

单元五 PCB 设计基础

知识目标

了解印制电路板的结构及电路板上各种对象的作用；
掌握 PCB 工作参数的设置方法；
掌握元件封装的概念、分类及编号的格式。

技能目标

能根据需要设定 PCB 界面的工作参数；
能正确地将 PCB 中的元件封装与原理图中的元件对应。



相关描述

前面的各个单元对原理图的设计进行了详细的介绍,从本单元开始将进入 Protel DXP 的第二个设计系统——印制电路板(PCB)设计系统,基于 Protel DXP 设计的印制电路板与实际印制电路板的设计密切相关。本单元是印制电路板设计的基础部分,包含三个学习情景,介绍了印制电路板、PCB 编辑设置及元件封装的基础知识。

学习情景一 印制电路板基础

一、印制电路板的结构

印制电路板(printed circuit board,PCB)简称印制板,通过印制板上的印制导线、焊盘及金属化过孔、覆铜区等导电图形实现元件引脚之间的电气连接。通常,印制电路板的结构有单面板、双面板和多层板 3 种。

1. 单面板

单面板是一面覆铜,而另一面没有覆铜的电路板,覆铜的一面用来布线和连线,另一面用来放置元件。单面板结构简单,没有过孔,成本低,被广泛应用。但由于单面板只能在一面布线,设计往往比双面板和多层板困难得多,一般线路相对简单、工作频率较低电子产

品,如收录机、电视机、计算机显示器等采用单面板。

2. 双面板

双面板是两面都覆铜的电路板,包含顶层和底层,两层都可以布线,但一般元件放置在顶层,即顶层为元件面,底层为焊锡层面。双面板的电路一般比单面板的电路复杂,含有金属化过孔,成本高,但由于两层都可以走线,布线相对容易,应用范围很广,如 VCD 机、单片机控制板等均采用双面板。

3. 多层板

多层板是具有多个工作层的电路板,除了顶层、底层,还包括中间层、内部电源或接地层等,层与层之间的电气连接通过元件引脚焊盘和金属化过孔来实现。多层板可布线层数多,走线方便,一般用于复杂电路的设计,如计算机设备的主机板、存储条、显示卡等均采用 4 层或 6 层的电路板。

二、印制电路板中的各种对象

印制电路板中有铜膜导线、焊盘、过孔、字符、元件轮廓、助焊剂和阻焊剂等对象,如图 5-1 所示。

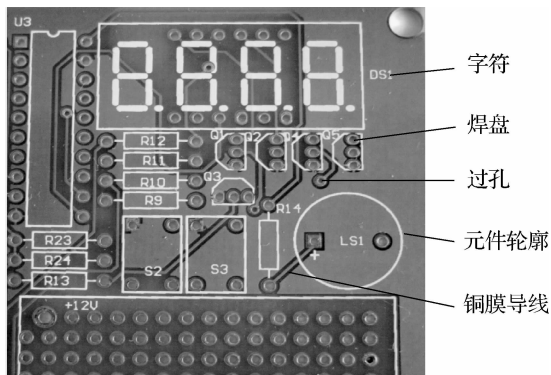


图 5-1 印制电路板

1. 铜膜导线

铜膜导线用来连接各个元件引脚焊盘,简称导线,具有电气特性,是印制电路板重要的组成部分,印制电路板设计时布置导线是一个关键的环节。设计 PCB 时还会出现另外一种线,常称之为飞线,即预拉线,相比导线它只是形式上表示各元件之间的连接关系,并不具有电气特性。

2. 焊盘

焊盘用来放置焊锡,连接导线和元件引脚,具有电气特性。Protel DXP 在元件封装库中提供的焊盘,按形状分为圆形、方形、八角形焊盘等;按元件封装的类型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,而表面粘贴式焊盘无须钻孔。在选择元件的焊盘类型时,要综合考虑元件的形状、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,电流、发热和受力较大的焊盘可设计成泪滴状。常见的焊盘的形状与尺寸如图 5-2 所示。

