



附教学光盘

电路设计与制板

Protel 99SE

入门与提高

老虎工作室

张 瑾

张 伟

张立宝 编著



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS



电路设计与制作

Protel 99SE

入门与提高

■ 张明华 编著

清华大学出版社
北京

电路设计与制板

Protel 99SE

入门与提高

■ 老虎工作室

张 瑾

张 伟

张立宝 编著

人民邮电出版社

北京

图书在版编目 (CIP) 数据

电路设计与制板: Protel 99SE 入门与提高 / 老虎工作室编著. —北京: 人民邮电出版社, 2007.7
ISBN 978-7-115-16137-6

I. 电... II. 老... III. 印刷电路—计算机辅助设计—应用软件, Protel 99SE IV. TN410.2
中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 057457 号

内 容 提 要

Protel 99SE 是 Protel 公司于 2000 年推出的一款 EDA 软件, 是 Protel 家族中性能较为稳定的一个版本。它不仅是以前版本的升级, 更是一个全面、集成、全 32 位的电路设计系统。Protel 99SE 的功能十分强大, 在电子电路设计领域占有极其重要的地位。

本书以丰富的电路设计实例为基础, 以电路板设计的基本流程为主线, 由浅入深、循序渐进地讲解了从电路原理图设计到印制电路板设计的整个流程。通过对本书的学习, 读者可以从 Protel 99SE 的入门开始, 快速掌握电路原理图的绘制和 PCB 制板的方法。另外, 在本书中还穿插了许多电路设计方面的专业知识和操作经验, 相信对读者的实际工作也会大有帮助。

全书共有 11 章, 第 1、2 章分别介绍有关印制电路板和 Protel 99SE 的基础知识。第 3 至 6 章介绍原理图的绘制方法、层次原理图的设计方法、原理图绘制高级技巧以及原理图符号的制作方法等内容。第 7 至 10 章介绍单面板的绘制、双面板的绘制、PCB 设计高级技巧以及元器件封装的制作等知识。第 11 章收集整理了许多设计人员在电路板设计实践中遇到的一些疑难问题, 并结合实例进行了解答。

本书的实例简单实用, 讲解步骤详细、清楚, 非常适合初学者学习。同时, 本书还适合有一定 Protel 设计经验而且迫切希望提高动手能力的设计人员阅读, 因为书中讲解了大量的使用技巧和高级操作知识, 这对设计者在电路板设计能力的提高大有裨益。

电路设计与制板——Protel 99SE 入门与提高

- ◆ 编 著 老虎工作室 张 瑾 张 伟 张立宝
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 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京鸿佳印刷厂印刷
新华书店总店北京发行所经销
- ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 20.25
字数: 496 千字
印数: 1—6 000 册
- 2007 年 7 月第 1 版
2007 年 7 月北京第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-16137-6/TP

定价: 38.00 元 (附光盘)

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

内容和特点

随着计算机技术的发展,电路设计中的很多工作都可以交给计算机来完成,这样就大大减轻了设计人员的手工劳动,并且保证了设计的规范性。因此,电子设计自动化(EDA)已经成为不可逆转的时代潮流。

Protel 99SE 是 Protel 公司(现已更名为 Altium 公司)于 2000 年推出的一款 EDA 软件,是 Protel 家族中性能较为稳定的一个版本。它不仅是以前版本的升级,更是一个全面、集成、全 32 位的电路设计系统。Protel 99SE 的功能十分强大,集原理图设计、可编程逻辑器件的建立、电路混合信号仿真、印制电路板(PCB)设计与布线、信号完整性检查以及设计规则分析等功能于一身,在电子电路设计领域占有极其重要的地位。

