

内容提要:

- 印制电路板的结构及功能
- PCB 制造工艺
- PCB 的名称定义
- PCB 板层
- 元件封装技术
- 电路板形状及尺寸定义
- 印制电路板设计的一般原则
- 电路板测试

目的: PCB 印制是整个工程的最终目的。由于要满足 PCB 功能上的需要,电路板的设计需要符合诸多设计规则,否则在实践中会产生如干扰、散热等诸多问题。本章将对 PCB 设计中的名词、常识以及部分界面进行介绍。

PCB 是 Printed Circuit Board 的英文缩写,即印制电路板。通常把在绝缘材料上,按预定设计,制成印制线路、印制元件或两者组合而成的导电图形,称为印制电路。而在绝缘基材上提供元件之间电气连接的导电图形,称为印制线路。这样就把印制电路或印制线路的成品板称为印制电路板,也称为印制板或印制电路板。

印制电路板的基板是由绝缘隔热、并不易弯曲的材质制作而成。在表面可以看到的细小线路是铜箔,原本铜箔是覆盖在整个板子上的,而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了,这些线路被称作导线或称布线,并用来提供 PCB 上零件的电路连接。

印制电路板应用到各种电子设备中,如电子玩具、手机、计算机等,只要有集成电路等电子元件,为了它们之间的电气互联,都会使用印制电路板。

5.1 印制电路板的构成及其基本功能

5.1.1 印制电路板的构成

如图 5-1 所示,一块完整的印制电路板主要由以下几部分构成。

- 绝缘基材:一般由酚醛纸基、环氧纸基或环氧玻璃布制成。

- 铜箔面：铜箔面为电路板的主体，它由裸露的焊盘和被绿油覆盖的铜箔电路组成，焊盘用于焊接电子元件。
- 阻焊层：用于保护铜箔电路，由耐高温的阻焊剂制成。
- 字符层：用于标注元件的编号和符号，便于印制电路板加工时的电路识别。
- 孔：用于基板加工、元件安装、产品装配以及不同层面的铜箔电路之间的连接。

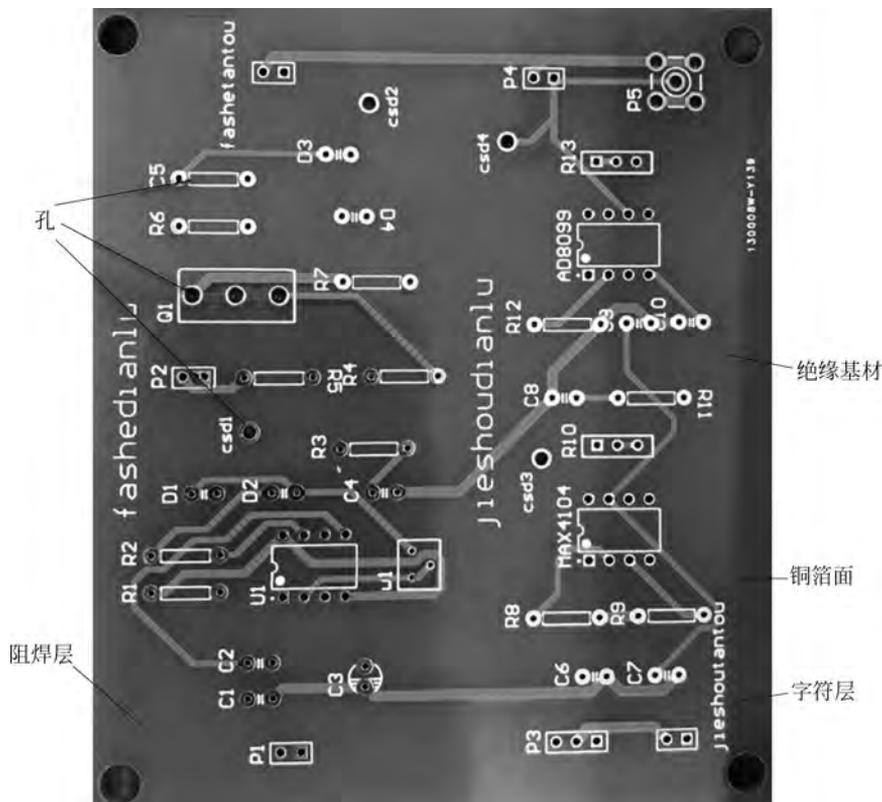




图 5-2 印制电路板为元件提供机械支撑

5.1.4 印制电路板的其他功能

印制电路板为自动装配提供阻焊图形,同时也为元件的插装、检查、维修提供识别字符和图形,如图 5-4 所示。

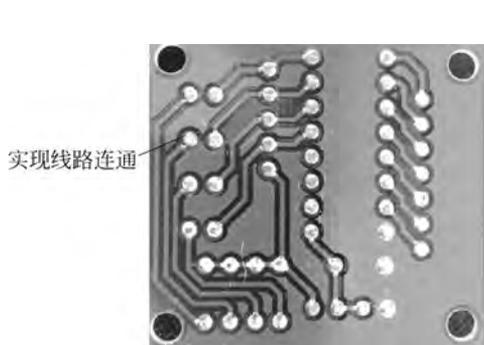


图 5-3 实现电气连接

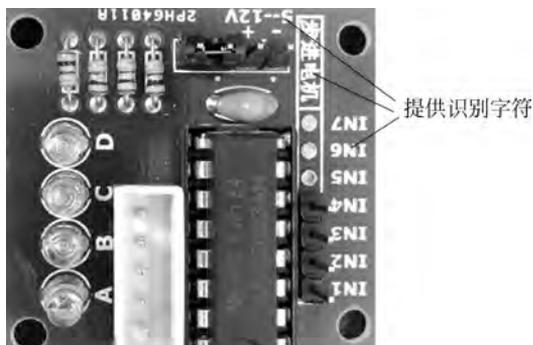


图 5-4 提供识别字符

5.2 PCB 制造工艺流程

5.2.1 菲林底版

菲林底版是印制电路板生产的前道工序。在生产某一种印制电路板时,印制板的每种导电图形(信号层电路图形和地、电源层图形)和非导电图形(阻焊图形和字符)至少都应有一张菲林底片。菲林底版在印制板生产中的用途如下:图形转移中的感光掩膜图形,包括线路图形和光致阻焊图形;网印工艺中的丝网模板的制作,包括阻焊图形和字符;机加工(钻孔和外型铣)数控机床编程依据及钻孔参考。

5.2.2 基板材料

覆铜箔层压板(Copper Clad Laminates,CCL)简称覆铜箔板或覆铜板,是制造印制

电路板(以下简称 PCB)的基板材料。目前最广泛应用的蚀刻法制成的 PCB,就是在覆铜箔板上有选择地进行蚀刻,最终得到所需的线路的图形。

覆铜箔板在整个印制电路板上,主要担负着导电、绝缘和支撑 3 个方面的功能。

5.2.3 拼版及光绘数据生成

PCB 设计完成后,因为 PCB 板形太小,不能满足生产工艺要求,或者一个产品由几块 PCB 组成,这样就需要把若干小板拼成一个面积符合生产要求的大板,或者将一个产品所用的多个 PCB 拼在一起,此道工序即为拼版。

