

层次原理图的设计

本章知识点：

1. 了解层次原理图的概念及设计方法。
2. 掌握绘制一般层次原理图、理解层次原理图的设计思路。
3. 熟练应用层次原理图。

在前面已经学习了一般电路原理图的基本设计方法,将整个系统的电路绘制在一张原理图纸上。这种方法适用于规模较小、逻辑结构比较简单的系统电路设计。而对于大规模的电路系统来说,由于所包含的对象数量繁多,结构关系复杂,很难在一张原理图纸上完整地绘出,即使勉强绘制出来,其错综复杂的结构也非常不利于电路的阅读分析与检测。

针对复杂电路系统的设计,Altium Designer 20 提供了一种层次原理图设计模式,即在实际设计过程中,设计人将电路图按功能或位置分成不同模块,电路由相对简单的几个模块组成,在不同模块中再进行电路图的绘制,即整张原理图可分成若干子原理图,子原理图可再细分。

3.1 层次原理图的基本概念

对于电路原理图的模块化设计,Altium Designer 20 提供了层次原理图的设计方法。这种方法可以将一个庞大的系统电路作为一个整体项目来设计,根据系统功能所划分出的若干个电路模块则分别作为设计文件添加到该项目中。这样就把一个复杂的大型电路原理图设计变成了多个简单的小型电路原理图设计,而且层次清晰,设计简便。

层次电路原理图的设计理念是将实际的总体电路进行模块划分,划分的原则是每一个电路模块都应该有明确的功能特征和相对独立的结构,还要有简单、统一的接口,便于模块彼此之间的连接。

针对每一个具体的电路模块,可以分别绘制相应的电路原理图,该原理图一般称之为“子原理图”。而各个电路模块之间的连接关系则采用一个顶层原理图来表示,顶层原理图主要由若干个方块电路即图纸符号组成,用来展示各个电路模块之间的系统连接关系,描述了整体电路的功能结构。这样,把整个系统电路分解成了顶层原理图和若干个子原理图来

分别进行设计。

在层次原理图的设计过程中还需要注意一个问题,在另一个层次原理图的工程项目中只能有一张总母图,一张原理图中的方块电路不能参考这张图纸上的其他方块电路或其上一级的原理图。

3.2 层次原理图的基本结构和组成

Altium Designer 20 软件提供的层次原理图设计,能够实现多层的层次化设计功能。用户可以将整个电路系统划分为若干个子系统,每个子系统可以划分为若干个功能模块,而每一个功能模块还可以再细分为若干个小模块,这样依次细分下去,就把整个系统划分为多个层次,电路设计化繁为简。

一个两层结构原理图的基本结构由顶层原理图和子原理图共同组成,这就是所谓的层次化结构。其中,子原理图是用来描述某一电路模块具体功能的普通电路原理图,只不过增加了一些输入/输出端口,作为与上层原理图进行电气连接的接口。普通电路原理图的绘制方法在前面已经学习过,主要由各种具体的元件、导线等构成。

顶层原理图即母图的主要构成元素不再是具体的元件,而是代表子原理图的图纸符号,图纸符号之间也是借助于电路端口进行连接的,也可以使用导线或总线完成连接。此外,同一个项目的所有电路原理图(包括顶层原理图和子原理图)中,相同名称的输入、输出端口和电路端口之间,在电气意义上都是相互连通的。

3.3 层次结构原理图的设计方法

层次原理图的设计方法是把整个电路项目分成若干子原理图来描述。多个子原理图能联合起来共同描述一个原理图,总原理图以顶层原理图形式表现整个电路原理图的结构。基于上述设计理念,层次电路原理图的具体实现方法有两种:一种是自上而下的设计方法,另一种是自下而上的设计方法。

自上而下的设计方法是在绘制电路原理图之前,要求设计者对这个设计有一个整体的把握。把整个电路设计分成多个模块,确定每个模块的设计内容,然后对每一模块进行详细的设计。在 C 语言中,这种设计方法被称为自顶向下,逐步细化。该设计方法要求设计者在绘制原理图之前就对系统有比较深入的了解,对电路的模块划分比较清楚。

自下而上的设计方法是设计者先绘制子原理图,根据子原理图生成原理图符号,进而生成上层原理图,最后完成整个设计。这种方法比较适用于对整个设计不是非常熟悉的用户,这也是一种适合初学者选择的设计方法。

3.3.1 自上而下的层次原理图设计

采用自上而下设计方法,首先要绘制顶层原理图,再根据顶层原理图的结构,将整个电路分解成不同功能的子模块,然后分别绘制各个方块图对应的子模块的原理图,这样层层控制下去,完成整个层次原理图的设计,其流程如图 3-1 所示。

