

应用型本科电子信息类规划教材

赵 辉 编著 刘印华 审阅

Protel 99 电子线路CAD

PROTEL 99 DIANZI XIANLU CAD



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com

应用型本科电子信息类规划教材

Protel 99 电子线路 CAD

赵 辉 编著
刘印华 审阅



北京邮电大学出版社
· 北京 ·

内 容 简 介

Protel 99 是应用最广泛的电子线路设计软件,使用简单、易于学习、功能强大。本书以 Protel 99 英文版为基础,结合电子电路设计的特点,从实用角度出发,全面介绍了电路原理图的设计及印制电路板的设计方法。

具体内容有 Protel 99 基础、原理图设计环境的设置、电路原理图的设计、层次式原理图的设计、原理图元件的创建、电路板设计的基本知识、电路板设计环境设置、电路板规划和网络表的载入、印制电路板的设计、元件封装的创建、各种报表文件的生成及设计成果的输出等。全书内容翔实、层次分明、语言简练、图文并茂、实例丰富,便于读者轻松掌握电路设计的方法和技巧,每章后附有习题,便于读者练习。

本书面向高等院校电子信息类及相关专业学生,也可供电子线路设计工作者参考阅读。

图书在版编目 (CIP) 数据

Protel 99 电子线路 CAD/赵辉编著. —北京:北京邮电大学出版社, 2007

ISBN 978-7-5635-1576-9

I. P… II. 赵… III. 印刷电路—计算机辅助设计—应用软件, Protel 99 IV. TN410.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 176683 号

出版发行:北京邮电大学出版社

社 址:北京市海淀区西土城路 10 号 (100876)

发 行 部:电话:010-62282185 传真:010-62283578

E-mail: publish@bupt.edu.cn

经 销:各地新华书店

印 刷:北京市梦宇印务有限公司

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:14.5

字 数:302 千字

版 次:2008 年 1 月第 1 版 2008 年 1 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5635-1576-9

定价:23.00 元

• 如有印装质量问题,请与北京邮电大学出版社发行部联系 •

应用型本科电子信息类规划教材编委会

主 任：乐光新

副主任：（按姓氏笔画排列）

冯 林 吕 翊 胡建萍 唐志宏 曹雪虹 雷章富

成 员：（按姓氏笔画排列）

马云辉 刘大健 孙锦涛 张春先 李冠群
罗仁哲 郭世满 顾宝良 莫德举 雷 霖

前 言

Protel 99 是一个全面、集成、全 32 位的电路设计软件, 它具备强大便捷的编辑功能, 为电子电路原理图和印制电路板的设计提供了良好的操作环境, 并具备完善灵活的设计管理方式, 已成为电子线路设计人员首选的计算机辅助设计软件。

本书以 Protel 99 英文版为基础, 从实用角度出发, 按照循序渐进、理论联系实际的原则, 根据电子电路设计的特点, 结合典型实例系统地介绍了电路原理图的设计及印制电路板的设计方法。全书内容翔实、层次分明、语言简练、图文并茂、实例丰富, 便于读者轻松掌握电路设计的方法和技巧, 每章后附有习题, 便于读者练习。

本书共 10 章, 包括 Protel 99 基础、原理图设计基础、电路原理图的设计、层次原理图的设计、创建原理图元件、电路板设计基础、电路板规划和网络表载入、印制电路板的编辑、创建元件封装、报表生成与电路板输出。

本书由天津理工大学中环信息学院赵辉担任主编, 并完成了全书的编写及修改等工作。天津理工大学刘印华教授在百忙之中认真审阅了本书, 并提出了许多宝贵的意见; 在本书编写过程中, 还查阅和参考了众多的文献资料, 得到许多教益和启发; 本书在编写过程中还得到了北京邮电大学出版社和天津理工大学中环信息学院的大力支持, 在此向给予本书帮助与支持的人员和单位表示衷心的感谢。

