

EDA 应用技术

轻松玩转 STM32Cube

(第2版)

杨百军 编著

电子工业出版社版权所有
盗版必究

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

这是一本介绍如何使用 STM32Cube 组件学习 STM32 微控制器的入门图书，也是一名工程师自身学习 STM32 微控制器的经验总结。全书围绕 STM32F10×××参考手册，结合 STM32CubeF1 软件包提供的例程，参考 Cortex-M3 编程手册等资料，全面、系统地对 STM32F103 的各个功能项进行分析和讲解，并通过可视化图形配置工具 STM32CubeMX 重新生成例程。本书介绍的学习方法几乎可以适用于任何一款 STM32 微控制器的芯片。

本书适合 STM32 微控制器初学者和使用 STM32 微控制器从事项目开发的工程技术人员阅读使用，也可以作为高等学校自动控制、智能仪器仪表、电力电子、机电一体化等相关专业的教学用书。

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

轻松玩转 STM32Cube/杨百军编著. —2 版. —北京：电子工业出版社，2023.3

(EDA 应用技术)

ISBN 978-7-121-45273-4

I. ①轻… II. ①杨… III. ①微控制器-系统开发 IV. ①TP368.1

中国国家版本馆 CIP 数据核字 (2023) 第 048821 号

责任编辑：张 剑 (zhang@phei.com.cn) 特约编辑：杨雨佳

印 刷：

装 订：

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：17.75 字数：455 千字

版 次：2017 年 8 月第 1 版

2023 年 3 月第 2 版

印 次：2023 年 3 月第 1 次印刷

定 价：89.00 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。

本书咨询联系方式：zhang@phei.com.cn。

前 言

前些年我编写《轻松玩转 STM32 微控制器》时，就注意到 ST 公司开始主推 STM32Cube 组件，但因我自己是从 STM32F10×标准外设固件库（Standard Peripheral Library，SPL）上手的，而且当时网上有对 STM32Cube 组件的负面评价，所以仍选择 SPL 进行讲解。近年来，随着对 STM32Cube 组件的深入了解，我越来越喜欢它，也慢慢习惯于利用 STM32CubeMX 便捷地生成 C 语言工程框架。

其实，对于一个新生事物，大家总要有一个从了解到熟悉的过程。学习 STM32 的读者大都是从 SPL 入门的，许多 STM32 开发板提供的例程也是基于 SPL 的，STM32F1××系列的例程几乎都是基于 SPL 的。大家可能会发现：在 ST 公司推出 STM32Cube 组件和硬件抽象层（Hardware Abstraction Layer，HAL）固件库后，有部分公司开始为 STM32F4××系列提供基于 HAL 固件库的例程，而 STM32F7××系列开发板的例程清一色都是基于 HAL 固件库的，因为 ST 公司没有推出基于该系列微控制器的 SPL（至少目前尚未推出）。由此可见，学习和应用 STM32 微控制器，使用 HAL 固件库和 STM32Cube 组件是大势所趋，即使是“资深工程师”，也必须适应技术的更新。

利用图形配置工具 STM32CubeMX，开发者可以快捷地生成 STM32 微控制器的 C 语言工程框架，仅在工程中实现自己的应用代码即可。然而，这并不是说不用学习 STM32 微控制器了；在配置 STM32CubeMX 的过程中，读者会发现，还有很多 STM32 微控制器的知识点须要掌握，只有这样才能有目的地进行配置，否则只能对着该工具“干瞪眼”。

其实，针对 STM32Cube 组件和 STM32 微控制器，ST 公司提供了大量的技术资料。有关图形配置工具 STM32CubeMX 和 STM32CubeF1 软件包，可以重点参考的资料有：

- STM32CubeMX for STM32 Configuration and initialization C code generation（STM32CubeMX 用户手册，UM1718）
- Getting started with STM32CubeF1 firmware package for STM32F1 series（STM32CubeF1 用户手册，UM1847）
- Description of STM32F1×× HAL drivers（HAL 固件库用户手册，UM1850）
- STM32Cube firmware examples for STM32F1 series（STM32Cube 应用手册，AN4724）

有关 STM32 微控制器的学习，可参考的资料就更多了。在此简单列举一下入门学习时应重点关注的资料：

- 《ARM Cortex-M3 权威指南》（宋岩 译）
- The Cortex-M3 Technical Reference manual（Cortex-M3 技术参考手册）
- STM32F10××× Reference manual（STM32F10×××参考手册，RM0008）
- STM32F10××× Cortex-M3 Programming manual（STM32F10××× Cortex-M3 编程手册，PM0056）
- STM32F10××× Flash programming manual（STM32F10××× Flash 编程手册，PM0075）
- DS5319：STM32F103×8、STM32F103×B Datasheet（数据手册）



- DS5792: STM32F103×C、STM32F103×D、STM32F103×D Datasheet (数据手册)
- MDK-ARM 开发环境、例程及帮助文档
- 其他相关器件数据手册及网络资料

学习新知识时,如果没有资料可以参考,会觉得很困难;如果资料太多,又不知从何处入手、重点/难点在哪里。写作本书的目的就是结合 ST 公司和 ARM 公司提供的丰富资料,帮助读者找到一个属于自己的学习方法。本书首先介绍如何从 ST 公司官网获取想要的技术资料,然后从 STM32CubeF1 软件包提供的例程入手,引导读者通过例程了解利用技术资料的方法,并通过对例程进行功能认识、代码分析和重新生成,逐步将例程变成自己的应用实现。

建议有心自学的读者:先学习《STM32F10×××参考手册》的前面几章,对 STM32 有个初步的认识;再学习《ARM Cortex-M3 权威指南》,无须看完、吃透,对其内核有个了解即可;然后阅读 STM32CubeMX 用户手册和 STM32CubeF1 用户手册,使用 STM32CubeF1 软件包提供的例程,结合 ST 公司提供的 HAL 固件库的源代码及其用户手册 UM1850,有针对性地学习《STM32F10×××参考手册》的相关章节。本书正是根据上述流程来引导读者使用 STM32CubeMX 和 MDK-ARM 学习 STM32 微控制器的,书中并没讲晦涩高深的内容,只是在例程中适当的地方加以注释,以便新手轻松入门、少走弯路。

目前,市面上的 STM32 开发板品种繁多,但没有本质上的区别,不同的只是开发板上的外设数量有多有少。本书选择的开发板是 ST 公司的 Nucleo-F103RB,并基于这个开发板的原理图来分析例程,最后使用 STM32CubeMX 重建例程。对于 STM32 入门者来说,几乎所有的开发板均可满足要求,只要依据自身的技术需求进行选择就行。

