

高职高专计算机系列规划教材



Protel 99 SE原理图 与PCB设计教程 (第2版)

及力 主编 张涛 王永成 副主编 裴有柱 主审



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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

高职高专计算机系列规划教材

Protel 99 SE 原理图与 PCB 设计教程

(第2版)

及力 主编

张 涛 王永成 副主编

裴有柱 主审

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书从实用角度出发,介绍了 Protel 99 SE 中的原理图与 PCB 设计方法,共分四部分。第一部分(第 1 章),主要介绍 Protel 99 SE 的界面、设计数据库结构、设计数据库内的文件操作等。第二部分包括第 2 章至第 7 章的内容,主要介绍各种电路原理图的编辑方法,元件符号的绘制与管理,与原理图有关的各种报表的生成和原理图打印等。第三部分包括第 8 章至第 12 章的内容,主要介绍印制电路板的基本知识,印制电路板的手工布局和布线、自动布局和布线,元件封装的绘制与管理,以及 PCB 各种报表的生成和电路板图的打印。第四部分(第 13 章),主要是自动布局和自动布线的实际操作举例,每个实例都从不同方面介绍了软件的应用和使用技巧,每章附有大量练习,便于读者复习所学内容。

本书是作者根据多年教学实践、按照教学规律编写的,语言简练,通俗易懂,实用性强,图文并茂,适合于边讲边练的教学过程,也便于读者自学。本书可作为高职院校相应课程的教材,也可供从事电路设计的人员参考。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

Protel 99 SE 原理图与 PCB 设计教程/及力主编. —2 版. —北京:电子工业出版社,2007.8

(高职高专计算机系列规划教材)

ISBN 978-7-121-04726-8

I. P… II. 及… III. 印刷电路—计算机辅助设计—应用软件, Protel 99 SE—高等学校:技术学校—教材 IV. TN410.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 108894 号

责任编辑:吕 迈

印 刷:北京市通州大中印刷厂

装 订:三河市鹏成印业有限公司

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本:787×1092 1/16 印张:17.5 字数:448 千字

印 次:2007 年 8 月第 1 次印刷

印 数:6 000 册 定价:24.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010) 88258888。

前 言

本书自 2004 年出版以来, 承蒙广大读者厚爱, 取得了很好的发行业绩。在使用本教材的同时, 一些读者也中肯地指出了本书存在的不足, 并提出了很好的建议, 这些都成为作者不断努力、不断进取的动力。值此修订之际, 作者在此表示深深的感谢。

此次修订, 我们做了如下修改:

1. 删除了第 1 版中的第 2 章“设计组管理”。由于本书重点是针对单用户的, 故删除了设计组管理中关于多用户的内容, 原第 2 章的其余内容加入到第 1 章 Protel 99 SE 使用基础中。

2. 增加了第 13 章“实际 PCB 板图设计举例”。这一章主要是通过不同实例介绍 Protel 99 SE 在设计 PCB 板图中的应用, 这些实例都是作者精心挑选的。在从原理图绘制到 PCB 图设计的整个过程中, 每个实例都给出并解决了一些在实际设计时可能遇到的问题。如: 怎样利用软件的功能更有效地手工绘制 PCB 板图; 怎样检查 PCB 板图与原理图在电气连接上是否一致; PCB 元件封装符号与实际元件封装、与 Sch 元件符号中的引脚对应问题; 一些常用元器件封装的绘制技巧; 某些集成电路芯片中电源的处理问题等, 这些从不同侧面丰富了设计过程。可以说第 13 章是对全书重点内容的总结与应用。

3. 对于初学者, 在绘制原理图时往往对元件符号在元件库中的名称不了解, 增加了画图困难, 为此增加了常用元件符号的元件名及其所在元件库的内容作为附录, 供读者参考。

4. 修改了某些章节中的举例和章后练习, 使之更加贴近教材中的内容, 便于操作练习。

尽管做了以上修改, 由于作者水平有限, 恐仍有疏漏、不妥甚至错误之处, 恳望读者不吝赐教。

为与软件中的内容一致, 在本书中, 将原理图中的元件、器件符号, 如电阻、电容、三极管、集成电路的符号统称为原理图元件符号 (Sch 元件符号), 简称元件符号。

