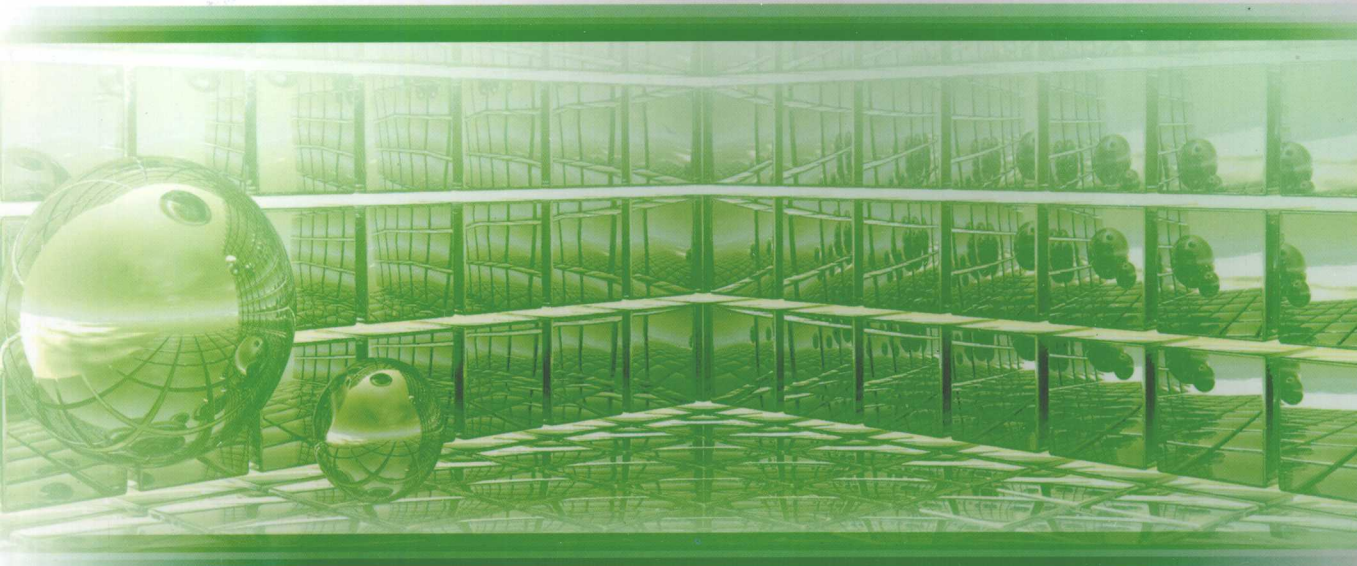




河南职业技术学院

国家示范性高职院校建设项目成果



# PCB 设计与制作

◎ 任枫轩 李伟 主编



 机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS



赠电子课件等

*Y uo jia shi fan xing gao zhi guan xiao jian she xing yu cheng guo*

河南职业技术学院  
国家示范性高职院校建设项目成果

# PCB 设计与制作

主 编 任枫轩 李 伟  
副主编 施利春 李永星  
参 编 孙雷明 季小榜  
主 审 周长伟 孙立红



机械工业出版社

本教材以 2009 年正式发布的最新电子设计软件 Altium Designer Summer 09 为载体, 系统介绍了利用该软件进行 PCB 设计与制作的工艺要求和操作过程, 充分反映新知识、新技术和新方法。

本教材内容组织以实际电子产品的 PCB 设计为最终目标, 通过对 RS232 接口、调频收音机、U 盘、USB 鼠标、游戏机和数字示波表等 6 个典型电子产品的原理图绘制和 PCB 设计, 以及 RS232 接口 PCB 的热转印制作、调频收音机 PCB 的雕刻制作过程的讲授, 使学生掌握 Altium Designer Summer 09 软件的应用、PCB 设计相关规则和工艺要求等内容, 最终完成基于工作过程的课程教学。

本教材可作为高职高专院校电子信息工程技术、应用电子技术、电气自动化技术和机电一体化技术专业及相关专业的教材, 也可供工程技术人员参考。

为方便教学, 本教材配有电子课件、习题解答等, 凡选用本书作为授课教材的学校, 均可来电或邮件索取, 咨询电话: 010-88379564 或邮箱: cmpqu@163.com。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

PCB 设计与制作/任枫轩, 李伟主编. —北京: 机械工业出版社, 2010. 8  
河南职业技术学院. 国家示范性高职院校建设项目成果  
ISBN 978-7-111-31583-4

I. ①P… II. ①任… ②李… III. ①印刷电路-电磁兼容性-计算机辅助设计-高等学校: 技术学校-教材 IV. ①TN410.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 158443 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: 曲世海 责任编辑: 王宗锋 版式设计: 霍永明  
责任校对: 李秋荣 封面设计: 赵颖喆 责任印制: 乔宇  
北京机工印刷厂印刷 (三河市南杨庄国丰装订厂装订)  
2010 年 9 月第 1 版第 1 次印刷  
184mm × 260mm · 20.5 印张 · 518 千字  
0 001—4 000 册  
标准书号: ISBN 978-7-111-31583-4  
定价: 34.00 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

社服务中心: (010) 88361066

门户网: <http://www.cmpbook.com>

销售一部: (010) 68326294

教材网: <http://www.cmpedu.com>

销售二部: (010) 88379649

读者服务部: (010) 68993821

封面无防伪标均为盗版

# 序

三载寒暑，数易其稿，我院国家示范性高职院校建设成果之一——工学结合的系列教材终于付梓了，她就像一簇小花，将为我国高职教育园地增添一抹春色。我院入选国家示范性高职院校建设单位以来，以强化内涵建设为重点，以专业建设为龙头，以精品课程和教材建设为载体，与行业企业技术、管理专家共同组建专业团队，在课程改革的基础上，共同编著了30余部教材，涵盖了我院的机电一体化技术、电子信息工程技术、汽车检测与维修技术、烹饪工艺与营养四个专业的30余门专业课程。在保证知识体系完整性的同时，体现基于工作过程的基本思想，是本批教材探讨的重点。