在本书编写过程中,段富军、高维娜、黄得建、聂运中、王盛等曾参与了前一版的编写工作,刘帅、黄雅琴、周乐平等也提供了大量的帮助,在此表示感谢。

最后,感谢我的家人和朋友,特别是我的父母,在社会压力较大的今天,能如此放任我自由地写作而不给太多的压力,实属不易。另外,感谢在洛阳求学和工作时的师长和同事——刁海南、张文勇、郭锐、齐文钊、陈剑、李为民、赵博、尹国利、谢永进等,我是在参加工作后才走上嵌入式开发这条路的,若不是这些前辈的指点,我也就没有如今的成绩;由衷感谢在大学、中学谆谆教导过我的老师——杨明祥、高克权、杨万才、李小申、程东明、张晓红、黎蔚、王辉、刘勇等,杨明祥老师帮助我走进了洛阳工学院,洛阳工学院数理学院的老师培养了我的良好的逻辑分析能力,计算机方向的老师帮我踏入 IT 这个行业;还要感谢读者和学生,特别是那些来信给出建议的读者和学生,如郭凯、张锋、王帅阳、牛鹏举、竹显涛、刘帅、宋文帅等,他们的感谢、鼓励和建议为我继续写作增添了动力。最后,感谢人生路上伴我走过的朋友们。

“学然后知不足,教然后知困”。由于本人水平有限,书中难免存在疏漏之处敬请广大读者批评指正。如果读者在阅读本书时有疑问或建议,可以通过邮件 (young45@126.com)、微信 (IT_LaoYang) 与我沟通。

杨百军



目 录

第 1 章 选择开发板	1
1.1 ST 公司的 STM32 开发板	1
1.2 国产的 STM32 开发板	5
1.3 Nucleo-F103RB 开发板	9
思考与练习	13
第 2 章 走近 STM32	14
2.1 认识 STM32	14
2.2 STM32 与 Cortex-M3 的关系	20
2.3 Cortex-M3 与 ARM	23
思考与练习	25
第 3 章 认识 MDK-ARM	26
3.1 开发工具介绍	26
3.2 MDK-ARM 的安装与注册	27
3.2.1 MDK-ARM 的安装	27
3.2.2 注册 MDK-ARM	31
3.3 从例程入手	33
3.3.1 了解 MDK-ARM	33
3.3.2 例程 Blinky	36
思考与练习	41
第 4 章 初识 STM32Cube	42
4.1 STM32CubeMX	42
4.2 STM32Cube 软件包	44
4.3 STM32CubeF1 软件包的例程	48
思考与练习	56
第 5 章 跑马灯实验	57
5.1 例程 GPIO_IOToggle	57
5.2 分析例程 GPIO_IOToggle	58
5.2.1 解析 HAL_Init 函数	59
5.2.2 解析 SystemClock_Config 函数	63
5.2.3 解析 LED2_GPIO_CLK_ENABLE 函数	67
5.2.4 解析 HAL_GPIO_Init 函数	69
5.2.5 为何 LED 能闪烁	78
5.3 新建例程	83
5.3.1 重建例程	83



5.3.2 完善例程	91
思考与练习	95
第6章 外部中断	96
6.1 例程 GPIO_EXTI	96
6.2 分析例程	99
6.2.1 分析例程 GPIO_EXTI	99
6.2.2 解析 stm32f10x_it.c	117
6.3 移植例程	121
6.3.1 新建例程 MyEXTI	121
6.3.2 外部中断小结	125
6.3.3 硬件仿真	128
思考与练习	131
第7章 串口通信	132
7.1 例程 UART_Printf	132
7.1.1 使用例程	132
7.1.2 新建例程	137
7.1.3 分析例程	142
7.2 例程 ComPolling	148
7.2.1 例程介绍	148
7.2.2 分析例程	152
7.2.3 重建例程	158
7.3 例程 UART_TwoBoards_ComIT	166
7.3.1 例程介绍	166
7.3.2 分析例程	169
7.3.3 重建例程	175
7.3.4 完善例程	178
思考与练习	184
第8章 DMA 控制器	186
8.1 认识 DMA 控制器	186
8.2 例程 UART_HyperTerminal_DMA	186
8.2.1 例程介绍	186
8.2.2 分析例程	191
8.2.3 重建例程	196
思考与练习	203
第9章 完美定时器	204
9.1 例程 TIM_TimeBase	205
9.1.1 例程介绍	205
9.1.2 分析例程	207
9.1.3 重建例程	213
9.2 例程 TIM_DMA	219



9.2.1 例程介绍	219
9.2.2 分析例程	221
9.2.3 重建例程	226
思考与练习	232
第 10 章 模/数转换器 (ADC)	233
10.1 了解 ADC	233
10.2 例程 ADC_Sequencer	234
10.2.1 例程介绍	234
10.2.2 分析例程	236
10.2.3 重建例程	242
思考与练习	254
第 11 章 实时操作系统 FreeRTOS	255
11.1 了解操作系统	255
11.2 例程 FreeRTOS_ThreadCreation	256
11.2.1 例程介绍	257
11.2.2 分析例程	258
11.2.3 重建例程	265
11.2.4 完善例程	268
11.2.5 扩展例程	271
思考与练习	275
参考文献	276



第 1 章 选择开发板

学习单片机，非常重要的一点就是要多实践，这就要用到开发板。开发板可以将抽象的理论和程序显示在有形的实物中，这对学习单片机非常有帮助。下面，我们就为 STM32 的学习选择一块适合自己的开发板。

1.1 ST 公司的 STM32 开发板

意法半导体（STMicroelectronics，ST）公司在 2007 年 6 月推出 Cortex-M3 内核处理器，即 STM32 系列。为了推广自己的产品，ST 公司同时推出了配套的开发板，其开发板分为 3 类，即评估板（Evaluation board）、探索套件（Discovery kits）、Nucleo 开发板（Nucleo board），如图 1-1 所示。

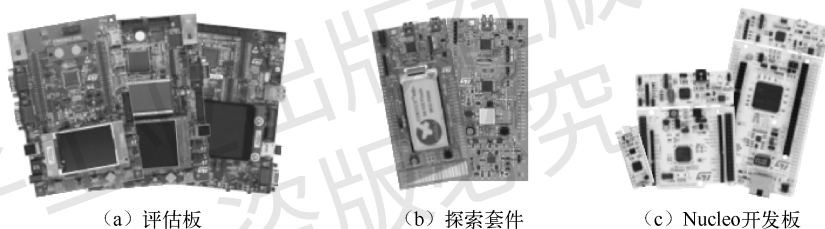


图 1-1 STM32 开发板

1. 评估板

评估板主要用来对微控制器做全功能性评估，ST 公司针对 STM32F1 系列微控制器推出的评估板有 STM3210E-EVAL、STM32100B-MCKIT（STM32100B-EVAL）、STM3210C-EVAL、STM32100E-EVAL、STM3210B-MCKIT（STM3210B-EVAL），这类开发板的特点是板上外扩的外设资源丰富。图 1-2 所示的是 STM32100B-EVAL 和 STM3210E-EVAL 开发板的实物图。