本书第 1 章、第 12 章由吴作明编写, 第 4 章由王永成编写, 第 8~11 章由张涛编写, 第 2~3、5~7 章、第 13 章由及力编写, 及力统编全稿。

在修订过程中, 电子工业出版社吕迈编辑给予了多方面的支持, 并提出了很多建设性意见, 天津电子信息职业技术学院裴有柱副教授在百忙中审阅书稿并提出宝贵意见, 对于所有这些支持和帮助, 在此并致由衷的谢忱!

希望我们的努力能为蓬勃发展的职业教育奉献一点绵薄之力。

编者信箱: ji_li2001@163.com。

编 者
2007 年 4 月

目 录

第 1 章 Protel 99 SE 使用基础	1
1.1 Protel 99 SE 简介	1
1.2 Protel 99 SE 使用基础	1
1.2.1 设计数据库文件的建立	1
1.2.2 设计数据库文件结构	4
1.2.3 设计数据库文件的打开与关闭	5
1.2.4 设计数据库文件界面介绍	5
1.2.5 设计数据库中的文件管理	8
1.2.6 窗口管理	13
本章小结	15
练习	15
第 2 章 电路原理图设计基础	17
2.1 电路原理图的设计步骤	17
2.1.1 印制电路板设计的一般步骤	17
2.1.2 电路原理图设计的一般步骤	17
2.2 图纸设置	18
2.2.1 Document Options 对话框	18
2.2.2 图纸的大小与形状	19
2.2.3 图纸的网格	21
2.2.4 图纸颜色	22
2.2.5 图纸边框	22
2.2.6 图纸标题栏	23
2.3 光标设置	26
2.4 设置对象的系统显示字体	27
2.5 设置对话框字体	28
本章小结	28
练习	28
第 3 章 电路原理图设计	30
3.1 原理图编辑器界面介绍	30
3.1.1 主菜单	30
3.1.2 主工具栏	31
3.1.3 活动工具栏	32
3.1.4 画面显示状态调整	33
3.2 加载原理图元件库	35
3.2.1 原理图元件库简介	35

3.2.2	加载原理图元件库	36
3.2.3	浏览元件库	37
3.3	绘制第一张电路原理图	37
3.3.1	放置元件	37
3.3.2	绘制导线	40
3.3.3	放置电源和接地符号	41
3.3.4	复合式元件的放置	42
3.4	元件的属性编辑	43
3.4.1	元件的属性编辑	44
3.4.2	元件标号的属性编辑	44
3.4.3	元件标注的属性编辑	46
3.5	使用电路绘图工具	46
3.5.1	绘制导线	47
3.5.2	绘制总线	48
3.5.3	绘制总线分支线	49
3.5.4	放置网络标号	49
3.5.5	放置电路节点	51
3.5.6	放置端口	52
3.6	浏览原理图	53
3.7	电路的 ERC 检查	56
	本章小结	58
	练习	58
第 4 章	高级绘图	64
4.1	一般绘图工具介绍	64
4.1.1	画直线	64
4.1.2	放置说明文字	65
4.1.3	放置文本框	66
4.1.4	绘制矩形和圆角矩形	67
4.1.5	绘制多边形	68
4.1.6	绘制椭圆弧线	68
4.1.7	绘制椭圆图形	69
4.1.8	绘制扇形	69
4.1.9	绘制曲线	70
4.1.10	插入图片	70
4.2	对象的选择、复制、剪切、粘贴、移动和删除	71
4.2.1	对象的聚焦与选择	71
4.2.2	对象的复制、剪切、粘贴	72
4.2.3	对象的移动与拖动	74
4.2.4	对象叠放次序	74
4.2.5	删除对象	75