拼版完成后,用户需生成光绘图数据。PCB 板生产的基础是菲林底版。早期制作菲林底版时,需要先制作出菲林底图,然后再利用底图进行照相或翻版。随着计算机技术的发展,印制板 CAD 技术得到极大的进步,印制板生产工艺水平也不断向多层、细导线、小孔径、高密度方向迅速提高,原有的菲林制版工艺已无法满足印制板的设计需要,于是出现了光绘技术。使用光绘机可以直接将 CAD 设计的 PCB 图形数据文件送入光绘机的计算机系统,控制光绘机利用光线直接在底片上绘制图形。然后经过显影、定影得到菲林底版。

光绘图数据的产生,是将 CAD 软件产生的设计数据转化称为光绘数据(多为 Gerber 数据),经过 CAM 系统进行修改、编辑,完成光绘预处理(拼版、镜像等),使之达到印制板生产工艺的要求。然后将处理完的数据送入光绘机,由光绘机的光栅(Raster)图像数据处理处理器转换为光栅数据,此光栅数据通过高倍快速压缩还原算法发送至激光光绘机,完成光绘。

5.3 PCB 中的名称定义

5.3.1 导线

原本铜箔是覆盖在整个板子上的,而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了,这些线路被称作导线或称布线,如图 5-5 所示。

5.3.2 ZIF 插座

为了将零件固定在 PCB 上面,将它们的接脚直接焊在布线上。在最基本的 PCB(单面板)上,零件都集中在其中一面,导线则都集中在另一面。因此就需要在板子上打洞,这样接脚才能穿过板子到另一面,所以零件的接脚是焊在另一面上的。其中,PCB 的正面被称为零件面,而 PCB 反面被称为焊接面。如果 PCB 上头有某些零件,需要在制作完成后也可以拿掉或装回去,那么该零件安装时会用到插座。由于插座是直接焊在板子上的,零件可以任意拆装。ZIF(Zero Insertion Force,零插拔力)插座可以让零件轻松插进插座,也可以拆下来。ZIF 插座如图 5-6 所示。

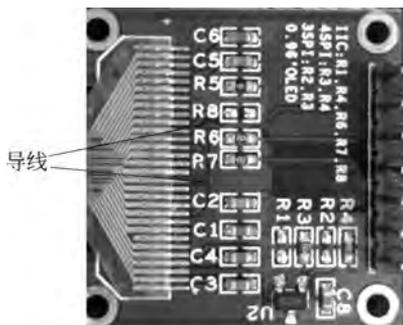


图 5-5 导线



图 5-6 ZIF 插座

5.3.3 边接头

如果要将两块 PCB 相互连结,一般都会用到俗称“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,将其中一片 PCB 上的金手指插进另一片 PCB 合适的插槽上(一般叫作扩充槽)。在计算机中,显示卡、声卡等都是借着金手指来与主机板连接的。边接头如图 5-7 所示。

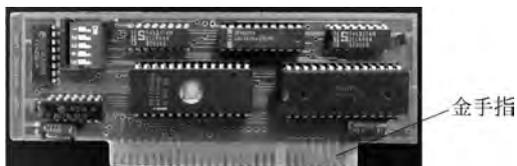


图 5-7 边接头

5.4 PCB 板层

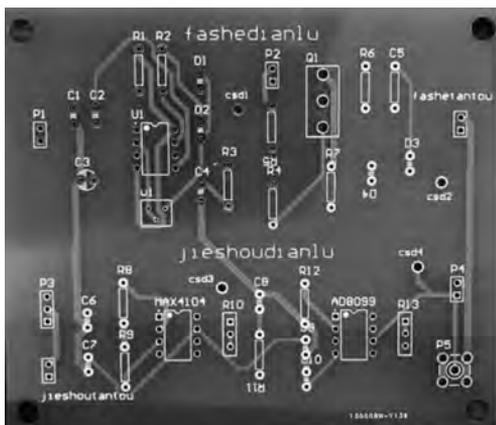
5.4.1 PCB 分类

1. 单面板

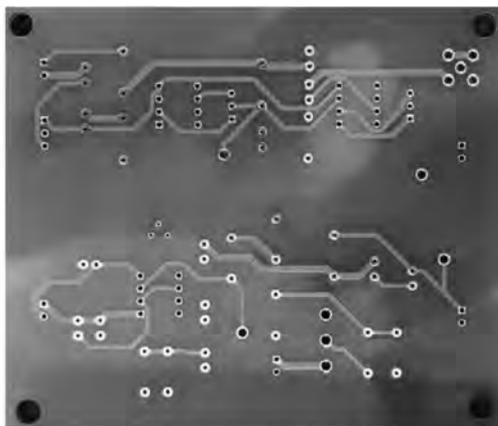
在最基本的 PCB 上,元件集中在其中一面,导线则集中在另一面上。因为导线只出现在其中一面,所以就称这种 PCB 为单面板(Single-sided)。因为单面板在设计线路上有许多严格的限制(因为只有一面,所以布线间不能交叉,而必须绕独立的路径),所以只有早期的电路才使用这类板子。

2. 双面板(Double-Sided Board)

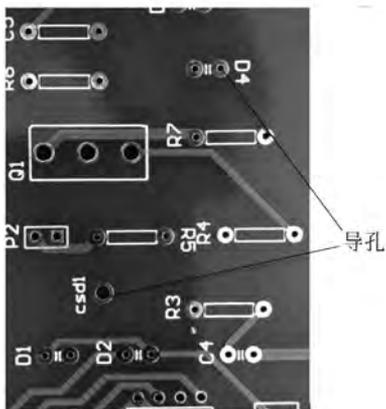
这种电路板的两面都有布线。不过要用上两面的导线,必须要在两面间有适当的电路连接才行。这种电路间的“桥梁”叫作导孔(Via)。导孔是在 PCB 上,充满或涂上金属的小洞,它可以与两面的导线相连接。因为双面板的面积比单面板大了一倍,而且因为布线可以互相交错(可以绕到另一面),它更适合用在比单面板更复杂的电路上。双面板实例如图 5-8 所示。



(a) 双面板上面



(b) 双面板下面



(c) 双面板上的导孔

图 5-8 双面板

3. 多层板(Multi-Layer Board)

为了增加可以布线的面积,多层板用上了更多单或双面的布线板。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板。大型的超级计算机大多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,超多层板已经渐渐不被使用了。因为PCB中的各层都会紧密结合,一般不太容易看出实际数目,不过如果仔细观察主机板,也许可以看出来。

刚刚提到的导孔,如果应用在双面板上,那么一定都是打穿整个板子。不过在多层板中,如果只想连接其中一些线路,那么使用导孔可能会浪费一些其他层的线路空间。埋孔(Buried vias)和盲孔(Blind vias)技术可以避免这个问题,因为它们只需穿透其中几层。盲孔是将几层内部PCB与表面PCB连接,无须穿透整个板子。埋孔则只连接内部的PCB,所以光是从表面是看不出来的。

