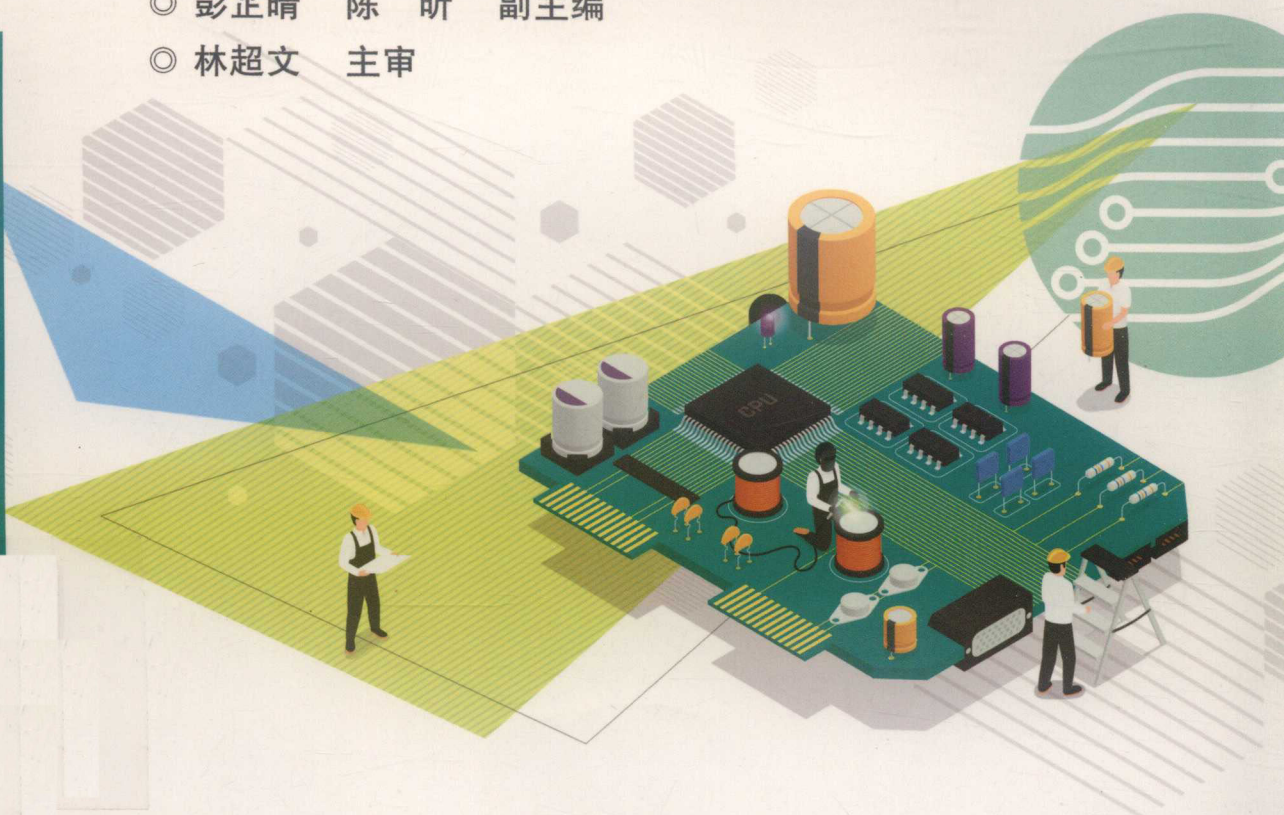




普通高等教育“十三五”规划教材·卓越工程师培养系列

电路设计与制作 实用教程 (Allegro版)

- ◎ 董磊 唐 浒 主编
- ◎ 彭芷晴 陈 昕 副主编
- ◎ 林超文 主审



中国工信出版集团



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

普通高等教育“十三五”规划教材·卓越工程师培养系列
本书获深圳大学教材出版资助

电路设计与制作实用教程

(Allegro 版)

董磊 唐 许 主 编
彭芷晴 陈 昕 副主编
林超文 主 审



電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书以 Cadence 公司的开发软件 Cadence Allegro 16.6 为平台,以本书配套的 STM32 核心板为实践载体,对电路设计与制作的全过程进行讲解。主要包括基于 STM32 核心板的电路设计与制作基础、STM32 核心板介绍、STM32 核心板程序下载与验证、STM32 核心板焊接、Cadence Allegro 软件介绍、STM32 核心板原理图设计及 PCB 设计、创建元器件库、输出生产文件,以及制作电路板等。本书所有知识点均围绕着 STM32 核心板,希望读者通过对本书的学习,能够快速设计并制作出一块属于自己的电路板,同时掌握电路设计与制作过程中涉及的所有基本技能。

本书既可以作为高等院校相关专业的电路设计与制作实践课程教材,也可作为电路设计及相关行业工程技术人员入门培训用书。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