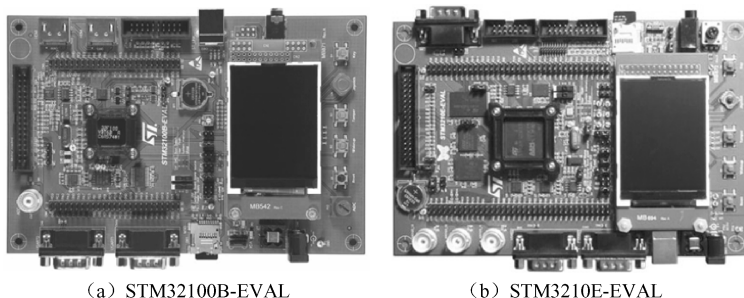


图 1-2 STM32100B-EVAL 和 STM3210E-EVAL 开发板的实物图



各款评估板之间有很大的相似性：其最大的不同是板载微控制器不同，而相同之处是都外扩了很多外设。以 STM3210E-EVAL 为例，其板载芯片为 STM32F103ZET6 或 STM32F103ZGT6，外扩有 128Mbit 串行闪存、512Kbit×16 SRAM、512Mbit NAND 闪存和 128Mbit NOR 闪存、MicroSD Card、TFT 液晶屏、RS232 接口、USB 接口、音频接口 (I²S)、CAN 总线、JTAG 口、IrDA 传输接口、电动机控制接口、LED 指示灯、按键等。这类评估板也是国产开发板参考的基础。

2. 探索套件

ST 公司的第一套探索套件是在 2010 年 9 月份推出的。其目的是给用户提供更便宜的开发板，同时，工程师也可以在其上面搭建产品的设计原型，实现自己的创意演示。

目前，ST 公司共推出了 37 款探索套件，其中针对 STM32F1 系列微控制器的只有 STM32VLDISCOVERY（板载微控制器是 STM32F100RBT6B），如图 1-3 所示。探索套件与评估板之间的最大区别是：评估板外设很丰富，但设计相对固化，价格较高；而探索套件仅将微控制器的引脚全部引出，除按键和 LED 指示灯外，没有其他外扩硬件资源，这使其成本下降很多。另外，探索套件还集成了仿真器 ST-LINK，这也为开发人员提供了便利。

从开发板历史发展的角度看，探索套件是评估板到 Nucleo 开发板之间的一个过渡类型。

3. Nucleo 开发板

随着近些年 Arduino 和创客的流行，ST 公司在 2014 年开始将自己的探索套件设计成兼容 Arduino 的 Nucleo 开发板，让开发者有更自由的空间完成自己的创意设计。在短短 6 年多的时间里，ST 公司就推出了 57 套 Nucleo 开发板，是三类开发板中数量最多的。不过，针对 STM32F1 系列微控制器的 Nucleo 开发板只有 Nucleo-F103RB，如图 1-4 所示。

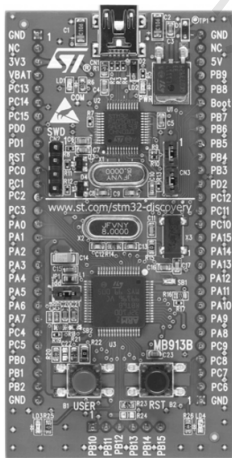


图 1-3 STM32VLDISCOVERY

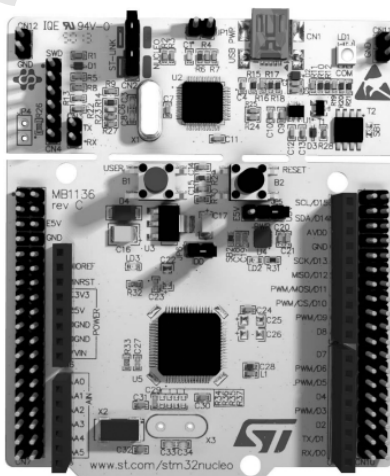


图 1-4 Nucleo-F103RB

比较探索套件 STM32VLDISCOVERY 和 Nucleo 开发板 Nucleo-F103RB，可以发现，其实这两种开发板并没有本质区别，它们都有调试模块 ST-LINK/V2，都是将板载微控制器的引脚引出来。两者最大的区别是：板载微控制器引脚引出后的排列布局不同，探索套件 STM32VLDISCOVERY 的引出引脚是单排针排列的，而 Nucleo-F103RB 为了兼容 Arduino 板，进行了更为规范的排列。

通过 ST 公司官网进入 STM32 MCU Nucleo 页面，可以看到对 Nucleo 开发板更为详细的介绍。图 1-5 所示为当前 56 块 Nucleo 开发板的分类。