本批教材是学院与行业企业共同开发的，适应区域、行业经济和社会发展的需要，体现行业新规范、新标准，反映行业企业的新技术、新工艺、新材料。教材内容紧密结合生产实际，融“教、学、做”为一体，力求体现能力本位的现代教育思想和理念，突出高职教育实践技能训练和动手能力培养的特色，注重实用性、先进性、通用性和典型性，是适合高职院校使用的理论和实践一体化教材。

本批教材由我院国家示范性重点建设专业的专业带头人、骨干教师与相关行业企业的技术、管理专家合作编写，这些同志大都具有多年从事职业教育和生产管理一线的实践经验，合作团队中既有享受国务院政府特殊津贴的专家、河南省“教学名师”，又有河南省教育厅学术技术带头人、国家技能大赛优胜者等。学院教师长期工作在高职教育教学一线，熟悉教学方法和手段，理论方面有深厚功底，行业企业专家具有丰富的实践经验，能够把握教材的广度和深度，设定基于工作过程的教学任务，两者结合，优势互补，体现“校企合作、工学结合”的主要精髓。相信这批教材的出版，将会为我国高职教育的繁荣发展做出一定贡献。

河南职业技术学院院长 王爱群

# 前 言

根据《教育部、财政部关于确定“国家示范性高等职业院校建设计划”2008年度立项建设院校的通知》(教高函【2008】17号),河南职业技术学院被确立为立项建设院校。本教材所属课程是该院中央财政支持的重点建设专业电子信息工程技术专业的核心课程之一。

本教材内容组织以实际电子产品的PCB设计为最终目标,注重实践,以模块化结构,将完成电子产品PCB设计的工作过程整合成工作任务。以任务驱动教学,从提出“教学目的”开始,在完成工作任务的过程中,突出工艺要领和操作技能的培养。在每个任务的“知识能力”部分,将本任务中涉及的理论知识进行梳理,努力使学生在实训时能够脱离理论教材,实现理论实训一体化。在“技能能力”部分,将工作过程进行教学描述,设计出“任务单”,要求学生从资讯、决策与计划、实施、检查等方面开放学习。在每个任务后面给出“考核标准”,对训练过程进行记录,并给出相应的量化参考标准。最后,通过“技能测试”巩固学习成果。

本教材由河南职业技术学院任枫轩和李伟主编,任枫轩编写了模块3和模块4,李伟编写了任务1.1,并负责统稿;河南职业技术学院施利春和李永星担任副主编,施利春编写了模块2;李永星编写了任务1.2;参加本书编写的还有河南职业技术学院孙雷明和季小榜,孙雷明编写了任务5.1,季小榜编写了任务5.2。本教材所涉及的任务在河南职业技术学院电子091班进行了试用,李俊杰和郝敏超等同学对本教材中的设计任务进行了验证。本教材由富士康科技集团周长伟和海尔集团郑州工贸有限公司孙立红担任主审,他们对所涉及任务提出了许多可行性建议;编写过程中还参考了相关资料及文献,在此向主审、作者们、同学们和这些资料及文献的作者表示衷心的感谢。

为方便教学,本教材配有电子课件、习题解答等,凡选用本书作为授课教材的学校,均可来电或邮件索取,咨询电话:010-88379564或邮箱:cmpqu@163.com。

本教材中某些元器件符号及其参数标注采用的是Altium Designer Summer 09软件中的标准,与国家标准不符,具体对应关系请查阅有关资料,在此特别提醒读者注意。

由于编者水平有限,加之编写时间仓促,书中难免有疏漏、错误和不足之处,恳请读者批评指正。

编 者

# 目 录

序

前言

<b>模块 1 PCB 入门</b> .....	1
任务 1.1 PCB 基础知识的认知 .....	1
任务 1.2 PCB 设计规则与工艺流程的认知 .....	20
<b>模块 2 元器件的创建</b> .....	38
任务 2.1 原理图元器件库的创建 .....	38
任务 2.2 PCB 元器件库及元器件封装的创建 .....	54
<b>模块 3 原理图的绘制</b> .....	67
任务 3.1 RS232 接口电路原理图设计 .....	67
任务 3.2 调频收音机电路原理图设计 .....	84
任务 3.3 U 盘电路原理图设计 .....	106
任务 3.4 USB 鼠标驱动电路原理图设计 .....	126
任务 3.5 游戏机电路原理图设计 .....	149
<b>模块 4 PCB 的设计</b> .....	172
任务 4.1 RS232 接口电路的单层 PCB 设计 .....	172
任务 4.2 U 盘的双层 PCB 设计 .....	194
任务 4.3 调频收音机的 PCB 设计 .....	214
任务 4.4 USB 鼠标的四层 PCB 设计 .....	239
任务 4.5 数字示波表的 PCB 设计 .....	260
<b>模块 5 PCB 的制作</b> .....	282
任务 5.1 RS232 接口 PCB 的热转印制作 .....	282
任务 5.2 调频收音机 PCB 的雕刻制作 .....	299
<b>参考文献</b> .....	321

# 模块 1 PCB 入门

## 任务 1.1 PCB 基础知识的认知

### 教学目的

**知识能力：**熟悉 PCB 的基本概念、基本组成、板层结构划分、设计流程和组成要素的特点，了解常用元件的封装技术以及 Altium Designer 软件中的封装形式。

**技能能力：**掌握 PCB 的板层结构识别、工艺流程以及各组成要素的识别技巧和特征描述；掌握常见元器件的识别及分类。

**社会能力：**训练学生工程意识和良好的劳动纪律观念，培养学生认真做事、用心做事的态度。

### ► 知识能力

#### 1.1.1 PCB 概述

印制电路板（Printed Circuit Board, PCB）是组装电子零件用的基板，是在通用基材上按预定设计形成点间连接及印制元件的印制板。它的主要功能是使各种电子零件形成预定电路的连接，起中继传输的作用，是电子产品的关键互连件，有“电子产品之母”之称。印制电路板作为电子零件装载的基板和关键互连件，任何电子设备或产品均需配备。其下游产业涵盖范围相当广泛，涉及一般消费性电子产品、信息、通信、医疗，甚至航天科技产品等领域。随着科学技术的发展，各类产品的信息化处理需求逐步增强，新兴电子产品不断涌现，使 PCB 产品的用途和市场不断扩展。新兴的 3G 手机、汽车电子、LCD、IPTV、数字电视以及计算机更新换代，还将带来比现在传统市场更大的 PCB 市场。