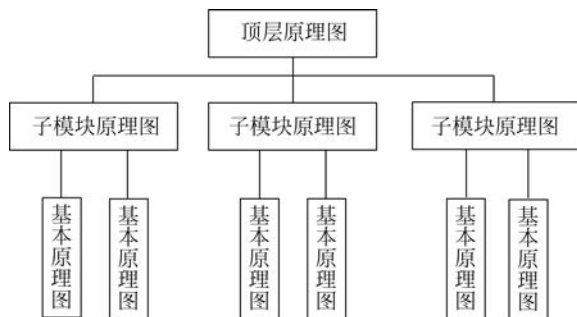


图 3-1 自上而下设计流程

3.3.2 自下而上的层次原理图设计

采用自下而上设计方法,首先要设计子原理图,进而设计方块图,形成上层原理图。这样的设计思路,往往在对模块的应用背景或具体端口不明的情况下采用,其设计流程如图 3-2 所示。

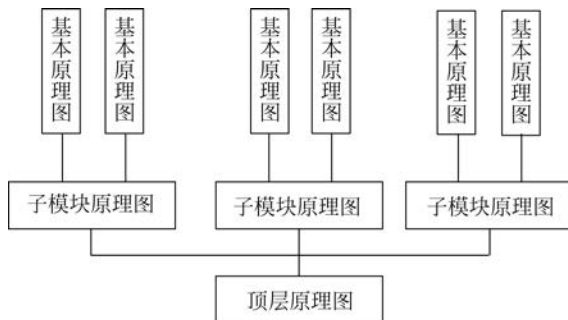


图 3-2 自下而上设计流程

3.4 层次原理图设计的常用工具

在层次原理图中,信号的传递主要依靠页面符、图纸入口和端口来实现。

3.4.1 页面符

在层次原理图中,页面符是自上而下设计方法中首先要用到的单元。用一张带有若干个 I/O 端口的页面符可以代表一张完整的电路图。在层次原理图设计中,用页面符代替子原理图,也可将页面符看成原理图的封装,其放置步骤如下:

【实例 3-1】 放置页面符。

(1) 在打开的原理图界面下,选择“放置”→“页面符”命令,或在“布线”工具栏中单击“放置页面符”的快捷图标,或在原理图页面内单击鼠标右键选择“放置”→“页面符”命令。

(2) 执行命令后光标将变成十字状,将光标移至欲确定图纸的左上角位置,在起点位置单击后,移动光标至欲确定图表符的右下角位置单击,完成图纸符号放置,如图 3-3 所示。可按 Esc 键或在工作区中右击退出端口放置状态。

如果需要修改放置的页面符的特性参数,可以通过双击图纸进入属性和参数对话框或者单击鼠标右键选择“Properties”,打开的右侧“Properties”对话框如图 3-4 所示。

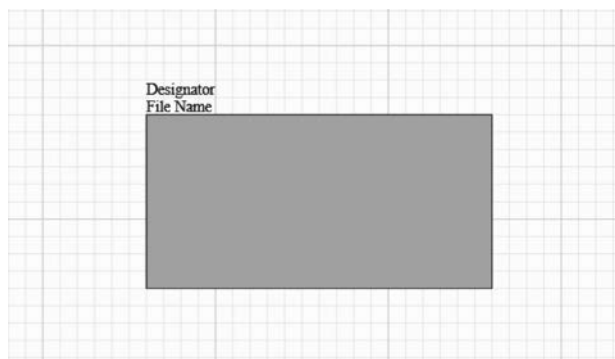


图 3-3 图表符的位置



图 3-4 页面符属性对话框

可以在“Properties(属性)”对话框“General”标签下设置一些参数,其中,“Location(定位)”表示图表符的左上角顶点具体坐标位置,可以修改具体的 X 轴和 Y 轴坐标。

在 Properties 选型组中,“Designator(标识符)”文本框用于设置页面符的名称,只是一个符号,没有电气特性;“File Name(文件名)”文本框用于设置图表所代表的子原理图的文件名,是图表符中唯一具有电气特性的参数,且设置“唯一 ID”作为标识。“Bus Text Style”

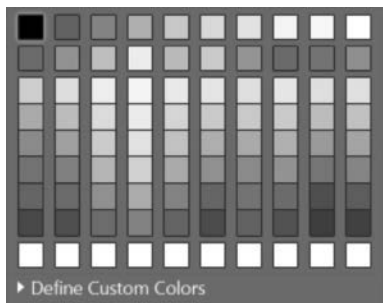


图 3-5 颜色选择矩阵

(总线文本类型)用于设置线束连接器文本显示类型,有 Full(全程)和 Prefix(前缀)两种可选。Width 和 Height 分别用于设定图表符的大小;“Line Style”(线的类型)表示设定页面符外框的线宽,可选择 Smallest(最细)、Small(细)、Medium(中)和 Large(大)。“Fill Colour”(填充颜色)表示图表符方框中间的填充颜色,默认为绿色,如果不勾选对号,则为无色透明;单击绿色图框,可以弹出颜色选择矩阵,如图 3-5 所示。