电路设计与制作实用教程:Allegro 版/董磊,唐浒主编. —北京:电子工业出版社,2020.1
ISBN 978-7-121-36154-8

I. ①电… II. ①董… ②唐… III. ①印刷电路-计算机辅助设计-应用软件-高等学校-教材
IV. ①TN410.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2019)第 048974 号

责任编辑:张小乐

印 刷:涿州市京南印刷厂

装 订:涿州市京南印刷厂

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本:787×1 092 1/16 印张:13.5 字数:346 千字

版 次:2020 年 1 月第 1 版

印 次:2020 年 1 月第 1 次印刷

定 价:45.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010) 88254888, 88258888。

质量投诉请发邮件至 zlt@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

本书咨询服务方式:(010) 88254462, zhxl@phei.com.cn

前 言

电路设计与制作是一项非常系统且复杂的工作，涉及原理图设计、PCB 设计、元器件库制作、PCB 打样、元器件采购、电路板焊接、电路板调试等技能。单个技能比较容易讲清楚，初学者也容易掌握。但是，麻雀虽小五脏俱全，即使要设计和制作一个简单的电路板，也必须掌握所有技能，并且能将这些技能合理有效地贯通始终。

对于初学者而言，设计和制作一块电路板，常用的方法就是查阅电路设计与制作相关的书籍。然而，目前许多电路设计与制作相关的书籍都按照模块的方式来讲解，且每个模块之间缺乏一定的连贯性。例如，原理图绘制部分讲解的是三极管电路，PCB 设计部分讲解的却是七段数码管电路，而生产文件输出部分讲解的又是单片机电路。这些书籍之所以这样安排，或许是希望覆盖所有的知识和技能，然而这样却使得内容只聚焦局部而忽略全局。此外，鲜有书籍会涉及电路板焊接、元器件采购和 PCB 制作等具有较强实践性的环节。

因此，初学者在一边查阅相关书籍一边进行实际电路设计与制作的过程中，常常会出现“按下葫芦起了瓢”的现象。例如，会绘制原理图，却不知道如何将设计好的原理图导入 PCB 文件中；好不容易设计好了 PCB，却不知道如何生成光绘文件和坐标文件；生产文件有了，却又不知道发到哪家打样厂进行 PCB 打样；电路板拿到手了，又对元器件采购不熟悉……而且由于书中较少涉及电烙铁操作、元器件焊接、电路板调试、万用表使用等方面的技能，初学者拿到电路板之后，也不知道如何下手。

据统计，全国每年约有 20% 的本科生和专科生会继续读研，约有 10% 的硕士研究生会继续读博，也就是说，绝大多数学生最终都会选择就业。为了提高高等院校的就业率和就业质量，按照企业的标准培养人才不失为一条有效途径。企业除重视实践外，还非常重视规范，但是在往常的学习过程中，诸如库规范、原理图设计规范、PCB 设计规范、生产文件规范等通常都被忽略了。

为了解决上述问题，本书将通过 STM32 核心板程序下载与验证、元器件采购、STM32 核心板焊接、STM32 核心板原理图设计及 PCB 设计、创建元器件库、输出生产文件以及制作电路板等知识的讲解，让初学者在短时间内对电路设计与制作的整个过程有一个立体的认识，最终能够独立地进行简单电路的设计与制作。同时，在实训过程中，本书还对各种规范进行重点讲解。本书在编写过程中，遵循小而精的理念，只重点讲解 STM32 核心板电路设计与制作过程中使用到的技能和知识点，未涉及的内容尽量省略。

本书主要具有以下特点：

(1) 以一块微控制器的核心板作为实践载体。微控制器选取了 STM32F103RCT6 芯片，因为 STM32 系列单片机是目前市面上使用最为广泛的微控制器之一，且该系列的单片机具有功耗低、外设多、基于库开发、配套资料多、开发板种类多等优势。因此，读者最终完成 STM32 核心板的设计与制作之后，还可以无缝地将其应用于后续的单片机的软件设计中。

(2) 用一个 STM32 核心板贯穿整个电路板设计与制作的过程，将所有关键技能有效、合理地串接在一起。这些技能包括元器件采购、STM32 核心板焊接、STM32 核心板原理图

设计及 PCB 设计、创建元器件库、输出生产文件、制作电路板等。

(3) 细致讲解 STM32 核心板电路设计与制作过程中使用到的技能，未涉及的技能几乎不予讲解。这样，初学者就可以快速掌握电路设计与制作的基本技能，并设计出一块属于自己的 STM32 核心板。

(4) 对具有较强实践性的环节，如电路板焊接、元器件采购、PCB 打样、PCB 贴片、工具使用、电路板调试等电路板制作环节进行详细讲解。

(5) 将各种规范贯穿于整个电路板设计与制作的过程中，如软件参数设置、工程和文件命名规范、版本规范、各种库（如原理图库、PCB 库、3D 库、集成库）的设计规范、BOM 格式规范、光绘文件输出规范、坐标文件输出规范、物料编号规范等。