印制电路板的设计是以电路原理图为根据，实现电路设计者所需要的功能。印制电路板的设计主要指板图设计，设计时需要考虑外部连接的布局、内部电子元器件的优化布局、金属连线和过孔的优化布局、电磁保护、热耗散等各种因素。优秀的板图设计可以节约生产成本，达到良好的电路性能和散热性能。简单的板图设计可以用手工实现，复杂的板图设计需要借助计算机辅助设计（CAD）实现。本教材将借助 Altium Designer Summer 09 设计平台进行 PCB 的设计。

#### 1. PCB 的基本概况

印制电路板几乎会出现在每一种电子设备当中。如果在某种设备中有电子零件，那么它们也都是安装在大小各异的 PCB 上。除了固定各种小零件外，PCB 的主要功能是提供各零件之间的电气连接。随着电子设备越来越复杂，需要的零件也越来越多，PCB 上的线路与零件也越来越密集。

1) 板子本身的基板是由绝缘隔热、不易弯曲的材料所制作成。在其表面可以看到的细小线路材料是铜箔, 原本铜箔是敷在整个板子上, 在制造过程中部分被蚀刻处理掉, 留下来的部分就变成网状的细小线路。这些线路被称作导线 (Conductor Pattern) 或布线, 用来提供 PCB 上零件的电气连接。

2) 为了将零件固定在 PCB 上, 常将元器件直接焊在板上。在最基本的 PCB (单面板) 上, 零件都集中在其中一面 (正面), 导线则都集中在另一面 (反面)。此时需要在板子上打孔, 这样元器件引脚才能穿过板子到达另一面, 所以零件的引脚是焊在有导线的一面上的。因此, PCB 的正、反面分别被称为零件面 (Component Side) 与焊接面 (Solder Side)。

3) 如果要将两块 PCB 相互连接, 一般会用到俗称“金手指”的边接头 (Edge Connector)。金手指上包含了许多裸露的铜垫, 这些铜垫事实上也是 PCB 布线的一部分。通常连接时, 将其中一块 PCB 的金手指插进另一块 PCB 上合适的插槽 (一般称为扩充槽 Slot)。在计算机中, 显示卡、声卡或其他类似的集成电路卡, 都是利用金手指来与主机板连接的。

4) PCB 上的绿色或是棕色, 是阻焊漆 (Solder Mask) 的颜色。这层阻焊漆是绝缘防护层, 可以保护铜线, 也可以防止零件被焊到不正确的地方。在阻焊层上另外会印上一层丝网印刷面 (Silk Screen), 通常在这上面会印上文字与符号 (大多是白色的), 以标示出各零件在板子上的位置。丝网印刷面也被称为图标面 (Legend)。

## 2. PCB 的作用

(1) 提供机械支撑 印制电路板为集成电路等各种电子元器件固定、装配提供了机械支撑。

(2) 实现电气连接或电绝缘 印制电路板实现了集成电路等各种电子元器件之间的布线和电气连接。

(3) 其他功能 印制电路板为自动装配提供阻焊图形, 同时也为元器件的插装、检查和维修提供了识别字符和图形。

## 3. PCB 板层

(1) 单面板 (Single-Sided Board, SSB) 在最基本的 PCB 上, 元器件集中在其中一面, 导线集中在另一面上。因为导线只出现在其中一面, 所以称这种 PCB 为单面板。因为单面板在设计线路上有许多严格的限制 (由于只有一面, 布线间不能交叉, 而必须绕独自的路径), 所以只有早期的电路才使用这类板子。

(2) 双面板 (Double-Sided Boards, DSB) 这种电路板的两面都有布线。不过要用上两面的导线, 必须要在两面间有适当的电路连接才行。这种电路间的“桥梁”称为过孔 (Via)。过孔是在 PCB 上充满或涂上金属的小洞, 它可以与两面的导线相连接。因为双面板的面积比单面板大了一倍, 而且由于布线可以互相交错 (可以绕到另一面), 所以它更适合用在比单面板更复杂的电路上。双面板实例如图 1-1 所示。

(3) 多层板 (Multi-Layer Boards, MLB) 为了增加可以布线的面积, 多层板用上了更多单面或双面的布线板。多层板使用数片双面板, 并在每层板间放进一层绝缘层后粘牢 (压合)。板子的层数就代表了有几层独立的布线层, 通常层数都是偶数, 并且包含最外侧的两层。大部分的主机板都是 4~8 层的结构, 不过技术上可以做到近 100 层的 PCB。大型的超级计算机使用相当多层的主机板, 不过因为这类计算机已经可以用许多普通计算机的集群代替, 超多层板已经渐渐被淘汰了。PCB 中的各层都紧密结合, 因此一般不太容易看出