本书是普通高等院校电子信息工程及相关专业电子线路 CAD 课程的规划教材, 也可供从事电子线路设计的工作人员参考阅读。

由于编者水平有限, 书中不当之处在所难免, 欢迎广大同行和读者批评指正。

编 者

目 录

第 1 章 Protel 99 基础	1
1.1 Protel 99 简介	1
1.1.1 Protel 99 的新特性	1
1.1.2 系统要求	2
1.1.3 Protel 99 的安装	3
1.2 Protel 99 的组成	3
1.3 Protel 99 的设计管理器	5
1.3.1 进入 Protel 99 界面	5
1.3.2 设计管理器的使用	6
1.4 设计数据库	9
1.4.1 建立新的设计数据库	9
1.4.2 打开设计数据库	11
1.4.3 关闭设计数据库	12
1.4.4 在设计数据库中建立新文档	12
1.5 文档文件的管理	13
1.5.1 导入和导出文档	14
1.5.2 链接外部文档	16
1.6 Protel 99 的设计组管理	17
习题	19
第 2 章 原理图设计基础	20
2.1 电路原理图设计流程	20
2.2 电路原理图编辑器管理	21
2.2.1 进入原理图编辑器	21
2.2.2 工具栏的打开与关闭	22
2.2.3 显示画面的管理	24
2.3 原理图设计环境设置	26
2.3.1 图纸的设置	26
2.3.2 环境参数的设置	28



2.4 电路原理图设计快速入门	31
习题	36

第3章 电路原理图的设计	37
3.1 元件库管理器	37
3.1.1 认识元件库管理器	37
3.1.2 添加/删除元件库	38
3.2 放置元件	39
3.2.1 通过元件库管理器放置元件	39
3.2.2 通过放置元件命令放置元件	40
3.2.3 通过 Digital Objects 工具栏放置元件	40
3.3 编辑元件属性	41
3.3.1 编辑元件的整体属性	41
3.3.2 编辑元件的部分属性	42
3.4 元件的调整	42
3.4.1 元件的选取	43
3.4.2 元件的移动	44
3.4.3 元件的旋转	45
3.4.4 元件的复制和删除	45
3.4.5 阵列式粘贴	47
3.4.6 元件的排列与对齐	48
3.5 画原理图工具栏的使用	50
3.5.1 画原理图工具栏	50
3.5.2 绘制导线	51
3.5.3 放置节点	53
3.5.4 放置电源和接地符号	54
3.5.5 放置总线、总线进出点及网络标号	55
3.5.6 放置 I/O 端口	58
3.6 画图工具栏的使用	59
3.6.1 画图工具栏	59
3.6.2 非电气图形及文字制作举例	60
3.7 原理图电气规则检查	61
3.7.1 电气设计规则检查	62
3.7.2 ERC 报告举例	64
3.7.3 放置 No ERC 符号	66
3.8 报表生成及原理图输出	67
3.8.1 生成网络表	67



3.8.2 生成元件列表	70
3.8.3 生成交叉参考元件列表	72
3.8.4 生成层次项目组织列表	72
3.8.5 产生引脚列表	73
3.8.6 原理图的输出	74
习题	75
第4章 层次原理图的设计	80
4.1 层次原理图的设计方法	80
4.2 建立层次电路原理图	83
4.3 由方块电路符号产生新原理图	87
4.4 由原理图文件产生方块电路符号	89
4.5 不同层次原理图的切换	90
习题	90
第5章 创建原理图元件	93
5.1 元件库编辑器	93
5.2 元件绘图工具	95
5.2.1 画图工具栏	95
5.2.2 IEEE 符号工具栏	96
5.3 元件管理器	98
5.4 原理图元件的制作	100
习题	104
第6章 电路板设计基础	106
6.1 印制电路板基础	106
6.1.1 电路板的结构	106
6.1.2 电路板设计中的层	107
6.1.3 电路板设计中的图件	109
6.2 电路板设计流程	110
6.3 电路板编辑器	112
6.3.1 进入电路板编辑器	112
6.3.2 PCB 编辑器的画面管理	114
6.4 文档选项的设置	117
6.4.1 电路板层的设置	117
6.4.2 网格参数的设置	118
6.5 系统参数设置	119