(6) 配有完整的资料包，包括各种库（如原理图库、PCB 库、3D 库、集成库）的源文件、元器件数据手册、PDF 版本原理图、PPT 讲义、软件、嵌入式工程、视频教程等。下载地址可关注并查看微信公众号“卓越工程师培养系列”。

鱼与熊掌不可兼得，诸如多层板电路设计、自动布局、差分对布线、电路仿真等内容均未出现在本书中。如果需要学习这些技能，建议读者查阅其他书籍或者在网上搜索相关资料。

本书的编写得到了深圳市立创商城杨林杰、张银莹、杨希文的大力支持；深圳大学的黄于钰、陈杰、覃进宇、郭文波、刘宇林、曹康养在校对、视频录制中做了大量的工作；本书的出版得到了电子工业出版社的鼎力支持，张小乐编辑为本书的顺利出版做了大量的工作，在此一并向他们表示衷心的感谢。本书获深圳大学教材出版资助。

由于作者水平有限，书中难免有错误和不足之处，敬请读者不吝赐教。

作者

2019年8月

反侵权盗版声明

电子工业出版社依法对本作品享有专有出版权。任何未经权利人书面许可，复制、销售或通过信息网络传播本作品的行为；歪曲、篡改、剽窃本作品的行为，均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人应承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。

为了维护市场秩序，保护权利人的合法权益，我社将依法查处和打击侵权盗版的单位和个人。欢迎社会各界人士积极举报侵权盗版行为，本社将奖励举报有功人员，并保证举报人的信息不被泄露。

举报电话：(010) 88254396；88258888

传 真：(010) 88254397

E-mail: dbqq@phei.com.cn

通信地址：北京市海淀区万寿路 173 信箱

电子工业出版社总编办公室

邮 编：100036

目 录

| | |
|---|----|
| 第 1 章 基于 STM32 核心板的电路设计与制作流程 | 1 |
| 1.1 什么是 STM32 核心板 | 1 |
| 1.2 为什么选择 STM32 核心板 | 2 |
| 1.3 电路设计与制作流程 | 3 |
| 1.4 本书配套资料包 | 5 |
| 1.5 本书配套开发套件 | 5 |
| 本章任务 | 7 |
| 本章习题 | 7 |
| 第 2 章 STM32 核心板介绍 | 8 |
| 2.1 STM32 芯片介绍 | 8 |
| 2.2 STM32 核心板电路简介 | 9 |
| 2.2.1 通信-下载模块接口电路 | 9 |
| 2.2.2 电源转换电路 | 10 |
| 2.2.3 JTAG/SWD 调试接口电路 | 10 |
| 2.2.4 独立按键电路 | 11 |
| 2.2.5 OLED 显示屏接口电路 | 11 |
| 2.2.6 晶振电路 | 13 |
| 2.2.7 LED 电路 | 13 |
| 2.2.8 STM32 微控制器电路 | 13 |
| 2.2.9 外扩引脚 | 15 |
| 2.3 基于 STM32 核心板可以开展的实验 | 16 |
| 本章任务 | 16 |
| 本章习题 | 16 |
| 第 3 章 STM32 核心板程序下载与验证 | 18 |
| 3.1 准备工作 | 18 |
| 3.2 将通信-下载模块连接到 STM32 核心板 | 18 |
| 3.3 安装 CH340 驱动 | 19 |
| 3.4 通过 mcuisp 下载程序 | 20 |
| 3.5 通过串口助手查看接收数据 | 21 |
| 3.6 查看 STM32 核心板工作状态 | 22 |
| 3.7 通过 ST-Link 下载程序 | 22 |
| 本章任务 | 26 |
| 本章习题 | 26 |