4.3	对象的排列和对齐	76
4.4	字符串查找与替换	78
4.4.1	字符串查找	78
4.4.2	字符串替换	79
4.4.3	元件编号	79
	本章小结	80
	练习	80
第 5 章	层次原理图	81
5.1	层次原理图结构	81
5.2	不同层次电路文件之间的切换	82
5.2.1	利用项目导航树进行切换	82
5.2.2	利用导航按钮或命令	83
5.3	自顶向下的层次原理图设计	83
5.3.1	设计主电路图	83
5.3.2	设计子电路图	86
5.4	自底向上的层次原理图设计	87
5.4.1	建立子电路图文件	87
5.4.2	根据子电路图产生方块电路图	87
	本章小结	88
	练习	88
第 6 章	报表文件生成和原理图打印	90
6.1	网络表的生成	90
6.1.1	网络表的作用	90
6.1.2	网络表的格式	90
6.1.3	产生网络表	91
6.2	生成元件引脚列表	92
6.3	生成元件清单	92
6.4	生成交叉参考元件列表	95
6.5	生成层次项目组织列表	95
6.6	产生网络比较表	96
6.7	原理图打印	97
	本章小结	99
	练习	99
第 7 章	原理图元件库编辑	100
7.1	新建原理图元件库文件	100
7.2	打开原理图元件库	101
7.3	原理图元件库编辑器界面介绍	101
7.4	创建新的原理图元件符号	102
7.4.1	元件绘制工具	102
7.4.2	IEEE 符号说明	103

7.4.3	绘制一个新的元件符号	104
7.4.4	根据已有元件绘制自己的新元件符号	107
7.4.5	绘制复合元件中的不同单元	109
7.4.6	在原理图中使用自己绘制的元件符号	111
7.4.7	查找元件符号	111
7.5	原理图元件库管理工具	113
	本章小结	114
	练习	114
第 8 章	PCB 设计基础	116
8.1	印制电路板基础	116
8.1.1	印制电路板的结构	116
8.1.2	元件的封装 (Footprint)	116
8.1.3	焊盘 (Pad) 与过孔 (Via)	118
8.1.4	铜膜导线 (Track)	118
8.1.5	安全间距 (Clearance)	119
8.1.6	PCB 设计流程	119
8.2	PCB 编辑器	120
8.2.1	PCB 编辑器的启动与退出	120
8.2.2	PCB 编辑器的画面管理	121
8.3	电路板的工作层	124
8.3.1	工作层的类型	124
8.3.2	工作层的设置	126
8.3.3	工作层的打开与关闭	127
8.4	设置 PCB 工作参数	129
8.4.1	Options 选项卡的设置	129
8.4.2	Display 选项卡的设置	131
8.4.3	Colors 选项卡的设置	132
8.4.4	Show/ Hide 选项卡的设置	133
8.4.5	Defaults 选项卡的设置	134
8.4.6	Signal Integrity 选项卡的设置	134
8.5	PCB 中的定位	135
8.5.1	使用 PCB MiniViewer 定位	135
8.5.2	手动移动图纸	136
8.5.3	跳转到指定位置	136
8.5.4	PCB 管理器中 Browse PCB 选项卡的功能	137
	本章小结	139
	练习	139
第 9 章	手动布局和布线	140
9.1	放置对象	140
9.1.1	设置原点	140

9.1.2	放置元件	140
9.1.3	放置焊盘	142
9.1.4	放置过孔	143
9.1.5	放置导线	144
9.1.6	放置连线	146
9.1.7	放置字符串	146
9.1.8	放置填充	147
9.1.9	放置多边形平面填充	149
9.1.10	放置坐标	150
9.1.11	放置尺寸标注	151
9.1.12	放置圆弧	151
9.1.13	放置房间	153
9.2	手工布局	154
9.2.1	设置布局范围	154
9.2.2	加载与浏览 PCB 元件库	156
9.2.3	手工布局与布局的调整	157
9.3	手工布线和补泪滴操作	162
9.3.1	手工布线	162
9.3.2	补泪滴操作	163
	本章小结	165
	练习	165
第 10 章	印制电路板的自动布局与自动布线	168
10.1	根据原理图创建网络表	168
10.2	电路板的规划	168
10.2.1	确定电路板的工作层	168
10.2.2	在机械层确定电路板的物理边界	169
10.2.3	在禁止布线层确定电路板的电气边界	170
10.2.4	使用向导生成电路板	171
10.3	PCB 元件库	177
10.3.1	PCB 元件库与 SCH 元件库的区别	177
10.3.2	装载 PCB 元件库	178
10.4	装入网络表和元件	178
10.4.1	直接装入网络表文件	178
10.4.2	利用同步器装入网络表和元件	181
10.5	元件的自动布局	182
10.5.1	设置自动布局的有关参数	182
10.5.2	设置布局设计规则	183
10.5.3	手工定位元件	186
10.5.4	自动布局	187
10.5.5	网络密度分析	189

