



主讲人















2 能力目标

3 相关知识

4 任务实施

5 解惑启智

6 思考与练习















任务目标



05

总结PCB综合设计方法和技巧

1 任务目标



视频演示二维码















能力目标

1. 知识能力:分析单片机开发板电路,熟悉网络密度分析、覆铜、设计规则检查及各种信息报表的理论含义和作用。

技能能力:掌握网络密度分析、覆铜、设计规则检查、元器件清单的产生、网络表的产生、网络表状态报表的操作方法;掌握根据实际物品确定封装的技巧。检验学生在模拟真实的工作环境与条件下实现对电子产品在规定设计方案(规定原理图与结构要求)下的工艺能力和职业素质。

素质能力:培养学生分析问题、解决问题的能力,训练学生工程意识和良好的劳动纪律观念。培养学生勤于思考、善于思考的学习习惯。











4.5.2 覆铜

覆铜由一系列的导线组成,可以完成PCB内不规则区域的填充。 在绘制PCB图时, 覆铜主要是指把空余没有布线的部分用导线全 部铺满。用铜箔铺满部分区域和电路的一个网络相连, 多数情况 是和GND网络相连。单面电路板覆铜可以提高电路的抗干扰能力 , 经过覆铜处理后制作的PCB会显得十分美观, 同时, 通过大电 流的导电通路也可以采用覆铜的方法来加大过电流的能力。通常 覆铜的安全间距应该在一般导线安全间距的两倍以上。 选择菜单栏中的"Place|Polygon Pour"(放置|多边形覆铜)命 令,或者单击连线工具栏中的放置多边形覆铜按钮,或按快捷键 P|G,即可执行放置覆铜命令。

执行覆铜命令之后,或者双击已放置的覆铜,系统将弹出

"Polygon Pour"对话框。其中各选项组的功能如下。





3 相关知识

4.5.3 电路板的测量

Altium Designer提供了电路板的测量工具,方便设计电路时的检 查。测量功能在"Reports"菜单中,选择菜单栏中的 "Reports|Measure Distance" (报表|测量间距)命令,或按快 捷键Ctrl+M,此时鼠标指针变成"十"字形状显示在工作窗口中 。移动鼠标指针到某个坐标点上,单击确定测量起点。如果鼠标 指针移动到了某个对象上,则系统将自动捕捉该对象的中心点。 确定测量终点后,系统弹出"Information"(信息)对话框,该 对话框中给出了测量的结果。测量结果包含总距离、X方向上的距 离和Y方向上的距离3项。







电路板布线完毕,在输出设计文件之前,还要进行一次完整 的设计规则检查。设计规则检查(design rule check, DRC))是采用Altium Designer进行PCB设计时的重要检查工具。 系统会根据用户设计规则的设置,对PCB设计的各个方面进 行检查校验,如导线宽度、安全距离、元器件间距、过孔类 型等。DRC是PCB设计正确性和完整性的重要保证。灵活运 用DRC,可以保障PCB设计的顺利进行和最终生成正确的输 出文件。

选择菜单栏中的"Tools|Design Rule Check"命令,系统将 弹出"Design Rule Checker"(设计规则检查器)对话框。 该对话框由DRC报表选项和DRC规则列表两部分内容构成。







1. DRC报表选项

在"Design Rule Checker"对话框左侧的列表中单击"Report Options"(报表选项)选项卡,即显示 DRC报表选项的具体内容。这里的选项主要用于对DRC报表的内容和方式进行设置,通常保持默认设置即 可,其中各选项的功能介绍如下。

1) "Create Report File" (创建报表文件)复选框:运行批处理DRC后会自动生成报表文件(设计名.DRC),包含本次DRC:运行中使用的规则、违例数量和细节描述。

2) "Create Violations" (创建违例)复选框:能在违例对象和违例消息之间直接建立链接,使用户可以直接通过"Messages"面板中的违例消息进行错误定位,找到违例对象。

