

正点原子教你学嵌入式系统丛书

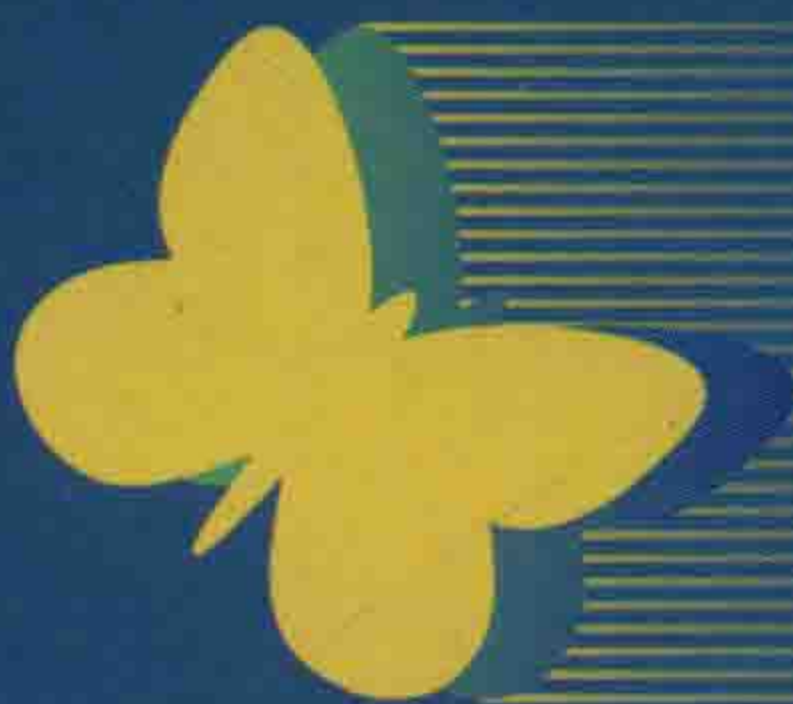
STM32F7

原理与应用

——HAL库版 **(上)**



张洋 左忠凯 刘军 编著



北京航空航天大学出版社
BEIHANG UNIVERSITY PRESS

正点原子教你学嵌入式系统丛书

STM32F7 原理与应用

——HAL 库版(上)

张洋 左忠凯 刘军 编著

北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

本套书籍以 ST 公司的 STM32F767 为目标芯片,详细介绍了 STM32F7 的特点、片内外资源的使用,并辅以 64(寄存器版本是 65 个)例程,由浅入深地介绍了 STM32F7 的使用。所有例程都经过精心编写,从原理开始介绍,到代码编写、下载验证,一步步教读者如何实现。所有源码都配有详细注释,且经过严格测试。另外,源码有生成好的 hex 文件,读者只需要通过仿真器下载到开发板即可看到实验现象,亲自体验实验过程。

套书总共分为 4 册:《STM32F7 原理与应用——寄存器版(上)》、《STM32F7 原理与应用——寄存器版(下)》、《STM32F7 原理与应用——HAL 库版(上)》和《STM32F7 原理与应用——HAL 库版(下)》。

本书是《STM32F7 原理与应用——HAL 库版(上)》,分为 3 个篇:① 硬件篇,主要介绍本书的硬件平台;② 软件篇,主要介绍 STM32F7 常用开发软件的使用以及一些下载调试的技巧,并详细介绍几个常用的系统文件(程序);③ 实战篇,通过 30 个实例(后 34 个见下册)带领读者一步步深入了解 STM32F7。

本书适合 STM32F7 初学者和自学者学习参考,对有一定经验的电子工程技术人员也具有参考价值。本书也可以作为高校电子、通信、计算机、信息等相关专业的教学参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

STM32F7 原理与应用:HAL 库版.上 / 张洋,左忠凯,
刘军编著. -- 北京:北京航空航天大学出版社,2017.6

ISBN 978-7-5124-2392-3

I. ①S… II. ①张… ②左… ③刘… III. ①微控制
器 IV. ①TP332.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 079271 号

版权所有,侵权必究。

STM32F7 原理与应用——HAL 库版(上)

张洋 左忠凯 刘军 编著

责任编辑 董立娟

*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路 37 号(邮编 100191) <http://www.buaapress.com.cn>