在 Source 选型组中,“File Name”(文件名)文本框用于设置图表所代表的子原理图的文件名。

在 Sheet Entries 选型组中,可以为页面符添加、删除或编辑其余元件连接的图纸入口,在该选项组下添加图纸入口,与工具栏中的“添加图纸入口”按钮作用相同。单击“Add”按钮,在该面板中自动填入图纸入口,如图 3-6 所示的 Sheet Entries 选项变化及图 3-7 所示的原理图中图表符的情况,系统添加了一个名称为“1”的图纸入口,并且输入/输出接口属性为“不确定”。单击“Times New Roman, IO”可以弹出如图 3-8 所示的文字设置框,可以设置页面符文字的字体类型、字体大小、字体颜色,设置字体加粗、斜体、下划线、横线等效果。单击框中颜色同样可以弹出颜色选择矩阵。单击“Other”可以弹出如图 3-9 所示对话框,主要用于设置页面符中图纸入口的电气类型、边框颜色和填充颜色。单击颜色块同样可以弹出颜色选择矩阵。



图 3-6 单击“Add”按钮后的 Sheet Entries 示意图

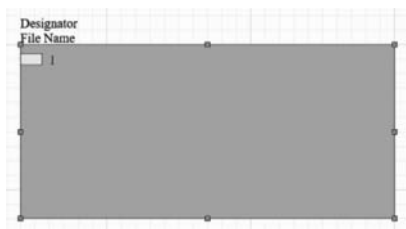


图 3-7 单击“Add”按钮后的图表符变化



图 3-8 图表符中文字设置框

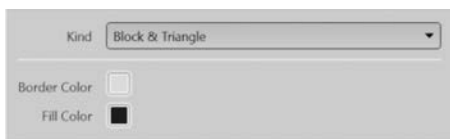


图 3-9 图纸入口的设置框

可以在“Properties(属性)”对话框下单击“Parameters(参数)”标签打开如图 3-10 所示选项卡,在该选项卡中可以为页面符的图纸符号添加、删除或编辑标注文字。单击“Add”

(添加)按钮,添加的显示参数如图 3-11 所示,在该面板可以设置标注文字的“名称”“值”“位置”“颜色”“字体”“定位”以及“类型”等。可以单击  选择是否显示“Value”值,单击  选择是否显示“Name”。



图 3-10 “Parameters”选项卡(一)



图 3-11 “Parameters”选项卡(二)

3.4.2 图纸入口

图纸入口用在顶层原理图的页面符里,可以体现页面符对外呈现出来的特性。在层次原理图设计中,如果将页面符看成是一个元件封装,那么图纸入口相当于元件的引脚。其操作步骤如下:

【实例 3-2】 放置图纸入口。

(1) 继续以实例 3-1 结果为基础,在已有原理图基础上选择“放置”→“添加图纸入口”命令,或在原理图页面内单击鼠标右键选择“添加图纸入口”快捷图标,或在“布线”工具栏中鼠标右键单击“放置页面符”快捷图标后在弹出的窗口中选择“放置图纸入口”快捷图标。

(2) 执行命令后光标将变成十字状,并带一个图表符入口符号,将光标移至图表符内,则方块入口自动定位在图表符的边界上,移动光标,图纸入口会沿着图表符边界移动,在合适位置单击后,完成方块入口放置,如图 3-12 所示。

放置图纸入口必须在原理图中已存在图表符为前提,否则,该命令执行后图纸入口显示呈现灰色,单击鼠标左键无任何反应,鼠标右击或按 Esc 按键退出放置操作。如图 3-13 所示。



图 3-12 放在页面符的图纸入口

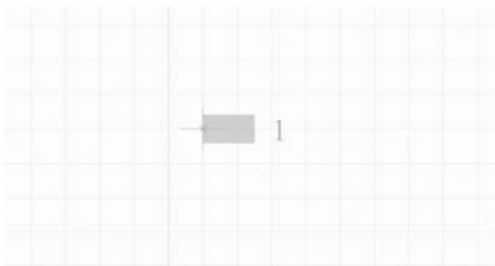


图 3-13 没有放入页面符时的图纸入口

如果需要修改放置的图纸入口的参数,可以通过双击“图纸入口”进入属性对话框,如图 3-14 所示。



图 3-14 图纸入口属性对话框

其中,“Name”(名称)用于设置图纸入口名称,这是图纸入口最重要的属性之一,具有相同名称的图纸入口在电气上是连通的。“I/O Type”(输入/输出端口类型)用于设置图纸入口的电气特性,对后面的电气规则检查提供一定的依据。可以选择“Unspecified”(未定

义)、“Output”(输出)、“Input”(输入)和“Bidirectional”(双向)中任意一种,如图 3-15 所示输入/输出端口的 4 种类型。



图 3-15 输入/输出端口的 4 种类型

还可以设定“Font”(字体),菜单下有很多种选择,字体大小默认为“10”号,字体颜色可以选择加粗(B)、倾斜(I)、下画线(U)和删除线(T)。可以选择“Kind”(类型),有 Block & Triangle(方块与三角形)、Triangle(三角形)、Arrow(箭式)和 Arrow Tail(箭尾式)。可以设定图纸入口的“Border Colour”(边缘颜色)和“Fill Colour”(填充颜色)。单击两个颜色选择框,同样可以得到如上文图中图 3-5 所示的颜色选择矩阵。

