

实战演练丛书（制作系列）

Protel

实战演练

余载泉 李玉和 编著

康创策划



人民邮电出版社
www.pptph.com.cn

附赠范例光盘



前 言

Protel 99 是 Protel 电路板辅助设计软件系列的最新版本。它运行于 Windows 平台上, 功能强大, 界面友好, 是世界上最流行、最畅销的 EDA (电路辅助设计) 软件之一。该软件采用了 Client/Server 技术, 具有良好的开放性和数据易交换性, 形成了从电气原理到物理结构的电子设计自动化体系, 是 EDA 技术发展的主流方向。

随着微电子技术的发展, 市场对产品的性能价格比要求越来越高, 设计任务也越来越艰巨, 这就要求设计者不仅能够熟练地使用该软件, 而且要懂得产品的制作加工过程、必要的技巧和背景知识, 这样才能够在较短的时间内设计出既便于生产, 又有市场竞争力的产品。本书力图在讲述 Protel 99 的同时, 介绍与设计技术相关的理论知识, 从而使读者能更好地掌握这套新软件的功能。

本书是作者在长期使用这套软件的基础上, 总结自己的实践经验编写而成的。书中的资料翔实、全面, 能够回答读者的种种疑难问题, 解决使用软件时四处查找“帮助”之苦; 同时, 本书结合各种设计实例, 将抽象的说明寓于一个个具体的实例之中, 避免了空洞的说教, 使读者学习起来事半功倍, 可作为一本较好的教科书使用。

全书对原理图设计和布线设计分开进行讲授。为了加强对计算机设计系统的理解, 本书不但详细介绍了 Protel 99 各种操作方法和技巧, 而且对 EDA 设计的基本思想进行穿插讲述。另外, 本书充分结合读者的学习过程, 按照由浅到深的顺序进行讲述。本书不但是一本好的初学者入门教材, 而且对使用过 Protel 软件的工程设计人员来说, 也具有较高的参考价值。

本书所附光盘提供了整个电路板的项目文件, 让大家在使用本书的过程中加以参考; 具体请参照光盘中的 readme.txt 文件说明。

EDA 技术的发展十分迅速, 限于作者的水平和时间, 疏漏和不足之处在所难免, 恳请广大读者批评指正。

最后, 本书总策划曾满平和作者对本书的所有参与者表示感谢, 是他们的勤奋工作使这本书得以尽快与读者见面。

编著者

目 录

第一篇 战前准备	1
第 1 章 进入 Protel 99 世界	3
1.1 Protel 99 的基本特点及其增强功能	4
1.1.1 Design Explorer 的特点	4
1.1.2 原理图辅助设计系统 Schematic 的特点	5
1.1.3 印制电路板设计系统 PCB 的特点	7
1.1.4 Protel 99 增强功能	8
1.2 Protel 99 的安裝配置要求	14
1.2.1 安裝的硬件要求	14
1.2.2 软件环境	14
1.2.3 安裝	14
1.3 Protel 99 的基本界面	15
1.3.1 菜单栏	15
1.3.2 工具栏	18
1.3.3 项目管理器窗口	18
1.3.4 窗口设计区	18
1.4 本章小结	20
第 2 章 Protel 99 “Client/Server” 管理	21
2.1 Protel 99 系统菜单	22
2.1.1 Protel 99 服务器 “Servers” 设置	22
2.1.2 Protel 99 系统资源配置 “Customize”	25
2.1.3 Protel 99 系统参数设置 “Preferences”	39
2.1.4 Protel 99 设计维护 “Design Utilities”	40
2.1.5 Protel 99 原本文件运行设置 “Run Script”	41
2.1.6 Protel 99 过程的手动运行 “Run Process”	41
2.1.7 Protel 99 安全性设置 “Securit”	43
2.2 Protel 99 项目管理器	44
2.2.1 当前设计工作站 “Active Design Station”	44
2.2.2 资料数据库 (.Ddb)	45
2.3 Protel 99 文档服务器功能	53