发行部电话:(010)82317024 传真:(010)82328026

读者信箱:emsbook@buaacm.com.cn 邮购电话:(010)82316936

涿州市新华印刷有限公司印装 各地书店经销

*

开本:710×1 000 1/16 印张:35.5 字数:799 千字

2017 年 6 月第 1 版 2017 年 6 月第 1 次印刷 印数:3 000 册

ISBN 978-7-5124-2392-3 定价:86.00 元

若本书有倒页、脱页、缺页等印装质量问题,请与本社发行部联系调换。联系电话:(010)82317024

套书序言

2014 年底,意法半导体(ST)发布了 STM32F7 系列芯片。该芯片采用 ARM 公司最近发布的最新、最强的 ARM Cortex - M7 内核,其性能约为意法半导体原有最强处理器 STM32F4(采用 ARM Cortex - M4 内核)的两倍。STM32F7 系列微控制器的工作频率高达 216 MHz,采用 6 级超标量流水线和硬件浮点单元(Floating Point Unit, FPU),测试分数高达 1 000 CoreMark。

在 ST MCU 高级市场部经理曹锦东先生的帮助下,作者有幸于 2015 年拿到了 STM32F7 的样片和评估板。STM32F7 强大的处理能力以及丰富的外设资源足以应付各种需求,在工业控制、音频处理、智能家居、物联网和汽车电子等领域,有着广泛的应用前景。其强大的 DSP 处理性能足以替代一部分 DSP 处理器,在中高端通用处理器市场有很强的竞争力。

由于 STM32F7 和 ARM Cortex - M7 公布都不久,除了 ST 官方的 STM32F7 文档和源码,网络上很少有相关的教程和代码,遇到问题时也很少有人可以讨论。作为 STM32F7 在国内较早的使用者,作者经过近两年的学习和研究,将 STM32F7 的所有资源摸索了一遍,在此过程中,发现并解决了不少 bug。为了让没接触过 STM32F7 的朋友更快、更好地掌握 STM32F7,作者设计了一款 STM32F7 开发板(阿波罗 STM32F767 开发板),并对 STM32F7 的绝大部分资源编写了例程和详细教程。这些教程浅显易懂,使用的描述语言很自然,而且图文并茂,每一个知识点都设计了一个可以运行的示例程序,非常适合初学者学习。

时至今日,书已成型,两年的时间包含了太多的心酸与喜悦,最终呈现给读者的是包括:《STM32F7 原理与应用——寄存器版(上)》、《STM32F7 原理与应用——寄存器版(下)》、《STM32F7 原理与应用——HAL 库版(上)》和《STM32F7 原理与应用——HAL 库版(下)》共 4 本书的一套书籍。这主要有以下几点考虑:

① STM32F7 的代码编写有两种方式:寄存器和 HAL 库。寄存器方式编写的代码具有精简、高效的特点,但是需要程序员对相关寄存器比较熟悉;HAL 库方式编写的代码具有简单、易用的特点,但是效率低,代码量较大。一般想深入学习了解的话,建议选择寄存器方式;想快速上手的话,建议选择 HAL 库方式。实际应用中,这两种方式都有很多朋友选择,所以分为寄存器和库函数两个版本出版。

② STM32F7 的功能十分强大,外设资源也非常丰富,因此教程篇幅也相对较大,而一本书的厚度是有限的,无法将所有内容都编到一本书上,于是分成上下两册。

由于 STM32F7 的知识点非常多,即便分成上下两册,对很多方面也没有深入探讨,需要后续继续研究,而一旦有新的内容,我们将尽快更新到开源电子网(www.openedv.com)。

STM32F7 简介

STM32F7 是 ST 公司推出的第一款基于 ARM Cortex - M7 内核的微处理器,具有 6 级流水线、硬件单/双精度浮点计算单元、L1 I/D Cache、支持 Flash 零等待运行代码、支持 DSP 指令、主频高达 216 MHz,实际性能是 STM32F4 的两倍;另外,还有 QSPI、FMC、TFTLCD 控制器、SAI、SPDIF、硬件 JPEG 编解码器等外设,资源十分丰富。

套书特色

本套书籍作为学习 STM32F7 的入门级教材,也是市面上第一套系统地介绍 STM32F7 原理和应用的教材,具有如下特色:

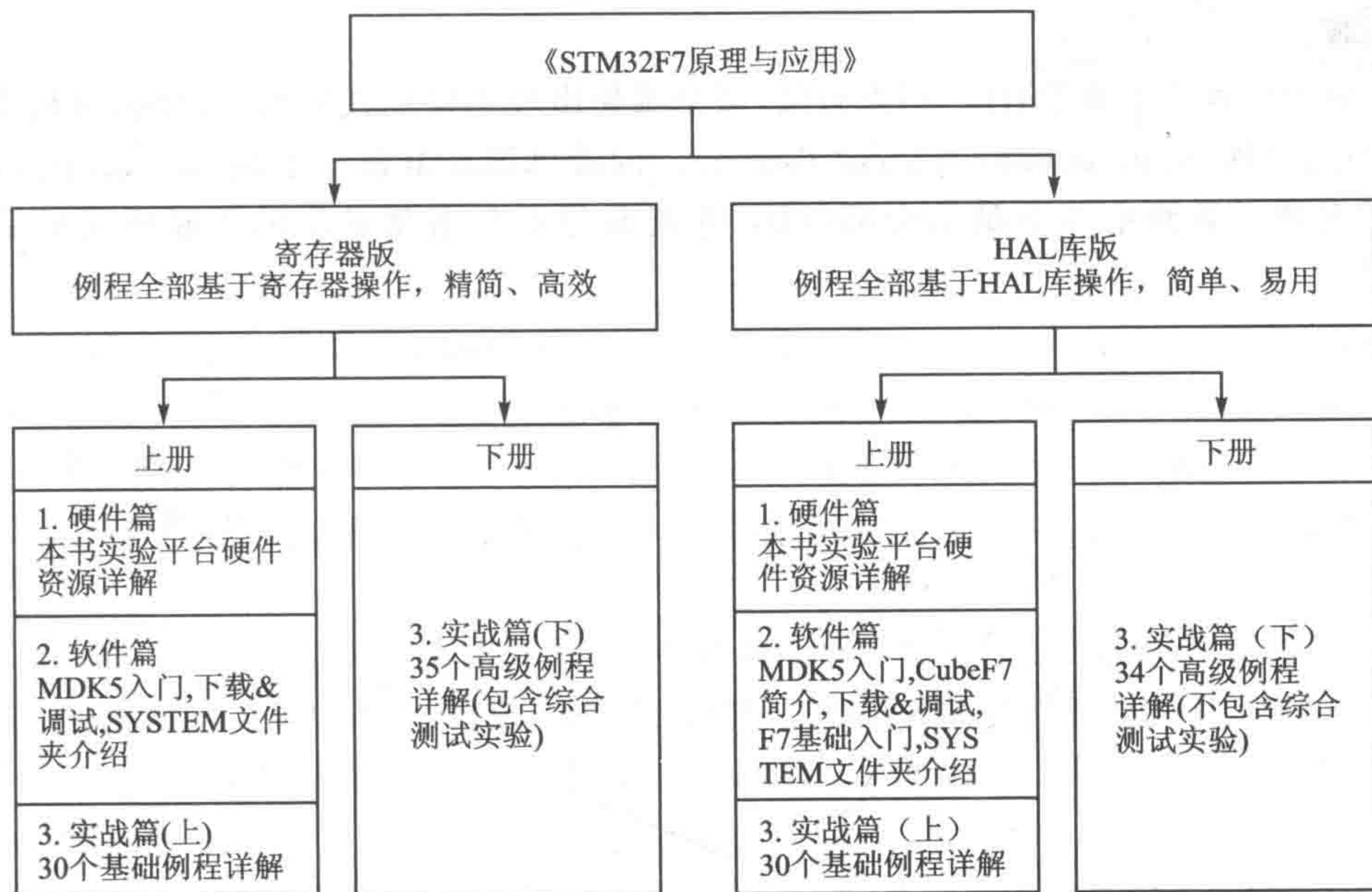
- 最新。新芯片,使用最新的 STM32F767 芯片;新编译器,使用最新的 MDK5.21 编译器;新库,基于 ST 主推的 HAL 库编写(HAL 库版)代码,不再使用标准库。
- 最全。书中包含了大量例程,基本上 STM32F7 的所有资源都有对应的实例,每个实例都从原理开始讲解→硬件设计→软件设计→结果测试,详细介绍了每个步骤,力求全面掌握各个知识点。
- 循序渐进。书本从实验平台开始→硬件资源介绍→软件使用介绍→基础知识讲解→例程讲解,一步一步地学习 STM32F7,力求做到心中有数,循序渐进。
- 由简入难。书本例程从最基础的跑马灯开始→最复杂的综合实验,由简入难,一步步深入,完成对 STM32F7 各个知识点的学习。
- 无限更新。由于书本的特殊性,无法随时更新,一旦有新知识点的教程和代码,作者都会发布在开源电子网(www.openedv.com),读者多关注即可。