3.4.3 端口

端口是不同原理图之间的连接通道,实现原理图的纵向链接。需要注意的是,I/O 端口具有方向性,因此使用 I/O 端口表示元件引脚或者导线之间的电气连接关系时,同时也会指定引脚或者导线上的信号传输方向。

【实例 3-3】 放置端口。

- (1) 选择“放置”→“端口”命令或在“布线”工具栏中鼠标左键单击“放置端口”快捷图标。
- (2) 执行命令后光标变成十字状,并带一个端口符号,在合适位置单击,确定端口的左侧端点,完成端口放置,如图 3-16 所示两个端口。

如果需要修改端口的属性和参数,可以通过双击“端口”进入属性对话框,如图 3-17 所示。

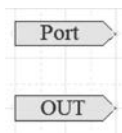


图 3-16 放置的两个端口

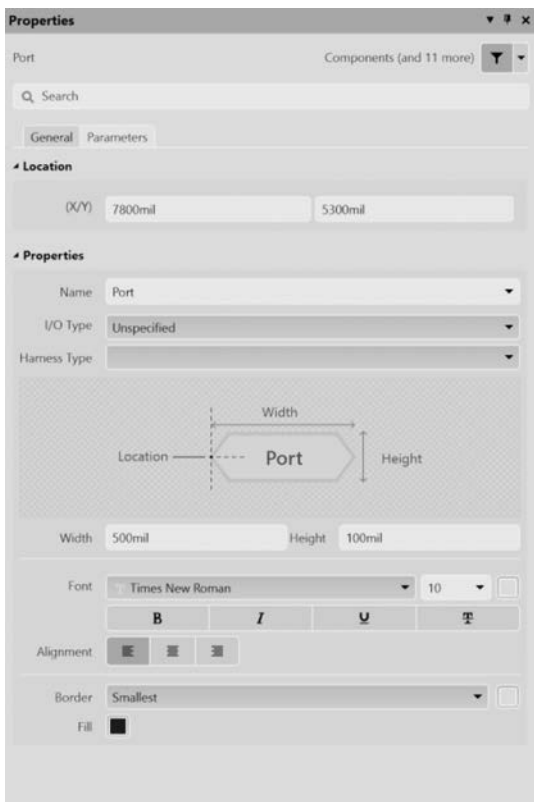


图 3-17 端口属性对话框

在 General 标签中,“Location”(定位)表示端口最左边顶点的坐标位置,可以修改具体的 X 轴和 Y 轴坐标。“Name”(名称)用于设置端口的名称,并且在同一工程项目中的所有原理图中名称一致的端口表示电气性是一致的,即连接在一起的。“I/O Type”(输入/输出端口类型)具有“Unspecified”(未定义)、“Output”(输出)、“Input”(输入)和“Bidirectional”(双向)四种任意可选;Width 和 Height 分别用于设定端口的大小;“Font”(字体)用于设定端口中字体,菜单下有很多种选择;可以设定字体大小,默认为“10”号,字体颜色可以选择加粗(B)、倾斜(I)、下画线(U)和删除线(T)。“Alignment”(对齐)可以设定端口中文字的对其方式,可选择左对齐、居中和右对齐三种之一;“Border”(边缘)可以设定端口的外框的线宽,可选择 Smallest(最细)、Small(细)、Medium(中)和 Large(大);后边的颜色框可以选择外框的颜色;“Fill”(填充)可以设定端口内部填充的颜色,默认为黄色。单击颜色选择框,同样可以得到上文图 3-5 所示的颜色选择矩阵。

3.5 不同层次原理图之间的切换

当进行较大规模的原理图设计时,层次原理图结构比较复杂,由多个子原理图和母原理图构成,同时读入或编辑的具有层次关系的原理图张数较多时,经常需要在不同层次原理图之间来回切换。Altium Designer 20 也包含这部分功能,下面将对其进行讲解。

3.5.1 项目管理器切换原理图

在比较简单的项目中,原理图较少,层次较少,易于管理。设计好的层次原理图,在左侧的项目管理器中可以看到层次原理图的结构。本书以配套的案例 CH3-5 文件夹中的案例为基础,打开其中的 mother.PrjPcb 工程文件,如图 3-18 所示。单击母图前面的“▲”图标,可以展开或闭合树状结构,在树状结构中单击欲打开的原理图文件图标,即可切换到相应的原理图。