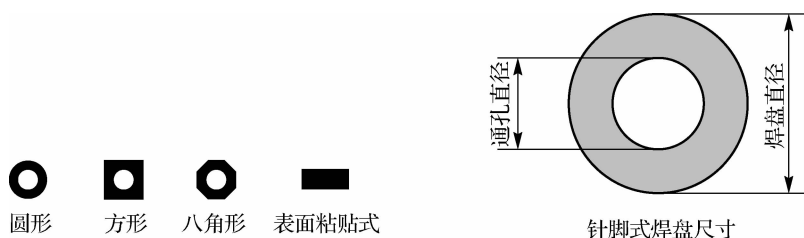


图 5-2 常见焊盘的形状与尺寸

3. 过孔

过孔用来连接不同板层的铜膜导线,具有电气特性。过孔有三种,即从顶层到底层的穿透式过孔,从顶层到中间层或从中间层到底层的盲过孔,以及中间层内的隐藏过孔。过孔的内径(hole size)与外径(diameter)尺寸一般小于焊盘的内外径尺寸,如图 5-3 所示为过孔外形。

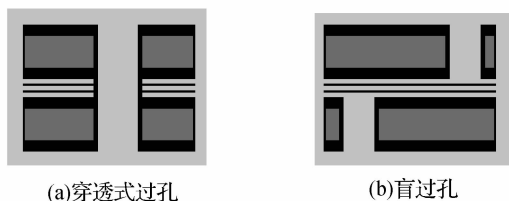


图 5-3 过孔外形

4. 字符

字符用来表明元件的序号、类型或其他需要说明的内容,不具有电气特性。

5. 元件轮廓

元件轮廓用来表明元件实际占空间的大小及元件在电路板中的位置,不具有电气特性。

6. 助焊剂和阻焊剂

助焊剂涂于焊盘上,用于提高可焊性;阻焊剂刚好相反,涂于焊盘以外的各部位,用于防止非焊盘处的位置粘上锡。这两种焊剂都不具有电气特性。

三、印制电路板的工作层

印制电路板是由层状结构构成的,不同的电路板有不同的工作层面。前面提到的单面板也并不是工作层面只有一个,同样双面板也不是只有两个工作层面。Protel DXP 提供了多个工作层供用户选择。

1. 信号层

Protel DXP 提供的信号层(Signal Layers)主要用来放置元件和布置导线,包括 Top Layer(顶层)、Bottom Layer(底层)和 Mid Layer(中间层)。顶层一般用于放置元件和布线,底层一般用于布线和焊接,中间层位于顶层和底层之间,在实际的电路板中,中间层是看不见的。

2. 内部电源/接地层

Protel DXP 提供的内部电源/接地层 (Internal Plane Layers) 用来放置电源和地线, 主要用于多层板。

3. 机械层

Protel DXP 提供的机械层 (Mechanical Layers) 用来放置有关制板和装配方法的信息, 如电路板的外形尺寸、尺寸标记、数据资料、过孔信息和装配说明等。

4. 阻焊层

Protel DXP 中有 Top Solder Mask Layers (顶层阻焊层) 和 Bottom Solder Mask Layers (底层阻焊层) 两个阻焊层, 在设计过程中匹配焊盘, 表示阻焊剂的涂覆位置。

5. 锡膏防护层

Protel DXP 中有顶层锡膏防护层 (Top Paste Layers) 和底层锡膏防护层 (Bottom Paste Layers) 两个锡膏防护层。只有在采用表面粘贴式元件的印制电路板上才需要该防护层, 对应的是表面粘贴式元件的焊盘。

6. 禁止布线层

禁止布线层 (Keep-Out Layer) 用来定义放置元件和布线的有效区, 在该层绘制一个封闭区域作为布线的有效区, 在该区域以外是不能自动布局布线的。

7. 丝印层

Protel DXP 提供了 Top Overlayer (顶层丝印层) 和 Bottom Overlayer (底层丝印层) 两个丝印层, 丝印层用于放置元件的轮廓、序号及其他注释信息。一般都放置在顶层丝印层, 底层丝印层可以关闭。

8. 多层

多层 (Multi-Layer) 代表信号层, 任何放置在该层上的元件都会自动添加到所有信号层上, 因此一般都将焊盘和穿透式过孔放置在该层上, 如果关闭该层, 则焊盘和过孔就无法显示出来。

