

本章介绍电路原理图设计的方法和技术,主要内容包括电路原理图设计概述、电路原理图元件操作、电气连接、电路原理图设计的辅助操作和电路原理图设计实例等。通过对本章的学习,应该达到以下目标。

- (1) 了解电路原理图设计的一般流程和主要步骤。
- (2) 熟练掌握电路原理图元件操作、电气连接的方法和技术。
- (3) 掌握电路原理图设计辅助操作的方法和技术。
- (4) 通过学习电路原理图设计实例,掌握电路原理图设计的方法和技术,能够独立设计常用的电路原理图。

## 3.1 电路原理图设计概述

### 3.1.1 电路原理图设计的一般流程

正确的电路原理图是进行 PCB 设计的前提,电路原理图是否正确直接关系到 PCB 能否正常工作。电路原理图设计的任务是将设计人员的设计思路用规范的电路语言描述出来,为 PCB 设计提供网络表和 PCB 脚印。电路原理图设计的一般流程如图 3.1 所示。

下面简要介绍电路原理图设计一般流程中主要步骤的作用。

#### 1. 新建电路原理图设计文件

电路原理图设计是在电路原理图编辑器中进行的,而设计结果体现在电路原理图设计文件中,因此,首先需要新建一个电路原理图设计文件,启动电路原理图编辑器,在工作区显示电路原理图图纸。新建电路原理图设计文件的方法参见 1.2.4 小节。

#### 2. 加载电路原理图库

在设计电路原理图时,需要把电路原理图元件放置

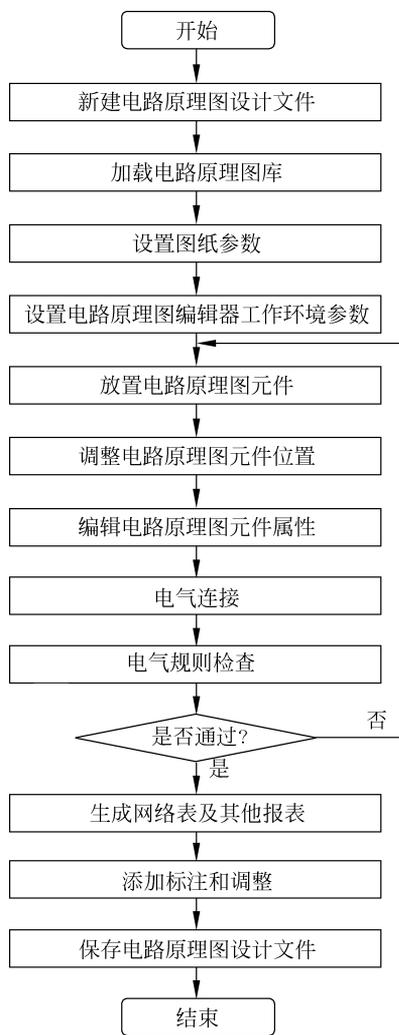


图 3.1 电路原理图设计的一般流程

到图纸中,这就要求设计者能够找到该电路原理图元件。为此,必须把包含该电路原理图元件的电路原理图库加载到电路原理图编辑器。为了方便设计,在设计电路原理图之前,设计者需要把将要用到的电路原理图库加载到电路原理图编辑器。

### 3. 设置图纸参数

图纸参数主要包括图纸尺寸、图纸方向、图纸颜色、图纸栅格、电气栅格、字体、边框颜色、坐标原点和标题块等。合理设置图纸参数,有助于提高电路原理图设计的质量和效率。设置图纸参数的方法参见 2.1.4 小节。

### 4. 设置电路原理图编辑器工作环境参数

电路原理图编辑器工作环境参数对电路原理图设计具有重要的影响,合理设置这些参数,可以提高电路原理图设计的质量和效率。设置电路原理图编辑器工作环境参数的方法参见 2.3 节。

### 5. 放置电路原理图元件

放置电路原理图元件是指从电路原理图库中选择需要的电路原理图元件,并将其放置到图纸中。

### 6. 调整电路原理图元件位置

根据电气连接的设计要求,同时考虑电路原理图的整齐美观,一般需要调整电路原理图元件的位置和方向。

### 7. 编辑电路原理图元件属性

编辑电路原理图元件属性主要涉及修改电路原理图元件的标识符、名称、参数值和 PCB 脚印等。

### 8. 电气连接

放置好电路原理图元件之后,使用具有电气特性的导线、总线、网络标签和输入/输出端口等,把电路原理图元件连接起来,使各个电路原理图元件之间具有特定的电气连接关系,实现电路的电气功能。

### 9. 电气规则检查

利用 AD 24 提供的电气规则检查工具,按照设置的电气规则对电路原理图进行检查,根据检查反馈的信息,对电路原理图进行调整与修正,确保电路原理图正确无误。

### 10. 生成网络表及其他报表

从设计完成的电路原理图生成网络表和元件清单等报表,为 PCB 设计与制作作准备。

### 11. 添加标注和调整

在电路原理图设计基本完成之后,可以在电路原理图中添加一些说明和标注,以增加电路原理图的可读性,也可以进行必要的调整和修饰,使电路原理图更加整齐、美观。

### 12. 保存电路原理图设计文件

把电路原理图设计文件、网络表、元件清单以及系统生成的其他文件保存起来,备用。

## 3.1.2 电路原理图库及其操作

在设计电路原理图时,设计者首先需要选择合适的电路原理图元件。由于电子技术的快速发展,成千上万家半导体公司生产的电子元件不计其数,因此,设计者很难从这么多元件中挑选出合适的元件。为了解决这个问题,Altium 公司把世界著名的一百多家半导体公

司生产的元件集中起来,制作成库(Libraries),供设计者使用。

为了便于查找元件,Altium 公司对这些元件进行分类管理。以每家公司的名称建立一个文件夹,用以保存该公司的元件。对于每家公司生产的元件,又按照元件的功能进行分类,如模拟电路元件、逻辑电路元件、微控制器、ADC 和 DAC 等。

在 Altium Designer 软件的早期版本中,直接把 Libraries 嵌入 Altium Designer 软件之中。这样处理,虽然为设计者提供了很大的方便,但是,Altium Designer 软件却变得很大,给软件安装和使用带来了困难。为了解决这个问题,Altium 公司把 Libraries 从 Altium Designer 软件中独立出来,挂在 Altium 公司的网站上。设计者可以免费从 Altium 公司的网站下载 Libraries,解压缩后,保存在自己的计算机中备用。

以前,每家公司的库一般包含两种格式的库文件。一种是电路原理图库,文件扩展名为 SchLib,包含用于绘制电路原理图的电路原理图元件;另一种是 PCB 库,文件扩展名为 PcbLib,包含用于绘制 PCB 的 PCB 脚印。现在,大多数公司的库包含另一种格式的库文件,即所谓的集成库,文件扩展名为 IntLib,这种库既包含电路原理图元件,同时,每个电路原理图元件有对应的 PCB 脚印。

在设计电路原理图时,如果需要使用某家公司的元件,只需将该元件所在的电路原理图库或集成库加载到电路原理图编辑器即可。如果不再使用某个电路原理图库或集成库,可以把该电路原理图库或集成库从电路原理图编辑器中卸载,以节约存储空间。加载或卸载电路原理图库或集成库是通过 Components 面板实现的。

### 1. Components 面板

在电路原理图编辑器中,打开 Components 面板的方法主要有如下几种。

- (1) 选择“视图”→“面板”→Components 选项。
- (2) 选择“放置”→“器件”选项。
- (3) 在图纸空白处右击,在弹出的快捷菜单中选择“放置”→“器件”选项。
- (4) 单击布线工具栏中的“放置器件”按钮 。
- (5) 单击快捷工具栏中的“放置器件”按钮 。
- (6) 单击状态栏右端的 Panels 按钮,在弹出的菜单中选择 Components 选项。

Components 面板如图 3.2 所示。在 Components 面板的上部有一个下拉列表框,单击下拉按钮,显示已经加载到原理图编辑器的库。

### 2. 加载电路原理图库

在 Altium Designer 软件的早期版本中,系统默认加载了两个集成库,即通用元件库 (Miscellaneous Devices. IntLib) 和通用连接器库 (Miscellaneous Connectors. IntLib)。利用这两个集成库,可以设计一些常用的电路原理图。从 AD 23. 3. 1 版本开始,系统不再加载这两个集成库,需要自己加载了。

另外,对于复杂的电路,这两个集成库不够用,还需要其他的电路原理图库或集成库。此时,需要把将要用到的电路原理图库或集成库加载

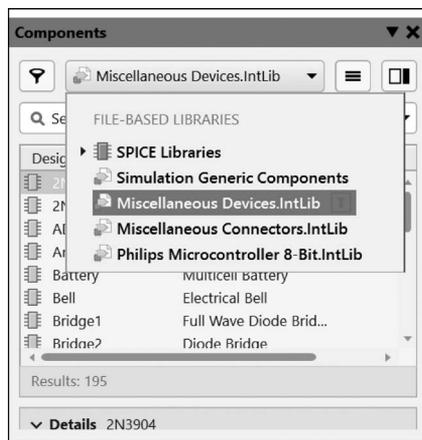


图 3.2 Components 面板

到原理图编辑器。

加载电路原理图库或集成库的步骤如下。

(1) 在 Components 面板中单击 Operations 按钮 ，在弹出的菜单中选择 Libraries Preferences(库优选项)选项，弹出 Libraries Preferences 对话框，如图 3.3 所示。对话框中有三个标签，分别是“工程”“已安装”和“搜索路径”。“工程”标签中列出用户为当前工程创建的库；“已安装”标签中列出已经加载到电路原理图编辑器的库；“搜索路径”标签中列出搜索库文件的路径。