6.5.1 Options 标签页	119
6.5.2 Colors 标签页	121
6.5.3 Show/Hide 标签页	122
6.5.4 Defaults 标签页	123
6.5.5 Signal Integrity 标签页	124
6.6 PCB 设计快速入门	125
习题	130
第 7 章 电路板规划和网络表载入	132
7.1 规划电路板	132
7.1.1 手工规划电路板边框	132
7.1.2 使用向导创建电路板	133
7.2 载入网络表和元件	140
7.2.1 加载元件封装库	140
7.2.2 利用网络表文件载入网络表和元件	142
7.2.3 使用设计同步器载入网络表和元件	144
7.3 网络表文件常见错误及修正	146
7.3.1 元件封装遗漏问题及解决	146
7.3.2 元件引脚遗漏问题及解决	148
习题	149
第 8 章 印制电路板的编辑	153
8.1 自动布局	153
8.1.1 布局规则的设定	153
8.1.2 自动布局工具	157
8.2 手工布局	160
8.2.1 元件的移动	161
8.2.2 元件的旋转	161
8.2.3 元件的翻转	162
8.2.4 元件的对齐	162
8.2.5 调整元件标注	166
8.3 自动布线	166
8.3.1 自动布线规则的设定	166
8.3.2 自动布线的操作命令	171
8.4 手工调整布线	174
8.4.1 拆除布线	174
8.4.2 手工布线	175



8.5 电路板的其他编辑	179
8.5.1 放置工具栏介绍	179
8.5.2 放置尺寸标注	179
8.5.3 补泪滴	180
8.5.4 多边形覆铜	181
8.5.5 电源和接地导线的加宽	183
8.6 设计规则检查	184
8.6.1 在线设计规则检查	184
8.6.2 设计规则检查命令	185
习题	186
 第9章 创建元件封装	191
9.1 元件封装库编辑器	191
9.1.1 启动元件封装库编辑器	191
9.1.2 元件封装库编辑器界面	192
9.2 创建新的元件封装	193
9.3 使用向导创建元件封装	196
9.4 元件封装的管理	200
习题	201
 第10章 报表生成与电路板输出	206
10.1 生成选取引脚的报表	206
10.2 生成电路板信息报表	207
10.3 生成元件报表	208
10.4 生成设计层次报表	211
10.5 生成网络状态报表	211
10.6 生成信号完整性报表	212
10.7 生成 NC 钻孔报表	213
10.8 输出 PCB 电路板图	213
习题	217
 参考文献	218

第 1 章 Protel 99 基础



Protel 99 是 Protel 公司于 1999 年推出的电子线路设计软件。本章介绍 Protel 99 的基础知识, 包括: Protel 99 简介、Protel 99 的组成、设计管理器、设计数据库以及 Protel 99 的文档管理、设计组管理。

1.1 Protel 99 简介

CAD 是 Computer Aided Design (计算机辅助设计) 的简称。电子线路 CAD 是使用计算机来完成电子线路的设计过程, 包括电路原理图的编辑、电路功能仿真、工作环境模拟、印制电路板设计 (自动布局、自动布线) 与检测、生成各种报表等。

Protel 99 是 Protel Technology 公司 1999 年推出的电子线路设计软件, 是一个全面、集成、全 32 位的电路设计系统。它实现了电子产品从概念设计到成品所需的的全过程, 既满足了电子产品的高可靠性, 又极大地缩短了设计周期, 降低了设计成本。

1.1.1 Protel 99 的新特性

Protel 99 功能强大, 为电子电路原理图和印制电路板的设计提供了良好的操作环境。Protel 99 与以前的版本相比, 还增加了许多新的功能和特性。

1. 方便灵活的模板

Protel 99 提供了大量的标准模板供用户使用。用户可以从标准模板创建原理图或电路板图, 也可以自定义模板, 还可以自定义标题栏格式, 以适应不同国家的标准。



