第5章

层次电路原理图设计

CHAPTER 5

本章介绍层次电路原理图设计的基本方法和基本技术,主要内容包括层次电路原理图 概述、层次电路原理图的设计方法和层次电路原理图的管理等。通过本章学习,应该达到以 下目标。

- (1) 了解层次电路原理图的概念与结构。
- (2) 掌握层次电路原理图设计的基本操作。
- (3) 掌握层次电路原理图设计的两种方法。
- (4) 掌握层次电路原理图的管理方法。
- (5) 通过练习,能够独立设计中等复杂度的层次电路原理图。

5.1 层次电路原理图概述

5.1.1 层次电路原理图的概念

第3章介绍了在一张图纸上设计电路原理图的方法,这种方法简单方便,易学易用,但 是,它只适合设计规模较小、结构简单和连线较少的电路原理图。对于一个复杂的电路,很 难在一张图纸上设计整个电路原理图,即使勉强设计出来,其复杂的结构也会给阅读、查看、 编辑和修改带来不便。此时,应该换一种思路,对整个电路进行分解,在多张图纸上进行设 计,再把多张图纸整合成一个整体。这就是层次电路原理图的设计理念。

层次电路原理图设计的思路如下。首先,按照功能特征,把整个电路划分为若干个模块,使得每一个模块都有特征明确的功能、相对独立的结构和连接简单的接口。然后,通过 图纸入口、电源端口和接地端口等连接手段,把各个功能模块连接起来。最后,在不同的图 纸上分别设计各个功能模块的电路原理图。

在 AD 24 中,电路原理图编辑器具有强大的层次电路原理图设计功能,支持多层层次 电路原理图的设计。可以把一个完整的电路按照功能划分为若干个模块,而每一个功能模 块又可以进一步划分为更小的模块,照此细分下去,可以把整个电路划分成多层。

由于每个模块具有相对独立性,因此,可以把整个设计任务分解成多个较小的设计任务,由多个设计者分别进行设计,大家分工协作,加快工作进度,提高工作效率。

5.1.2 层次电路原理图的结构

层次电路原理图由顶层电路原理图和子电路原理图构成。例如,三层层次电路原理图

的结构如图 5.1 所示。



图 5.1 三层层次电路原理图的结构

顶层电路原理图由页面符、图纸入口和导线组成,用于说明子电路原理图之间的层次关 系和连接关系。每一个页面符代表一个子电路原理图;图纸入口是子电路原理图之间相互 连接的通道;通过导线,把代表子电路原理图的页面符连成一个完整的抽象电路。

最简单的两层层次电路原理图的顶层电路原理图如图 5.2 所示。顶层电路原理图包含 两个页面符,标识符分别为"子电路原理图 1"和"子电路原理图 2",分别代表两个子电路原 理图。子电路原理图 1 有一个名称为 Port1 的图纸入口,子电路原理图 2 也有一个名称为 Port1 的图纸入口,两个图纸入口 Port1 是两个子电路原理图相互连接的通道。导线把两个 子电路原理图连接起来,组成一个完整的抽象电路。



图 5.2 两层层次电路原理图的顶层电路原理图

这里,两个子电路原理图设计文件的名称分别是"子电路原理图 1. Sch"和"子电路原理 图 2. Sch"。子电路原理图就是第 3 章介绍的在一张图纸上设计的电路原理图,每个子电路 原理图对应电路中的一个功能模块。

5.1.3 层次电路原理图设计的基本操作

1. 放置页面符

页面符是顶层电路原理图的基本图件,一个页面符代表一个子电路原理图。

放置页面符的步骤如下。

(1) 在电路原理图编辑器中,选择"放置"→"页面符"选项,或者单击布线工具栏中的 "放置页面符"按钮 圖,光标变成十字形,并黏着一个页面符,如图 5.3(a)所示。

(2)把光标移到图纸上,在需要放置页面符的位置并单击,确定页面符的一个顶点。移 动光标,确定页面符的对角顶点。单击,就放置了一个页面符,如图 5.3(b)所示。

(3) 此时,光标还黏着一个页面符,可以继续放置页面符。右击,退出放置页面符状态。

(4) 设置页面符的属性。双击页面符,弹出页面符属性面板,如图 5.4 所示。在页面符

Components (and 11 more)

7

0

0

-

1000mi

-

Managed

•••

6000mil

Properties

Sheet Symbol

Q Search

▲ Location

Properties

▲ Source

Sheet Entries
object is selected

General Parameters

Designator

Bus Text Style

Width Line Style

Fill Color

File Name

图 5.4

(X/Y) 3000mil

File Name 子电路原理图1.Sch

Full

Smallest

Device

子电路原理图1

2000mi Height

子电路原理图1.Sch

页面符属性面板



图 5.3 放置页面符

属性面板中,可以设置页面符的 Designator(标识符)、 页面符所代表的子电路原理图设计文件的 File Name (文件名称)、大小、Line Style(边框)、填充颜色、页面符 所代表的子电路原理图设计文件的 Source(源文件)等 属性参数。

2. 放置图纸入口

图纸入口也是顶层电路原理图的基本图件,是子 电路原理图之间相互连接的通道。图纸入口只能放置 在页面符的内边框,因此,在放置图纸入口之前,应该 首先放置页面符。

放置图纸入口的步骤如下。

(1)在电路原理图编辑器中,选择"放置"→"添加 图纸入口"选项,或者单击布线工具栏中的"放置图纸 入口"按钮 ,光标变成十字形,并黏着一个图纸入口, 如图 5.5(a)所示。