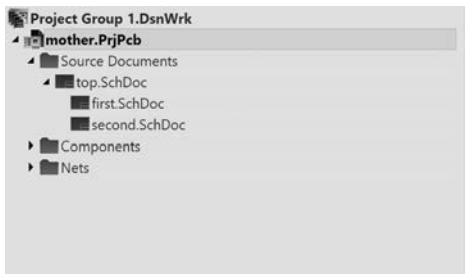


图 3-18 用设计管理器切换层次原理图

3.5.2 菜单命令切换原理图

除了项目管理器切换原理图之外,还有 2 种主要的菜单命令切换方法。

- (1) 选择“工具”→“上/下层次”命令。
- (2) 单击“原理图标准”工具栏中的“上/下层次”快捷图标。

执行该命令时光标将变成十字状,若是由总原理图切换到子图,应将光标移动到总图的图表符上,双击鼠标左键,即可切换到该子图;若是由子图切换到总原理图,应将光标移动到与总图连接的子图上的电路端口,双击鼠标左键,即可切换到总原理图。

3.6 操作实例——整流稳压电路

本节操作案例采用整流稳压电路,顶层电路示意图如图 3-19 所示。按照功能可以分成整流和稳压两部分,即整个顶层原理图可以分成两个子原理图表示,即如图 3-20 和图 3-21 所示的稳压和整流两个子原理图。

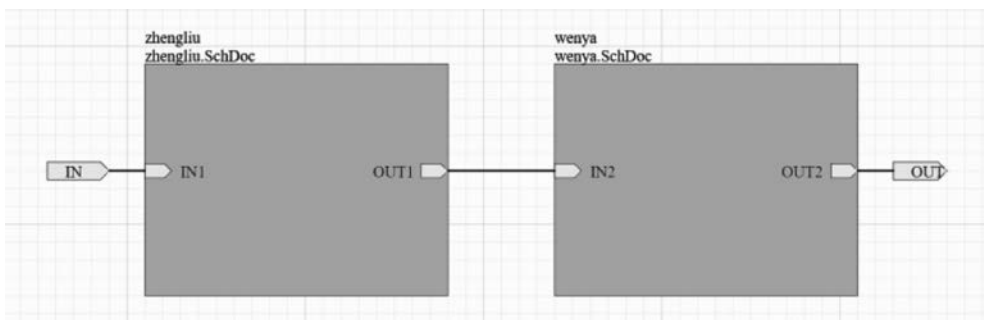


图 3-19 整流稳压顶层原理图

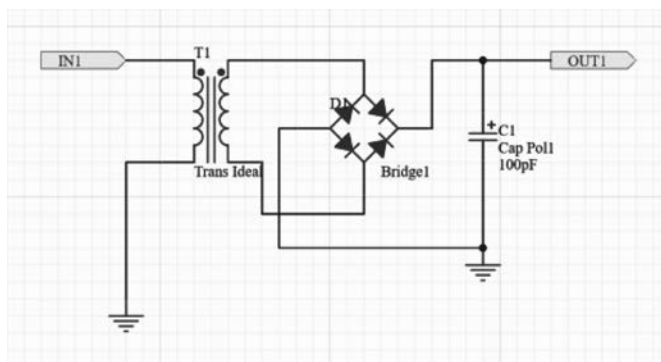


图 3-20 整流子原理图(1st. SchDoc)

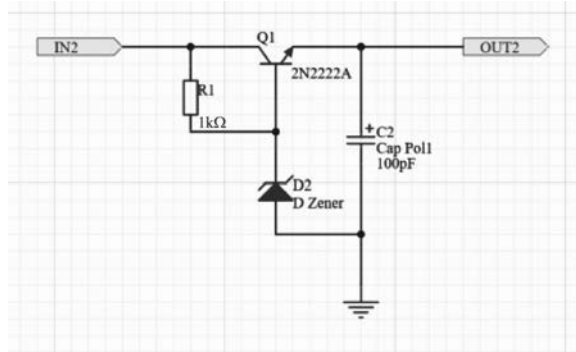


图 3-21 稳压子原理图(2nd. SchDoc)

设计思路:

首先,创建一个 PCB 工程,在工程下创建三张新的原理图,并选好存储位置对工程和原理图文件命名并保存。

其次,对3张原理图中的元器件进行分析统计,该顶层原理图由2个图表符、2个端口和4个图纸入口组成;整流子原理图主要由2个端口、1个可变换压器、1个电桥、1个极性电容和2个GND端口组成;稳压子原理图主要由2个端口、1个电阻、1个三极管、1个电阻、1个稳压二极管、1个极性电容和1个GND端口组成。

最后,放置好所有元件,确定各芯片的位置后进行元件布局,然后用导线将其连接起来,即可完成全图。

本实例的具体操作步骤如下:

【步骤(1)、(2)新建工程、原理图并保存】

(1) 新建工程:选择“文件”→“新的”→“项目”命令,弹出如图3-22所示的对话框,设定工程名称为AC-DC,并设置好工程路径,单击“Create”创建一个PCB项目文档。选择“文件”→“保存工程”命令,单击“保存”按钮进行保存。