| | |
|---|----|
| 第 4 章 STM32 核心板焊接 | 27 |
| 4.1 焊接工具和材料 | 27 |
| 4.2 STM32 核心板元器件清单 | 30 |
| 4.3 STM32 核心板焊接步骤 | 32 |
| 4.4 STM32 核心板分步焊接 | 33 |
| 4.5 元器件焊接方法详解 | 37 |
| 4.5.1 STM32F103RCT6 芯片焊接方法 | 37 |
| 4.5.2 贴片电阻 (电容) 焊接方法 | 38 |
| 4.5.3 发光二极管 (LED) 焊接方法 | 40 |
| 4.5.4 肖特基二极管 (SS210) 焊接方法 | 40 |
| 4.5.5 低压差线性稳压芯片 (AMS1117) 焊接方法 | 41 |
| 4.5.6 晶振焊接方法 | 42 |
| 4.5.7 贴片轻触开关焊接方法 | 42 |
| 4.5.8 直插元器件焊接方法 | 43 |
| 本章任务 | 44 |
| 本章习题 | 44 |
| 第 5 章 Cadence Allegro 软件介绍 | 45 |
| 5.1 PCB 设计软件介绍 | 45 |
| 5.2 硬件系统配置要求 | 45 |
| 5.3 Cadence Allegro 16.6 软件安装 | 46 |
| 5.4 Cadence Allegro 16.6 软件配置 | 49 |
| 本章任务 | 51 |
| 本章习题 | 51 |
| 第 6 章 STM32 核心板原理图设计 | 52 |
| 6.1 原理图设计流程 | 52 |
| 6.2 创建原理图工程 | 52 |
| 6.3 原理图设计规范 | 56 |
| 6.3.1 栅格 | 56 |
| 6.3.2 纸张大小 | 57 |
| 6.4 加载元器件库 | 58 |
| 6.4.1 加载元器件库的步骤 | 58 |
| 6.4.2 设置 Title Block | 59 |
| 6.5 快捷键介绍 | 63 |
| 6.6 放置和删除元器件 | 63 |
| 6.7 元器件的连线 | 65 |
| 6.8 添加网络标号 | 66 |
| 6.9 添加模块名称 | 67 |
| 6.10 原理图的 DRC 检查 | 68 |
| 6.11 常见问题及解决方法 | 69 |
| 本章任务 | 72 |

| | |
|--|-----------|
| 本章习题 | 72 |
| 第 7 章 STM32 核心板 PCB 设计 | 73 |
| 7.1 PCB 设计流程 | 73 |
| 7.2 快捷操作的设置 | 73 |
| 7.2.1 设置快捷键 | 74 |
| 7.2.2 设置环境变量 | 75 |
| 7.3 创建 PCB 工程 | 75 |
| 7.4 板框和定位孔设计 | 76 |
| 7.4.1 板框的设计 | 76 |
| 7.4.2 定位孔的设计 | 78 |
| 7.5 将原理图导入 PCB | 79 |
| 7.5.1 生成网表 | 79 |
| 7.5.2 导入网表 | 80 |
| 7.5.3 放置元器件 | 83 |
| 7.6 PCB 规则设置 | 83 |
| 7.6.1 约束管理器 (Constraint Manager) | 83 |
| 7.6.2 基于 Net 的设计约束与规则 | 84 |
| 7.6.3 Spacing (安全间距) | 85 |
| 7.6.4 Physical (线宽和过孔) | 86 |
| 7.6.5 封装库引脚间距与单板设计规则冲突 | 88 |
| 7.6.6 设置常用图层及其颜色可见 | 88 |
| 7.7 元器件的布局 | 90 |
| 7.7.1 布局设置 | 90 |
| 7.7.2 显示设置 | 91 |
| 7.7.3 格点设置 | 91 |
| 7.7.4 添加元器件禁布区 | 92 |
| 7.7.5 布局原则 | 93 |
| 7.7.6 布局基本操作 | 95 |
| 7.8 元器件的布线 | 98 |
| 7.8.1 布线的基本操作 | 98 |
| 7.8.2 布线的注意事项 | 100 |
| 7.8.3 STM32 分步布线 | 101 |
| 7.9 丝印 | 109 |
| 7.9.1 添加丝印 | 109 |
| 7.9.2 批量添加底层丝印 | 111 |
| 7.9.3 STM32 核心板丝印效果图 | 111 |
| 7.10 泪滴 | 112 |
| 7.11 添加电路板信息和信息框 | 113 |
| 7.11.1 添加电路板名称丝印 | 113 |
| 7.11.2 添加版本信息和信息框 | 114 |

| | | |
|--------------|----------------------------------|------------|
| 7.11.3 | 添加 PCB 信息 | 114 |
| 7.12 | 覆铜 | 115 |
| 7.12.1 | 覆铜参数设置 | 115 |
| 7.12.2 | 覆铜的基本操作 | 116 |
| 7.13 | 设计验证 | 118 |
| 7.14 | 常见问题及解决方法 | 119 |
| | 本章任务 | 120 |
| | 本章习题 | 120 |
| 第 8 章 | 创建元器件库 | 121 |
| 8.1 | 创建原理图库 | 121 |
| 8.1.1 | 创建原理图库的流程 | 121 |
| 8.1.2 | 新建原理图库 | 122 |
| 8.1.3 | 在原理图库中新建元器件 | 122 |
| 8.1.4 | 制作电阻原理图封装 | 124 |
| 8.1.5 | 制作发光二极管原理图封装 | 128 |
| 8.1.6 | 制作简牛原理图封装 | 131 |
| 8.1.7 | 制作 STM32F103RCT6 芯片原理图封装 | 133 |
| 8.2 | 创建 PCB 封装库 | 136 |
| 8.2.1 | 创建 PCB 库的流程 | 136 |
| 8.2.2 | 新建焊盘 | 136 |
| 8.2.3 | 制作电阻 PCB 封装 | 139 |
| 8.2.4 | 制作蓝色发光二极管 PCB 封装 | 149 |
| 8.2.5 | 制作简牛 PCB 封装 | 155 |
| 8.2.6 | 制作 STM32F103RCT6 芯片 PCB 封装 | 161 |
| 8.3 | 3D 模型的导入与预览 | 167 |
| 8.3.1 | Step 模型库路径的设置 | 167 |
| 8.3.2 | Step 模型的关联 | 169 |
| 8.3.3 | 调整 Step 位置关联 | 170 |
| 8.4 | 生成库 | 171 |
| 8.4.1 | 通过原理图文件生成原理图库 | 171 |
| 8.4.2 | 通过 PCB 文件生成 PCB 库 | 172 |
| | 本章任务 | 173 |
| | 本章习题 | 173 |
| 第 9 章 | 输出生产文件 | 174 |
| 9.1 | 生产文件的组成 | 174 |
| 9.2 | PCB 源文件的输出 | 174 |
| 9.3 | Gerber 文件的输出 | 175 |
| 9.3.1 | Gerber 文件输出路径的设置 | 175 |
| 9.3.2 | 钻孔文件的生成 | 175 |
| 9.3.3 | 钻孔表的生成 | 177 |