9. 钻孔层

Protel DXP 提供了 Drill Guide (钻孔指示图) 和 Drill Drawing (钻孔图) 两个钻孔层。钻孔层主要提供电路板制造过程中的钻孔信息 (如焊盘、过孔就需要钻孔)。

学习情景二 PCB 编辑界面

一、新建 PCB 文件

在 Protel DXP 中, 一个工程包括所有文件之间的关联和设计的相关设置。一个工程文件, 如 xxx.PrjPCB, 它是一个 ASCII 文本文件, 包括工程中的文件和输出的相关设置, 如打印设置和 CAM 设置等。与工程无关的文件被称为自由文件。与原理图和目标输出相关联的文件都被加入工程中, 如 PCB、FPGA、嵌入式 (VHDL) 和库。当工程被编译时, 设计校

验、仿真同步和比对都将一起进行。任何原始原理图或者 PCB 的改变都将在编译时更新。

所有类型的工程的创建过程都是相同的,前面已经详细讲述了绘制原理图、加载元件库、放置原理图元件、设置元件属性、连接线路、编译工程并检查电气连接及生成报表等内容,下面将详细介绍 PCB 文件的创建过程。

(1)执行“文件”→“创建”→“PCB 文件”命令,如图 5-4 所示,新建一个 PCB 设计文件,名称默认为 PCB1.PcbDoc,如图 5-5 所示。

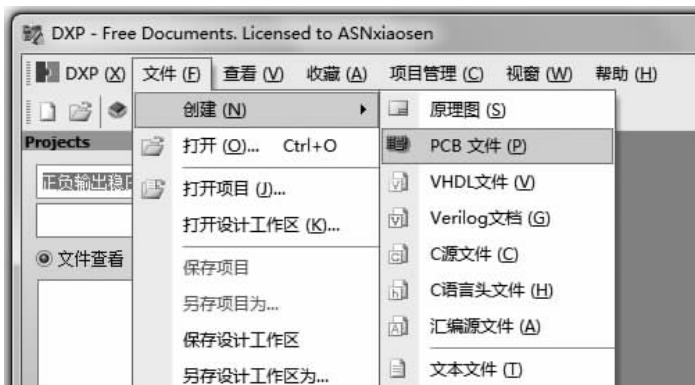


图 5-4 执行新建 PCB 设计文件命令

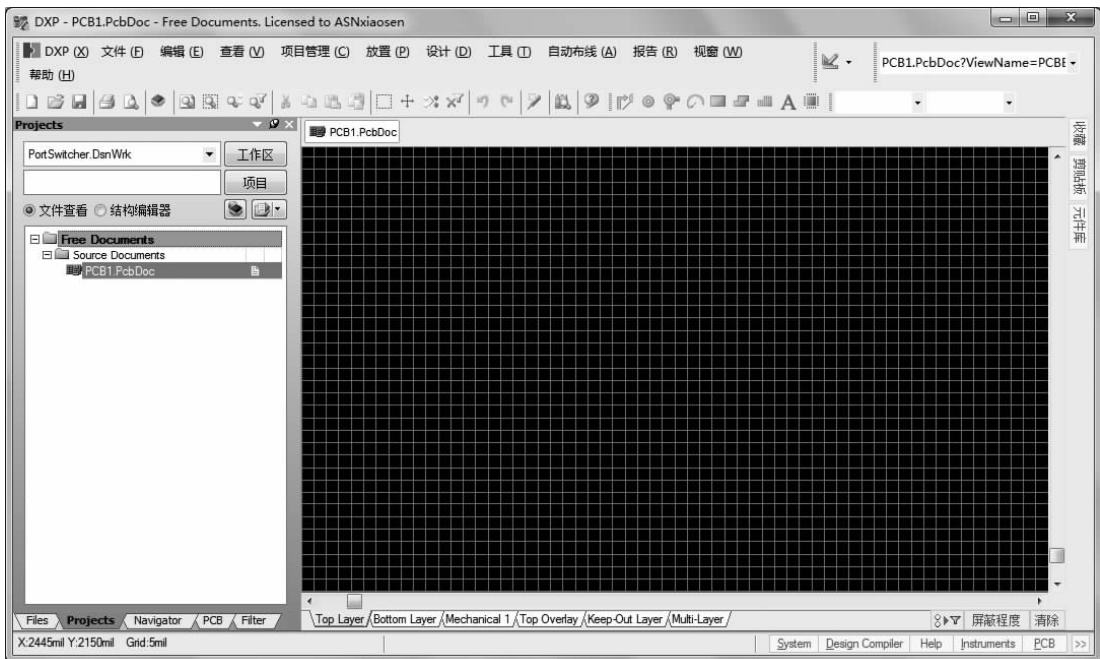


图 5-5 新建的 PCB 文件

