

电路原理图设计是整个电路板设计的基础,是将电路功能转化为可视化图形的关键环节。将电路板的电路原理图呈现出来,并使电路原理图符合需求和规则是电路原理图设计的首要任务。本章将系统介绍电路原理图设计的完整流程及基本设计方法,包括项目创建、工作环境设置、图纸幅面与栅格设置、常用快捷键操作、元件放置、元件属性设置、元件连线、添加网络标签、原理图 DRC 等,确保电路原理图设计既满足功能需求,又为后续 PCB 布局、布线、装配及调试提供依据。通过本章学习,读者能够独立完成从原理图绘制到初步验证的全过程,为后续 PCB 设计打下坚实基础。

5.1 原理图设计流程

电路原理图设计是电子工程开发的核心环节,其任务是将抽象的电路需求转化为直观的图形化表达,为后续的 PCB 设计、原型制作与产品量产奠定基础。规范而严谨的设计流程不仅能保障电路功能的可靠性,还能显著提高设计效率,降低开发风险。电路原理图设计遵循“需求驱动、分步实施、验证闭环”的原则,基本流程包括:需求分析→功能划分→元器件选型→工程创建与环境配置→图纸设置→原理图绘制(放置元件、元件连线、设置网络标签)→原理图 DRC→设计文件输出。各步骤环环相扣,形成完整的设计链路,具体流程如图 5-1 所示。



图 5-1 原理图设计流程

1. 需求分析

需求分析是电路设计的起点,也是确定设计方向的关键环节,其核心在于将模糊的用户需求转化为可量化、可验证的技术与非技术要求。需明确电路板所需实现的具体功能、关键电气参数、输入/输出接口类型,并综合考虑外部约束条件,如成本目标、开发周期、工作温度与湿度范围、行业合规标准(如 CE、FCC)以及元器件供应链的稳定性等。

需求分析阶段需完成功能需求拆解和技术指标量化两项核心任务。功能需求拆解是指

与产品经理或客户充分沟通,识别电路应实现的核心功能。例如,设计一款智能温湿度传感器电路,需拆解出“环境参数采集”“数据模数转换”“无线数据传输”“电池供电管理”等子功能,并明确其优先级(如“低功耗”优先于“传输速率”)。技术指标量化则是将功能需求转化为具体参数,如对电源电路,需明确输入电压范围(如 $5\sim 12\text{V DC}$)、输出电压精度(如 $\pm 1\%$)、最大输出电流(如 2A)和纹波系数(如峰-峰值电压 $\leq 50\text{mV}$);对信号处理电路,则需定义带宽(如 $20\text{Hz}\sim 20\text{kHz}$)、信噪比(如 $\geq 80\text{dB}$)和失真度(如 $\leq 0.1\%$)等。此外,还需考虑环境约束(如工作温度为 $-40\sim 85^{\circ}\text{C}$)、成本预算与PCB尺寸限制等条件。

2. 功能划分

在需求分析基础上,将复杂电路系统拆分为若干功能独立、接口明确的子模块。例如,可将整体系统划分为“电源管理”“主控MCU”“传感器接口”“通信模块”“电机驱动”等部分,并厘清各模块间的信号连接与电源分配关系。以音频放大器电路为例,可划分为“信号输入模块”(含麦克风与滤波电路)、“前置放大模块”(采用低噪声运放)、“功率放大模块”(基于功放芯片)、“电源模块”(使用线性稳压器)和“控制模块”(通过单片机调节音量)。模块划分应遵循“高内聚、低耦合”原则,确保模块内部功能紧密相关,模块间接口简洁清晰。在划分功能时,需明确各类信号的传递路径,包括输入信号、输出信号及控制信号。例如,音频放大器的信号流向为麦克风 $\rightarrow$ 滤波电路 $\rightarrow$ 前置放大 $\rightarrow$ 功率放大 $\rightarrow$ 扬声器,控制信号流向为单片机 $\rightarrow$ 数字电位器 $\rightarrow$ 前置放大模块。同时,应定义各类接口的具体类型,如模拟信号接口(差分/单端)、数字信号接口(I²C/SPI/UART)及电源接口(V_{in} /GND/ V_{out})。

3. 元器件选型

元器件是构成电路的“细胞”,其选型是否合理直接影响电路性能、成本与整体可靠性。选型过程中需综合考虑技术参数、供应链稳定性及成本因素。首先应确定核心集成电路(如MCU、FPGA或专用芯片),其选型决定了系统的基本架构与性能上限。随后,根据数据手册的推荐与电路实际需求,选择匹配的电阻、电容、电感、晶体管等外围器件。最后,在满足性能指标的前提下,还需权衡器件的成本、封装形式、供货情况、替代方案与长期供应能力。

4. 工程创建与环境配置

在完成需求分析、功能划分与元器件选型等前期工作后,创建工程并配置设计环境,为正式设计做好准备。工程作为整个电路设计项目的管理单元,用于组织原理图、PCB网表及物料清单等各类设计文件。合理创建并规范管理工程,有助于提高设计效率,便于后续修改与维护。完成工程创建后,需要对原理图设计环境进行配置,优化各项操作设置,确保设计过程的准确性与高效性。

5. 图纸设置

图纸设置关注原理图的细节呈现与绘图规范,其核心内容是标题栏信息的完整填写,包括项目名称、图纸编号、版本号、设计者与日期等。图纸设置应兼顾可读性与规范性,使原理图不仅能准确表达电路连接关系,还能为后续审核、制造与维护提供清晰的辅助信息。

6. 原理图绘制

根据电路功能与所选元器件,从元件库中调取元件并放置于图纸上,进行初步合理布局,力求信号流向清晰,减少连线交叉。利用EDA软件的“导线”工具,依据电气连接关系,将元件引脚逐一连接,建立实际的电气连接。连接时应确保导线与引脚精准对接,避免悬空或短路。连线路径宜遵循信号流向(如输入至输出、电源正极至负载),采用直线或 45° 折

线,尽量避免锐角与交叉;若交叉不可避免,可使用“网络标签”替代长导线。对于多引脚并行信号(如数据总线、地址总线),可采用总线工具简化绘制,标注总线名称(如 D0~D7),再通过分支线连接各引脚。完成连线后,需检查各模块连接是否正确,包括电源是否接入所有需电部件、信号是否按逻辑顺序传递,确保电路功能正确实现。网络标签用于标识具有相同电气连接的节点,可替代复杂走线,简化图纸。跨页面或远距离连接的信号应使用含义明确的网络标签(如 I2C_SCL、+5V_USB),并将其置于清晰位置,避免遮挡其他元件或连线。设置完成后,应核对标签与实际连接是否一致,防止错标、漏标导致后续 PCB 设计出错。

7. 原理图 DRC

DRC 是发现并修正原理图错误的关键步骤。在执行 DRC 前应先加载预设或自定义的检查规则,常见规则包括未连接引脚、重复器件标识、网络标签错误、电源/地未连接、器件封装缺失等。执行 DRC 后,软件将生成错误报告,并按严重程度分类(警告、错误等)。设计者需逐一核查每一项结果,判断其对功能的影响,必要时进行优化。修正后应重新执行 DRC,直至无致命错误。该环节能有效防止设计缺陷流入 PCB 阶段,减少实物调试阶段的工作量,提升整体设计可靠性。

8. 设计文件输出

设计文件输出需根据后续环节需求生成多种格式文件。主要输出文件包括:原理图 PDF 文件,应包含完整标题栏、页码与注释,用于设计审核、归档与生产参考;网表文件(如 SPICE 网表、PCB 网表),用于 PCB 布局布线,确保 PCB 与原理图电气连接一致;BOM,列明器件标识、型号、规格、封装与数量等信息,通常为 Excel 或 CSV 格式,供采购与生产备料使用。输出前应核对文件的完整性与准确性,如 BOM 表中器件数量是否与原理图一致、网表是否遗漏网络等。规范的文件输出是衔接 PCB 设计、采购与生产的关键桥梁,保障设计成果顺利落地。

电路原理图设计是一项严谨且环环相扣的工程化过程。从需求分析到文件输出每一步都至关重要,不可随意省略或敷衍。严格遵循上述流程,能够系统性地构建出可靠的设计,最大限度地减少返工,为最终产品的成功奠定坚实基础。

5.2 工程创建与环境配置

工程创建与环境配置是衔接方案规划与具体实现的桥梁,旨在为原理图绘制构建一个规范、高效且可靠的项目管理与设计环境。

5.2.1 工程创建

工程创建是在立创 EDA 软件中创建一个工程项目,以系统性地管理电路设计文件。

1. 账户登录

打开立创 EDA 在线编辑器或立创 EDA 客户端,在 EDA 编辑器界面的右上角有“登录”和“注册”选项,单击“登录”弹出登录界面,输入账户信息进行登录。若未注册,需要先注册账户后才能登录。