图 3.3 Libraries Preferences 对话框

(2) 选择“已安装”标签，单击“安装”按钮，弹出“打开”对话框，如图 3.4 所示。选中需要加载的库，例如，集成库 Philips Microcontroller 8-Bit.IntLib。

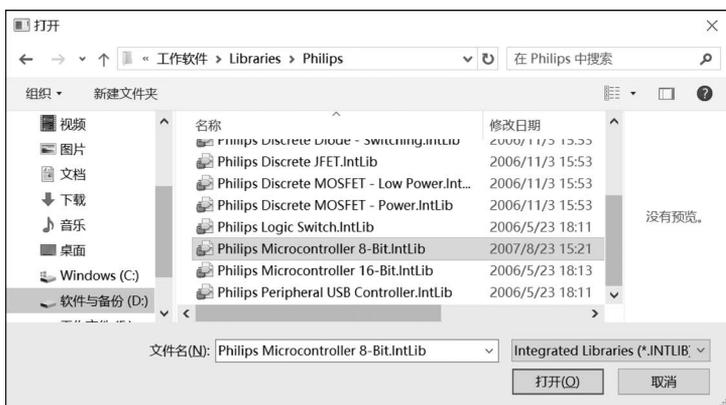


图 3.4 “打开”对话框

(3) 单击“打开”按钮，就把选中的库加载到电路原理图编辑器中了。加载 Philips Microcontroller 8-Bit.IntLib 后的 Libraries Preferences 对话框如图 3.5 所示。

电路原理图库在库列表中的位置会影响电路原理图元件搜索的速度，可以在 Libraries Preferences 对话框中，通过“上移”“下移”按钮，把常用的电路原理图库移到靠上的位置。

### 3. 卸载原理图库

在如图 3.5 所示的 Libraries Preferences 对话框中，选中需要卸载的库，单击“删除”按钮，可将选中的库从电路原理图编辑器中卸载。

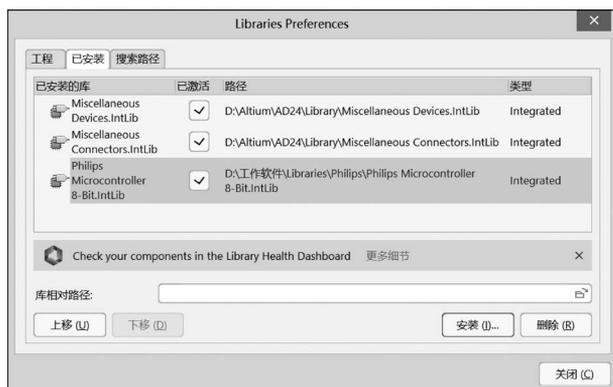


图 3.5 加载 Philips Microcontroller 8-Bit. IntLib 后的 Libraries Preferences 对话框

## 3.2 电路原理图元件操作

### 3.2.1 放置、选择、删除电路原理图元件

#### 1. 放置电路原理图元件

下面以晶体振荡器为例,说明放置电路原理图元件的方法。已知晶体振荡器包含在 Miscellaneous Devices. IntLib 中,名称为 XTAL。

放置电路原理图元件 XTAL 的步骤如下。

(1) 打开 Components 面板,在第一个下拉列表框中,选择 Miscellaneous Devices. IntLib 为当前库,如图 3.2 所示。

(2) 在 Components 面板中部的列表框中,列出了这个库包含的所有电路原理图元件。在列表框中选中晶体振荡器 XTAL,如图 3.6 所示。

(3) 双击 XTAL,光标变成十字形,并黏着一个 XTAL,如图 3.7(a)所示。

(4) 把光标移到图纸上,在适当的位置单击,就在这个位置放置了一个 XTAL,如图 3.7(b)所示。

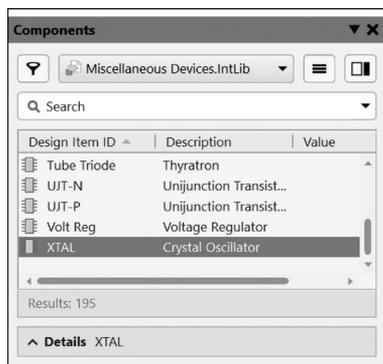


图 3.6 在列表框中选中晶体振荡器 XTAL

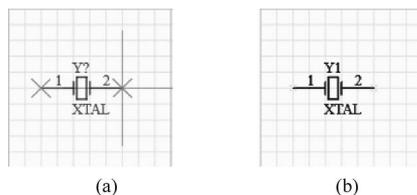


图 3.7 放置电路原理图元件 XTAL

(5) 此时,光标还黏着一个 XTAL,可以继续放置 XTAL。右击或按 Esc 键,退出放置 XTAL 状态,光标变成正常的箭头。

在 Miscellaneous Devices. IntLib 中有很多电路原理图元件,如果按照电路原理图元件

名称在列表框中按照顺序查找,可能比较费时,工作效率不高。为了提高查找效率,可以在第二个下拉列表框中输入晶体振荡器的名称 XTAL,按键盘上的回车键,系统将在 Miscellaneous Devices. IntLib 中搜索 XTAL,搜索结果与图 3.6 相似。

## 2. 选择电路原理图元件

在对电路原理图元件进行位置调整、属性设置或删除等操作之前,需要选择电路原理图元件。选择电路原理图元件的常用方法如下。

(1) 用鼠标选择单个电路原理图元件。把光标移到电路原理图元件上,单击,即可选中该电路原理图元件。

(2) 用鼠标选择多个电路原理图元件。按下鼠标左键,拖出一个矩形框,框住要选择的多个电路原理图元件,松开鼠标左键,即可选中多个电路原理图元件。

(3) 用菜单命令选择。在电路原理图编辑器中,选择“编辑”→“选择”选项,弹出“选择”子菜单,如图 3.8 所示。在“选择”子菜单中,列举了 8 种选择电路原理图元件的方式。

## 3. 取消选中电路原理图元件

取消选中电路原理图元件的常用方法如下。

(1) 在图纸的空白处,单击,即可取消所有电路原理图元件的选中状态。

(2) 在电路原理图标准工具栏中,单击“取消选择所有打开的当前文件”按钮 ,即可取消所有电路原理图元件的选中状态。

(3) 选择“编辑”→“取消选中”选项,弹出“取消选中”子菜单,如图 3.9 所示。在“取消选中”子菜单中,列举了 8 种取消选中电路原理图元件的方式。

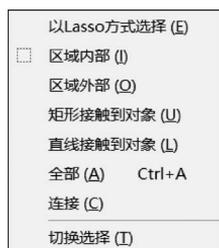


图 3.8 “选择”子菜单

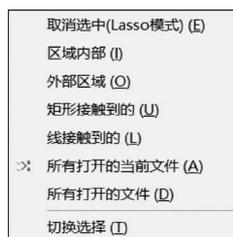


图 3.9 “取消选中”子菜单

## 4. 删除电路原理图元件

删除电路原理图元件的常用方法如下。

(1) 选中要删除的电路原理图元件,按键盘上的 Delete 键。

(2) 选中要删除的电路原理图元件,选择“编辑”→“删除”选项。

(3) 选择“编辑”→“删除”选项,光标变成十字形,把光标移到要删除的电路原理图元件上,单击,即可删除该电路原理图元件。此时,光标仍是十字形,还可以继续删除其他电路原理图元件。如果不需要删除其他电路原理图元件,则右击或按 Esc 键,即可退出删除电路原理图元件状态。

### 3.2.2 剪切/复制/粘贴电路原理图元件

#### 1. 剪切/粘贴电路原理图元件

剪切/粘贴电路原理图元件的步骤如下。

- (1) 选中要剪切/粘贴的电路原理图元件。
- (2) 选择“编辑”→“剪切”选项,或者单击原理图标准工具栏中的“剪切”按钮 ,电路原理图元件从图纸中消失。
- (3) 选择“编辑”→“粘贴”选项,或者单击原理图标准工具栏中的“粘贴”按钮 ,光标变成十字形,并黏着一个电路原理图元件。
- (4) 把光标移到图纸上,在适当的位置单击,就在这个位置粘贴了一个电路原理图元件。

## 2. 复制/粘贴电路原理图元件

复制/粘贴电路原理图元件的步骤如下。

- (1) 选中要复制/粘贴的电路原理图元件。
- (2) 选择“编辑”→“复制”选项,或者单击原理图标准工具栏中的“复制”按钮 ,
- (3) 选择“编辑”→“粘贴”选项,或者单击原理图标准工具栏中的“粘贴”按钮 ,光标变成十字形,并黏着一个电路原理图元件。
- (4) 把光标移到图纸上,在适当的位置单击,就在这个位置粘贴了一个电路原理图元件。

