



全国高等职业教育规划教材

# Altium Designer 印制电路板设计教程

郭 勇 编著

- 项目引领，任务驱动组织内容，融“教、学、做”于一体
- 采用练习、产品仿制及自主设计三阶段组织教材内容
- 项目覆盖范围广，包含单面、双面、高密度、元器件双面贴放等PCB
- 针对不同类型的PCB产品，提供详细的PCB布局及布线规则说明
- 提供丰富的元器件与封装对照图及3D模型设计方法
- 项目图例清晰，实践性强，提供详细的实训内容



电子课件下载网址 [www.cmpedu.com](http://www.cmpedu.com)



机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS

全国高等职业教育规划教材

# Altium Designer 印制电路板 设计教程

郭 勇 编著



机械工业出版社

本书主要介绍了 PCB 设计与制作的基本方法, 采用的设计软件为 Altium Designer Summer 09。本书通过软件基本操作学习、产品解剖和产品三阶段的模式逐步培养读者的设计能力, 通过实际产品 PCB 的解剖和仿制, 突出专业知识的实用性、综合性和先进性, 使读者能迅速掌握软件的基本应用, 具备 PCB 的设计能力。

本书通过几个实际产品的解剖与仿制使读者能设计出合格的 PCB, 提高读者的学习效率, 最后通过一个产品设计培养读者的产品设计意识和能力。

本书案例丰富、图例清晰, 每章之后均配备了详细的实训项目, 内容由浅入深, 配合案例逐渐增加难度, 便于读者操作练习, 提高设计能力。

本书可作为高等职业院校电子类、电气类、通信类、机电类等专业的教材, 也可作为职业技术教育、技术培训及从事电子产品设计与开发的工程技术人员学习 PCB 设计的参考书。

本书配有授课电子课件, 需要的教师可登录 [www.cmpedu.com](http://www.cmpedu.com) 免费注册, 审核通过后下载, 或联系编辑索取 (QQ: 1239258369, 电话: 010-88379739)。

## 图书在版编目 (CIP) 数据

Altium Designer 印制电路板设计教程 / 郭勇编著. —北京: 机械工业出版社, 2015.12

全国高等职业教育规划教材

ISBN 978-7-111-52379-6

I. ①A… II. ①郭… III. ①印刷电路—计算机辅助设计—应用软件—高等职业教育—教材 IV. ①TN410.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 300794 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 王颖 责任编辑: 王颖

责任校对: 张艳霞 责任印制: 乔宇

唐山丰电印务有限公司印刷

2015 年 12 月第 1 版·第 1 次印刷

184mm × 260mm · 14 印张 · 346 千字

0001—3000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-52379-6

定价: 35.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

电话服务

网络服务

服务咨询热线: (010) 88379833

机工官网: [www.cmpbook.com](http://www.cmpbook.com)

读者购书热线: (010) 88379649

机工官博: [weibo.com/cmp1952](http://weibo.com/cmp1952)

教育服务网: [www.cmpedu.com](http://www.cmpedu.com)

封面防伪标均为盗版

金书网: [www.golden-book.com](http://www.golden-book.com)

# 出版说明

《国务院关于加强发展现代职业教育的决定》指出：到 2020 年，形成适应发展需求、产教深度融合、中职高职衔接、职业教育与普通教育相互沟通，体现终身教育理念，具有中国特色、世界水平的现代职业教育体系，推进人才培养模式创新，坚持校企合作、工学结合，强化教学、学习、实训相融合的教育教学活动，推行项目教学、案例教学、工作过程导向教学等教学模式，引导社会力量参与教学过程，共同开发课程和教材等教育资源。机械工业出版社组织全国 60 余所职业院校（其中大部分是示范性院校和骨干院校）的骨干教师共同策划、编写并出版的“全国高等职业教育规划教材”系列丛书，已历经十余年的积淀和发展，今后将更加结合国家职业教育文件精神，致力于建设符合现代职业教育教学需求的教材体系，打造充分适应现代职业教育教学模式的、体现工学结合特点的新型精品化教材。

“全国高等职业教育规划教材”涵盖计算机、电子和机电三个专业，目前在销教材 300 余种，其中“十五”“十一五”“十二五”累计获奖教材 60 余种，更有 4 种获得国家级精品教材。该系列教材依托于高职高专计算机、电子、机电三个专业编委会，充分体现职业院校教学改革和课程改革的需要，其内容和质量颇受授课教师的认可。

在系列教材策划和编写的过程中，主编院校通过编委会平台充分调研相关院校的专业课程体系，认真讨论课程教学大纲，积极听取相关专家意见，并融合教学中的实践经验，吸收职业教育改革成果，寻求企业合作，针对不同的课程性质采取差异化的编写策略。其中，核心基础课程的教材在保持扎实的理论基础的同时，增加实训和习题以及相关的多媒体配套资源；实践性较强的课程则强调理论与实训紧密结合，采用理实一体的编写模式；涉及实用技术的课程则在教材中引入了最新的知识、技术、工艺和方法，同时重视企业参与，吸纳来自企业的真实案例。此外，根据实际教学的需要对部分课程进行了整合和优化。