在多层板 PCB 中,整层都直接连接上地线与电源。所以将各层分类为信号层(Signal)、电源层(Power)或是地线层(Ground)。如果 PCB 上的零件需要不同的电源供应,通常这类 PCB 会有两层以上的电源与电线层。

5.4.2 Altium Designer 中的板层管理

PCB 板层结构的相关设置及调整,是通过如图 5-9 所示的 Layer Stack Manager(层叠管理器)对话框来完成的。

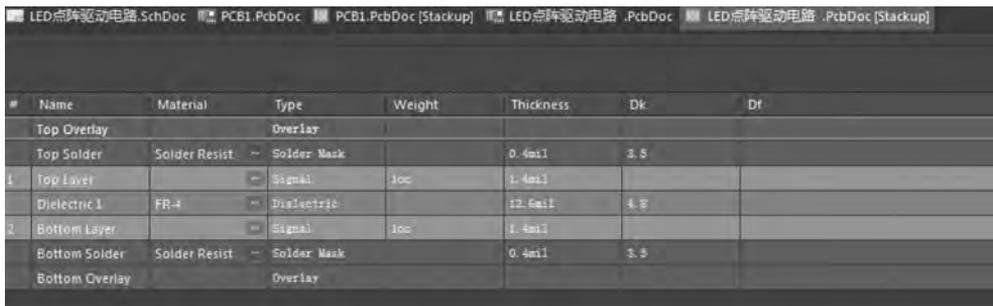


图 5-9 “层叠管理器”对话框

首先选择“文件”→“新的”→PCB 命令,接下来要打开 Layer Stack Manager(层叠管理器)对话框可以采用以下两种方式。为了适应软硬板,Altium Designer 19 可以进行多个叠层的设定。Altium Designer 19 的层叠管理器对于各个层的设定做了优化,使得可设置的内容变得更加详细而操作更加简单。在 Material 栏中可以对层的材质进行预定,完成预定以后便可在层叠管理器中直接使用。对于过孔和背钻 Altium Designer 19 中做了可视化的处理。

(1) 执行“设计”→“层叠管理器”菜单命令,如图 5-10 所示。

(2) 在编辑环境中内按 O 键,在弹出的菜单中执行“层叠管理器”命令。

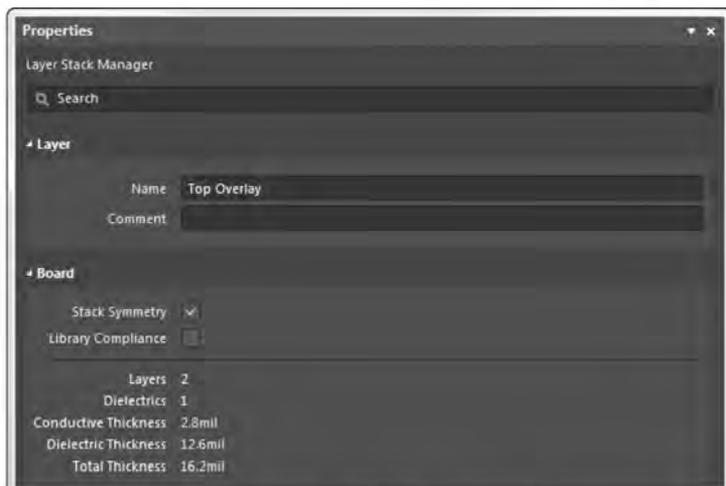
执行上述命令后将弹出两部分内容,如图 5-11 所示。

单击下方 Impedance 标签页,弹出阻抗设置界面如图 5-12 所示。此处例示的线宽等参数均为默认添加的值,读者可根据需要自行修改宽度等内容。Altium Designer 19 对于高速电路多层板的阻抗计算进行了优化,支持更复杂的阻抗计算公式。同时也支持了差分线的阻抗计算。

单击下方 Via Types 标签页,弹出过孔设置界面如图 5-13 所示。此处例示为默认添加的模式,读者可根据需要自行修改过孔的宽度占比等内容。由图 5-13 可以看出该过孔的位置与左侧层相对,这也就是 Altium Designer 19 做出的可视化处理。



图 5-10 “设计”→“层叠管理器”菜单命令



(a) Properties-Layer Stack Manager界面

#	Name	Material	Type	Weight	Thickness	Dk	Df
	Top Overlay		Overlay				
	Top Solder	Solder Resist	Solder Mask		0.4mil	3.5	
1	Top Layer		Signal	1oz	1.4mil		
	Dielectric1	FR-4	Dielectric		12.5mil	4.5	
2	Bottom Layer		Signal	1oz	1.4mil		
	Bottom Solder	Solder Resist	Solder Mask		0.4mil	3.5	
	Bottom Overlay		Overlay				

(b) 层叠管理器

图 5-11 层叠管理器内容

Top Ref	Bottom Ref	Width	Etch	Z	Z Dev...	Tp
2 - Bottom...		20.85mil	Inf	50.019	0.038%	159.2...
1 - Top La...		20.85mil	Inf	50.019	0.038%	159.2...

图 5-12 阻抗设置界面

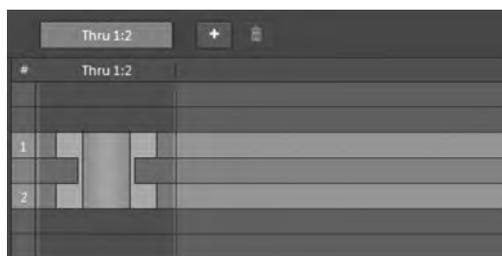


图 5-13 过孔设置界面

5.5 Altium Designer 中的分层设置

Altium Designer 为用户提供了多个工作层,板层标签用于切换 PCB 工作的层面,所选中的板层的颜色将显示在最前端。在 PCB 编辑环境中,按 O 键后执行“板层及颜色(视图选项)”命令,可打开 View Configuration 对话框,如图 5-14 所示。