## 3. 智能粘贴电路原理图元件

通过智能粘贴,可以按照指定的列数、行数和间距一次性把一个电路原理图元件复制为行列式阵列。智能粘贴电路原理图元件的步骤如下。

- (1) 选中要进行智能粘贴的电路原理图元件。
- (2) 选择“编辑”→“复制”选项,或者单击原理图标准工具栏中的“复制”按钮 ,
- (3) 选择“编辑”→“智能粘贴”选项,弹出“智能粘贴”对话框,如图 3.10 所示。

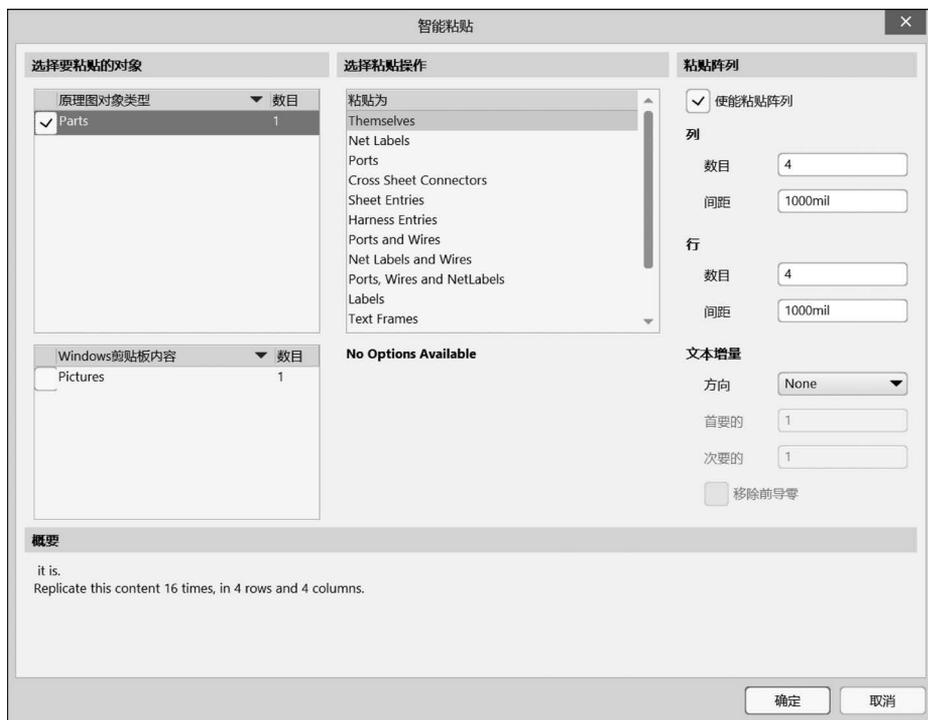


图 3.10 “智能粘贴”对话框

(4) 选中“使能粘贴阵列”复选框,设置列数、行数、列间距和行间距,光标变成十字形,并黏着一个电路原理图元件阵列。

(5) 把光标移到图纸上,在适当的位置单击,就在这个位置粘贴了一个电路原理图元件阵列。

### 3.2.3 调整电路原理图元件位置

放置电路原理图元件之后,为了方便进行电气连接,并且使图纸整齐、美观,需要对电路原理图元件的位置进行调整,包括电路原理图元件的移动、旋转、翻转、排列和对齐等操作。

#### 1. 移动单个电路原理图元件

移动单个电路原理图元件的常用方法如下。

(1) 用菜单命令移动电路原理图元件。选择“编辑”→“移动”→“移动”选项,光标变成十字形;把光标移到电路原理图元件上,单击,选中该电路原理图元件,电路原理图元件就黏在光标上;移动光标到合适的位置,单击,即可移动电路原理图元件。此时,系统仍处于移动命令状态,可以继续移动其他电路原理图元件。如果不需要移动其他电路原理图元件了,则右键或按 Esc 键,即可退出移动电路原理图元件状态。

(2) 用鼠标移动电路原理图元件。把光标移到电路原理图元件上,按住鼠标左键不放,选中该电路原理图元件,电路原理图元件上出现十字光标;拖动鼠标,电路原理图元件随光标一起移动;在合适的位置松开左键,即可移动电路原理图元件。

(3) 用快捷工具栏移动电路原理图元件。单击快捷工具栏中的“拖动对象”按钮,光标变成十字形;把光标移到电路原理图元件上,单击,电路原理图元件就黏在光标上;移动光标到合适的位置,单击,即可移动电路原理图元件。

#### 2. 移动多个电路原理图元件

移动多个电路原理图元件的常用方法如下。

(1) 用菜单命令移动多个电路原理图元件。选中多个电路原理图元件;选择“编辑”→“移动”→“移动选中对象”选项,光标变成十字形;把光标移到其中一个电路原理图元件上,单击,多个电路原理图元件就黏在光标上了;移动光标到合适的位置,单击,即可移动多个电路原理图元件。

(2) 用鼠标移动多个电路原理图元件。选中多个电路原理图元件;把光标移到其中一个电路原理图元件上,按住鼠标左键不放,光标变成十字形;拖动鼠标,多个电路原理图元件随光标一起移动;在合适的位置松开左键,即可移动多个电路原理图元件。

(3) 用原理图标准工具栏移动多个电路原理图元件。选中多个电路原理图元件;单击原理图标准工具栏中的“移动选中对象”按钮,光标变成十字形;把光标移到其中一个电路原理图元件上,单击,多个电路原理图元件就黏在光标上了;移动光标到合适的位置,单击,即可移动多个电路原理图元件。

#### 3. 旋转/翻转电路原理图元件

选中电路原理图元件,按空格键,把电路原理图元件按顺时针方向旋转 90°。

把输入法切换到英文输入法状态。选中电路原理图元件并按下,按 X 键,把电路原理图元件左右翻转一次。

#### 4. 对齐/排列电路原理图元件

选中需要对齐的多个电路原理图元件,选择“编辑”→“对齐”选项,显示“对齐”子菜单,如图 3.11 所示。

AD 24 提供了 9 种对齐方式,分别是左对齐、右对齐、水平中心对齐、水平分布、顶对齐、底对齐、垂直中心对齐、垂直分布和对齐到栅格上。在“对齐”子菜单中选择一条命令,可对选中的电路原理图元件进行相应的对齐处理。

选中需要排列的多个电路原理图元件,选择“编辑”→“对齐”→“对齐”选项,弹出“排列对象”对话框,如图 3.12 所示。在“排列对象”对话框中,设置水平方向和垂直方向的排列方式,单击“确定”按钮,可对选中的电路原理图元件进行相应的排列处理。



图 3.11 “对齐”子菜单

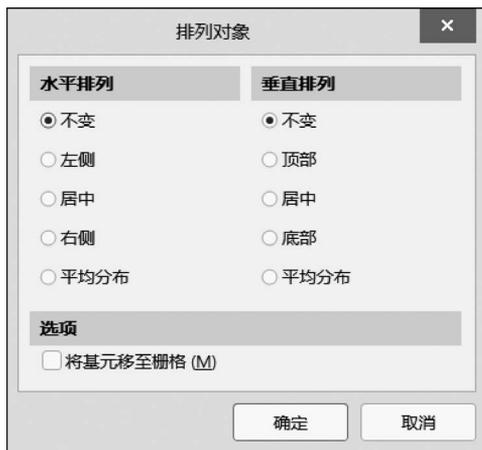


图 3.12 “排列对象”对话框

### 3.2.4 编辑电路原理图元件属性

电路原理图元件属性参数主要包括电路原理图元件的标识符、名称、类型和 PCB 脚印等。编辑电路原理图元件属性参数是通过电路原理图元件属性面板实现的。打开电路原理图元件属性面板的方法主要有如下三种。

(1) 在放置电路原理图元件的过程中,按 Tab 键,弹出与该电路原理图元件相关的属性面板。

(2) 在放置电路原理图元件后,双击电路原理图元件,打开与该电路原理图元件相关的属性面板。

(3) 在放置电路原理图元件后,右击电路原理图元件,在弹出的快捷菜单中选择“属性”选项,打开与该电路原理图元件相关的属性面板。

不同电路原理图元件的属性面板可能有所不同,例如,电容的属性面板如图 3.13 所示。在 General 标签中,可以设置电路原理图元件的一般属性,主要参数的意义如下。