2. 选择 EDA 版本

若使用立创 EDA 在线编辑器,登录后单击“嘉立创 EDA 编辑器”,弹出编辑器版本选择,本书选择“专业版”开展后续设计。

3. 新建工程

进入立创 EDA 编辑器后,选择“文件→新建→工程(J)...”菜单或直接单击快速开始页面的“新建工程”,启动新建工程,如图 5-2 所示。



图 5-2 新建工程

随后弹出“新建工程”对话框,在“归属”栏中选择工程的所有者。所有者可以是个人或团队,本书以个人归属进行介绍。在“工程”栏输入工程项目的名称,可以根据工程实际及个人名称命名习惯进行工程项目命名,如 STM32F103C8T6-V1.0-20251017。可以在“描述”栏添加对工程项目的详细描述,如图 5-3 所示。

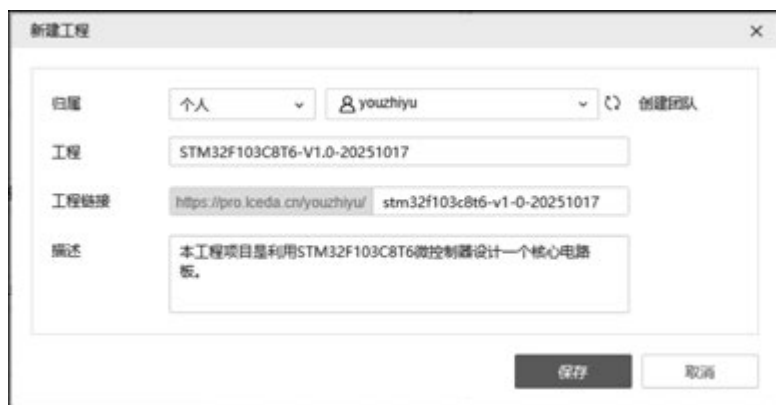


图 5-3 新建工程信息设置

设置完工程项目信息后,在新建对话框界面单击“保存”按钮完成工程项目的创建,并启动新建工程项目,如图 5-4 所示。

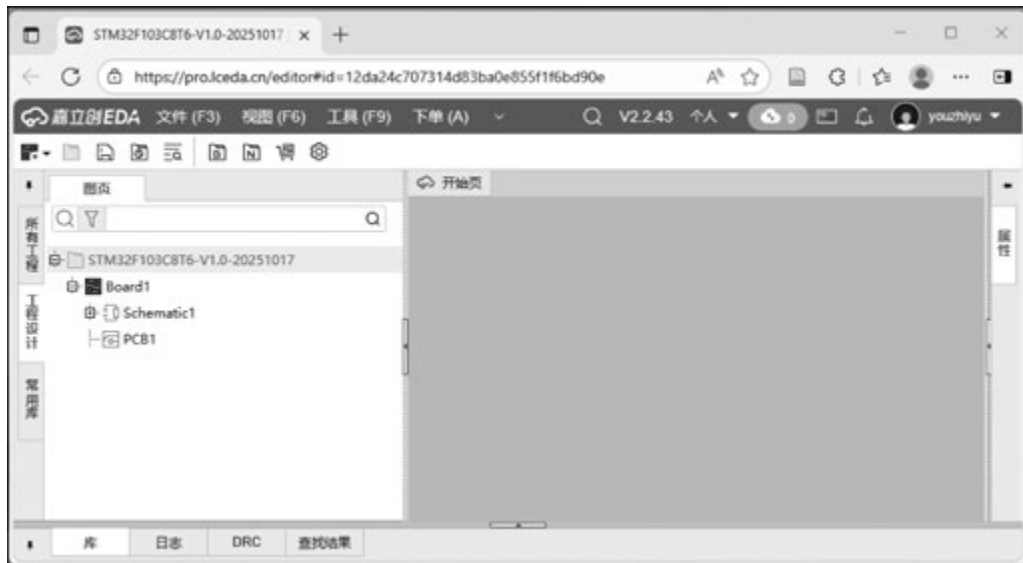
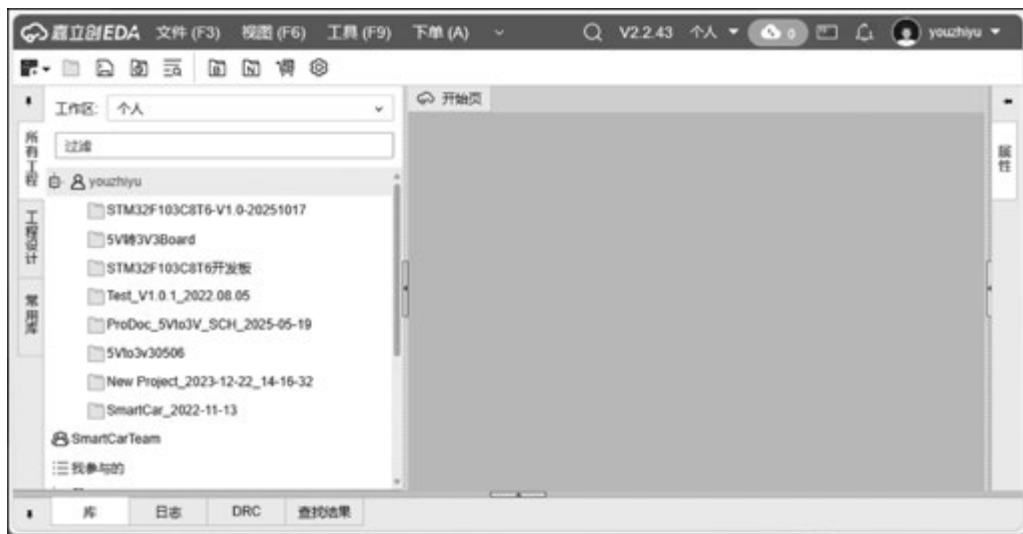


图 5-4 完成新建工程

在图 5-4 界面的左侧面板,有“所有工程”“工程设计”和“常用库”三个页面,可以切换到不同页面进行操作。“所有工程”页面展示的是当前登录账户下所有工程设计项目,可以根据需要打开任何一个项目,如图 5-5(a)所示。“工程设计”是当前打开的工程项目,可以展开对此项目的设计,如图 5-4 所示。“常用库”页面是立创 EDA 自带的常用元器件“原理图元件符号”“PCB 封装”和“面板元素”,如图 5-5(b)所示。



(a) “所有工程”页面

图 5-5 左侧面板功能



(b) “常用库”页面

图 5-5 (续)

在新建完工程项目后,立创 EDA 自动进入“工程设计”页面,且在新建工程项目下默认创建了 1 个工程板 Board1,以及 1 个电路原理图设计文件和 1 个 PCB 设计文件。对于复杂工程项目,可以创建多个板。右击项目名称“STM32F103C8T6-V1.0-20251017”弹出右键菜单,如图 5-6 所示。在右键菜单中,可以根据需要选择“新建板子”“新建原理图”“新建 PCB(P)”“工程管理”“版本管理”等操作。“新建板子”可在当前项目下新建一个电路板 Board2,并自动创建 1 个电路原理图设计文件和 1 个 PCB 设计文件。“新建原理图”是在当前项目下新建一个独立的原理图设计文件,右击可将新建的原理图文件移动到已建的 Board 中(原 Board 下的原理图文件会移出成为一个独立的设计文件),也可以此文件新建