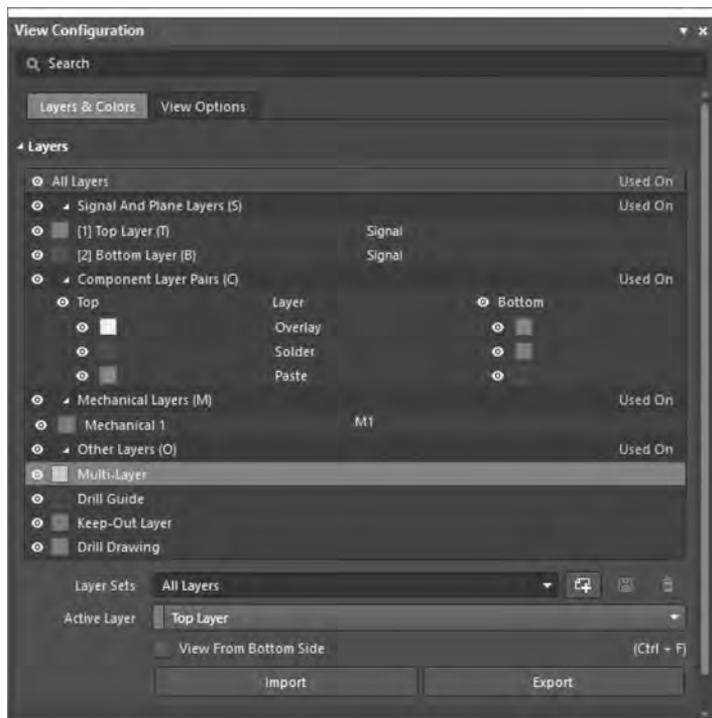


图 5-14 “视图配置”对话框

在该对话框中,可以设置某一层板的颜色与显示与否,以及某一功能的显示与否。同时可以设置 Layer Sets 即层合集,从而使得操作更加方便。单击 Import 按钮可以导入已设定好的层合集,如图 5-15 所示。

Altium Designer 提供的工作层主要有以下几种。

1. 信号层

Altium Designer 提供了 32 个信号层,分别为 Top layer(顶层)、Mid-Layer1(中间层 1)~Mid-Layer30(中间层 30)和 Bottom layer(底层)。信号层主要用于放置元件(顶层和底层)和走线。

2. 内平面

Altium Designer 提供了 16 个内平面层,分别为 Internal Plane1(内平面层第一层)~Internal Plane16(内平面层第十六层),内平面层主要用于布置电源线和地线网络。



图 5-15 Import Layer Sets From File 对话框

3. 机械层

Altium Designer 提供了 16 个机械层,分别为 Mechanical1(机械层第一层)~Mechanical16(机械层第十六层),机械层一般用于放置有关制板和装配方法的指示性信息,如电路板轮廓、尺寸标记、数据资料、过孔信息、装配说明等信息。制作 PCB 时,系统默认的机械层为 1 层。

4. 掩膜层

Altium Designer 提供了 4 个掩膜层,分别为 Top Paste(顶层锡膏防护层)、Bottom Paste(底层锡膏防护层)、Top Solder(顶层阻焊层)和 Bottom Solder(底层阻焊层)。

5. 丝印层

Altium Designer 提供了 2 个丝印层,分别为 Top Overlay(顶层丝印层)和 Bottom Overlay(底层丝印层)。丝印层主要用于绘制元件的外形轮廓、放置元件的编号、注释字符或其他文本信息。

6. 其他层

Drill Guide(钻孔说明)和 Drill Drawing(钻孔视图):用于绘制钻孔图和钻孔的位置。

Keep-Out Layer(禁止布线层):用于定义元件布线的区域。

Multi-Layer(多层):焊盘与过孔都要设置在多层上,如果关闭此层,焊盘与过孔就无法显示出来。

5.6 元件封装技术

5.6.1 元件封装的具体形式

元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,并将接脚焊在另一面上,这种技术称为插入式(Through Hole Technology, THT)封装;而接脚是焊在与零件同一面,不用为每个接脚的焊接而在 PCB 上钻洞,这种技术称为表面粘贴式(Surface Mounted Technology, SMT)封装。使用 THT 封装的元件需要占用大量的空间,并且要为每只接脚钻一个洞,因此它们的接脚实际上占用了两面的空间,而且焊点也比较大;SMT 元件也比 THT 元件要小,因此使用 SMT 技术的 PCB 板上零件要密集很多;SMT 封装元件也比 THT 元件要便宜,所以现今的 PCB 上大部分都是 SMT。但 THT 元件和 SMT 元件比起来,与 PCB 连接的构造比较好。

元件封装的具体形式如下。

1. SOP/SOIC 封装

SOP 是英文 Small Outline Package 的缩写,即小外形封装。SOP 封装技术由飞利浦公司开发,以后逐渐派生出 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)及 SOT(小外形晶体管)、SOIC(小外形集成电路)等。SOJ-14 封装如图 5-16 所示。

2. DIP 封装

DIP 是英文 Double In-line Package 的缩写,即双列直插式封装。其属于插装式封装,引脚从封装两侧引出,封装材料有塑料和陶瓷两种。DIP 是最普及的插装型封装,应用范围包括标准逻辑 IC、存储器 LSI 及微机电路。DIP-14 封装如图 5-17 所示。

3. PLCC 封装

PLCC 是英文为 Plastic Leaded Chip Carrier 的缩写,即塑封 J 引线封装。PLCC 封装方式,外形呈正方形,四周都有引脚,外形尺寸比 DIP 封装小得多。PLCC 封装适合用 SMT 表面安装技术在 PCB 上安装布线,具有外形尺寸小、可靠性高的优点。PLCC-20 封装如图 5-18 所示。

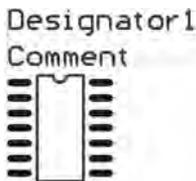


图 5-16 SOJ-14 封装

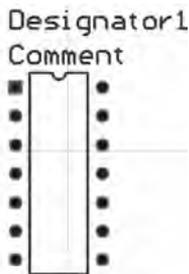


图 5-17 DIP-14 封装

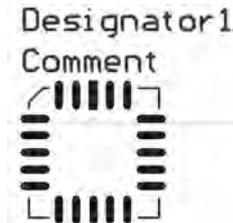


图 5-18 PLCC-20 封装

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 工艺能有效利用空间,从而降低印制电路板空间大小的要求。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 卡和网络元件。

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。PQFP84(N)封装如图 5-19 所示。

6. TSOP 封装

TSOP 是英文 Thin Small Outline Package 的缩写,即薄型小尺寸封装。TSOP 内存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 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。TSOP8×14 封装如图 5-20 所示。

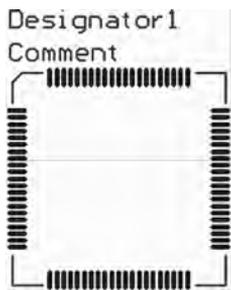


图 5-19 PQFP84(N)封装



图 5-20 TSOP8×14 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 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,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少;寄生参数减小,信号传输延时小,使用频率大大提高;组装可用共面焊接,可靠性高。BGA10.25.1.5 封装如图 5-21 所示。