(2)把光标移到页面符的内边框并单击,就放置了 一个图纸入口,如图 5.5(b)所示。

(3)此时,光标还黏着一个图纸入口,可以继续放置图纸入口。右击,退出放置图纸入口状态。



图 5.5 放置图纸入口

(4)设置图纸入口的属性。双击图纸入口,弹出图纸入口属性面板,如图 5.6 所示。在 图纸入口属性面板中,可以设置图纸入口的 Name(名称)、I/O Type(I/O 类型)等属性参 数。其余参数采用系统默认值。

3. 放置 I/O 端口

I/O端口主要用于多个子电路原理图之间的相互连 接。相同名称的 I/O 端口在电气上是连接在一起的。在 单独一个电路原理图中,一般使用导线、网络标签、总线及 总线入口等进行电气连接,不必使用 I/O 端口,而在层次 电路原理图设计时,常常需要放置 I/O 端口。

放置 I/O 端口的步骤如下。

(1) 在电路原理图编辑器中,选择"放置"→"端口"选 项,或者单击布线工具栏中的"放置端口"按钮 ∞,光标变 成十字形,并带着一个 I/O 端口,如图 5.7(a)所示。

(2) 把光标移到导线一端并单击,确定 I/O 端口一端 的位置,如图 5.7(b)所示。

(3) 把光标移到适当位置,确定 I/O 端口另一端的位 置,如图 5.7(c)所示。

(4) 单击,就放置了一个 I/O 端口,如图 5.7(d)所示。



图 5.7 放置 I/O 端口

(5) 此时,光标还黏着一个 I/O 端口,可以继续放置 I/O 端口。右击,退出放置 I/O 端口状态。

(6) 设置 I/O 端口的属性。双击 I/O 端口, 弹出 I/O 端口属性面板,如图 5.8 所示。在 I/O 端口属性面板中,可 以设置 I/O 端口的 Location(位置)、Name(名称)、I/O Type (I/O 类型)、Width(宽度)和 Height(高度)等属性参数。

在 I/O 端口的属性参数中, Name(名称)是最重要的。 在层次电路原理图中,通过相同名称的 I/O 端口,把多个 子电路原理图连接在一起,构成完整的电路原理图。I/O 类型也比较重要,它指明端口的电气类型。I/O端口有四 种类型,分别是 Unspecified (未指定)、Output (输出)、 Input(输入)和 Bidirectional(双向)。

注意:顶层电路原理图中的图纸入口与子电路原理图 中的 I/() 端口是相对应的。例如,在顶层电路原理图中, 页面符"子电路原理图 1"的图纸入口 Port1 就是子电路原 理图1的I/O端口Port1。



图 5.6 图纸入口属性面板







图 5.8 I/O 端口属性面板

4. 放置离图连接器

在电路原理图中,离图连接器与网络标签的功能是一样的,都是用于多点的电气连接。 但是,网络标签通常用于同一个电路原理图,而离图连接器通常用于同一个工程中的不同电 路原理图。自然地,离图连接器可以用于层次电路原理图的设计。

放置离图连接器的步骤如下。

(1) 在电路原理图编辑器中,选择"放置"→"离图连接器"选项,或者单击快捷工具栏中的"离图连接器"按钮 ^②,光标变成十字形,并黏着一个离图连接器,如图 5.9(a)所示。

(2)把光标移动到合适的位置并单击,就放置了一个离图连接器,如图 5.9(b)所示。

(3) 此时,光标还黏着一个离图连接器,可以继续放置离图连接器。右击,退出放置离 图连接器状态。

(4) 设置离图连接器的属性。双击离图连接器,弹出离图连接器属性面板,如图 5.10 所示。在离图连接器属性面板中,可以设置离图连接器的(X/Y)(坐标)、Rotation(旋转角度)、Net Name(网络名称)、Style(类型)等属性参数。



5.2 层次电路原理图的设计方法

层次电路原理图设计的方法有两种: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。

5.2.1 自上而下的层次电路原理图设计

自上而下的层次电路原理图设计的思路:首先,把电路分成多个相对独立的功能模块; 然后,确定模块与模块之间的电气连接关系;最后,对每个模块进行详细设计。

自上而下的层次电路原理图设计的步骤如下。

(1)设计顶层电路原理图。用页面符代表各个功能模块,用图纸入口和导线把所有页面符连接起来。

(2)分别设计顶层电路原理图中每个页面符所对应的子电路原理图。

采用这种方法设计层次电路原理图,要求主设计师对整个电路有比较深入的理解,能够 站在全局的高度把握整个电路设计的关键任务,对电路的功能划分要有清晰的思路,能够合 理地把整个电路划分为功能相对独立的模块。

下面以多传感器信号采集系统的电路原理图设计为例,详细介绍自上而下的层次电路 原理图设计的步骤。

1. 分析

通过与用户沟通得知,用户希望设计一个多传感器信号采集系统,要求系统具有如下功能:用一个压力传感器采集环境的压力信息,用一个温度传感器采集环境的温度信息,把采 集到的环境信息传送到单片机的两个引脚,由单片机进行处理。

通过分析容易看出,按照功能特征划分,可以把系统分成三个模块,即压力传感器模块、 温度传感器模块和单片机信息处理模块。

由于每个模块的元件比较多,电路结构比较复杂,电气连接比较繁杂,如果在一张图纸 上设计整个系统的电路原理图,那么图纸内容过多,比较拥挤,不方便阅读,因此,考虑采用 自上而下的层次电路原理图设计方法来设计本系统的电路原理图。

2. 设计顶层电路原理图

根据前面的分析,在顶层电路原理图中,应该设计三个页面符,分别是 Sensor1、Sensor2 和 MCU。页面符 Sensor1 和 Sensor2 应该各有一个输出型的图纸入口,分别向 MCU 传送 各自采集到的环境信息。页面符 MCU 应该有两个输入型的图纸入口,接收两个传感器传送来的环境信息。