10.5.6	手工调整元件布局	190
10.6	自动布线	193
10.6.1	规则的适用范围	193
10.6.2	设置自动布线规则	196
10.6.3	保护预布线	200
10.6.4	运行自动布线	201
10.6.5	生成测试点	203
10.6.6	DRC 校验	206
10.7	手工调整布线	207
10.7.1	调整布线	207
10.7.2	添加电源/地的输入端与信号的输出端	207
10.7.3	电源线/接地线的加宽	210
10.7.4	文字标注的调整与添加	213
10.7.5	放置螺丝孔	213
10.7.6	单层显示	214
10.8	PCB 的 3D 预览功能	215
10.9	创建项目元件封装库	216
	本章小结	217
	练习	217
第 11 章	报表的生成与 PCB 文件的打印	219
11.1	生成选取引脚报表	219
11.2	生成电路板信息报表	220
11.3	生成网络状态报表	222
11.4	生成设计层次报表	223
11.5	生成 NC 钻孔报表	223
11.6	生成元件报表	226
11.7	生成信号完整性报表	227
11.8	生成插件表报表	228
11.9	距离测量报表	229
11.10	对象距离测量报表	229
11.11	打印电路板图	229
11.11.1	打印机的设置	229
11.11.2	设置打印模式	230
11.11.3	打印输出	232
	本章小结	232
	练习	232
第 12 章	PCB 元件库	233
12.1	元件封装库编辑器	233
12.1.1	启动元件封装库编辑器	233
12.1.2	元件封装库编辑器	233

12.2	手工创建新的元件封装	234
12.3	使用向导创建元件封装	236
12.4	元件封装的管理	239
12.4.1	浏览元件封装	239
12.4.2	添加元件封装	239
12.4.3	删除元件封装	240
12.4.4	放置元件封装	240
12.4.5	编辑元件封装的引脚焊盘	240
	本章小结	241
	练习	241
第 13 章	实际 PCB 板图设计举例	242
13.1	印制电路板设计技巧	242
13.1.1	设计布局	242
13.1.2	布线规则	242
13.1.3	接地线布线规则	243
13.2	手工绘制 PCB 图	243
13.3	利用自动布线的方法绘制 PCB 板图	250
	本章小结	264
附录	常用元件符号的元件名与所在元件库	265
参考文献		268

第 1 章 Protel 99 SE 使用基础

1.1 Protel 99 SE 简介

Protel 99 SE 是由 Protel 99 版本发展而来的，是基于 Windows 环境下使用的 EDA 软件，主要包括以下几个模块。

- 电路原理图（Schematic）设计模块。该模块主要包括设计原理图的原理图编辑器，用于修改、生成元件符号的元件库编辑器以及各种报表的生成器。
- 印制电路板（PCB）设计模块。该模块主要包括用于设计电路板图的 PCB 编辑器，用于 PCB 自动布线的 Route 模块。用于修改、生成元件封装的元件封装库编辑器以及各种报表的生成器。
- 可编程逻辑器件（PLD）设计模块。该模块主要包括具有语法意识的文本编辑器、用于编译和仿真设计结果的 PLD 模块。
- 电路仿真（Simulate）模块。该模块主要包括一个能力强大的数/模混合信号电路仿真器，能提供连续的模拟信号和离散的数字信号仿真。