**Designator:** 设置电路原理图元件的标识符。可以在文本框中编辑电路原理图元件的标识符,如 C1。单击显示按钮 ,可以选择是否显示标识符。单击锁定按钮 ,可以选择是否把标识符与电路原理图元件锁定在一起。

**Comment:** 设置电路原理图元件的名称。一般情况下,用系统默认设置即可。

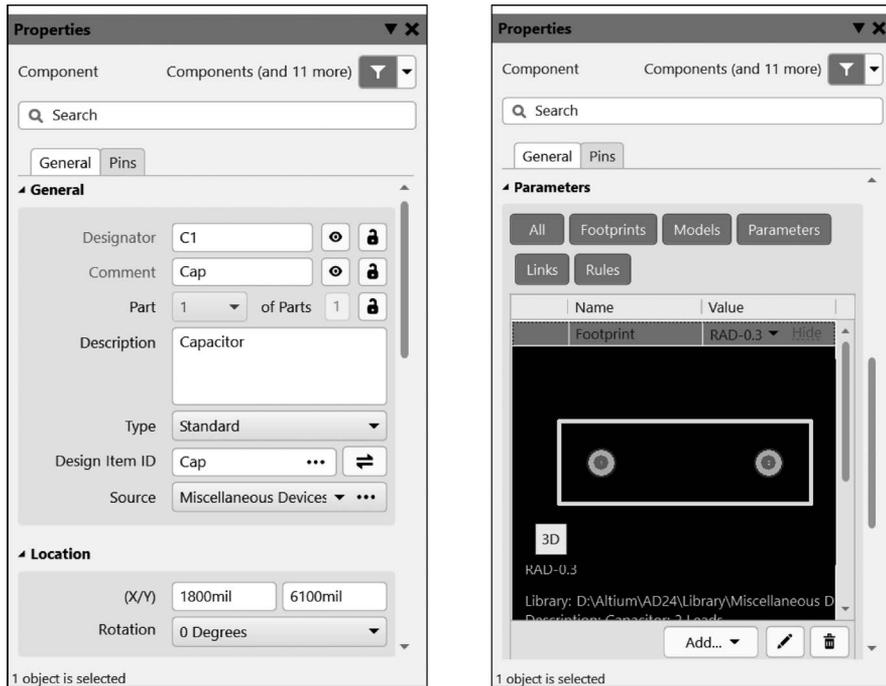


图 3.13 电容的属性面板

Part  $\times$  of Parts  $\times$ : 设置复合电路原理图元件的子部件标识。

Description: 描述电路原理图元件的功能。

Type: 设置电路原理图元件的类型。单击下拉按钮,可以在下拉列表中选择电路原理图元件的类型。

Design Item ID: 电路原理图元件在库中的标识,一般不要修改。

Source: 电路原理图元件所在的库,一般不要修改。

(X/Y): 设置电路原理图元件在电路原理图中的坐标。

Rotation: 设置电路原理图元件的旋转角度,可选项有  $0^\circ$ 、 $90^\circ$ 、 $180^\circ$  和  $270^\circ$ 。

Footprint: 设置电路原理图元件的 PCB 脚印。单击 Add 按钮,可以为当前电路原理图元件添加 PCB 脚印。

在电路原理图元件的所有属性参数中,Designator 是最重要的参数之一,它是电路原理图元件的标识符,应该具有唯一性,即在一张电路原理图中,不允许两个以上电路原理图元件使用相同的 Designator。另外,Footprint 也是最重要的参数之一。如果没有为电路原理图元件设置正确的 PCB 脚印,那么在从电路原理图设计向 PCB 设计转化时,就不能成功地把电路原理图的网络表载入 PCB 编辑器中,从而不能进行 PCB 设计。

### 3.3 电气连接

#### 3.3.1 电气连接的概念

所谓电气连接,就是用具有电气特性的导线、总线、网络标签和输入/输出端口等图件,

把相互独立的电路原理图元件按照设计要求连接起来,使各个电路原理图元件之间具有特定的电气连接关系,能够实现电路的电气功能。

对电路原理图进行电气连接的方法主要有两种:利用菜单选项和利用布线工具栏。

“放置”菜单的主要菜单选项如图 3.14 所示,包括总线、总线入口、器件、电源端口、线、网络标签、端口和线束等选项,选择这些选项,可以实现电路原理图元件的连接。

很多设计者习惯于利用布线工具栏进行电气连接。单击布线工具栏中的按钮,即可选择相应的布线工具,并进行电气连接。



图 3.14 “放置”菜单的主要菜单选项

### 3.3.2 电气连接的方式

在电路原理图中,电气连接的方式主要有两种:一种是把电路原理图元件的引脚连接起来;另一种是利用端口进行电气连接。

#### 1. 绘制导线

电路原理图中的导线具有电气连接意义,绘制导线是进行电气连接的基本手段。绘制导线的步骤如下。

(1) 在电路原理图编辑器中,选择“放置”→“线”选项,或者单击布线工具栏中的“放置线”按钮 ,光标变成十字形。

(2) 把光标移到导线的起点并单击,确认导线的起点。

(3) 在每一个转折点处单击,确认绘制的这一段导线。

(4) 在导线的终点单击,确认绘制的最后一段导线。

(5) 右击,确认绘制的整条导线。这样就绘制了一段导线。

(6) 绘制完一条导线之后,光标仍然是十字形,还可以继续绘制导线。当绘制完所有导线之后,右击或按 Esc 键,退出绘制导线状态。

在电路原理图上,导线的作用在于表明两点的连接关系,它不是 PCB 上实际电路的导线,不需要考虑线路长短、阻抗和干扰等问题。

#### 2. 放置网络标签

网络标签是指某个电气连接点的名称,具有相同网络标签的电气连接点是连接在一起的。换句话说,连接在一起的电路原理图元件引脚、电源和接地符号等电气连接点具有相同的网络标签。

下面以电阻和发光二极管之间的电气连接为例,说明放置网络标签的步骤。

(1) 放置电阻和发光二极管,从引脚引出导线,如图 3.15(a)所示。

(2) 在电路原理图编辑器中,选择“放置”→“网络标签”选项,或者单击布线工具栏中的“放置网络标签”按钮 ,光标变成十字形,并黏着一个网络标签,如图 3.15(b)所示。

(3) 按 Tab 键,弹出网络标签属性面板,在 Net Name 下拉列表框中输入网络标签的名称,设置结果如图 3.15(c)所示。关闭网络标签属性面板,单击电路原理图上的“暂停”按钮,回到放置网络标签状态。

(4) 把光标移到从电阻一个引脚引出的导线上,单击,把网络标签放置到导线上。

(5) 把光标移到从发光二极管一个引脚引出的导线上,单击,把网络标签放置到导

线上。

放置网络标签后的电路原理图如图 3.15(d)所示,此时,两个具有相同网络标签的引脚就连接在一起了。

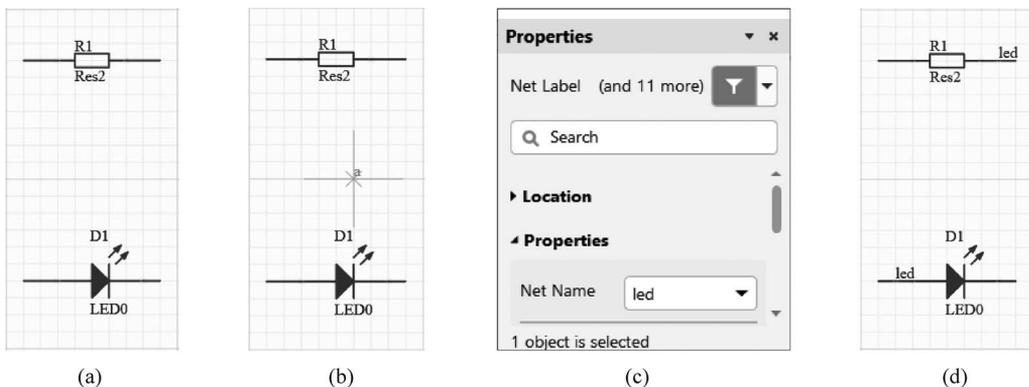


图 3.15 放置网络标签

从上面的介绍可知,在设计电路原理图时,对于两个电气连接点,有两种电气连接方法:绘制导线和放置网络标签。其中,绘制导线适合于电路原理图元件之间距离较短且导线之间交叉较少的情况。这种方法直观、简单,可以直接看出两个电气连接点的连接关系。如果原理图中电路原理图元件较多,导线之间交叉很多,或者电路原理图元件之间距离很长,直接用导线连接将会降低整张图纸的可读性,此时,往往采用放置网络标签的方法。

### 3. 绘制总线

在电路中,经常会出现一组并行导线。如果把每一条导线都画出来,那么电路原理图上的导线就很多,显得很拥挤。为了使电路原理图简洁一些,设计者可以用总线来代替一组并行导线。下面以单片机 P80C31X2BN 的 P1 端口与数码管段码信号输入端口连接为例,说明绘制总线的步骤。

(1) 在电路原理图编辑器中,选择“放置”→“总线”选项,或者单击布线工具栏中的“放置总线”按钮 ,光标变成十字形。

(2) 把光标移到图纸上的一点并单击,确认总线的起点。

(3) 在每一个转折点处单击,确认绘制的这一段总线。

(4) 在总线的终点单击,确认绘制的最后一段总线。

(5) 右击总线,确认绘制的整条总线。这样就绘制了一段总线。

(6) 绘制完一条总线之后,光标仍然是十字形,还可以继续绘制总线。当绘制完所有总线之后,右击或按 Esc 键,退出绘制总线状态。

总线绘制结果如图 3.16 所示。

在绘制总线的过程中,按 Tab 键或者在绘制的总线上双击,可打开总线属性面板,如图 3.17 所示。在总线属性面板中,可以设置总线的宽度、颜色和各个转折点的坐标等属性参数。