顶层电路原理图设计的步骤如下。

(1) 新建工程"多传感器信号采集系统. PrjPcb"。

(2) 在 AD 24 的主窗口,选择"文件"→"新的"→"原理图"选项,在该工程中新建一个电路原理图设计文件"顶层电路原理图. SchDoc"。

(3)在电路原理图编辑器中,选择"放置"→"页面符"选项,或者单击布线工具栏中的"放置页面符"按钮 ,光标变成十字形,并黏着一个页面符。

(4)把光标移到图纸上,在需要放置页面符的位置单击,确定页面符的一个顶点。再移 动光标,确定页面符的对角顶点。单击,就放置了一个页面符。

(5) 双击这个页面符,弹出页面符属性面板。在页面符属性面板中,把参数 Designator 设置为 MCU,把参数 File Name 设置为 MCU. SchDoc,其余参数采用系统默认值。

(6) 重复步骤(3) ~步骤(5),在图纸上分别放置另外两个页面符,把它们的参数 Designator 分别设置为 Sensor1 和 Sensor2,把它们的参数 File Name 分别设置为 Sensor1. SchDoc 和 Sensor2. SchDoc。

页面符放置完成的顶层电路原理图如图 5.11 所示。

(7)在电路原理图编辑器中,选择"放置"→"添加图纸入口"选项,或者单击布线工具栏中的"放置图纸入口"按钮 3,光标变成十字形,并黏着一个图纸入口。

(8) 把光标移到页面符 MCU 的左侧内边框,在偏上的位置单击,就放置了一个图纸 入口。

(9) 双击这个图纸入口,弹出图纸入口属性面板。在图纸入口属性面板中,把参数 Name 设置为 Port1,把参数 I/O Type 设置为 Input,其余参数采用系统默认值。



图 5.11 页面符放置完成的顶层电路原理图

(10) 重复步骤(7)~步骤(9),在三个页面符上分别放置一个图纸入口,并设置各个图 纸入口的参数。在页面符 MCU 的第二个图纸入口,参数 Name 设置为 Port2,参数 I/O Type 设置为 Input。在页面符 Sensor1 的图纸入口,参数 Name 设置为 Port1,参数 I/O Type 设置为 Output。在页面符 Sensor2 的图纸入口,参数 Name 设置为 Port2,参数 I/O Type 设置为 Output。

图纸入口放置完成的顶层电路原理图如图 5.12 所示。



图 5.12 图纸入口放置完成的顶层电路原理图

(11) 绘制导线,用导线把各个页面符上的同名图纸入口连接起来,完成顶层电路原理 图的设计。

顶层电路原理图的设计结果如图 5.13 所示。

3. 设计子电路原理图

顶层电路原理图有 Sensor1、Sensor2 和 MCU 三个页面符,各自代表一个子电路原理 图。下面分别设计这三个子电路原理图。

设计子电路原理图 Sensor1 的步骤如下。



图 5.13 顶层电路原理图的设计结果

(1) 新建子电路原理图。在顶层电路原理图,右击页面符 Sensor1,在弹出的快捷菜单 中选择"页面符操作"→"从页面符创建图纸"选项。此时,从工程窗格可以看出,在顶层电路 原理图设计文件"顶层电路原理图. SchDoc"下,出现子电路原理图设计文件 Sensor1. SchDoc。

(2)设计子电路原理图。子电路原理图 Sensor1 主要包括压力传感器、差分前置放大器和一个输出型 I/O 端口。子电路原理图的设计方法已经在第 3 章详细介绍过了,此处不再赘述。设计已完成的子电路原理图 Sensor1 如图 5.14 所示。



图 5.14 设计已完成的子电路原理图 Sensor1

用同样的方法,可以设计子电路原理图 Sensor2 和 MCU,得到子电路原理图设计文件 Sensor2. SchDoc 和 MCU. SchDoc。

子电路原理图 Sensor2 主要包括温度传感器接口、放大器和一个输出型 I/O 端口。设计完成的子电路原理图 Sensor2 如图 5.15 所示。



图 5.15 设计完成的子电路原理图 Sensor2

子电路原理图 MCU 主要包括单片机最小系统、USB 接口和两个输入型 I/O 端口。其中,USB 接口用于单片机与计算机之间的通信连接。设计完成的子电路原理图 MCU 如图 5.16 所示。



图 5.16 设计完成的子电路原理图 MCU

从形式上看,本系统有三个子电路原理图,可以独立进行设计,但是,通过顶层电路原理 图中的图纸入口和子电路原理图中的 I/O 端口 Port1、Port2,三个子电路原理图实际上是 连接在一起的,在工程验证时,AD 24 把它们看作一个整体。因此,从本质上看,三个子电路 原理图组成了一个电路原理图。这样,在三个子电路原理图中,所有电路原理图元件的标识 符都不能重复。为了便于识别电路原理图元件,在 Sensor1. SchDoc 中,把电路原理图元件 标识符的数字前加上 1,如 R11、C11 等;在 Sensor2. SchDoc 中,把电路原理图元件标识符 的数字前加上 2,如 R21、C21 等;在 MCU. SchDoc 中,把电路原理图元件标识符的数字前加上 3,如 R31、C31 等。

4. 工程验证

在电路原理图编辑器中,选择"项目"→"Validate PCB Project 多传感器信号采集系统. PrjPcb"选项,对层 次电路原理图进行工程验证。在工程验证之后,在工程 面板中,可以看到顶层电路原理图与子电路原理图的上 下层关系,如图 5.17 所示。

至此,采用自上而下的层次电路原理图设计方法,完成了多传感器信号采集系统的层次电路原理图的设计。

▲ ● 多传感器信号采集系统.PrjPcb	
Source Documents	
▲ 顶层电路原理图.SchDoc	D
Sensor1.SchDoc	
Sensor2.SchDoc	
MCU.SchDoc	D