套书结构

本套书籍一共分为 2 个版本,共 4 本:《STM32F7 原理与应用——寄存器版(上)》、《STM32F7 原理与应用——寄存器版(下)》、《STM32F7 原理与应用——HAL 库版(上)》和《STM32F7 原理与应用——HAL 库版(下)》。其中,寄存器版本全部基于寄存器操作,精简高效,适合深入学习和研究;HAL 库版本全部采用 HAL 库操作,简单易用,适合快速掌握和使用。上册详细介绍了实验平台的硬件、开发软件的入门和使用、新建工程、下载调试和 30 个基础例程,并且这 30 个基础例程绝大部分都是针对 STM32F7 内部一些基本外设的使用,比较容易掌握,也是灵活使用 STM32F7 的基础。对于想入门,或者刚接触 STM32F7 的朋友,上册版本是您的理想之选。下册则详细介绍了 34/35(寄存器版多了综合实验)个高级例程,针对 STM32F7 内部的一些高级外设和第三方代码(FATFS、Lwip、 μ C/OS 和音频解码库等)的使用等做了详细介绍,对学

习者要求比较高,适合对 STM32F7 有一定了解、基础比较扎实的朋友学习。

本套书籍的结构如下所示:



使用本套书籍

对于时间充足、有过单片机使用经验、对底层驱动感兴趣的朋友,建议选择寄存器版本学习。因为它全部是基于最底层的寄存器操作,对学习者要求比较高,需要较多的时间来掌握,但是学会之后,编写代码思路会清晰很多,而且代码精简,效率极高。

对于想快速入门、对底层接口兴趣不大,专注应用层软件的朋友,建议选择 HAL 库版本学习。因为它的底层驱动,全部由 ST 官方写好了,读者只须学会函数和参数的使用,就能实现对相关外设的驱动,有利于快速编写驱动代码,无须繁琐地查看寄存器,容易入门,能有更多的时间来实现应用层的功能。

对于没有学习过 STM32F7 的初学者,建议先学习上册的内容,它对 STM32F7 的软硬件开发环境进行了详细的介绍,从新建工程教起,包括 30 个 STM32F7 内部资源使用的基础例程,每个例程都有详细的解说和示例程序,非常适合初学者入门。

对于有一定单片机编程基础、对 STM32F7 有一定了解(最好学过本套书籍上册内容)、想进一步提高的朋友,推荐学习下册内容,它对 STM32F7 的一些高级外设详细介绍和参考代码,并且对第三方代码组件也有比较详细的介绍,非常适合较大工程的应用。

致 谢

感谢北京航空航天大学出版社,它的支持才让本套书籍得以和大家见面。

感谢开源电子网的网友,是他们的支持和帮助才让我一步一步走了下来,其中有一些朋友(包括周莉、刘勇财、刘海涛、李振勇、罗建、黄树乾、吴振阳、彭立峰等)还参与了

本套书籍的审校和代码审核工作, 特别感谢: 八度空间、春风、jerymy_z、yyx112358 等网友, 他们参与了本书的审校工作。是众多朋友的认真工作, 才使得本套书籍可以较早地出版。

由于作者技术水平有限, 精力有限, 书中难免出现错误和代码设计缺陷, 恳请读者批评指正(邮箱: liujun6037@foxmail.com)。读者可以在开源电子网(www.openedv.com)免费下载到本套书籍的全部源码, 并查看与本套书籍对应的不断更新的系列教程。

刘 军

2017 年 2 月于广州

前 言

作为 Cortex - M 系列通用处理器市场的最大占有者,STM32 以其优异的性能、超高的性价比、丰富的本地化教程,迅速占领了市场。ST 公司自 2007 年推出第一款 STM32 以来,先后推出了 STM32F0/F1/F2/F3/F4/F7 等系列产品,涵盖了 Cortex - M0/M3/M4/M7 等内核,总出货量超过 18 亿颗,是 ARM 公司 Cortex - M 系列内核的霸主。