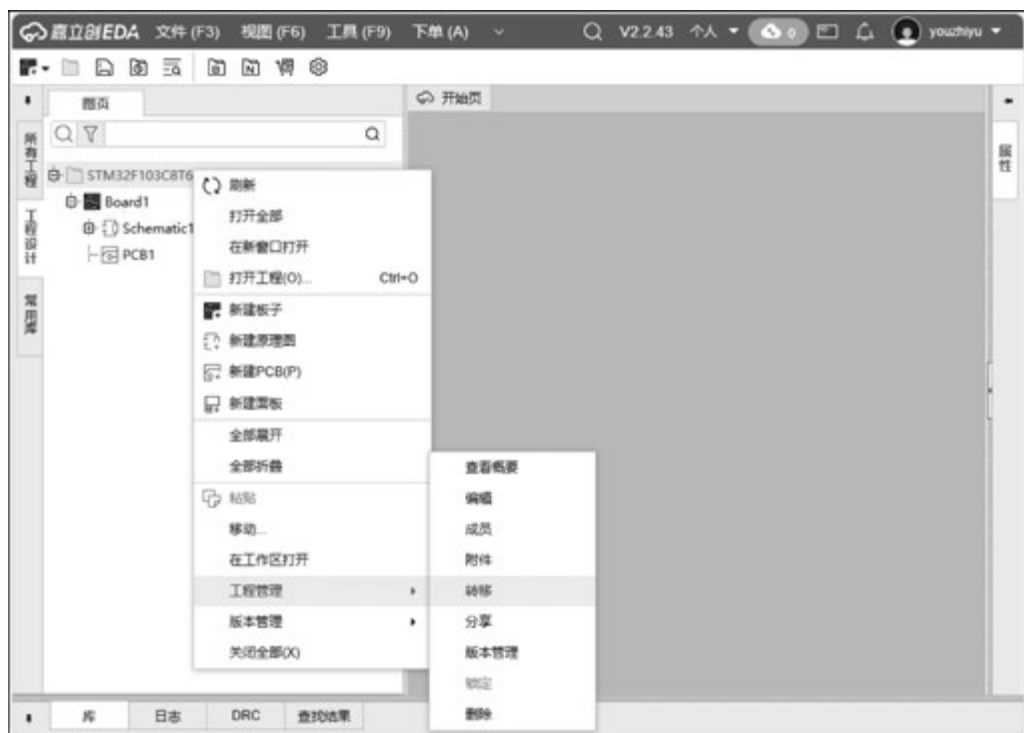


图 5-6 项目右键菜单

一个 Board。“新建 PCB(P)”是在当前项目下新建一个独立的 PCB 设计文件,右击可将新建的 PCB 文件移动到已建的 Board 中(原 Board 下的 PCB 文件会移出成为一个独立的设计文件),也可以此文件新建一个 Board。

在图 5-4 新建工程设计下,可以右击 Board1,选择“重命名”修改板子的名称,如重命名为“STM32 核心板”。右击默认的原理图设计文件名称“Schematic1”,可以选择“重命名”为“STM32F103C8T6”。新建原理图默认只有 1 个图页,即“1. P1”,立创 EDA 支持一个工程具有多个原理图页,可以根据实际需要添加原理图图页。右击原理图名“STM32F103C8T6”,选择“新建图页(S)”即可添加第 2 个图页“2. P2”。默认生成的原理图图页“1. P1”、PCB 设计文件 PCB1 都可以通过右键菜单进行重命名,如图 5-7 所示。



图 5-7 项目设计文件重命名

图 5-7 在原理图中添加了第 2 个图页“2. P2”,STM32 核心板实际需要一个图页即可,因此可以右击“2. P2”选择“删除”菜单进行删除,删除后的界面如图 5-8 所示。项目的其他操作均可以通过右键菜单进行相关操作,实现对项目文件的管理。



图 5-8 删除图页

在修改设置完成后,可以双击“1. F103C8T6”打开原理图编辑界面,如图 5-9 所示,随后即可在原理图设计编辑界面进行原理图绘制,展开原理图设计工作。

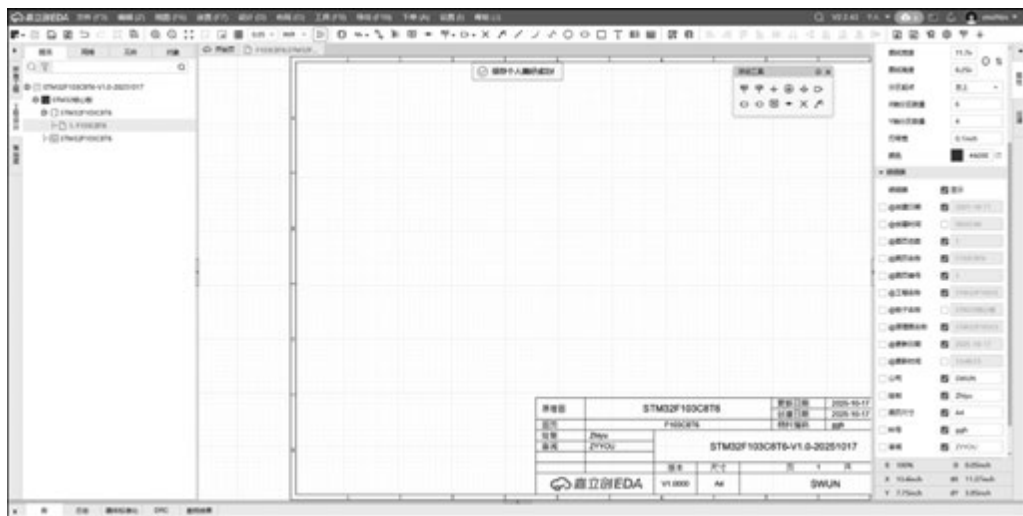


图 5-9 原理图设计编辑环境

若修改工程项目文件夹名称,可以右击“STM32F103C8T6-V1.0-20251017”,在右键快捷菜单中执行“打开工作区”菜单,然后在弹出界面中选择“编辑”进入修改界面,或执行右键菜单“工程管理→编辑”直接进入编辑状态,如图 5-10 所示。在此页面,可以修改“工程封面”“工程名称”“工程简介”“工程链接”“工程描述”“评论设置”“工程属性”等,根据实际需要在“工程名称”编辑框中进行修改,修改完成后,单击“保存”按钮进行保存,即可完成工程名称修改。回到原理图设计环境,右击工程项目名称文件夹“STM32F103C8T6-V1.0-20251017”,在右键快捷菜单中执行“刷新”菜单,可以看到相应的修改结果。



图 5-10 工程项目名称修改

5.2.2 原理图设计环境配置

环境配置是聚焦设计规则与显示设置,配置 EDA 设计与操作偏好等环境参数,以搭建一个规范的设计工作环境,保证设计规范性,提升设计效率。在绘制原理图之前,需要先设置立创 EDA 原理图设计环境,使原理图编辑器的相关环境参数和操作与使用者的操作习惯相匹配,提高原理图设计的效率。

1. 系统通用参数设置

在图 5-9 所示的原理图设计编辑界面,选择“设置→系统→通用”菜单,弹出系统通用参数设置界面,如图 5-11 所示,根据使用习惯对相关参数进行修改,如“符号库管理”“双击工程”“工程库重名”“画布缩放”“鼠标中键拖动”“面板自动收起”“放置更新的器件”等项目。



图 5-11 系统通用参数设置

(1) 符号库管理: 该设置分为简易模式和专业模式。简易模式会合并器件和符号的概念,无法对符号进行复用,器件和符号一一对应。专业模式下器件和符号可以独立管理,多个器件可以绑定同一个符号,复用符号。

(2) 双击工程: 该设置决定在工程列表进行双击工程操作时,编辑器的操作结果是新建一个窗口打开所选工程,还是在当前窗口打开所选工程。

(3) 工程库重名: 该设置是为了解决导入第三方 EDA 文件时,库可能重名但是库内容不一致的问题(图形有部分差异等)。设置默认允许重名,允许重名后也可以减少导出 BOM 时元件被拆分多行的问题。自动重命名则根据导入的名称和图元形状自动区分,名称后面加数字区分名称相同但是图形有差异的元件。

(4) 画布缩放: 该设置默认鼠标滚轮缩放,可根据个人喜好修改 Ctrl + 滚轮缩放。在绘制过程中,长按鼠标右键移动画布,绘制时默认右击取消绘制。

(5) 鼠标中键拖动: 该设置可将鼠标中键按下拖动动作,设置为拖动画布或缩放画布。

(6) 面板自动收起: 支持设置左侧、右侧、底部面板是否自动收起。设置后打开面板 3s 后会自动收起。

(7) 放置更新的器件：当元件库里面的库有更新，但工程库是之前放置的版本，在元件库再次放置时会检测工程库的更新时间。默认使用工程库模板，如果需要更新工程库，可以在设计菜单进行更新。勾选“显示更新提示弹窗”时，元件库和工程库的元件更新时间有差异，弹窗提示；勾选“不显示更新提示弹窗(使用工程库)”时，元件库和工程库的元件更新时间无论是否有差异都不弹窗。勾选“显示符号/封装更新对话框与提示”时，每次更新符号或封装都会弹出提示框。

2. 原理图/符号通用参数设置

在图 5-9 所示的原理图设计编辑界面，选择“设置→原理图/符号→通用”菜单，弹出原理图/符号通用参数设置界面，如图 5-12 所示。



(a)



(b)