5.6.2 Altium Designer 中的元件及封装

Altium Designer 中提供了许多元件模型及其封装形式,如电阻、电容、二极管、三极管等。

1. 电阻

电阻是电路中最常用的元件,如图 5-22 所示。

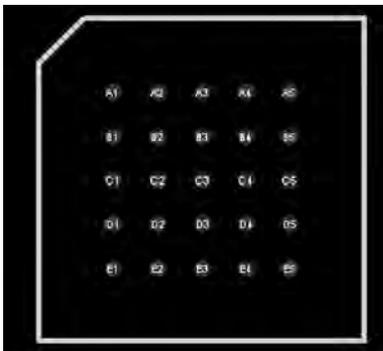


图 5-21 BGA10-25-1.5 封装

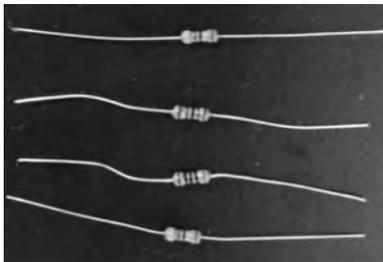


图 5-22 电阻

Altium Designer 中的电阻的标识为 Res1、Res2、Res semi 等,其封装属性为 AXIAL 系列。而 AXIAL 的中文含义就是轴状的。Altium Designer 中电阻如图 5-23 所示。

Altium Designer 中提供的电阻封装 AXIAL 系列如图 5-24 所示。

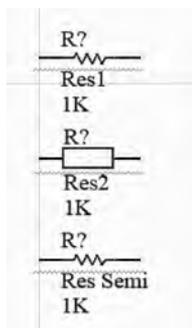


图 5-23 Altium Designer 中的电阻

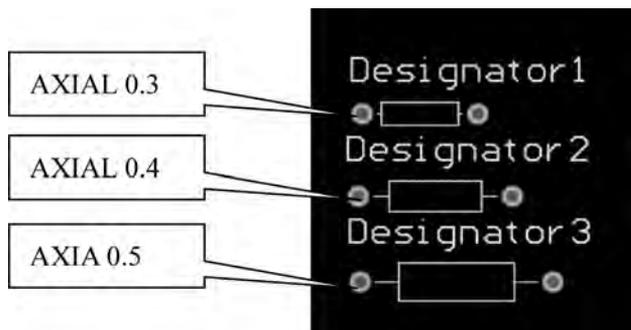


图 5-24 Altium Designer 中的电阻封装 AXIAL 系列

图 5-24 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 5-25 所示。

Altium Designer 中的电阻的标识为 RPOT 等,其封装属性为 VR 系列。Altium Designer 中的电位器如图 5-26 所示。

Altium Designer 中提供的电位器封装 VR 系列如图 5-27 所示。

3. 电容(无极性电容)

电路中的无极性电容元件如图 5-28 所示。

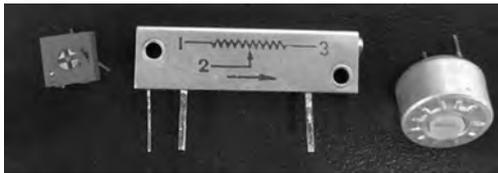


图 5-25 电位器

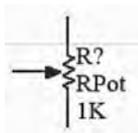


图 5-26 Altium Designer 中的电位器

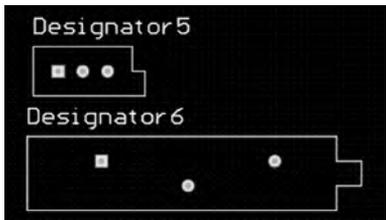


图 5-27 Altium Designer 中电位器和抽头电阻封装 VR 系列

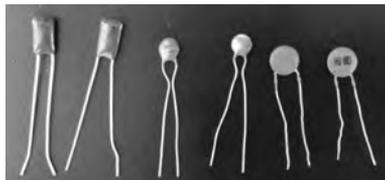


图 5-28 无极性电容

Altium Designer 中无极性电容的标识为 CAP 等,其封装属性为 RAD 系列。Altium Designer 中的电容如图 5-29 所示。

Altium Designer 中提供的无极性电容封装如图 5-30 所示。图中左侧为 Cap 的封装 RAD-0.3,右侧为 Cap2 的封装 CAPR5-4X5。其中 0.3 是指该电阻在印制电路板上焊盘间的间距为 300mil,以此类推。

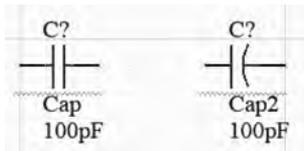


图 5-29 Altium Designer 中的无极性电容



图 5-30 无极性电容封装 RAD 系列

4. 极性电容

电路中的极性电容元件(如电解电容)如图 5-31 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 5-32 所示。

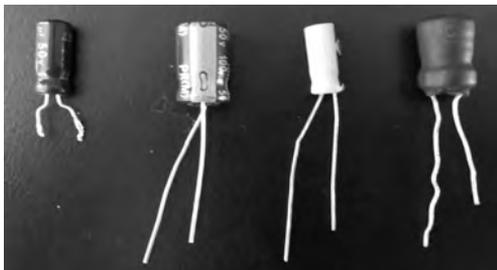


图 5-31 电解电容

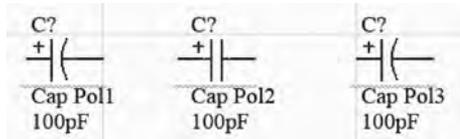


图 5-32 Altium Designer 中的电解电容

Altium Designer 中提供的电解电容封装如图 5-33 所示。图中从左到右分别为 RB7.6-15、POLAR0.8 和 C0805。其中 RB7.6-15 中的 15 表示焊盘间的距离是 15mm，同理可推知其他。

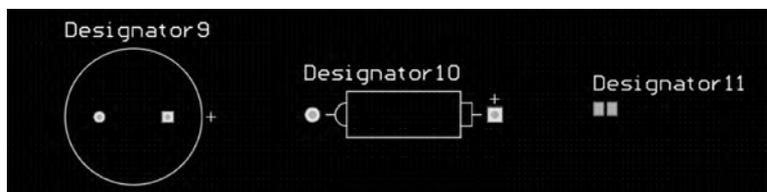


图 5-33 电解电容封装 RB 系列

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 5-34 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 5-35 所示。



图 5-34 二极管

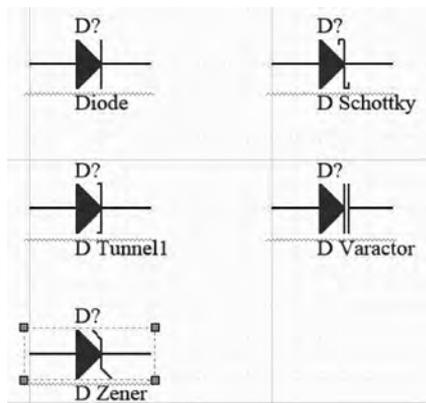


图 5-35 Altium Designer 中的二极管

Altium Designer 中提供的二极管封装 DIODE 系列如图 5-36 所示。

图 5-36 中从左到右依次为：DIODE-0.4、DIODE-0.7。其中 DIODE-0.4 中的 0.4 表示焊盘间距 400mil；而 DIODE-0.7 中的 0.7 表示焊盘间距 700mil。后缀数字越大，表示二极管的功率越大。