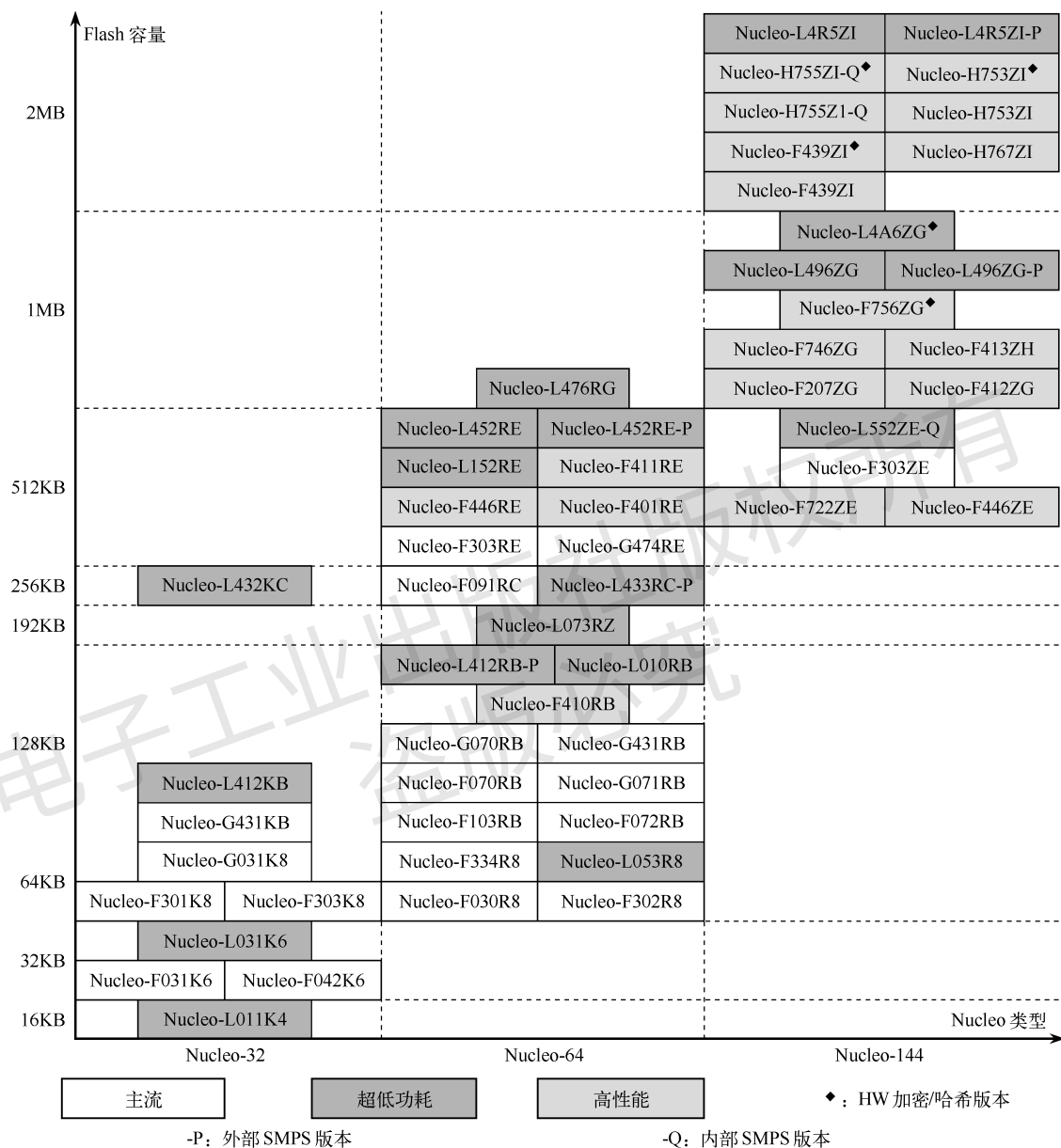


图 1-5 Nucleo 开发板的分类

在 STM32 MCU Nucleo 页面的列表中或通过搜索进入 Nucleo-F103RB 页面，可以看到 Nucleo-F103RB 开发板的详细介绍，注意：该开发板是一款 STM32 Nucleo-64 系列开发板，板载微控制器是 STM32F103RB，支持 Arduino 平台及 ST morpho connectivity。

在 Nucleo-F103RB 页面，对 Nucleo-F103RB 开发板的介绍分为以下 4 部分。

(1) 概述 (Overview)。

(2) 工具和软件 (Tools & software)，包括开发工具 (Development tools)、生态系统 (Ecosystems)、嵌入式软件 (Embedded software)、评估工具 (Evaluation tools)。



(3) 资源 (Resources)。

- ① 技术文档 (Technical documentation): 让用户能够快速上手使用开发板。
 - ② 演示和培训资料 (Presentations & training material): 可以快速了解 ST 开发板的基本情况。
 - ③ 硬件资源 (Hardware resources): 包括开发板的生产工艺、物料单、原理图等。
 - ④ 宣传资料 (Publications and collaterals): 可以快速、全面地了解 ST 产品。
 - ⑤ 法律授权 (Legal)。
 - ⑥ 二进制资源 (Binary resources)。
- (4) 质量和可靠性 (Quality & reliability)。

在不同学习阶段,我们关注的重点会有所不同。例如:在开发板选型阶段,须要关注概述、资源中的宣传资料等内容;而在开发阶段,则重点关注工具和软件中的开发工具、嵌入式软件,以及资源中的技术文档、硬件资源等。

Nucleo 开发板可使用的硬件资源不仅兼容 Arduino Ver3 平台,ST 公司还为其开发了配套的 Nucleo 扩展板 (STM32 Nucleo expansion board),如图 1-6 所示。

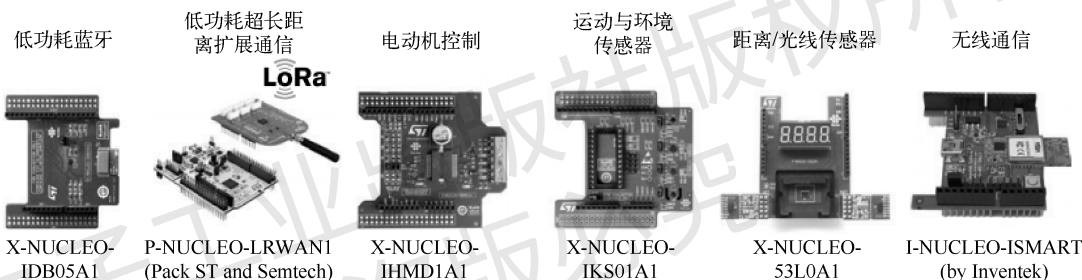


图 1-6 Nucleo 扩展板 (STM32 Nucleo expansion board)

使用 Nucleo 开发板时,可选择的开发工具非常丰富,有 STM32CubeMX、STMStudio (调试环境)、IAR EWARM、Keil MDK-ARM、ARM mbed、ColIDE 等;ST 公司为方便开发人员快速上手,还提供了丰富的开发库,包括标准固件函数库 (Standard Peripherals Library API, SPL API)、硬件抽象层函数库 (Hardware Abstraction Layer API, HAL API)、底层函数库 (Low-Layer API, LL API) 等。

4. 第三方评估板

除了前面介绍的三类开发板,ST 公司官网的 STM32 MCU Eval Tools 页面中还介绍了第三方开发工具使用的开发板 (STM32 3rd-party evaluation tools),这类开发板共有 25 个。这类开发板其实也属于评估板,但它们是针对不同的开发工具设计的。例如:针对开发工具 IAR EWARM 的评估板有 STM3210C-SK/IAR、STM3210E-SK/IAR 等;而针对 Keil MDK-ARM 的评估板有 STM3210G-SK/KEI、STM3210C-SK/KEI 等。

这些开发板在不同的开发平台上又会以新的名称出现。例如,在 Keil MDK-ARM 的官网 Board List for ARM Cortex-M 页面的列表中,Keil 开发板的名称是 MCBSTM32C、MCBSTM32E,其实 MCBSTM32C 就是 STM3210C-SK/KEI,而 MCBSTM32E 就是 STM3210G-SK/KEI。

这里对 MCBSTM32E (即 STM3210G-SK/KEI) 评估板 (如图 1-7 所示) 进行简单介绍:该评估板集成了 STM32F103ZGT×微控制器,可以评估 USB 设备、CAN 接口、USART 接口、