(2)执行“文件”→“另存为”命令,保存新建的 PCB 文件。在“文件名”文本框中输入 MYDESIGN,单击“保存”按钮,如图 5-6 所示。

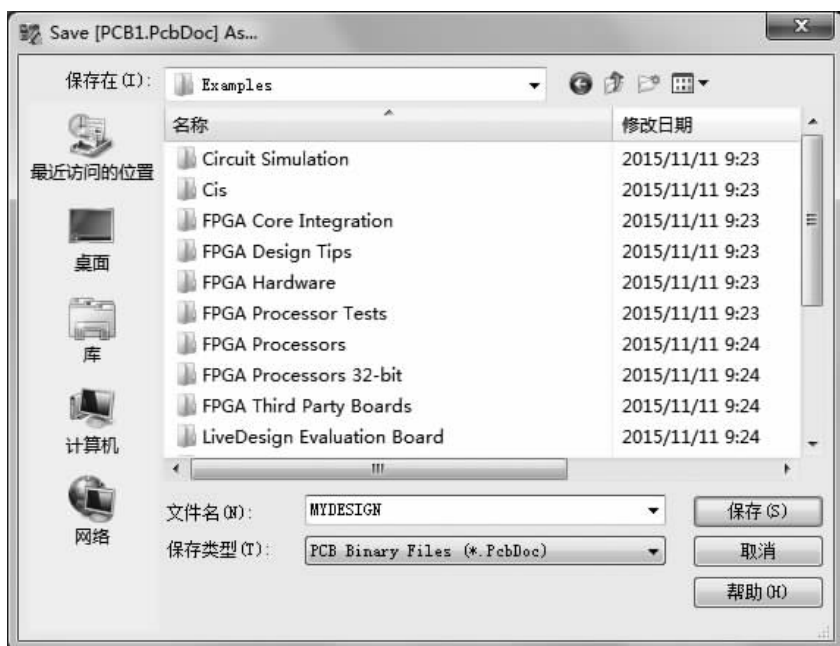


图 5-6 保存新建的 PCB 文件

二、PCB 工作层的管理

1. 设置工作层

执行“设计”→“层堆栈管理器”命令,如图 5-7 所示,弹出“图层堆栈管理器”对话框,如图 5-8 所示。



图 5-7 执行“层堆栈管理器”命令

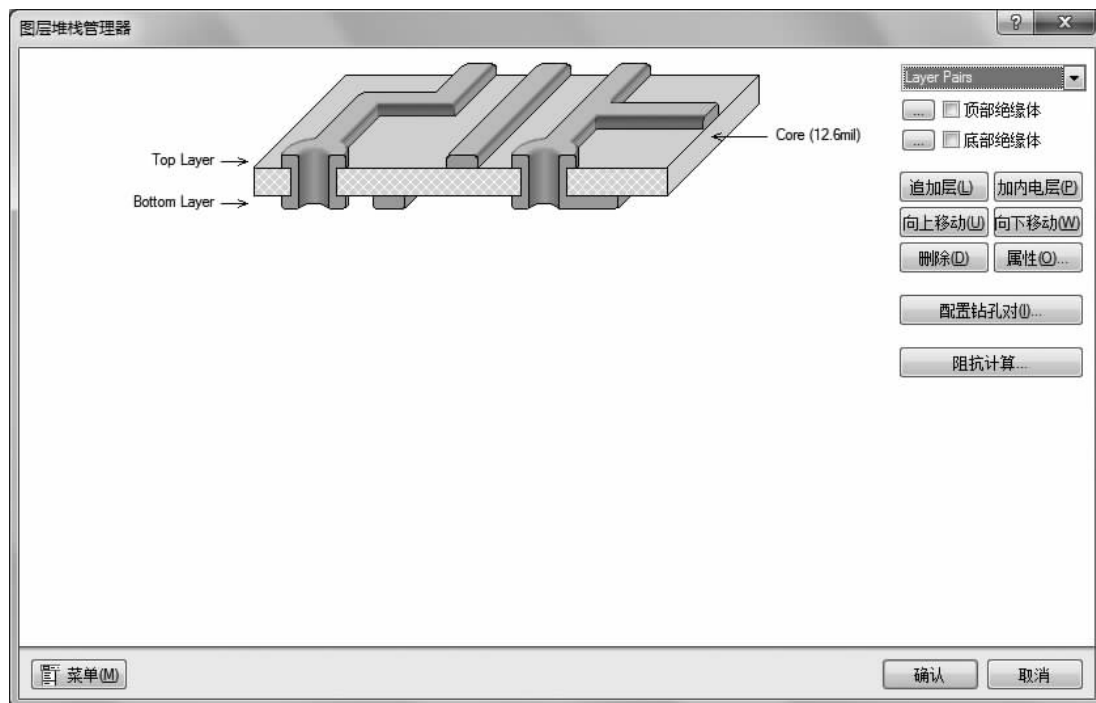


图 5-8 “图层堆栈管理器”对话框

在“图层堆栈管理器”对话框中,包括如下主要功能。

- (1)追加层、加内电层:添加工作层。
- (2)删除:删除工作层。选择要删除的中间层或内部电源/接地层,确认后即可删除该工作层。
- (3)向上移动、向下移动:工作层的上下移动。选择要移动的层,单击“向上移动”或“向下移动”按钮,可以改变工作层之间的上下位置关系。
- (4)属性:对工作层的属性进行设置。选择要编辑的工作层,如 Core,选中后单击“属性”按钮,弹出如图 5-9 所示的“介电性能”对话框,包括材料、厚度及介电常数等内容。



图 5-9 “介电性能”对话框

- (5)配置钻孔对:管理钻孔对属性。单击“配置钻孔对”按钮,会弹出如图 5-10 所示的“钻孔对管理器”对话框。该对话框中给出了钻孔层的起始层和终止层。单击下方的按钮可以对钻孔层进行添加、删除和编辑操作。



图 5-10 “钻孔对管理器”对话框

2. 当前工作层的切换

要切换当前工作层有以下两种方法。