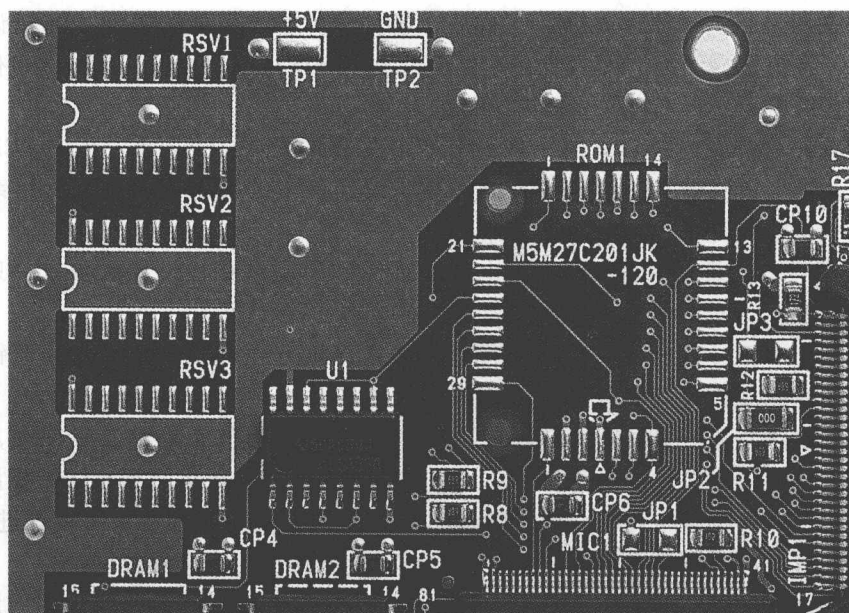


图 1-1 双面板实例

实际数目，不过如果仔细观察主机板，还是可以看得出来的。图 1-2 所示为多层板实物图。前文中介绍的过孔（Via），如果应用在双面板上，那么一定都是打穿整个板子。在多层板中，如果只想连接其中一些线路，那么过孔可能会浪费一些其他层的线路空间。埋孔（Buried Via）和盲孔（Blind Via）技术可以避免这个问题，因为它们只穿透其中几层。盲孔是将几层内部 PCB 与表面 PCB 连接，不需穿透整个板子。埋孔则只连接内部的 PCB，所以从表面是看不出来的。



图 1-2 多层板

在多层板中，有的层整层都直接连接上地线与电源，所以将各层分为信号层（Signal）、电源层（Power）和地线层（Ground）。如果 PCB 上的零件需要不同的电源，则这类 PCB 通常会有两层以上的电源与电线层。

#### 4. 计算机辅助设计软件 Altium Designer 的 PCB 设计流程

(1) 设计原理图 这是设计 PCB 电路的第一步，就是利用原理图设计工具先绘制好原理图文件。如果在电路图很简单的前提下，也可以跳过这一步直接进入 PCB 电路设计步骤，进行手工布线或自动布线。

(2) 定义组件封装 原理图设计完成后, 组件的封装有可能被遗漏或有错误, 当正确加入网表后, 系统会自动地为大多数组件提供封装。但是对于用户自己设计的组件和某些特殊组件, 则必须由用户自己定义或修改组件的封装。

(3) PCB 图样的基本设置 这一步用于 PCB 图样的设计, 主要有: 设定 PCB 电路板的结构及尺寸, 设定板层数目, 设定通孔的类型, 设定网格的大小等, 既可以用系统提供的 PCB 设计模板进行设计, 也可以手动设计 PCB。

(4) 生成网表和载入网表 网表是电路原理图和印制电路板设计的接口, 只有将网表引入 PCB 系统后, 才能进行电路板的自动布线。

在设计好的 PCB 上生成网表和加载网表, 必须保证产生的网表已没有任何错误, 其所有组件能够很好地加载到 PCB 中。加载网表后系统将自动产生一个内部的网表, 形成飞线。组件布局是由电路原理图根据网表转换成的 PCB 图, 一般组件布局都不很规则, 有的甚至相互重叠, 因此必须将组件进行重新布局。组件布局的合理性将影响到布线的质量。在进行单面板设计时, 如果组件布局不合理, 则将无法完成布线操作。对于双面板等进行设计时, 如果组件布局不合理, 布线时将会放置很多过孔, 使电路板走线变得复杂。

(5) 布线规则设置 飞线设置好后, 在实际布线之前, 还要进行布线规则的设置, 这是 PCB 设计所必需的一步。在这里用户要定义布线的各种规则, 比如安全距离、导线宽度等。

(6) 自动布线 Altium Designer 提供了强大的自动布线功能, 在设置好布线规则之后, 可以用系统提供的自动布线功能进行自动布线。只要设置的布线规则正确、组件布局合理, 一般都可以成功完成自动布线。

(7) 手动布线 在自动布线结束后, 有可能因为组件布局或别的原因, 自动布线可能无法完全解决问题或产生布线冲突, 此时就需要通过手动布线加以设置或调整。如果自动布线完全成功, 则不必手动布线。

在组件很少且布线简单的情况下, 也可以直接进行手动布线, 当然这需要一定的实践经验。

(8) 生成报表文件 印制电路板布线完成之后, 可以生成相应的各类报表文件, 比如组件清单、电路板信息报表等。这些报表可以帮助用户更好地了解所设计的印制电路板和管理所使用的组件。

(9) 文档打印输出 生成了各类文档后, 可以将各类文档打印输出保存, 包括 PCB 文件和其他报表文件均可打印, 以便永久存档。

PCB 设计的流程如图 1-3 所示。

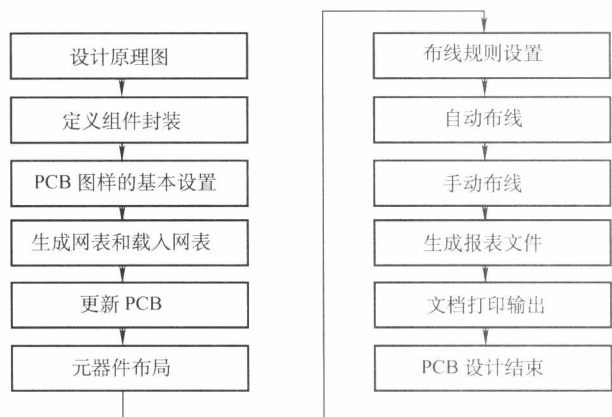


图 1-3 PCB 设计流程图

### 1.1.2 PCB 的组成要素

电子设计人员的电路设计思想最终要落实到实体, 即做成 PCB 板。PCB 板的基材及选

用,组成电路各要素的物理特性,如过孔、导线、焊盘、表面涂层等,是设计人员设计时要考虑的要素,这是设计出高质量 PCB 的基础。

### 1. 过孔 (Via)

过孔 (Via) 是多层 PCB 的重要组成部分之一,钻孔的费用通常占 PCB 制板费用的 30% ~ 40%。PCB 上的每一个孔都可以称之为过孔。从作用上看,过孔可以分成两类:一是用作各层间的电气连接;二是用作元器件的固定或定位。如果从工艺上来说,这些过孔一般分为三类,即盲孔 (Blind Via)、埋孔 (Buried Via) 和通孔 (Through Via)。盲孔位于印制电路板的顶层和底层表面,具有一定的深度,用于表层电路和下面的内层电路的连接,孔的深度通常不超过一定的比率 (孔径)。埋孔是指位于印制电路板内层的连接孔,它不会延伸到电路板的表面。上述两类孔都位于电路板的内层,层压前利用通孔成形工艺完成,在过孔形成过程中可能还会重叠做好几个内层。第三种称为通孔,这种孔穿过整个电路板,可用于实现内部互连或作为元器件的安装定位孔。由于通孔在工艺上更易于实现,成本较低,所以绝大部分印制电路板均使用它,而不用另外两种过孔。以上所说的过孔,如果没有特殊说明,均作为通孔考虑。过孔的尺寸与类型如图 1-4 所示。