| | |
|---------------------------------------|------------|
| 9.3.4 光绘文件的参数设置 | 178 |
| 9.3.5 光绘文件的输出 | 182 |
| 9.4 BOM 的输出 | 184 |
| 9.5 丝印文件的输出 | 186 |
| 9.6 坐标文件的输出 | 187 |
| 本章任务 | 189 |
| 本章习题 | 189 |
| 第 10 章 制作电路板 | 190 |
| 10.1 PCB 打样在线下单流程 | 190 |
| 10.2 元器件在线购买流程 | 195 |
| 10.3 PCB 贴片在线下单流程 | 197 |
| 10.4 嘉立创下单助手 | 201 |
| 本章任务 | 202 |
| 本章习题 | 202 |
| 附录 A STM32 核心板 PDF 版本原理图 | 203 |
| 参考文献 | 204 |

第 1 章 基于 STM32 核心板的电路设计与制作流程

电路设计与制作是每个电子相关专业，如电子信息工程、光电工程、自动化、电子科学与技术、生物医学工程、医疗器械工程等，必须掌握的技能。本章将详细介绍基于 STM32 核心板的电路设计与制作流程，让读者先对电路设计与制作的过程有个总体的认识。由于本书在讲解电路设计与制作技能时，既包含电路设计的软件操作部分，又包含电路制作实战环节，因此，为方便读者学习和实践，本书还配套有相关的资料包和开发套件。本章的最后两节将对资料包和开发套件进行简单的介绍。

学习目标：

- 了解什么是 STM32 核心板。
- 了解 STM32 核心板的设计与制作流程。
- 熟悉本书配套资料包的构成。
- 熟悉本书配套开发套件的构成。



1.1 什么是 STM32 核心板

本书将以 STM32 核心板为载体对电路设计与制作过程进行详细讲解。那么，到底什么是 STM32 核心板？

STM32 核心板是由通信-下载模块接口电路、电源转换电路、JTAG/SWD 调试接口电路、独立按键电路、OLED 显示屏接口电路、高速外部晶振电路、低速外部晶振电路、LED 电路、STM32 微控制器电路、复位电路和外扩引脚电路组成的电路板。

STM32 核心板正面视图如图 1-1 所示，其中 J4 为通信-下载模块接口（XH-6P 母座），J8 为 JTAG/SWD 调试接口（简牛），J7 为 OLED 显示屏接口（单排 7P 母座），J6 为 BOOT0 电平选择接口（默认为不接跳线帽），RST（白头按键）为 STM32 系统复位按键，PWR（红色 LED）为电源指示灯，LED1（蓝色 LED）和 LED2（绿色 LED）为信号指示灯，KEY1、KEY2、KEY3 为普通按键（按下为低电平，释放为高电平），J1、J2、J3 为外扩引脚。

STM32 核心板背面视图如图 1-2 所示，背面除直插件的引脚名称丝印外，还印有电路板的名称、版本号、设计日期和信息框。

STM32 核心板要正常工作，还需要搭配一套 JTAG/SWD 仿真-下载器、一套通信-下载模块和一块 OLED 显示屏。仿真-下载器既能下载程序，又能进行断点调试，本书建议使用 ST 公司推出的 ST-Link 仿真-下载器。通信-下载模块主要用于计算机与 STM32 之间的串口通信，当然，该模块也可以对 STM32 进行程序下载。OLED 显示屏则用于显示参数。STM32 核心板、通信-下载模块、JTAG/SWD 仿真-下载器、OLED 显示屏的连接图如图 1-3 所示。

