

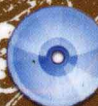


电路设计与制板

Protel 99 SE

基础教程 (修订版)

■ 老虎工作室
王青林 张伟 赵景波 编著



附教学光盘



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

电路设计与制板

Protel 99 SE

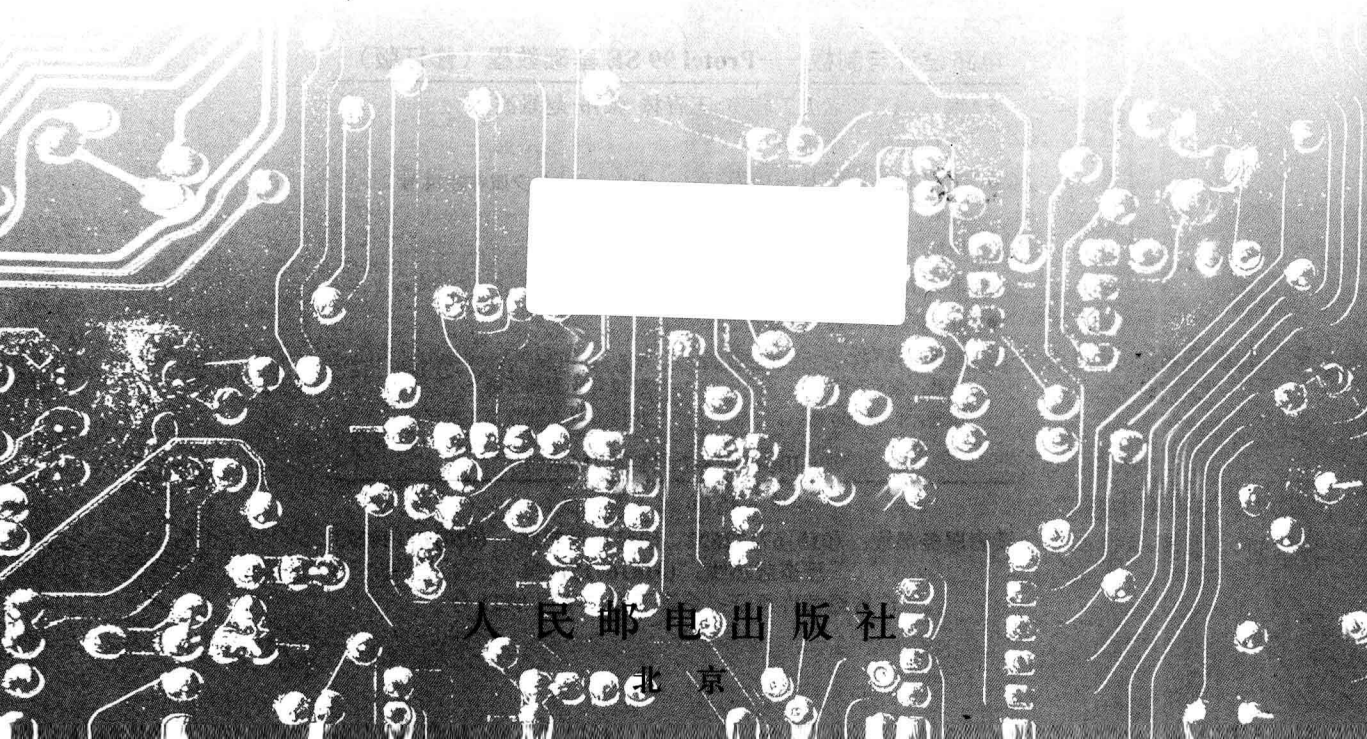
基础教程 (修订版)

■ 老虎工作室

王青林 张伟 赵景波 编著

人民邮电出版社

北京



图书在版编目 (C I P) 数据

电路设计与制板. Protel 99 SE基础教程 / 王青林, 张伟, 赵景波编著. — 2版 (修订本). — 北京: 人民邮电出版社, 2012.7

ISBN 978-7-115-28716-8

I. ①电… II. ①王… ②张… ③赵… III. ①印刷电路—计算机辅助设计—应用软件 IV. ①TN410.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第132223号

内 容 提 要

本书从初学者学习和认知电路板设计的特点出发, 首先介绍电路板设计的基础知识; 然后通过精心选择的实例介绍原理图设计与电路板设计的基本流程, 并介绍电路板设计过程中一些实用的设计技巧, 使读者能够在较短的时间内掌握设计电路板的基本方法。