本书以丰富的电路设计实例为基础,以电路板设计的基本流程为主线,由浅入深、循序渐进地介绍了从电路原理图设计到印制电路板设计的整个流程。本书的开篇首先通过一个简单的电路板设计实例,让从没有使用过 Protel 99SE 的新手轻松体验了电路板设计的全过程。接着本书按照电路原理图设计、原理图符号设计、PCB 设计和元器件封装设计的顺序,逐一详细地介绍了电路板设计的具体操作步骤以及各种工具、命令的使用方法。本书的实例力求从工程设计的角度出发,从掌握各个环节的方法入手,分析例子时步骤详细、清晰,旨在让读者熟练掌握整个工程设计的全部技能。此外,本书还在每一部分内容介绍完成后,利用专门的章节来介绍典型的技巧,让读者的学习能够立即得到提高。

本书的突出特点是“实用、可读性强”。本书以经典的已出版的《电路设计与制版——Protel 99 入门与提高》为基础,秉承了上一版本的优点,同时也归纳了许多读者的反馈意见,在结构及内容上进行了一定的调整,精简了老版图书中不太实用的内容,而添加了许多实用的技巧。

针对 Protel 99SE 推出的套书一共有两本,其姊妹篇是《电路设计与制版——Protel 99SE 高级应用》。通过这两本书的学习,读者可以很好地从 Protel 99SE 的入门开始,快速地掌握电路原理图的绘制和 PCB 制板。另外,在该书中还穿插了许多电路设计方面的专业知识和操作经验,相信对读者的实际工作会有很大帮助。

本书共分 11 章,各章内容简要介绍如下。

- 第 1 章:通过一个简单的电路板设计实例,让读者初步领略电路板设计的全过程。
- 第 2 章:初识 Protel 99SE。
- 第 3 章:通过实例介绍了绘制电路原理图的基本步骤和技巧。
- 第 4 章:介绍层次原理图的绘制方法和技巧。

- 第5章：介绍原理图设计中的一些高级技巧。
- 第6章：介绍绘制原理图符号的基本方法。
- 第7章：通过实例介绍了单面板的设计流程。
- 第8章：通过实例介绍了双面板的设计流程。
- 第9章：介绍了PCB设计中的一些高级技巧。
- 第10章：介绍了手工制作元器件封装，以及修改元器件封装的方法和技巧。
- 第11章：收集了大量电路板设计人员在实际工作中遇到的问题，并结合实例进行解答。

读者对象

首先本书是一本针对初学者的“入门”书籍，因为书中的实例简单实用，讲解步骤详细、清楚，非常适合初学者的学习。同时，本书还是一本针对有初步 Protel 电路板设计经验的读者的“提高”书籍，因为书中讲解了大量的使用技巧和高级操作知识，对这些读者在电路板设计能力的提高大有裨益。

附盘内容

为了方便读者学习，本书附带一张光盘，主要收录了以下内容。

1. “实例”目录

该目录下放置各章节中涉及到的实例操作的结果文件。

2. “录像”目录

该目录下放置了各章主要实例绘制过程的动画演示文件，并配有全程语音讲解。读者在操作练习中遇到困难时可以调用参考。

注意：播放动画演示文件前，先要安装光盘根目录下的“avi_tsc.exe”插件，否则可能会导致播放失败。

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：用于引出一个操作题目和相应的一组操作步骤。

本书在编写过程中，得到了黄业清等同志的大力帮助和支持，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 <http://www.laohu.net>，电子函件 postmaster@laohu.net。