图 5-12 原理图/符号通用参数设置

- (1) 单位：设置原理图和符号默认使用的单位，修改后应用到新打开的图页。
- (2) 网格类型：设置原理图和符号默认的画布网格类型(网点、网格、无)，修改后应用到新打开的图页。
- (3) 默认网格尺寸：打开原理图或者符号编辑的网格尺寸。Alt 吸附网格是指当按住 Alt 键时，进行绘制或者移动图元移动或吸附的网格大小。
- (4) 十字光标：设置原理图编辑器的光标大小。
- (5) 线宽显示：设置整体器件线宽的大小。开启“跟随缩放变化”的线条效果会变得比较粗，开启“始终 1px 线宽”的线条效果不会随窗口缩放变化。
- (6) 指示线：根据设置是否显示元件原点和元件属性之间的指示线。
- (7) 复制/剪切：复制/剪切的时候是否需要选择参考点。
- (8) 默认网络名：设置原理图中未命名的导线在导出网表和导入 PCB 时最终的网络命名规则。可以在右侧属性和网络树中查看。
- (9) 单击导线选中：可以根据自己的使用习惯，切换单击导线时的选中范围，单段选中或者整段选中。
- (10) 拖动网络名：拖动导线的网络名离开导线上时的处理方式。调整属性位置只移动属性名的位置，不影响导线的网络名；修改网络名离开导线上时，导线的网络名会被清空，类似 Altium 和标准版的网络标签行为。
- (11) 移动符号，导线跟随方式：设置导线是否跟随元件移动。
- (12) 旋转符号，导线跟随方式：设置旋转符号时，相连导线是否跟随保持连接。
- (13) 每页元件放置数量：目前原理图放置器件数量过多会比较卡顿，所以增加了数量检测，建议一页放置 100 个以下元件，通过创建分页来放置其他器件。

3. 原理图/符号主题参数设置

在图 5-9 所示的原理图设计编辑界面，选择“设置→原理图/符号→主题”菜单，弹出原理图/符号主题参数设置界面，如图 5-13 所示，可根据实际需要修改原理图图页的背景颜色或文本颜色。



图 5-13 原理图主题参数设置

注意,立创 EDA 环境配置参数可以根据实际需要设置调整,在初次使用时可以直接使用系统的默认参数。

5.2.3 操作快捷键设置

在图 5-9 所示的原理图设计编辑界面,选择“设置→快捷键”菜单,弹出操作快捷键设置界面,如图 5-14 所示。列表中的快捷键都可以设置,双击需要修改的选型,弹出设置对话框,在需要设置的输入框按下要设置的“按键”,然后单击“确认”按钮,即可完成快捷键设置。



图 5-14 快捷键设置

5.2.4 自动保存与备份

在“设置”对话框中打开“保存”页面,或在图 5-9 所示原理图设计编辑界面选择“设置→保存”菜单,弹出保存页面参数设置界面,如图 5-15 所示。启用“自动保存”和“自动备份”,



图 5-15 自动保存与备份

可以根据需求设置“自动保存间隔”和“自动备份间隔”，并设置自动备份次数，超出最大备份次数后将覆盖旧的备份。

选择“文件→切换版本”菜单可以查看备份的工程，如图 5-16 所示。打开“自动备份”页面，选择需要恢复的工程文件，单击“恢复”按钮，即可把备份的工程重新导入编辑器中，导入备份的工程与原工程不会冲突。



图 5-16 查看与恢复备份

5.3 图纸与标题栏设置

原理图图纸规格尺寸与图纸标题栏信息应根据具体项目进行相应的设置，以满足实际工程项目设计的需要，也便于公司对设计图纸的规范化管理要求。

5.3.1 图纸规格选择

立创 EDA 默认的原理图图纸画布为 A4 尺寸，可以在原理图设计环境右侧面板的“属性”页面中单击“图纸”的文本框来选择图纸的规格，如图 5-17 所示。

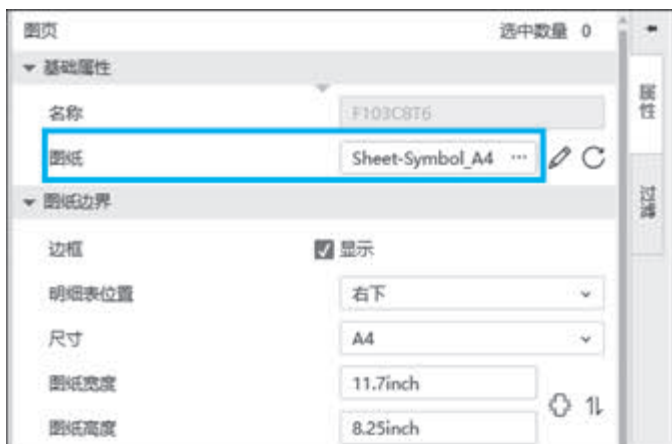


图 5-17 图纸规格设置

在图 5-17 所示界面,单击图纸对应的“Sheet-Symbol_A4”文本框,弹出图 5-18 所示的“选择图纸”对话框。在列表中选择电路原理图设计需要的图纸尺寸规格,单击“确认”按钮,即可完成图纸规格选择。



图 5-18 图纸规格选择

5.3.2 标题栏信息设置

原理图图纸一般会在标题栏显示原理图名称、工程名称、版本、日期、设计者信息和单位 LOGO 等,以便于原理图的版本管理。在立创 EDA 创建工程时,EDA 会默认自动填写一些信息,如图 5-19 所示。

原理图	STM32F103C8T6		更新日期	2025-10-17
图页	F103C8T6		创建日期	2025-10-17
绘制	Zhiyu	STM32F103C8T6-V1.0-20251017		
审阅	ZYYOU			
		版本	尺寸	页 1 共 1
嘉立创EDA		V1.0000	A4	SWUN

图 5-19 图纸标题栏

在图 5-9 所示的原理图设计编辑界面下,可在右侧面板的“属性”页面中修改相关信息,如图 5-20 所示。修改后的标题栏如图 5-21 所示。



图 5-20 标题栏信息设置与修改

原理图	STM32F103C8T6			更新日期	2025-10-17
图页	F103C8T6			创建日期	2025-10-17
绘制	Zhiyu YOU	STM32F103C8T6-V1.0-20251017			
审阅	Zhiyu YOU				
		版本	尺寸	页 1	共 1
嘉立创EDA		V1.0.1	A4	电路设计与实践	

图 5-21 修改后的标题栏

5.3.3 标题栏图标设置

立创 EDA 在创建原理图设计文件时,支持在标题栏设置设计者的 LOGO,如图 5-21 标题栏左下角所示的“嘉立创 EDA”LOGO。设计者可以将标题栏的 LOGO 改成自己的 LOGO,方法是打开右侧面板的“属性”页面,如图 5-22 所示,单击图纸栏右边的小铅笔图标“”,即可打开图 5-23 所示的图纸标题栏模板修改界面(在弹出的提示信息对话框中单击“是”按钮进入)。



图 5-22 图纸修改选择界面

原理图	<@Schematic Name>		更新日期	<@Update Date>
图页	<@Page Name>		创建日期	<@Create Date>
绘制	Zhiyu	<@Project Name>		
审阅	ZZZZYOU			
		版本	尺寸	页 <@Page No> 共 <@Page Count>
嘉立创EDA		V1.0000	A4	SWUN

图 5-23 图纸标题栏模板修改界面

在图 5-23 中,可以设置、修改、删除标题栏各项信息,对左下角的 LOGO 可以先删除,然后选择“放置→图片(G)”菜单或单击工具栏的快捷图标,弹出“打开”图片对话框,选择自己的 LOGO 打开,此时光标上就带有打开的 LOGO,单击即可将此 LOGO 放置到合适的位置。修改后的图纸标题栏模板如图 5-24(a)所示,确认修改完成后,保存图纸,然后关闭图纸模板界面,返回原理图设计编辑界面,其标题栏如图 5-24(b)所示。

原理图	<@Schematic Name>		更新日期	<@Update Date>
图页	<@Page Name>		创建日期	<@Create Date>
绘制	Zhiyu YOU	<@Project Name>		
审阅	ZY YOU			
		版本	尺寸	页 <@Page No> 共 <@Page Count>
西南民族大学		V1.0000	A4	SWUN

(a) 图纸标题栏模板设置

原理图	STM32F103C8T6		更新日期	2025-10-17
图页	F103C8T6		创建日期	2025-10-17
绘制	Zhiyu YOU	STM32F103C8T6-V1.0-20251017		
审阅	Zhiyu YOU			
		版本	尺寸	页 1 共 1
西南民族大学		V1.0.1	A4	电路设计与实践

(b) 图纸标题栏LOGO设置

图 5-24 标题栏 LOGO 设置

5.4 核心板电路原理图设计

为了详细展示立创 EDA 电路原理图设计的细节,本书以 3.2 节 STM32F103 核心板电路为原理图设计对象,逐一介绍原理图设计过程。

5.4.1 原理图设计菜单及快捷工具

立创 EDA 有丰富的原理图设计编辑工具,让设计者能够方便、快捷地开展电路原理图的设计工作。在开展原理图设计工作之前,需要掌握立创 EDA 的功能菜单及快捷工具,以便灵活应用菜单或快捷工具进行原理图的设计工作。