2. 使用设计管理器

Protel 99 的窗口界面使用了设计管理器,可方便地联系设计工具和设计窗口。设计管理器的文档管理与 Windows 的资源管理器功能相似,它图示了设计项目内部各文件之间的关系,并对当前的设计项目实施有效的管理。

在设计管理器中,智能工具技术使得用户可以编辑由其他支持 OLE (对象链接) 的文档服务器所创建的文档,例如 Microsoft Word、Microsoft Excel 和 Visio (矢量图绘制软件) 等。

3. 文档统一管理

Protel 99 采用设计数据库来存放所有的文档文件。它相当于以前的项目文件,但是功能要强大得多,不但可以包含 Protel 99 本身编辑器所创建的文档,甚至可以包含其他 Windows 应用程序所创建的文档。这样就可以方便地对文档进行统一管理。

4. 设置访问权限

Protel 99 可使用户在创建一个新的设计数据库文件时,为该文件设置权限管理组,以防止权限管理组以外的人进行非法操作。权限组成员可以访问该设计数据库的所有文档,也可以定义权限组成员的访问权限。

5. 同步设计

Protel 99 包含一个强大的同步设计工具,使得在原理图和 PCB (印制电路板) 之间传递设计信息非常容易,既可以实现从原理图到 PCB 的更新,也可以实现从 PCB 到原理图的更新。

6. 优越的混合信号电路仿真

Protel 99 包含了一个全新的与 SPICE 3F5 兼容的模拟/数字信号仿真器,并在 Sim. Ddb 数据库的 28 个子库中提供了 5 800 个仿真用元件。在 Protel 99 中执行仿真,只要在原理图中简单地从仿真用元件库中放置所需元件,连接好原理图,再加上激励源,单击仿真图标即可。

7. 精确的信号完整性分析

Protel 99 包含一个高级的信号完整性仿真器,它具有分析 PCB 设计和检查设计参数的功能,测试过冲、下冲、阻抗和信号斜率等参数。如果 PCB 上任何一项设计要求(设计规则指定的)有问题,就可以在 PCB 上运行一个反射或串扰分析,以确定其情况。

1.1.2 系统要求

Protel 99 对于系统的要求包括软件要求和硬件要求。

1. 软件要求

软件要求主要是指对操作系统的要求。Protel 99 要求运行在 Windows 95/98、Windows NT 4.0 或者更高版本操作系统中。



2. 硬件要求

为了充分发挥 Protel 99 的强大功能,机器的性能越高越好。至少须具备如下硬件配置。

- CPU: Pentium 166 以上。
- 内存: 32 MB 以上。
- 硬盘: 剩余空间 400 MB 以上。
- 显示卡: 显示卡内存 1 MB 以上。
- 显示器: 分辨率 800×600 以上。显示分辨率 1 024×768 为 Protel 99 设计窗口的标准显示方式。

1.1.3 Protel 99 的安装

用户最好使用 Protel 99 正版软件,正版软件功能完善、运行稳定、安全性好。也可通过 <http://www.Protel.com> 网站免费下载 Protel 99 最新的试用版,不过它只有 30 天的试用期。Protel 99 的安装很简单,用户只需要根据安装过程的提示一步步操作,即可完成安装工作。安装过程这里从略。

1.2 Protel 99 的组成

Protel 99 采用的是客户/服务器体系结构,其主应用程序 Client 99.exe 提供了一个基本框架窗口和相应的 Protel 99 组件之间的用户接口。对于用户来说,使用 Protel 99 不需要了解 Protel 99 的客户/服务器体系是如何工作的,但是对服务器有一个基本的了解对于学习 Protel 99 是有帮助的。Protel 99 的基本组成可分为 6 部分,它们是:原理图设计组件、PCB 设计组件、自动布线组件、可编程逻辑器件设计、电路图混合仿真组件、PCB 信号完整性分析组件。