归纳起来，本系列教材具有以下特点：

- 1) 围绕培养学生的职业技能这条主线来设计教材的结构、内容和形式。
- 2) 合理安排基础知识和实践知识的比例。基础知识以“必需、够用”为度，强调专业技术应用能力的训练，适当增加实训环节。
- 3) 符合高职学生的学习特点和认知规律。对基本理论和方法的论述容易理解、清晰简洁，多用图表来表达信息；增加相关技术在生产中的应用实例，引导学生主动学习。
- 4) 教材内容紧随技术和经济的发展而更新，及时将新知识、新技术、新工艺和新案例等引入教材。同时注重吸收最新的教学理念，并积极支持新专业的教材建设。
- 5) 注重立体化教材建设。通过主教材、电子教案、配套素材光盘、实训指导和习题及解答等教学资源的有机结合，提高教学服务水平，为高素质技能型人才的培养创造良好的条件。

由于我国高等职业教育改革和发展的速度很快，加之我们的水平和经验有限，因此在教材的编写和出版过程中难免出现问题和疏漏。我们恳请使用这套教材的师生及时向我们反馈质量信息，以利于我们今后不断提高教材的出版质量，为广大师生提供更多、更适用的教材。

机械工业出版社

# 前 言

本书主要介绍了 PCB 设计与制作的基本方法，采用的设计软件为 Altium Designer Summer 09。通过实际产品 PCB 的解剖和仿制，突出专业知识的实用性、综合性和先进性，使读者能迅速掌握软件的基本应用，具备 PCB 的设计能力。

本书具有以下特点。

- 1) 通过软件基本操作学习、产品解剖和产品设计三阶段的模式逐步培养读者的设计能力。
- 2) 通过实际产品的解剖，介绍 PCB 的布局、布线原则和设计方法，重点突出布局、布线的原则说明，使读者能设计出合格的 PCB。
- 3) 通过低频矩形 PCB、高密度 PCB、贴片双面 PCB 和元器件双面贴放 PCB 等几个典型产品全面介绍常用类型 PCB 的设计方法。
- 4) 介绍了 Altium Designer Summer 09 的 3D 模型设计方法，通过 3D 模型的应用提高布局、布线的直观性。
- 5) 本书案例丰富、图例清晰，内容由浅入深，案例难度逐渐提高，有助于读者设计能力的提升。
- 6) 每章之后均配备了详细的实训项目，便于读者操作练习。

本书共分为 7 章，主要内容包括印制电路板认知与制作、原理图标准化设计、原理图元器件设计、PCB 设计基础、单面 PCB 设计、双面 PCB 设计和相关实训项目以及有源音箱产品设计。总学时建议为 60 学时，其中讲授 24 学时，实训 36 学时。

课程安排上建议安排在“计算机应用基础”“电工基础”“电子线路”等课程之后讲授，采用一体化教学模式进行授课。

本书由郭勇编著，编著过程中得到了企业专家郭贤发、朱铭、王水仙等的帮助，在此表示感谢。

本书可作为高等职业院校电子类、电气类、通信类、机电类等专业的教材，也可作为职业技术教育、技术培训及从事电子产品设计与开发的工程技术人员学习 PCB 设计的参考书。

为了保持与软件的一致性，本书中有些线路图保留了绘图软件的电路符号，部分电路符号与国标不符，附录中给出书中非标准符号与国标对照表。按照 Altium Designer Summer 09 软件的设计和业内习惯，长度单位使用了非法定单位 mil， $1\text{mil}=10^{-3}\text{in}=2.54\times 10^{-5}\text{m}$ 。

由于编著者水平所限，书中难免存在不足之处，恳请广大读者批评指正。

编 者

# 目 录

出版说明

前言

第 1 章 印制电路板认知与制作	1
1.1 认知印制电路板	1
1.1.1 印制电路板基本组成	2
1.1.2 印制电路板的种类	4
1.2 印制电路板生产制作	6
1.2.1 印制电路板制作生产工艺流程	6
1.2.2 采用热转印方式制板	7
1.3 实训 热转印方式制板	11
1.4 习题	11
第 2 章 原理图标准化设计	12
2.1 Altium Designer 基础	12
2.1.1 安装 Altium Designer Summer 09	12
2.1.2 启动 Altium Designer Summer 09	14
2.1.3 Altium Designer Summer 09 中英文界面切换	14
2.1.4 Altium Designer Summer 09 系统自动备份设置	15
2.2 PCB 工程及设计文件	15
2.3 认知原理图编辑器	17
2.3.1 原理图设计基本步骤	17
2.3.2 原理图编辑器	18
2.3.3 图样设置	20
2.3.4 设置栅格尺寸	21
2.4 设置元器件库	21
2.4.1 直接加载元器件库	21
2.4.2 通过查找元器件方式设置元器件库	23
2.4.3 移除已设置的元器件库	24
2.5 简单原理图设计	24
2.5.1 原理图设计布线工具	25
2.5.2 放置元器件	25
2.5.3 调整元器件布局	27
2.5.4 放置电源和接地符号	28