在创建工程中,进入原理图设计编辑界面后,立创 EDA 的菜单栏和工具栏将载入与原理图设计相关的菜单项和快捷工具,如图 5-25 所示。



(a) 菜单1



(b) 菜单2

图 5-25 原理图编辑器相关菜单

在“文件”菜单中,可以利用“新建”菜单项进行工程项目、电路板、原理图、图页、PCB、元件、封装等的创建;可以利用“打开工程”菜单项打开已有工程项目;可以利用“导入”菜单项导入其他 EDA 工具创建的项目及文件;可以利用“导出”菜单项导出设计的物料清单、DXF、PDF/图片、网表等设计文件,与“导出”菜单的功能一致。

在“编辑”菜单中,可利用“撤销、重做、重复动作、复制、剪切、粘贴、删除”等菜单项展开原理图的基本操作,类似文档编辑的基本操作;编辑菜单下的“吸附”功能一般选择启用,以便在设计操作时,与电气节点接近时能将操作吸附到附件的电气节点上。可以利用编辑菜单下的“选择对象”功能,选择原理图中的元件及元素的全部选中、框选、多边形选中等操作。

在“视图”菜单中提供了编辑界面“放大、缩小、适应全部、适应框选、单位、网格尺寸、网络类型”等操作,还提供了“顶部工具栏、左侧面板、右侧面板、底部面板”显示与隐藏等相关操作;“视图”菜单下的“浮动工具”菜单项用于显示、隐藏浮动工具,如图 5-26 所示。浮动工具有绘制原理图时所需的电源、地、输入/输出端子、短接符、非连接标识符等快捷工具图标,可以快速放置到电路原理图中。



图 5-26 浮动工具

在“放置”菜单中提供了绘制原理图所需的基本操作菜单项,是原理图设计过程中非常重要的功能菜单项,其各菜单项的功能作用说明如表 5-1 所示。

表 5-1 放置菜单项功能说明

菜 单 项	电 气 特 性	功 能 说 明
器件/复用模块	具有电气特性	启动系统元件库,用于电路原理图设计时元件查找、放置等操作。此菜单功能与快捷工具栏“  ”的功能一样,操作时单击快捷工具图标即可激活相应操作。按快捷键“Shift+F”也可激活操作
快捷器件	具有电气特性	用于放置电阻、电容、电感、二极管等操作。此菜单功能与快捷工具栏“  ”的功能一样,操作时单击快捷工具图标右下角的下三角,打开器件选择项,选择所需的器件放置即可
导线(W)	具有电气特性	用于绘制电气导线,连接 2 个电气节点,形成电路通路。此菜单功能与快捷工具栏“  ”的功能一样,操作时单击快捷工具图标即可激活相应操作。按快捷键“W”也可进入导线绘制操作
总线(B)	具有电气特性	用于绘制电气连接总线,其分支用于连接多个电气节点,形成连接总线。此菜单功能与快捷工具栏“  ”的功能一样,操作时单击快捷工具图标即可激活相应操作。按快捷键“B”也可进入总线绘制操作
网络标签(N)	具有电气特性	用于在电路图设计时在电气连接点上放置网络标签。网络标签可以通过浮动工具上的“  ”图标进行放置,也可以单击快捷工具图标“  ”进行放置。按快捷键“N”也可放置网络标签操作
短接标识(D)	具有电气特性	用于将 2 个不同名称的电气导线连接在一起。短接标识可以通过浮动工具进行放置,也可以通过单击快捷工具图标“  ”进行放置
网络标识(O)	具有电气特性	用于放置电路原理图所需的电源、地标识符,与网络标签具有相同的功能特性。此菜单功能与快捷工具栏“  ”的功能一样,操作时单击快捷工具图标右下角的下三角,打开选择项,选择所需的标识进行放置即可。另外,可以单击快捷工具图标进行放置

续表

菜 单 项	电 气 特 性	功 能 说 明
网络端口(I)	具有电气特性	用于放置复用图块/层次图的连接,也可以用于图页内网络的相互连接
非连接标识(C)	具有电气特性	用于标识电气连接点不连接电气导线。非连接符号只能放置在引脚端点上,放置后自动将符号的引脚“非连接”属性设置为“是”,删除非连接标识时“非连接”属性会改为“否”
	不 具 有 电 气 特 性	此菜单项不具备电气连接特性,不能用于连接电气节点,不能形成电气导线或电路,仅用于原理图设计过程中的图形修饰、注释等绘制

在“设计”菜单中,菜单项“检查 DRC”用于对电路原理图中的未连接引脚、重复位号、悬空输入、端口类型冲突等电气违规进行检查,给出提示信息,并由设计者对原理图进行修正。菜单项“分配位号”可用于原理图中位号清除、位号分配等操作,具体不再赘述。菜单项“交叉选择”“布局传递”主要用于 PCB 设计时通过选中原理图中的某个或某几个元件,通过“交叉选择”“布局传递”菜单选项在 PCB 中找到对应的元件。

布局菜单主要用于对选中的多个元件进行“对齐、分布、旋转、翻转”等操作,导出菜单与文件菜单下的“导出”菜单项功能一致,设置菜单用于对立创 EDA 的环境参数进行配置。

在电路原理图设计过程中,除通过菜单项进行相关设计操作外,还可以通过立创 EDA 工具栏的快捷工具进行相应的操作,如图 5-27 所示,其功能与菜单功能一样,不再赘述。

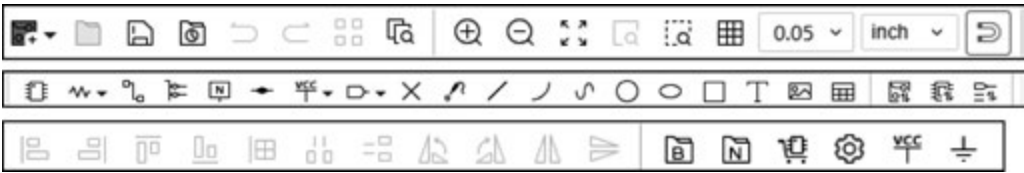


图 5-27 原理图设计工具栏

5.4.2 核心板需求分析与功能划分

在设计 STM32F103 核心板电路原理图时,应根据原理图设计流程对 STM32F103 核心板展开需求分析,明确核心板的具体功能、关键电气参数指标、输入/输出接口类型、外部约束条件等要求。在完成需求分析的基础上,将 STM32F103 核心板电路系统拆分为若干功能相对独立、接口明确的功能单元,并确定各单元之间各类相互连接的信号,包括输入信号、输出信号、控制信号、供电电源等。STM32F103 核心板采用 5V 供电,具备按键输入、LED 灯指示、无源外部晶振时钟、启动模式选择、SWD 编程接口、TTL 串口编程接口等功能,同时单片机的所有功能引脚全部扩展引出,方便与外围电路进行连接,实现核心板的编

程控制。功能需求与对应功能单元,如表 5-2 所示。

表 5-2 功能需求与对应功能单元

需求分类	具体需求描述	对应功能单元	说明(关键信号 / 参数)
供电需求	采用 5V 供电,需为 STM32F103 提供稳定 3.3V 工作电压	电源电路	输入: 外部 5V 电源。输出: 3.3V(连接 STM32 的 VDD 引脚),需设计 LDO 稳压电路(如 AMS1117-3.3)
核心控制功能	STM32F103 作为主控芯片, 需要实现基本运行支持(复位、时钟)	复位电路、时钟电路	复位电路输出 NRST 信号(连接 STM32 的 NRST 引脚); 时钟电路采用 8MHz 无源晶振(连接 OSC_IN/OSC_OUT); 外接 32.768kHz 无源晶振(连接 OSC32_IN/OSC32_OUT),为 RTC 提高精确时钟
编程与调试需求	支持 SWD 编程接口和 TTL 串口编程接口	编程下载接口电路、 供电下载电路	SWD 信号: SWCLK、SWDIO(连接 STM32 调试引脚)。TTL 串口: TXD、RXD(连接 STM32 的 USART1 引脚)
启动配置需求	支持启动模式选择(Flash/SRAM/系统存储器)	启动模式选择电路	输出 BOOT0、BOOT1 信号(连接 STM32 的 BOOT0/BOOT1 引脚), 通过跳线帽或拨码开关配置
用户交互需求	包含按键输入(用户操作)和 LED 指示灯(状态反馈)	按键电路、LED 指示灯电路	按键信号: 连接 STM32 任意 GPIO (需上拉/下拉电阻)。LED 信号: 由 STM32 GPIO 驱动(串联限流电阻)
扩展接口需求	扩展 STM32 所有功能引脚, 方便连接外围电路	对外扩展接口电路	包含所有 GPIO、电源(3.3V/5V)、地,按 STM32 引脚定义排列,标注引脚名称(如 PA0、PB5)
关键电气参数	工作电压: 5V 输入,3.3V 内核供电。接口电平: 3.3V(兼容 5V 容忍引脚)	电源电路、对外扩展接口电路	需要明确扩展接口的电平标准,避免外围电路过压损坏 STM32
外部约束条件	电路需要兼容常见外设(如传感器、执行器),接口布局便于布线和插拔	对外扩展接口电路、各接口电路	接口间距建议 2.54mm 排针,布局避开核心器件,预留散热空间