STM32F7 系列是 ST 推出的基于 ARM Cortex - M7 内核的处理器,采用 6 级流水线,性能高达 5 CoreMark/MHz,在 200 MHz 工作频率下测试数据高达 1 000 CoreMark,远超此前性能最高的 STM32F4 (Cortex - M4 内核)系列 (DSP 性能超过 STM32F4 的两倍)。

STM32F76x 系列(包括 STM32F765/767/768/769 等),主要有如下优势:

- 更先进的内核,采用 Cortex - M7 内核,具有 16 KB 指令/数据 Cache,采用 ST 独有的自适应实时加速技术 (ART Accelerator),性能高达 5 CoreMark/MHz。
- 更丰富的外设,拥有高达 512 KB 的片内 SRAM,并且支持 SDRAM、带 TFTLCD 控制器、带图形加速器 (Chorme ART)、带摄像头接口 (DCMI)、带硬件 JPEG 编解码器、带 QSPI 接口、带 SAI&I²S 音频接口、带 SPDIF RX 接口、USB 高速 OTG、真随机数发生器、OTP 存储器等。
- 更高的性能,STM32F767 最高运行频率可达 216 MHz,具有 6 级流水线,带有指令和数据 Cache,大大提高了性能,性能大概是 STM32F4 的两倍。而且 STM32F76x 自带了双精度硬件浮点单元 (DFFPU),在做 DSP 处理的时候具有更好的性能。

STM32F76x 系列自带了 LCD 控制器和 SDRAM 接口,对于想要驱动大屏或需要大内存的朋友来说,是个非常不错选择;更重要的是集成了硬件 JPEG 编解码器,可以秒解 JPEG 图片,做界面的时候可以大大提高加载速度,并且可以实现视频播放。本书将以 STM32F767 为例,向大家讲解 STM32F7 的学习。

内容特点

学习 STM32F767 有几份资料经常用到:《STM32F7 中文参考手册》、《STM32F7xx 参考手册》英文版、《STM32F7 编程手册》。

其中,最常用的是《STM32F7 中文参考手册》。该文档是 ST 官方针对 STM32F74x/75x 的一份中文参考资料,里面有绝大部分寄存器的详细描述,内容翔实,但是没有实

例,也没有对 Cortex - M7 构架进行大多介绍,读者只能根据自己对书本的理解来编写相关代码。另外,对 STM32F767 特有的部分外设(比如硬件 JPEG 编解码器、DFSDM 等),则必须参考《STM32F7xx 参考手册》英文版来学习。

《STM32F7 编程手册》文档则重点介绍了 Cortex - M7 内核的汇编指令及其使用、内核相关寄存器(比如 SCB、NVIC、SYSTICK 等寄存器)是《STM32F7 中文参考手册》的重要补充。很多在《STM32F7 中文参考手册》无法找到的内容,都可以在这里找到答案,不过目前该文档没有中文版本,只有英文版。

本书将结合以上 3 份资料,从寄存器级别出发,深入浅出地向读者展示 STM32F767 的各种功能。总共配有 65 个实例,基本上每个实例均配有软硬件设计,在介绍完软硬件之后马上附上实例代码,并带有详细注释及说明,让读者快速理解代码。

这些实例涵盖了 STM32F7 的绝大部分内部资源,并且提供了很多实用级别的程序,如内存管理、NAND Flash FTL、拼音输入法、手写识别、图片解码、IAP 等。所有实例均在 MDK5.21A 编译器下编译通过,读者只须下载程序到 ALIENTEK 阿波罗 STM32 开发板即可验证实验。

读者对象

不管你是一个 STM32 初学者,还是一个老手,本书都非常适合。尤其对于初学者,本书将手把手地教你如何使用 MDK,包括新建工程、编译、仿真、下载调试等一系列步骤,让你轻松上手。本书不适用于想通过 HAL 库学习 STM32F7 的读者,因为本书的绝大部分内容都是直接操作寄存器的;如果想通过 HAL 库学习 STM32F7,可看本套书的 HAL 库版本。