全书共分 15 章, 章 1 章和章 2 章分别介绍电路板设计和 Protel 99 SE 设计浏览器的基础知识; 第 3 章至第 7 章介绍原理图编辑器的基本功能、原理图的设计方法、原理图符号的制作方法以及有关原理图设计的报表文件、原理图仿真等内容; 第 8 章至第 12 章介绍 PCB 编辑器的基本功能以及元器件布局、电路板布线、元器件封装、PCB 编辑器的报表文件等知识; 第 13 章专门介绍管理元器件库的方法; 第 14 章介绍电路板设计中的常用技巧; 第 15 章以无线电发射和接收电路的电路板设计为例, 详细介绍数字电路和模拟电路的电路板设计, 通过实战练习, 总结和巩固全书所学的知识。

为了方便读者学习, 本书附有一张光盘, 收录了书中典型实例的源文件和多媒体动画演示。

本书特别适合初学者学习使用, 对 Protel 99 SE 有一定基础的读者也能从中找到自己感兴趣的内容。此外, 本书还可以作为各类培训班及高等院校相关专业的学习用书。

电路设计与制板——Protel 99 SE 基础教程 (修订版)

◆ 编 著 老虎工作室 王青林 张伟 赵景波

责任编辑 李永涛

◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号

邮编 100061 电子邮件 315@ptpress.com.cn

网址 <http://www.ptpress.com.cn>

北京昌平百善印刷厂印刷

◆ 开本: 787×1092 1/16

印张: 22.75

字数: 566 千字

印数: 1—4 000 册

2012 年 7 月第 2 版

2012 年 7 月北京第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-28716-8

定价: 45.00 元 (附光盘)

读者服务热线: (010)67132692 印装质量热线: (010)67129223

反盗版热线: (010)67171154

广告经营许可证: 京崇工商广字第 0021 号





老虎工作室

主 编：沈精虎

编 委：	许曰滨	黄业清	姜 勇	宋一兵	高长铎
	田博文	谭雪松	杜俭业	向先波	毕丽蕴
	郭万军	宋雪岩	詹 翔	张 琴	周 锦
	冯 辉	王海英	蔡汉明	李 仲	马 震
	赵治国	赵 晶	张 伟	朱 凯	臧乐善
	郭英文	计晓明	张艳花	孙海侠	尹志超

内容和特点

Protel 99 SE 是 Protel 系列产品中功能较为完备的版本, 其功能强大, 获得了广大硬件设计人员的青睐, 是目前众多 EDA 软件中用户最多的产品之一。

本书针对初学者的学习特点, 首先介绍电路板设计和 Protel 99 SE 设计浏览器的基础知识, 然后以精心选取的典型实例为主线贯穿全书, 由浅入深地介绍绘制原理图和设计电路板的基础知识, 最后以无线电发射和接收电路的电路板设计为例, 详细地介绍了数字电路和模拟电路的电路板设计。

本书分为 15 章, 主要内容介绍如下。

- 第 1 章: 介绍有关电路板设计的基础知识。
- 第 2 章: 介绍 Protel 99 SE 设计浏览器的基础知识。
- 第 3 章: 介绍原理图编辑器的基本功能。
- 第 4 章: 以“指示灯显示电路”为例, 介绍原理图设计的全过程。
- 第 5 章: 介绍原理图符号的制作方法。
- 第 6 章: 介绍如何生成原理图编辑器中的各种报表文件。
- 第 7 章: 介绍原理图的仿真方法。
- 第 8 章: 介绍 PCB 编辑器的使用方法。
- 第 9 章: 以“指示灯显示电路”为例, 介绍元器件的布局操作。
- 第 10 章: 以“指示灯显示电路”为例, 介绍电路板的布线操作。
- 第 11 章: 介绍创建元器件封装的方法。
- 第 12 章: 介绍如何生成 PCB 编辑器中的各种报表文件。
- 第 13 章: 专门介绍管理元器件库的方法。
- 第 14 章: 介绍电路板设计中的常见问题和常用技巧。
- 第 15 章: 介绍无线收发电路的设计过程, 以巩固本书所学的知识。

读者对象

本书特别适合初学者学习使用, 对 Protel 99 SE 有一定基础的读者也能从中找到自己感兴趣的内容。此外, 本书还可以作为各类培训班及高等院校相关专业的学习用书。