(1)在如图 5-11 所示的工作层标签中单击要设置为当前工作层的标签即可。



图 5-11 工作层标签

(2)按小键盘上的“+”或“-”号键可以按照工作层标签的顺序依次设置为当前工作层。

三、设置 PCB 编辑系统参数

执行“设计”→“PCB 板选择项”命令,如图 5-12 所示,弹出如图 5-13 所示的“PCB 板选择项”对话框。

虽然在本学习情景中,“PCB 板选择项”对话框中均采用默认值,但仍需要详细介绍该对话框中各选项的含义。

(1)测量单位:选择 PCB 的测量单位,有英制和公制两种。

(2)捕获网格:设置 PCB 中光标移动对象时的最小距离。可以直接输入数值,也可以单击右侧按钮,在弹出的下拉列表中进行选择。

(3)元件网格:设置 PCB 中元件移动的最小距离。可以直接输入数值,也可以单击右侧按钮,在弹出的下拉列表中进行选择。



图 5-12 执行“PCB 板选择项”命令



图 5-13 “PCB 板选择项”对话框

(4) 电气网格: 与原理图中的功能一致。

(5) 可视网格: “标记”用来设置可视栅格的类型, 有 Lines(线型)和 Dots(点型)两个选项。“网格 1”为第一可视网格, “网格 2”为第二可视网格。可视网格可以用作放置和移动对

象的可视参考,一般可以分别设置栅距为细栅距和粗栅距。

(6)图纸位置:设置图纸的大小和位置。X 和 Y 文本框分别用来设置 PCB 图纸左下角顶点的横坐标和纵坐标,“显示图纸”复选框用于设置是否显示 PCB 图纸,“锁定图纸图元”复选框用于设置是否锁定 PCB 的图纸结构。

