

Protel 99 SE

原理图与PCB设计教程



- 以Protel 99 SE为基础,通过典型设计实例讲述了在Protel 99 SE的使用环境下绘制与设计电路原理图和PCB的方法。
- 详细讲解了电路原理图的设计基础、原理图绘制工具的使用方法、元器件的编辑方法、元件和元件库的制作方法、层次原理图的设计方法、印制电路板的设计方法及操作步骤等内容。
- 体现了作者丰富的电路设计经验与布线经验。

胡 焯 姚鹏翼 陈 明
等编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



21 世纪高等院校计算机辅助设计规划教材

Protel 99 SE 原理图与 PCB 设计教程

胡 焯 姚鹏翼 陈 明 等编著



机械工业出版社

Protel 99 SE 是国内应用最广泛的电路设计软件, 其使用简单、易于学习、功能强大。本书从实用角度出发, 全面介绍了 Protel 99 SE 的界面、基本组成, 以及使用环境等, 并详细讲解了电路原理图和印制电路板的设计方法及操作步骤。本书以讲解实例为主, 同时介绍了 Protel 99 SE 的各项功能, 以便使读者尽快掌握电路设计的方法。

本书内容详实、条理清晰、实例丰富, 适合作为大学及高职高专院校师生的教学用书和广大电路设计人员的参考用书。

图书在版编目 (CIP) 数据

Protel 99 SE 原理图与 PCB 设计教程 / 胡焯等编著. —北京: 机械工业出版社, 2005.2

(21 世纪高等院校计算机辅助设计规划教材)

ISBN 7-111-16206-4

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 015078 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策 划: 胡毓坚

责任编辑: 赵 慧

责任印制: 陶 湛

北京铭成印刷有限公司印刷·新华书店北京发行所发行

2005 年 3 月第 1 版·第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16·16.5 印张·409 千字

0001—5000 册

定价: 23.00 元

凡购本图书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换
本社购书热线电话(010)68326294
封面无防伪标均为盗版

前 言

随着科学技术的蓬勃发展, 电子设计自动化 EDA (Electronic Design Automation) 技术已经在企业、科研院所、大专院校等部门得到了广泛应用。Protel 是目前国内普及率最高的 EDA 软件之一, 也是世界上第一套将 EDA 环境引入 Windows 环境的 EDA 软件, 向来以其高度的集成性和扩展性著称于世。Protel 公司于 2001 年推出 Protel 99 SE, 它具有原理图设计、印制电路板 (PCB) 设计、层次原理图设计、报表制作、电路仿真, 以及逻辑器件设计等功能, 是电子工程师最常用的软件之一。Protel 99 SE 凭借其强大的功能大大提高了电子线路的设计效率, 已经成为广大电子线路设计工作者首选的电子线路 CAD 软件。本书是以 Protel 99 SE 版本为基础进行编写的。

本书从实用的角度出发, 详细介绍了 Protel 99 SE 的电路原理图设计、印制电路板设计和电路仿真。书中通过多个典型的工程设计实例讲述了如何在 Protel 99 SE 环境下, 绘制与设计电路原理图和 PCB, 体现了作者丰富的电路设计与布线经验。

全书共 11 章, 第 1 章和第 2 章为 Protel 99 SE 的基础部分; 第 3~7 章是电路原理图设计部分, 其中第 3 章讲述了电路原理图设计的基本知识、设计过程和实例, 第 4 章讲述了绘制原理图的高级绘图工具、布线工具、元器件的编辑等知识, 第 5 章讲述了如何制作元件和创建元件库, 第 6 章讲述了层次原理图的设计方法, 第 7 章讲述了报表的生成与打印出图知识; 第 8~11 章全面讲述了 PCB 设计知识与实例, 其中第 8 章讲解了印制电路板设计的基础知识, 第 9 章介绍了如何制作印制电路板, 第 10 章详细介绍了制作元件封装的方法, 第 11 章讲解了如何生成 PCB 报表, 以及如何打印电路板。每章均结合了典型实例进行讲解, 使读者可以轻松掌握 Protel 99 SE 各功能模块的使用。在每章后还提供了一些习题。