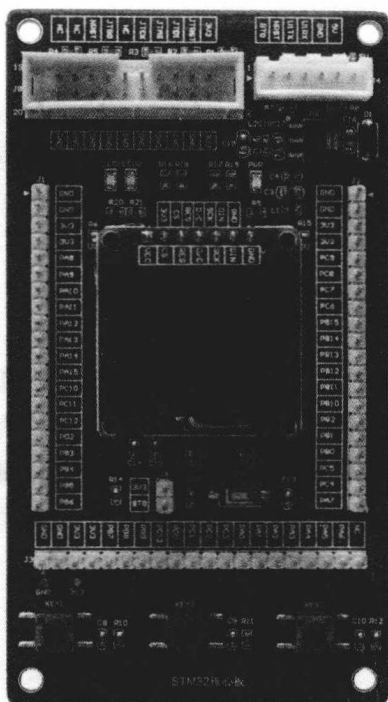


图 1-1 STM32 核心板正面

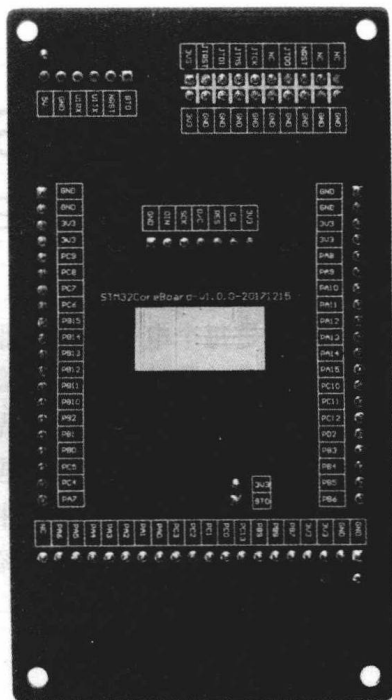


图 1-2 STM32 核心板背面

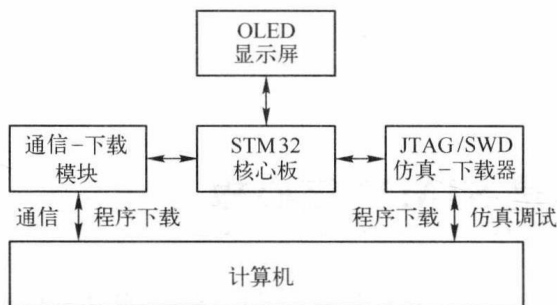


图 1-3 STM32 核心板正常工作时的连接图



1.2 为什么选择 STM32 核心板

作为电路设计与制作的载体，有很多电路板可以选择，本书选择 STM32 核心板作为载体的主要原因有以下几点。

(1) 核心板包括电源电路、数字电路、下载电路、晶振电路、模拟电路、接口电路、I/O 外扩电路、简单外设电路等基本且必须掌握的电路。这符合本书“小而精”的理念，即电路虽不复杂，但基本上覆盖了各种常用的电路。

(2) STM32 系列单片机的片上资源极其丰富，又是基于库开发的，可采用 C 语言进行编程，资料非常多，性价比高，这些优点也使 STM32 系列单片机成为目前市面上最流行的微控制器之一。初学者只需要花费与学习 51 单片机基本相同的时间就能掌握比 51 单片机功能强大数倍甚至数十倍的 STM32 系列单片机。

(3) STM32F103RCT6 芯片在 STM32 系列中属于引脚数量少（只有 64 个引脚），但功能较齐全的单片。因此，尽管引入了单片机，但初学者在学习设计与制作 STM32 核心板的

过程中并不会感到难度有所增加。

(4) STM32 核心板可以完成从初级入门实验（如流水灯、按键输入），到中级实验（定时器、串口通信、ADC 采样、DAC 输出），再到复杂实验（OLED 显示、UCOS 操作系统）等至少 20 个实验。这些实验基本能够代表 STM32 单片机开发的各类实验，为初学者后续快速掌握 STM32 单片机编程技术奠定了基础。

(5) 由本书作者编写的《STM32F1 开发标准教程》也是基于 STM32 核心板。因此，初学者可以直接使用自己设计和制作的 STM32 核心板，进入到 STM32 微控制器软件设计学习中，既能验证自己的核心板，又能充分利用已有资源。



1.3 电路设计与制作流程

传统的电路板设计与制作流程一般分为 8 个步骤：(1) 需求分析；(2) 电路仿真；(3) 绘制原理图元器件库；(4) 绘制原理图；(5) 绘制元器件封装；(6) 设计 PCB；(7) 输出生产文件；(8) 制作电路板。具体如表 1-1 所示。