配套资料

本书的实验平台是 ALIENTEK 阿波罗 STM32F7 开发板,有这款开发板的朋友可以直接拿本书配套资料上的例程在开发板上运行、验证。而没有这款开发板而又想要的朋友,可以上淘宝购买。当然,如果已有了一款自己的开发板,而又不想买再买,也是可以的,只要你的板子上有和 ALIENTEK 阿波罗 STM32F7 开发板上的相同资源(需要实验用到的),代码一般都是可以通用的,你需要做的就只是把底层的驱动函数(比如 I/O 口修改)稍做修改,使之适合你的开发板即可。

本书配套资料包括 ALIENTEK 阿波罗 STM32F7 开发板相关模块原理图(pdf 格式)、视频教程、文档教程、配套软件、各例程程序源码和相关参考资料等,所有这些资料读者都可以在 <http://www.openedv.com/thread-13912-1-1.html> 免费下载。

刘 军

2017 年 2 月于广州

目 录

第 1 篇 硬件篇

第 1 章 实验平台简介	2
1.1 ALIENTEK 阿波罗 STM32F4/F7 开发板资源初探	2
1.1.1 阿波罗 STM32 开发板底板资源	2
1.1.2 STM32F767 核心板资源	4
1.2 ALIENTEK 阿波罗 STM32F767 开发板资源说明	6
1.2.1 硬件资源说明	6
1.2.2 软件资源说明	13
1.2.3 阿波罗 I/O 引脚分配	15
第 2 章 实验平台硬件资源详解	16
2.1 开发板底板原理图详解	16
2.2 STM32F767 核心板原理图详解	35
2.3 开发板使用注意事项	42
2.4 STM32F767 学习方法	43

第 2 篇 软件篇

第 3 章 软件入门	46
3.1 MDK5 简介与安装	46
3.2 STM32CubeF7 简介	47
3.2.1 库开发与寄存器开发的关系	47
3.2.2 STM32CubeF7 固件包介绍	48
3.3 新建基于 HAL 库的工程模板和工程结构	51
3.3.1 新建基于 HAL 库工程模板	51
3.3.2 工程模板	68
3.4 程序下载与调试	75
3.4.1 STM32F7 程序下载	75
3.4.2 STM32F7 在线调试	79
3.5 MDK5 使用技巧	84
3.5.1 文本美化	84
3.5.2 语法检测 & 代码提示	87
3.5.3 代码编辑技巧	88

3.5.4 其他小技巧	92
第 4 章 STM32F7 基础知识入门	95
4.1 MDK 下 C 语言基础复习	95
4.2 STM32F7 总线架构	100
4.3 STM32F7 时钟系统	103
4.3.1 STM32F7 时钟树概述	103
4.3.2 STM32F7 时钟系统配置	107
4.3.3 STM32F7 时钟使能和配置	112
4.4 I/O 引脚复用器和映射	114
4.5 STM32 NVIC 中断优先级管理	118
4.6 HAL 库中寄存器地址名称映射分析	122
4.7 MDK 中使用 HAL 库快速组织代码技巧	125
4.8 STM32CubeMX 图形配置工具	129
4.8.1 STM32CubeMX 简介	129
4.8.2 STM32CubeMX 运行环境搭建	130
4.8.3 使用 STM32CubeMX 工具配置工程模板	133
第 5 章 SYSTEM 文件夹	146
5.1 delay 文件夹	146
5.1.1 操作系统支持宏定义及相关函数	147
5.1.2 delay_init 函数	149
5.1.3 delay_us 函数	150
5.1.4 delay_ms 函数	151
5.1.5 HAL 库延时函数 HAL_Delay	152
5.2 sys 文件夹	154
5.3 usart 文件夹	155

第 3 篇 实战篇

第 6 章 跑马灯实验	157
第 7 章 按键输入实验	176
第 8 章 串口通信实验	182
第 9 章 外部中断实验	202
第 10 章 独立看门狗(IWDG)实验	212
第 11 章 窗口看门狗(WWDG)实验	219
第 12 章 定时器中断实验	227
第 13 章 PWM 输出实验	237
第 14 章 输入捕获实验	247
第 15 章 电容触摸按键实验	261