2.3.1 原理图文档	54
2.3.2 原理图元件库文档	61
2.3.3 印制电路板文档	65
2.3.4 印制电路板元件库文档	75
2.3.5 电子表格文档	78
2.3.6 文本文档	79
2.3.7 仿真波形文档	81
2.4 本章小结	83
第二篇 实战演习	85
第3章 Protel 99 电路板制作过程	87
3.1 Protel 99 电路板设计过程概述	88
3.2 Protel 99 原理图设计	89
3.2.1 原理图工作环境设置	89
3.2.2 元件库选择加载	90
3.2.3 元件放置、布局	91
3.2.4 原理图连线	93
3.2.5 原理图总体编辑、完善	93
3.2.6 原理图保存、输出	95
3.3 Protel 99 网络表生成	96
3.3.1 网络表生成过程	97
3.3.2 网络表选项设置	98
3.4 Protel 99 印制电路板设计	99
3.4.1 电路板规划	99
3.4.2 电路板参数设置	99
3.4.3 网络表与元件装入	100
3.4.4 自动布局	102
3.4.5 元件位置手工调整	103
3.4.6 自动布线	103
3.4.7 总体编辑、完善	104
3.4.8 保存、输出	107
3.5 本章小结	108
第4章 原理图的设计	109
4.1 原理图的设计步骤	110
4.2 原理图的操作	111
4.2.1 新建项目	111
4.2.2 新建原理图	112
4.2.3 打开项目文件	113

4.2.4	打开原理图	114
4.2.5	存储原理图	115
4.2.6	导入文件	117
4.2.7	关闭文件	117
4.3	设置工作环境	117
4.3.1	设置图纸大小和方向	117
4.3.2	设置图纸标题栏类型	119
4.3.3	设置工作区颜色	119
4.3.4	设置图纸栅格	120
4.3.5	设置系统字体	120
4.3.6	其他设置	120
4.4	设置编辑元件	122
4.4.1	利用元件库管理浏览器放置元件	122
4.4.2	利用菜单命令放置元件	124
4.4.3	利用绘图工具放置元件	125
4.4.4	元件的编辑与调整	126
4.5	绘制原理图	130
4.5.1	在原理图中高效工作	130
4.5.2	绘图工具简介	137
4.5.3	绘图工具的打开和关闭	138
4.5.4	绘图工具的使用	138
4.5.5	其他工具按钮及剪贴板	145
4.6	电气互连	151
4.7	参考项的设置	154
4.8	绘图工具的使用	159
4.8.1	绘图工具简介	159
4.8.2	各种绘图工具的使用	160
4.8.3	使用绘图工具绘图	168
4.9	图形的排列对齐	170
4.10	生成各种原理图报表	173
4.10.1	原理图网络报表	174
4.10.2	元件列表	177
4.10.3	引脚列表	180
4.10.4	交叉参考元件列表	181
4.10.5	层次项目组织列表	183
4.11	设计结果的处理	184
4.11.1	自动标注	184
4.11.2	电气规则检查	185
4.11.3	打印输出	191
4.12	典型实例	193

4.13 本章小结	204
第5章 高级原理图的绘制	205
5.1 多图纸表达方式	206
5.1.1 多图纸表达概述	206
5.1.2 多图纸表达的管理	206
5.1.3 多图纸表达的结构	207
5.1.4 根图纸和子图纸	208
5.1.5 层次结构的连接	209
5.1.6 网络标识符的作用范围	215
5.2 层次式结构的几种模式	216
5.3 层次式结构设计工具	220
5.3.1 进行层次项目浏览	220
5.3.2 创建子图纸及创建原理图符号	221
5.3.3 向设计方案中加入/删除图纸	223
5.4 典型实例	223
5.4.1 建立层次式原理图	223
5.4.2 绘制各模块	224
5.5 本章小结	226
第6章 原理图元件制作与编辑	227
6.1 Protel 99 原理图库元件编辑器应用	228
6.1.1 原理图库元件编辑器加载	228
6.1.2 原理图库元件编辑器功能	229
6.2 Protel 99 原理图库元件绘制工具应用	231
6.2.1 原理图库元件绘制工具按钮	232
6.2.2 原理图库元件绘制菜单项	234
6.3 Protel 99 原理图库元件设计制作	234
6.4 Protel 99 原理图库元件编辑	239
6.5 本章小结	240
第7章 印制电路板图设计	241
7.1 Protel 99 印制电路板图设计步骤	242
7.2 印制电路板设计环境设置	243
7.2.1 印制电路板图服务器加载	243
7.2.2 印制电路板图视图设置	245
7.2.3 印制电路板图工具栏、状态栏设置	250
7.2.4 印制电路板图工作层面设置	250
7.2.5 印制电路板图设计参数设置	254
7.3 单面板的制作	256