附录内容

为了方便读者学习, 本书附有一张光盘, 光盘中的内容如下。

1. 实例

本书以“指示灯显示电路”为例，介绍了电路板设计过程，并在最后一章介绍了无线电发射和接收电路的电路板设计过程。这几个实例及其相关的原理图符号、元器件封装等设计文件都收录在光盘中的“\实例”文件夹下。

2. 录像

本书所有实例都录制成了“*.avi”动画文件，并按章收录在光盘中的“\录像”文件夹下。

注意：播放文件前先要安装光盘根目录下的“AVI_TSCC”插件。

叙述约定

为了方便读者阅读，我们在书中设计了两个小图标。



要点提示：用于介绍重要的知识点。



操作实例：用于引出一个操作实例和相应的一组操作步骤。

本书在编写过程中得到了黄业清同志的大力支持和帮助，在此表示衷心的感谢。

感谢您选择了本书，也请您把对本书的意见和建议告诉我们。

老虎工作室网站 www.ttketang.com，电子函件 ttketang@163.com。

老虎工作室

2012年5月

第 1 章 解析电路板设计	1
1.1 本章学习重点和难点	1
1.2 认识电路板	1
1.3 电路板设计的基本步骤	3
1.4 电路板设计过程中常用的编辑器	4
1.4.1 原理图编辑器	4
1.4.2 原理图库编辑器	6
1.4.3 PCB 编辑器	6
1.4.4 元器件封装库编辑器	8
1.4.5 常用编辑器之间的关系	9
1.5 电路板类型的选择	10
1.6 电路板的工作层面、图件和电气构成	10
1.6.1 初识电路板的工作层面	10
1.6.2 认识电路板上的图件	13
1.6.3 电路板的电气连接方式	14
1.7 实例辅导	15
1.8 小结	16
1.9 习题	16
第 2 章 初识 Protel 99 SE	17
2.1 本章学习重点和难点	17
2.2 启动 Protel 99 SE	17
2.3 初识 Protel 99 SE	18
2.3.1 菜单栏	19
2.3.2 工具栏	20
2.3.3 状态栏和命令行	20
2.3.4 浏览器管理窗口和工作窗口	20
2.4 Protel 99 SE 的文件存储方式	20
2.5 启动常用的编辑器	21
2.5.1 创建一个设计数据库文件	21
2.5.2 启动原理图编辑器	23
2.5.3 启动 PCB 编辑器	24
2.5.4 启动原理图库编辑器	24
2.5.5 启动元器件封装库编辑器	25
2.5.6 编辑器窗口的切换与关闭	26
2.6 文件自动存盘功能	27
2.7 设计数据库文件的加密	28
2.8 小结	29

2.9 习题	29
第3章 原理图编辑器	31
3.1 本章学习重点和难点	31
3.2 原理图管理窗口	31
3.2.1 载入/删除原理图库文件	33
3.2.2 查找元器件	35
3.2.3 查看原理图设计图件	38
3.3 原理图编辑器工具栏的管理	40
3.3.1 工具栏的打开与关闭	41
3.3.2 工具栏的排列	42
3.4 原理图编辑器的画面管理	43
3.4.1 画面的移动	43
3.4.2 画面的放大	44
3.4.3 画面的缩小	44
3.4.4 放大选定区域	45
3.4.5 显示整个图形文件	45
3.4.6 显示所有的图形文件	46
3.4.7 刷新画面	46
3.5 图纸区域栅格的定义	47
3.6 原理图的打印输出	48
3.6.1 设置打印机	48
3.6.2 打印输出	50
3.7 实例辅导	50
3.8 小结	53
3.9 习题	54
第4章 原理图设计	55
4.1 本章学习重点和难点	55
4.2 设计原理图的基本流程	55
4.3 新建原理图设计文件	57
4.4 工作环境参数设置	58
4.4.1 定义图纸外观	58
4.4.2 栅格参数设置	60
4.4.3 自定义图纸外形	61
4.5 载入原理图库	61
4.6 放置元器件	63
4.6.1 利用菜单命令放置元器件	63
4.6.2 利用快捷键  放置元器件	64
4.6.3 利用原理图符号浏览栏放置元器件	65
4.6.4 删除元器件	66
4.6.5 调整元器件的位置	68
4.6.6 编辑元器件属性	71
4.7 原理图布线	72