### 4. 放置总线入口

使用总线代替一组并行导线,需要总线入口的配合,总线入口用来连接总线与导线。放置总线入口的步骤如下。

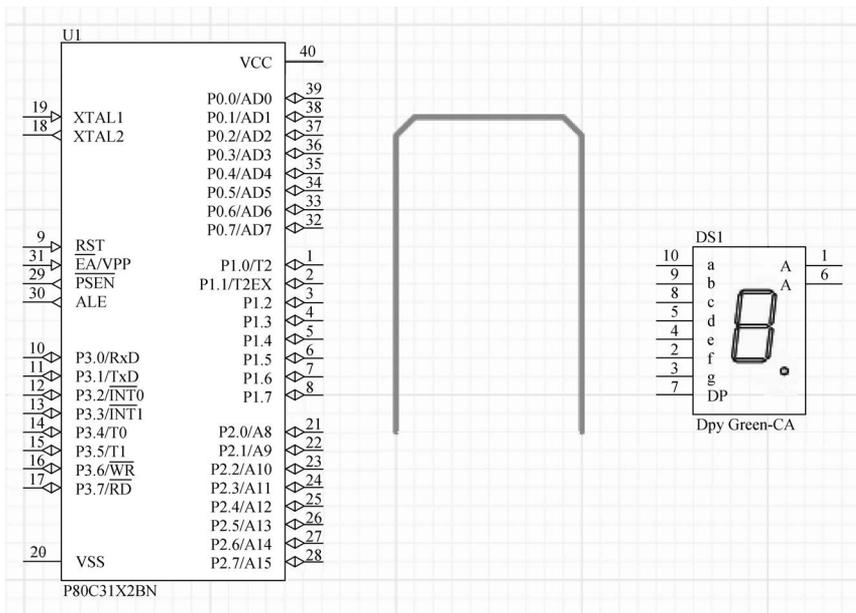


图 3.16 总线绘制结果

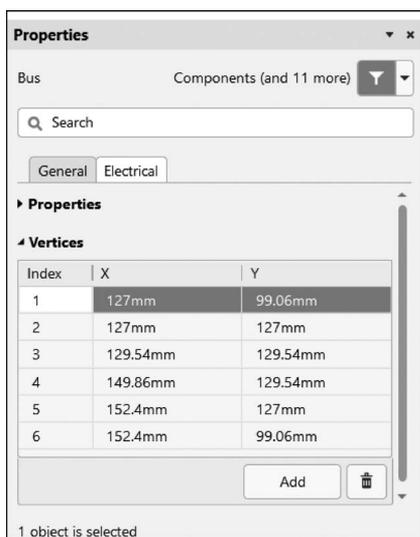


图 3.17 总线属性面板

(1) 在电路原理图编辑器中,选择“放置”→“总线入口”选项,或者单击布线工具栏中的“放置总线入口”按钮,光标变成十字形,并黏着总线入口“/”或“\”。对于不同的放置位置,有时需要总线入口“/”,有时需要总线入口“\”,按空格键,可以在两种总线入口之间进行切换。

(2) 把光标移到适当的位置并单击,就在当前位置放置了一个总线入口。

(3) 移动光标,可以继续放置其他总线入口。

(4) 放置完所有总线入口之后,右击,退出放置总线入口状态。

总线常常用于表示电路原理图元件的数据总线和地址总线,其本身没有电气连接的意思。

义。电路原理图元件之间的电气连接关系是靠总线入口上的网络标签来实现的,因此,在放置总线入口后,还要在总线入口上放置网络标签,在相互连接的总线入口上放置同名的网络标签。放置总线入口及网络标签后的电路原理图如图 3.18 所示。

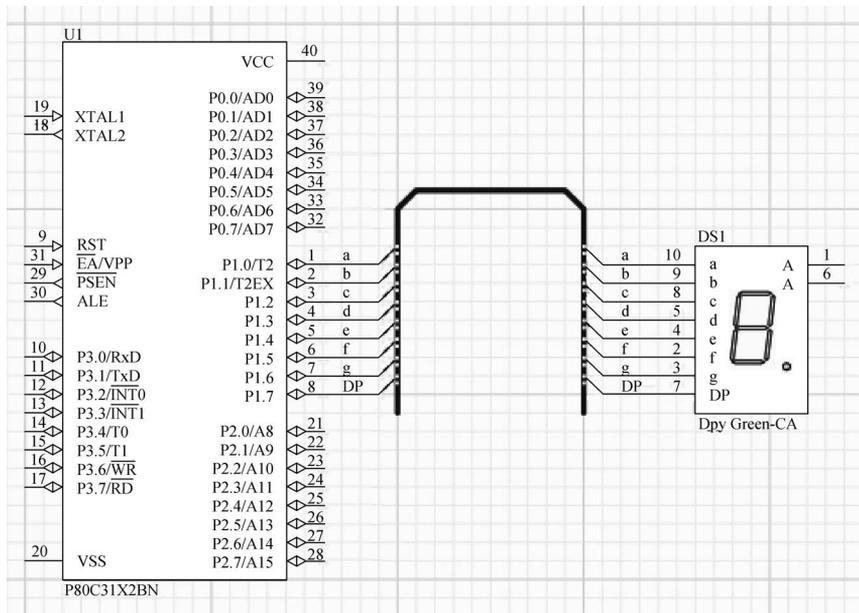


图 3.18 放置总线入口及网络标签后的原理图

### 5. 放置 VCC 电源端口

利用布线工具栏放置 VCC 电源端口的步骤如下。

- (1) 单击布线工具栏中的“VCC 电源端口”按钮 , 光标变成十字形, 并黏着一个 VCC。
- (2) 把光标移到电路原理图的适当位置, 单击, 就在当前位置放置了一个 VCC 电源端口。

利用快捷工具栏放置 VCC 电源端口的步骤如下。

- (1) 右击快捷工具栏中的“GND 端口”按钮 , 出现下拉菜单, 如图 3.19 所示。

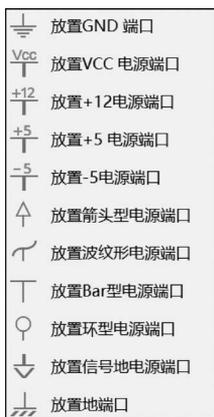


图 3.19 GND 端口的下拉菜单

- (2) 在下拉菜单中选择“放置 VCC 电源端口”选项, 光标变成十字形, 并黏着一个 VCC。

- (3) 把光标移到电路原理图的适当位置, 单击, 就在当前位置放置了一个 VCC 电源端口。

### 6. 放置 GND 端口

放置 GND 端口的方法与放置 VCC 电源端口类似, 不再赘述。

利用菜单选项或右击菜单选项“放置”→“电源端口”, 也可以放置 VCC 电源端口和 GND 端口, 但是, 本次放置的端口类型与上次放置的端口类型一样。例如, 若上次放置的是 GND 端口, 则本次放置的也是 GND 端口。因此, 使用菜单命令放置 VCC 电源端口和 GND 端口不方便, 一般不用这种方法。

## 3.4 电路原理图设计的辅助操作

本节介绍电路原理图设计的辅助操作,即在电路原理图中添加文本字符串、文本框、注释、图形或图像等。这些对象不具有电气特性,只起到说明、注释、修饰的作用,对电气规则检查、网络表生成等没有影响。在把电路原理图设计文件更新到 PCB 设计文件时,这些对象的信息也不会更新。

### 3.4.1 放置文本对象

为了增加电路原理图的可读性,设计者可以在电路原理图的关键位置添加文字说明,即添加文本字符串、文本框或注释。

文本字符串与文本框的功能相同,但是,文本字符串只能容纳一行文字,而文本框能够容纳多行文字,表达能力更强。当只需添加少量文字时,可以放置文本字符串;当需要添加大段文字说明时,可以放置文本框。

#### 1. 放置文本字符串

放置文本字符串的步骤如下。

(1) 在电路原理图编辑器中,选择“放置”→“文本字符串”选项,或者在快捷工具栏单击“放置文本字符串”按钮 ,光标变成十字形,并黏着一个 Text。

(2) 把光标移到电路原理图的适当位置并单击,就在这个位置放置了一个 Text。

(3) 双击 Text,弹出文本字符串属性面板,如图 3.20 所示。在文本字符串属性面板中,可以设置文本字符串的位置、方向、内容、字体、字号、字形等属性参数。

#### 2. 放置文本框

放置文本框的步骤如下。

(1) 在电路原理图编辑器中,选择“放置”→“文本框”选项,光标变成十字形,并黏着一个文本框。

(2) 把光标移到电路原理图的适当位置并单击,确定文本框的一个顶点。

(3) 移动光标,确定文本框的对角顶点并单击,就放置了一个文本框。

(4) 双击文本框,弹出文本框属性面板,如图 3.21 所示。在文本框属性面板中,可以设置文本框的位置、内容、是否自动换行、字体、字号、字形、对齐方式、大小、是否显示边框、边框粗细、边框颜色、填充颜色等属性参数。