本书由胡焯、姚鹏翼、陈明和江思敏编著, 可作为大学、高职高专院校相关专业的教材, 也可作为电路设计人员的参考用书。

由于水平有限, 书中缺点和不足之处请读者批评指正。

编 者

目 录

前言

第 1 章 Protel 99 SE 基础	1
1.1 进入 Protel 99 SE 绘图环境	1
1.1.1 Protel 99 SE 设计环境	1
1.1.2 Protel 99 SE 的组成	3
1.2 Protel 99 SE 的功能模块	3
1.3 设置 Protel 99 SE 的界面环境	7
1.3.1 屏幕分辨率	7
1.3.2 系统参数设置	7
1.4 Protel 99 SE 文件管理	10
1.4.1 文件管理	10
1.4.2 使用快捷菜单	14
1.4.3 文件编辑	15
1.4.4 设计管理器	15
1.4.5 显示辅助查看工具	15
1.5 设计组管理	17
1.6 进入设计环境	19
1.6.1 启动原理图设计编辑器	19
1.6.2 启动印制电路板编辑器	22
1.7 习题	23
第 2 章 Protel 99 SE 原理图设计基础	24
2.1 电路原理图的设计步骤	24
2.1.1 电路板设计的一般步骤	24
2.1.2 电路原理图设计的一般步骤	24
2.2 Protel 99 SE 电路图设计工具	25
2.2.1 电路原理图设计工具栏	25
2.2.2 图样的放大与缩小	27
2.3 设置图纸	28
2.3.1 图纸大小设置	28
2.3.2 图纸方向	30
2.3.3 设置图纸颜色	31
2.4 设置系统字体	32
2.5 网格和光标设置	32
2.5.1 设置网格	32
2.5.2 电气节点	33

2.5.3	设置光标	34
2.6	习题	34
第3章	电路原理图设计	35
3.1	装载元件库	35
3.2	放置元器件	36
3.2.1	放置元器件	36
3.2.2	使用工具栏放置元件	39
3.3	编辑元件	39
3.3.1	编辑元件属性	39
3.3.2	编辑元件组件的属性	42
3.4	元件位置的调整	42
3.4.1	对象的选取	43
3.4.2	元件的移动	45
3.4.3	单个元件的移动	46
3.4.4	多个元件的移动	47
3.4.5	元件的旋转	49
3.4.6	取消元件的选择	49
3.4.7	复制粘贴元件	50
3.4.8	阵列式粘贴元件	50
3.4.9	元件的删除	52
3.5	元件的排列和对齐	52
3.5.1	元件左对齐	52
3.5.2	元件右对齐	53
3.5.3	元件按水平中心线对齐	53
3.5.4	元件水平平铺	53
3.5.5	元件顶端对齐	54
3.5.6	元件底端对齐	55
3.5.7	元件按垂直中心线对齐	55
3.5.8	元件垂直均布	56
3.5.9	同时进行综合排列或对齐	56
3.6	放置电源与接地元件	57
3.7	放置节点和连接线路	58
3.7.1	放置接点	58
3.7.2	连接线路	59
3.8	更新元件流水号	60
3.9	保存文件	62
3.10	绘制一张简单的电路原理图	62
3.11	习题	64
第4章	完成电路原理图的绘制	66