7.3.1 布线的准备工作	256
7.3.2 电路板的布局	258
7.3.3 调入网络表并装入元件	259
7.3.4 元件的布局	263
7.3.5 布线参数设置	269
7.3.6 布线及绘图工具	277
7.3.7 图形实体的编辑	290
7.3.8 自动布线及手工修整	301
7.3.9 设计规则检查	313
7.3.10 电路板的输出	314
7.3.11 其他项目的输出	317
7.4 Protel 99 双面电路板设计	321
7.4.1 双面板布线准备工作	322
7.4.2 双面板布线	330
7.4.3 双面印制电路板报表生成	346
7.4.4 双面板布线保存输出	358
7.5 本章小结	360
第 8 章 印制电路板元件制作与编辑	361
8.1 印制电路板库元件编辑器应用	362
8.1.1 加载印制电路板库元件编辑器	362
8.1.2 印制电路板库元件编辑器功能	363
8.2 印制电路板库元件绘制工具应用	366
8.3 印制电路板库元件手工设计	367
8.4 印制电路板库元件向导设计	370
8.5 创建印制电路板元件库	375
8.6 本章小结	378
第三篇 检验战果	379
第 9 章 完善项目并检验	381
9.1 层次式原理图的建立	382
9.2 各层原理图的细化及网络表的生成	388
9.3 印制电路板的布线	390
9.4 本章小结	398

第一篇

战前准备

第1章 进入Protel 99 世界

第2章 Protel 99 “Client/Server” 管理

本篇导读

本篇主要是为了使读者对 Protel 的整体功能特点有一个全面的了解，为后面的实战作准备。

第 1 章对项目的电路设计与制版过程进行逐步介绍，使读者对 Protel 99 的功能、特点及操作界面有所了解，为以后的章节的深入展开作铺垫。

第 2 章主要围绕 Protel 99 的 “Client/Server” 框架结构展开。该章从 Protel 99 系统菜单、Protel 99 项目管理数据库和 Protel 99 资料文档服务器 “Server” 等三方面对 Protel 99 的 “Client/Server” 管理框架进行阐述。

第1章

进入 Protel 99 世界

Protel 99 的基本特点及其增强功能

Protel99 的安装配置要求

Protel99 的基本界面

本章小结

为了对项目的电路设计与制版过程进行逐步介绍,首先必须对 Protel 99 的功能、特点及操作界面有所了解,为以后章节的深入展开作好铺垫。

本章涉及的主要内容包括:

- ❖ Protel 99 的功能特点
- ❖ Protel 99 的安装运行环境
- ❖ Protel 99 的操作界面

1.1 Protel 99 的基本特点及其增强功能

随着电子制造技术的发展和大规模集成电路、超大规模集成电路的不断出现,集成电路的管脚越来越多,电路板的设计及制作也越来越复杂。电路板不但有单层、双层,而且出现了多层板,手工布线和手工制版几乎成为不可能。在这种情况下,产生了众多的计算机辅助电路设计软件。这些软件一般都具有布线功能,有的还包括自动布线、逻辑模拟以及其他功能。市场上常见的软件有 SmartWork、TANGO、PCAD、PFW 及 Protel 98 等,从这些电路设计软件中不难看出印制电路板设计软件的发展过程。以美国 Accel Technologies Inc.推出的电路板设计软件为例,TANGO 是其 1987 年推出的软件,虽然它的功能很弱,但在当时却是一个令人十分满意的软件。它具有运行速度快,配制要求低等特点。然而随着新型电子元器件不断地产生,TANGO 的弱点也不断地暴露。于是 Protel Technology 公司适时地推出了 Protel For DOS 作为 TANGO 的升级版本。近年来视窗软件风靡全球,计算机操作系统版本不断地更新,各种软件都向视窗软件靠近,电路板印刷软件也不例外,于是各种 Windows 版本的电路板印刷软件相继推出,Protel 98 就是在这种情况下推出的。由于其功能强大,操作方便,很快就被广大电路板设计者所接受。而 Protel 99 则是 Protel 98 的升级版本,是众多计算机辅助电路板设计软件中功能最全、最新颖的软件。它不但囊括了 Protel 98 的所有功能,而且新增加了设计项目管理器和设计组管理等功能。它的特点可归纳为以下几点:

- 32 位的电子线路设计系统。
- 齐全及灵活的编辑功能。
- 强大的数据库管理方式。
- 可视化的视窗操作界面。
- 功能超强的自动布线功能。
- 齐全的输出功能,可支持各种外设。
- 良好的开放性,可产生多种格式的文件。

1.1.1 Design Explorer 的特点

Design Explorer (项目管理器)是 Protel 99 新增的一大功能,Protel 99 就是利用 Design Explorer 对整个系统进行管理的。它具有许多优点,这些优点使 Protel 99 较 Protel 98 工作起来更快捷,更方便。

1. 采用资料库的方式进行管理

Protel 99 采用资料库的形式对每一项设计进行管理,它把整个设计任务作为一个文件进

行处理，而不是采用以往一项设计中的各个文件分开处理的方式，这样，对于用户来说，只用一个界面就可以完成对各种文件的处理。

2. 实用方便的自动探测功能

当用户打开一个资料库时，自动探测功能将自动扫描资料库各文件，如图 1-1 所示。然后将资料库打开，这时你会发现，资料库中各文件的状态与上次关闭时所显示的状态完全一致。也就是说，自动探测功能可以很方便地使你回到你上次的工作状态。

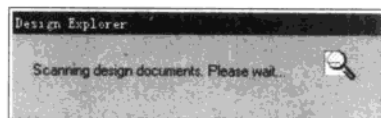


图 1-1 文档扫描对话框

3. 采用客户机/服务器“Client/Server”系统结构

Protel 99 在结构上采用了与以前版本完全不同的“Client/Server”结构，如图 1-2 所示。这种结构使系统具有更大的开放性和功能扩展性。

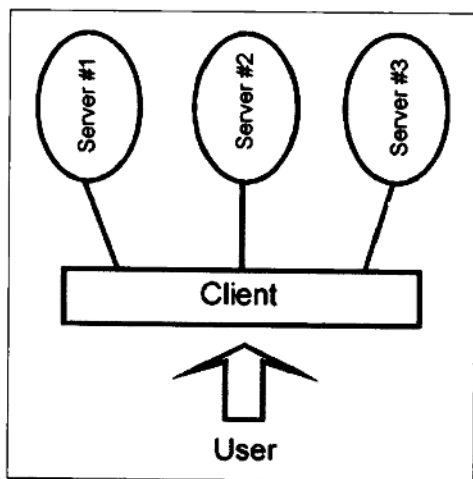


图 1-2 系统客户机/服务器结构

1.1.2 原理图辅助设计系统 Schematic 的特点

Protel 99 的 Schematic 是基于 Windows 平台的新型设计系统，它支持综合的层次图和模块化设计。它的编辑功能强大，操作相当方便。

1. 层次性的模块化设计方式

Schematic 支持层次性的模块化设计方式，用户可以将一项设计任务分成若干部分，每一部分又可以分为若干功能模块，而每一功能模块又可以细分为一些基本模块，这样，用户就可以从最简单的原理图设计入手进行电路设计。设计完这些原理图以后，通过定义原理图及各层次模块之间的关系即可完成整个设计过程。

2. 丰富而又灵活的编辑功能

- 自动连接功能：在原理图设计时，有一些专门的自动化特性来加速电气件的连接。电气栅格特性提供了所有电气件（包括端口、原理图入口、总线、总线端口、网络标号、连线 and 元件等）的真正“自动连接”。当它被激活时，一旦光标