音频、MicroSD 卡接口和 QVGA LCD 等外设；其最大特点是配有精简版 Keil MDK-ARM 开发环境（最大 32KB 代码），而且提供 ULINK-ME（USB/JTAG）仿真器。

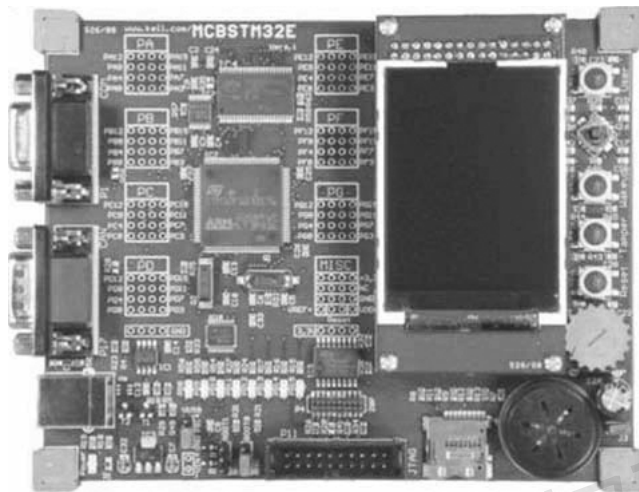


图 1-7 MCBSTM32E 评估板

MCBSTM32E 评估板的集成外设和提供的外设接口没有 STM3210E-EVAL 评估板那么丰富，不过它附带的开发环境和仿真器对开发人员来说也是不小的诱惑。若要进一步了解 MCBSTM32E 评估板，可以通过 KEIL 公司官网或 ST 公司官网来查看。

1.2 国产的 STM32 开发板

1. EM-STM3210E

说到国产的开发板，有两个公司不能不提：一个是广州致远电子股份有限公司，该公司是周立功先生创办的，早期推出过一些优质的开发板和教程，当前在主推自己的产品，因而没有推出与 STM32 相关的开发板；另一个是深圳英蓓特（Embedinfo）信息技术有限公司，该公司是国内在制作 ARM 开发板领域相对比较成熟的一家公司。下面就简单介绍一下英蓓特公司的开发板。

英蓓特公司推出的基于 STM32F1 系列微控制器的开发板有两款：EM-STM32F107 多功能开发板和 EM-STM3210E 开发板。与国外的评估板相比，它们具有性价比高、实例丰富、技术文档齐全等特点，而且，国内的公司在售后技术支持方面更有优势。

EM-STM3210E 开发板如图 1-8 所示。EM-STM3210E 开发板与 Keil 的 MCBSTM32E 评估板有很好的兼容性，而且英蓓特公司还提供了丰富的实例和技术文档。

2. 新战舰 V3 STM32F103ZET6

网购 STM32 开发板时，正点原子是不能错过的一家公司，其主推的 STM32F103 系列之新战舰 V3 STM32F103ZET6 如图 1-9 所示。

正点原子公司的 STM32 开发板具有以下显著特点。

（1）外设扩展资源全面：包括液晶显示、WiFi、GPRS、蓝牙、GPS、摄像头、指纹模块、电动机驱动等。

(2) 教材资源完善：主要有《原子教你玩 STM32 库函数版》《原子教你玩 STM32 寄存器版》两本上市教材，另外还有《STM32F1 LWIP 开发手册》《STM32F1 UCOS 开发手册》《STM32F1 EMWIN 开发手册》3 本电子教材。

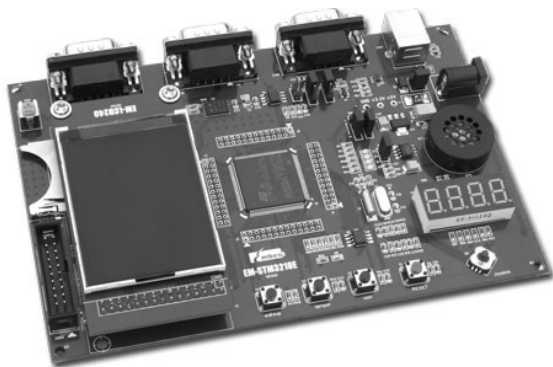


图 1-8 EM-STM3210E 开发板

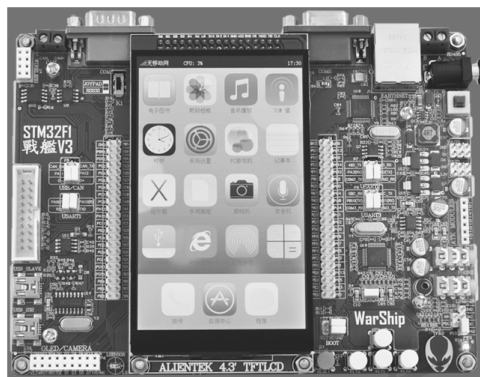


图 1-9 新战舰 V3 STM32F103ZET6

(3) 实例丰富：共有 100 多个实例，包括基础实例 54 个、LWIP 网络篇实例 10 个、STemWin GUI 篇实例 27 个、UCOS 系统移植及应用相关实例 12 个。

(4) 视频丰富：共有 150 多讲视频，包括基础类讲解视频 93 个（入门篇 39 讲、中级篇 32 讲、高级篇 22 讲）、LWIP 网络篇 19 讲、STemWin GUI 篇 22 讲、UCOS 系统篇 19 讲。

(5) 论坛资源丰富：正点原子公司的技术答疑论坛有数万帖子，数十万的回复。这也是笔者最看好的资源。

3. 秉火 STM32 霸道

接下来要介绍的是秉火（原野火）网络科技有限公司的“秉火 STM32 霸道”（如图 1-10 所示），也就是原来的 ISO 系列“ISO-V3 旗舰版”。



图 1-10 秉火 STM32 霸道

和正点原子公司的开发板一样，秉火 STM32 霸道开发板也具有外设资源丰富、教材完善、例程丰富（330 多个）、视频丰富（360 多讲）、论坛资源丰富的特点。另外，其 WiFi 模块是集成于开发板上的，不用另外花钱购买。

4. STM32-V4

武汉安富莱电子有限公司的开发板 STM32-V4（如图 1-11 所示）是 STM32 领域中的后起之秀，其板载资源不仅有其他开发板具有的扩展接口，而且集成了串行 EEPROM、串行闪存、NOR 闪存、NAND 闪存、SRAM 等存储设备，另外还有光照度传感器、气压强度传感器、示波器电路等。特别是存储设备的扩展，可以使用户在 UCOS 移植、STemWin GUI 的学习和应用中更加得心应手。

