

高等学校应用型通信技术系列教材

Protel 2004 电路设计与电路仿真

陈学平 兰帆 胡勇 编著



清华大学出版社

高等学校应用型通信技术系列教材

Protel 2004

电路设计与电路仿真

陈学平 兰帆 胡勇 编著

清华大学出版社

北京

内 容 简 介

本书以 Protel 2004 SP2 中文汉化版来进行讲解,详细介绍了使用 Protel 2004 进行原理图及印制电路板设计的技巧,并简要介绍了电路仿真的一些基本操作方法和技巧。

本书语言简洁,通俗易懂,知识点全面具体,是编者多年从事印制电路板设计的经验之作。全书附有大量的图示和实例,具有很强的实用性和指导性。本书既适合 Protel 的初级用户,也适合 Protel 的旧版本用户,使他们能够快速掌握该软件的使用方法。

本书可以作为应用型本科及高职高专电子信息类各专业的教材,也可作为广大电路设计爱好者的自学教材、社会培训班的培训教材及 Protel 电路设计认证考核的教材。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13501256678 13801310933

图书在版编目(CIP)数据

Protel 2004 电路设计与电路仿真/陈学平,兰帆,胡勇编著. —北京:清华大学出版社, 2007. 10

高等学校应用型通信技术系列教材

ISBN 978-7-302-15407-5

I. P… II. ①陈… ②兰… ③胡… III. 印制电路—计算机辅助设计—应用软件, Protel 2004—高等学校—教材 IV. TN410.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 085798 号

责任编辑:刘 青

责任校对:袁 芳

责任印制:何 芊

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

<http://www.tup.com.cn> 邮 编:100084

c-service@tup.tsinghua.edu.cn

社总机:010-62770175 邮购热线:010-62786544

投稿咨询:010-62772015 客户服务:010-62776969

印刷者:北京季蜂印刷有限公司

装订者:三河市漂源装订厂

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:21.5 字 数:481 千字

版 次:2007 年 10 月第 1 版 印 次:2007 年 10 月第 1 次印刷

印 数:1~4000

定 价:29.00 元



本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话:(010)62770177 转 3103 产品编号:021458-01

Protel 是目前国内最流行的 EDA 软件,它将电路原理图设计、PCB 板图设计、电路仿真和 PLD 设计等多个实用工具组合起来构成 EDA 工作平台。

行业的发展使越来越多的人准备从事电路设计工作,对于广大的初学者来说,如何在短期内掌握用 Protel 软件进行印制电路板设计至关重要。电路设计软件 Protel 2004 已经发展相当成熟,现在的学校有的还在用 Protel 99,另外,目前很多专业印制电路板设计人员也还在使用 Protel 99 或 Protel DXP(均为旧版本),因为用得比较习惯。但随着电路的日趋复杂,新版的普及是必然的。通过学习本书可以使这些各层次的人员快速掌握 Protel 2004 SP2 中文汉化版的使用技巧。

本书试图通过具体的设计技巧指导和电路设计实例描述,简捷和全面地介绍 Protel 2004 软件的功能和使用方法。

本书从职业岗位对专业知识的需要来确定教材的深度、广度,坚持“必需、够用”原则,教材内容与职业学校学生的知识能力相适应,重点突出职业特色,加强针对性、适应性、实用性。

本书在编写上有以下特色。

第一,“订单式”培养,目标性强。按照企业“订单式”培训目标及项目驱动与案例分析相结合的方法开发教材。

第二,重点突出,实用性强。有重点地介绍该设计工具最常用、最主要的功能,不求面面俱到,便于读者抓住学习重点。

第三,叙述图文并茂,可读性强。本书将电路设计的步骤全部抓取了图片,同时配以操作步骤的详细介绍,使读者可以一边学习一边上机操作。教师易于教学,学生也易于上手,特别适合学生自学。

第四,本教材的可操作性极强,根据本书所述内容能够完成 PCB 板的设计。学生能够通过本书的学习达到举一反三的学习效果,掌握一技之长,积累从业经验。

第五,教材的可用性强。读者根据本教材进行电路设计,对计算机的配置要求不是很高,教师和学生都可以将本书作为学习电路设计的教材,教材使用的软件也是网上可以任意搜索到的软件,并且教材所述软件是全中文的,读者根据教材所述能够迅速掌握电路设计的技巧。