1.2 Protel 99 SE 使用基础

Protel 99 SE 是以设计数据库的形式来保存设计过程中的所有信息的。设计数据库文件的扩展名为 .ddb。

1.2.1 设计数据库文件的建立

双击桌面上的 Protel 99 SE 快捷图标，或按图 1.1 所示步骤即可启动 Protel 99 SE 进入设计环境。

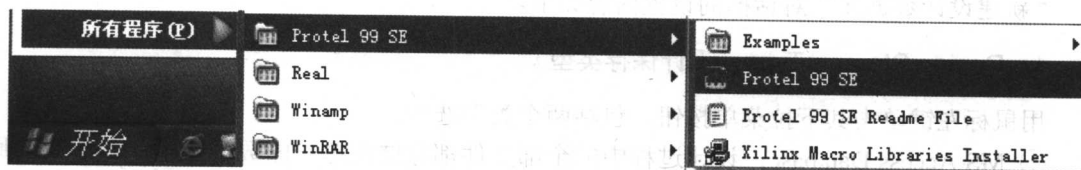


图 1.1 启动 Protel 99 SE 步骤

在设计环境中，执行菜单命令 FileNew，系统将弹出如图 1.3 所示的“新建设计数据库”对话框。

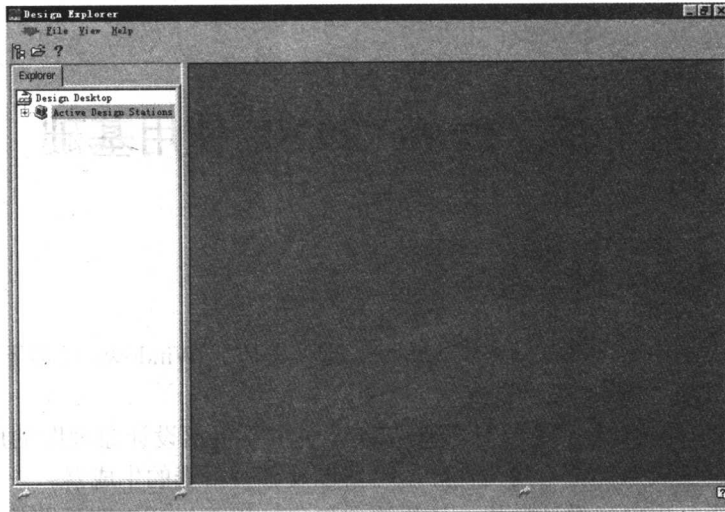


图 1.2 进入 Protel 99 SE 设计环境

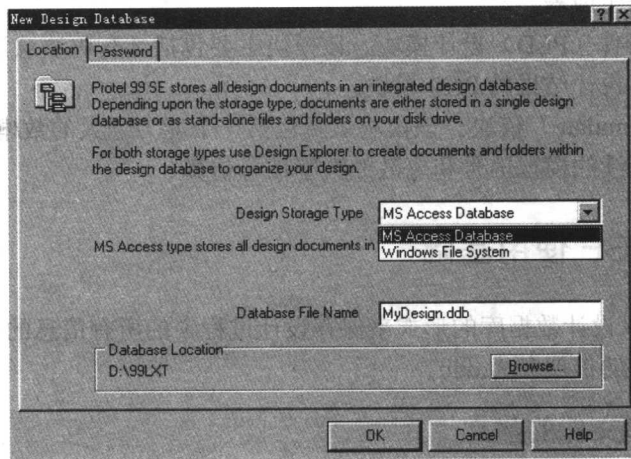


图 1.3 “新建设计数据库”对话框

“新建设计数据库”对话框的设置内容如下。

1. Design Storage Type (设计保存类型)

用鼠标左键单击其下拉菜单按钮，包括两个类型选项。

① **MS Access Database:** 设计过程中的全部文件都存储在单一的数据库中，即所有的原理图、PCB 文件、网络表、报表文件等都存在一个 .ddb 文件中，在资源管理器中只能看到唯一的 .ddb 文件。

② **Windows File System:** 在对话框底部指定的硬盘位置建立一个设计数据库的文件夹，所有文件被保存在文件夹中。可以直接在资源管理器中对数据库中的设计文件，如原理图、PCB 文件等进行复制、粘贴等操作。这种设计数据库的存储类型，可以在硬盘上方便地对数据库内部的文件进行操作，但不支持 Design Team (设计组) 特性。