老虎工作室

2007年4月

第 1 章 电路板设计新手上路	1
1.1 认识电路板	1
1.1.1 初识电路板	1
1.1.2 认识电路原理图	2
1.1.3 电路板的结构	3
1.1.4 电路板的工作层面	6
1.2 电路板设计的基本步骤	7
1.3 常用设计编辑器	8
1.3.1 原理图编辑器	8
1.3.2 原理图符号库编辑器	8
1.3.3 PCB 编辑器	9
1.3.4 元器件封装库编辑器	10
1.3.5 常用设计编辑器之间的关系	10
1.4 新手上路之简单实例	11
1.4.1 绘制电路原理图	11
1.4.2 PCB 设计	15
1.5 小结	19
1.6 习题	20
第 2 章 初识 Protel 99SE	21
2.1 Protel 99SE 设计浏览器	21
2.1.1 Protel 99SE 菜单栏	22
2.1.2 工具栏	22
2.1.3 状态栏及命令行	22
2.2 Protel 99SE 的文件管理	22
2.2.1 Protel 99SE 系统文件夹的组成	23
2.2.2 设计文件类型	23
2.2.3 文件的创建与打开	24
2.2.4 其他文件操作	27
2.3 设计文件加密	29
2.3.1 新建设计数据库文件时加密	29
2.3.2 已有设计数据库文件的加密	30

2.4 文件的备份与恢复.....	31
2.4.1 文件的自动备份功能.....	31
2.4.2 文件的自动存盘功能.....	33
2.5 小结.....	35
2.6 习题.....	35
第3章 绘制电路原理图.....	37
3.1 电路原理图设计的基本流程.....	37
3.2 新建设计文件.....	39
3.3 设置图纸参数.....	41
3.3.1 定义图纸外观.....	41
3.3.2 填写图纸设计信息.....	43
3.4 载入元器件原理图符号库.....	43
3.5 放置元器件.....	45
3.5.1 利用原理图编辑器管理窗口放置元器件.....	46
3.5.2 利用菜单命令放置元器件.....	47
3.5.3 删除元器件.....	49
3.6 调整元器件位置.....	50
3.6.1 移动单个元器件.....	51
3.6.2 同时移动多个元器件.....	52
3.6.3 元器件的选择与取消选择.....	53
3.6.4 元器件的旋转.....	53
3.7 设置元器件属性.....	54
3.8 原理图布线.....	57
3.8.1 画导线.....	57
3.8.2 放置电源及接地符号.....	59
3.8.3 放置网络标号.....	62
3.8.4 放置总线.....	64
3.8.5 放置总线分支线.....	66
3.9 添加注释文字.....	68
3.10 打印输出图纸.....	70
3.10.1 设置打印机.....	70
3.10.2 打印输出.....	72
3.11 生成网络表文件.....	72
3.11.1 网络表的作用与格式.....	73
3.11.2 由原理图生成网络表.....	73
3.12 小结.....	75
3.13 习题.....	76

第 4 章 层次原理图的绘制	77
4.1 层次原理图的相关概念	77
4.1.1 层次原理图中的符号	77
4.1.2 层次原理图的结构	78
4.2 层次原理图的设计	79
4.2.1 自顶向下设计层次原理图	80
4.2.2 自底向上设计层次原理图	87
4.3 层次原理图间的切换	88
4.4 小结	89
4.5 习题	90
第 5 章 原理图设计进阶	91
5.1 原理图编辑器管理窗口的运用	91
5.2 多元件芯片的使用	94
5.2.1 认识多元件芯片	95
5.2.2 多元件芯片中不同元件的选择	96
5.3 原理图设计全局编辑功能	97
5.4 元器件的排列与对齐	101
5.4.1 元器件的对齐	101
5.4.2 元器件的均匀分布	103
5.4.3 同时执行两个方向的排列控制	104
5.5 元器件自动编号	105
5.6 建立原理图设计项目元器件库	107
5.7 电气法则测试	108
5.7.1 电气法则测试的操作步骤	108
5.7.2 电气法则测试对话框中各选项的定义	110
5.7.3 使用 No ERC 符号	112
5.8 生成原理图设计元器件清单	112
5.9 放置电气节点	115
5.10 画图工具栏的运用	117
5.10.1 绘制椭圆弧	117
5.10.2 绘制贝塞尔曲线	118
5.10.3 添加文字注释	119
5.10.4 放置图片	120
5.10.5 绘制椭圆或圆	121
5.10.6 绘制扇形	122
5.10.7 图件的阵列粘贴	123