2.5.5	放置电路的 I/O 端口	29
2.5.6	电气连接	30
2.5.7	元器件属性调整	32
2.5.8	元器件标号自动标注	34
2.5.9	元器件封装设置	36
2.5.10	绘制电路波形	38
2.5.11	放置文字说明	39
2.5.12	文件的存盘与系统退出	40
2.6	总线形式接口电路设计	41
2.6.1	放置总线	42
2.6.2	放置网络标号	43
2.6.3	智能粘贴	44
2.7	层次电路图设计	45
2.7.1	单片机最小系统主图设计	45
2.7.2	层次电路子图设计	47
2.7.3	设置图纸标题栏信息	49
2.8	原理图编译与网络表生成	51
2.8.1	原理图编译	52
2.8.2	生成网络表	53
2.9	原理图及元器件清单输出	54
2.9.1	原理图输出	54
2.9.2	生成元器件清单	56
2.10	实训	56
2.10.1	实训 1 Altium Designer Summer 09 基本操作	56
2.10.2	实训 2 绘制简单原理图	57
2.10.3	实训 3 绘制接口电路图	58
2.10.4	实训 4 绘制单片机最小系统层次电路图	59
2.11	习题	60
<b>第 3 章</b>	<b>原理图元器件设计</b>	<b>61</b>
3.1	认知元器件库编辑器	61
3.1.1	启动元器件库编辑器	61
3.1.2	元器件库编辑管理器的使用	62
3.1.3	元器件绘制工具	63
3.2	规则的集成电路元器件设计——TEA2025	65
3.2.1	元器件的标准尺寸	65
3.2.2	元器件库编辑器参数设置	66
3.2.3	新建元器件库和元器件	67
3.2.4	绘制元器件图形与放置引脚	67

3.2.5	设置元器件属性	68
3.3	不规则分立元器件设计	70
3.3.1	PNP 型晶体管设计	70
3.3.2	行输出变压器设计	72
3.4	多功能单元元器件设计	74
3.4.1	DM74LS00 设计	74
3.4.2	利用库中的电阻设计双联电位器	76
3.5	在原理图中直接编辑元器件	77
3.6	实训 原理图库元器件设计	78
3.7	习题	80
<b>第 4 章</b>	<b>PCB 设计基础</b>	<b>82</b>
4.1	认知 PCB 编辑器	82
4.1.1	启动 PCB 编辑器	82
4.1.2	PCB 编辑器的管理	83
4.1.3	设置单位制和布线栅格	85
4.2	认知 PCB 的基本组件和工作层面	86
4.2.1	PCB 设计中的基本组件	86
4.2.2	PCB 工作层	89
4.2.3	PCB 工作层设置	90
4.3	简单 PCB 设计	91
4.3.1	规划 PCB 尺寸	92
4.3.2	设置 PCB 元器件库	93
4.3.3	从原理图加载网络表和元器件封装到 PCB	96
4.3.4	放置元器件封装	97
4.3.5	元器件布局调整	99
4.3.6	放置焊盘和过孔	101
4.3.7	制作螺钉孔	103
4.3.8	3D 预览	104
4.3.9	手工布线	105
4.4	PCB 元器件封装设计	110
4.4.1	认知元器件封装	111
4.4.2	创建 PCB 元器件库	116
4.4.3	采用“元器件向导”设计元器件封装	117
4.4.4	采用“IPC 封装向导”设计元器件封装	120
4.4.5	采用手工绘制方式设计元器件封装	125
4.4.6	从其他封装库中复制封装	130
4.4.7	元器件封装编辑	130
4.5	创建元器件的 3D 模型	131



4.5.1	创建简单 3D 模型	131
4.5.2	创建复杂 3D 模型	133
4.6	实训	134
4.6.1	实训 1 PCB 编辑器使用	134
4.6.2	实训 2 绘制简单的 PCB	135
4.6.3	实训 3 制作元器件封装	137
4.7	习题	138
<b>第 5 章</b>	<b>单面 PCB 设计</b>	<b>139</b>
5.1	PCB 布局、布线的一般原则	139
5.1.1	印制电路板布局基本原则	139
5.1.2	印制电路板布线基本原则	141
5.2	低频单面矩形 PCB 设计——电子镇流器	147
5.2.1	产品介绍	147
5.2.2	设计前准备	149
5.2.3	设计 PCB 时考虑的因素	151
5.2.4	从原理图加载网络表和元器件封装到 PCB	152
5.2.5	PCB 设计中常用快捷键使用	153
5.2.6	电子镇流器 PCB 手工布局	153
5.2.7	电子镇流器 PCB 手工布线及调整	154
5.2.8	覆铜设计	156
5.3	高密度圆形 PCB 设计——节能灯	158
5.3.1	产品介绍	158
5.3.2	设计前准备	159
5.3.3	设计 PCB 时考虑的因素	161
5.3.4	从原理图加载网络表和元器件封装到 PCB	161
5.3.5	节能灯 PCB 手工布局	162
5.3.6	节能灯 PCB 手工布线	162
5.3.7	生成 PCB 的元器件报表	163
5.4	实训	164
5.4.1	实训 1 电子镇流器 PCB 设计	164
5.4.2	实训 2 节能灯 PCB 设计	165
5.5	习题	166
<b>第 6 章</b>	<b>双面 PCB 设计</b>	<b>168</b>
6.1	双面 PCB 设计——电动车报警器遥控板	168
6.1.1	产品介绍	168
6.1.2	设计前准备	170
6.1.3	设计 PCB 时考虑的因素	171
6.1.4	从原理图加载网络表和元器件封装到 PCB	171