基于功能需求与分析,核心板功能单元可划分为供电下载电路、电源电路、复位电路、时钟电路、启动模式选择电路、编程下载接口电路、按键电路、LED 指示灯电路、对外扩展接口电路等 11 个单元,各单元间根据功能需要相互连接即可实现所需的 STM32F103 核心板电路。

5.4.3 原理图设计步骤与方法

为展示电路原理图设计过程 and 操作方法,本节以核心板的供电下载电路为例进行电路原理图设计的介绍。供电下载电路主要为核心板提供电输入接口和 TTL 串口编程接口,可以按照 3.2.1 节的电路图展开原理图设计。图中有 H1、R1、PWR1 三个元件,分别从系统元件库中提取元件,并放置到原理图编辑区域内,再连接导线即可。

1. 设置网格尺寸

先将网格尺寸设置为 0.1inch,以保证在任何网格尺寸的图纸中,符号引脚都在网格点

上,方便导线连接。若在网格尺寸为 0.05inch 或 0.01inch 时放置符号,当网格尺寸切换至 0.1inch 时,符号引脚可能会不在网格点上。

2. 放置元件

在器件库中,选择系统库,选择立创商城,然后在搜索栏中输入接插元件 HX-6A_C5663,单击搜索,在列表中可以看到对应的元件,如图 5-28 所示,选择匹配需要的元件,在右侧可以看到所选元件对应的图形符号、封装、实物图片和 3D 模型。

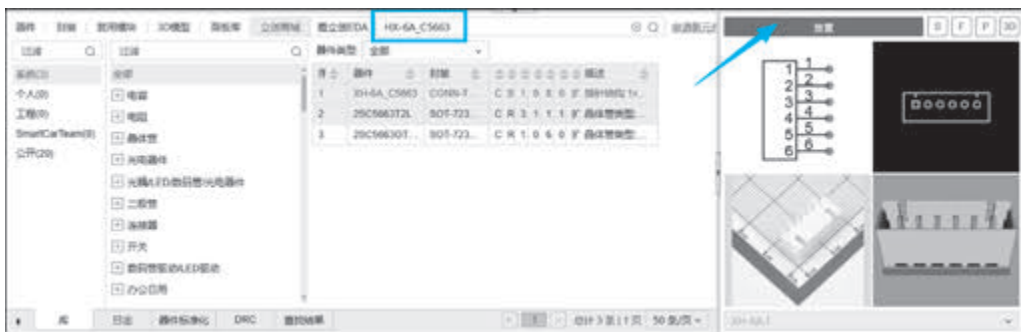


图 5-28 搜索元件

单击“放置”按钮,或在搜索框中双击元件 HX-6A_C5663,即可看到光标拾起 HX-6A_C5663 元件的图形符号。移动鼠标,元件图形符号随光标移动,在原理图编辑区适当位置单击放置该元件。单击选中元件符号,可按“空格”键旋转符号,也可按“X”或“Y”键进行水平翻转或垂直翻转。另外,可单击工具栏“ ”图标左右旋转、水平翻转、垂直翻转。图 5-29 所示是元件不同方向的调整,通过对元件摆放位置、方向的调整,最终将位号为 CN1 的元件摆放在合适的位置及方向。

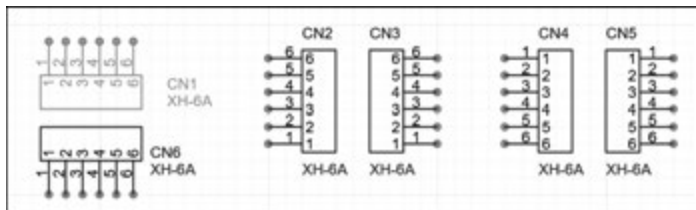


图 5-29 旋转元件

参照元件 CN1 的放置方法,继续放置电路单元剩余的电阻 R1、LED 灯 PWR1,并调整好元件方向,放置在原理图编辑区的适当位置,如图 5-30 所示。

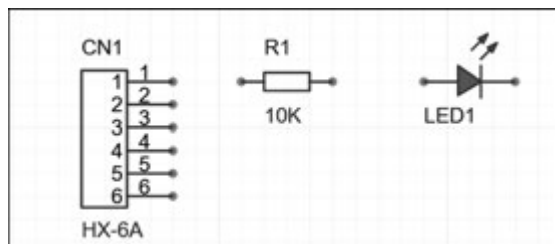


图 5-30 放置元件

3. 设置元件属性

单击选中某一元件符号,单击右侧面板中的“属性”页,可以设置元件的名称(可以为空)、位号、封装、加入 BOM、转到 PCB 等关键属性参数。可以勾选参数名称前面的复选框,使其参数在原理图中显示,如图 5-31 所示,至此元件符号 H1 的放置与设置已经完成。设置剩余元件的属性,完成整个功能单元的元件放置与属性参数设置,如图 5-32 所示。



图 5-31 设置元件符号属性参数

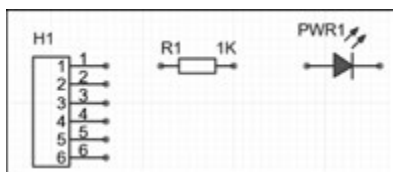


图 5-32 调整属性参数后的元件放置

4. 放置电源与地符号

一个完整的电路一般包含元件、电源、地和导线。因此,在图 5-32 的基础上,还需要添加电源和地符号。在图 5-33 所示的电气符号标识面板“浮动工具”中,或通过菜单“放置→网络标识”的下一级菜单中,单击相应的图标放置所需的网络标识符。



图 5-33 “浮动工具”与放置菜单

放置 1 个 VCC 和 1 个 GND 网络标识符,然后单击选中 VCC 标识符,在其属性页面将其名称“VCC”改为“+5V”,修改完成后的元件放置图如图 5-34 所示。注意,放置元件、VCC 或 GND 时,不要将两个元件的引脚直接相连,引脚之间最好用导线连接。

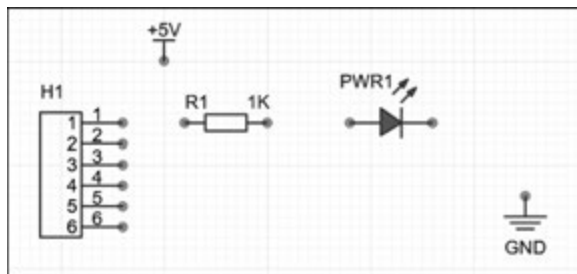


图 5-34 放置 VCC 与 GND 网络标识

5. 元件连接导线

元件之间的电气连接主要通过导线来实现,导线是电路原理图设计中最重要、最常用的图元之一。导线是指具有电气特性,用来连接元件电气点的连接线。导线上的任意一点都具有电气特性,故可从导线任意位置引出连接线,与其他元件的电气点进行连接。元件两个电气点的连接可以用实体导线连接,形成一个连接通路。单击工具栏“”图标或选择“放置→导线”菜单,此时光标上出现一个随光标一起移动的导线连接符号,将光标移动到 H1 的第 1 引脚电气连接点,单击放置导线在 H1 的第 1 引脚电气连接点上,然后移动光标到电阻 R1 的 1 个电气连接引脚上,再单击放置导线在电阻 R1 的 1 个电气连接引脚上,即完成元件 2 个引脚间的导线连接,如图 5-35 所示, H1 的第 1 引脚与 R1 的一个引脚进行了连接,形成了 2 个元件引脚间的导线连接。此时,光标上仍然处于导线拾起状态,可以继续连接元件引脚间的导线;若此时不继续连接导线,可以单击或按 Esc 键,退出导线拾起状态。

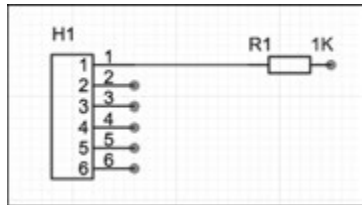


图 5-35 连接 2 个元件的电气连接点

6. 元件网络标签放置与导线替代

工具栏的网络标签“”也具有电气连接特性,可以替代导线用来连接元件的 2 个电气连接引脚。先将需要连接的 2 个电气点用导线延长引脚,再分别放置两个网络标签“”,并将网络标签改为相同名称,即可标识 2 个电气点的导线连接,以代替一段实体导线的电气点连接。放置网络标签时,单击工具栏“”,或选择“放置→网络标签”菜单,此时光标上出现一个随光标一起移动的网络标签,如图 5-36(a)所示。移动鼠标,将网络标签左下角的“+”放置到需要连接的电气导线上,使网络标签左下角的“+”与导线重合,如图 5-36(b)所示,单击即可放置网络标签,如图 5-36(c)所示。