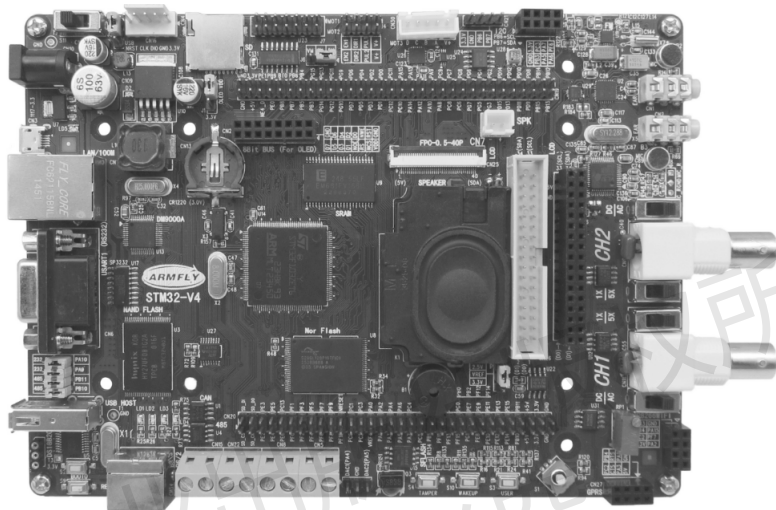


图 1-11 STM32-V4

另外，该公司提供的教材也比较丰富，有《基于 STemWin 的 STM32 开发与实践》《安富莱 STM32-V4 软件开发手册》《安富莱 STM32-V4 开发板 uCOS-III 教程》《安富莱 STM32-V4 开发板 RTX 教程》《安富莱 STM32-V4 开发板 FreeRTOS 教程》《安富莱 STM32-V4 开发板 STemWin 教程》《安富莱 STM32-V4 开发板 Modbus 教程》等，还有关于操作系统和 STemWin GUI 的丰富例程，这也是安富莱公司开发板的一大优势！

5. STM32 YS-F1Pro

最后要介绍的是广州大硬石科技有限责任公司 的 STM32F103ZET6 评估板 STM32 YS-F1Pro 专业版（如图 1-12 所示），该开发板最大的特点是，其例程是基于 STMCubeMX 和硬件抽象层库（HAL 库）完成的，这也正是本书写作的着眼点，因而才将这个本在电商平台上不太起眼的开发板收录到这里。

6. 综合比较

其实，国产的 STM32F1 系列开发板除了前面介绍的还有很多，其中，奋斗公司 STM32 开发板以 UCOS 和 uCGUI 为所长，普中科技公司的 STM32 开发板价格较低，其他还有七星虫、百为等品牌。

纵观国内的开发板可以发现，它们都还停留在 ST 官网所列举的评估板的状态，只是不同的公司根据自己的特点做了硬件和软件的完善而已。我们将几款热销国产 STM32 开发板做一个综合比较，见表 1-1。



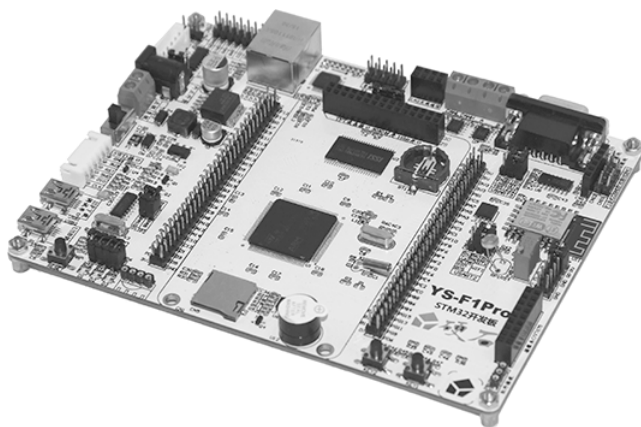


图 1-12 STM32 YS-F1Pro 专业版

表 1-1 几款热销的国产 STM32 开发板综合比较

外设资源	新战舰 V3	秉火 STM32 霸道	STM32-V4	STM32 YS-F1Pro
CPU	STM32F103ZET6	STM32F103ZET6	STM32F103VET6	STM32F103ZET6
外扩 SRAM	1MB	1MB	1MB	1MB
SPI 闪存	16MB	8MB	16MB	16MB
NOR 闪存	无	无	16MB	无
NAND 闪存	无	无	128MB	无
EEPROM	AT24C02	AT24C02	AT24C128	AT24C02
SD 卡	SD 卡座	micro SD 卡座	micro SD 卡座	micro SD 卡座
TFT LCD	2.8 ~ 7in	3.2in、5in	3.5 ~ 7in	3.5in
RS-485 总线	SP3485	MAX485	SP3485	SP3485
CAN 总线	TJA1050	TJA1050	SN65HVD230	SN65HVD230
网络模块	DM9000	W5500	DM9000AEP	W5500
MP3	VS1053	VS1053	VS1003B	外扩
WiFi 模块	外扩	板载 ESP8266	外扩	板载 ESP8266
其他集成模块	电容式按钮、 RTC 电池座、独创 一键下载功能	电容式按钮、 RTC 电池座	陀螺仪、气压传感器、 光照传感器、 电动机驱动	光敏电阻、 步进电动机驱动
其他外扩模块	温湿度传感器、摄像头、2.4GB 无线、蓝牙模块、ZigBee 模块、GPS 模块、GPRS 模块			
实例类型	寄存器和固件库	固件库	固件库	HAL 库
指导教材	《原子教你玩 STM32》	《STM32 库开发实 战指南》	《基于 STMemWin 的 STM32 开发与实践》	600 余页电子教材
论坛	www.openedv.com	www.chuxue123.com	bbs.armfly.com	www.ing10bbs.com

通过以上比较可以发现，就硬件资源来说，国产开发板之间并没有本质的区别，它们或多或少都有 STM3210E-EVAL 评估板的影子，只是在扩展外设的形式（板载或外接模块）和外设数量上有些区别，其更多价值是提供了丰富的例程和教材。因此，本书选择的是 Nucleo-F103RB 开发板，通过对开发工具 STM32CubeMX 和 HAL 库的熟悉，可以将这些开发板的例程



移植到自己的开发板上，同时也可以锻炼读者扩展硬件资源、移植软件例程的动手能力。

1.3 Nucleo-F103RB 开发板

本书选择的是 Nucleo-F103RB 开发板。下面，我们通过 ST 公司的官网来了解一下这块开发板。在 STM32 MCU Nucleo 页面的列表中找到 Nucleo-F103RB 开发板，单击进入 Nucleo-F103RB 的介绍页面，该页面的最上面用黑体字写了一行介绍：

“STM32 Nucleo-64 development board with STM32F103RB MCU, supports Arduino and ST morpho connectivity”