#### 3. 放置注释

注释与文本字符串、文本框的功能相同,也是对电路进行标注,但是,注释可以折叠。使用注释,可以使电路原理图更加简洁。

放置注释的步骤如下。

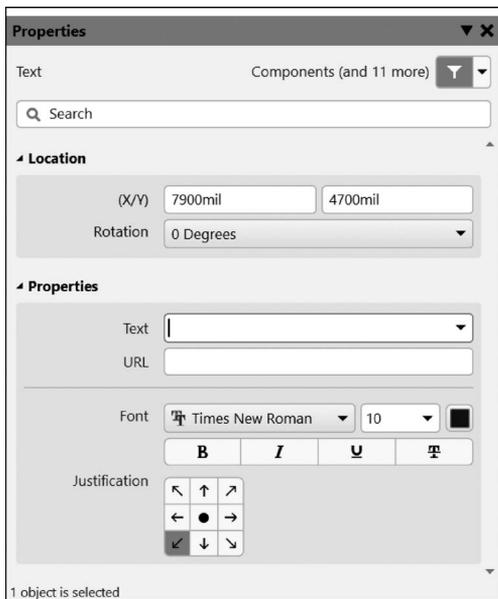


图 3.20 文本字符串属性面板

(1) 在电路原理图编辑器中,选择“放置”→“注释”选项,光标变成十字形,并黏着一个注释。

(2) 把光标移到电路原理图的适当位置并单击,确定注释的一个顶点。

(3) 移动光标,确定注释的对角顶点并单击,就放置了一个注释。

(4) 双击注释,弹出注释属性面板,如图 3.22 所示。在注释属性面板中,可以设置注释的位置、内容、是否自动换行、字体、字号、字形、对齐方式、大小、是否显示边框、边框粗细、边框颜色、填充颜色、作者和是否折叠等属性参数。

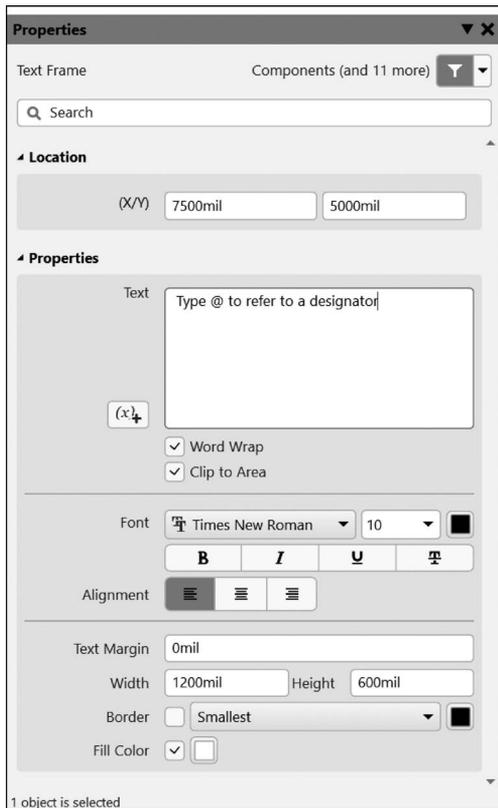


图 3.21 文本框属性面板

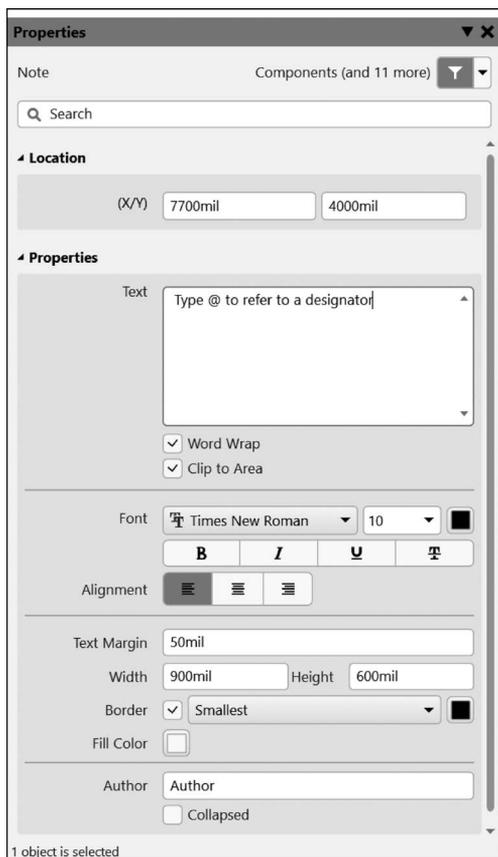


图 3.22 注释属性面板

## 3.4.2 放置图形/图像

### 1. 放置图形

可以在电路原理图中放置图形,对电路原理图进行适当的修饰。

在电路原理图编辑器中,菜单“放置”→“绘图工具”的子菜单如图 3.23 所示,选择子菜单选项,可以放置弧、圆圈、椭圆弧、椭圆、线、矩形、圆角矩形、多边形和贝塞尔曲线等。利用快捷工具栏中的按钮 ,也可以放置这些图形。

下面以放置矩形为例,说明放置图形的步骤。

(1) 在电路原理图编辑器中,选择“放置”→“绘图工具”→“矩形”选项,或者在快捷工具栏中单击“放置矩形”按钮 ,光标变成十字形,并黏着一个矩形。

(2) 把光标移到电路原理图的适当位置并单击,确定矩形的一个顶点。

(3) 移动光标,确定矩形的对角顶点并单击,就放置了一个矩形。

## 2. 放置图像

可以在电路原理图中放置图像,用于显示企业的徽标、广告等。放置图像的步骤如下。

(1) 在电路原理图编辑器中,选择“放置”→“绘图工具”→图 3.23 菜单“放置”→“绘图工具”的子菜单“图像”选项,或者在快捷工具栏中单击“放置图像”按钮,光标变成十字形。

(2) 把光标移到电路原理图的适当位置并单击,确定图像的一个顶点,弹出“打开”对话框,如图 3.24 所示。



图 3.24 “打开”对话框

(3) 在对话框中选择一个图像,单击“打开”按钮,退出“打开”对话框。

(4) 在电路原理图中,移动光标,确定图像的对角顶点,就放置了一个图像。

## 3.5 电路原理图设计实例

学以致用是本课程的核心要义。本节通过两个电路原理图设计实例,详细说明电路原理图设计的完整过程。在学习这两个设计实例时,读者应该自己动手,灵活运用前面介绍的方法,勤加练习,做到熟能生巧。

### 3.5.1 音量控制电路的电路原理图设计

设计音量控制电路的电路原理图,预期设计结果如图 3.25 所示。

**分析:** 音量控制电路使用的都是常用电路原理图元件,包括在通用元件集成库 Miscellaneous Devices.IntLib 中。利用这个集成库,就可以设计音量控制电路的电路原理图,不需要添加其他的库。

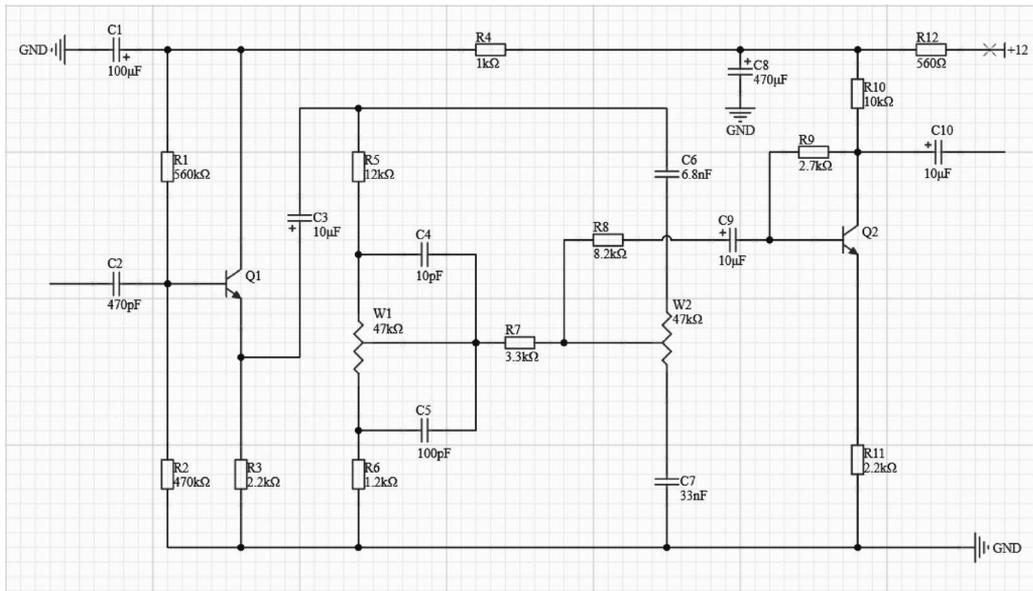


图 3.25 音量控制电路的电路原理图

音量控制电路的电路原理图设计步骤如下。

#### 1. 新建工程

启动 AD 24,按照 1.2.3 小节介绍的操作步骤,新建工程“音量控制电路.PrjPcb”,并把工程保存在本书的源文件文件夹中,路径为“…\源文件\第 3 章”。

#### 2. 新建电路原理图设计文件

按照 1.2.4 小节介绍的操作步骤,新建电路原理图设计文件“音量控制电路.SchDoc”,并把它保存到工程“音量控制电路.PrjPcb”中。

#### 3. 设置图纸参数

按照 2.1.4 小节介绍的操作步骤,设置电路原理图的图纸参数。采用公制,显示图纸边框,图纸边框颜色为黑色,图纸颜色为白色,图纸尺寸为 A4,图纸方向为横向,添加图纸标题块,标题块为 Standard(标准)格式,字体为 Times New Roman,字号设置为 10。其他参数都采用系统默认设置。