本书共 12 章,其中,第 1、2、3、5、6、11、12 章由重庆邮电大学应用技术学院三分院陈学平编写,第 4 章由重庆电子职业技术学院胡勇编写,第 7~10 章由上海电子信息职业技术学院兰帆编写。全书由陈学平统稿。另外,章方学、邹开耀、张彪、王用伦等老师参与了大纲的讨论及拟订工作。在编写过程中,还得到了所教班级学生的支持及试用。书中参考和引用了多位学者和专家的著作及研究成果,并使用了科研项目组的一些电路设计资料,在此表示深深的敬意和感谢。

本书配有电子教案及相关素材和资料,可登录清华大学出版社网站下载。

由于编者水平有限,错误在所难免,敬请广大读者给予批评指正,编著者的电子邮箱:yuanju01@163.com。

编 者

2007 年 5 月

第 1 章 印制电路板与 Protel 2004 概述	1
1.1 印制电路板设计的基本知识	1
1.1.1 印制电路板的概念	1
1.1.2 印制电路板的组成	2
1.1.3 印制电路板的板层结构	3
1.1.4 印制电路板的工作层类型	4
1.1.5 元器件封装的基本知识	4
1.2 Protel 2004 的发展历史及特点	5
1.2.1 Protel 的历史	5
1.2.2 Protel 2004 的新特点	5
1.3 Protel 2004 的安装及卸载	7
1.3.1 Protel 2004 的安装	7
1.3.2 Protel 2004 SP2 升级包的安装	8
1.3.3 Protel 2004 SP2 软件使用激活	9
1.3.4 Protel 2004 SP2 软件的汉化	13
1.3.5 Protel 2004 的卸载	14
1.4 Protel 2004 工作环境介绍	15
1.4.1 Protel 2004 的启动	15
1.4.2 主窗口	16
1.4.3 主菜单	16
1.4.4 工具栏	20
1.4.5 工作面板	20
1.4.6 快速启动任务图标	22
1.5 PCB 设计流程	22
1.5.1 PCB 设计准备工作	23
1.5.2 绘制原理图	23
1.5.3 网络报表的生成	24
1.5.4 绘制 PCB	24

本章小结	25
思考与练习	26
第 2 章 Protel 2004 文件管理	27
2.1 Protel 2004 文件结构	27
2.2 Protel 2004 的文件管理系统	28
2.3 Protel 2004 的原理图和 PCB 设计系统	29
2.3.1 新建项目文件	29
2.3.2 新建原理图文件	30
2.3.3 新建原理图库文件	31
2.3.4 新建 PCB 文件	32
2.3.5 新建 PCB 库文件	33
本章小结	34
思考与练习	35
第 3 章 原理图设计	36
3.1 原理图的总体设计过程	36
3.2 原理图的组成	37
3.3 Protel 2004 原理图文件及原理图工作环境	38
3.3.1 创建原理图文件	38
3.3.2 主菜单	39
3.3.3 主工具栏	42
3.3.4 工作面板	42
3.4 原理图绘制流程	43
3.5 原理图图纸的设置	44
3.5.1 原理图图纸的设置	44
3.5.2 自定义图纸格式	47
3.5.3 设置图纸参数	47
3.5.4 设置图纸单位	48
3.6 元件的放置	49
3.6.1 元件库的引用	49
3.6.2 元件的搜索	51
3.6.3 元件的放置	54
3.6.4 元件属性设置	57
3.6.5 元件说明文字的设置	62
3.7 原理图视图操作	62
3.7.1 工作窗口的缩放	63
3.7.2 视图的刷新	64