1. 原理图设计组件 Schematic 99

Schematic 99 简称 Sch 99,是一个功能完备的多图样层次化的原理图编辑器,它提供了 6 万多个原理图符号。可以高效实现电子产品从设计构思到电学设计的完整过程。

原理图设计组件支持模块化的设计方法,用户可以将整个系统划分为几个子系统,子系统再划分为几个功能模块,功能模块又可划分为一些基本模块。对基本模块分别进行电路设计,最后按照各个基本模块之间的关系将它们组织起来形成一个整体,从而完成系统的整个设计过程。

原理图设计组件还具有强大的电气检查功能,能够快速地对大型的复杂电路进行检查,并可将检查结果直接标记在原理图中,从而大大方便了原理图的修正。

原理图设计组件具备完善的库元件编辑和管理功能。其中原理图编辑器提供了多达数十万个元件的元件库,如果用户从这些库中没有找到符合自己要求的元件,还



可以自行创建原理图元件。

Sch 99 全面吸收了 Windows 的特点, 灵巧、直观、高效、实用。在 Protel EDA Client/Server (客户/服务器) 体系下, 它是 EDA/Client 的服务器之一, 既可以单独用于纯粹的电路设计, 又可作为设计过程的前端工具, 和很多其他的 EDA (电子设计自动化) 工具有机地连接, 例如它能和逻辑模拟、电路分析验证、PCB 设计、PLD (可编程逻辑器件) 设计等工具软件配套, 形成自始至终的全自动化集成设计系统, 实现一个电子产品从设计构思、电学设计到物理结构设计的全过程。

2. 印制电路板设计系统 PCB 99

印制电路板 (Printed Circuit Board) 简称 PCB, PCB 99 用于进行电子产品的电路板设计, 完成电子产品设计过程中物理结构的设计, 包括印制电路板的机械结构设计、元件的布局设计和电路板的布线设计。设计的结果可以用数据文件的形式输出。

PCB 设计组件具备完善的库元件管理功能, 用户可以方便快速地创建一个新的 PCB 元件。通过网络还可以访问多用户库, 使得用户元件库的共享更为方便。

PCB 设计组件为用户提供了一个完整的电路板设计环境, 方便高效。既可以用它进行单纯的手工设计, 又可以借助自动布线组件, 实现设计的自动化。最新的 PCB 99 把电路板的可视化设计提升到了一个新水平。在 PCB 设计中, 人工设计和自动设计有机结合在一个交互式设计环境之中, 因而既能够支持新用户, 又可以让有经验的设计师尽情发挥。同时该组件具备在线设计规则检查 (DRC) 功能, 以修正违反设计规则的错误。

3. 自动布线组件 Route 99

自动布线组件主要是为 PCB 组件服务, 用以实现设计的自动化功能。在 Protel 99 中, 该组件没有独立的用户接口界面, 而纯粹作为一个内在的服务器程序, 通过 PCB 编辑器实现与用户的交互。

自动布线组件采用了基于人工智能的方法, 可以对 PCB 板面进行优化。其布线器采用了拆线重试的多层迷宫布线算法, 可以同时处理全部信号层的自动布线, 并进行优化。还支持基于形状的布线算法, 可以实现高难度、高精度的 PCB 自动布线。

4. 可编程逻辑器件设计 PLD 99

PLD 99 是融合于 Protel 强大集成开发环境中的一个高效、通用的可编程逻辑器件设计工具, 可使用原理图或硬件描述语言作为设计前端, 全面支持各大厂家器件, 集成 PLD 功能仿真和工业标准 JEDEC 输出, 为所有 PLD 和 CPLD 设计者提供了通用、便捷的解决方案。