图 5.17 顶层电路原理图与子电路 原理图的上下层关系

5.2.2 自下而上的层次电路原理图设计

对于一个电路原理图元件繁多、结构复杂、功能模块划分明确的电路来说,采用层次电路原理图设计理念,使用自上而下的设计方法,能够使所设计的电路原理图层次清楚,而每 个子电路原理图又相对简单。同时,采用分而治之的工作方式,把复杂的工作化整为零,便 于多位设计者分工协作,可以提高工作效率。

在电路原理图设计实践中,设计者经常会发现这样的现象:对于已经设计好的若干个 电路模块,把不同电路模块进行组合,将会产生功能不同的电路系统。基于这种情况,设计 者可以根据自己的设计需要,选择若干个已有的电路模块,通过组合,产生一个符合设计目 标的电路系统。此时,可以使用自下而上的设计方法。

自下而上的层次电路原理图设计的思路:首先,根据现有电路模块的功能,选择符合设 计需要的子电路原理图;然后,由子电路原理图生成页面符;最后,把页面符连接起来,产 生一个符合设计目标的电路系统。

自下而上的层次电路原理图设计的步骤如下。

(1)从现有的子电路原理图中挑选符合设计需要的子电路原理图。如果个别电路模块 没有对应的子电路原理图,那么首先设计这些电路模块的子电路原理图。

(2)设计顶层电路原理图。把子电路原理图转化为页面符,用图纸入口和导线把所有 页面符连接起来,从逻辑上构成一个完整的抽象电路。

采用这种方法设计层次电路原理图,要求设计者对现有电路模块的功能比较熟悉,同时,还要了解各个电路模块的输入、输出端口,以便选出符合设计需要的子电路原理图,并把 它们正确连接起来,从而得到整个电路系统。

下面仍然以多传感器信号采集系统的电路原理图为例,详细介绍自下而上的层次电路 原理图设计的步骤。

1. 分析

如 5.2.1 小节所述,用户需要设计一个多传感器信号采集系统,其具有如下功能:用一个压力传感器采集环境的压力信息,用一个温度传感器采集环境的温度信息,然后传送到单 片机的两个引脚,由单片机对环境信息进行处理。

假设在平时的电路原理图设计实践中,设计者积累了很多电路功能模块的电路原理图, 其中包含了本电路系统设计所需要的压力传感器模块、温度传感器模块和带 USB 接口的单 片机最小系统。压力传感器模块和温度传感器模块采集的环境信息经过放大整形后,变成 单片机能够直接接收、处理的数字信号,并且分别只需用一根数据线输出。

根据以上假设,只要把三个电路功能模块的电路原理图连接起来,组成一个完整的电路 原理图,就达到了设计目标,因此,考虑采用自下而上的层次电路原理图设计方法来设计本 系统的电路原理图。

2. 添加子电路原理图

假设本电路系统设计所需要的压力传感器模块、温度传感器模块和带 USB 接口的单片 机最小系统等功能模块均已存在,它们对应的电路原理图设计文件分别为 Sensor1. SchDoc、Sensor2. SchDoc和 MCU. SchDoc,因此,无须再设计子电路原理图,只要把它们 添加到工程中即可。

添加子电路原理图的步骤如下。

(1) 新建工程"多传感器信号采集系统. PrjPcb"。

(2) 在电路原理图编辑器中,选择"项目"→"添加已有的项目"选项,弹出"Choose Documents to Add to Project [多传感器信号采集系统. PrjPcb]"对话框,如图 5.18 所示。

Choose Documents to Add to Project [多传感器信号采集系统.PrjPcb]							
← → ↑ ↑ 第5章 > 多传感器信号采集系统 ∨ ひ 在多传感器信号采集系统 中							
组织 • 新建文件:	夹				[0	
♪ 音乐	^	名称 ^	修改日期		^		
■ 桌面		MCU.SchDoc	2024/7/18 11	:02			
👟 Windows (C:)		Sensor1.SchDoc	2023/7/24 23	3:42		没有预览。	
🥪 软件与备份 (D:)		Sensor2.SchDoc	2023/7/24 23	3:42			
— 工作文件 (E:)	Π.	■ 顶层电路原理图.SchDoc	2023/7/24 23	3:01	~		
	× .	<		>			
	文件名	(N): Sensor1.SchDoc	→ Design file	e (*.pcbdoc	;*.p	cb;*.s ~	
			打开(0))	IJ	(消	

图 5.18 "Choose Documents to Add to Project [多传感器信号采集系统. PrjPcb]"对话框

(3)选择 Sensor1. SchDoc,单击"打开"按钮,就把电路原理图设计文件 Sensor1. SchDoc 添加到工程中了。

(4) 重复步骤(2)和(3),把电路原理图设计文件 Sensor2. SchDoc 和 MCU. SchDoc 添 加到工程中。

此时,工程虽然包含了三个电路原理图设计文件,但是,这三个电路原理图设计文件是 各自独立的,彼此之间没有电气连接关系,尚未组成一个完整的电路原理图,因此,还需要设 计顶层电路原理图,以确定三个电路原理图的电气连接关系。

3. 设计顶层电路原理图

设计顶层电路原理图的步骤如下。

(1) 在上述三个电路原理图中,放置 I/O 端口。子电路原理图中的 I/O 端口是子电路 原理图之间进行电气连接的通道,应该根据具体设计要求进行放置。

在 Sensor1. SchDoc 中,压力传感器采集的信号传送给单片机的 P2.1 引脚,因此,在 Sensor1. SchDoc 的信号输出端放置一个输出型的 I/O 端口,名称设置为 Port1。