说明了 Nucleo-F103RB 开发板最显著的特点：这是一块 STM32 Nucleo-64 开发板，板载微控制器是 STM32F103RB，支持 Arduino 和 ST morpho 的连接。

通过“概述”（Overview）部分，我们可以了解 ST 公司对 STM32 Nucleo 开发板的介绍：

“STM32 Nucleo 开发板为用户实现自己的想法、使用任何一款 STM32 微控制器构建原型提供了一个经济实惠、方便灵活的方式，用户可以从性能、功耗和功能等各方面选择。STM32 Nucleo 开发板是一个开放的平台，Arduino 连接平台和 ST morpho 连接头的支持，使其更易扩展功能并提供多种专用的屏蔽。STM32 Nucleo 开发板集成了 ST-Link/V2-1 编程调试器，因而不需要其他接头。STM32 Nucleo 开发板配有基于 HAL 库的 STM32 开放软件以及各种封装微控制器的软件例程，同时也可以直接访问 Mbed 的在线资源。”

Nucleo-F103RB 开发板的“主要特征”（Key features）如下所述。

- ☺ 板载 LQFP64 封装的微控制器（STM32F103RB）。
- ☺ 1 个兼容 Arduino 的用户使用 LED。
- ☺ 2 个按钮：用户按钮和复位按钮。
- ☺ 32.768kHz 晶振。
- ☺ 两种扩展连接方式：Arduino Uno V3 连接器、ST morpho 扩展引脚接头，可以用来访问 STM32 的所有 I/O 端口。
- ☺ 灵活的电源选择：ST-LINK 供电、USB V_{BUS} 供电，或者外部供电。
- ☺ 板载 ST-LINK 调试/下载器有 SUB 复用功能：大容量存储器、虚拟串口和调试接口。
- ☺ 基于 STM32Cube MCU 包的丰富例程和软件库。
- ☺ 支持 IAR、Keil、GCC 等多种集成开发环境。

Nucleo-F103RB 开发板集成了 ST-Link/V2-1 编程调试器，无须单独购买仿真调试设备。另外，读者如果想深入学习，可以购买辅助扩展设备：Arduino Uno Version3 兼容的设备资源。

在 Nucleo-F103RB 页面的“样品申请或购买”（Sample&Buy）部分可以看到该开发板的官方报价。若读者选择在国内电商平台购买，应先咨询一下交货时间，有的商家从国外拿货，周期很长。

由于 Nucleo-F103RB 开发板的板载资源相对较少，我们可以另外选择一套 Arduino 入门套件（如图 1-13 所示），方便后面的学习；如果对 LCD 操作比较感兴趣，可以再选择一块 2.8in 或 3.5in 的 TFT LCD，图 1-14 所示为 Arduino 2.8in TFT LCD。



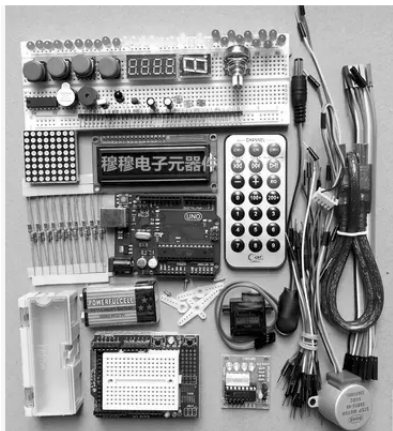


图 1-13 Arduino 入门套件



图 1-14 Arduino 2.8in TFT LCD

现在我们重新回到 ST 官网的 Nucleo-F103RB 页面，对 Nucleo-F103RB 开发板做进一步了解。

我们首先了解一下“工具和软件”（Tools & software），关于它的介绍分为 4 个部分：开发工具（Development tools）、生态系统（Ecosystems）、嵌入式软件（Embedded software）、评估工具（Evaluation tools）。须要重点关注开发工具中的 STSW-LINK009（ST-LINK 的驱动程序）和嵌入式软件中的 STM32CubeF1（STM32 的辅助开发工具）。

我们需要重点学习的“资源”（Resources）目录分为 6 部分：技术文档（Technical documentation）、演示和培训资料（Presentation & training material）、硬件资源（Hardware resources）、宣传资料（Publications and collaterals）、法律授权（Legal）、二进制资源（Binary resources）。

1. 技术文档

技术文档（Technical documentation）又分为产品规格（Product specifications）、技术说明（Technical note & articles）、用户手册（User manuals）三部分，共 4 份文件：产品规格 DB2196、技术说明 TN1235、用户手册 UM1727、用户手册 UM1724。下面简单介绍其中的 3 份文档。

(1) 产品规格 DB2196：与“概述”中的内容几乎一样，是对开发板技术规格的简单介绍。

(2) 用户手册 UM1727：介绍了具体开发时使用开发板的 4 个步骤。

① 安装集成开发环境（IAR EWARM、Keil MDK-ARM 等）。

② 安装 ST-Link/V2-1 驱动程序，有些集成开发环境包含该驱动程序，若无则要手动安装。

③ 从 ST 公司官网下载 STM32 Nucleo 固件库。

④ 通过 Nucleo-F103RB 开发板的 CN1 口连接到 PC 的 USB 口，在选择的集成开发环境中使用开发板。

有关文档 UM1727 中介绍的集成开发环境和固件库的下载和使用将在第 3 章讲解。

(3) 用户手册 UM1724：STM32 Nucleo-64 board 主要从开发板的硬件连接和使用上对开发板进行详细介绍。这也是我们拿到开发板后须要重点关注的一份文档。该文档有以下 9 个章节：



- ① 产品标记 (Product marking);
- ② 订购选型 (Ordering information);
- ③ 文档约定简称 (Conventions);
- ④ 快速上手 (Quick started);
- ⑤ 主要特征 (Features);
- ⑥ 硬件布局及配置 (Hardware layout and configuration);
- ⑦ 机械尺寸 (Mechanical dimensions);
- ⑧ 电气原理图 (Electrical schematics);
- ⑨ 修订版本 (Revision history)。

拿到开发板后, 我们须要重点关注 UM1724 中的第 4 章 (快速上手)、第 6 章 (硬件布局及配置) 和第 8 章 (电气原理图), 其中后两章是在开发阶段更应该关注的。通过 UM1724 的第 6 章 (硬件布局及配置) 可以了解开发板上的 STM32 与 ST-LINK 的连接 (如图 1-15 所示) 及开发板的硬件布局 (如图 1-16 所示), 以及各个硬件设备的功能。