四、设置原点标记

1. 设置原点标记

(1)如图 5-14 所示,执行“工具”→“优先设定”命令,弹出如图 5-15 所示的“优先设定”对话框。

(2)选中左侧的 Display,在“表示”选项区中选中“原点标记”复选框,如图 5-16 所示。设计界面会出现如图 5-17 所示的原点标记,坐标为(0,0),单击“确认”按钮。

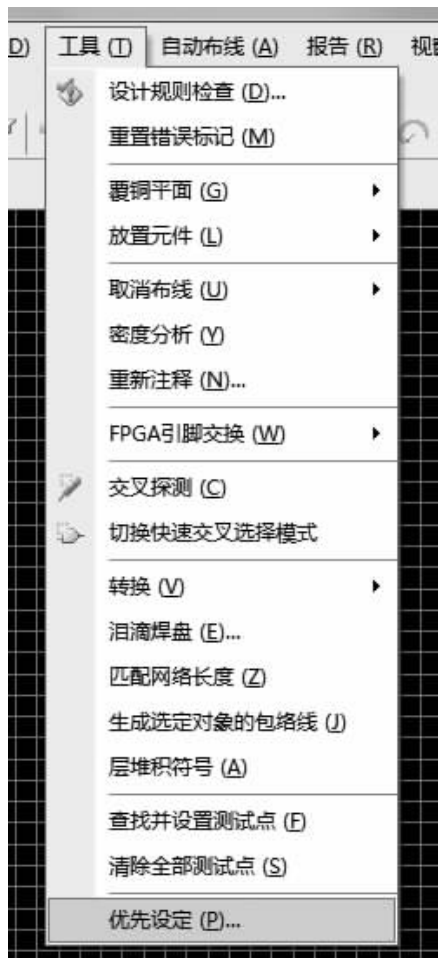


图 5-14 执行“优先设定”命令

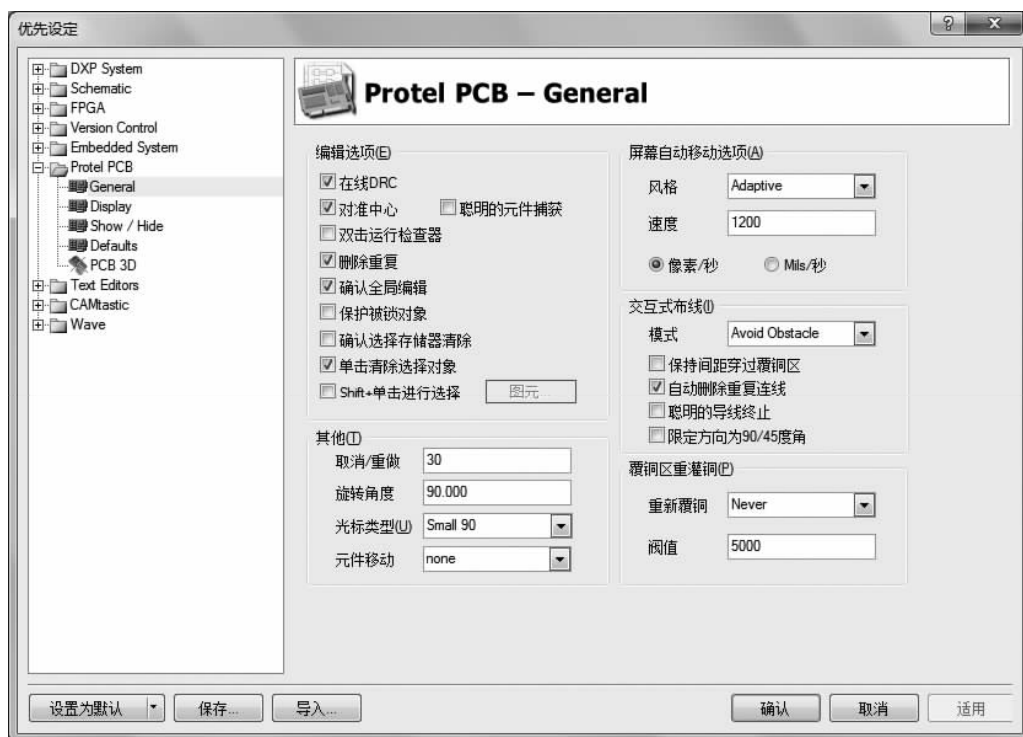


图 5-15 “优先设定”对话框



图 5-16 选中“原点标记”复选框

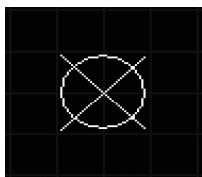




图 5-17 显示原点标记

2. 重设原点标记

(1)单击“实用工具”按钮,在弹出的下拉列表(见图 5-18)中单击“设定原点”按钮。

(2)在界面的合适位置单击,光标将变为十字状,则新的坐标原点就设置完成了。



图 5-18 实用工具下拉列表

学习情景三 认识元件封装

一、元件封装的基本概念