在 Sensor2. SchDoc 中,温度传感器采集的信号传送给单片机的 P2.2 引脚,因此,在 Sensor2. SchDoc 的信号输出端放置一个输出型的 I/O 端口,名称设置为 Port2。

在 MCU. SchDoc 中,两个传感器采集的信号分别通过单片机的 P2.1、P2.2 引脚传送 到单片机,因此,在单片机的 P2.1、P2.2 引脚分别放置一个输入型的 I/O 端口,名称分别设 置为 Port1、Port2。

在逻辑上, Sensor1. SchDoc 中的输出端口 Port1 与 MCU. SchDoc 中的输入端口 Port1 是连接在一起的, Sensor2. SchDoc 中的输出端口 Port2 与 MCU. SchDoc 中的输入端口 Port2 是连接在一起的。

放置了 I/O 端口的三个电路原理图如图 5.14~图 5.16 所示。

(2) 在工程"多传感器信号采集系统. PrjPcb"中,新建一个电路原理图设计文件"顶层 电路原理图. SchDoc"。

(3) 打开电路原理图文件"顶层电路原理图. SchDoc",在电路原理图编辑器中,选择"设计"→Create Sheet Symbol From Sheet 选项,弹出 Choose Document to Place 对话框,如图 5.19 所示。

	Choose Document to Place
Document Name	Document Path
MCU.SchDoc	E\个人文件\自编教材\PCB设计实用教程——基于Altium Designer 24\基于AD24\源文件\第5章\多传感器信号采集系统\
Sensor1.SchDoc	E:\个人文件\自编教材\PCB设计实用教程——基于Altium Designer 24\基于AD24\源文件\第5章\多传感器信号采集系统\
Sensor2.SchDoc	E:\个人文件\自编教材\PCB设计实用教程——基于Altium Designer 24\基于AD24\源文件\第5章\多传感器信号采集系统\
	OK Cancel

图 5.19 Choose Document to Place 对话框

(4)选择 MCU. SchDoc,单击 OK 按钮,光标变成十字形状,并黏着一个页面符。把光标移到顶层电路原理图中,在适当的位置单击,就放置了一个页面符,如图 5.20 所示。该页面符的默认标识符为 U_MCU,在左边沿内侧已经放置了两个图纸入口 Port1、Port2,图纸入口类型与电路原理图 MCU. SchDoc 中的 I/O 端口类型一致。

(5)设置页面符的属性。首先,调整页面符的大小和图纸入口的位置;然后,双击页面符,弹出页面符属性面板,在属性面板中,把标识符改为 MCU。设置属性后的页面符如图 5.21 所示。



(6) 重复步骤(3)~(5),在顶层电路原理图中分别放置电路原理图设计文件 Sensor1. SchDoc、Sensor2. SchDoc 的页面符 Sensor1、Sensor2。

(7) 绘制导线,用导线把相同名称的图纸入口连接起来,完成顶层电路原理图的设计, 设计结果如图 5.13 所示。

4. 工程验证

在电路原理图编辑器中,选择"项目"→"Validate PCB Project 多传感器信号采集系统. PrjPcb"选项,对层次电路原理图进行工程验证。工程验证之后,在工程面板中可以看到顶层电路原理图与子电路原理图的上下层关系,如图 5.17 所示。

至此,采用自下而上的层次电路原理图设计方法,完成了多传感器信号采集系统的层次 电路原理图的设计。

5.3 层次电路原理图的管理

5.3.1 层次电路原理图之间的切换

在设计完成的层次电路原理图工程中,包含顶层电路原理图和多个子电路原理图。设 计者在编辑过程中,常常需要在这些电路原理图之间来回切换,不断查看,反复修改。对于 层数较少的层次电路原理图,直接在工程面板中单击相应的电路原理图设计文件,即可实现 电路原理图之间的切换。对于层数较多的层次电路原理图,由于其结构复杂,如果通过工程 面板来切换文件,就很容易出错。为了方便设计者在复杂的层次电路原理图之间进行切换, 实现多个电路原理图的同步查看和编辑,AD 24 提供了专门的层次电路原理图切换命令,既 能实现从顶层电路原理图到子电路原理图的切换,又能实现从子电路原理图到顶层电路原 理图的切换。

为了实现顶层电路原理图与子电路原理图之间的相互切换,首先应该进行工程验证,使 得顶层电路原理图与子电路原理图之间存在上下层关系。

下面以多传感器信号采集系统的电路原理图为例,介绍层次电路原理图切换的方法。

1. 从顶层电路原理图切换到子电路原理图

对于工程"多传感器信号采集系统. PrjPcb",从"顶层电路原理图. SchDoc"切换到子电路原理图 Sensor2. SchDoc 的步骤如下。

(1) 打开"顶层电路原理图. SchDoc"。

(2)在电路原理图编辑器中,选择"工具"→"上/下层次"选项,或者单击原理图标准工具栏中的"上/下层次"按钮 ↓,光标变为十字形。

(3) 把光标移动到页面符 Sensor2, 单击, 就打开了子电路原理图设计文件 Sensor2. SchDoc, 即从顶层电路原理图切换到了子电路原理图 Sensor2。

(4) 此时光标仍为十字形,系统仍处于文件切换状态。把光标移到子电路原理图 Sensor2 中的某个电路原理图元件,单击,就会以该电路原理图元件为中心,放大图纸。

(5) 右击,退出文件切换状态。

2. 从子电路原理图切换到顶层电路原理图

对于工程"多传感器信号采集系统. PrjPcb",从子电路原理图 Sensor2. SchDoc 切换到 "顶层电路原理图. SchDoc"的步骤如下。

(1) 打开子电路原理图设计文件 Sensor2. SchDoc。

(2) 在电路原理图编辑器中,选择"工具"→"上/下层次"选项,或者单击原理图标准工具栏中的"上/下层次"按钮 ₩,光标变为十字形。

(3)移动光标到子电路原理图 Sensor2. SchDoc 的 I/O 端口 Port2 处,单击,就打开了 顶层电路原理图设计文件"顶层电路原理图. SchDoc",即从子电路原理图 Sensor2 切换到了 顶层电路原理图。在顶层电路原理图中,图纸入口 Port2 处于放大、高亮显示状态。