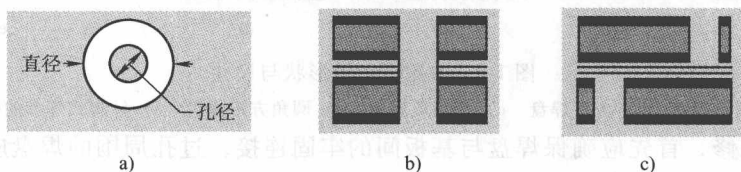


图 1-4 过孔的尺寸与类型

a) 过孔的尺寸 b) 通孔 c) 盲孔

从设计的角度来看,一个过孔主要由两部分组成,一是中间的钻孔 (Drill Hole),二是钻孔周围的焊盘区,这两部分的尺寸大小决定了过孔的大小。显然,在进行高速、高密度的 PCB 设计时,设计者总是希望过孔越小越好,这样板上可以留有更多的布线空间;此外,过孔越小,其自身的寄生电容也越小,更适合用于高速电路。但孔尺寸的减小会带来成本的增加,而且过孔的尺寸不可能无限制地减小,它受钻孔和电镀等工艺技术的限制。孔越小,钻孔加工工艺越难,需花费的时间就越多,也更容易偏离中心位置;且当孔的深度超过钻孔直径的 6 倍时,就无法保证孔壁能均匀镀铜。比如,现在正常的一块 6 层 PCB 板的厚度 (过孔深度) 为 50mil ( $1\text{mil} = 25.4 \times 10^{-6}\text{m}$ ) 左右,所以一般 PCB 厂家能提供的钻孔直径最小只能达到 8mil。

### 2. 铜膜导线 (Track)

印制电路板上,在焊盘与焊盘之间起电气连接作用的是铜膜导线,简称导线。它也可以通过过孔把一个导电层和另一个导电层连接起来。PCB 设计的核心工作就是布置导线。

在 PCB 设计过程中,还有一种与导线有关的线,它是在装入网络表后,系统根据规则自动生成的,用来指引系统自动布线的一种连线,俗称飞线。飞线只在逻辑上表示出各个焊盘间的连接关系,并没有物理上的电气连接意义;导线则是利用飞线指示的各焊盘和过孔间的连接关系而布置的,是具有电气连接意义的连接线。导线与飞线的不同,将在自动布线中介绍。

### 3. 安全间距 (Clearance)

进行印制电路板设计时,为了避免导线、过孔、焊盘及元器件间的距离过近而造成相互

干扰，就必须在它们之间留出一定的间距，这个间距就称为安全间距。图 1-5 所示为安全间距示意图。

#### 4. 焊盘 (Pad)

焊盘的作用是用来放置焊锡、连接导线和焊接元器件的引脚。Altium Designer 在封装库中给出了一系列不同形状和大小的焊盘，如圆形焊盘、方形焊盘、八角形焊盘等。根据元器件封装的类型，焊盘又分为针脚式和表面粘贴式两种，其中针脚式焊盘必须钻孔，而表面粘贴式焊盘则无需钻孔。在选择元器件的焊盘类型时，要综合考虑元器件的形状、引脚粗细、放置形式、受热情况、受力方向和振动大小等因素。例如，对电流、发热和受力较大的焊盘，可设计成“泪滴状”。图 1-6 所示为常用焊盘的形状与尺寸。

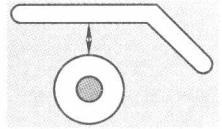


图 1-5 安全间距示意图

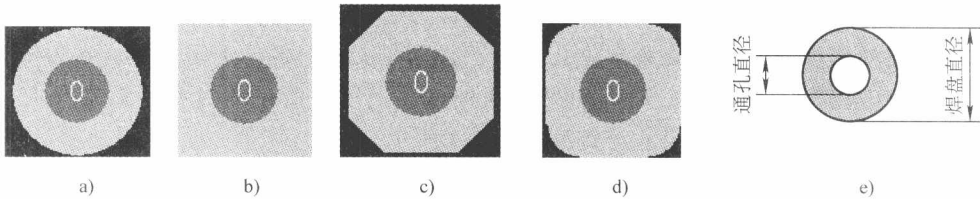


图 1-6 常用焊盘的形状与尺寸

a) 圆形焊盘 b) 方形焊盘 c) 八角形焊盘 d) 圆角方形焊盘 e) 针脚式焊盘的尺寸

为了便于维修，首先应确保焊盘与基板间的牢固连接，过孔周围的焊盘应该尽可能大一些，当然并不是越大越好，而要符合焊接的实际要求。在设计双面板时，每个导线端子的过孔应具有双面焊盘。为了有利于整体焊接操作，双面印制电路板应该遵循以下对最小尺寸的要求：

- 1) 非过孔最小焊盘尺寸为  $D - d = 1.0\text{mm}$ ， $D$  为焊盘直径， $d$  为通孔直径。
- 2) 过孔最小焊盘尺寸为  $D - d = 0.5\text{mm}$ ， $D$  为焊盘直径， $d$  为通孔直径。

以上只是给出参考尺寸，在具体设计时可以作适当修正，但建议读者尽量满足以上要求。

#### 5. 金属镀 (涂) 敷层

金属镀 (涂) 敷层用以保护金属 (铜) 表面，保证其可焊性，还可以在一些加工过程中作为蚀刻液的抗蚀层 (如在过孔的加工过程中)。金属镀 (涂) 敷层还可以作为连接器与印制板的接触面，也可作为表面安装元器件与印制板的接合层。