4.1	使用绘制原理图工具	66
4.1.1	画导线	66
4.1.2	画总线	69
4.1.3	画总线出入端口	70
4.1.4	设置网络名称	72
4.1.5	放置电源端口	74
4.1.6	放置元件	75
4.1.7	放置输入输出端口	79
4.1.8	放置电路方块图	81
4.2	绘制图形	83
4.2.1	绘图工具栏	83
4.2.2	绘制直线	84
4.2.3	绘制多边形	84
4.2.4	绘制圆弧与椭圆弧	85
4.2.5	放置注释文字	87
4.2.6	放置文本框	88
4.2.7	绘制矩形	90
4.2.8	绘制圆与椭圆	91
4.2.9	绘制饼图	92
4.2.10	插入图片	93
4.2.11	绘制 Bezier 曲线	95
4.3	绘制电路原理图实例	95
4.4	习题	99
第 5 章	制作元件与创建元件库	100
5.1	元件库编辑器	100
5.1.1	加载元件库编辑器	100
5.1.2	元件库编辑器界面简介	101
5.2	元件库的管理	101
5.2.1	元件管理器	101
5.2.2	利用 Tools 菜单管理元件	104
5.2.3	查找元件	105
5.3	元件绘图工具	106
5.3.1	一般绘图工具	107
5.3.2	绘制引脚	107
5.3.3	IEEE 符号	109
5.4	制作一个元件	110
5.5	产生元件报表	114
5.5.1	元件报表	114
5.5.2	元件库报表	115

5.5.3	元件规则检查表	115
5.6	习题	117
第 6 章	设计层次原理图	118
6.1	层次原理图的设计方法	118
6.2	建立层次原理图	120
6.3	不同层次电路之间的切换	125
6.4	由方块电路符号产生新原理图中的 I/O 端口符号	125
6.5	由原理图文件产生方块电路符号	127
6.6	生成层次表	127
6.7	习题	128
第 7 章	生成报表	130
7.1	产生 ERC 表	130
7.1.1	产生 ERC 表的各种选项	130
7.1.2	ERC 结果报告	132
7.2	网络表	133
7.2.1	产生网络表的各种选项	133
7.2.2	Protel 网络表格式	135
7.2.3	生成网络表	135
7.3	产生元件列表	136
7.4	交叉参考表	139
7.5	网络比较表	139
7.6	原理图的输出	140
7.7	习题	141
第 8 章	印制电路板设计基础	143
8.1	印制电路板基础	143
8.1.1	印制电路板结构	143
8.1.2	元件封装	143
8.1.3	铜膜导线	145
8.1.4	助焊膜和阻焊膜	145
8.1.5	层	145
8.1.6	焊盘和过孔	146
8.1.7	丝印层	146
8.2	印制电路板布线流程	147
8.3	PCB 板设计的基本原则	147
8.3.1	布局	147
8.3.2	布线	148
8.3.3	焊盘大小	148
8.3.4	PCB 板电路的抗干扰措施	149
8.3.5	去耦电容配置	149

8.3.6	各元件之间的接线	149
8.4	PCB 设计编辑器	150
8.4.1	PCB 编辑器界面缩放	151
8.4.2	工具栏的使用	153
8.5	设置电路板工作层	153
8.5.1	层的管理	153
8.5.2	工作层的类型	155
8.5.3	工作层的设置	157
8.6	PCB 电路参数设置	158
8.7	习题	165
第 9 章	制作印制电路板	166
9.1	PCB 绘图工具	166
9.1.1	绘制导线	166
9.1.2	放置焊盘	167
9.1.3	放置过孔	169
9.1.4	补泪滴设置	170
9.1.5	放置字符串	170
9.1.6	放置坐标	171
9.1.7	放置尺寸标注	171
9.1.8	设置初始原点	172
9.1.9	绘制圆弧或圆	172
9.1.10	放置填充	174
9.1.11	放置多边形平面	174
9.1.12	放置切分多边形	175
9.1.13	放置房间定义	176
9.2	单面板与多层板制作简介	177
9.3	准备原理图和网络表	177
9.4	规划电路板和电气定义	179
9.4.1	手动规划电路板	179
9.4.2	使用向导生成电路板	180
9.5	网络表与元件的装入	185
9.5.1	装入元件库	185
9.5.2	浏览元件库	185
9.5.3	网络表与元件的装入	186
9.6	元件封装	189
9.7	元件的自动布局	193
9.8	添加网络连接	195
9.9	手工编辑调整元件的布局	197
9.9.1	选取元件	197