(4) 此时光标仍为十字形,系统仍处于文件切换状态。把光标移到 I/O 端口 Port2 处, 单击,可以在子电路原理图 Sensor2 的 I/O 端口 Port2 与顶层电路原理图的图纸入口 Port2 之间来回切换。

(5) 右击,退出文件切换状态。

5.3.2 层次电路原理图设计报表

层次电路原理图设计报表主要包括材料清单、电路原理图元件交叉参考和端口交叉参 考等。

1. 材料清单

对于工程"多传感器信号采集系统. PrjPcb",生成材料清单报表的步骤如下。

(1) 打开工程"多传感器信号采集系统. PrjPcb",并打开有关电路原理图设计文件。

(2) 在电路原理图编辑器中,选择"报告"→Bill of Materials选项,弹出"Bill of Materials for Project [多传感器信号采集系统. PrjPcb]"对话框,如图 5.22 所示。在对话框的左边窗格,列出了该电路原理图的材料清单。清单共有 13 行,每一行显示一类元件信息。

1	Comment ~	Description	Designator 🔶	Footprint -	LibRef	Quantity	Properties		
1	Сар	Capacitor	C21, C22, C31,	RAD-0.3	Cap	6	General	Columns	
1	Cap Pol2	Polarized Capacitor	C32, C34, C37	POLAR0.8	Cap Pol2	3			
	1N4148	High Conductance	D21	DIO7.1-3.9x1.9	Diode 1N4148	1	a BOM Ite	ms	
	LM258	Dual Low-Power O	IC11, IC12	601-04	LM258H	2			Show Not Fitted
	LM258H	Dual Low-Power O	IC21, IC22	601-04	LM258H	2			Include DB Parameters in Variations
	USB PORT	Header, 4-Pin	J31	HDR1X4	Header 4	1			
	SW-PB	Switch	K31	SPST-2	SW-PB	1	▲ Supply (hain	
	LED0	Typical INFRARED	L31	LED-0	LED0	1	Productio	n Quantity	1
	Res2	Resistor	R11, R12, R13,	AXIAL-0.4	Res2	12		Currency	-
	MPXM2053		S11	DPST-4	MPX2053	1		currency	
	Temperature	Header, 4-Pin	S21	HDR1X4	Header 4	1			
	C8051F320		U31	TQFP32	C8051F320_1	1	Supply C	hain Data	
	XTAL	Crystal Oscillator	¥31	BCY-W2/D3.1	XTAL	1		Cached	Real-time
							▲ Export C	ptions	
							1	File Format	MS-Excel (*.xls, *.xlsx, *.xlsm)
								Template	No Template 🔹 •••
									✓ Add to Project
									Open Exported
of	13 lines visible								<u> </u>

图 5.22 "Bill of Materials for Project [多传感器信号采集系统. PrjPcb]"对话框

(3)为了方便阅读和使用,可以把材料清单导出,生成 Excel 表格。在"Bill of Materials for Project [多传感器信号采集系统. PrjPcb]"对话框中,选择 General 标签,在 Export

Options 选项组,可以设置 File Format(文件格式)、Template(模板),选中 Add to Project 复选框。

(4)设置完成后,单击 Export 按钮,弹出"另存为"对话框。

(5) 在"另存为"对话框中,选择保存文件的文件夹,单击"保存"按钮,退出"另存为"对 话框。此时,在工程"多传感器信号采集系统. PrjPcb"下的文件夹 Generated\Documents 中,可以看到"多传感器信号采集系统. xlsx",这就是材料清单。双击该材料清单,打开单片 机多传感器信号采集系统的材料清单,如图 5.23 所示。

	B 9 - C - 2 B	-	Microsoft Excel		- [X
00	开始 插入 页面布	布局 公式 数据 审阅 视图				0
北贴	☆ 市 本 ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・	- 11 - A A = = = ≫- Ø- A - ♥ - = = = ;;;	■ 常规 · ■ ■ * * * * * * * * * * * * * * * * *	● 加加加加加加加加加加加加加加加加加加加加加加加加加加加加加加加加加加加加	入 · Σ · A 除 · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	战和
前面日			* 表	各格式 * 样式 *	师选*选	择*
993 KD1	12 - (1	fer 'Con	1 7	中几	1日 第11月	×
	A2 • (J* Cap				•
	8传感器信号采集系统.xlsx					
	A	В	С	D	E	F
1	Comment	Description	Designator	Footprint	LibRef	Quantity
2	Cap	Capacitor	C21, C22, C31, C33, C35, C36	RAD-0.3	Cap	6
3	Cap Pol2	Polarized Capacitor (Axial)	C32, C34, C37	POLARO. 8	Cap Pol2	3
4	1N4148	High Conductance Fast Diode	D21	DI07. 1-3. 9x1. 9	Diode 1N4148	1
5	LM258	Dual Low-Power Operational Amplifier	IC11, IC12	601-04	LM258H	2
6	LM258H	Dual Low-Power Operational Amplifier	IC21, IC22	601-04	LM258H	2
7	USB PORT	Header, 4-Pin	J31	HDR1X4	Header 4	1
8	SW-PB	Switch	K31	SPST-2	SW-PB	1
9	LEDO	Typical INFRARED GaAs LED	L31	LED-0	LEDO	1
10	0 Res2 Resistor		R11, R12, R13, R14, R15, R16, R17, R21, R22, R31, R32, R33	AXIAL-0.4	Res2	12
11	MPXM2053		S11	DPST-4	MPX2053	1
12	Temperature	Header, 4-Pin	S21	HDR1X4	Header 4	1
13	C8051F320		U31	TQFP32	C8051F320_1	1
14	XTAL	Crystal Oscillator	¥31	BCY-W2/D3.1	XTAL	1
15		<u> </u>				0
就绪				I I I I I I I I I I I I I I I I I I I	00% (=) 🔍 🔍	÷