5.11 原理图拼接打印.....	124
5.12 小结.....	125
5.13 习题.....	126
第 6 章 绘制原理图符号.....	127
6.1 创建用户自己的原理图符号库.....	127
6.2 绘图工具的运用.....	128
6.2.1 绘制原理图符号工具栏的运用.....	128
6.2.2 IEEE 符号工具栏的运用.....	133
6.3 自己动手绘制原理图符号.....	136
6.3.1 单元件芯片的绘制.....	136
6.3.2 多元件芯片的绘制.....	140
6.4 修改原理图符号.....	141
6.4.1 需要修改的原理图符号.....	142
6.4.2 修改原理图符号.....	143
6.5 小结.....	144
6.6 习题.....	144
第 7 章 单面板设计.....	145
7.1 印制电路板 (PCB) 的设计流程.....	145
7.2 启动 PCB 编辑器.....	147
7.3 PCB 编辑器环境参数设置.....	148
7.3.1 设置文档选项对话框.....	148
7.3.2 设置系统参数对话框.....	151
7.4 准备电路原理图与网络表.....	154
7.5 规划电路板.....	155
7.5.1 设置电路板类型.....	155
7.5.2 电路板的边界规划.....	156
7.5.3 预放置安装孔.....	159
7.6 载入网络表与元器件封装.....	159
7.6.1 元器件封装库的载入.....	159
7.6.2 利用网络表文件载入网络表和元器件封装.....	161
7.6.3 利用同步器 (Synchronizer) 载入网络表和元器件封装.....	163
7.7 元器件布局.....	165
7.7.1 元器件的自动布局.....	166
7.7.2 手动调整元器件布局.....	169
7.7.3 调整元器件标注.....	171
7.7.4 元器件布局的自动调整.....	172

7.7.5 元器件的手动布局.....	176
7.8 电路板布线.....	177
7.8.1 设置布线设计规则.....	178
7.8.2 电路板布线.....	181
7.9 小结.....	187
7.10 习题.....	187
第 8 章 双面板设计.....	189
8.1 双面板布线的准备工作.....	189
8.1.1 准备电路原理图和网络表.....	189
8.1.2 规划电路板.....	190
8.1.3 载入网络表.....	190
8.1.4 元器件的自动布局.....	191
8.1.5 电路板元器件布局的调整.....	192
8.1.6 网络密度分析.....	193
8.2 布线设计规则的设置.....	194
8.2.1 布线规则.....	194
8.2.2 设置布线规则.....	195
8.3 电路板的自动布线.....	198
8.3.1 自动布线策略的选择.....	199
8.3.2 自动布线.....	200
8.3.3 手动调整布线.....	201
8.4 电路板的手动布线.....	205
8.5 电路板的交互式布线.....	206
8.5.1 预布线的对象.....	207
8.5.2 锁定预布线.....	207
8.6 覆铜.....	208
8.6.1 设置与覆铜相关的设计规则.....	208
8.6.2 电路板覆铜.....	211
8.7 DRC 设计校验.....	216
8.7.1 DRC 设计校验的作用.....	216
8.7.2 DRC 设计校验.....	217
8.8 小结.....	219
8.9 习题.....	219
第 9 章 PCB 电路板设计进阶.....	221
9.1 绘制导线技巧.....	221
9.1.1 绘制不同转角形式的导线.....	221