6.1.5	PCB 自动布局及手工调整	172
6.1.6	元器件预布线	174
6.1.7	常用自动布线设计规则设置	176
6.1.8	自动布线	183
6.1.9	PCB 布线手工调整	185
6.1.10	泪滴的使用	187
6.1.11	露铜设置	187
6.2	元器件双面贴放 PCB 设计——USB 转串口连接器	188
6.2.1	产品介绍	188
6.2.2	设计前准备	189
6.2.3	设计 PCB 时考虑的因素	190
6.2.4	从原理图加载网络表和元器件到 PCB	190
6.2.5	PCB 双面布局	191
6.2.6	有关 SMD 元器件的布线规则设置	192
6.2.7	PCB 手工布线	194
6.2.8	设计规则检测	195
6.3	印制板输出	196
6.4	实训	200
6.4.1	实训 1 双面 PCB 设计	200
6.4.2	实训 2 元器件双面贴放 PCB 设计	201
6.5	习题	202
第 7 章	有源音箱产品设计	205
7.1	产品描述	205
7.2	设计准备	206
7.2.1	功率放大器芯片 TEA2025 资料收集	206
7.2.2	有源音箱电路设计	207
7.2.3	PCB 定位与规划	209
7.2.4	元器件选择、封装设计及散热片设计	209
7.2.5	设计规范选择	209
7.3	产品设计与调试	210
7.3.1	原理图设计	210
7.3.2	PCB 设计	210
7.3.3	PCB 制板与焊接	211
7.3.4	有源音箱测试	212
附录	书中非标准符号与国标的对照表	213
	参考文献	214

# 第1章 印制电路板认知与制作

## 1.1 认知印制电路板

图 1-1 所示为一块印制电路板实物图，从图上可以看到电阻、电容、电感、晶振、晶体管和集成电路等元器件及 PCB 走线、焊盘、金属化孔和元器件孔等。这种面上有焊盘、元器件孔、PCB 走线等的板子即为印制电路板。

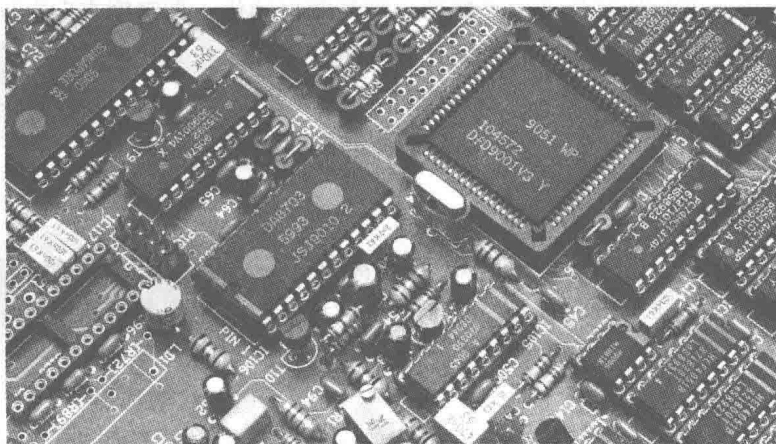


图 1-1 印制电路板实物图

印制电路板（Printed Circuit Board, PCB）简称为印制板，是指以绝缘基板为基础材料加工成一定尺寸的板，在其上面至少有一个导电图形及所有设计好的孔（如元器件孔、机械安装孔及金属化孔等），以实现元器件之间的电气互连。

在电子设备中，印制电路板通常起到 3 个作用。

- 1) 为电路中的各种元器件提供必要的机械支撑。
- 2) 提供电路的电气连接。
- 3) 用标记符号将板上所安装的各个元器件标注出来，便于插装、检查及调试。

但是，更为重要的是，印制电路板有 4 大优点。

1) 具有重复性。一旦印制电路板的布线经过验证，就不必再为制成的每一块板上的互连是否正确而逐个进行检验，所有板的连线与样板一致，这种方法适合于大规模工业化生产。

2) 板的可预测性。通常，设计师按照“最坏情况”的设计原则来设计印制导线的长、宽、间距以及选择印制板的材料，以保证最终产品能通过试验条件。虽然此法不一定能准确地反映印制电路板及元器件使用的潜力，但可以保证最终产品测试的废品率很低，

而且大大地简化了印制电路板的设计。

3) 所有信号都可以沿导线任一点直接进行测试, 不会因导线接触引起短路。

4) 印制电路板的焊点可以在一次焊接过程中将大部分焊完。

在实际电路设计中, 原理图的设计解决了电路中元器件的逻辑连接, 而元器件之间的物理连接则是靠 PCB 上的铜箔实现的, 最终需要将电路中的实际元器件安装并焊接在印制电路板上。

