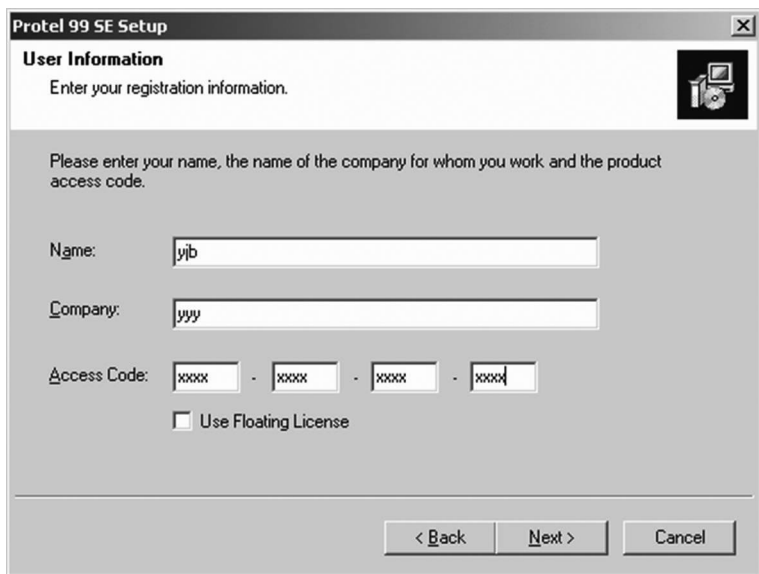


图 1-2 用户注册对话框

(4) 屏幕提示选择安装路径，一般不作修改。再次单击 Next 按钮，选择安装模式，一般选择典型安装 (Typical) 模式，为系统默认的安装模式，如图 1-3 所示。继续单击 Next 按钮，屏幕提示指定存放图标文件的程序组位置。

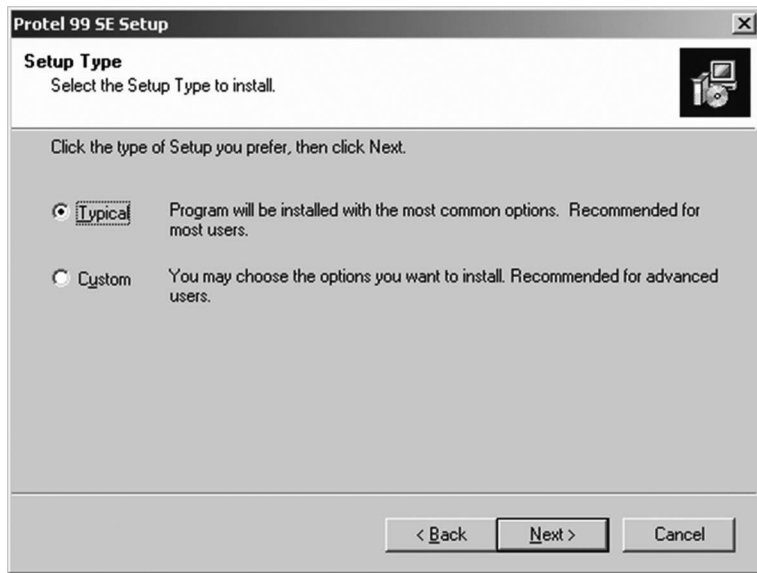


图 1-3 选择安装模式

(5) 设置好程序组，单击 Next 按钮，如图 1-4 所示，系统开始复制文件。



图 1-4 设置程序组

(6) 系统安装结束，屏幕提示安装完毕，单击 Finish 按钮，结束安装。至此，Protel 99 SE 软件安装完毕，系统在桌面产生 Protel 99 SE 的快捷方式。

2. Protel 99 SE 补丁软件的安装

Protel 公司相继发布了一些补丁软件，目前最新的补丁软件版本为 Protel 99 SE Service Pack 6。该软件由 Protel 公司免费提供给用户。如果 Protel 99 SE 软件光盘中附带 Protel 99

SE Service Pack 6 补丁软件，就可直接执行该补丁文件（protel99seservicepack6.exe），如图 1-5 所示。



图 1-5 Protel 99 SE Service Pack 6 补丁软件

下载补丁软件后，同样执行该补丁文件（protel99seservicepack6.exe），屏幕出现版权说明，如图 1-6 所示，单击 I accept the terms of the License Agreement and wish to CONTINUE 按钮。屏幕弹出安装路径设置对话框，如图 1-7 所示，单击 Next 按钮，软件自动进行安装。