#### 4. 放置电路原理图元件

(1) 放置电阻。在音量控制电路中,共有 12 个电阻,可以选择放置电阻选项,一次性放置完成。12 个电阻的标识符依次为 R1、R2、…、R12。

(2) 放置电容。选择放置电容选项,一次性放置 10 个电容。10 个电容的标识符依次为 C1、C2、…、C10。

(3) 放置三极管。放置两个三极管,标识符分别为 Q1 和 Q2。

(4) 放置电源端口。分别放置一个 +12V 电源端子和 3 个接地端子 GND。

#### 5. 调整电路原理图元件的位置和方向

参照图 3.25,调整电路原理图元件的位置和方向。元件的位置只需大致合适就可以了,但是,元件的方向最好调整正确,这样有利于接下来的电气连接。

#### 6. 设置电路原理图元件的属性

参照图 3.25,设置电路原理图元件的属性。对于每一个电路原理图元件,先选中它,再

双击,在弹出的属性面板中设置它的属性。

在电路原理图元件的所有属性参数中,标识符(Designator)、名称(Comment)、PCB 脚印(Footprint)在 General 标签中设置,参数值(Value)在 Parameters 标签中设置。

调整了电路原理图元件的位置和方向,设置了电路原理图的元件属性,电路原理图元件布置完成的电路原理图如图 3.26 所示。

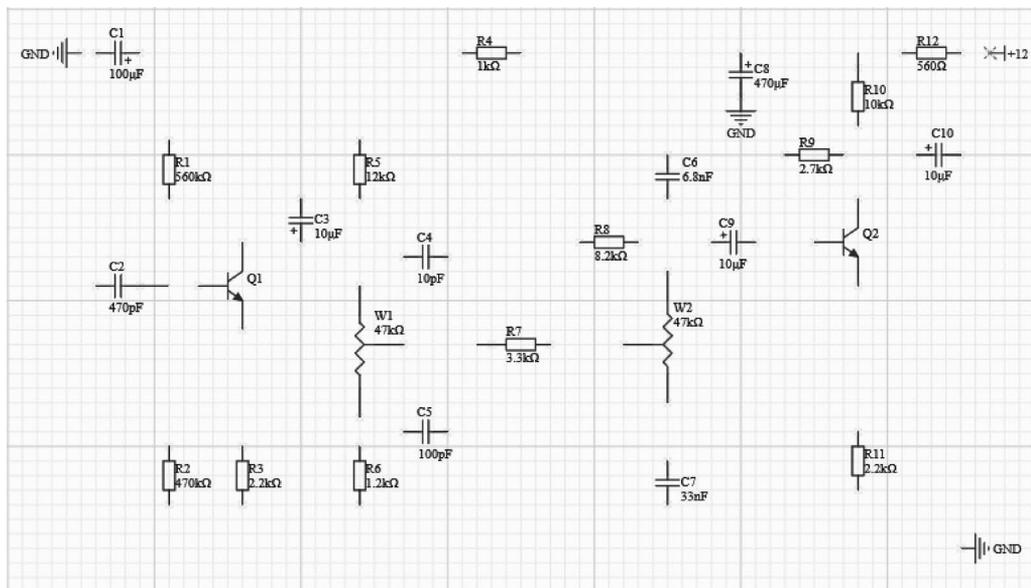


图 3.26 电路原理图元件布置完成的电路原理图

## 7. 电气连接

音量控制电路比较简单,所有元件都在一张图纸上;没有多位并行导线,不需要放置总线;通过对电路原理图元件的合理布局,导线交叉较少,不需要放置网络标签。鉴于以上分析,只需用导线进行电气连接。

## 8. 整理电路原理图

全面检查、整理电路原理图,对某些电路原理图元件位置进行微调,使电路原理图布局更加合理、均衡,电气连接尽量简单、明了。最终得到预期的设计结果,如图 3.25 所示。

## 9. 保存电路原理图

(1) 保存电路原理图。在原理图编辑器的原理图标准工具栏中单击“保存”按钮 ,保存电路原理图。

(2) 保存工程。在原理图编辑器的标题栏中单击“保存全部文档”按钮 ,保存整个工程。

## 3.5.2 单片机最小系统的电路原理图设计

设计单片机最小系统的电路原理图,预期设计结果如图 3.27 所示。

分析:单片机最小系统使用的常用电路原理图元件包括在通用元件库 Miscellaneous Devices, IntLib 中,连接器包括在通用连接器库 Miscellaneous Connectors, IntLib 中,但是,单片机 P80C31SFPN 不在这两个库中。通过上网查询得知,P80C31SFPN 包括在集成库

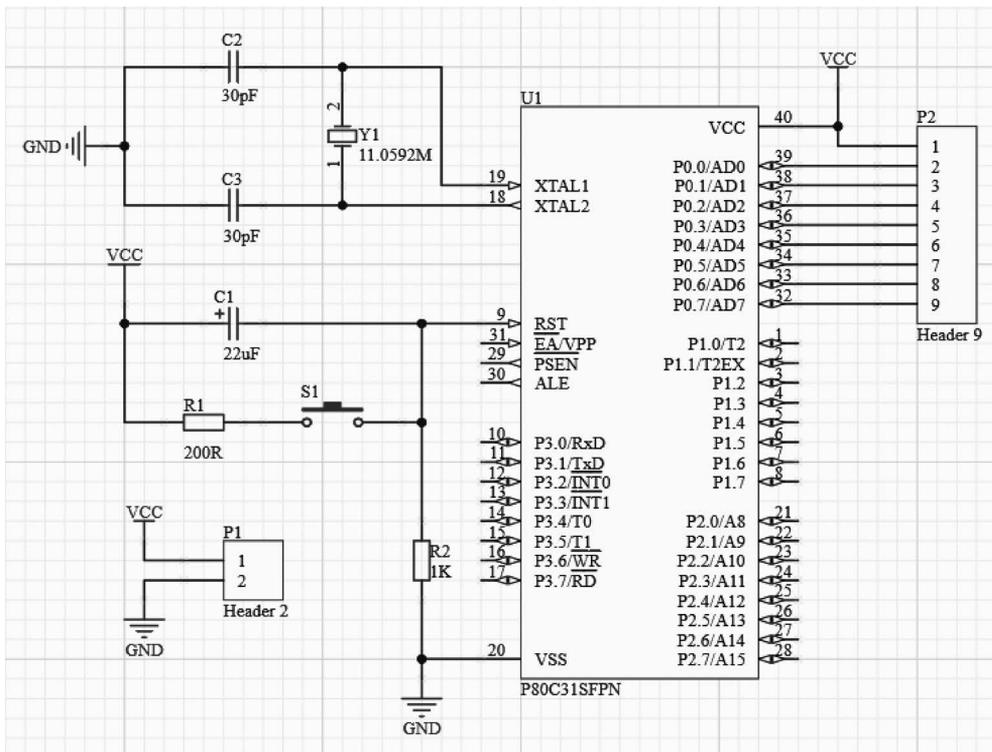


图 3.27 单片机最小系统的电路原理图

Philips Microcontroller 8-Bit, IntLib 之中,因此,在设计电路原理图之前,需要添加这个库。

单片机最小系统的电路原理图设计步骤如下。

### 1. 新建工程

启动 AD 24,按照 1.2.3 小节介绍的操作步骤,新建工程“单片机最小系统.PrjPcb”,并把工程保存在本书的源文件文件夹中,路径为“…\源文件\第 3 章”。

### 2. 新建电路原理图设计文件

按照 1.2.4 小节介绍的操作步骤,新建电路原理图设计文件“单片机最小系统.SchDoc”,并把它保存到工程“单片机最小系统.PrjPcb”中。

### 3. 设置图纸参数

按照 2.1.4 小节介绍的操作步骤,设置电路原理图的图纸参数。采用公制,显示图纸边框,图纸边框颜色为黑色,图纸颜色为白色,图纸尺寸为 A4,图纸方向为横向,添加图纸标题块,标题块为 Standard(标准)格式,字体为 Times New Roman,字号设置为 10。其他参数都采用系统默认设置。

### 4. 添加原理图库

按照 3.1.2 小节介绍的操作步骤,把集成库 Philips Microcontroller 8-Bit, IntLib 加载到电路原理图编辑器中。

### 5. 放置电路原理图元件

- (1) 放置两个电阻,标识符分别为 R1 和 R2。
- (2) 放置 3 个电容,标识符分别为 C1、C2 和 C3。

- (3) 放置单片机 P80C31SFPN, 标识符为 U1。
- (4) 放置一个按键, 标识符为 S1。
- (5) 放置一个两针接头, 标识符为 P1, 用于代表电源插座; 放置一个 9 针接头, 标识符为 P2, 用于代表单片机 P0 端口的上拉电阻。
- (6) 放置 3 个电源端子 VCC 和 3 个接地端子 GND。