现代焊接方法主要有浸焊、波峰焊和回流焊, 前两者主要用于通孔式元器件的焊接, 后者主要用于表面贴片式元器件 (SMD 元器件) 的焊接。现代焊接方法可以保证高速、高质量地完成焊接工作, 减少了虚焊、漏焊, 从而降低了电子设备的故障率。

正因为印制板有以上特点, 所以从它面世的那天起, 就得到了广泛的应用和发展, 现代印制板已经朝着多层、精细线条的方向发展, 特别是 20 世纪 80 年代开始推广的 SMD (表面封装) 技术是高精度印制板技术与 VLSI (超大规模集成电路) 技术的紧密结合, 大大提高了系统安装密度与系统的可靠性, 元器件安装朝着自动化、高密度方向发展, 对印制电路板导电图形的布线密度、导线精度和可靠性要求越来越高。与此相适应, 为了满足对印制电路板数量上和质量上的要求, 印制电路板的生产也越来越专业化、标准化、机械化和自动化, 如今已在电子工业领域中形成一门新兴的印制电路板制造业。

### 1.1.1 印制电路板基本组成

印制电路板几乎会出现在每一种电子设备中, 在其上安装有元器件, 通过印制导线、焊盘及金属化孔等进行线路连接。为了便于读识, 板上还印制丝网图, 用于元器件标识和说明。

#### 1. 认知 PCB 上的元器件

PCB 上的元器件如图 1-2 所示, PCB 上的元器件主要有两大类, 一类是通孔式, 通常这种元器件体积较大, 且电路板上必须钻孔才能插装; 另一类是表面贴片式 (SMD), 这种元器件不必钻孔, 利用钢模将半熔状锡膏倒入电路板上, 再把 SMD 元器件放上去, 通过回流焊将其焊接在印制电路板上。

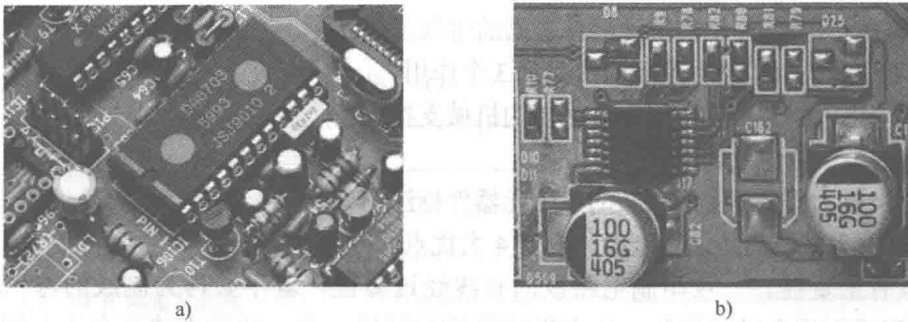


图 1-2 PCB 上的元器件

a) 通孔式元器件 b) SMD 元器件

#### 2. 认知 PCB 上的印制导线、过孔和焊盘

PCB 上的印制导线也称为铜膜线, 用于印制电路板上的线路连接, 通常印制导线是两个

焊盘（或过孔）间的连线，而大部分的焊盘就是元器件的引脚，当无法顺利连接两个焊盘时，往往通过跳线或过孔实现连接。过孔（也称为金属化孔）用于连接不同层之间的印制导线。

图 1-3 所示为印制导线的走线图，图中所示为双面板，两层之间印制导线通过过孔连接。

### 3. 认知 PCB 上的阻焊与助焊

对于一个批量生产的印制电路板而言，通常在板上铺设一层阻焊，阻焊剂一般是绿色或棕色，所以成品 PCB 一般为绿色或棕色，这实际上是阻焊剂的颜色。

在 PCB 上，除了要焊接的地方外，其他地方根据 PCB 设计软件所产生的阻焊图来覆盖一层阻焊剂，这样可以进行快速焊接，并防止焊锡溢出引起短路；而对于要焊接的地方，通常是焊盘，则要涂上助焊剂，以便于焊接，PCB 上的阻焊和助焊如图 1-4 所示。

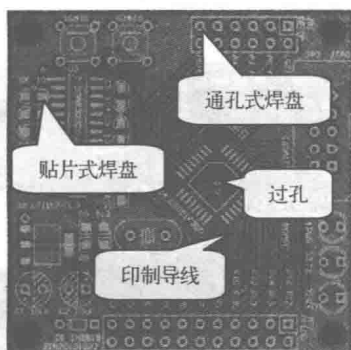


图 1-3 印制导线的走线图

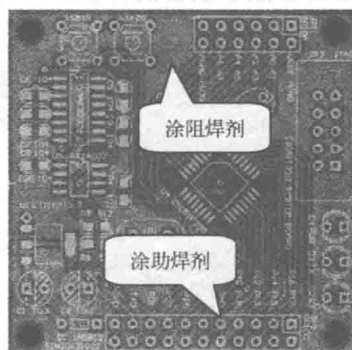


图 1-4 PCB 上的阻焊和助焊

### 4. 认知 PCB 上的丝网

为了让印制电路板更具有可看性，便于安装与维修，一般在 PCB 上要印一些文字或图案，如图 1-5 中的 R9、R10 等，用于标示元器件的位置或进行说明电路，通常将其称为丝网。丝网所在层称为丝网层，在顶层的称为顶层丝网层（Top Overlay），而在底层的则称为底层丝网层（Bottom Overlay），PCB 上的丝网如图 1-5 所示。