- 3) "Sub-Net Details" (子网络详细描述)复选框:对网络连接关系进行检查并生成报告。
- 4) "Verify Shorting Copper" (覆铜短路检测)复选框:对覆铜或非网络连接造成的短路进行检查。

在"Design Rule Checker"对话框左侧的列表中单击"Rules To Check"(检查规则)选项卡,即可显示



所有可进行检查的设计规则,其中包括PCB制作中常见的规则,也包括高速电路板设计规则。例如,线宽设定、引线间距、过孔大小、网络拓扑结构、元器件安全距离、高速电路设计的引线长度、等距引线等,可以根据规则的名称进行具体设置。在规则栏中,通过"Online"(在线)和"Batch"(批处理)两个选项,用户可以选择在线DRC或批处理DRC。

单击"Run Design Rule Check"(运行设计规则检查)按钮,即运行批处理DRC。

2. 在线DRC和批处理DRC

DRC分为两种类型,即在线DRC和批处理DRC。在线DRC在后台运行,在设计过程中,系统随时进行规则 检查,对违反规则的对象提出警示或自动限制违例操作的执行。选择"Tools|Preferences"对话框的"PCB Editor|General"选项卡,可以设置是否选择在线DRC。 通过批处理DRC,用户可以在设计过程中的任何时候手动一次运行多项规则检查。需要强调的是,在

"Design Rule Checker"对话框中不同的规则适用于不同的DRC。有的规则只适用于在线DRC,有的只适用于批处理DRC,但大部分的规则都可以在两种检查方式下运行。 PCB设计及应用



3.对未布线的PCB文件执行批处理DRC

要求在PCB文件未布线的情况下,运行批处理DRC。此时要适当配置DRC选项,以得到有参考价值的错误 列表。选择菜单栏中的"Tools|Design Rule Check"命令。暂不进行规则启用和禁止的设置,直接使用系统的 默认设置。单击"Run Design Rule Check"按钮,运行批处理DRC。

4. 对已布线完毕的PCB文件执行批处理DRC

对布线完毕的PCB文件再次运行批处理DRC。尽量检查所有涉及的设计规则。选择菜单栏中的 "Tools|Design Rule Check"命令。系统将弹出"Design Rule Checker"对话框,将部分"Batch"选项中 被禁止的规则选中,允许其进行该规则检查。具体的操作步骤见本任务的操作过程,这里不再赘述。





4.5.5 PCB的信息报表

PCB信息报表是对PCB的元器件网络和完整细节信息进行汇总的报表。选择菜单栏中的"Reports|Board Information"(报表|电路板信息)命令,系统弹出"Board Report"对话框,在对话框中选择要包含在报告里的项目

- ,然后点击"Report"生成"Board Information Report"文件
- ,该文件内部包含了电路板的所有信息。









4.5.6 元器件清单

选择菜单栏中的"Reports|Bill of Materials"命令,系统将弹出"Bill of Materials for PCB Document"对话框。 在该对话框中,可以对要创建的元器件清单进行选项设置。

1."Grouped Columns"列表框

该列表框用于设置元器件的归类标准。可以将"All Columns"中的某一属性信息拖到该列表框中,则系统将 以该属性信息为标准,对元器件进行归类,显示在元器件清单中。

2."All Columns"列表框

该列表框列出了系统提供的所有元器件属性信息,如"Description"(描述)、"Component Kind"(元器件 类型)等。对于需要查看的有用信息,选中右侧与之对应的复选框,即可在元器件清单中显示出来。系统 的默认设置只选中"Comment"、"Description"、"Designator"、"Footprint"(引脚)、"LibRef"(库编号)和 "Quantity"(数量)6个元器件属性信息。

要生成并保存报表文件,单击对话框中的"Export"按钮,系统将弹出"Export For"(输出为)对话框。选择保存类型和保存路径,保存文件即可。 PCB设计及应用