元件封装是指安装到电路板上的元件所使用的外壳,体现了实际元件的外形尺寸、引脚排列方式、引脚直径和引脚间距等特点,是实际元件在 PCB 文件中的反映。由于封装只是元件的外壳,因此同一元件可能有多种封装,不同的元件也可能有同一种封装。常用元件封装如图 5-19 所示。

二、元件封装的分类

元件封装按照焊接方式的不同分为针脚式封装和表面粘贴式封装两类。

1. 针脚式封装

常用的元件(如电阻、电容、三极管及部分集成电路芯片等)的封装都属于针脚式封装,如图 5-19(a)~图 5-19(j)、图 5-19(l)和图 5-19(m)所示。针脚式封装的引脚就是导线,在焊接过程中要将引脚从顶层通过焊盘过孔穿过电路板,在底层进行焊接。由于针脚式元件封装焊盘穿透每个工作层,因此其焊盘属性设置工作层时设置为 Multi-Layer(多层)。

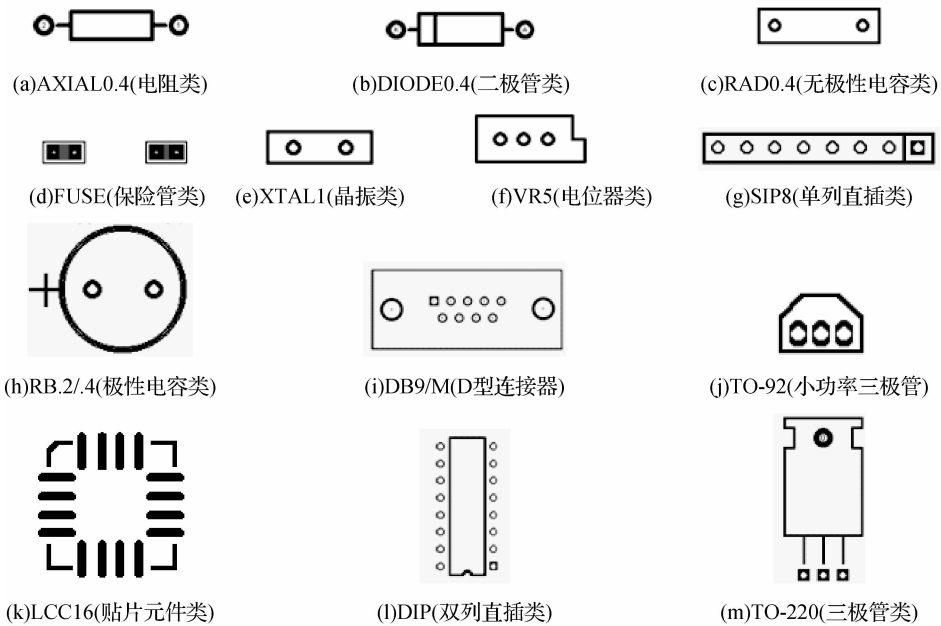


图 5-19 常用元件封装

2. 表面粘贴式封装

图 5-19(k)所示为表面粘贴式封装。此种封装的元件在焊接时,元件面与焊接面在同一层,焊盘没有过孔。因此在设置焊盘工作层时应设置为单一板层,如 Top Layer(顶层)或 Bottom Layer(底层)。