9.9.2	旋转元件	197
9.9.3	移动元件	198
9.9.4	排列元件	200
9.9.5	调整元件标注	203
9.9.6	剪贴复制元件	203
9.9.7	元件的删除	205
9.10	自动布线	205
9.10.1	自动布线设计规则的设定	206
9.10.2	设计规则检查	212
9.10.3	自动布线	212
9.11	手工调整布线	217
9.11.1	调整布线	217
9.11.2	电源/接地线的加宽	218
9.11.3	文字标注的调整	219
9.11.4	敷铜处理	223
9.12	手动交互布线	224
9.13	PCB 板的 3D 显示	227
9.14	习题	228
第 10 章	制作元件封装	229
10.1	启动元件封装编辑器	229
10.2	元件封装编辑器介绍	229
10.3	创建新的元件封装	230
10.3.1	元件封装参数设置	231
10.3.2	放置元件	232
10.3.3	设置元件封装的参考点	234
10.4	使用向导创建元件封装	234
10.5	元件封装管理	238
10.5.1	浏览元件封装	238
10.5.2	添加元件封装	238
10.5.3	元件封装重命名	239
10.5.4	删除元件封装	239
10.5.5	放置元件封装	239
10.5.6	编辑元件封装引脚焊盘	239
10.5.7	设置信号层的颜色	240
10.6	创建项目元件封装库	240
10.7	习题	241
第 11 章	生成 PCB 报表和打印电路板	242
11.1	生成引脚报表	242
11.2	生成电路板信息报表	243

11.3	生成网络状态报表	245
11.4	生成设计层次报表	245
11.5	生成 NC 钻孔报表	246
11.6	生成元件报表	248
11.7	生成电路特性报表	251
11.8	生成元件位置报表	251
11.9	PCB 板的打印输出	253
11.10	习题	254

第 1 章 Protel 99 SE 基础

Protel 99 SE 是基于 Windows 环境的新一代电路原理图计算机辅助设计与绘制软件，其功能模块包括电原理图设计、印制电路板设计、电路信号仿真、可编程逻辑器件设计等，是集成于一体的电路设计与开发环境。本章主要讲述 Protel 99 SE 绘图环境、文件管理，以及环境变量设置，为后面关于原理图设计、PCB 板制作以及信号仿真的学习打好基础。

1.1 进入 Protel 99 SE 绘图环境

1.1.1 Protel 99 SE 设计环境

当用户启动 Protel 99 SE 后，系统将进入设计环境。此时可以单击 File 菜单上的 New 命令，系统将弹出如图 1-1 所示的 Protel 99 SE 建立新设计数据库的文件路径设置选项卡。

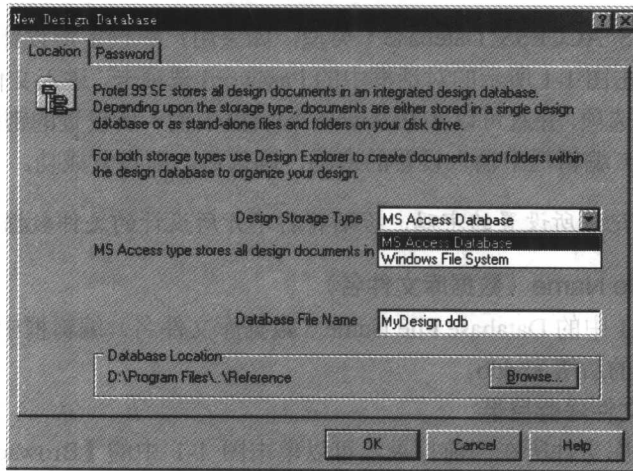


图 1-1 “New Design Database (建立新设计数据库)”对话框

1. Design Storage Type (设计保存类型)

(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，和 Protel 99 文件方式相同。即所有的原理图、PCB 文件、网络表、材料清单等等都存在一个 .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，所有文件被自动保存在文件夹中。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 等进行复制、粘贴等操作。这种设计数据库的存储类型，便于在硬盘对数据库内部的文件进行操作，但不支持

Design Team 特性。

当用户选择“MS ACCESS Database”类型后，对话框将增加一个“Password（密码设置）”选项卡，如图 1-2 所示；如果选择“Windows File System”类型，则没有该选项卡。