4.7.1 放置工具栏.....	72
4.7.2 原理图布线.....	82
4.8 原理图设计技巧.....	83
4.8.1 元器件自动编号.....	83
4.8.2 全局编辑功能.....	85
4.9 实例辅导	87
4.9.1 绘制指示灯显示电路.....	87
4.9.2 修改网络标号.....	89
4.10 小结	90
4.11 习题.....	90
第 5 章 制作原理图符号.....	91
5.1 本章学习重点和难点.....	91
5.2 概念辨析	91
5.3 创建一个原理图库文件.....	91
5.4 原理图库编辑器管理窗口.....	93
5.4.1 原理图符号浏览窗口.....	93
5.4.2 原理图符号操作窗口.....	95
5.5 绘图工具栏	96
5.5.1 绘图工具栏中各工具的功能.....	96
5.5.2 绘制直线	97
5.5.3 绘制贝塞尔曲线.....	98
5.5.4 绘制椭圆弧.....	99
5.5.5 绘制多边形.....	100
5.5.6 添加文字注释.....	101
5.5.7 创建元器件.....	101
5.5.8 添加子件	102
5.5.9 绘制矩形	102
5.5.10 绘制椭圆或圆.....	103
5.5.11 粘贴图片.....	104
5.5.12 放置元器件引脚.....	106
5.6 制作原理图符号.....	107
5.7 实例辅导	109
5.7.1 制作接插件的原理图符号.....	109
5.7.2 制作单片机 AT89C52 的原理图符号	111
5.8 小结	113
5.9 习题	113
第 6 章 原理图编辑器报表文件.....	114
6.1 本章学习重点和难点.....	114
6.2 电气法则测试 (ERC)	114
6.2.1 电气法则测试.....	114
6.2.2 使用 No ERC 符号.....	118
6.3 创建元器件报表清单.....	119

6.4	创建网络表文件.....	122
6.5	生成元器件自动编号报表文件.....	129
6.6	实例辅导	131
6.7	小结	133
6.8	习题	133
第 7 章	原理图仿真.....	134
7.1	本章学习重点和难点.....	134
7.2	仿真概述	134
7.3	仿真分析环境	134
7.3.1	工作界面	135
7.3.2	菜单命令	136
7.4	仿真元器件的使用.....	137
7.5	仿真信号激励源.....	138
7.6	初始状态的设置.....	142
7.6.1	节点电压设置 NS (.NS)	142
7.6.2	初始条件设置 IC (.IC)	142
7.7	仿真分析类型及其设置.....	145
7.7.1	静态工作点分析.....	145
7.7.2	瞬态/傅立叶分析	147
7.7.3	交流小信号分析.....	148
7.7.4	噪声分析	149
7.7.5	参数扫描分析.....	150
7.7.6	直流扫描分析.....	151
7.7.7	温度扫描分析.....	151
7.7.8	传递函数分析.....	152
7.7.9	蒙特卡罗分析.....	153
7.8	设计仿真原理图.....	154
7.9	仿真中的技巧	160
7.10	小结	160
7.11	习题.....	161
第 8 章	PCB 编辑器	162
8.1	本章学习重点和难点.....	162
8.2	创建一个 PCB 设计文件	162
8.3	PCB 编辑器管理窗口	167
8.3.1	网络标号	169
8.3.2	元器件	170
8.3.3	元器件封装库.....	172
8.3.4	设计规则冲突.....	175
8.3.5	浏览设计规则.....	178
8.4	设置 PCB 编辑器的环境参数	179
8.5	PCB 放置工具栏 (Placement Tools)	180

8.5.1	绘制导线	181
8.5.2	放置焊盘	182
8.5.3	放置过孔	184
8.5.4	放置字符串	185
8.5.5	设置坐标原点	186
8.5.6	放置元器件	186
8.5.7	放置矩形填充	187
8.5.8	放置多边形填充	188
8.6	编辑功能介绍	190
8.6.1	选择图件	190
8.6.2	取消选中图件	192
8.6.3	删除功能	192
8.6.4	修改图件属性	193
8.6.5	移动图件	194
8.6.6	快速跳转	196
8.6.7	复制、粘贴操作命令	197
8.7	全局编辑功能	200
8.8	实例辅导	202
8.9	小结	204
8.10	习题	204