9.1.2 调整导线.....	222
9.2 特殊粘贴功能.....	224
9.2.1 特殊粘贴功能.....	224
9.2.2 阵列粘贴.....	226
9.3 多层板的制作.....	228
9.4 建立项目元器件封装库.....	233
9.5 PCB 文件的导出.....	233
9.6 PCB 编辑器管理窗口的运用.....	234
9.6.1 PCB 编辑器管理窗口 (Browse PCB) 简介.....	234
9.6.2 利用编辑器管理窗口管理网络.....	236
9.6.3 利用 PCB 编辑器管理窗口管理元器件.....	240
9.6.4 利用 PCB 编辑器管理窗口管理元器件封装库.....	241
9.6.5 利用 PCB 编辑器管理窗口查看设计规则冲突.....	244
9.7 PCB 报表的生成.....	246
9.7.1 引脚信息报表.....	247
9.7.2 电路板信息报表.....	247
9.7.3 距离测量报表.....	249
9.7.4 图件测量报表.....	249
9.8 双面板的打印输出.....	250
9.9 小结.....	255
9.10 习题.....	256
第 10 章 制作元器件封装.....	257
10.1 启动元器件封装库编辑器.....	257
10.2 利用向导创建元器件封装.....	258
10.3 手工制作元器件封装.....	264
10.3.1 设置图纸区域栅格参数.....	265
10.3.2 快速准确地调整焊盘间距.....	266
10.3.3 一种制作元器件封装的快捷方法.....	267
10.3.4 自己动手制作元器件封装.....	268
10.4 修改元器件的封装.....	272
10.5 小结.....	276
10.6 习题.....	276
第 11 章 常见问题与解答.....	277
11.1 概念剖析.....	277
11.1.1 元器件封装与元器件.....	277
11.1.2 元器件、原理图符号和元器件封装.....	279

11.1.3 导线、预拉线和网络.....	279
11.1.4 关于元器件库.....	280
11.1.5 类的定义.....	280
11.1.6 布通率.....	281
11.2 原理图设计中的常见问题与解答.....	281
11.2.1 原理图符号的选择.....	281
11.2.2 不知道元器件封装.....	282
11.2.3 没有找到元器件.....	282
11.2.4 没有找到电气节点.....	283
11.3 PCB 设计中的常见问题与解答.....	284
11.3.1 在网络中添加焊盘.....	284
11.3.2 关于覆铜.....	285
11.3.3 绘制导线的技巧.....	286
11.3.4 测量元器件封装.....	288
11.3.5 群体编辑功能.....	289
11.3.6 关于自动布线.....	290
11.4 小结.....	290
11.5 习题.....	290
附录一 常用的原理图符号.....	291
附录二 常用的元器件封装.....	299
附录三 常用元器件符号对照.....	303

第1章 电路板设计新手上路

印制电路板（简称电路板）设计是电子线路设计人员和电子爱好者们应该具备的最为基本的技能之一。如何快捷、高效、准确地完成电子线路的设计工作，决定了整个电子系统设计的进度和性能。Protel 99SE (Second Edition) 是 Protel 公司于 2000 年推出的基于 Windows 平台的第六代产品，集强大的设计功能、复杂工艺的可生产性和设计过程管理于一体，可完整实现电子产品从电路逻辑设计到生成电路板生产数据的全过程以及期间的所有电气分析，设计规则分析以及仿真分析。Protel 99SE 凭借着 Protel 99 原有先进的设计平台，带来了更多既强大又实用的新增功能，让用户在具有最完整的功能特性之情况下，提升设计上的品质与效率。

对于从未进行过电路板设计的读者来说，首先对电路板有个整体上的认识是非常重要的。因此在详细地描述了 Protel 99SE 的使用方法之前，本章将从认识电路板入手，介绍电路板的一些基本概念，然后通过一个简单的设计实例让读者初步了解电路板设计的基本流程和设计要点。从本章开始，读者将一步步地进入 Protel 99SE 的完美设计世界！