4.5.6 元器件清单

3. 简略元器件清单

在"Bill of Materials for PCB Document"对话框的右侧 "Properties"下选择"Columns"选项,然后点击右下角"Export" ,选择要保存BOM表的位置,系统将自动生成两份分别为 "XXX.BOM"和"XXX.CSV"的当前PCB文件的元器件报表。 简略元器件报表将同种类型的元器件统一计数,简单明了。报 表以元器件的Comment为依据将元器件分组,列出其 Comment、Pattern(Footprint)(样式)、Quantity、 Components(Designator)和Descriptor(描述符)等属性。

视频演示二维码





4.5.7 网络状态报表

该报表列出了当前PCB文件中所有的网络,并说明了它们所在工作层和网络中导线的总长度。选择菜单栏中的"Reports|Netlist Status"(报表|网络表状态)命令,即生成名为"XXX.REP"的网络表状态报表。













1. 新建工程及原理图图纸

新建的工程文件保存于"项目4"文件夹下的"任务4.5"中,并命名为"单片机开发板"。新建一个电路原理图文件,并命名为"单片机开发板.SchDoc"。

2. 根据任务要求设计绘制原理图



图4-87 LED流水灯电路





2. 根据任务要求设计绘制原理图



图4-89 串口通信电路



2. 根据任务要求设计绘制原理图

视频演示二维码







LED显示电路设计

ISP下载接口与复位电路设计

串行通信电路设计



3. 自制部分原理图元器件和PCB元器件封装





(a) SR410281K四位数码管

(b) 电位器

图4-90 自建元器件





4

3. 自制部分原理图元器件和PCB元器件封装



图4-91 自建专用封装



3. 自制部分原理图元器件和PCB元器件封装

视频演示二维码



4







键盘输入与时钟电路设计

数码管显示电路设计 (一)

数码管显示电路设计(二)

液晶屏接口电路设计



4. 编译工程

单击菜单栏中的"Project项目|Compile Document 单片机开发板电路.SchDoc文件编译"命令,进行文件的编译。当在Messages信息面板中没有Warning警告和Error错误时,继续下一步。

5.新建PCB文件创建布线区

将新建的工程文件保存于任务4文件夹下子任务4.5中,并命名为单片机开发板。在单片机开发板. .PcbDoc界面的禁止布线层上创建一个封闭的矩形,其尺寸自己定义,完成布线区的设置后,右击退出该操作。

6. 电路板层数设置

单击菜单栏中的"Design(设计)|Layer Stack Manager...(电路板层堆栈管理)"命令,默认设置为双层板,即只包括TopLayer(顶层)和Bottom Layer(底层)两层。

7. 导入设计

打开单片机开发板.SchDoc文件,使之处于当前的工作窗口中,同时应保证单片机开发板.PcbDoc文件 也处于打开状态。单击菜单栏中的"Design(设计)|UpdatePCBDocument 单片机开发板电路.PcbDoc (更新PCB文件)"命令,没有×标记后单击Execute Changes(执行更改)按钮,系统将完成网络表的 导入,同时在每一项的Done(完成)栏中显示√标记提示导入成功。



4. 编译工程

选择菜单栏中的"Project|Compile Document 单片机开发板.SchDoc"命令,进行文件的编译。当在 "Messages"面板中没有"Warning"和"Error"时,继续下一步。

5. 新建PCB文件创建布线区

将新建的工程文件保存于"项目4"文件夹下"任务4.5"中,并命名为"单片机开发板"。在"单片机开发板 .PcbDoc"界面的禁止布线层上创建一个封闭的矩形,其尺寸自定义,完成布线区的设置后,右击退出该操 作。

6. 电路板层数设置

选择菜单栏中的"Design|Layer Stack Manager…"命令,默认设置为双层板,即只包括"Top Layer"和 "Bottom Layer"两层。