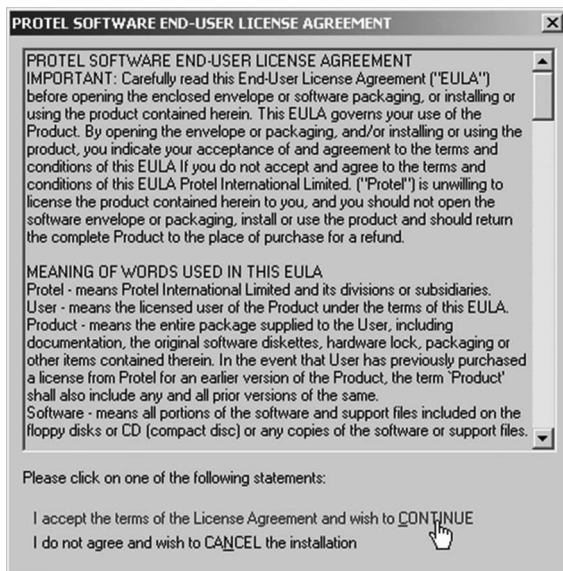


图 1-6 SP6 补丁文件版权说明

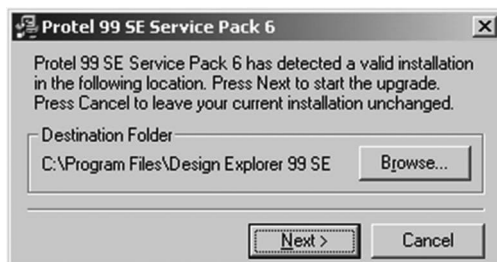



图 1-7 SP6 补丁安装路径

任务 1.3 Protel 99 SE 的启动

1.3.1 启动 Protel 99 SE

1. 启动 Protel 99 SE 的常用方法

启动 Protel 99 SE 的常用方法有如下 3 种。

(1) 用鼠标双击 Windows 桌面的快捷方式图标，启动 Protel 99 SE。

(2) 单击 Windows 任务栏的开始图标，在程序菜单中选择 Protel 99 SE 命令，如图 1-8 所示，启动 Protel 99 SE。

(3) 通过双击 Protel 99 SE 的设计数据库文件（扩展名为 .Ddb），如图 1-9 所示，启动 Protel 99 SE。



图 1-8 开始菜单启动

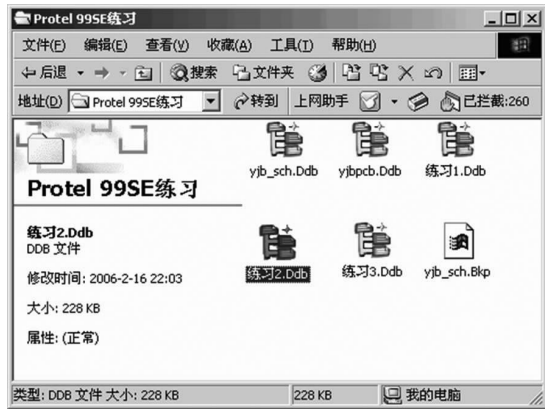


图 1-9 设计数据库文件启动

2. 进入 Protel 99 SE 主界面

Protel 99 SE 启动后, 屏幕出现如图 1-10 所示的启动画面, 几秒钟后, 系统进入 Protel 99 SE 主窗口, 如图 1-11 所示。



图 1-10 Protel 99 SE 启动画面

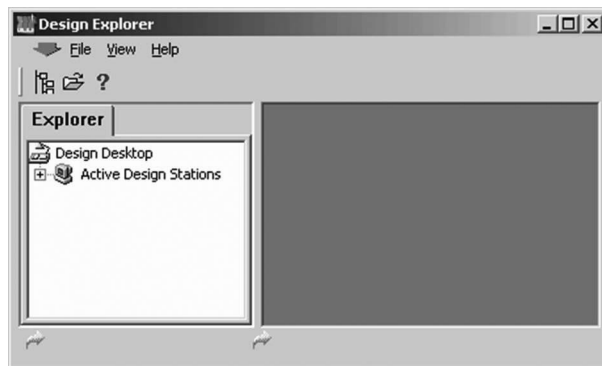


图 1-11 Protel 99 SE 主窗口

执行菜单命令 File | New 可以建立一个新的设计数据库，屏幕弹出图 1-12 所示的新建设计数据库文件对话框，在 Database File Name 框中可以输入新的数据库文件名，系统默认为“MyDesign. ddb”，单击 Browse 按钮可以修改数据库文件的保存位置；单击 Password 选项卡可进行密码设置，所有内容设置完毕，单击 OK 按钮进入项目设计管理窗口，如图 1-13 所示。

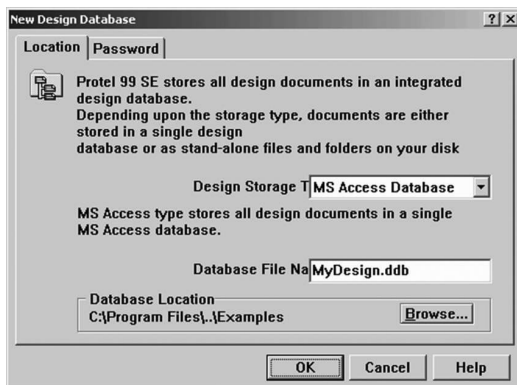


图 1-12 新建设计数据库文件对话框



图 1-13 项目设计管理窗口

3. 启动各种编辑器

进入图 1-13 所示的界面后，双击 Documents 文件夹确定文件存放位置，然后执行菜单命令 File | New，屏幕弹出新建文件对话框，如图 1-14 所示，双击所需的文件类型，进入相应的编辑器。



图 1-14 新建文件对话框