表 1-1 传统电路设计与制作流程

| 步骤 | 流 程 | 具 体 工 作 |
|----|-----------|--|
| 1 | 需求分析 | 按照需求，设计一个电路原理图 |
| 2 | 电路仿真 | 使用电路仿真软件，对设计好的电路原理图的一部分或全部进行仿真，验证其功能是否正确 |
| 3 | 绘制原理图元器件库 | 绘制电路中使用到的原理图元器件库 |
| 4 | 绘制原理图 | 加载原理图元器件库，在 PCB 设计软件中绘制原理图，并进行电气规则检查 |
| 5 | 绘制元器件封装 | 绘制电路中使用到的元器件的 PCB 封装库 |
| 6 | 设计 PCB | 将原理图导入 PCB 设计环境中，对电路板进行布局和布线 |
| 7 | 输出生产文件 | 输出生产相关的文件，包括 BOM、Gerber 文件、丝印文件及坐标文件 |
| 8 | 制作电路板 | 按照输出的文件进行电路板打样、贴片或焊接，并对电路板进行验证 |

这种传统流程主要针对已经熟练掌握电路板设计与制作各项技能的工程师。而对于初学者来说，要完全掌握这些技能，并最终设计制作出一块电路板，不仅需要超强的耐力坚持到最后一步，更要有严谨的作风，保证每一步都不出错。

在传统流程的基础上，本书做了如下改进：(1) 不求全面覆盖，比如对需求分析和电路仿真技能不做讲解；(2) 增加了焊接部分，加强实践环节，让初学者对电路理解更加深刻；(3) 所有内容的讲解都聚焦于一块 STM32 核心板；(4) 每一步的执行都不依赖于其他步骤，比如，第一步就能进行电路板验证，又如，原理图设计过程可以使用现成的集成库而不用自己提前制作。

这样安排的好处是，每一步都能很容易获得成功，这种成就感会激发初学者内在的兴趣，从而由兴趣引导其迈向下一步；聚焦于一块 STM32 核心板，让所有的技能都能学以致用，并最终制作出一块 STM32 核心板。

本书以 STM32 核心板为载体，将电路设计与制作分为 9 个步骤，如表 1-2 所示，下面对各流程进行详细介绍。

表 1-2 本书电路设计与制作流程

| 步骤 | 流 程 | 具 体 工 作 | 章 节 |
|----|----------------------|--|--------|
| 1 | STM32 核心板程序 下载与验证 | 向 STM32 核心板下载 HEX 格式的 Demo 程序, 验证本书配套的核心板是否能正常工作 | 第 3 章 |
| 2 | 准备物料和工具 | 准备焊接相关的工具, 以及 STM32 核心板上使用到的电子元器件 | 第 10 章 |
| 3 | 焊接 STM32 核心板 | 以本书配套的 STM32 核心板空板为目标, 使用焊接工具分步焊接电子元器件, 边焊接边测试验证 | 第 4 章 |
| 4 | 安装 PCB 开发工具 | 安装并配置 Cadence Allegro 16.6 软件 | 第 5 章 |
| 5 | 设计 STM32 核心板 原理图 | 参照本书提供的 PDF 格式的 STM32 核心板电路图, 加载本书提供的原理图库, 在 Cadence Allegro 16.6 软件中绘制 STM32 核心板原理图 | 第 6 章 |
| 6 | 设计 STM32 核心板 PCB | 将原理图导入 PCB 设计环境中, 对 STM32 核心板电路进行布局和布线 | 第 7 章 |
| 7 | 创建 STM32 核心板 元器件库 | 创建并生成 STM32 核心板使用到的电子元器件的焊盘库、原理图库和 PCB 库 | 第 8 章 |
| 8 | 输出生产文件 | 输出生产相关的文件, 包括 BOM、Gerber 文件、丝印文件及坐标文件 | 第 9 章 |
| 9 | 制作 STM32 核心板 | 按照输出的文件, 进行 STM32 核心板打样和贴片, 并对电路板进行验证 | 第 10 章 |

1. STM32 核心板程序下载与验证

这一步要求将开发套件中的 STM32 核心板、通信-下载模块、OLED 显示屏、USB 线、XH-6P 双端线等连接起来, 并在计算机上使用 MCUIISP 软件, 将 HEX 文件下载到 STM32F103RCT6 芯片的 Flash 中, 检查 STM32 核心板是否能够正常工作。通过这一流程可快速了解 STM32 核心板的构成及其基本工作方式。

2. 准备物料和工具

根据物料清单 (也称 BOM) 准备相应的元器件, 根据工具清单准备相应的焊接工具, 如电烙铁、万用表、焊锡、镊子和松香等^①。通过准备物料和工具, 可初步认识元器件以及各种焊接工具和材料。

3. 焊接 STM32 核心板

利用开发套件提供的 3 块空电路板, 以及第 2 步准备的物料和焊接工具, 按照说明将元器件焊接到电路板上, 边焊接边调试, 可将第 1 步中连通的 STM32 核心板作为参考。通过这一步操作的训练, 读者应掌握电路板焊接技能, 熟练掌握电烙铁、镊子和万用表的使用。