对于发光二极管，Altium Designer 中的标识符为 LED，元件符号如图 5-37 所示。



图 5-36 二极管封装 DIODE 系列

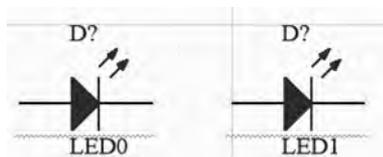


图 5-37 Altium Designer 中的发光二极管

通常发光二极管使用 Altium Designer 中提供的 LED-0、LED-1 封装,如图 5-38 所示。

6. 三极管

三极管分为 PNP 型和 NPN 型,三极管的三个引脚分别为 E、B 和 C,如图 5-39 所示。

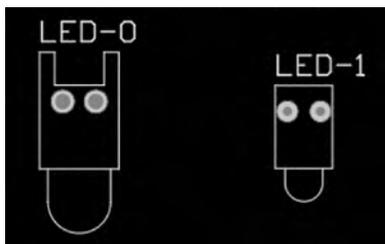


图 5-38 发光二极管封装



图 5-39 三极管

Altium Designer 中三极管的标识为 NPN、PNP,其封装属性为 TO 系列。Altium Designer 中的三极管如图 5-40 所示。

Altium Designer 中 2N3904 与 2N3906 的三极管封装 TO92A,如图 5-41 所示。

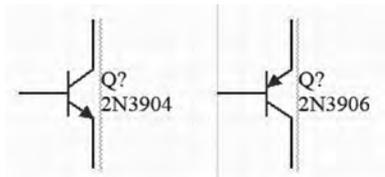


图 5-40 Altium Designer 中的三极管



图 5-41 三极管封装形式

7. 集成 IC 电路

常用的集成电路 IC 如图 5-42 所示。

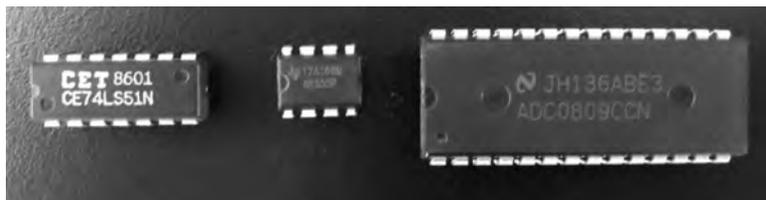


图 5-42 常用的集成电路 IC

集成电路 IC 有双列直插封装形式 DIP,也有单排直插封装形式 SIP。Altium Designer 中的常用集成电路如图 5-43 所示。

Altium Designer 中提供的集成电路 IC 封装 DIP、SIP 系列如图 5-44 所示,其中上方的是 SIP 封装形式,下方的是 DIP 封装形式。

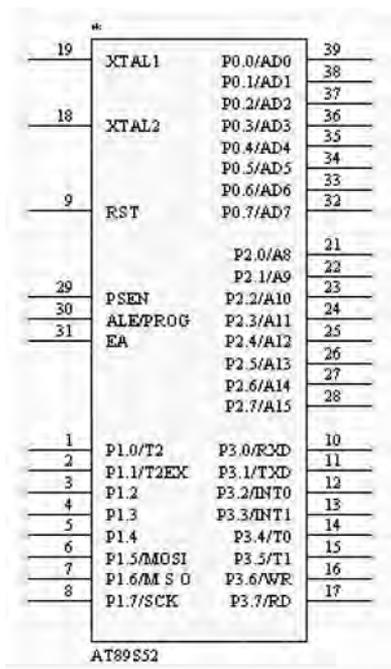


图 5-43 Altium Designer 中的常用集成电路形式

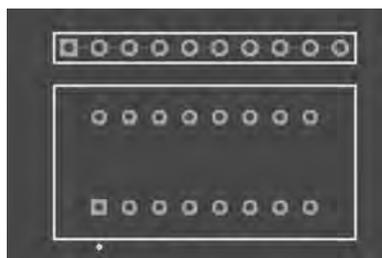


图 5-44 集成电路 IC 封装 DIP、SIP 系列

8. 单排多针插座

单排多针插座的实物如图 5-45 所示。Altium Designer 单排多针插座标称为 Header, Altium Designer 中的单排多针插座元件如图 5-46 所示。



图 5-45 单排多针插座

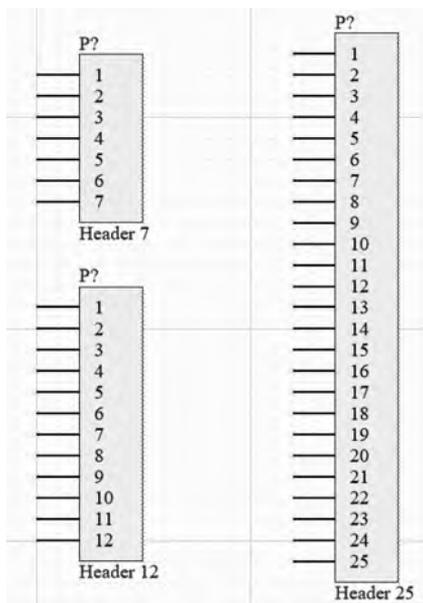


图 5-46 Altium Designer 中的单排多针插座元件

Header 后的数字表示单排插座的针数,如 Header 12,即为 12 脚单排插座。
Altium Designer 中提供的单排多针插座封装为 SIP 系列,如图 5-47 所示。

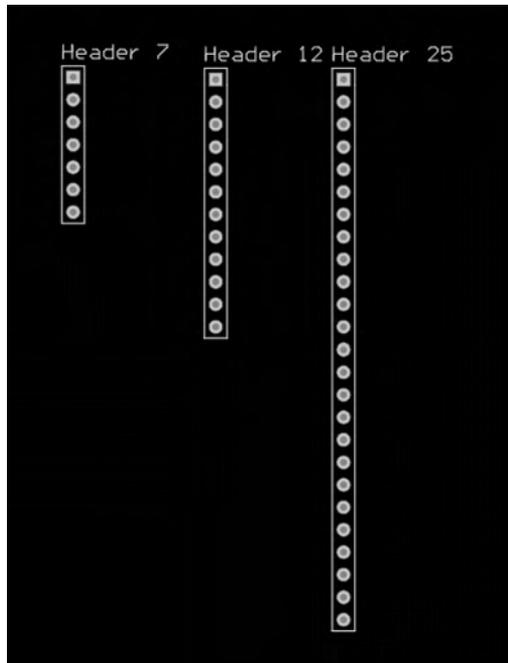


图 5-47 单排多针插座封装形式

9. 整流桥

整流桥的实物如图 5-48 所示。

Altium Designer 整流桥标称为 Bridge, Altium Designer 中的整流桥元件如图 5-49 所示。



图 5-48 整流桥

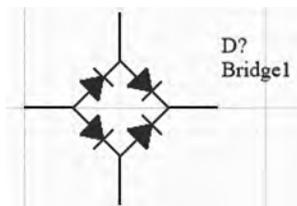


图 5-49 Altium Designer 中提供的整流桥元件

Altium Designer 中提供的整流桥封装为 D 系列,如图 5-50 所示。

10. 数码管

数码管的实物如图 5-51 所示。Altium Designer 数码管标称为 Dpy Amber, Altium Designer 中的数码管元件如图 5-52 所示。