3.7.3	工具栏和工作区面板的开关	64
3.7.4	状态信息显示栏的开关	65
3.7.5	图纸的格点设置	65
3.8	对象编辑操作	65
3.8.1	对象的选择	66
3.8.2	对象的删除	68
3.8.3	对象的移动	68
3.8.4	操作的撤销和恢复	69
3.8.5	对象的复制、剪切和粘贴	69
3.8.6	元件对齐	71
3.9	电路绘制	73
3.9.1	电路绘制工具	73
3.9.2	导线的绘制	74
3.9.3	放置电路节点	76
3.9.4	放置电源/地符号	77
3.9.5	放置网络标号	78
3.9.6	绘制总线和总线分支	79
3.9.7	放置端口	83
3.9.8	放置忽略 ERC 检查点	85
3.10	原理图的注释	85
3.10.1	注释工具介绍	85
3.10.2	绘制直线和曲线	86
3.10.3	绘制不规则多边形	87
3.10.4	放置单行文字和区块文字	88
3.10.5	放置规则图形	90
3.10.6	放置图片	91
3.10.7	阵列式粘贴	92
3.10.8	图件的层次转换	92
3.11	元件的自动标号	93
3.12	原理图的打印	95
3.13	原理图绘制实例	97
3.13.1	设计结果及设计思路	97
3.13.2	设置原理图图纸	97
3.13.3	元件库的加载	98
3.13.4	元件的放置	100
3.13.5	原理图的注释	104
本章小结		104
思考与练习		105

第4章 层次原理图设计	107
4.1 层次电路设计的优点	107
4.2 层次电路设计概念	107
4.3 自顶而下的层次电路原理图编辑方法	108
4.3.1 建立层次电路原理图	108
4.3.2 编辑子图电路图	115
4.4 自底而上的层次原理图设计方法	121
4.5 层次原理图间的切换	123
4.5.1 从母图切换到方块电路符号对应的子图	123
4.5.2 由子图切换到母图	125
本章小结	126
思考与练习	126
第5章 设计原理图元件	129
5.1 元件符号概述	129
5.2 元件符号库的创建	130
5.3 元件设计界面	131
5.4 简单元件绘制实例	132
5.4.1 设置图纸	132
5.4.2 新建/打开一个元件符号	133
5.4.3 原理图元件设计步骤及元件说明	134
5.4.4 绘制边框	136
5.4.5 放置管脚	138
5.4.6 编辑管脚属性	139
5.4.7 IEEE 说明符号	143
5.4.8 绘制其他符号	143
5.4.9 定义元件的属性	144
5.4.10 在原理图中元件的更新	144
5.4.11 为元件符号添加模型	145
5.5 复杂元件的绘制	148
5.6 元件的检错和报表	152
5.7 元件的管理	153
5.8 对集成元件库的复制和修改	154
5.9 Protel 99 SE 原理图元件库的导入	157
本章小结	160
思考与练习	161

第 6 章 网络表	162
6.1 网络表简述	162
6.2 原理图的检查	162
6.2.1 Error Reporting 选项卡	164
6.2.2 Connection Matrix 选项卡	166
6.2.3 查看原理图错误报告	168
6.2.4 原理图的修正	169
6.3 生成网络表	169
6.3.1 简单原理图的网络表	169
6.3.2 层次化原理图的网络表	170
6.4 网络表实例	171
本章小结	171
思考与练习	172
第 7 章 印制电路板设计基础	173
7.1 印制电路板技术的发展	173
7.2 PCB 设计中的术语	173
7.3 元件封装	177
7.3.1 几种常用的芯片封装	178
7.3.2 常用元件的封装	179
7.4 印制电路板板层结构	180
7.5 电路板文件设计一般步骤	182
本章小结	183
思考与练习	183
第 8 章 PCB 自动设计及手动设计	184
8.1 PCB 自动设计步骤	184
8.2 PCB 文件管理	186
8.2.1 新建 PCB 文件	186
8.2.2 打开已经存在的 PCB 文件	193
8.2.3 向项目文件添加 PCB 设计文件	194
8.2.4 自由文档转换为项目文件	194
8.3 PCB 文档参数设置	195
8.3.1 设置文档参数	195
8.3.2 板层管理	196
8.3.3 板层显示/颜色管理	198
8.4 加载网络表文件	201
8.4.1 设置印制板的边框	201