第9章 元器件布局..... 205

9.1	本章学习重点和难点	205
9.2	电路板设计的基本流程	205
9.3	设置电路板的工作层面	207
9.3.1	工作层面类型说明	207
9.3.2	设置工作层面	208
9.4	设置工作窗口环境参数	211
9.5	规划电路板	213
9.6	准备原理图文件和网络表文件	215
9.7	载入网络表文件和元器件封装	216
9.7.1	载入元器件封装库	216
9.7.2	利用设计同步器更新网络表文件和元器件封装	217
9.7.3	在PCB编辑器中载入网络表文件和元器件封装	219
9.8	元器件布局	220
9.8.1	关键元器件的布局	222
9.8.2	元器件的自动布局	223
9.8.3	自动调整元器件布局	230
9.8.4	手工调整元器件布局	232
9.8.5	网络密度分析	232
9.8.6	3D效果图	233
9.9	实例辅导	234
9.10	小结	237

9.11 习题.....	238
第 10 章 电路板布线.....	239
10.1 本章学习重点和难点.....	239
10.2 交互式布线的基本步骤.....	239
10.3 设置布线设计规则.....	239
10.3.1 设置安全间距限制设计规则.....	240
10.3.2 设置短路限制设计规则.....	241
10.3.3 设置布线宽度限制设计规则.....	243
10.4 预布线	244
10.5 自动布线	245
10.5.1 自动布线器 (Auto Route) 参数设置	245
10.5.2 自动布线方式.....	248
10.6 自动布线的手工调整.....	251
10.6.1 利用编辑功能调整布线结果.....	251
10.6.2 利用拆线功能调整布线结果.....	252
10.7 覆铜	253
10.8 设计规则检验 (DRC)	255
10.9 实例辅导	257
10.10 小结	260
10.11 习题.....	260
第 11 章 元器件封装的制作.....	261
11.1 本章学习重点和难点.....	261
11.2 概念辨析.....	261
11.3 创建一个元器件封装库文件.....	261
11.4 元器件封装库编辑器.....	262
11.5 利用生成向导创建元器件封装.....	264
11.6 手工创建元器件封装.....	266
11.6.1 设置环境参数.....	266
11.6.2 绘制元器件封装的外形.....	267
11.6.3 调整焊盘间距.....	268
11.6.4 手工制作元器件封装.....	269
11.7 实例辅导.....	272
11.8 小结.....	273
11.9 习题.....	273
第 12 章 PCB 编辑器报表文件.....	274
12.1 本章学习重点和难点.....	274
12.2 DRC 设计检验报告	274
12.2.1 解读 DRC 检验报告	274
12.2.2 根据 DRC 检验报告修改电路板	276
12.3 电路板信息报告.....	279
12.4 元器件明细报告.....	280

12.5	测量报告	281
12.6	实例辅导	282
12.7	小结	285
12.8	习题	285
第 13 章	元器件库的管理	286
13.1	本章学习重点和难点	286
13.2	管理元器件库的方法	286
13.2.1	有效利用系统提供的常用元器件库	287
13.2.2	创建自己的元器件库	288
13.2.3	创建项目元器件库	290
13.3	元器件库报告	292
13.4	实例辅导	293
13.5	小结	293
13.6	习题	293
第 14 章	电路板设计常见问题和实用技巧	294
14.1	本章学习重点和难点	294
14.2	常见问题	294
14.3	实用技巧	308
14.4	小结	314
14.5	习题	314
第 15 章	电路板设计实战与提高	315
15.1	本章学习重点和难点	315
15.2	了解电路板的电气功能和机械功能	315
15.3	芯片选型	316
15.3.1	发射电路	317
15.3.2	接收电路	319
15.4	发射电路的电路板设计	321
15.4.1	设计原理图符号	321
15.4.2	绘制原理图	321
15.4.3	制作元器件封装	327
15.4.4	设计电路板	327
15.4.5	DRC 设计校验	335
15.5	输出元器件明细表	337
15.6	接收电路的电路板设计	337
15.6.1	设计原理图符号	340
15.6.2	绘制原理图	340
15.6.3	制作元器件封装	343
15.6.4	设计电路板	343
15.7	小结	351
15.8	习题	352