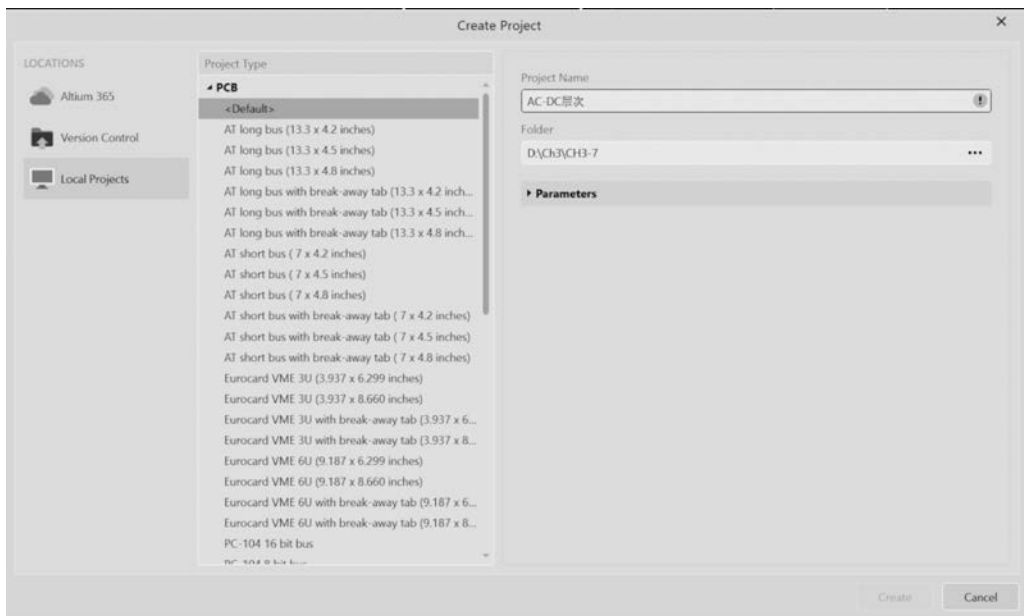


图 3-22 新建 AC-DC 项目设置界面

(2) 新建原理:选择“文件”→“新的”→“原理图”命令,选择“文件”→“保存为”命令,在弹出的对话框选择好位置,将文件名称更改为“总图”,单击“保存”按钮进行保存。

【步骤(3)~(9)设计层次原理图】

(3) 开始自上而下建立层次原理图。右击工作区,在弹出的快捷菜单中选择“放置”→“页面符”命令,在适当位置单击鼠标左键,确定方块图符号的左上端点位置,移动光标,适当调整图表符大小,单击鼠标左键确定方块图的终点,确认页面符的位置,按 Esc 键或者鼠标单击右键退出放置页面符的命令。

(4) 按上述方法再放置一个方块电路图,鼠标左键双击已放置页面符,弹出“方块符号”对话框。

(5) 将两个图表符的标识分别设置成“zhengliu”和“wenya”,文件名分别为 zhengliu.SchDoc 和 wenya.SchDoc,设置后如图3-23所示。

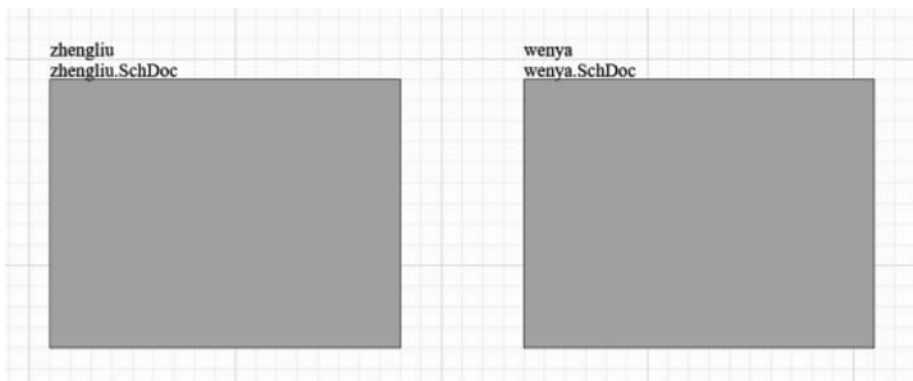


图 3-23 设置图表符

(6) 右击工作区,在弹出的快捷菜单中选择“放置”→“添加图纸入口”命令,分别放置在两个方块电路的 I/O 端口,放置后如图 3-24 所示。

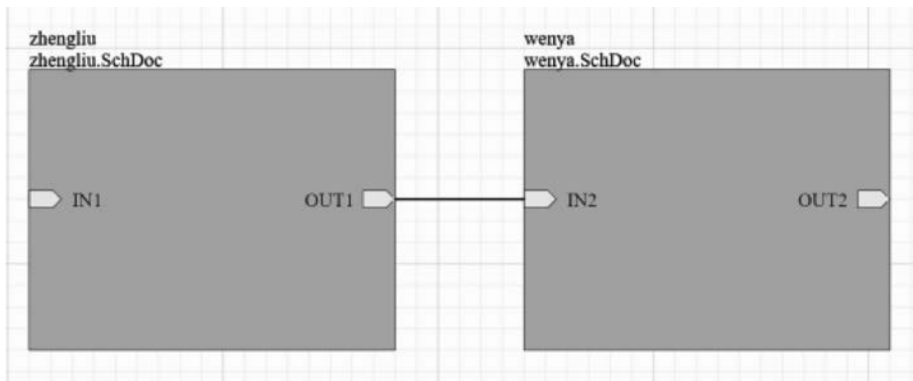


图 3-24 放置“图纸入口”