本章主要内容

- 认识电路板。
- 电路板设计基本流程。
- 常用设计编辑器。
- 新手上路之简单实例。

1.1 认识电路板

所谓电路板，就是用来安装、固定元器件并实现其相互连接的一块基板。本节将主要介绍电路板的基础知识和电路板的基本结构。

1.1.1 初识电路板

图 1-1 所示为一双层电路板，通过此图相信读者对电路板会有一个感性认识。从图中可以看到，电路板就是放置有焊盘、过孔、铜膜导线、标注文字以及安装孔等组件的一块绝缘基板。元器件的引脚通过焊盘焊接在电路板上，焊盘与焊盘之间通过铜膜导线连接，螺栓穿过安装孔可以将电路板固定。

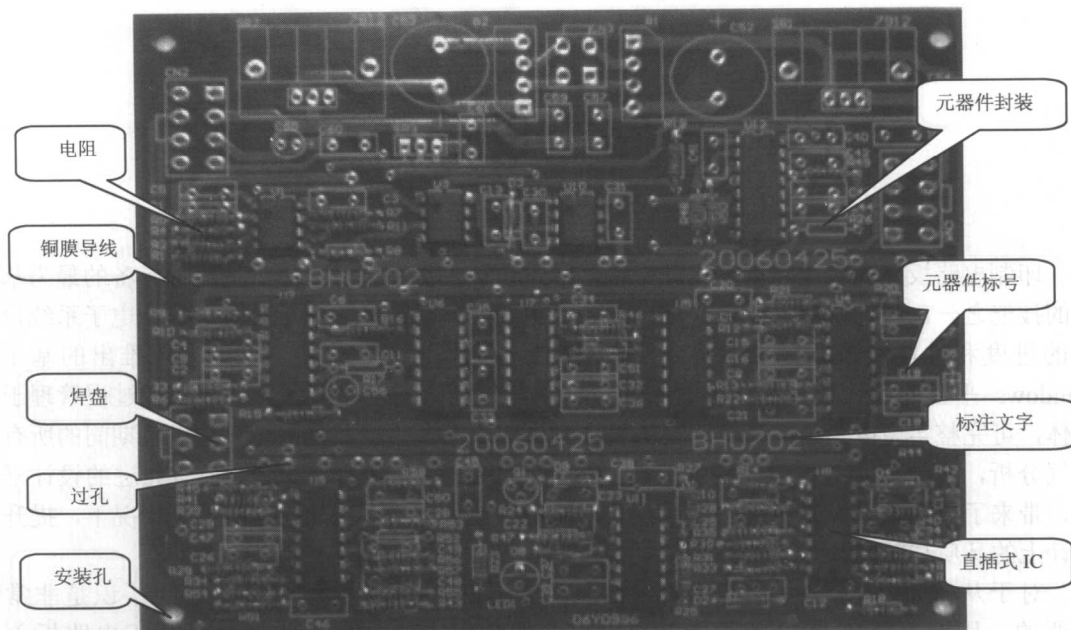


图1-1 双层电路板

1.1.2 认识电路原理图

在设计电路板之前，首先需要进行电路原理图设计。所谓电路原理图，就是指描述电路中元器件之间的电气连接关系的图纸。它并不涉及元器件的具体大小、形状，而只关心元器件的类型和相互之间的电气连接关系。典型的电路原理图如图 1-2 所示。