8.4.2 加载网络表	201
8.5 印制电路板自动布局操作	205
8.5.1 元件自动布局的方法	205
8.5.2 停止自动布局	207
8.5.3 推挤式自动布局	207
8.6 PCB 的视图操作	208
8.6.1 工作窗口的缩放	208
8.6.2 飞线的显示与隐藏	209
8.7 PCB 元件的编辑	210
8.7.1 对象的选择	210
8.7.2 对象的删除	211
8.7.3 对象的移动	211
8.7.4 对象的复制、剪切、粘贴	213
8.8 元件的手动布局	214
8.8.1 对象位置调整及对齐操作	214
8.8.2 元件标识及注释位置	215
8.9 元件的自动布线	216
8.9.1 设置自动布线规则	216
8.9.2 元件的自动布线	227
8.10 元件的手动布线	231
8.10.1 拆除不合理的自动布线	231
8.10.2 添加导线及属性设置	232
8.10.3 导线编辑操作	234
8.10.4 放置圆弧导线并进行设置编辑	234
8.11 布线结果的检查	235
8.12 添加泪滴及覆铜	238
8.13 原理图与 PCB 的同步更新	241
8.14 对于简单原理图的手动制板	245
8.15 电路板自动设计实例	248
8.16 电路板手动制板实例	256
本章小结	263
思考与练习	264
第 9 章 创建 PCB 报表文件	267
9.1 电路板信息报表	267
9.2 元件清单报表文件	269
9.3 网络状态报表文件	272
9.4 距离测量信息	273
9.5 测量对象距离信息	273

9.6 底片文件	274
9.7 钻孔报表文件	277
9.8 测试点报表文件	279
本章小结	281
思考与练习	281
第 10 章 PCB 封装库文件及元件封装设计	282
10.1 封装库文件管理及编辑环境介绍	282
10.2 新建元件封装	283
10.2.1 手工创建元件封装	283
10.2.2 使用向导创建元件封装	285
10.3 封装库文件与 PCB 文件之间的交互操作	289
10.4 元件封装管理	291
10.5 封装报表文件	292
10.6 元件封装设计实例	295
10.6.1 电源模块的封装绘制	295
10.6.2 修改通过向导生成的封装	297
本章小结	298
思考与练习	298
第 11 章 电路仿真	300
11.1 仿真概述	300
11.2 电路仿真的主要特点	300
11.3 仿真的主要步骤	301
11.4 仿真元器件	301
11.5 仿真信号源	305
11.6 仿真分析	307
11.6.1 瞬态分析和傅里叶分析	307
11.6.2 直流扫描分析	309
11.6.3 交流小信号分析	309
11.6.4 噪声分析	310
11.6.5 温度扫描分析	311
11.6.6 参数扫描分析	312
11.6.7 蒙特卡罗分析	313
11.7 仿真实例	314
11.7.1 模拟电路仿真	314
11.7.2 数字电路仿真	316
本章小结	318
思考与练习	318

第 12 章 综合电路设计实例	320
12.1 电路说明	320
12.2 准备工作	321
12.3 绘制原理图	324
12.4 生成网络报表	324
12.5 电路板设计	326
12.6 设计输出	329
本章小结	329
思考与练习	329
参考文献	330

印制电路板与 Protel 2004 概述

本章导读：本章主要讲述印制电路板的概念、印制电路板的设计流程，并对 Protel 2004 进行简要介绍。

学习目标：

- ◆ 了解印制电路板的概念；
- ◆ 熟悉印制电路板的设计流程；
- ◆ 了解 Protel 2004 软件的发展历史；
- ◆ 掌握 Protel 2004 软件的安装方法；
- ◆ 掌握 Protel 2004 软件的升级方法；
- ◆ 掌握 Protel 2004 软件的破解方法；
- ◆ 掌握 Protel 2004 软件的汉化方法；
- ◆ 了解 Protel 2004 软件的主菜单、主工具栏、工作窗口和工作面板。

1.1 印制电路板设计的基本知识

学习电路设计的最终目的是完成印制电路板的设计，印制电路板是电路设计的最终结果。本节将简单介绍印制电路板的基本概念。

1.1.1 印制电路板的概念

在现实生活中，当人们打开电子产品后，通常可以发现其中有一块或者多块印制板，在这些板子上面有电阻、电容、二极管、三极管、集成电路芯片、各种连接插件，还可以发现在板子上有印制线路连接着各种元器件的引脚，这些板子被称为印制电路板，简称为 PCB。通常情况下，电路设计在原理图设计完成后，需要设计一块印制电路板来完成原理图中的电气连接，并安装上元器件进行调试，因此，可以说印制电路板是电路设计的最终结果。

在 PCB 上通常有一系列的芯片、电阻、电容等元件，它们通过 PCB 上的导线连接，构成电路，电路通过连接器或者插槽进行信号的输入或输出，从而实现一定的功能。可以说，PCB 的主要目的是为元器件提供电气连接，为整个电路提供输入或输出端口及显示，电气连通性是 PCB 最重要的特性。总之，PCB 在各种电子设备中有如下功能：