三、元件封装的结构

针脚式元件封装和表面粘贴式元件封装都由元件图、焊盘、元件的基本属性组成,如图 5-20 所示。

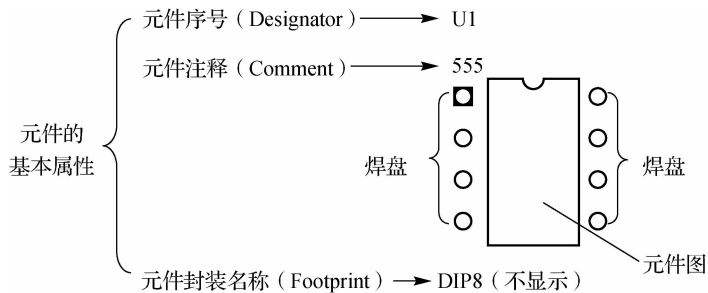


图 5-20 元件封装的结构

其中,元件图反映了实际元件的外部轮廓,不具有电气特性;焊盘是元件主要的电气特性部分;元件的属性表示元件的位置、层次、序号和注释等内容,而元件序号、元件注释和元件封装名称是元件的基本属性,元件封装名称在 PCB 图中不显示出来。

四、元件封装与原理图元件的对应关系

PCB 图中的元件与原理图中的元件的联系主要是由元件封装的基本属性来实现的。如图 5-21 所示,以三极管为例给出了对应关系。其中,原理图中的元件序号转移到 PCB 图中就是相同的元件序号,元件型号转移到 PCB 图中就是元件注释,元件引脚序号(引脚名称)对应 PCB 图中的焊盘序号(焊盘名称),即使未显示的 Footprint 属性,内容也是相同的,都是元件封装的名称。

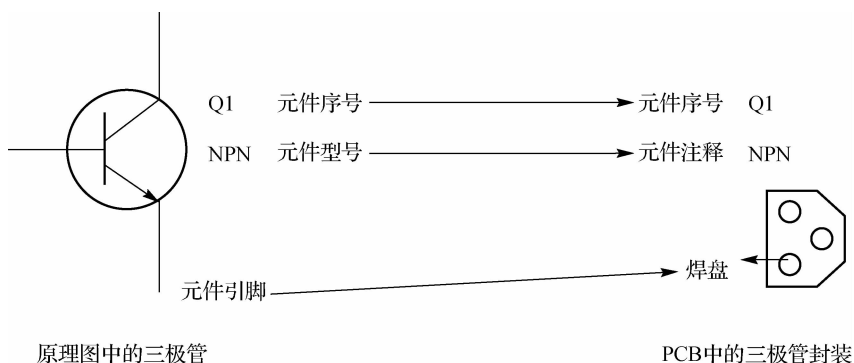


图 5-21 元件封装与原理图元件的对应关系

五、元件封装的编号

元件封装的编号一般为“元件类型+焊盘距离(焊盘数)+元件外形尺寸”,可以根据元件封装的编号来判别元件封装的规格。例如,AXIAL0.4 表示该元件封装为轴状,两焊盘间的距离为 0.4 in(400 mil);DIP16 表示双列直插式元件封装,每列 8 个引脚焊盘,两列共 16 个引脚焊盘;RB. 2/. 4 表示极性电容类封装,引脚焊盘间距离为 0.2 in(200 mil),元件直径为 0.4 in(400 mil)。



能力测试

1. 简述印制电路板常用的三种结构的特点及适用范围。
2. 如何切换 PCB 的工作层?
3. 针脚式元件封装和表面粘贴式元件封装有什么区别? 分别列举几种常用的元件封装。
4. 元件封装与原理图元件之间有什么关系?
5. 操作题。
 - (1)新建一个 PCB 文件,将其命名为 Mypcb。
 - (2)在(1)的基础上打开 Top Layer、Bottom Layer、Keep-Out Layer、Mechanical Layer1 和 Multi-Layer 等工作层,并使工作层 Mechanical Layer1 在工作层 Keep-Out Layer 之下,所有工作层均可见。
 - (3)在(2)的基础上,将工作层 Mechanical Layer1 设置为当前工作层。
 - (4)在(3)的基础上,设置 PCB 编辑器的当前坐标原点,并显示该坐标原点。