第 16 章	OLED 显示实验	268
第 17 章	内存保护(MPU)实验	284
第 18 章	TFTLCD(MCU 屏)实验	295
第 19 章	SDRAM 实验	325
第 20 章	LTDC LCD(RGB 屏)实验	351
第 21 章	USMART 调试组件实验	387
第 22 章	RTC 实时时钟实验	398
第 23 章	硬件随机数实验	416
第 24 章	待机唤醒实验	422
第 25 章	ADC 实验	430
第 26 章	内部温度传感器实验	443
第 27 章	DAC 实验	446
第 28 章	PWM DAC 实验	456
第 29 章	DMA 实验	463
第 30 章	I ² C 实验	476
第 31 章	I/O 扩展实验	485
第 32 章	光环境传感器实验	492
第 33 章	QSPI 实验	500
第 34 章	RS485 实验	520
第 35 章	CAN 通信实验	528
参考文献	556

第 1 篇 硬件篇

实践出真知,要想学好 STM32F7,实验平台必不可少!本篇将详细介绍用来学习 STM32F7 的硬件平台——ALIENTEK 阿波罗 STM32F7 开发板,使读者了解其功能及特点。

为了让读者更好地使用 ALIENTEK 阿波罗 STM32F7 开发板,本篇还介绍了开发板一些使用时的注意事项,读者在使用开发板的时候一定要注意。

本篇将分为如下两章:

1. 实验平台简介;
2. 实验平台硬件资源详解。

第 1 章

实验平台简介

本章简要介绍我们的实验平台——ALIENTEK 阿波罗 STM32F4/F7 开发板。通过本章的学习,读者对实验平台有个大概了解,为后面的学习做铺垫。

1.1 ALIENTEK 阿波罗 STM32F4/F7 开发板资源初探

ALIENTEK 之前总共推出过 4 款开发板:mini 板、精英板、战舰板和探索板,前 3 款均为 STM32F1 系列开发板,探索板为 STM32F407 开发板。这几款开发板常年稳居淘宝销量前茅,累计出货超过 8 万套。这款阿波罗开发板是 ALIENTEK 推出的第二款 Cortex - M4(F429)开发板和第一款 Cortex - M7(F767)开发板,采用核心板+底板的形式。当使用 STM32F767 的核心板时,它就是一款 STM32F767 开发板。当使用 STM32F429 核心板时,它就是一款 STM32F429 开发板。接下来分别介绍阿波罗 STM32 开发板的底板和核心板。

1.1.1 阿波罗 STM32 开发板底板资源

首先来看阿波罗 STM32 开发板的底板资源图,如图 1.1.1 所示。可以看出,阿波罗 STM32 开发板底板资源十分丰富,把 STM32F429/F767 的内部资源发挥到了极致,基本所有 STM32F429/F767 的内部资源都可以在此开发板上验证;同时,扩充了丰富的接口和功能模块,整个开发板显得十分大气。

开发板的外形尺寸为 121 mm×160 mm 大小,板子的设计充分考虑了人性化设计,并结合 ALIENTEK 多年的 STM32 开发板设计经验,经过多次改进,最终确定了这样的设计。

ALIENTEK 阿波罗 STM32 开发板底板板载资源如下:

- 一个核心板接口,支持 STM32F429/F767 等核心板;
- 一个电源指示灯(蓝色);
- 二个状态指示灯(DS0:红色,DS1:绿色);
- 一个红外接收头,并配备一款小巧的红外遥控器;
- 一个 9 轴(陀螺仪+加速度+磁力计)传感器芯片 MPU9250;
- 一个高性能音频编解码芯片 WM8978;
- 一个无线模块接口,支持 NRF24L01 无线模块;