走到电气栅格的范围内，它就自动跳到最近的电气“热点”上，接着光标形状发生改变，指示出连接点。当这一特性和自动加入连接点特性配合使用时，连线工作就变得非常轻松。

- 交互式全局编辑：在任何设计对象（如元件、连线、图形符号、字符等）上，只要双击鼠标左键，就可打开它的对话框。对话框显示该对象的属性，你可以立即进行修改，并可将这一修改扩展到同一类型的所有其他对象，即进行全局修改。如果需要，你还可以进一步指定进行全局修改的范围。
- 便捷的选择功能：用户可以选择全体，也可以选择某个单项，或者一个区域。在选择项中你还可以不选某项，也可以增加选项。已选中的对象可以移动、旋转，也可以使用标准的 Windows 命令，如 Cut（剪切）、Copy（拷贝）、Paste（粘贴）及 Clear（清除）等。
- 多层撤消 / 重复功能：允许用户恢复到以前的任一步状态。
- 热键：可让用户为所有菜单命令和处理定义热键。同时为了便于 Protel For DOS 版的用户使用，保留了大多数 Protel For DOS 版的功能热键。
- 在线工具栏连接线。

3. 强大的设计自动化功能

- 设计检验 ERC（电气法则检查）：它可以对大型复杂设计进行快速检查。ERC 检查可以按照用户指定的物理/逻辑特性进行，而且可以输出各种物理/逻辑冲突的报告。例如没连接的网络标号、没连接的电源、空的输入管脚等等，同时还可将 ERC 的结果直接标记在原理图中。
- 数据库连接：它提供了强大灵活的数据库连接，原理图中任何对象的任意属性值都可以输入和输出，你可以选择某些属性（可以是两个属性，也可以是全部属性）进行传送，也可以指定输入/输出的范围是当前图纸，还是当前项目或元件库，还是全部打开的图纸或元件库。一旦所选择的属性值已输出到数据库，它可以由 DBMS（数据库管理系统）来处理。它支持的数据库包括 dBASEIII 和 dBASEIV 等。
- 电路 Wizards：电路 Wizards 是电子设计领域中的一个新概念，它允许按照预先定义的规则自动放置标准化的分支电路，这些参数化的分支电路能够用宏或 EDA/服务器方式来实现。电路 Wizards 的例子有滤波器、放大器和电源电路，用户可以使用 Schematic 的内嵌 API 或宏语言来建立自己的电路 Wizards。
- 自动标注：在设计过程的任何时候都可以使用“自动标注”功能（一般是在设计完成的时候使用），以保证无标号跳过或重复。

4. 在线库编辑及完善的库管理

- 不仅可以打开任意数目的库，而且不需要离开原来的编辑环境就可以访问元件库，通过计算机网络还可以访问多用户库。
- 元件可以在线浏览，也可以直接从库编辑器中放置到设计图纸上。不仅库元件可以增加或修改，而且原理图和元件库之间也可以进行相互修改。
- 原理图提供含有 16000 多种元器件的库（ANSI、DeMorgan 和 IEEE 三种模式），包括 AMD、Intel、Motorola、Texas Instruments、National Instruments、Zilog、Maxim 以及 Xilinx、Eesof、PSPICE 及 SPICE 仿真库等。

5. Schematic 和 PCB 的动态联接

- 原理图与 PCB 图之间可以交叉查找元件、管脚及网络。
- 元件标号可正向注释（由原理图到 PCB 图），也可反向注释（由 PCB 到原理图）。
- 可在原理图上定义网络布线参数，如优先级、线宽及过孔大小等。

6. 良好的开放性

- 原理图除接受 TANGO 和 Protel（DOS 版）设计文件格式以外，还支持 ORCAD。输出网络表类型支持 30 多种格式，包括 Mentor、Cadentix、PADs、Eesof、ORCAD 等。
- 原理图还提供与符合工业标准的模拟、数字以及混合信号仿真软件的连接，如 PSPICE、Dolphin SMASH 等。对于 FPGA 设计可通过原理图选项 xilinx 接口来提供强有力的可编程逻辑设计。
- 原理图元件库除接受 TANGO、Protel（DOS 版）库格式以外，还支持 ORCAD 库格式。

7. 满足国际化需求

- 在中文 Windows 平台上，可直接标注任意字体、任意大小的汉字。
- 提供了一系列的原理图图框，每个图框对应一种原理图尺寸。图框由预定义的边框类型、标题块和原理图编辑时放上的任何其他元素组成。用户可以自定义图框（包括大小、格式等），并将它存至一个图框文件中以备后用。该功能为国际化制图和归档提供极大的方便。