Altium Designer 中提供的数码管封装为 LEDDIP 系列,如图 5-53 所示。



图 5-50 整流桥 D-38 封装和整流桥 D-46_6A 封装



图 5-51 数码管实物

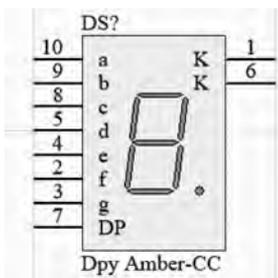


图 5-52 数码管元件

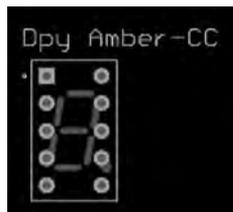


图 5-53 数码管封装形式

5.6.3 元件引脚间距

元件不同,其引脚间距也不相同。大多数引脚间距都是 100mil(2.54mm)的整数倍。在 PCB 设计中必须准确测量元件的引脚间距,因为它决定着焊盘放置间距。通常对于非标准元件的引脚间距,用户可使用游标卡尺进行测量。

焊盘间距是根据元件引脚间距来确定的。而元件间距有软尺寸和硬尺寸之分。软尺寸是指基于引脚能够弯折的元件,如电阻、电容、电感等,如图 5-54 所示。



图 5-54 引脚间距为软尺寸的元件

因引脚间距为软尺寸的元件引脚可弯折,故设计该类元件的焊盘孔距比较灵活。而硬尺寸是基于引脚不能弯折的元件,如排阻、三极管、集成 IC 元件,如图 5-55 所示。

由于其引脚不可弯折,因此其对焊盘孔距要求相当准确。

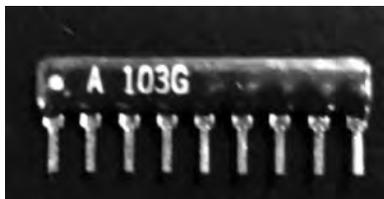


图 5-55 引脚间距为硬尺寸的元件

5.7 电路板形状及尺寸定义

电路板的尺寸的设置直接影响电路板成品的质量。当 PCB 板尺寸过大时,必然造成印制线路长,而导致阻抗增加,致使电路的抗噪声能力下降,成本也增加;若 PCB 板尺寸过小,则导致 PCB 板的散热不好,且印制线路密集,必然使邻近线路易受干扰。因此电路板的尺寸定义应引起设计者的重视。通常 PCB 外形及尺寸应根据设计的 PCB 在产品中的位置、空间的大小、形状以及与其他部件的配合来确定。

5.7.1 根据安装环境设置电路板形状及尺寸

当设计的电路板有具体的安装环境时,用户需要根据实际的安装环境设置电路板的形状及尺寸。例如,设计并行下载电路,并行下载电路的安装环境如图 5-56 所示。



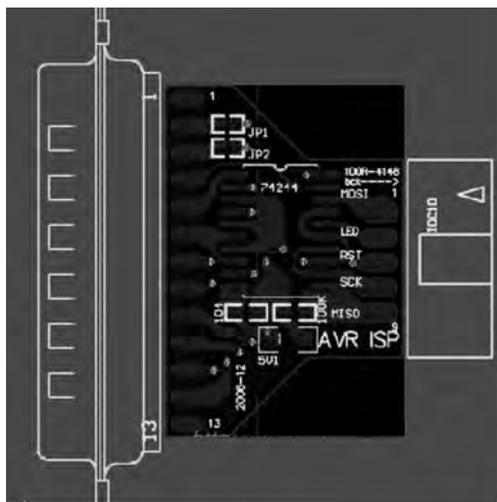
图 5-56 并行下载电缆

并行下载电路板需要根据其安装环境设置其形状及尺寸。并行下载电路板设计如图 5-57 所示。

5.7.2 布局布线后定义电路板尺寸

当电路板的尺寸及形状没有特别要求时,可在完成布局布线后,再定义板框。如图 5-58 所示,电路没有具体的板框尺寸及形状要求,因此用户可先根据电路功能进行布局布线。

布局布线后,用户可根据布线结果绘制板框,结果如图 5-59 所示。



(a) 并行下载电路PCB板



(b) 并行下载电路实物板

图 5-57 并行下载电路板设计

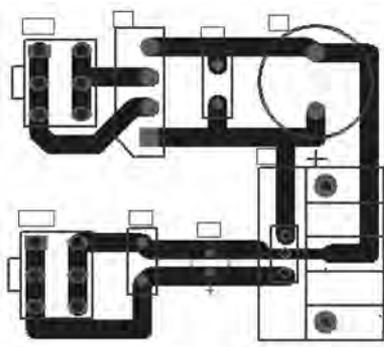


图 5-58 先进行布局布线操作

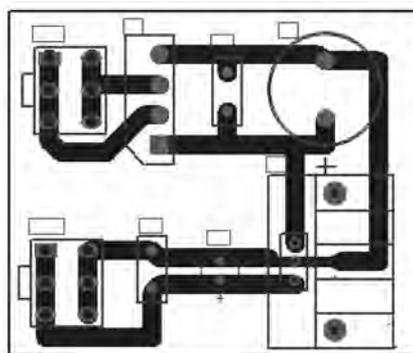


图 5-59 布局布线后绘制板框

5.8 印制电路板设计的一般原则

在 PCB 的设计过程中,需要遵守一定的布线、布局规则,不满足规则的设计可能会导致不满足原本的设计要求,甚至无法实现设计功能。下面对 PCB 设计过程中常用的设计要求进行介绍。

5.8.1 PCB 导线

在 PCB 设计中,用户应注意 PCB 走线的长度、宽度、走线间的间距。

1. 导线长度

PCB 制板设计中走线应尽量短。

2. 导线宽度

PCB 导线宽度与电路电流承载值有关,一般导线越宽,承载电流的能力越强。因此在布线时,应尽量加宽电源、地线宽度,最好是地线比电源线宽,它们的关系是:地线>电源线>信号线,通常信号线宽为:0.2~0.3mm(8~12mil)。

在实际的 PCB 制作过程中,导线宽度应以能满足电气性能要求而又便于生产为宜,它的最小值根据承受的电流大小而定,导线宽度和间距可取 0.3mm(12mil);导线的宽度在大电流的情况下还要考虑其温升问题。

在 DIP 封装的情况下,需要考虑 IC 脚间导线,当两脚间通过 2 根线时,焊盘直径可设为 50mil、线宽与线距都为 10mil;当两脚间只通过 1 根线时,焊盘直径可设为 64mil、线宽与线距都为 12mil。

3. 导线间距

相邻导线间必须满足电气安全要求,其最小间距至少要能适合承载的电压。

导线间最小间距主要取决于相邻导线的峰值电压差、环境大气压力、印制板表面所用的涂覆层。无外涂覆层的导线间距(海拔高度为 3048m)如表 5-1 所示。

表 5-1 无外涂覆层的导线间距(海拔高度为 3048m)