双面以上的板中丝网一般印制在阻焊层上。

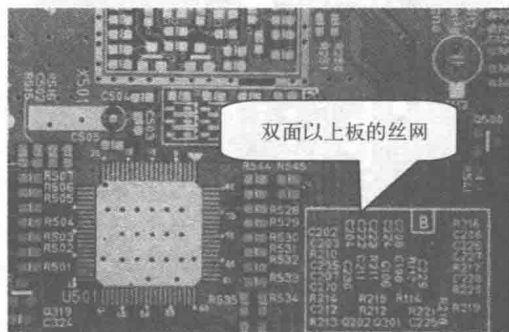
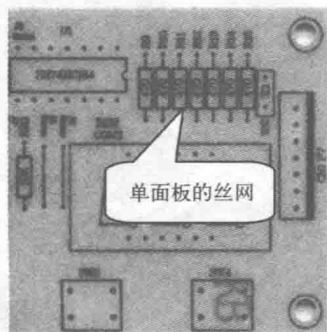


图 1-5 PCB 上的丝网

## 1.1.2 印制电路板的种类

目前的印制电路板一般以铜箔覆在绝缘基板上，故通常称为覆铜板。

### 1. 根据 PCB 导电板层划分

1) 单面印制板 (Single Sided Print Board)。单面印制板指仅一面有导电图形的印制板，板的厚度在 0.2~5.0mm 之间，它是在一面敷有铜箔的绝缘基板上，通过印制或腐蚀的方法在基板上形成印制电路，单面印制板样图如图 1-6 所示。它适用于一般要求的电子设备，如收音机、CRT 电视机等。

2) 双面印制板 (Double Sided Print Board)。双面印制板指两面都有导电图形的印制板，板的厚度在 0.2~5.0mm 之间，它是在两面敷有铜箔的绝缘基板上，通过印制或腐蚀的方法在基板上形成印制电路，两面的电气互连通过金属化孔实现，双面印制板样图如图 1-7 所示。它适用于要求较高的电子设备，如计算机、电子仪表等，由于双面印制板的布线密度较高，所以可以减小设备的体积。

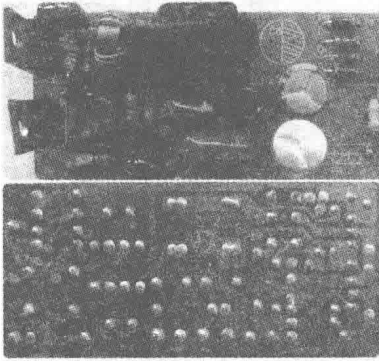


图 1-6 单面印制板样图

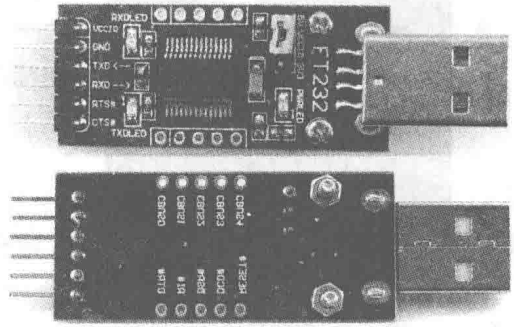


图 1-7 双面印制板样图

3) 多层印制板 (Multilayer Print Board)。多层印制板是由交替的导电图形层及绝缘材料层层压粘合而成的一块印制板，导电图形的层数在两层以上，层间电气互连通过金属化孔实现。多层印制板的连接线短而直，便于屏蔽，但印制板的工艺复杂，由于使用金属化孔，可靠性下降。多层板常用于计算机的板卡中，如图 1-8 所示，图 1-9 所示为多层板示意图。

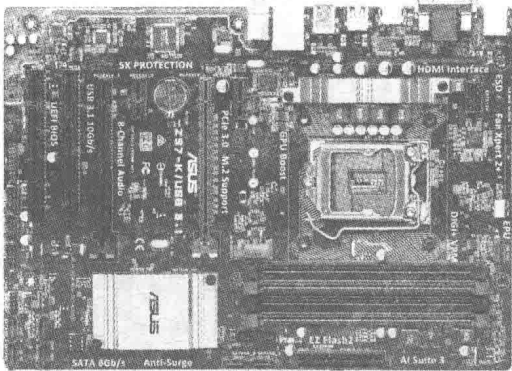


图 1-8 多层板样图

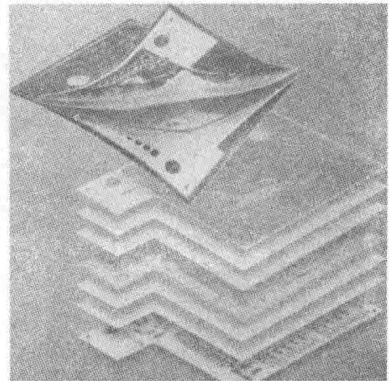


图 1-9 多层板示意图

对于电路板的制作而言，板的层数越多，制作程序就越多，失败率当然增加，成本也相对提高，所以只有在高级的电路中才会使用多层板。目前以两层板最容易，市面上所谓的四层板，就是顶层、底层，中间再加上两个电源层，技术已经很成熟；而六层板就是四层板再加上两层中间布线层，只有在高级的主机板或布线密度较高的场合才会用到；至于八层板以上，制作就比较困难了。