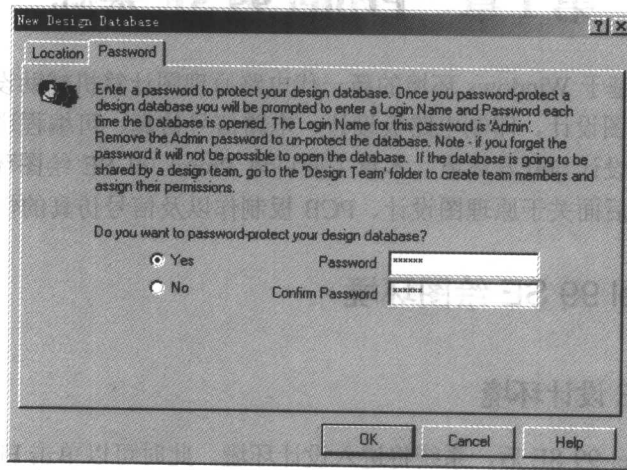


图 1-2 “Password（密码设置）”选项卡

当用户选择“MS ACCESS Database”类型，如果用户想设定所设计电路图数据库文件为保密级，则可以单击图 1-1 所示的对话框中的 Password 选项卡，进入文件密码设置选项卡，用户可以选择 Yes 单选项，并且可以在 Password 编辑框中输入所设置的密码，然后在 Confirm Password（确认密码）编辑框中输入设置的密码，确认后，即设置成功。

注意：用户必须记住所设置的密码，否则将打不开所设计的文件数据库。

2. Database File Name（数据库文件名）

用户可以在图 1-1 中的 Database File Name（数据库文件名）编辑框中输入所设计的电路图的数据库名，文件的后缀为.ddb。

3. 改变数据库文件保存目录

如果想改变数据库文件所在当前目录，可以单击图 1-1 中的【Browse】按钮，系统将弹出如图 1-3 所示的对话框，此时用户可以设定数据库文件所在的路径。



图 1-3 “Save As（文件另存）”对话框

完成文件名的输入后，单击【OK】按钮，进入设计环境，如图 1-4 所示，此时就可以进行电路设计或其他工作。

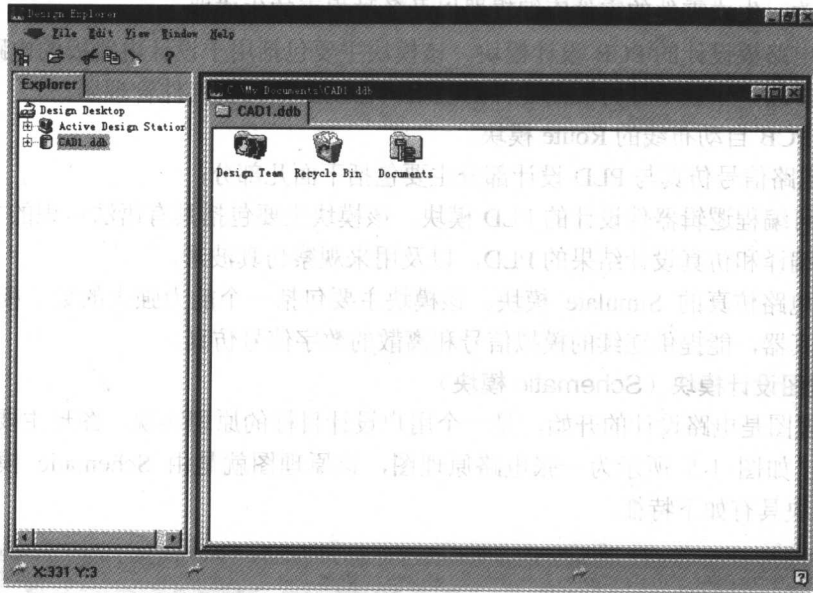


图 1-4 Protel 99 SE 设计环境

1.1.2 Protel 99 SE 的组成

在 Protel 99 SE 中，所有的设计文档都集成在一个单一的设计库中，管理这个设计库的工具就是 Design Explorer，即设计管理器，如图 1-4 所示。设计管理器主要包含以下几个部分。