导线间的直流或交流峰值电压(V)	最小间距
0~50	0.38mm 或 15mil
51~150	0.635mm 或 25mil
151~300	1.27mm 或 50mil
301~500	2.54mm 或 100mil
>500	0.005mm/V 或 0.2mil/V

无外涂覆层的导线间距(海拔高度高于 3048m)如表 5-2 所示。

表 5-2 无外涂覆层的导线间距(海拔高度高于 3048m)

导线间的直流或交流峰值电压(V)	最小间距
0~50	0.635mm 或 25mil
51~100	1.5mm 或 59mil
101~170	3.2mm 或 126mil
171~250	12.7mm 或 500mil
>250	0.025mm/V 或 1mil/V

内层和有外涂覆层的导线间距(任意海拔高度)如表 5-3 所示。

表 5-3 内层和有外涂覆层的导线间距(任意海拔高度)

导线间的直流或交流峰值电压(V)	最小间距
0~9	0.127mm 或 5mil
10~30	0.25mm 或 10mil
31~50	0.38mm 或 15mil

续表

导线间的直流或交流峰值电压(V)	最小间距
51~150	0.51mm 或 20mil
151~300	0.78mm 或 31mil
301~500	1.52mm 或 60mil
>250	0.003mm/V 或 0.12mil/V

此外,导线不能有急剧的拐弯和尖角,拐角不得小于 90° 。

5.8.2 PCB 焊盘

元件通过 PCB 板上的过孔,用焊锡焊接固定在 PCB 板上,印制导线把焊盘连接起来,实现元件在电路中的电气连接,过孔及其周围的铜箔称为焊盘,如图 5-60 所示。

焊盘的直径和内孔尺寸需从元件引脚直径、公差尺寸、焊锡层厚度、孔金属化电镀层厚度等方面考虑,焊盘的内孔一般不小于 0.6mm (24mil),因为小于 0.6mm (24mil) 的孔开模冲孔时不易加工,通常情况下以金属引脚直径值加 0.2mm (8mil) 作为焊盘内孔直径。如电容的金属引脚直径为 0.5mm (20mil) 时,其焊盘内孔直径应设置为 $0.5+0.2=0.7\text{mm}$ (28mil)。而焊盘直径与焊盘内孔直径之间的关系如表 5-4 所示。

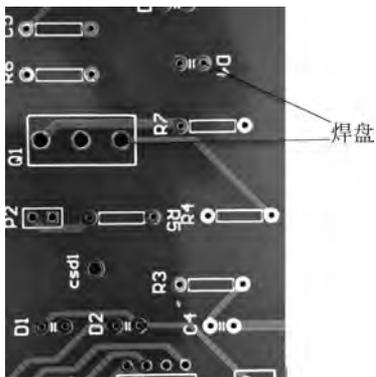


图 5-60 PCB 中的焊盘

表 5-4 焊盘直径与焊盘内孔直径之间的关系

内孔直径(mm)	焊盘直径(mm)	内孔直径(mil)	焊盘直径(mil)
0.4	1.5	16	59
0.5		20	
0.6		24	
0.8	2	31	79
1.0	2.5	39	98
1.2	3.0	47	118
1.6	3.5	63	138
2.0	4	79	157

通常焊盘的外径一般应当比内孔直径大 1.3mm (51mil) 以上。

当焊盘直径为 1.5mm (59mil) 时,为了增加焊盘抗剥强度,可采用长不小于 1.5mm (59mil)、宽为 1.5mm (59mil) 的长圆形焊盘。

PCB 板设计时,焊盘的内孔边缘应放置到距离 PCB 板边缘大于 1mm (39mil) 为位置,以避免加工时焊盘缺损;当与焊盘连接的导线较细时,要将焊盘与导线之间的连接设计成水滴状,以避免导线与焊盘断开;相邻的焊盘要避免成锐角等。

此外,在 PCB 设计中,用户可根据电路特点选择不同形状的焊盘。焊盘选择依据表 5-5 所示。

表 5-5 焊盘形状选取原则

焊盘形状	形状描述	用途
	圆形焊盘	广泛用于元件规则排列的单、双面 PCB 中
	方形焊盘	用于 PCB 板上元件大而少、印制导线简单的电路
	多边形焊盘	用于区别外径接近而孔径不同的焊盘,以便于加工和装配

5.8.3 印制电路板的抗干扰设计

印制电路板的抗干扰设计与具体电路有着密切的关系,这里仅就 PCB 抗干扰设计的几项常用措施做一些说明。

1) 电源线设计

根据印制电路板电流的大小,选择合适的电源,尽量加粗电源线宽度,减小回路电阻。同时,使电源线、地线的走向和电流的方向一致,这样有助于增强抗噪声能力。

2) 地线设计

地线设计的原则是:

- 数字地与模拟地分开。若电路板上既有逻辑电路又有线性电路,应使它们尽量分开。低频电路的地应尽量采用单点并联接地,实际布线有困难时可部分串联后再并联接地。高频电路宜采用多点串联接地,地线应短而粗,高频元件周围尽量用栅格状的大面积铜箔。
- 接地线应尽量加粗。若接地线用很细的线条,则接地点位随电流的变换而变化,使抗噪声能力降低。因此应将接地线加粗,使它能通过的电流三倍于印制电路板上的允许电流。如有可能,接地线应在 2~3mm。
- 接地线构成回路。只由数字电路组成的印制电路板,其接地电路构成闭环能提高抗噪声能力。

5.9 电路板测试

电路板制作完成之后,用户需测试电路板是否能正常工作。测试分为两个阶段:第一阶段是裸板测试,主要目的在于测试未插置元件之前电路板中相邻铜膜走线间是否存在短路的现象;第二阶段的测试是组合板的测试,主要目的在于测试插置元件并焊接之

后整个电路板的工作情况是否符合设计要求。

电路板的测试需要通过测试仪器(如示波器、频率计或万用表等)进行。为了使测试仪器的探针便于测试电路,Altium Designer 提供了生成测试点功能。

一般合适的焊盘和过孔都可作为测试点,当电路中无合适的焊盘和过孔时,用户可生成测试点。测试点可能位于电路板的顶层或底层,也可以双面都有。

- PCB上可设置若干个测试点,这些测试点可以是孔或焊盘。
- 测试孔设置与再流焊导通孔要求相同。
- 探针测试支撑导通孔和测试点。

采用在线测试时,PCB上要设置若干个探针测试支撑导通孔和测试点,这些孔或点和焊盘相连时,可从有关布线的任意处引出,但应注意以下几点。

- 要注意不同直径的探针进行自动在线测试(ATE)时的最小间距。
- 导通孔不能选在焊盘的延长部分,与再流焊导通孔要求相同。
- 测试点不能选择在元件的焊点上。

习题

1. 简述印制电路板的构成和基本功能。
2. 什么是俗称的金手指?
3. 如何对 PCB 进行分类?
4. 什么是元件封装技术?