该组件用于设计可编程逻辑器件, 经 PLD 编译器进行编译, 以生成融丝图文件, 用来制作具有相应功能的器件。

5. 高级数/模混合电路仿真组件 SIM 99

SIM 99 是一个功能强大的数/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。它运行在 Protel 99 的 EDA/Client 集成环境下,与 Sch 原理图输入程序协同工作,作为 Sch 的扩展,为用户提供了一个完整的从设计到验证的仿真设计环境。它具有 Windows 风格的菜单、对话框和工具栏,使得用户可以很方便地对仿真器进行设置、运行,从而使仿真工作更轻松自如。

6. PCB 信号完整性分析组件 Integrity 99

随着 PCB 设计的日趋复杂,高频时钟和快速开关逻辑意味着 PCB 设计已不止是放置元件和布通连线。网络阻抗、传输延迟、信号质量、反射、串扰和 EMC (电磁兼容性) 是每位设计者必须考虑的,而进行加工前的信号完整性分析已越发显得重要。Protel 99 中的信号完整性分析工具能够精确地模拟和分析电路板的性能,帮助用户利用信号完整性分析获得设计的一次性成功,避免了盲目性,从而缩短了研制周期,降低开发成本。

1.3 Protel 99 的设计管理器

1.3.1 进入 Protel 99 界面

进入 Protel 99 的方法非常简单,只要运行 Protel 99 的执行程序就可以了,其执行程序位于桌面或“开始”菜单等位置。启动应用程序后会出现 Protel 99 的主窗口,如图 1-1 所示。

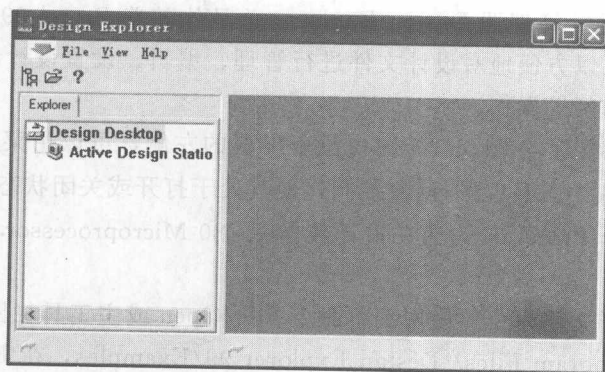


图 1-1 Protel 99 的主窗口

Protel 99 的菜单栏提供了各种操作命令,在未打开任何设计文件的情况下,它主要包括 File、View 和 Help 共 3 个下拉菜单。

1. File 菜单

File 菜单主要用于文件的管理,包括文件的打开、新建等,如图 1-2 所示。其中各选项功能如下。

- New: 新建一个空白数据库文件, 扩展名为 .ddb。

- Open: 打开并装入一个已经存在的数据库文件, 以便进行编辑。

- Exit: 退出 Protel 99。

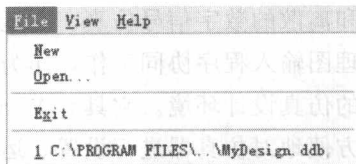


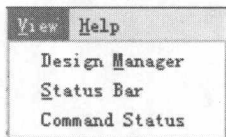
图 1-2 File 菜单

2. View 菜单

View 菜单用于切换设计管理器 (Design Manager)、状态栏 (Status Bar)、命令状态栏 (Command Status) 的打开和关闭, 如图 1-3 所示。在该命令处单击鼠标一次, 其打开或关闭的状态改变一次。

3. Help 菜单

Help 菜单用于打开帮助文件, 如图 1-4 所示。



1-3 View 菜单

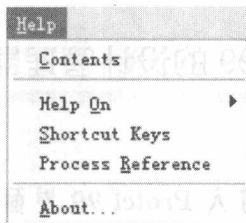


图 1-4 Help 菜单

1.3.2 设计管理器的使用

Protel 99 的设计管理器 Design Explorer 总是伴随着 Protel 99 的启动而打开, 使用设计管理器可以方便地对设计文件进行管理、编辑、设置设计组的访问权限和监视设计文件的访问等操作。

在图 1-1 中, 管理器 Explorer 窗口位于屏幕的左侧, 可以用菜单栏命令 View/Design Manager 或主工具栏图标  控制, 使其处于打开或关闭状态。