7. 导入设计

打开"单片机开发板.SchDoc"文件,使之处于当前的工作窗口中,同时应保证"单片机开发板.PcbDoc" 文件也处于打开状态。选择菜单栏中的"Design|Update PCB Document单片机开发板电路.PcbDoc"命令, 没有"×"标记后单击"Execute Changes"按钮,系统将完成网络表的导入,同时在每一项的"Done"栏中显示 "√"标记提示导入成功。



8.手动布局

利用手动布局,将元器件放置在合适位置,手动布局的过程中要注意符合布局原则。手动布局后,选择 "Design | Board Shape | Redefine Board Shape"命令,鼠标指针变成"十"字形状,围绕元器件绘制一 个封闭的矩形,绘制完成后单击,板型变更。将紫色的布线区边线一一删除,并重新调整元器件位置,减 少飞线交叉。注意贴片区应在较统一的位置上。

9. 添加安装孔

添加安装孔的操作步骤如下。

1)选择菜单栏中的"Place | Via"命令,或者单击连线工具栏中的放置过孔按钮,或按快捷键P | V,此时 鼠标指针将变成"十"字形状,并带有一个过孔图形。

2) 按Tab键,系统将弹出"Via"对话框。

① "Hole Size"选项:这里将过孔作为安装孔使用,因此过孔内径比较大,注意设置合适尺寸。

② "Diameters" 选项: 这里的过孔外径设置合适尺寸。



9. 添加安装孔

③ "Location" 选项: 这里的过孔作为安装孔使用, 过孔的位置将根据需要确定。通常, 安装孔放置在电路板的4个角上。

④ "Properties" 选项:包括设置过孔起始层、网络标签、测试点等。

3) 设置完毕单击"OK"按钮,在PCB的左上角放置过孔。根据测量,离矩形板两边距离分别符合要求尺寸时即可放置一个过孔。

4) 此时,鼠标指针仍处于放置过孔状态,可以继续放置其他的过孔。

5) 右击或者按Esc键即可退出该操作。





10. 对未布线的PCB文件执行批处理DRC

Messages					
Class	Document	Source	Message		
	,单片机开发板.Pc	Advanc	Un-Routed Net Constraint: Net X2 Between Pad C5-2(26.924mm,6.35mm) on Multi-L.		
	. 单片机开发板.Pc	Advanc	Un-Routed Net Constraint: Net X2 Between Pad Y1-1(27.024mm,10.668mm) on Multi.		
	. 单片机开发板.Pc	Advanc	Un-Routed Net Constraint: Net X1 Between Pad Y1-2(31.904mm,10.668mm) on Multi.		
	. 单片机开发板.Pc	Advanc	Un-Routed Net Constraint: Net X1 Between Pad Y1-2(31.904mm,10.668mm) on Multi		
	,单片机开发板.Pc	Advanc	Un-Routed Net Constraint: Net VCC Between Pad U2-16(29.21mm, 33.274mm) on M		
	. 单片机开发板.Pc	Advanc	Un-Routed Net Constraint: Net VCC Between Pad P6-2(91.948mm,17.272mm) on Mu.		
	. 单片机开发板.Pc	Advanc	Un-Routed Net Constraint: Net VCC Between Pad C9-2(18.796mm, 58.928mm) on M		
	. 单片机开发板.Pc	Advanc	Un-Routed Net Constraint: Net VCC Between Pad S5-2(11.684mm,69.088mm) on Mu.		
	. 单片机开发板.Pc	Advanc	Un-Routed Net Constraint: Net VCC Between Pad R5-1(68.072mm,61.976mm) on M		
	. 单片机开发板.Pc	Advanc	Un-Routed Net Constraint: Net VCC Between Pad C9-2(18.796mm, 58.928mm) on M		
	. 单片机开发板.Pc	Advanc	Un-Routed Net Constraint: Net VCC Between Pad P4-1(73.152mm,13.716mm) on Mu.		
	. 单片机开发板.Pc	Advanc	Un-Routed Net Constraint: Net VCC Between Pad U1-40(60.412mm,61.976mm) on		
	,单片机开发板.Pc	Advanc	Un-Routed Net Constraint: Net VCC Between Pad Q1-1(54.864mm,73.618mm) on M		
	. 单片机开发板.Pc	Advanc	Un-Routed Net Constraint: Net VCC Between Pad Q2-1(54.864mm,82.042mm) on M		
	. 单片机开发板.Pc	Advanc	Un-Routed Net Constraint: Net VCC Between Pad C51-1(34.925mm,80.75mm) on M		
	. 单片机开发板.Pc	Advanc	Un-Routed Net Constraint: Net VCC Between Pad C10-1(33.02mm,33.274mm) on M		
	. 单片机开发板.Pc	Advanc	Un-Routed Net Constraint: Net VCC Between Pad P7-2(8.382mm, 56.388mm) on Mul		
	. 单片机开发板.Pc	Advanc	Un-Routed Net Constraint: Net VCC Between Pad R3-2(45.212mm,76.708mm) on M		
r 📃 r	. 单片机开发板.Pr	Advanc	Un-Routed Net Constraint: Net VCC Between Pad C3-1(36.084mm 72.644mm) on M		