1.1.3 印制电路板设计系统 PCB 的特点

Protel 99 的 PCB 设计系统是基于 Windows 平台的高级 PCB 设计系统。它具有强大的设计自动化功能、灵活的编辑功能及完善的库管理等特点。

1. 32 位的 EDA 设计系统

- PCB 的分辨率为 0.001 密耳。
- 元件、网络、连接等的数量仅受限于实际的物理内存。
- PCB 可支持设计层数为 32 层、板图大小为 2540mm×2540mm 或 100 英寸×100 英寸的多层线路板。
- 可作任意角度的旋转，分辨率为 0.001°。
- 支持水滴焊盘和异型焊盘。

2. 丰富而又灵活的编辑功能

- 交互式全局编辑、便捷的选择功能及多层撤消或重做功能。
- 支持飞线编辑功能和网络编辑。用户无须生成新网络表即可完成对设计的修改。
- 手工重布线可自动去除回路。
- PCB 图能同时显示元件管脚号和连接在管脚上的网络号。
- 集成的 ECO（工程修改单）系统将会记录下用户的每一步修改，并将其写入 ECO 文件，用户可依此修改原理图。
- 在线工具栏。

3. 强大的设计自动化功能

- 具有超强的自动布局能力，它采用了基于人工智能的全局布局方法，可以实现 PCB 板面的优化设计。
- 高级自动布线器采用拆线重试的多层迷宫布线算法，可同时处理所有信号层的自动布线，并可以对布线进行优化。可选的优化目标有：使过孔数目最少、使网络按指定的优先顺序布线等。
- 支持 Shape-based（无网络）的布线算法，可完成高难度、高精度 PCB 板（如 486 以上微机主板、笔记本微机的主板等）的自动布线。
- 具有高精度、智能化覆铜功能，并可直接进行编辑，例如移动、删除、接地及修改参数后重新覆铜等。
- 在线 DRC（设计规则检查），系统可在编辑时自动地指出违反设计规则的错误。

4. 在线式库编辑及完善的库管理

- 设计者不仅可以打开任意数目的库，而且不需要离开原来的编辑环境就可访问、浏览元件封装库。
- 通过计算机网络还可以访问多用户库。

5. 良好的开放性

- 可调入 PADS2000、PADSPCB、PCAD、ORCAD PCB、Protel（DOS）及 TANGO 的设计文件，也可以将其设计文件转换成 Protel 二进制格式、Protel ASC 格式或 AutoTrax（Protel/DOS 版）格式。
- 可直接调入 Protel（DOS 版）的封装库，也可以由某个 PCB 文件直接生成一个封装库。
- 通过与 Hyperlynx 的连接，能实现 PCB 数字信号的仿真。

6. 完备的输出系统

- 支持 Windows 平台上所有输出外设，并能预览设计文件。
- 可输出高分辨率的光绘（Gerber）文件，对其进行显示、编辑等。
- 还能输出 NC Drill 和 Pick&Place 文件等。

1.1.4 Protel 99 增强功能

Protel 99 是在 TANGO、Protel 98 的基础上发展起来的，它可在 Windows 95 或 Windows 98 环境下运行，是目前最新版的电路设计制作专用软件。Protel 99 较以前的版本有许多增强功能，对这些增强功能的了解有助于充分发挥 Protel 99 的电路设计制作的优势。