图 1-10 所示为四层板剖面图。通常在印制电路板上，元器件放在顶层，所以一般顶层也称为元件面，而底层一般是焊接用的，所以又称为焊接面。对于 SMD 元器件，顶层和底层都可以放置。图中的通孔式元器件通常体积较大，且印制电路板上必须钻孔才能插装；SMD 元器件体积小，不必钻孔，通过回流焊将其焊接在板上。SMD 元器件是目前商品化印制电路板的主要元器件，但这种技术需要依靠机器，采用手工插置、焊接元器件比较困难。

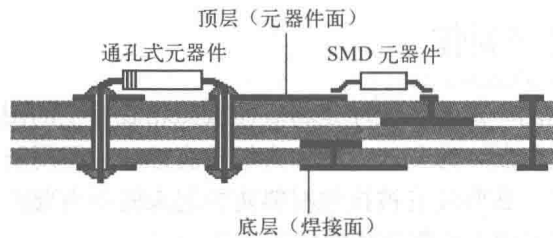


图 1-10 四层板剖面图

在多层板中，为减小信号线之间的相互干扰，通常将中间的一些层面独立布上电源线或地线，所以通常将多层板的板层按信号的不同分为信号层（Signal）、电源层（Power）和地线层（Ground）等。

## 2. 根据 PCB 所用基板材料划分

1) 刚性印制板（Rigid Print Board）。刚性印制板是指以刚性基材制成的 PCB，常见的 PCB 一般是刚性 PCB，如计算机中的板卡、家用电器中的印制电路板等，如图 1-6~图 1-8 所示。常用刚性 PCB 有以下几类：

- ① 纸基板。价格低廉，性能较差，一般用于低频电路和要求不高的场合。
- ② 玻璃布板。价格较贵，性能较好，常用作高频电路和高档家用电器产品中。
- ③ 合成纤维板。价格较贵，性能较好，常用作高频电路和高档家用电器产品中。
- ④ 当频率高于数百兆赫时，必须用介电常数和介质损耗更小的材料，如聚四氟乙烯和高温陶瓷作基板。

2) 挠性印制板（Flexible Print Board，也称为柔性印制板、软印制板）。挠性印制板是以聚四氟乙烯、聚酯等软性绝缘材料为基材的 PCB。由于它能进行折叠、弯曲和卷绕，在三维空间里可实现立体布线，它的体积小、重量轻、装配方便，易按照电路要求成形，提高了装配密度和板面利用率，可以节约 60%~90% 的空间，为电子产品小型化、薄型化创造了条件，挠性印制板样图如图 1-11 所示。它在笔记本式计算机、打印机及通信终端设备中得到广泛应用。

3) 刚-挠性印制板（Flex-rigid Print Board）。刚-挠性印制板指利用软性基材，并在不同区域与刚性基材结合制成的 PCB，刚-挠性印制板样图如图 1-12 所示。它主要应用于印制电

路板的接口部分。

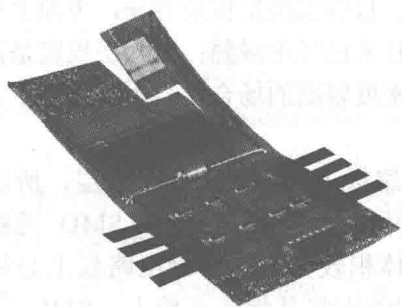


图 1-11 挠性印制板样图

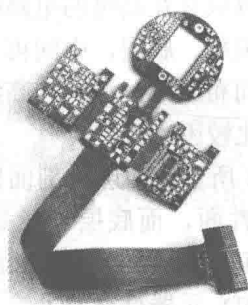


图 1-12 刚-挠性印制板样图

## 1.2 印制电路板生产制作

制造印制电路板最初的一道基本工序是将底图或照相底片上的图形转印到覆铜箔层压板上，最简单的一种方法是印制—蚀刻法，或称为铜箔腐蚀法，即用防护性抗蚀材料在敷铜箔层压板上形成正性的图形，那些没有被抗蚀材料防护起来的不需要的铜箔经化学蚀刻而被去掉，蚀刻后将抗蚀层除去就留下由铜箔构成的所需的图形。

### 1.2.1 印制电路板制作生产工艺流程

一般印制板的制作要经过 CAD 辅助设计、照相制版制作、图像转移、化学镀、电镀、蚀刻和机械加工等过程，图 1-13 为双面板图形电镀—蚀刻法的工艺流程图。

单面印制板一般采用酚醛纸基覆铜箔板制作，也常采用环氧纸基或环氧玻璃布覆铜箔板，单面板图形比较简单，一般采用丝网漏印正性图形，然后蚀刻出印制板，也可以采用光化学法生产。