应根据印制板的用途选择一种适合导电图形使用的镀敷层。表面镀敷层的类型直接影响生产工艺、生产成本和印制板的性能，例如寿命、可焊性、接触性等。

#### 6. 非金属涂敷层

非金属涂敷层材料用来保护印制板，另外阻焊剂用来防止非焊接区导体的焊料润湿。当涂敷过的组装件暴露在高湿度条件下时，不正确的清洗可能导致附着力降低。由于附着力降低，涂敷层与基体的界面下开始出现分离点或碎屑，并且剥落 (侵蚀)。在使用任何涂敷之前，最重要的是正确清洗印制板。如果印制板带有有机或无机污染，其绝缘电阻将不能通过涂敷层得到提高。

### 1.1.3 元器件封装技术

#### 1. 元器件封装的具体形式

元器件封装分为插入式封装和表面粘贴式封装。其中，将零件安置在板子的一面，将引脚焊在另一面上的封装，称为插入式（Through Hole Technology, THT）封装；而引脚焊在零件所在面上的封装称为表面粘贴式（Surface Mounted Technology, SMT）封装，这种封装不用为每个引脚的焊接而在 PCB 上钻洞。使用 THT 封装的元器件需要占用大量的空间，并且要为每只引脚钻一个洞，因此它们的引脚实际上占掉两面的空间，而且焊点也比较大；采用 SMT 封装的元器件比采用 THT 封装的元器件要小，因此使用 SMT 技术的 PCB 上的零件要密集很多；采用 SMT 封装元器件比采用 THT 封装的元器件要便宜，所以现今的 PCB 上大部分都是 SMT。但 THT 封装元器件和 SMT 封装元器件比起来，与 PCB 连接的构造比较好。元器件封装的具体形式介绍如下。

(1) SOP/SOIC 封装 SOP 是英文 Small Outline Package 的缩写，即小外形封装。SOP 封装技术是飞利浦公司开发的，以后逐渐派生出了 SOJ（J 型引脚小外形封装）、TSOP（薄小外形封装）、VSOP（甚小外形封装）、SSOP（缩小型 SOP）、TSSOP（薄的缩小型 SOP）、SOT（小外形晶体管）及 SOIC（小外形集成电路）等。以 SOJ—14 封装为例，它的封装如图 1-7 所示。

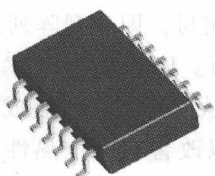


图 1-7 SOJ—14 封装

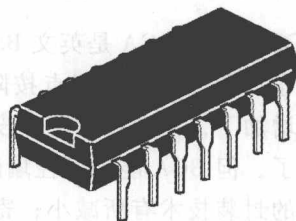


图 1-8 DIP—14 封装

(2) DIP 封装 DIP 是英文 Double In-line Package 的缩写，即双列直插式封装。它属于插入式封装，引脚从封装两侧引出，封装材料有塑料和陶瓷两种。DIP 封装是最普及的插入式封装，应用范围包括标准逻辑 IC、存储器 LSI 及微机电路。以 DIP—14 为例，它的封装如图 1-8 所示。

(3) PLCC 封装 PLCC 是英文 Plastic Leaded Chip Carrier 的缩写，即塑封引线封装。采用 PLCC 封装的元件，其外形多呈正方形，四周都有引脚，外形尺寸比 DIP 封装小得多。PLCC 封装适合用 SMT 技术在 PCB 上安装布线，具有外形尺寸小、可靠性高的优点。以 PLCC—28 为例，它的封装如图 1-9 所示。

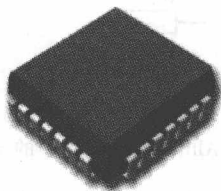


图 1-9 PLCC—28 封装

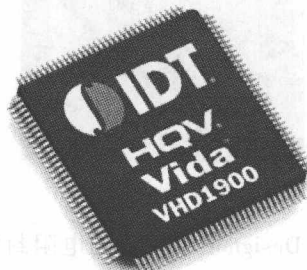


图 1-10 PQFP 封装

(4) TQFP 封装 TQFP 是英文 Thin Quad Flat Package 的缩写，即薄塑封四角扁平封装。TQFP 封装工艺能有效利用空间，降低印制电路板对空间大小的要求。由于缩小了高度和体

积, 这种封装工艺非常适合对空间要求较高的应用, 如 PCMCIA 卡和网络器件。

(5) PQFP 封装 PQFP 是英文 Plastic Quad Flat Package 的缩写, 即塑封四角扁平封装。PQFP 封装的芯片引脚之间距离很小, 引脚很细, 一般大规模或超大规模集成电路采用这种封装形式。PQFP 封装如图 1-10 所示。

(6) TSOP 封装 TSOP 是英文 Thin Small Outline Package 的缩写, 即薄小外形封装。TSOP 封装技术的一个典型特征就是在封装芯片的周围做出引脚。TSOP 封装适合用 SMT 技术在 PCB 上安装布线, 适合高频应用场合, 操作比较方便, 可靠性也比较高。TSOP 封装如图 1-11 所示。

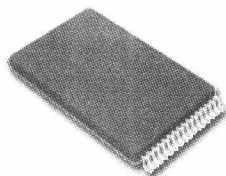


图 1-11 TSOP 封装

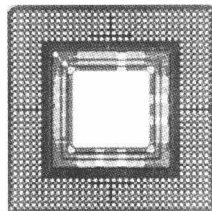


图 1-12 BGA 封装

(7) BGA 封装 BGA 是英文 Ball Grid Array Package 的缩写, 即球栅阵列封装。BGA 封装的 I/O 端子以圆形或柱状焊点按阵列形式分布在封装下面。BGA 封装技术的优点是 I/O 引脚数虽然增加了, 但引脚间距并没有减小, 反而增加了, 从而提高了组装成品率; 虽然它的功耗增加了, 但 BGA 能用可控塌陷芯片法焊接, 从而可以改善它的电热性能; 厚度和重量都较以前的封装技术有所减小; 寄生参数减小, 信号传输延迟小, 使用频率大大提高; 封装可用共面焊接, 可靠性高。BGA 封装如图 1-12 所示。