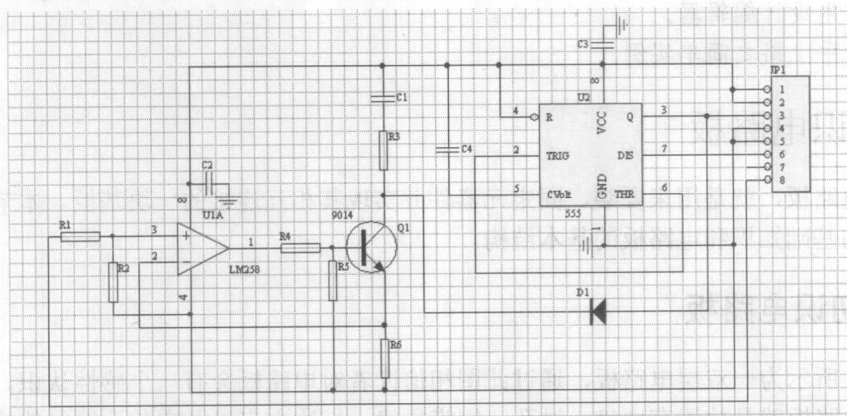


图1-2 典型的电路原理图

电路原理图通常包括电气元器件和连接网络两个基本要素。电气元器件是电路原理图的主体部分，在图 1-2 中，包括电阻 (R1 至 R6)、电容 (C1 至 C4)、二极管 (D1)、三极管 (Q1)、运算放大器 (U1)、555 定时器 (U2) 和接插件 (JP1) 等。从图中可以看出，这些电气元器件只是包括零件的外形符号 (图形表示)、元器件的序号 (R1、U1) 和元器件的型号 (LM258、9014) 3 种信息，而没有其他如元器件物理外形、元器件大小、焊盘距离和焊



盘位置等信息（这些信息一般在电路板图中体现）。连接元器件的网络从图 1-2 中可以看出，就是连接各个元器件电气节点的导线。这些导线描述了元器件相互之间的电气连接关系，是设计人员设计思想的体现。

1.1.3 电路板的结构

电路板由绝缘板和覆盖在板上的导电铜膜组成，铜膜起连接导线的作用。下面将从 3 个方面向读者介绍电路板的基本结构。

一、电路板材料

早期的电路板基板的绝缘材料主要是胶木板，而现在以环氧树脂板材居多，发展趋势是板材厚度越来越薄，韧性越来越强，层数越来越多。

二、电路板板层

根据电路板布线层面的多少，一般可以将其分为 3 类：单层板、双层板和多层板。对于多层板而言，四层板的制造技术比较成熟，而六层板或更多层的电路板，由于工艺制作复杂、造价高，所以只是在一些高级设备中才使用。

• 单层板

单层板是指只在电路板的其中一个面（焊接面）上进行布线，而所有元器件、元器件标号以及文字标注等都在另一个面（元器件面）上放置的电路板。其最大的特点是价格低廉，但是由于只能在一个面上进行布线，布线比较困难，容易出现布不通的问题，所以只适用于一些比较简单的电路。单层板的结构如图 1-3 所示。

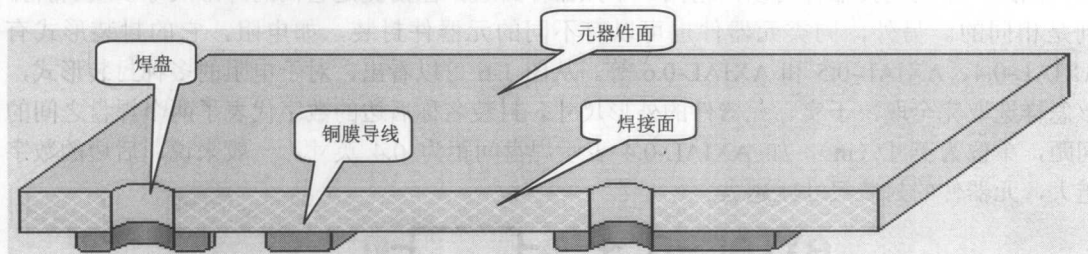


图1-3 单层板结构示意图

• 双层板

双层板是在绝缘板两面进行布线，其中一面作为顶层（Top Layer），另一面作为底层（Bottom Layer）。顶层和底层通过过孔进行电气连接。双层板上的元器件通常放置在顶层，但有时为了缩小电路板体积也可两层都放。双层板的特点是价格适中、布线容易，是目前普通电路板比较常用的类型。双层板的结构如图 1-4 所示。