第1章 解析电路板设计

随着新技术和新材料的出现，电子工业得到了蓬勃发展，各种大规模和超大规模集成电路的出现使电路板变得越来越复杂。在这种情况下，电路板设计工作已经很难单纯依靠手工来完成，计算机辅助电路设计已经成为电路板设计的必然趋势，Protel 正是在这样的大环境下产生和发展的。

在 Protel 系列产品中，Protel 99 SE 以其强大的功能、方便快捷的设计模式和人性化的设计环境，赢得了众多电路板设计人员的青睐，成为当前电路板设计软件的主流产品，是目前影响最大、用户最多的电子线路 CAD（计算机辅助设计）软件包之一。Protel 99 SE 最主要的特点就是将电路原理图编辑、电路功能仿真测试、PLD（可编程逻辑器件）设计及 PCB（印制电路板）设计等功能融为一体，从而实现了电子设计的自动化。

在正式开始学习 Protel 99 SE 之前，读者先要对电路板有个粗略的了解，为后面的学习奠定基础。本章主要向读者介绍电路板的类型，电路板的选型及其原则，电路板设计的基本步骤，电路板设计过程中常用的编辑器，电路板的工作层面以及电气的构成等知识。通过本章的学习，读者将会从感性上建立对电路板的认识，对电路板不再陌生。

1.1 本章学习重点和难点

- 本章学习重点。

本章重点介绍电路板的类型，电路板设计的基本步骤，电路板设计过程中常用的编辑器，电路板选型的原则，电路板的工作层面以及电气的构成等知识。读者在学习过程中应了解电路板的类型有哪些，熟悉电路板设计的基本流程、设计过程中常用的编辑器以及它们之间的关系，掌握在实际电路设计中选择电路板类型的原则，此外还要掌握电路板的工作层面、图件的种类及其作用等内容。

- 本章学习难点。

本章的学习难点是如何根据电路板选型原则来选择电路板，并了解常用的编辑器以及它们之间的关系。

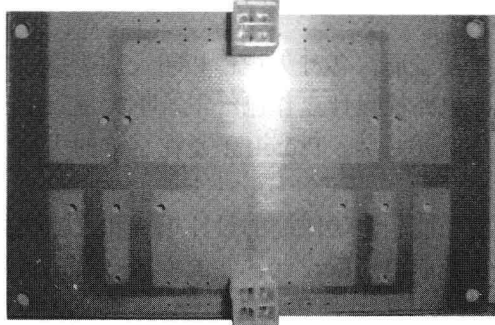
1.2 认识电路板

通常意义上说的电路板指的就是印制电路板，即完成了印制线路或印制电路加工的板子，包括印制线路和印制元器件或者由两者组合而成的电路。具体来讲，一个完整的电路板应当包括一些具有特定电气功能的元器件和建立起这些元器件电气连接的铜箔、焊盘及过孔等导电图件。

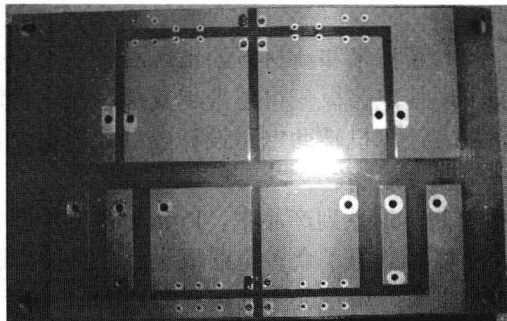
根据工作层面的多少可将电路板分为单面板、双面板和多层板 3 类，下面简要介绍。



- **【Single Sided Board】**(单面板): 仅一个面上有导电图形的电路板, 如图 1-1 所示。单面板中只有一个面需要进行光绘等制造工艺处理, 根据用户的具体设计要求, 需要处理的面可能是 **【Top Layer】**(顶层), 也可能是 **【Bottom Layer】**(底层)。元器件一般插在没有导电图形的一面, 以便于焊接。单面板的制造成本相对来说要低一些, 但这种电路板的所有走线都必须放置在一个面上, 因此单面板的布线相对来说比较困难, 只适用于比较简单的电路设计。