## 2. Altium Designer 中的元器件及其封装

Altium Designer 中提供了许多元器件模型及其封装形式, 如电阻、电容、二极管和晶体管等。

(1) 电阻 电阻是电路中最常用的元件, 如图 1-13 所示。

Altium Designer 中的电阻的标识为 Res1、Res2、Res3 等, 其封装属性为 AXIAL 系列。而 AXIAL 的中文意义就是轴状的。Altium Designer 中的电阻如图 1-14 所示。

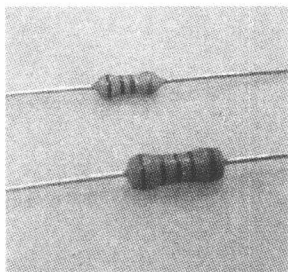


图 1-13 电阻

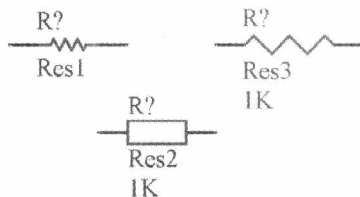


图 1-14 Altium Designer 中的电阻符号

Altium Designer 中提供的电阻封装 AXIAL 系列如图 1-15 所示。图 1-15 中所列出的电阻封装为 AXIAL 0.3、AXIAL 0.4 及 AXIAL 0.5。其中, 0.3 是指该电阻在印制电路板上焊盘间的间距为 300mil, 0.4 是指该电阻在印制电路板上焊盘间的间距为 400mil, 以此类推。

(2) 电位器 电位器实物如图 1-16 所示。

Altium Designer 中电位器的标识为 RPot, 其封装属性为 VR 系列。Altium Designer 中的

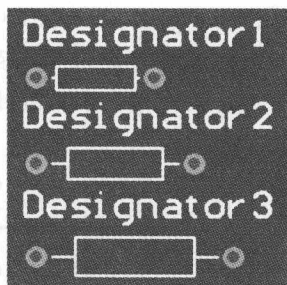


图 1-15 Altium Designer 中的电阻封装 AXIAL 系列

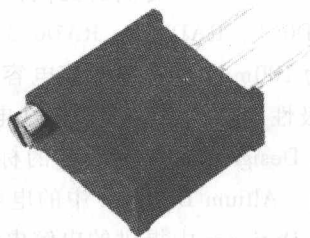


图 1-16 电位器实物

电位器如图 1-17 所示。Altium Designer 中提供的电位器封装 VR 系列如图 1-18 所示。

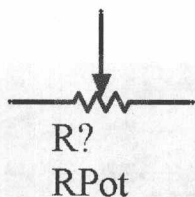


图 1-17 Altium Designer 中的电位器

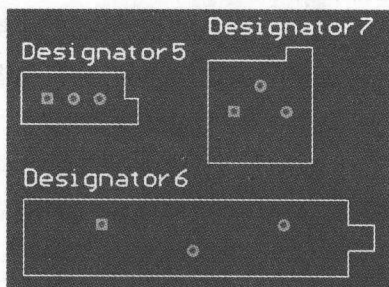


图 1-18 Altium Designer 中的电位器封装 VR 系列

(3) 电容 (无极性电容) 电路中的无极性电容如图 1-19 所示。

Altium Designer 中无极性电容的标识为 Cap，其封装属性为 RAD 系列。Altium Designer 中的无极性电容如图 1-20 所示。

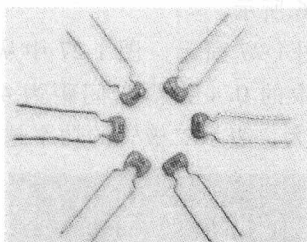


图 1-19 无极性电容

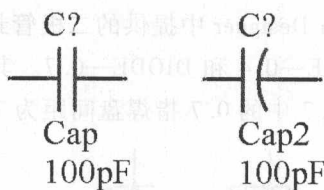


图 1-20 Altium Designer 中的无极性电容

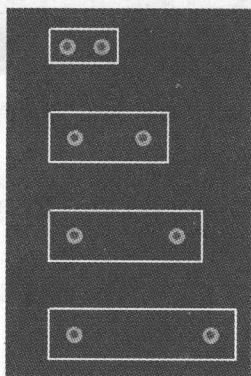


图 1-21 Altium Designer 中的无极性电容封装 RAD 系列

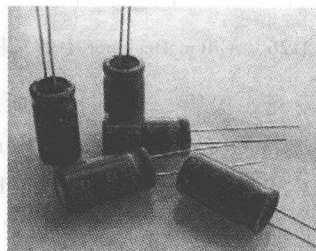


图 1-22 电解电容

Altium Designer 中提供的无极性电容封装 RAD 系列如图 1-21 所示。图 1-21 中自上向下依次为 RAD0.1、RAD0.2、RAD0.3、RAD0.4。其中，0.1 是指该电容在印制电路板上焊盘间的间距为 100mil，0.2 是指该电容在印制电路板上焊盘间的间距为 200mil，以此类推。

(4) 极性电容 电路中的极性电容（电解电容）如图 1-22 所示。

Altium Designer 中电解电容的标识为 Cap Pol，其封装属性为 RB 系列。Altium Designer 中的电解电容如图 1-23 所示。

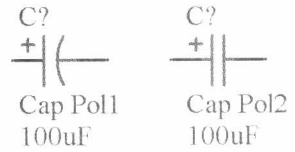


图 1-23 Altium Designer 中的电解电容

Altium Designer 中提供的电解电容封装 RB 系列如图 1-24 所示。图 1-24 中从左到右分别为 RB5—10.5 和 RB7.6—15。其中，RB5—10.5 中的 5 表示焊盘间的距离是 5mm，10.5 表示电容圆筒的外径为 10.5mm；RB7.6—15 的含义同上。