图4-92 Messages面板1





10. 对未布线的PCB文件执行批处理DRC

Messa	ges		
Class	Document	Source	Message
	[单片机开发板.Pc	Advanc	Minimum Solder Mask Sliver Constraint:
	[单片机开发板.Pc	Advanc	Minimum Solder Mask Sliver Constraint:
	[单片机开发板.Pc	Advanc	Minimum Solder Mask Sliver Constraint:
	[单片机开发板.Pc	Advanc	Minimum Solder Mask Sliver Constraint:
	[单片机开发板.Pc	Advanc	Minimum Solder Mask Sliver Constraint:
	[单片机开发板.Pc	Advanc	Minimum Solder Mask Sliver Constraint:
	[单片机开发板.Pc	Advanc	Minimum Solder Mask Sliver Constraint:
	[单片机开发板.Pc	Advanc	Minimum Solder Mask Sliver Constraint:

图4-93 Messages面板2



4 任务实施

11. 测量主要元器件和安装孔的位置间距

1)选择菜单栏中的"Reports | Measure Distance"命令,或按快捷键Ctrl+M,此时鼠标指针变成"十"字形状显示在工作窗口中。

2)移动鼠标指针到某个坐标点上,单击确定测量起点。如果鼠标指针移动到某个对象上,则系统将自动捕捉该对象的中心点。

3)此时鼠标指针仍为"十"字形状,重复步骤2)确定测量终点。此时系统弹出

"Information"对话框。在该对话框中给出了测量的结果。测量结果包含总距离、X方向上的距离和Y方向上的距离3项。

PCB设计及应用

4) 此时鼠标指针仍为"十"字状态,重复步骤2)、步骤3)可以继续其他测量。

5)完成测量后,右击或按Esc键即可退出该操作。



12. 设定自动布线规则

选择菜单栏中的"Design | Rules"命令,系统将弹出"PCB Rules and Constrains Editor"对话框。

1) 安全间距设置。在"PCB Rules and Constrains Editor"对话框左侧单击"Electrical" 类设置,出现"Electrical"类设置对话框,单击"Clearance",将"Constraints"选项组中的 默认值10mi1修改为8mi1。

2) 一般导线宽度设置。在 "PCB Rules and Constrains Editor"对话框左侧单击 "Routing"
类设置选项。在出现的 "Routing" 类设置对话框中单击 "Width" 选项,将 "Preferred Width"的
默认值10mi1修改为8mi1。