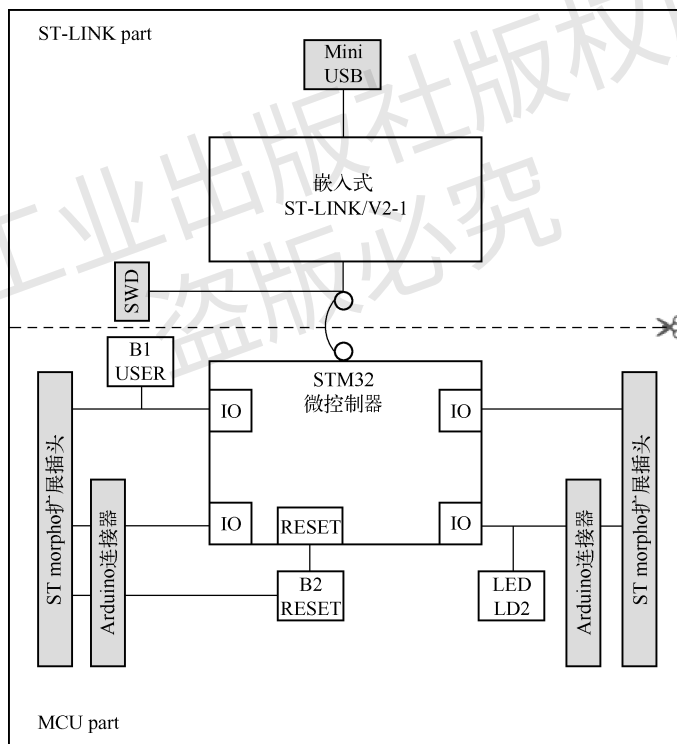


图 1-15 STM32 与 ST-LINK 的连接

对开发板的硬件布局有所了解后, 我们可以遵循 UM1724 的第 4 章 (快速上手) 的 4.1 节开始使用 (Getting started) 的具体步骤进行检查和使用开发板。

(1) 检查开发板上的跳线位置: JP1 断开、JP5 接 U5V (PWR)、JP6 接 JPD (IDD)、CN2 选择连接 (NUCLEO)。

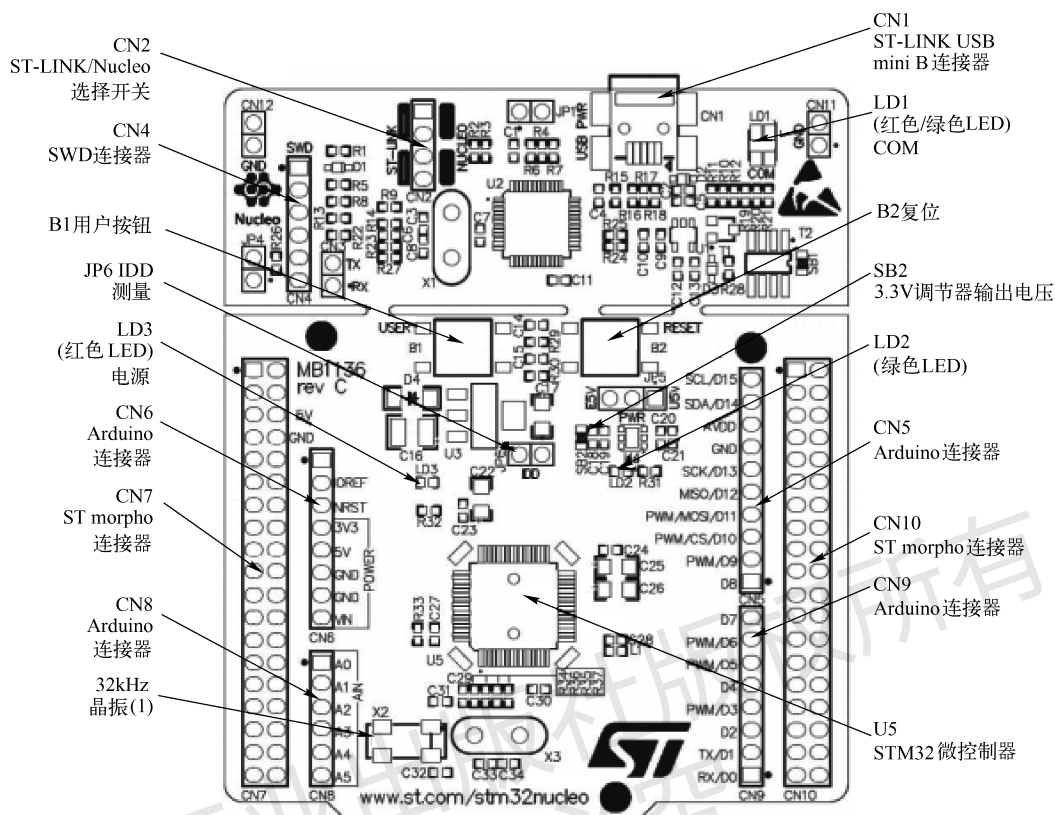


图 1-16 开发板硬件布局

- (2) 在连接开发板前，要在 PC 上安装 Nucleo 开发板的驱动程序。
- (3) 用 USB 线连接 STM32 Nucleo 开发板的 CN1 口到 PC，此时 LD3 (PWR) 和 LD1 (COM) 应点亮，LD1 (COM) 和 LD2 应为闪烁状态。
- (4) 按下左侧的按钮 B1 (蓝色按钮)。
- (5) 通过按下按钮 B1 观察 3 个 LED (LD1 至 LD3) 的闪烁频率。
- (6) 可以通过 ST 公司官网获取开发板的演示程序和有关如何使用 STM32 Nucleo 开发板的几个例程。
- (7) 使用例程开发应用程序。

2. 硬件资源

硬件资源是分开发板制造规格 (Board manufacturing specifications)、材料清单 (Bill of materials)、原理图 (Schematic packs) 3 个方面进行介绍的。在学习开发阶段，我们会重点用到开发板的原理图，因此须要下载 STM32 Nucleo (64 pins) schematics，将其保存备用。

3. 宣传手册

宣传资料分为传单 (Flyers) 和小册子 (Brochures)。可以利用宣传手册，快速选择自己需要的开发板，同时对 STM32 Nucleo 开发板的硬件资源和软件资源有清晰的认识。



思考与练习

- (1) 选择两 three 块开发板，比较它们的外设有哪些不同。
- (2) 比较国产的 STM32 开发板和 STM32 评估板之间的区别。
- (3) 比较 Nucleo-F103RB 开发板的板载芯片 STM32F103RBT6 与国产开发板的板载芯片 STM32F103ZET6 之间的区别。
- (4) 通过 Nucleo-F103RB 开发板了解 STM32 和开发工具 STM32CubeMX、HAL 库等。
- (5) 根据学习目的选择一款适合自己的 STM32 开发板。

电子工业出版社版权所有
盗版必究