1. 集成的设计开发数据库

利用 Protel 99 所设计的全部文档都存储在一个集成的数据库中，并通过项目管理器进行组织、编辑和管理，如图 1-3 所示。

2. 面向设计开发人员的网络化管理

Protel 99 面向所有设计开发人员，使每个开发人员对设计文档有自己的操作权限，如图 1-4 所示。

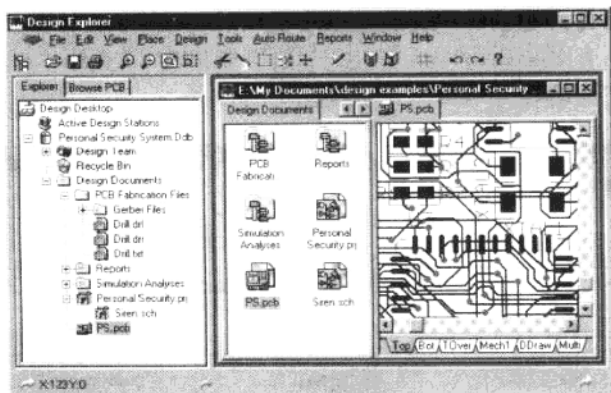


图 1-3 项目管理器进行文档管理

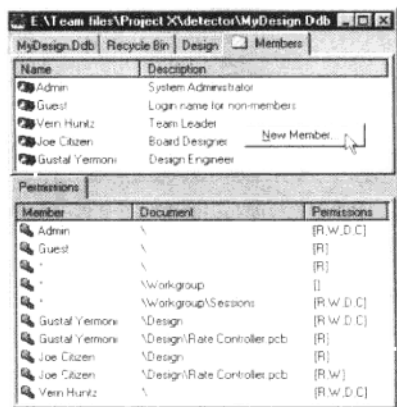


图 1-4 设置新开发成员的权限

3. 自然语言帮助系统

为了便于软件的使用，Protel 99 采用了自然语言帮助系统，如图 1-5 所示。

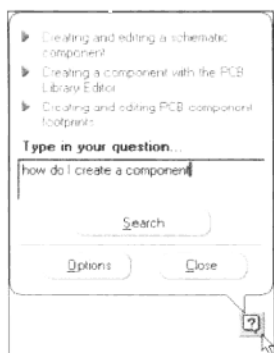


图 1-5 自然语言帮助系统

4. 原理图元件库和印制电路板管脚库

Protel 99 中所有原理图元件和印制电路板管脚都以集成数据库 (.ddb) 的形式分别保存在 "...\\Sch" 和 "...\\Pcb" 两个子目录下, 如图 1-6 所示。

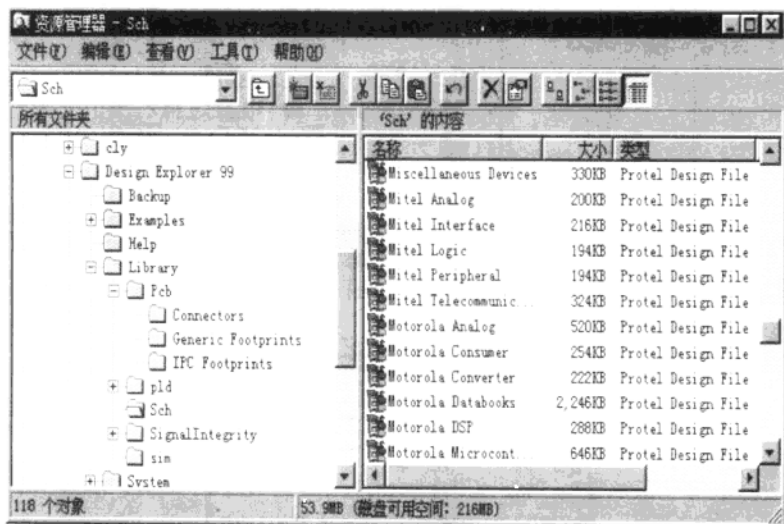


图 1-6 原理图元件库和印制电路板管脚库文件目录

5. 原理图自动连线

Protel 99 具有自动连线模式, 电路板设计可轻松地实现点对点快速连接, 如图 1-7 所示。

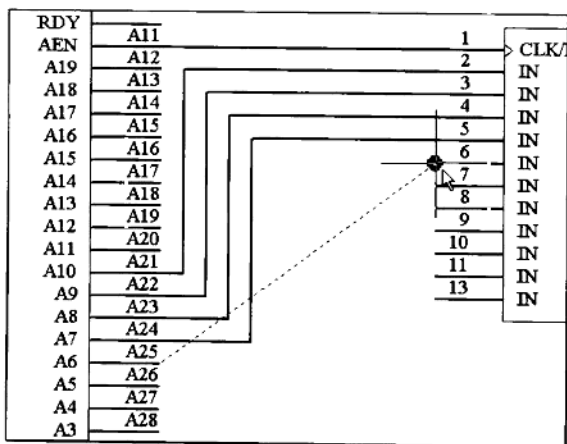


图 1-7 原理图的快速连线

6. 出色的混合信号电路模拟

Protel 99 的混合信号电路模拟器与 SPICE 3f5 完全兼容, 可应用于数字和模拟元件的电路设计当中, 如图 1-8 所示。