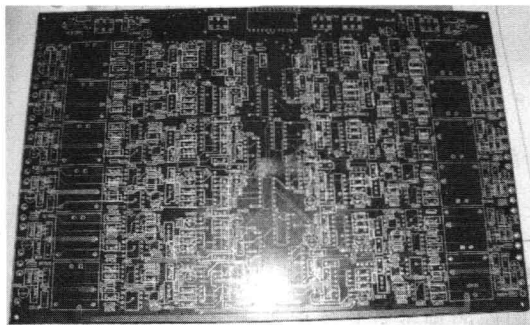
(a) 显示单面板顶层



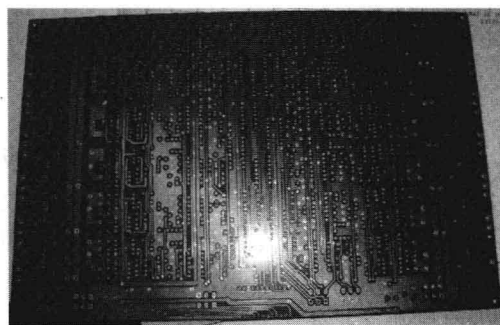
(b) 显示单面板底层

图1-1 单面板示意图

- **【Double Sided Board】**(双面板): 两面都有导电图形的电路板, 如图 1-2 所示。双面板在电路板的两个面上都进行布线, 这两个面分别为 **【Top Layer】**和 **【Bottom Layer】**, 顶层和底层间的电气主要通过过孔连接, 中间为绝缘层。因为双面都可以走线, 所以布线的难度大大降低了, 因而使用非常广泛。



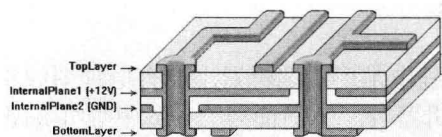
(a) 显示顶层



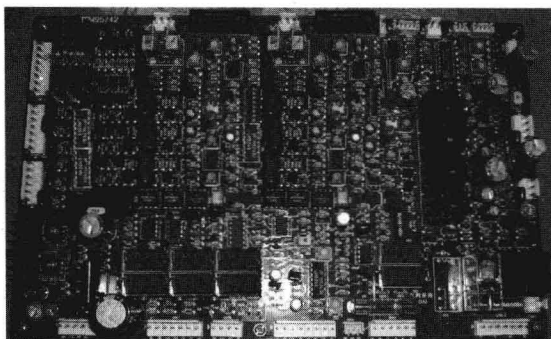
(b) 显示底层

图1-2 双面板示意图

- **【Multilayer Printed Board】**(多层板): 由 3 层或 3 层以上的导电图形层与其间的绝缘材料层相隔离、层压后结合而成的电路板, 其各层间的导电图形按要求互连。目前常用的是 4 层板, 包括顶层、低层、内电层 1 (+12V) 和内电层 2 (GND), 其示意图如图 1-3 (a) 所示。图 1-3 (b) 所示是一个设计好的多层板。在电路设计中, 多层板一般指的是 4 层板或 4 层以上的电路板。随着电子技术的飞速发展, 芯片的集成度越来越高, 多层板的应用也越来越广泛。



(a) 多层板示意图



(b) 设计好的多层板

图1-3 多层板示意图

1.3 电路板设计的基本步骤

电路板设计过程就是将设计者的电路设计思路变为可以制作电路板文件的过程，其基本步骤如图 1-4 所示。

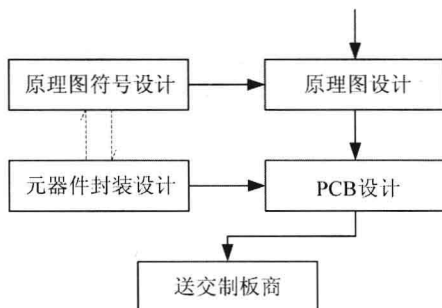


图1-4 电路板设计的基本步骤

(1) 原理图设计。

在设计电路板之前，往往需要先设计原理图，为电路板的设计做准备。所谓原理图设计就是将设计者的思路或草图变成规范的电路图，为电路板设计准备网络连接和元器件封装。

(2) 原理图符号设计。

在设计原理图的过程中常常会遇到有的原理图符号在系统提供的原理图库中找不到的情况，这时就需要用户自己动手设计原理图符号。

(3) PCB 设计。

在准备好网络标号和元器件封装之后，就可以进行 PCB 设计了。PCB 设计是在 PCB 编辑器中完成的，其主要任务是按照一定的要求对电路板上的元器件进行布局，然后用导线将相应的网络连接起来。