图 5.23 多传感器信号采集系统的材料清单

2. 电路原理图元件交叉参考

电路原理图元件交叉参考报表用于罗列元件的标识符、名称、描述、PCB 脚印、在电路 原理图库的参考名称和数量等信息,一个子电路原理图中的所有电路原理图元件占报表的 一行。通过元件交叉引用报表,设计者可以清楚地了解每个子电路原理图中所有电路原理 图元件的信息,从而掌握整个电路原理图中所有电路原理图元件的信息。

对于工程"多传感器信号采集系统. PrjPcb",生成电路原理图元件交叉参考报表的步骤如下。

(1) 打开工程"多传感器信号采集系统. PrjPcb",并打开有关电路原理图设计文件。

(2)在电路原理图编辑器中,选择"报告"→Component Cross Reference 选项,弹出
"Component Cross Reference Report for Project [多传感器信号采集系统. PrjPcb]"对话框,如图 5.24 所示。

(3) 在"Component Cross Reference Report for Project [多传感器信号采集系统.PrjPcb]"对话框的左侧,列出了该工程的电路原理图元件交叉参考报表。报表共有3行,每一行显示一个子电路原理图的所有电路原理图元件信息。由于内容较多,又不能调整行

	Component Cross Reference Report for Project [多传感器信号采集系统PriJPcb] (No PCB Document Selected)							
=	🛞 🔒 [No Vari	iations] 👻	Preview					0
	Comment	Description	Designator 🔶	Footprint	LibRef	Quantity	Properties	
1	Cap, 1N4148, LM25	Capacitor, High Co	C21, C22, D21, IC2	RAD-0.3, DIO7.1-3	Cap, Diode 1N4148	8	General Columns	
2	Cap, Cap Pol2, USB	Capacitor, Polarize	C31, C32, C33, C34,	RAD-0.3, POLAR0.8	Cap, Cap Pol2, Hea	15		
3	LM258, Res2, MPX	Dual Low-Power O	IC11, IC12, R11, R1	601-04, AXIAL-0.4,	LM258H, Res2, MP	10	4 BOM Items	
								Show Not Fitted
								Include DB Parameters in Variations
							▲ Supply Chain	
							Production Quantity	1
							Currency	
							Supply Chain Data	
							Cached	Real-time
							✓ Export Options	
							File Format	MS-Excel (*.xls, *.xlsx, *.xlsm)
							Template	No Template ••••
								Add to Project
3 of	3 lines visible							Open Exported
0 8	xperience greater BOM	editing capabilities with	ActiveBOM you can ma	inage alternate parts ar	nd replacements, perform	n BOM check	cs and more. Got it	Learn More
								Export OK Cancel

图 5.24 "Component Cross Reference Report for Project [多传感器信号采集系统. PrjPcb]"对话框

高,因此,有些内容没有显示出来,不方便阅读。为了解决这个问题,可以把报表导出,生成 Excel 表格。选择 General 标签,在 Export Options 选项组,可以设置 File Format(文件格 式)、Template(模板),选中 Add to Project、Open Exported 复选框。

(4) 单击 Export 按钮,弹出"另存为"对话框,如图 5.25 所示。为了不使前面生成的材料清单报表被替换掉,这里把文件名换成"多传感器信号采集系统 1. xlsx"。

3 另存为				×
← → × ↑ 📕 « 多传	ひ 在 Project Outputs	for 多传 ,		
组织 • 新建文件夹				⊪ • 0
♪ 音乐	^	名称 ^	修改日期	类型
■ 米田 II Mindawa (C)		Previews	2024/7/18 9:53	文件夹
windows (C:)		Netlists	2024/7/18 18:45	文件夹
🛶 软件与备份 (D:)		🔛 多传感器信号采集系统.x	2024/7/21 10:23	Microsoft C
👡 工作文件 (E:)	~	<		>
文件名(N): 多传感器信	汚采 (【系统1 xlsx		~
保存类型(II): MS-Excel	(*.xls,	*.xlsx, *.xlsm)		~
▲ 隐藏文件夹			保存(<u>S</u>)	取消

图 5.25 "另存为"对话框

(5) 单击"保存"按钮,在工程面板的文件夹 Generated\Documents 中,可以看到"多传感器信号采集系统 1. xlsx",这就是该工程的电路原理图元件交叉参考报表。