系统在默认状态下，选择 MS Access Database 类型，此时在如图 1.3 所示的对话框中有 Location 和 Password 两个选项卡；如果设计者选择 Windows File System 类型，则没有

Password 选项卡。

注：本书所有内容均对应于 MS Access Database 类型的设计数据库。

2. Database File Name (数据库文件名)

在 Database File Name 文本框中输入设计数据库的文件名。在未输入名称前，系统给出的默认名为 MyDesign.ddb。

3. Database Location (保存数据库文件的路径)

在 Database Location 区域中，显示出保存该设计数据库的默认路径。如果要改变默认的路径，单击 Browse 按钮，弹出如图 1.4 所示的“保存文件”对话框。单击“保存在”下拉列表框的按钮来选择路径；在“文件名”文本框中输入设计数据库的名称；最后单击“保存”按钮，返回如图 1.3 所示对话框。

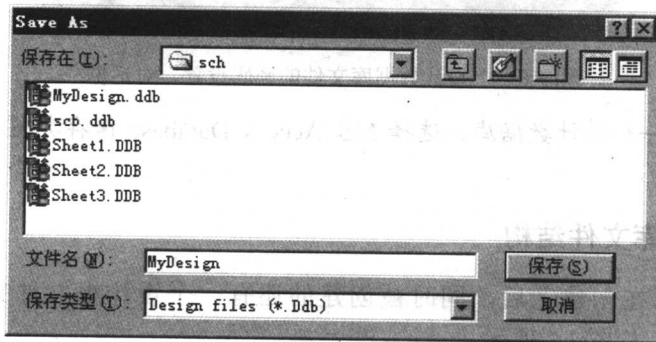


图 1.4 “保存文件”对话框

如果不需要设立密码，单击图 1.3 中的 OK 按钮，一个设计数据库文件就建立了，如图 1.5 所示。

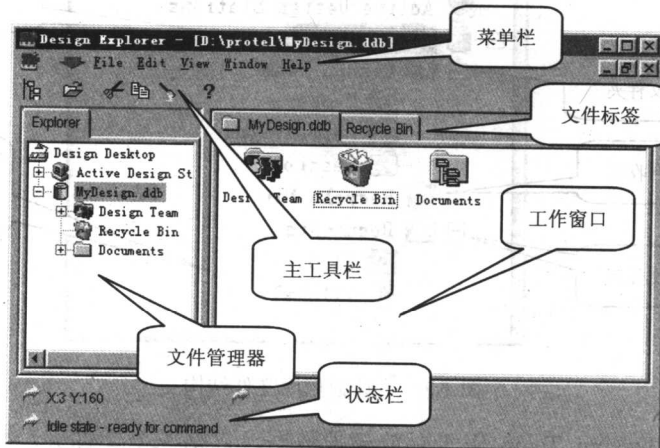


图 1.5 设计数据库设计环境

4. 为设计数据库文件设立密码

在图 1.3 中单击 Password 选项卡，则进入“文件密码设置”对话框，如图 1.6 所示。选择 Yes 单选框，可在 Password 文本框中输入所设置的密码，然后在 Confirm Password