1. Design Team（设计组）管理器

Protel 99 的设计是面向一个设计组的，设计组的成员和特点都在 Design Team（设计组）中进行管理，可以在 Design Explorer 中定义设计组的成员和权限，这样就使通过网络来进行设计变得更加方便。设计组中的成员数量没有限制，并且他们可以同时访问同一个设计库。每个成员都可以看到当前哪个文档被打开，并且可以锁住文档防止被修改。

2. Documents（文档）管理器

所有的文档都包含在 Design Documents（设计文档）主目录中，其中主要有电路设计文档电路原理图 Schematics 文件和印制电路板 PCB 文件，以及很多子目录包括 PCB Fabrication（PCB 板制作）文件、Reports（报表）和 Simulation Analyses（仿真分析）等。Design Documents 中不仅包含 Protel 中的设计文件，还可以输入任何类型的应用文档，如 Microsoft Word、Microsoft Excel、AutoCAD 等，用户可以直接在设计管理器中打开和编辑这些文档。

1.2 Protel 99 SE 的功能模块

Protel 99 SE 主要功能模块包括电路原理图设计、PCB 设计和电路信号仿真，各模块具

有丰富的功能，可以实现电路设计与分析的目标。其中，电路设计部分主要包括下面几部分：

- 用于原理图设计的 Schematic 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、生成零件的零件库编辑器以及各种报表的生成器。
- 用于电路板设计的 PCB 设计模块。该模块主要包括用于设计电路板的电路板编辑器，用于修改、生成零件封装的零件封装编辑器以及电路板组件管理器。
- 用于 PCB 自动布线的 Route 模块。

另外，电路信号仿真与 PLD 设计部分主要包括下面几部分：

- 用于可编程逻辑器件设计的 PLD 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，以及用来观察仿真波形。
- 用于电路仿真的 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. 原理图设计模块（Schematic 模块）

电路原理图是电路设计的开始，是一个用户设计目标的原理实现，图形主要由电子器件和线路组成，如图 1-5 所示为一张电路原理图，该原理图就是由 Schematic 模块生成的。Schematic 模块具有如下特征。

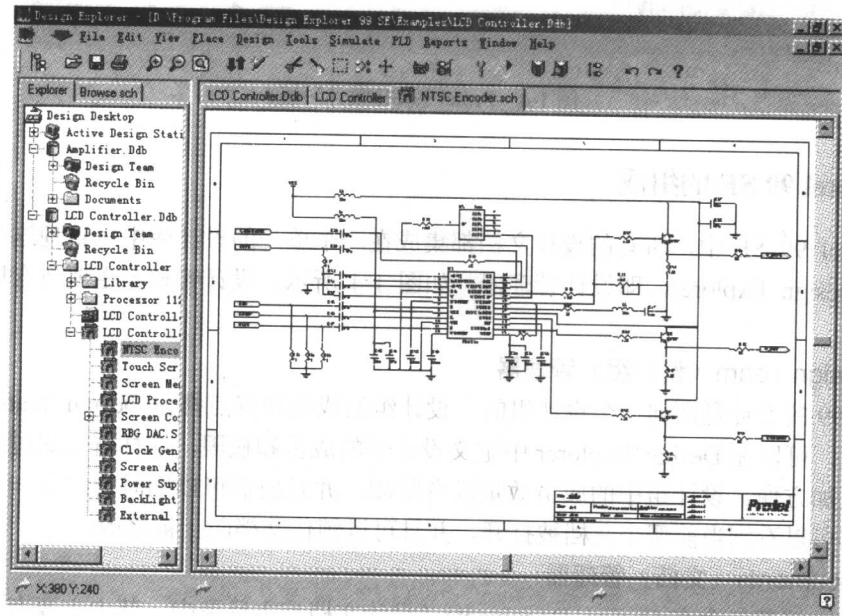


图 1-5 一张完整的电路原理图

(1) 支持层次化设计

随着电路的日益复杂，电路设计的方法也日趋层次化（Hierarchy）。也就是说，可先将整个电路按照其特性及复杂程度切割成适当的子电路，必要时可以使用层次化的树状结构来完成。设计师先一一单独绘制及处理好每一个子电路，然后将它们组合起来继续处理，最后完成整个电路。Schematic 完全提供了层次化设计所需要的功能。