4. 安装 PCB 开发工具

本书使用 Cadence Allegro 软件作为 PCB 开发工具, 版本为 16.6。安装 Cadence Allegro 16.6 软件并进行配置。

5. 设计 STM32 核心板原理图

首先加载原理图库 (参见本书配套资料包中的 AllegroLib\SCHLib 文件夹), 然后参照 STM32 核心板原理图 (参见本书配套资料包中的 PDFSchDoc 文件夹), 使用 OrCAD Capture CIS 软件绘制 STM32 核心板的原理图。

6. 设计 STM32 核心板 PCB

首先将 STM32 核心板原理图导入 PCB 设计环境中, 然后对 STM32 核心板进行布局和布线。

^① 这些物料和焊接工具, 读者可以自行根据提供的清单采购, 也可以通过微信公众号“卓越工程师培养系列”提供的链接进行打包采购。

7. 创建 STM32 核心板元器件库

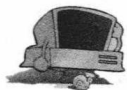
创建 STM32 核心板元器件库，包括创建焊盘库工程、通过焊盘库制作 PCB 库。

8. 输出生产文件

利用 Cadence Allegro 16.6 软件生成生产文件，包括 BOM、Gerber 文件、丝印文件及坐标文件等。

9. 制作 STM32 核心板

STM32 核心板的制作包括 PCB 打样和贴片，可通过 PCB 加工企业的网站进行网上 PCB 打样下单以及贴片下单。



1.4 本书配套资料包

本书配套资料包名称为“电路设计与制作实用教程（Allegro 版）资料包”（可以通过微信公众号“卓越工程师培养系列”提供的链接进行下载），为了与实践操作一致，建议将资料包复制到计算机的 D 盘，地址为“D:\电路设计与制作实用教程（Allegro 版）资料包”。

资料包由若干个文件夹组成，如表 1-3 所示。

表 1-3 本书配套资料包清单

| 序号 | 文件夹名 | 文件夹介绍 |
|----|-------------------|---|
| 1 | AllegroLib | 存放了 STM32 核心板所使用到的 3D 库（3DLib）、焊盘库（PADLib）、PCB 库（PCBLib）、原理图库（SCHLib） |
| 2 | Datasheet | 存放了 STM32 核心板所使用到的元器件的数据手册，便于读者进行查阅 |
| 3 | PDFSchDoc | 存放了 STM32 核心板的 PDF 版本原理图 |
| 4 | PPT | 存放了各章的 PPT 讲义 |
| 5 | ProjectStepByStep | 存放了布线过程中各个关键步骤的 PCB 工程彩色图片 |
| 6 | Software | 存放了本书中使用到的软件，如 Cadence Allegro 16.6、mcuisp、SSCOM，以及驱动软件，如 CH340 驱动软件、ST-Link 驱动软件 |
| 7 | STM32KeilProject | 存放了 STM32 核心板的嵌入式工程，基于 MDK 软件 |
| 8 | Video | 存放了本书配套的视频教程 |
| 9 | RealTimeFiles | 存放了实时更新资料 |



1.5 本书配套开发套件

本书配套的 STM32 核心板开发套件（可以通过微信公众号“卓越工程师培养系列”提供的链接获得）由基础包、物料包、工具包组成。其中基础包包括 1 个通信-下载模块、1 块 STM32 核心板、2 条 Mini-USB 线、1 条 XH-6P 双端线、1 个 ST-Link 调试器、1 条 20P 灰排线、3 块 STM32 核心板的 PCB 空板，物料包有 3 套，工具包包括电烙铁、镊子、焊锡、万用表、松香、吸锡带，如表 1-4 所示。

表 1-4 STM32 开发套件物品清单

| 序号 | 物品名称 | 物品图片 | 数量 | 单位 | 备注 |
|----|-------------|---|----|----|----------------------------------|
| 1 | 通信-下载模块 |  | 1 | 个 | 用于单片机程序下载、单片机与计算机之间通信 |
| 2 | STM32 核心板 |  | 1 | 块 | 电路设计与制作的最终实物, 用于作为设计过程中的参考 |
| 3 | Mini-USB 线 |  | 2 | 条 | 一条连接通信-下载模块, 一条连接 ST-Link 调试器 |
| 4 | XH-6P 双端线 |  | 1 | 条 | 一端连接通信-下载模块, 一端连接 STM32 核心板 |
| 5 | ST-Link 调试器 |  | 1 | 个 | 用于单片机的程序下载和调试 |
| 6 | 20P 灰排线 |  | 1 | 条 | 一端连接 ST-Link 调试器, 一端连接 STM32 核心板 |
| 7 | PCB 空板 |  | 3 | 块 | 用于焊接训练 |
| 8 | 物料包 |  | 3 | 套 | 用于焊接训练 |
| 9 | 电烙铁 |  | 1 | 套 | 用于焊接训练 |
| 10 | 镊子 |  | 1 | 个 | 用于焊接训练 |
| 11 | 焊锡 |  | 1 | 卷 | 用于焊接训练 |
| 12 | 万用表 |  | 1 | 台 | 用于进行焊接过程中的各项测试 |