### 6. 调整电路原理图元件的位置和方向

参照图 3.27, 调整电路原理图元件的位置和方向。电路原理图元件的位置只需大致调整至合适位置就可以了, 但是电路原理图元件的方向最好调整至合适位置, 这样有利于接下来的电气连接。

### 7. 设置电路原理图元件的属性

参照图 3.27, 设置元件的属性。对于每一个电路原理图元件, 先选中它, 再双击, 在弹出的属性面板中设置它的属性。

在电路原理图元件的所有属性参数中, 标识符 (Designator)、名称 (Comment)、PCB 脚印 (Footprint) 在 General 标签中设置; 参数值 (Value) 在 Parameters 标签中设置。

至此, 已调整电路原理图元件的位置和方向, 设置电路原理图元件的属性, 电路原理图元件布置完成的电路原理图如图 3.28 所示。

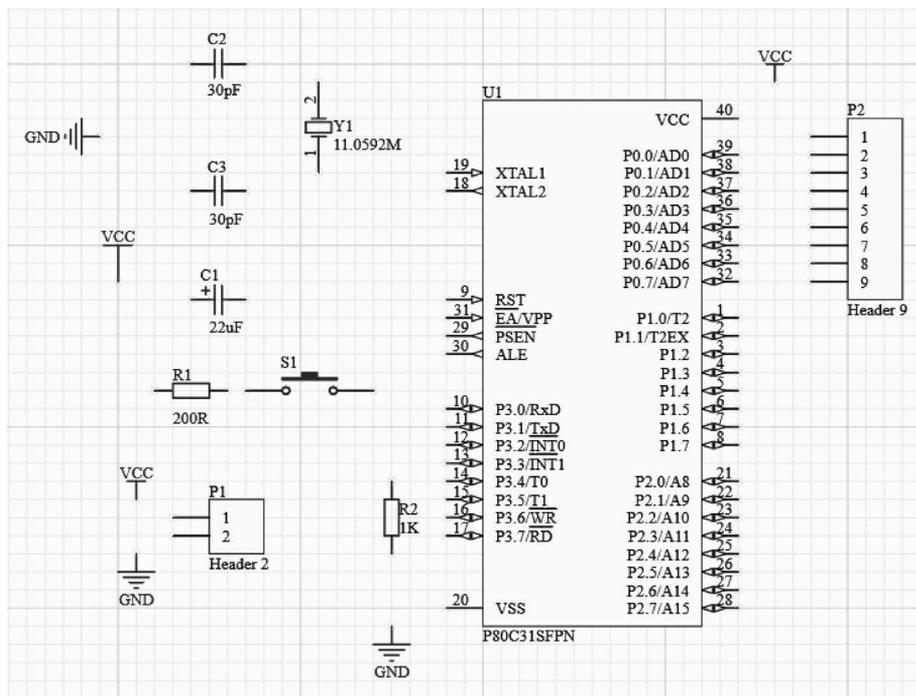


图 3.28 电路原理图元件布置完成的电路原理图

### 8. 电气连接

单片机最小系统的电路比较简单, 所有元件都在一张图纸上; 只有一组多位并行导线, 而两个元件距离很近, 不需要放置总线; 通过对元件的合理布局, 导线交叉较少, 不需要放置网络标签。鉴于以上分析, 只需用导线进行电气连接。

### 9. 整理电路原理图

全面检查、整理电路原理图,对某些电路原理图元件位置进行微调,使电路原理图布局更加合理、均衡,电气连接尽量简单、明了。最终得到预期的设计结果,如图 3.27 所示。

### 10. 保存电路原理图

(1) 保存电路原理图。在电路原理图编辑器的原理图标准工具栏中,单击“保存”按钮 ,保存电路原理图。

(2) 保存工程。在原理图编辑器的标题栏中,单击“保存全部文档”按钮 ,保存整个工程。

## 习题 3

### 一、填空题

1. 电路原理图设计的任务是将设计人员的设计思路用规范的电路语言描述出来,为 PCB 设计提供\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_。

2. 编辑电路原理图元件属性主要涉及修改元件的\_\_\_\_\_、名称、参数值和\_\_\_\_\_等。

3. 在电路原理图元件的属性参数中,Designator 是最重要的参数之一,它是电路原理图元件的\_\_\_\_\_,应该具有\_\_\_\_\_,即在一张电路原理图中,不允许两个以上电路原理图元件使用相同的 Designator。

4. 在电路原理图元件的属性参数中,Footprint 是最重要的参数之一。如果没有为电路原理图元件设置正确的 PCB 脚印,那么在从原理图设计向 PCB 设计转化时,就不能成功地把电路原理图的\_\_\_\_\_载入\_\_\_\_\_中,从而不能进行 PCB 设计。

5. 在利用总线进行电气连接时,在放置总线和总线入口之后,还要在总线入口上放置\_\_\_\_\_,在相互连接的总线入口上放置同名的\_\_\_\_\_。

### 二、简答题

1. 电路原理图设计有哪些主要步骤?

2. 删除电路原理图元件的常用方法有哪些?

3. 打开电路原理图元件属性面板的方法主要有哪几种?

4. 说明电路原理图设计中电气连接的含义。

5. 在设计电路原理图时,可以在电路原理图的关键位置添加文本字符串或文本框。试说明两者的异同。

6. 说明加载电路原理图库的步骤。

7. 以放置电阻为例,说明放置电路原理图元件的步骤。

8. 说明绘制总线的步骤。

9. 为了设计电路原理图中的多条并行导线,可以用绘制导线、绘制总线、放置网络标签这三种方法。试说明这三种方法的优缺点。

### 三、设计题

1. 按照顺序完成如下操作。

(1) 启动 AD 24,新建名为“实验 3. PrjPcb”的工程,把工程保存到桌面上。

(2) 新建名为“实验 3. Sch.Doc”的电路原理图设计文件,并打开电路原理图编辑器。

(3) 设置电路原理图图纸的参数:采用公制,图纸边框显示,图纸边框颜色为黑色,图纸颜色为白色,图纸尺寸为 A4,图纸方向为横向,添加图纸标题栏,图纸分为  $4 \times 4$  个区,坐标原点在左上角,添加作者、检查者、公司名称。

(4) 设计单片机逻辑系统的电路原理图,预期设计结果如图 3.29 所示。

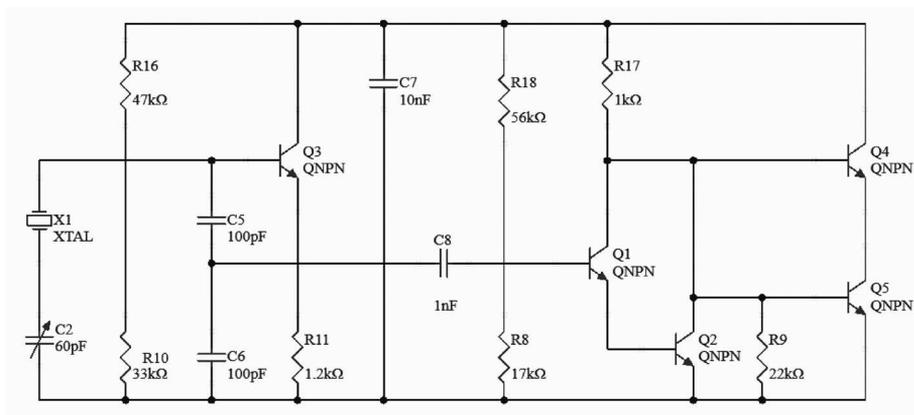


图 3.29 单片机逻辑系统的电路原理图

(5) 保存电路原理图设计文件,保存工程,退出 AD 24。

2. 设计看门狗电路的电路原理图,预期设计结果如图 3.30 所示。

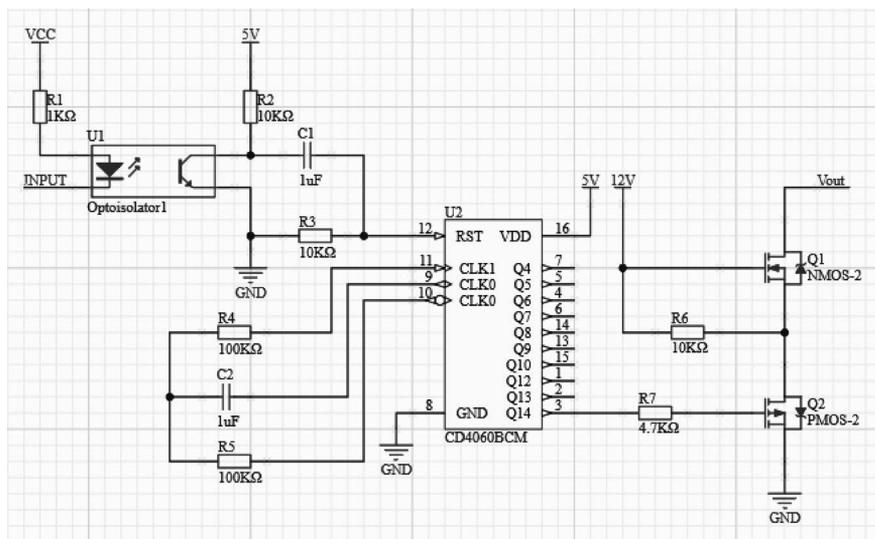


图 3.30 看门狗电路的电路原理图