(4) 元器件封装设计。

设计电路板时经常会用到一些异形的、不常用的元器件，这些元器件封装在系统提供的元器件封装库中是找不到的，因此需要用户自己进行设计。

需要说明的是，元器件封装与原理图符号是相互对应的。在一个电路板设计中，一个原理图符号一定有与之对应的元器件封装，并且该原理图符号中具有相同序号的引脚与元器件



封装中具有相同序号的焊盘是一一对应的，它们具有相同的网络标号。

(5) 送交制板商。

电路板设计好后，将设计文件导出并送交制板商，即可制作出满足设计要求的电路板。

1.4 电路板设计过程中常用的编辑器

从电路板设计的基本步骤可以看出，电路板设计过程中常用的编辑器主要有原理图编辑器、原理图库编辑器、PCB 编辑器和元器件封装库编辑器等。下面简要介绍这些常用编辑器的主要功能。

1.4.1 原理图编辑器

在介绍电路板设计的基本流程时提到，一个完整的电路板必须经过原理图设计和 PCB 设计两个阶段。电路板设计的第一个阶段（即原理图的绘制）就是在原理图编辑器中完成的。

原理图编辑器的主要功能是设计原理图。此外，在原理图编辑器中利用原理图库提供的大量元器件原理图符号，还可以快速绘制电子设计的接线图。原理图编辑器如图 1-5 所示。

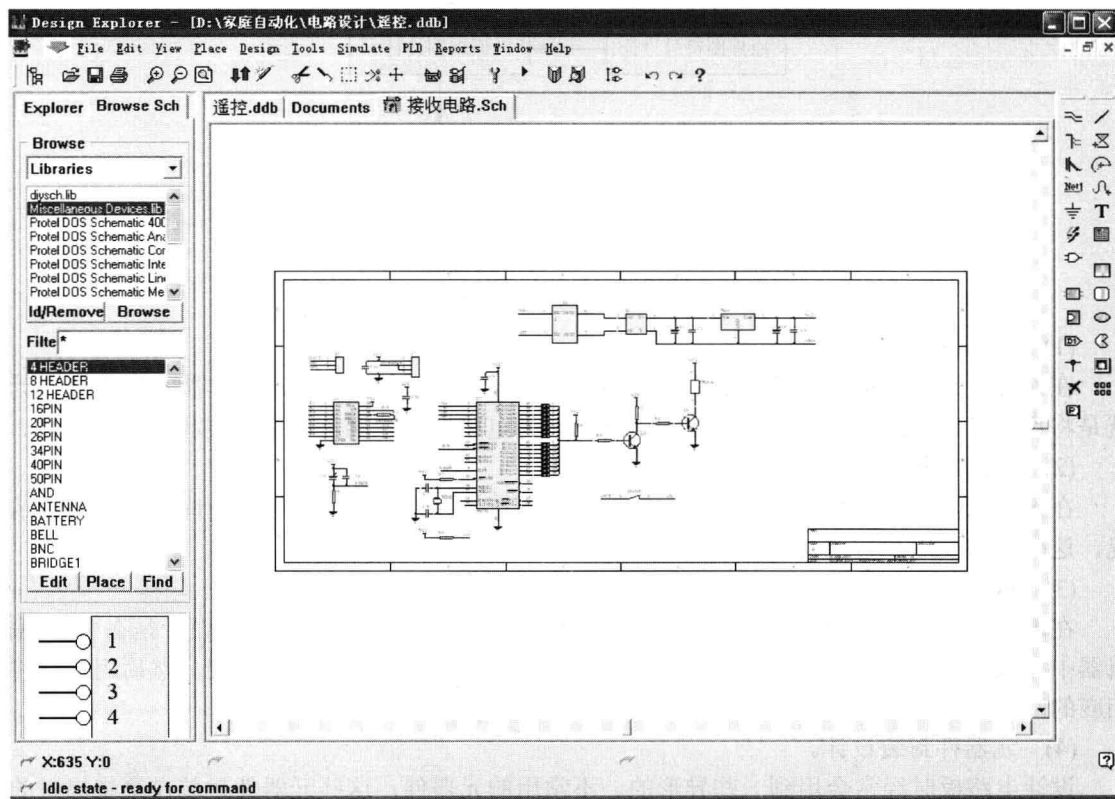


图1-5 原理图编辑器