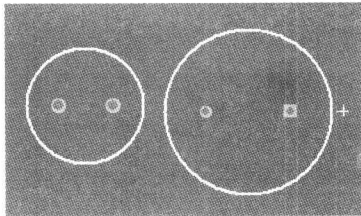


图 1-24 Altium Designer 中的电解电容封装 RB 系列

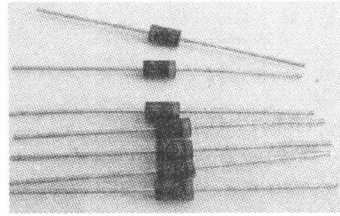


图 1-25 二极管

(5) 二极管 二极管的种类比较多，其中常用的有整流二极管 1N4001 和开关二极管 1N4148，如图 1-25 所示。

Altium Designer 中二极管的标识为 Diode（普通二极管）、D Schottky（肖特基二极管）、D Tunnel（隧道二极管）、D Varactor（变容二极管）及 Diode Zener（稳压二极管），其封装属性为 DIODE 系列。Altium Designer 中的二极管如图 1-26 所示。

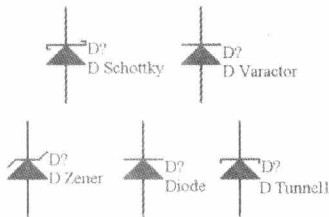


图 1-26 Altium Designer 中的二极管

Altium Designer 中提供的二极管封装 DIODE 系列如图 1-27 所示。图 1-27 中从上到下依次为 DIODE—0.4 和 DIODE—0.7。其中，DIODE—0.4 中的 0.4 指焊盘间距为 400mil；而 DIODE—0.7 中的 0.7 指焊盘间距为 700mil。后缀数字越大，表示二极管的功率越大。

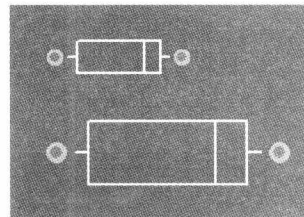


图 1-27 Altium Designer 中的二极管封装 DIODE 系列

对于发光二极管，如图 1-28 所示，Altium Designer 中的标识符为 LED，器件符号如图 1-29 所示。通常发光二极管使用 Altium Designer 中提供的 LED—0 和 LED—1 封装，如图 1-30 所示。图 1-30 中从左到右依次为 LED—1 和 LED—0 的封装形式。

(6) 晶体管 晶体管分为 PNP 型和 NPN 型，晶体管的 3 个引脚分别为 E、B 和 C，如图 1-31 所示。

Altium Designer 中晶体管的标识为 NPN、PNP，其封装属性为 T0 系列。Altium Designer 中的晶体管如图 1-32 所示。Altium Designer 中提供的晶体管封装 T092A 如图 1-33 所示。



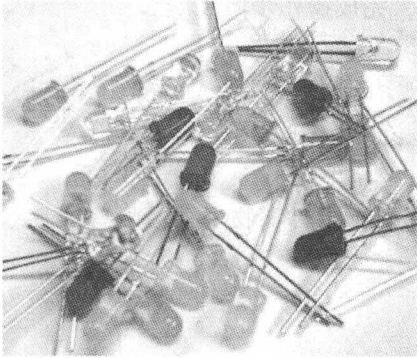


图 1-28 二极管

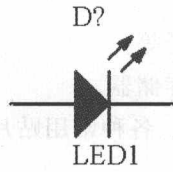


图 1-29 Altium Designer 中的发光二极管

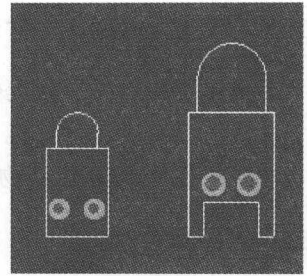


图 1-30 发光二极管封装

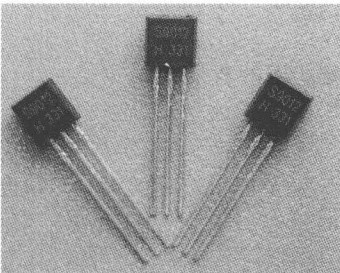


图 1-31 晶体管

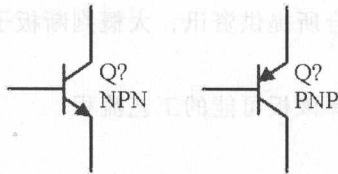


图 1-32 Altium Designer 中的晶体管

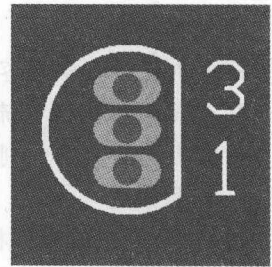
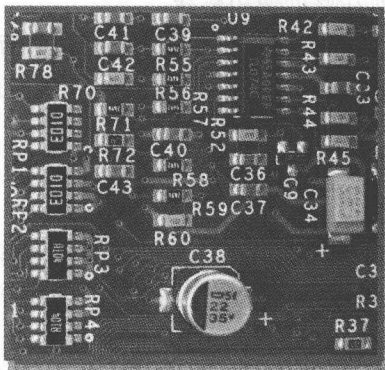


图 1-33 晶体管封装形式

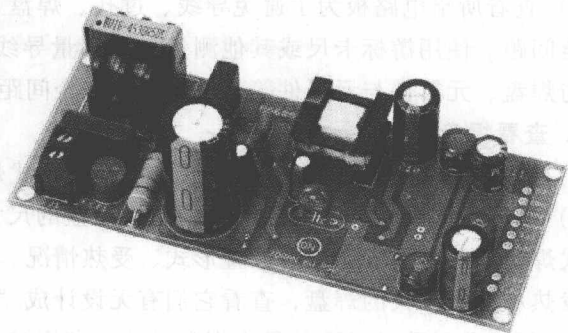
## ► 技能能力

### 1.1.4 工作任务描述

1) 根据给出的图 1-34 所示的 PCB 实物，区别电路板的板层、工艺、元器件类型、过孔、焊盘及线宽等。



a)



b)

图 1-34 PCB 实物图