- 提供集成电路等各种元器件固定、装配的机械支撑；
- 实现集成电路等元器件的布线和电气连接,提供所要求的电气特性；
- 为自动装配提供阻焊图形,为元器件的插装、检查、调试、维修提供识别图形,以便正确插装元器件、快速对电子设备电路进行维修。

1.1.2 印制电路板的组成

PCB 为各种元器件提供电气连接,并为电路提供输出端口,这些功能决定了 PCB 的组成和分层。

如图 1-1 所示为一块简单的 PCB 实物图,可以看见在图上有各种芯片、PCB 板上的走线、输入/输出端口等(这里用的是通用插槽和连接器)。

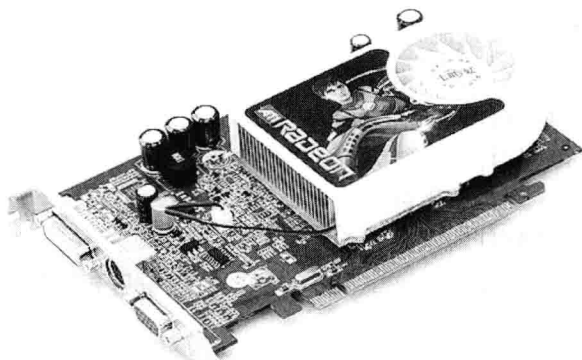


图 1-1 PCB 实物图

印制电路板主要由焊盘、过孔、安装孔、导线、元器件、接插件、填充、电气边界等组成,各组成部分的主要功能如下。

1. 元件

元件指用于完成电路功能的各种器件。每一个元件都包含若干个引脚,通过引脚将电信号引入元件内部进行处理,从而完成对应的功能。引脚还有固定元件的作用。在电路板上的元件包括集成电路芯片、分立元件(如电阻、电容等)、提供电路板输入/输出端口和电路板供电端口的连接器,某些电路板上还有用于指示的器件(如数码显示管、发光二极管 LED 等),如网卡的工作指示灯。

2. 铜箔

铜箔在电路板上可以表现为导线、焊盘、过孔和覆铜等各种表示方式,它们各自的作用如下。

(1) 导线: 用于连接电路板上各种元件的引脚,完成各个元件之间电信号的连接。

(2) 过孔: 在多层的电路板中,为了完成电气连接的建立,在某些导线上会出现过孔。在工艺上,过孔的孔壁圆柱面上用化学沉积的方法镀上一层金属,用以连通中间各

层需要连通的铜箔,而过孔的上下两面做成普通的焊盘形状,可直接与上、下两面的线路相通,也可不连。

(3) 安装孔:用于固定印制电路板。

(4) 焊盘:用于在电路板上固定元件,也是电信号进入元件的通路组成部分。用于安装整个电路板的安装孔有时候也以焊盘的形式出现。

(5) 覆铜:在电路板上的某个区域填充铜箔称为覆铜。覆铜可以改善电路的性能。

(6) 丝印层:印制电路板的顶层,采用绝缘材料制成。在丝印层上可以标注文字,注释电路板上的元件和整个电路板。丝印层还能起到保护顶层导线的功能。

(7) 接插件:用于电路板之间连接的元器件。

(8) 填充:用于地线网络的覆铜,可以有效地减小阻抗。

(9) 电气边界:用于确定电路板的尺寸,所有电路板上的元器件都不能超过该边界。

(10) 印制材料:采用绝缘材料制成,用于支撑整个电路。

1.1.3 印制电路板的板层结构

印制电路板常见的板层结构包括单层板(Single Layer PCB)、双层板(Double Layer PCB)和多层板(Multi Layer PCB)3种,这3种板层结构的简要说明如下。

(1) 单层板:即只有一面覆铜而另一面没有覆铜的电路板。通常元器件放置在没有覆铜的一面,覆铜的一面主要用于布线和焊接,这种印制板主要安装针脚式元件。

(2) 双层板:即两个面都覆铜的电路板,通常称一面为顶层(Top Layer),另一面为底层(Bottom Layer)。一般将顶层作为放置元器件面,底层作为元器件焊接面。这种印制板可以安装针脚式和贴片式元件。