(7) 选择“放置”→“端口”命令或者单击“配线”工具栏中的“端口”按钮,进入端口放置命令,在图表符左右两侧分别放置一个端口符号。

(8) 分别双击 4 个图纸入口和两端口,可分别弹出“方块入口”和“端口属性”对话框,在其中设置“方块入口”的名称和 I/O 类型、“端口属性”的名称和 I/O 类型,各个端口的参数如表 3-1 所示。

表 3-1 端口的参数

名称	I/O 类型	所属图纸符号	名称	I/O 类型	所属图纸符号
IN	Input	顶层原理图	IN2	Input	2nd. SchDoc
IN1	Input	1st. SchDoc	OUT2	Output	2nd. SchDoc
OUT1	Output	1st. SchDoc	OUT	Output	顶层原理图

(9) 选择“放置”→“线”命令,将上述端口和图纸入口等相连接,完成连接后的顶层原理图如图 3-25 所示。

【步骤(10)~(15)设计子原理图】

(10) 选择“设计”→“从页面符创建图纸”命令,光标将变成十字形,在图表符“1st. sch”上单击,直接弹出“zhengliu. SchDoc”的子原理图,系统创建名为“zhengliu. SchDoc”的原理图。

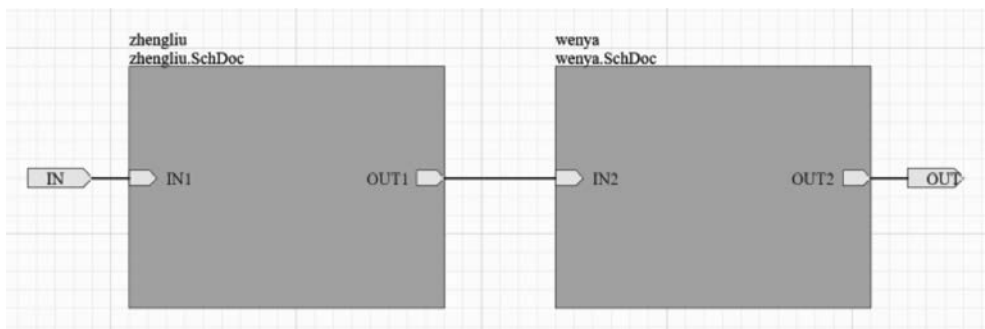


图 3-25 完成连接的顶层原理图

(11) 在 zhengliu.SchDoc 中放置并排布元件,如图 3-26 所示,各个元件的参数如表 3-2 所示。

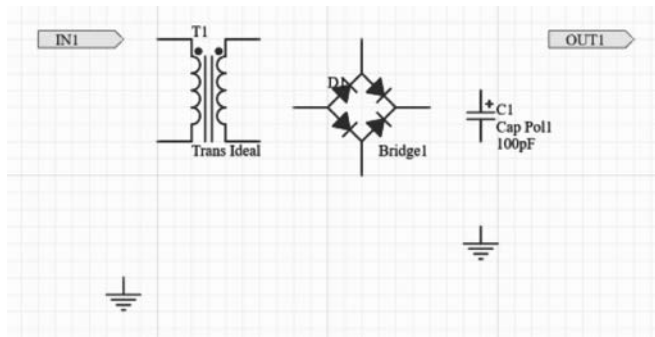


图 3-26 放置和排列元件

表 3-2 元件的参数

标识符	数值	封装
C1	100pF	Cap Pol1
D1		Bridge1
T1		Trans Ideal

(12) 开始电路连线,连线完成后的子电路图如图 3-27 所示。选择“文件”→“保存文件”命令,保存 zhengliu.SchDoc 子原理图。

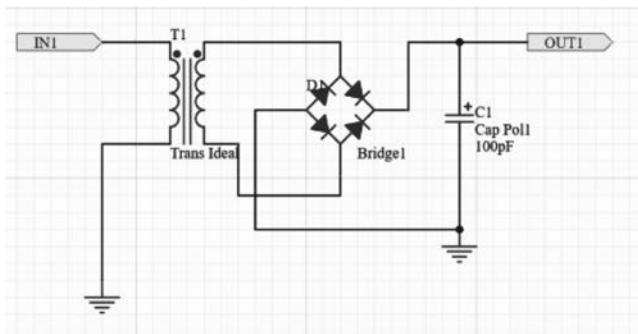


图 3-27 连线后的 zhengliu.SchDoc 的子原理图

(13) 返回“整流稳压顶层原理图”,选择“设计”→“从页面符创建图纸”命令,光标将变成十字形,在图表符 wenya. schDoc 上单击,系统创建名为 wenya. schDoc 的原理图。