(确认密码) 文本框中再次输入设置的密码, 最后, 单击 OK 按钮, 完成设计数据库文件设置密码的操作。

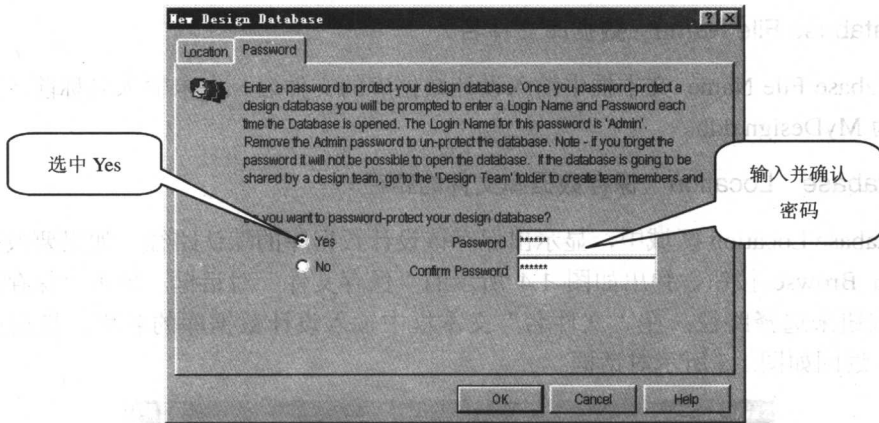


图 1.6 “设计数据库文件的密码设置”对话框

练一练: 新建一个设计数据库, 选择 MS Access Database 保存类型, 名称为 Lx.Ddb, 并设置密码。

1.2.2 设计数据库文件结构

新设计数据库在创建之后, 同时被创建的还有一个设计组文件夹、回收站和一个 Documents 文件夹, 如图 1.7 所示。

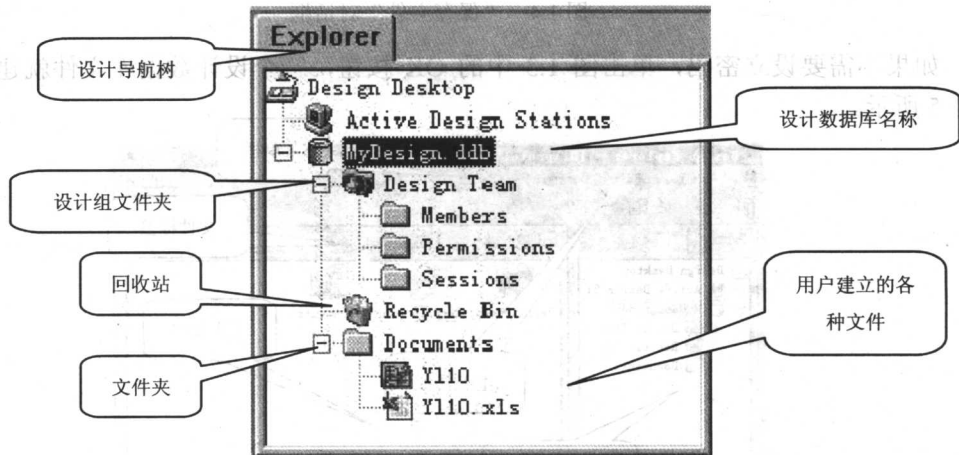


图 1.7 设计数据库文件结构

设计组文件夹 Design Team 用于存放权限数据, 包括三个文件夹。其中 Members 文件夹包含能够访问该设计数据库的所有成员列表; Permissions 文件夹包含各成员的权限列表; Sessions 文件夹是设计数据库的网络管理, 包含处于打开状态的属于该设计数据库的文档或者文件夹的窗口名称列表。

设计组文件夹主要用于多用户操作。


回收站 Recycle Bin 用于存放临时删除的文档。

Documents 文件夹一般用于存放用户建立的文件夹和各种文档。

1.2.3 设计数据库文件的打开与关闭

1. 数据库文件的打开

打开已经存在的设计数据库，其操作步骤如下：

① 在 Protel 99 SE 的设计环境下，执行菜单命令 FileOpen，或单击主工具栏的  按钮。（对于最近打开过的设计数据库文件，也可以在 File 菜单项下面的文件列表中直接选择文件名。）

② 执行命令后，系统弹出打开设计数据库的对话框，如图 1.8 所示。利用搜寻下拉框中来确定设计数据库的所在路径；然后在文件列表框中选取要打开的文件名称，最后单击“打开”按钮。

如果该设计数据库没有设置密码，在单击“打开”按钮后，系统直接打开该设计数据库文件。

③ 如果对设计数据库设置了密码，则系统弹出如图 1.9 所示的要求输入用户名和用户密码的对话框。

在 Name 文本框中输入 Admin（系统管理员），在 Password 文本框中输入密码，则该设计数据库文件被打开。打开设计数据库后的设计环境如图 1.5 所示。