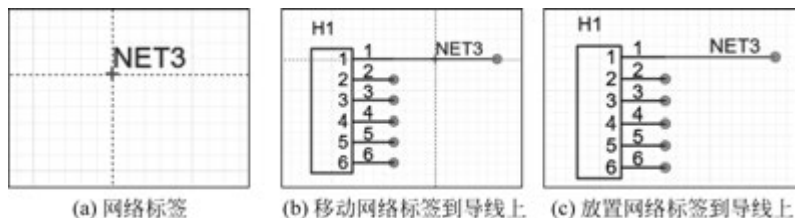
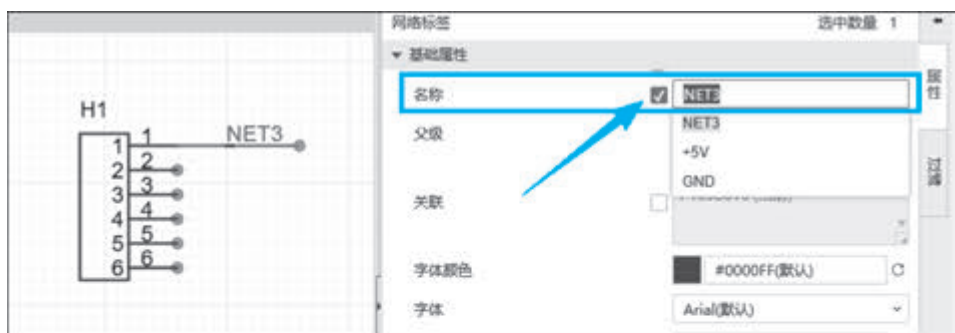
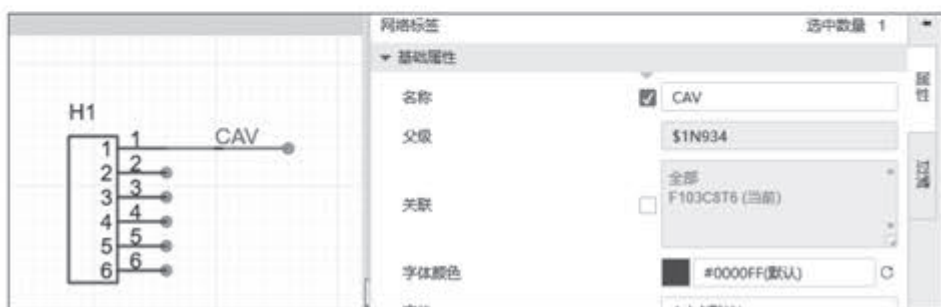


图 5-36 放置网络标签

在放置好网络标签后,可以单击选中网络标签,在右侧面板打开属性页面,在名称文本框中输入或修改网络标签名称,如图 5-37 所示。



(a) 修改前



(b) 修改后

图 5-37 修改网络标签名称

双击需要修改名称的网络标签,在弹出的修改编辑框内输入新的名称也可以实现网络标签的名称修改,如图 5-38 所示。

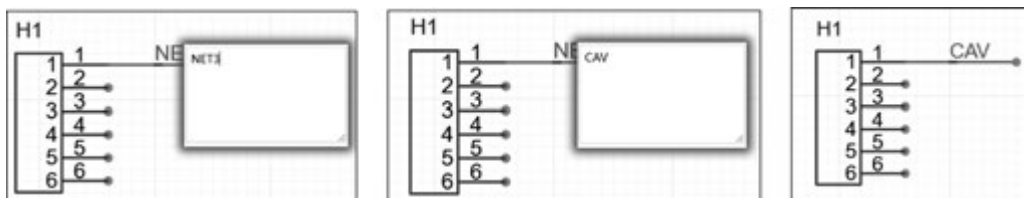


图 5-38 双击网络标签名称进行修改

图 5-35 连接 2 个元件的电气连接导线用网络标签替代,如图 5-39 所示,H1 标 1 处的 CAV 与 R1 标 2 处的 CAV 都是网络标签,其名称为“CAV”。2 个网络标签名称相同,因此 H1 的第 1 引脚与 R1 的一个引脚是连接在一起的(类似采用了一条看不见的电气导线进行连接)。2 个连接引脚导线上的网络标签实际就是导线的“名称”,即具有相同导线名称的导线是用一根看不见的电气导线连接在一起的,故等同于用实体导线连接的电气连接点。



图 5-39 采用网络标签进行电气点连接

另外,可以选中需要添加网络标签的导线,打开右侧面板的属性页面,在名称框内输入导线“名称”,即放置导线上的网络标签,如图 5-40 所示。



(a) 导线未命名



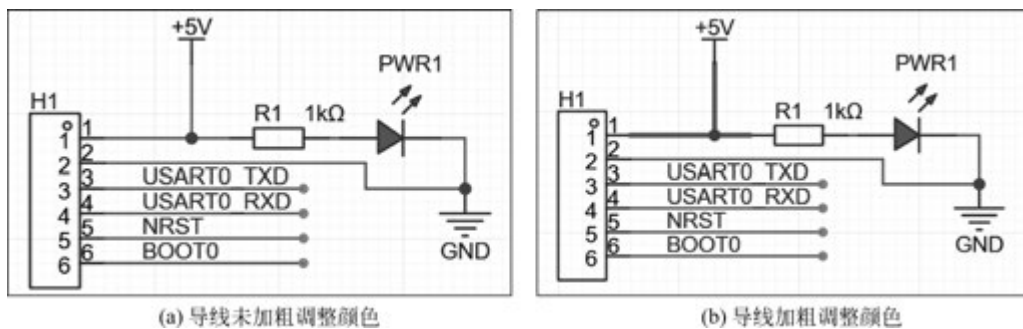
(b) 导线命名“CAV”

图 5-40 导线命名

注意,在整个电路原理图中,所有具有相同名称的电气导线都是连接在一起的,不论是用实体导线连接,还是用网络标签连接,其是同一根电气导线。

7. 完整单元电路图

利用导线或网络标签或导线命名,对电气连接点进行连接,设计完成的供电下载电路图如图 5-41 所示。在原理图设计中,可以将电源导线加粗或修改导线颜色。



(a) 导线未加粗调整颜色

(b) 导线加粗调整颜色

图 5-41 导线加粗或修改颜色

8. 添加文本修饰

每个原理图都是由若干功能单元构成的,在绘制原理图时一般采用分单元绘制的方式进行原理图设计。分功能单元绘制的优点如下。

- (1) 检查电路时可以按功能单元逐一检查,提高电路原理图设计的可靠性;

(2) 功能单元可以复制,重复利用到其他工程电路原理图绘制中,缩短电路原理图设计时间。

因此,为提高功能单元的识图,可为每一功能单元电路原理图添加功能单元名称。单击工具栏的“T”图标,或选择“放置→文本”菜单,弹出文本输入对话框,如图 5-42 所示。在文本框中输入功能单元的名称,设置文本字体大小、颜色等格式后,单击“放置”按钮,光标上出现功能单元的名称文字,在功能单元电路原理图的适当位置单击,放置文本即可。在放置后,右击或按 Esc 键释放文本。放置功能单元名称的电路原理图如图 5-43 所示。若此时需要修改功能单元名称,则可以双击名称文字,在弹出的文本框中修改名称,如图 5-44 所示。也可以选中功能单元名称,在右侧面板的属性页中进行修改,此处不再赘述。



图 5-42 文本输入对话框

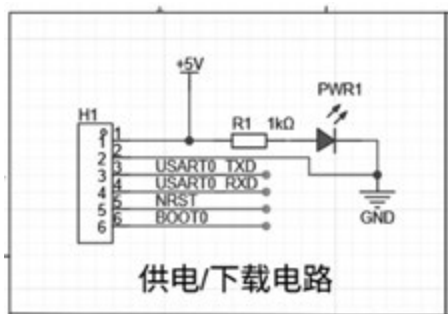


图 5-43 放置功能单元名称



图 5-44 修改功能单元名称

当电路中具有不同网络标签名称的导线需要连接在一起时,应使用短接符“”进行

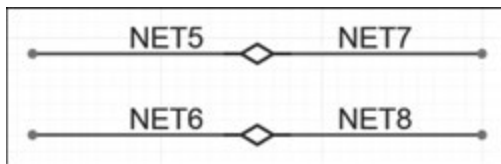


图 5-45 短接符连接

连接。如图 5-45 中的 NET5、NET6、NET7、NET8 分别代表不同的导线,若需要将 NET5 与 NET7 连接在一起,需要单击工具栏的短接符“”图标,然后使用短接符将两段不同导线名称的导线连接在一起,这样就形成了