(6) 双击该电路原理图元件交叉参考报表,打开 Excel 编辑器,电路原理图元件交叉参考报表如图 5.26 所示。

3. 端口交叉参考

端口交叉参考用于指示子电路原理图中各个 I/O 端口的引用关系,它没有独立的文件输出,而是把引用参考作为一种标识,添加到子电路原理图 I/O 端口的旁边。

	9 • • • 2) =	Micro	soft Excel				- [) X	
	开始 插入 页面布	同局 公式 数据 审阅 视图							0	
	☆ 宋体 ・	- 11 · A ∧ = = = ≫.	常规 * 题条件格式*		ᢪ●插入 * Σ * A		æ			
粘贴	<i>℁</i> В <i>I</i> <u>U</u> · ⊞ ·	<u>◇·▲·樊·</u> ≣≣≣;	· 🖻	• % •	0.* 00	9 单元格样式 •	副格式・	Q ↓ 排序和 筛选 ↓	查找和 选择 ▼	
剪贴机	反「」字体	5 对齐方式	la.	数字	Gi	样式	单元格	编辑	l I	
	A2 🗸 🗸	<i>f</i> ∗ 'Cap, 1N4148, LM2	58H, Re	s2, Temperat	ure				×	
13	F传感器信号米集系统1.xls	5X		-		-				
	A	B	Design	C	Feetr	D	LibDof	5	F	
1	Collinent	Conceiton High	Designa	ator	Footprint		LIDKEI		Quantity	
	Cap. 1N4148.	Conductance Fast Diode.	C21, C22, D21, IC21, IC22, R21, R22, S21 RAD-0.3, DIO7.1- 3.9x1.9, 601-04, AXIAL-0.4, HDR1X4		RAD-0 3 DI07 1-		Cap, Diode 1N4148, LM258H, Res2,			
	LM258H, Res2,	Dual Low-Power			1.9, 601-04,	8				
	Temperature	Operational Amplifier,			Header 4					
2		Resistor, Header, 4-Pin								
3	Cap, Cap Pol2, USB PORT, SW-PB, LEDO, Res2, C8051F320, XTAL	Capacitor, Polarized Capacitor (Axial), Header, 4-Pin, Switch, Typical INFRARED GaAs LED, Resistor, [NoValue], Crystal Oscillator	C31, C3 C34, C C37, J L31, R R33, U	32, C33, 35, C36, 31, K31, 31, R32, 31, Y31	RAD-0.3, POLARO.8, HDR1X4, SPST-2, LED-0, AXIAL-0.4, TQFP32, BCY- W2/D3.1		.8, 4, Cap, Cap Pol2, Header 4, SW-PB, LEDO, Res2, C8051F320_1, XTAL		15	
4	LM258, Res2, MPXM2053	Dual Low-Power IC Operational Amplifier, R1 Resistor, [NoValue] R1		IC12, R11, 13, R14, 16, R17, S11	, 601-04, AXIAL-0.4 S11 DPST-4		0.4, LM258H, Res2, MPX2053		10	
5										
就绪	者 平均值:8 计数:6 求和:8 🖽 🛄 100% 🕤 🛛 🕀									

图 5.26 电路原理图元件交叉参考报表

对于工程"多传感器信号采集系统. PrjPcb",添加端口交叉参考的方法如下。

(1) 打开工程"多传感器信号采集系统. PrjPcb"和子电路原理图设计文件 MCU. SchDoc。

(2) 在电路原理图 MCU 中,双击 I/O 端口 Port1,弹出 Properties 面板,如图 5.27 所示。

Properties	▼ ×
Port Compo	onents (and 11 more)
Q Search	
General Paramet	ers
▲ Location	î
(X/Y)	3100mil 5800mil
Properties	
Name	Port1
I/О Туре	Input •
Harness Type	[No Harness Type] 🔻
Cross Ref	顶层电路原理图[3B] •
1 object is selected	

图 5.27 Properties 面板

(3) 对于参数 Cross Ref,选择显示 ,则在子电路原理图 MCU 中显示端口 Port1 的交 叉参考,如图 5.28 所示。其中,"顶层电路原理图"表示这个 I/O 端口在顶层电路原理图中

被引用,3B表示引用点所在的区域。



图 5.28 端口 Port1 的端口交叉参考

(4)为了使子电路原理图显得简洁一些,一般不要显示 I/O 端口交叉参考。此时,对于 参数 Cross Ref,选择不显示 ,则在子电路原理图中就不显示该 I/O 端口的交叉参考。

(5) 用同样的方法,可以对子电路原理图 MCU 中的 I/O 端口 Port2 以及其他子电路原 理图中的 I/O 端口设置显示或不显示端口交叉参考。

习题5

一、填空题

1. 对整个电路进行分解,在多张图纸上进行设计,再把多张图纸整合成一个____。
这就是 的设计理念。

2. 层次电路原理图由_____和___构成。

3. 子电路原理图就是在_____上设计的电路原理图,每张子电路原理图对应电路中的一个 。

4. 图纸入口只能放置在页面符的_____,因此,在放置图纸入口之前,应该首先放置____。

5. 层次电路原理图设计的方法有两种,一种是_____的层次电路原理图设计方法, 另一种是 的层次电路原理图设计方法。

6. 为了实现顶层电路原理图与子电路原理图之间的相互切换,首先应该对工程进行,使得顶层电路原理图与子电路原理图之间存在_____。

7. 层次电路原理图设计报表主要包括_____、电路原理图元件_____和端口交叉

参考等。

8. 端口交叉参考用于指示子电路原理图中各个 I/O 端口的引用关系,它没有独立的文件输出,而是把引用参考作为一种_____,添加到子电路原理图_____的旁边。

二、简答题

- 1. 简述层次电路原理图的设计思路。
- 2. 说明顶层电路原理图的组成。
- 3. 说明离图连接器与网络标签的异同。
- 4. 简述自上而下的层次电路原理图设计的步骤。
- 5. 叙述自下而上的层次电路原理图设计的思路。
- 6. 详细叙述放置页面符的步骤。
- 7. 详细叙述放置 I/O 端口的步骤。

8. 对于多传感器信号采集系统的电路原理图,如果设计者需要从"顶层电路原理图. SchDoc"切换到子电路原理图 Sensor1. SchDoc,试叙述切换的步骤。

三、设计题

1. 已知 Amplified Modulator 的电路原理图如图 5.29 所示,试用自上而下的层次电路 原理图设计方法,为该电路设计层次电路原理图。



图 5.29 Amplified Modulator 的电路原理图

2. 已知 Amplified Modulator 的电路如图 5.29 所示,试用自下而上的层次电路原理图 设计方法,为该电路设计层次电路原理图。