(3) 多层板:即包含多个工作层面的电路板,除了顶层和底层外还包含若干个中间层,通常中间层可作为导线层、信号层、电源层、接地层等。层与层之间相互绝缘,层与层的连接通常通过过孔来实现。

PCB板分层示意图如图1-2所示。

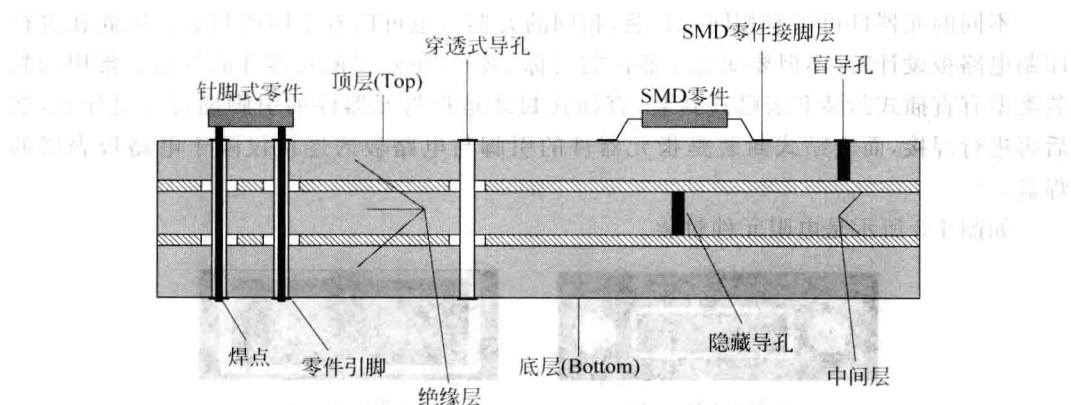


图 1-2 PCB 板分层示意图

1.1.4 印制电路板的工作层类型

印制电路板包括许多类型的工作层面,如信号层、防护层、丝印层、内部层等,各种层面的作用简要介绍如下。

(1) 信号层:主要用来放置元器件或布线。Protel 2004 通常包含 30 个中间层,即 Mid Layer1~Mid Layer30,中间层用来布置信号线,顶层和底层用来放置元器件或覆铜。

(2) 防护层:主要用来确保电路板上不需要镀锡的地方不被镀锡,从而保证电路板运行的可靠性。其中,Top Paste 和 Bottom Paste 分别为顶层阻焊层和底层阻焊层;Top Solder 和 Bottom Solder 分别为顶层锡膏防护层和底层锡膏防护层。

(3) 丝印层:主要用来在印制电路板上印上元器件的流水号、生产编号、公司名称等。

(4) 内部层:主要用来作为信号布线层,Protel 2004 中共包含 16 个内部层。

(5) 其他层:主要包括 4 种类型的层。

- Drill Guide Layer(钻孔方位层):主要用于印制电路板上钻孔的位置。
- Keep-Out Layer(禁止布线层):主要用于绘制电路板的电气边框。
- Drill Drawing Layer(钻孔绘图层):主要用于设定钻孔形状。
- Multi-Layer(多层):主要用于设置多面层。

以上工作层在设计 PCB 板时还会涉及,读者有必要了解这些工作层。

1.1.5 元器件封装的基本知识

所谓元器件封装,是指元器件焊接到电路板上时,在电路板上所显示的外形和焊点位置的关系。它不仅起着安放、固定、密封、保护芯片的作用,而且是芯片内部和外部沟通的桥梁。

不同的元器件可以有相同的封装,相同的元器件也可以有不同的封装。因此在进行印制电路板设计时,不但要知道元器件的名称、型号,还要知道元器件的封装。常用的封装类型有直插式封装和表贴式封装,直插式封装是指将元器件的引脚插过焊盘导孔,然后再进行焊接,而表贴式封装是指元器件的引脚与电路板的连接仅限于电路板表层的焊盘。

如图 1-3 所示是电阻元件封装。

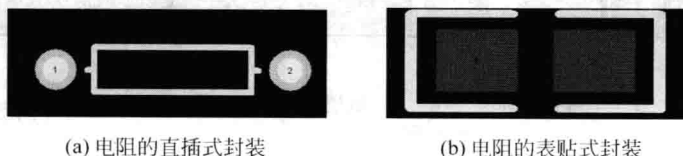


图 1-3 电阻元件封装