双面印制板通常采用环氧玻璃布覆铜箔板制造，双面板的制造一般分为工艺导线法、堵孔法、掩蔽法和图形电镀—蚀刻法。

多层印制板一般采用环氧玻璃布覆铜箔层压板。为了提高金属化孔的可靠性，应尽量选用耐高温的、基板尺寸稳定性好的、特别是厚度方向热线膨胀系数较小的，并和铜镀层热线膨胀系数基本匹配的新型材料。制作多层印制板，先用铜箔蚀刻或电镀法做出内层导线图形，然后根据设计要求，把几张内层导线图形重叠，放在专用的多层压机内，经过热压、粘合工序，就制成了具有内层导电图形的覆铜箔的层压板。

目前已定型的工艺主要有以下两种。

1) 减成法工艺。通过有选择性地除去不需要的铜箔部分来获得导电图形的方法。

减成法是印制电路制造的主要方法，其最大优点是工艺成熟、稳定和可靠。

2) 加成法工艺。在未覆铜箔的层压板基材上，有选择地淀积导电金属而形成导电图形的方法。

加成法工艺的优点是避免大量蚀刻铜，降低了成本；生产工序简化，生产效率提高；镀铜层的厚度一致，金属化孔的可靠性提高；印制导线平整，能制造高精密度 PCB。



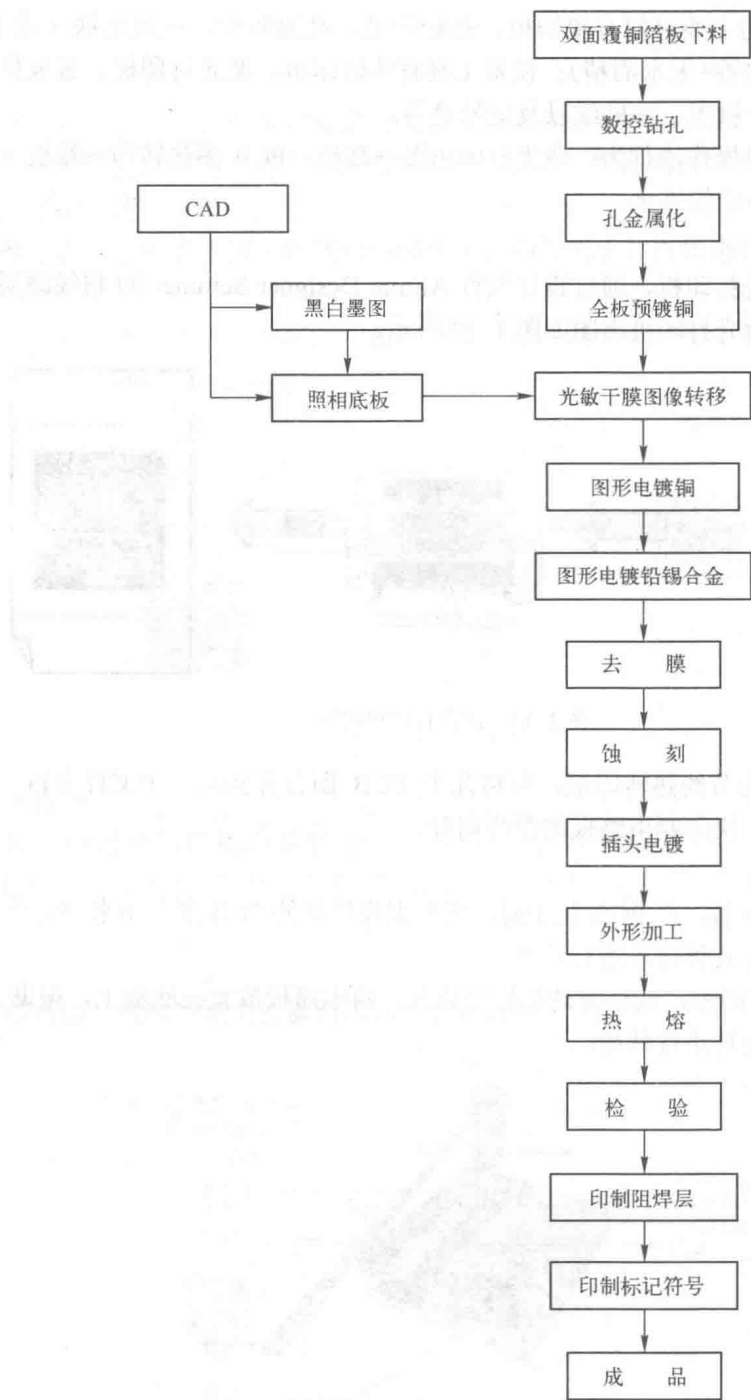


图 1-13 双面板图形电镀—蚀刻法的工艺流程图

### 1.2.2 采用热转印方式制板

热转印制板的优点是直观、快速、方便及成功率高，但是对激光打印机要求高，需要专用的菲林纸或热转印纸。