一根导线。

5.4.4 核心板电路原理图的设计

根据 STM32F103 核心板电路功能需求及功能单元划分,按照原理图设计步骤与方法对各功能单元进行设计与绘制,最终形成完整的核心板电路原理图,如图 5-46 所示。在原理图中选择“放置→折线”菜单进行功能单元的分隔,让整个原理图单元电路更加清晰。

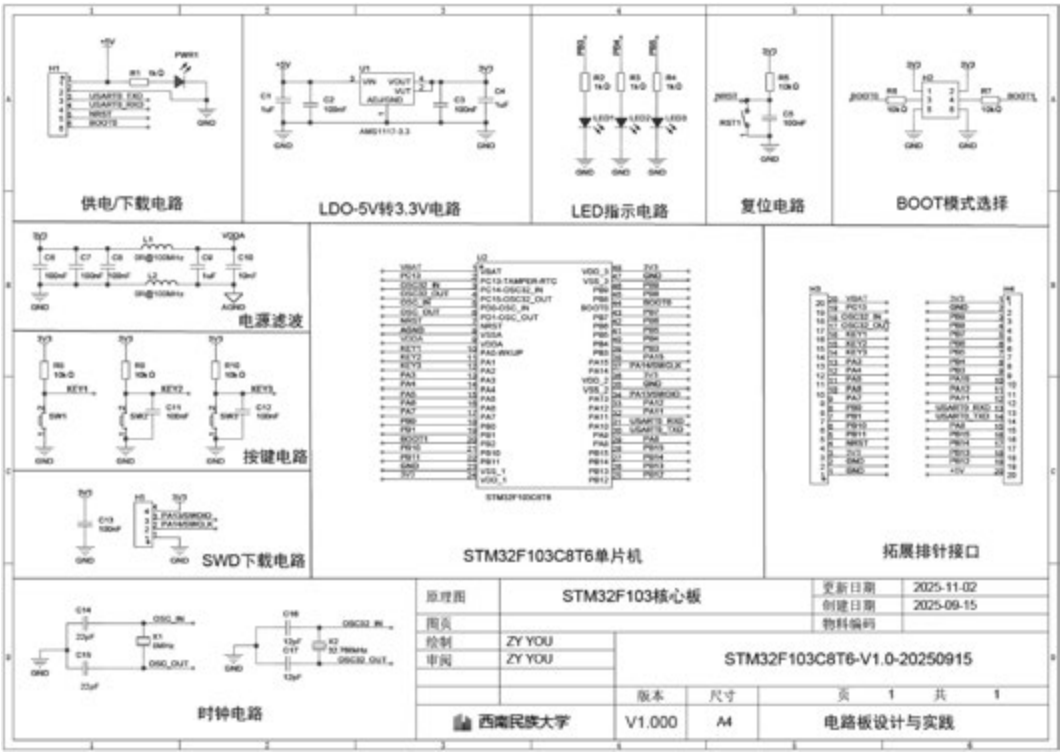


图 5-46 STM32F103 核心板完整电路原理图

为便于后续核心电路 PCB 设计的介绍,读者请参照本书提供的原图修改相应的位号,后续在 PCB 布局时可一一对应地操作。在熟练使用立创 EDA 后,可利用立创 EDA 的“分配位号”菜单进行元件自动编号。

5.5 原理图 DRC

在完成核心板完整电路原理图设计后,需要检查所设计原理图的电气连接特性。选择“设计→检查 DRC”菜单,开始进行原理图 DRC,检查结果在立创 EDA 底部的 DRC 窗口显示,如图 5-47 所示。

图 5-47 DRC 信息窗口显示有 2 条“元件的属性与供应商编号不匹配”的信息,单击如“R8(\$1120888)”的元件,可定位到原理图中对应的元件进行查看。DRC 信息中显示的“信息”“警告”需要设计者进行判断,是否影响电路原理图的正确性。若不影响,则不需要修改;若影响,则需要修改正确。对于“致命错误”“错误”需要设计者进行修改,在修改后再次进行

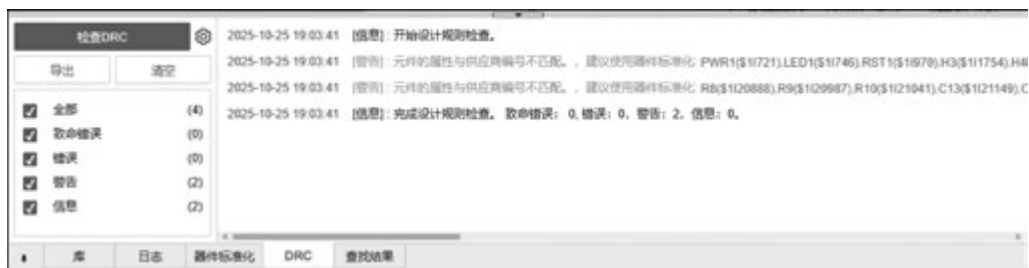


图 5-47 DRC 信息窗口

DRC,直到无“致命错误”“错误”为止。

在进行 DRC 之前,可以设置 DRC 检查规则,使 DRC 时不提醒某些信息。选择“设计→设计规则...”菜单,打开“设计规则”设置对话框,如图 5-48 所示,可以根据检查需要,对 DRC 检查规则进行设置或修改。



图 5-48 设计规则设置对话框

5.6 原理图文件与 BOM 导出

5.6.1 原理图文件导出

在完成核心板电路原理图 DRC 后,可选择“文件→导出→PDF/图片”或“导出→PDF/图片”菜单,弹出导出文档对话框,如图 5-49 所示,根据需要选择导出原图 PDF 或图片格式

进行原理图导出。



图 5-49 导出文档设置

5.6.2 BOM 导出

BOM 包括原理图中元件的详细信息,如元件名称、位号、封装、数量、值等。通过 BOM 可以了解电路板使用的各类元件的具体信息,便于设计者采购元件或焊接 PCB。

选择“文件→导出→物料清单(BOM)...”或“导出→物料清单(BOM)...”菜单,弹出提示对话框,单击“导出 BOM”按钮,弹出导出 BOM 对话框,如图 5-50 所示。



图 5-50 导出 BOM 设置对话框

在图 5-50 中,设置导出的文件类型,选择过滤规则与导出项,如选中导出序号、名称、位号、封装、数量、值等,可通过“>”和“<”按钮来选择要导出的项,通过“⬆️⬆️⬆️”按钮来调整导出项的位置或删除导出项,然后单击“导出 BOM”按钮,导出指定文件类型的 BOM 文件,如图 5-51 所示。

No.	Designator	Name	Value	Footprint	Quantity	Device
1	C1,C4,C10	1uF	1uF	C0603	3	CL05A105KPSNNWC, GRM155R71H104KE1 4D
2	C2,C3,C5,C6,C 7,C8,C9,C12,C 13,C14	100nF	100nF	C0603	10	GRM155R71H104KE1 4D
3	C11	10nF	10nF	C0603	1	GRM155R71H104KE1 4D
4	C15,C17	22pF	22pF	C0603	2	C0603C220J4GAC78 67
5	C16,C18	12pF	12pF	C0603	2	04020G1201500NT
6	H1			HDR-TH_6P- P2.54-V-F	1	HDR-F_2.54_1x6P
7	H2			HDR-TH_6P- P2.54-V-F-R2- C3-S2.54	1	HDR-F_2.54_2x3
8	H3,H4			HDR-TH_20P- P2.54-V-M-1	2	HDR-M_2.54_1x20P
9	H5			HDR-TH_4P- P2.54-V-M	1	HDR-M_2.54_1x4P
10	L1,L2	0R@100MHz		L0603	2	BLM18PG121SN1D
11	LED1,LED2,LED 3,FWR1			LED_0603	4	LED_0603- E,LED_0603-R
12	R1,R2,R3,R4	1kΩ	1kΩ	R0603	4	0402WGF1001TCE
13	R5,R6,R7,R8,R 9,R10	10kΩ	10kΩ	R0603	6	RC0402FR-0710KL
14	RST1	TS-1101-B-W		KEY-SMD_2P- L6.0-W3.6- P7.4-LS8.0-L	1	TS-1101-B- W_C500065
15	SW1,SW2,SW3			Key_SMD_3x4x2	3	Key_SMD_3x4x2
16	U1	AMS1117-3.3		SOT-223- 4_L6.5-W3.5- P2.30-LS7.0-ER	1	AMS1117- 5.0_C6068482
17	U2	STM32F103C8T6		LQFP-48_L7.0- W7.0-P0.50- LS9.0-BL	1	STM32F103C8T6
18	X1	8MHz	8MHz	OSC-SMD_L5.0- W3.2	1	7A08000006
19	X2	32.768kHz	32.768kHz	OSC-SMD_L3.2- W1.5	1	X321532768KCD2SI

图 5-51 导出的 BOM