(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、总线、总线端、网络标号、连线和元件等）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。当这一特性和自动连接特性配合使用时，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。可以立即修改对话框显示的该对象的属性，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，还可以进一步指定作全局修改的范围。
- 便捷的选择功能。设计者可以选择全体，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（复制）、Paste（粘贴）、Clear（清除）等。

（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。电气法则检查 ERC 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，同时还可将电气法则检查 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。用户可以选择某些属性（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，或者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，由数据库管理系统来处理支持的数据库，包括 dBASE III 和 dBASE IV。
- 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可以进行相互修改。
- 原理图提供丰富的元器件库（EE 三种模式），包括 AMD、Intel、Motorola、Texas Instruments、National Instruments、Maxim 以及 Xilinx、PSPICE、SPICE 仿真库等。

2. 印制电路板模块（PCB 模块）

PCB 印制电路板是由电路原理图到制版的桥梁。设计了电路原理图后，需要根据原理图生成印制电路板，这样就可以制作电路板。如图 1-6 所示为一张由原理图生成的印制电路板 PCB 图。印制电路板 PCB 模块具有如下主要特点。

（1）32 位的 EDA 设计系统

- PCB 可支持设计层数为 32 层、板图大小为（2540mm×2540mm）或（100in×100in）的多层线路板。

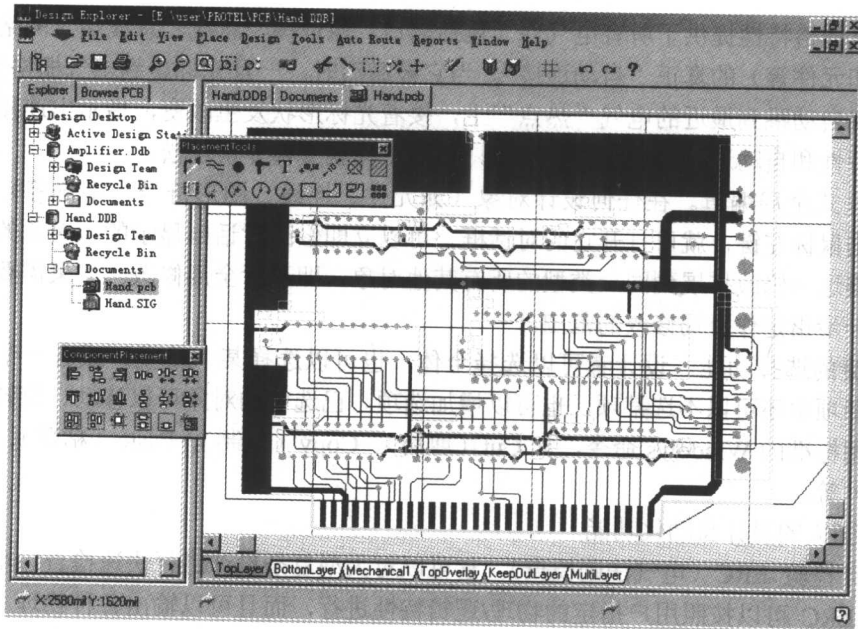


图 1-6 一块标准的 PCB 印制电路板图

- 可作任意角度的旋转，分辨率为 0.001° 。

- 支持泪滴焊盘和异型焊盘。

(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、多层撤消或重做功能。

- 支持飞线编辑功能和网络编辑。用户无需生成新的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) 系统将会记录下每一步修改，并将其写入 ECO 文件，并可依此修改原理图。

(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。可选的优化目标如使过孔数目最少、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。

- 在线式 DRC (设计规则检查)，在编辑时系统可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) 完备的输出系统