

2.0 电子系统开发流程

电子系统开发的流程主要有：需求分析、产品设计规范、电路设计、PCB 设计、程序设计、原型组装、产品调试、产品定型等步骤。下面结合基于 STM32F411RE 开发板的自动温度控制器硬件平台并开发为例，进行介绍。

一、设计需求

设计一款基于 STM32F411RE 开发板的自动温度控制器硬件平台并开发相应的接口驱动。基本设计要求如下：

1、处理器

STM32F411RE 开发板

2、接口

(1) 1 路 RS232 接口（三线），与通信模块连接，并接收远程的控制命令。

(2) 1 路热敏电阻接口（二线），采用分压式电路进行检测，每 200ms 检测一次。

(3) 1 路 4~5V 的直流风扇电机接口（二线），由板上供电，支持最大电流 150mA。采用 PWM 控制通断，频率为 100Hz。

(4) 1 个 7 段数码管，显示数字 0、1、2、3、4、5、6、7、8、9。

(5) 提供一个用户按钮控制数码管的显示。

(6) 提供一个用户指示灯，正常工作时周期闪亮，即 1 秒亮 1 秒灭。

(7) 提供重置按钮。

3、电源

采用 5V 直流电，通过插座提供。电源高电位（正极）接开关，低电位（负

极) 作为电路的公共参考电位, 通常称为地。使用自恢复式保险进行电源保护。

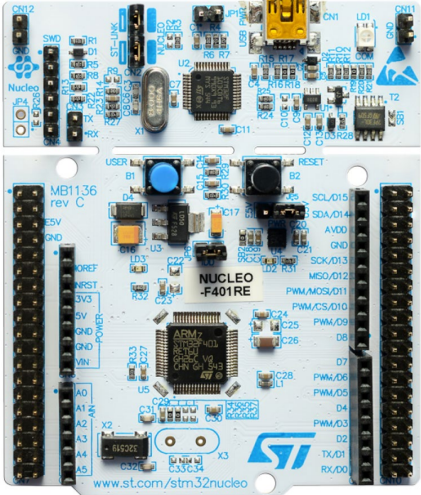
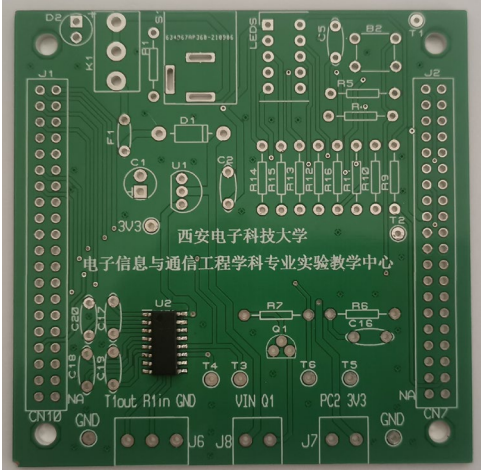



电源变换后产生 3.3V 直流电压, 3.3V 电源驱动电源指示灯。

二、电路设计





整个电路分为三大模块, 即处理器电路、接口电路和电源电路。

处理器电路采用现有的 STM32F411RE 开发板, 详细原理图参考附件 (MB1136), 接口电路和电源电路见教材¹第七章 7.2 节电路设计。

常用的元件如下所示

		
STM32F411RE 开发板		实验开发板
		本实验课程要开发设计的实验开发板。先后要绘制原理图、绘制 PCB、组装、调试等。后续实验内容以此展开。
		
电源插座 S1	拨动开关 K1	自恢复保险丝 F1

¹ 陈彦辉, 冯磊, 康瑾. 微处理器系统原理与应用设计. 西安电子科技大学出版社, 2022

		
整流二极管 D1	稳压器 U1	铝电解电容 C1
		
发光二极管 D2	电阻	独石电容
		
数码管	S9013	按钮

三、电路原理图

电路设计好后, 接下来将设计好的电路画成原理图。画原理图软件有很多中, 课程采用国产软件: 嘉立创 EDA。嘉立创 EDA 目前有标准版和专业版两种, 均免费使用。本课程使用嘉立创 EDA 标准版。

同学们需要提前下载安装嘉立创 EDA 软件, 学习绘制原理图和 PCB 内容。课程默认同学们已熟悉该软件的使用。

嘉立创 EDA 软件使用, 详见嘉立创网站相关教程和论坛信息。

嘉立创 EDA 网址: <https://lceda.cn/page/download>



注意：在绘制原理图时，一定要注意元件的封装！

以电阻为例，电阻按安装方式有插针和贴片两种；贴片电阻又分为 0201、0402、0805、1206 等多种规格；插针电阻又分为 1/8W、1/4W 等。

四、PCB 设计

PCB 设计同样使用嘉立创 EDA。

PCB 设计要经历 PCB 边框设计、元件布局、布线、添加丝印、覆铜等环节，经 DRC 检查无误后，导出的加工文件送至工厂就可以加工了。具体每步操作详见嘉立创 EDA 软件使用说明。

这里强调两个内容：PCB 布局原则和 PCB 设计注意事项。

1. PCB 布局原则

- 布线最短原则。例如，集成电路（IC）的去耦电容应尽量放置在相应的 VCC 和 GND 引脚之间，且距离 IC 尽可能近，使之与 VCC 和 GND 之间形成的回路最短。

- b) 将同一功能模块集中原则。即实现同一功能的相关电路模块中的元器件就近集中布局。
- c) 遵守“先大后小，先难后易”的原则，即重要的单元电路、核心元器件应优先布局。
- d) 布局应参考原理图，根据电路的主信号流向规律安排主要元器件。
- e) 元器件的排列要便于调试和维修，即小元器件周围不能放置大元器件，需调试的元器件周围要有足够的空间。
- f) 同类型插件元器件在 X 或 Y 方向上应朝一个方向放置。同一种类型的有极性分立元器件也要尽量在 X 或 Y 方向上保持一致，便于生产和检验。
- g) 布局时，位于电路板边缘的元器件，离电路板边缘一般不小于 2mm，如果空间允许，建议距离保持在 5mm。

2. PCB 设计注意事项

- 1) 电源主干线原则上要加粗（尤其是电路板的电源输入/输出线）。
- 2) PCB 布线不要距离定位孔和电路板边框太近，否则在进行 PCB 钻孔加工时，导线很容易被切掉一部分甚至被切断。
- 3) 同一层禁止 90°拐角布线，但是不同层之间过孔 90°布线是允许的。而且，**布线时尽可能遵守一层水平布线，另一层垂直走线的原则。**

五、组装

PCB 板加工好后，下面的工作就是按设计原理图将各种元件组装到 PCB 板上。

组装以焊接为主，同学们有电装实习，这部分本课程不安排。

六、电路测试

电路板组装好后，下一步工作是对电路板电路进行测试，检查电路板是否符合要求。电路测试分为连接性检查、电源电路测试、重置电路测试、接口电路测试等。具体检查内容，详见教材第七章 7.3 节内容。

七、驱动程序设计

在进行 PCB 设计时，可以同时进行驱动程序的设计。驱动程序设计主要完成数码管显示控制、温度测量控制、按钮控制、异步串口收发控制、电机驱动控制、时序控制等。具体程序设计参加教材第七章 7.4、7.5 节内容。

注意：在 PCB 板还没有制作出来时，上述驱动程序和功能测试可以在软件平台仿真完成，比如 Proteus，以此来提高开发效率；当 PCB 设计制作并测试好后，可以将开发的程序直接在板子上进行验证。

在上述驱动完成之后，需要同学们根据资料完成物联网模块（L610）的连接与应用。