13. 全局自动布线

1)选择菜单栏中的"Route | Auto Route | All…"命令,系统将弹出"Situs Routing Strategies"对话框。

2) 选择"Default Multi-Layer Board"布线策略。

3)选中"Lock All Pre-routes"复选框后,所有先前的布线将被锁定,重新自动布线时将不改变这部分的布线。

4) 单击 "Route Al1" 按钮即可进入自动布线状态。布线过程中将自动弹出 "Messages" 面板,提供自动布线的状态信息。由最后一条提示信息可知,此次自动布线全部布通。





14. 对已布线完毕的PCB文件执行批处理DRC

对布线完毕的PCB文件再次运行DRC。尽量检查所有涉及的设计规则。具体的操作步骤如下。

1) 选择菜单栏中的"Tools | Design Rule Check"命令。

2) 系统将弹出"Design Rule Checker"对话框,单击左侧列表中的"Rules To Check"选项,配置检查规则。

3) 在规则列表中,将部分"Batch"选项中被禁止的规则选中,允许其进行该规则检查。选择 项必须包括"Clearance""Width""Short Circuit""UnRoutedNet""Component Clearance" 等,其他选项采用系统默认设置即可。

4) 单击"Run Design Rule Check"按钮,运行批处理DRC。

5)系统执行批处理DRC,运行结果在"Messages"面板中显示出来。对于批处理DRC中检查到的 违例信息项,可以通过错误定位进行修改,这里不再赘述。





15. 补泪滴

选择菜单栏中的"Tools | Teardrops"命令,执行补泪滴命令。

16. 放置覆铜

放置覆铜的操作步骤如下。

1)选择菜单栏中的"Place | Polygon Pour"命令,或者单击连线工具栏中的放置多边形覆铜按钮,或按快捷键P | G,即可执行放置覆铜命令。系统将弹出"Polygon Pour"对话框。

2) 在 "Polygon Pour"对话框中进行设置,选中 "Hatched (Tracks/ Arcs)"单选按钮,填充模式设置为90°,连接到网络GND,层面设置为"Top Layer",选中"Remove Dead Copper"复选框。

3) 单击"OK"按钮,关闭该对话框。此时鼠标指针变成"十"字形状,准备开始覆铜操作。

4)用光标沿着PCB的Keep-Out边界线画一个闭合的矩形框。单击确定起点,移动至拐点处单击,直至确定矩形框的4个顶点,右击退出。用户不必手动将矩形框线闭合,系统会自动将起点和终点 连接起来构成闭合框线。

5) 系统在框线内部自动生成了"Top Layer"的覆铜。

6) 再次执行覆铜命令,选择层面为"Bottom Layer",其他设置相同,为底层覆铜。



17. 完整PCB图



图4-94 单片机开发板的顶层PCB图



图4-95 单片机开发板的底层PCB图 PCB设计及应用



18.3D效果图



图4-96 单片机开发板的3D效果图



19. 产生各种报表

20. 保存

视频演示二维码















解惑启智















6 思考与练习

- 1. 本任务设计前的准备工作具体有哪些?
- 2. 继电器、示波器探头(BNC)接口、自锁开关、蜂鸣器、按键等如何测绘? 主要用什么工具?
- 3. 上述元器件在PCB图设计中封装如何选择? 能否从常用库中直接修改?
- 4. PCB图的尺寸和板层如何设置?选择这些尺寸和板层的依据是什么?
- 5. 安装孔的尺寸和位置如何确定? 确定的依据是什么?
- 6. 元器件布局时,任务中的贴片元器件的布局区如何确定?应遵守哪些标准或规则?
- 7. 晶振电路如何确定板层和绘制? 应遵守哪些标准或规则?
- 8. 网络密度分析、设计规则检查、元器件清单的产生、网络表的产生、网络表状态报表的产生和自动布线,以及完成补泪滴和覆铜等操作各有何作用?如何执行?有无快捷键或快捷方法?

- 9. 工作过程中如何提升效率? 提出你的建议。
- 10. 对本任务整个工作的完成进行记录。

THANK YOU