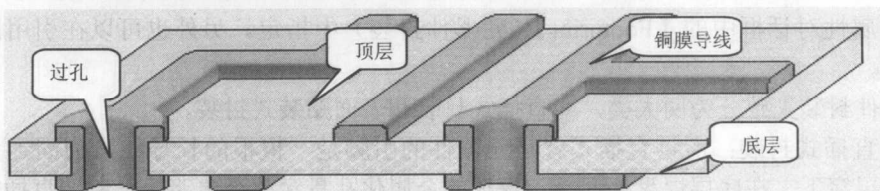


图1-4 双层板结构示意图



• 四层板

四层板是在双层板的基础上增加电源层和地线层，其结构如图 1-5 所示。随着电子设备越来越复杂，电路板上的线路和元器件越来越密集，多层板的应用也越来越广泛。

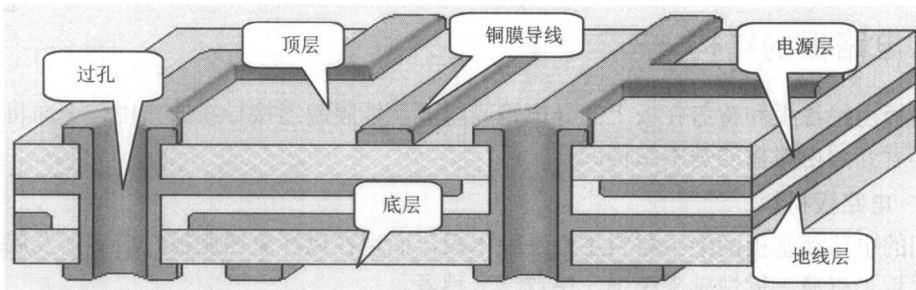


图1-5 四层板结构示意图

三、电路板的主要设计对象

• 元器件封装

通常设计者在设计完成电路板后，会将设计图拿到专门的电路板制造企业去加工。在取回电路板后，要将元器件焊接上去。那么，如何保证元器件的引脚和电路板上的焊点一致呢？这就是元器件封装大显身手的时候了。

所谓元器件封装，是指表示实际元器件焊接到电路板的外观和焊点位置的组合图形。既然元器件封装只是零件的外观和焊点位置的指示，那么纯粹的元器件封装仅仅是空间的概念。因此，不同的元器件可以共用同一个元器件封装，但前提是它们的外形尺寸以及引脚排列是相同的。另外，同类元器件也可以有不同的元器件封装，如电阻，它的封装形式有 AXIAL-0.4、AXIAL-0.5 和 AXIAL-0.6 等。从图 1-6 可以看出，对于电阻的多种封装形式，该怎样选取完全取决于实际元器件的外形尺寸。封装名称后边的数字代表了两个焊盘之间的间距，单位为英寸（in），如 AXIAL-0.4 表示焊盘间距为 0.4 英寸。一般来说，后边的数字越大，元器件的封装尺寸就越大。

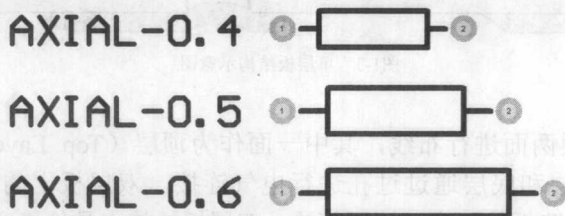


图1-6 电阻封装形式

元器件封装可以在设计电路原理图的时候指定。在设计电路原理图的时候，设计者可以在元器件属性对话框中的【Footprint】（元器件封装）中指定。另外也可以在引用网络表的时候指定。

元器件封装大致分为两大类，即直插式封装和表面贴装式封装。

(1) 直插式封装：所谓直插式就是元器件的引脚是一根根的长导线，为固定元器件，一般从顶层穿下，在底层焊盘处焊接，焊盘的金属化孔贯穿整个电路板。制造直插式元器件的焊盘需要在电路板上钻孔，器件引脚的多余部分在焊接完成后还要根据需要剪掉，所以制