(14) 在 wenya. schDoc 中放置并排布元件,如图 3-28 所示,各个元件的参数如表 3-3 所示。

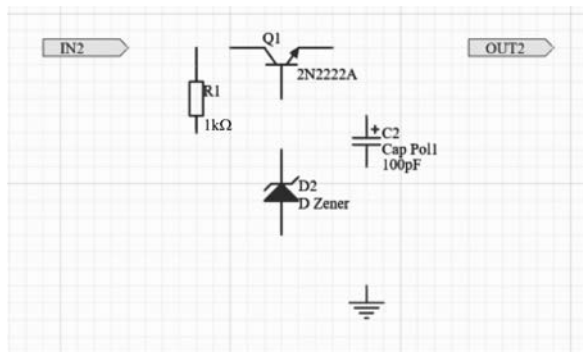


图 3-28 wenya. SchDoc 子原理图放置和排列元件

表 3-3 元件的参数

标 识 符	数 值	封 装
R1	1kΩ	Res1
C2	100pF	Cap Pol1
D1		D Zener
Q1		2N2222A

(15) 开始电路连线,连线完成后的子电路图如图 3-29 所示。选择“文件”→“保存文件”命令,保存 wenya. schDoc 子原理图。至此,整个层次电路图设计完毕。

(16) 回到工程界面下,单击选择“工程”→“Compile PCB Project AC-DC. PrjPcb”(编译 PCB 项目)命令。至此,整个层次电路图设计完毕。文件的上下级视图如图 3-30 所示。

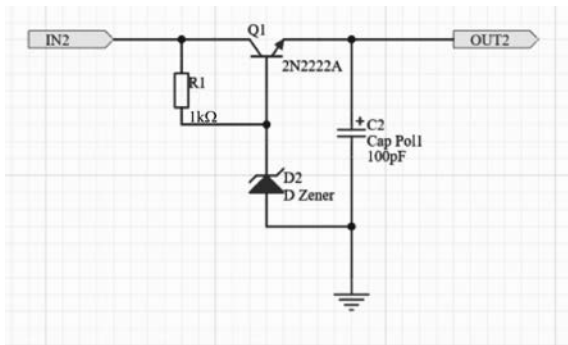


图 3-29 wenya. SchDoc 子原理图放置和排列元件

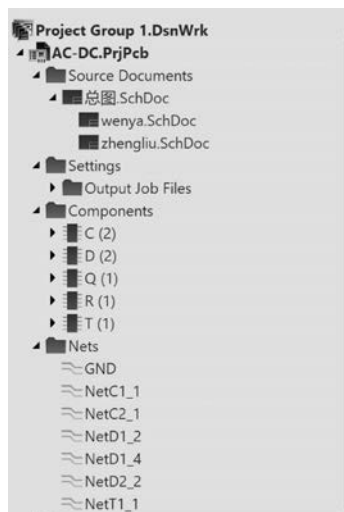


图 3-30 项目文件上下级视图

本章习题

- (1) 简述层次原理图设计的主要作用。
- (2) 简述层次原理图设计的几种常用工具。
- (3) 画出不同类型和种类的端口符号。
- (4) 简述不同层次原理图之间的切换几种命令方式。
- (5) 如图 3-31 所示的模拟放大电路,将该图改画成层次原理图电路。

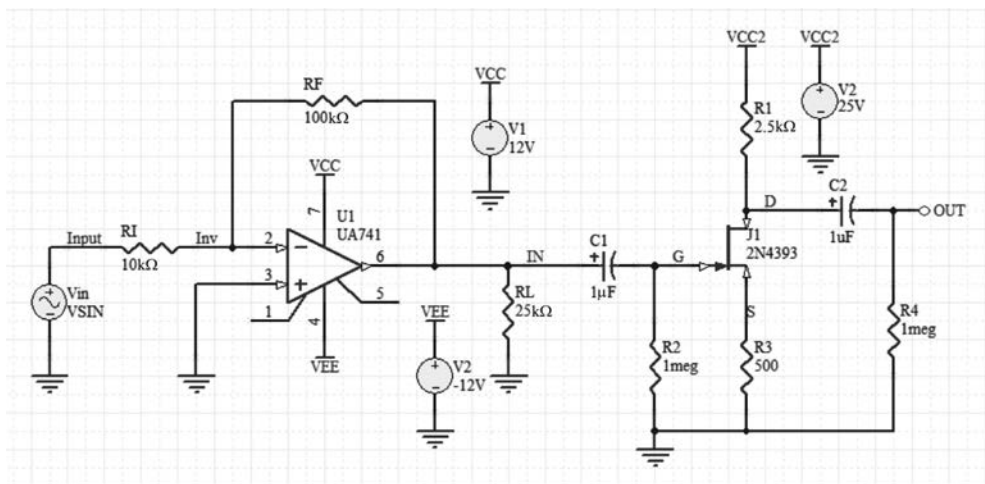


图 3-31 模拟放大电路

- (6) 2006 年,我国成为 PCB 赛道全球产值最大的国家,大家查阅一下产业发展情况。