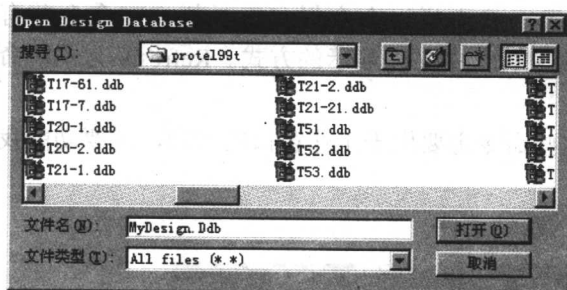


图 1.8 打开设计数据库对话框

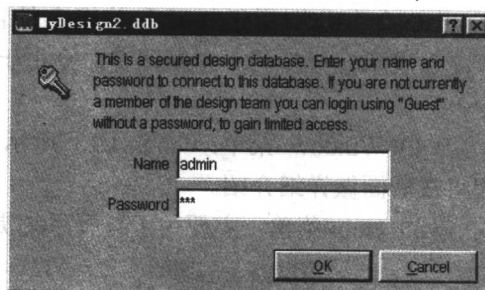


图 1.9 输入用户名和密码的对话框

2. 设计数据库文件的关闭

第一种方法：执行菜单命令 FileClose Design，即可关闭当前打开的设计数据库文件。

第二种方法：在工作窗口的设计数据库文件名标签（如 MyDesign.ddb）上单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择 Close。

注：Protel 99 SE 在打开设计数据库时会自动回到上一次关闭时的状态，因此最好先将设计数据库中所有已打开的文件或文件夹关闭，再关闭设计数据库。

练一练：关闭 1.2.1 “练一练”中新建的设计数据库文件 LX.ddb 后，再打开。

1.2.4 设计数据库文件界面介绍

建立或打开一个设计数据库的界面如图 1.5 所示。它包括标题栏、菜单栏、工具栏、文件管理器、工作窗口和状态栏。

1. 菜单栏

菜单栏只有五项，包括 File、Edit、View、Window 和 Help 菜单。

(1) File 菜单：如图 1.10 所示。主要命令包括文件或设计数据库的新建、打开、关闭和保存；文件的导入、导出、链接、查找和查看属性等。主要功能我们将在后面做详细介绍。

(2) Edit 菜单：如图 1.11 所示。主要命令包括对文件的剪切、复制、粘贴、删除和更名等操作。

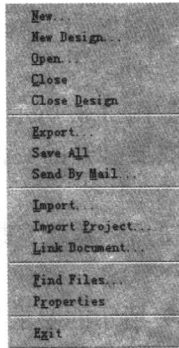


图 1.10 File 菜单

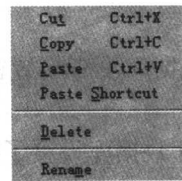


图 1.11 Edit 菜单

(3) View 菜单：如图 1.12 所示。其中 Design Manager、Status Bar、Command Status 和 Toolbar 命令分别用于打开和关闭文件管理器、状态栏、命令栏和工具栏。在命令前有“√”表示已经打开。中间四个命令用于改变文件夹中文件显示的方式。Refresh 为刷新命令。

(4) Window 菜单：如图 1.13 所示。这些命令主要用于工作窗口的管理，主要功能我们将在后面做详细介绍。

(5) Help 菜单：主要用于打开系统提供的帮助文件。

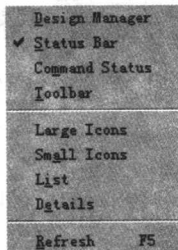


图 1.12 View 菜单

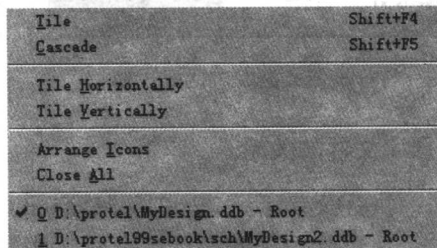


图 1.13 Window 菜单

2. 工具栏

在没有打开任何应用文件时，工具栏提供的工具按钮仅有六个，如图 1.14 所示。其功能如表 1.1 所示。



图 1.14 工具栏