下面打开一个 Protel 99 自带的设计数据库 Z80 Microprocessor.Ddb, 介绍设计管理器的使用。

首先执行打开文件命令, 使用菜单命令 File/Open 或主工具栏图标 , 打开文件路径为 C:/Program Files/Design Explorer 99/Examples, 在 Examples 目录下选择 Z80 Microprocessor.Ddb 文件。于是出现如图 1-5 所示的界面。

1. 管理面板

在管理面板中, Protel 99 的设计管理器提供了一个如同 Windows 资源管理器一样的、有着树状分层结构的数据库导航树, 其功能是对用户打开的设计数据库中的文档和文件夹提供方便、直观的导航。

通过单击靠近导航树分枝的“+”或“-”符号可以伸展或缩进导航树分枝。双击一个文件夹也可以展开一个树。当用鼠标在导航树中选择某一文件夹或文档时, 在设计窗口就会打开该文件夹或文档, 同时在设计窗口上方会显示该文件夹或文档



的文件标签。

对于要编辑的文档，可以用鼠标从导航树直接选取，在设计窗口会立即出现所要编辑的文档。也可以通过用鼠标直接从设计窗口上方的文件标签进行选取来打开要编辑的文档。

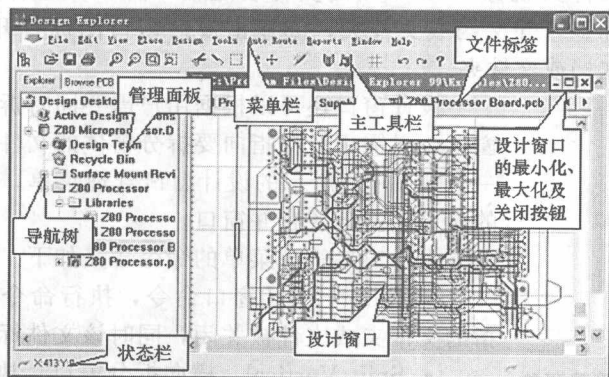


图 1-5 设计管理器界面

导航树的结构可以改变，其中文档和文件夹层次的结构可以根据用户意愿任意调整。右击文档或文件夹，提起放到另一个文件夹中，松开鼠标后，屏幕会弹出一个快捷菜单，可以选择移动、复制、创建快捷方式等操作。

2. 菜单栏和工具栏

Protel 99 设计管理器的菜单栏和工具栏会根据设计窗口所显示的文档类型的不同而自动地改变。例如当设计窗口正在进行原理图设计时，其菜单栏和工具栏内容如图 1-6 所示。

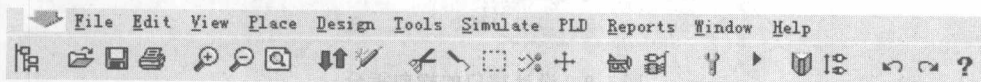


图 1-6 原理图设计窗口的菜单栏和工具栏

如果此时设计窗口正在进行电路板设计，则菜单栏和工具栏的内容会发生相应改变，如图 1-7 所示。

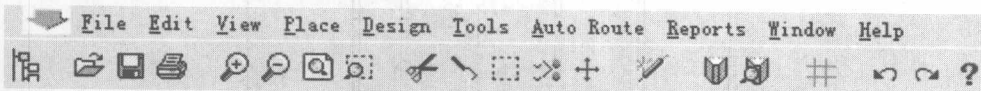


图 1-7 电路板设计窗口的菜单栏和工具栏

3. 设计窗口

设计窗口是设计数据库文档的编辑窗口。每个设计数据库在打开时都会有自己的设计窗口。设计窗口的顶部有一系列表现文档或文件夹主题的文件标签，通过选择不同的文件标签可以选择当前设计窗口所显示的文档或文件夹。如果当前文件标签的主题是文件夹类型，设计窗口会显示该文件夹的子文件夹或下属文档；如果当