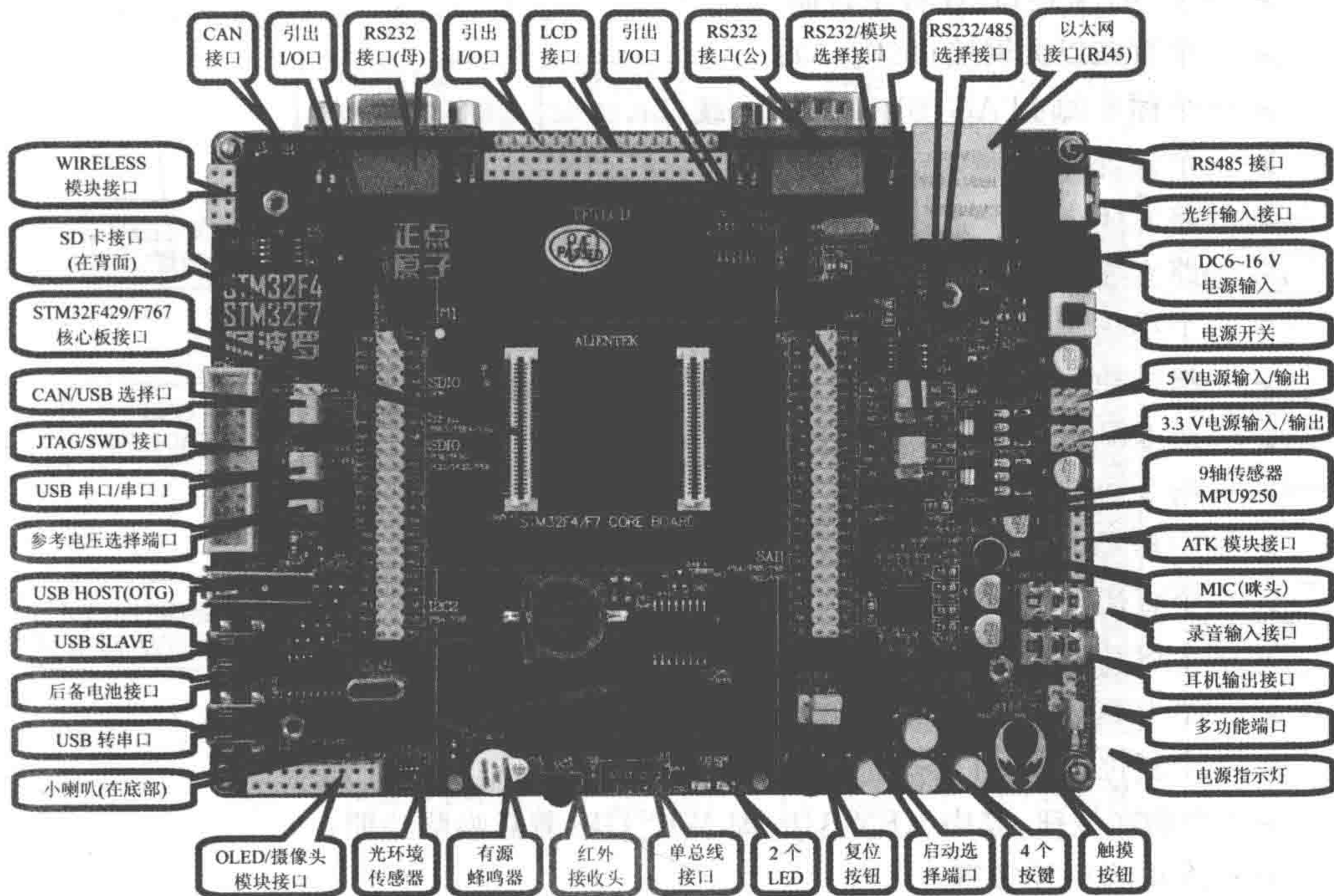


图 1.1.1 阿波罗 STM32 开发板底板资源图

- 一路光纤输入接口(音频,仅 F7 支持);
- 一路 CAN 接口,采用 TJA1050 芯片;
- 一路 485 接口,采用 SP3485 芯片;
- 2 路 RS232 串口(一公一母)接口,采用 SP3232 芯片;
- 一路单总线接口,支持 DS18B20、DHT11 等单总线传感器;
- 一个 ATK 模块接口,支持 ALIENTEK 蓝牙、GPS、MPU6050、RGB 灯模块;
- 一个光环境传感器(光照、距离、红外三合一);
- 一个标准的 2.4、2.8、3.5、4.3、7 寸 LCD 接口,支持电阻、电容触摸屏;
- 一个摄像头模块接口;
- 一个 OLED 模块接口;
- 一个 USB 串口,可用于程序下载和代码调试(USART 调试);
- 一个 USB SLAVE 接口,用于 USB 从机通信;
- 一个 USB HOST(OTG)接口,用于 USB 主机通信;
- 一个有源蜂鸣器;
- 一个 RS232/RS485 选择接口;
- 一个 RS232/模块选择接口;
- 一个 CAN/USB 选择接口;
- 一个串口选择接口;

- 一个 SD 卡接口(在板子背面);
- 一个百兆以太网接口(RJ45);
- 一个标准的 JTAG/SWD 调试下载口;
- 一个录音头(MIC/咪头);
- 一路立体声音频输出接口;
- 一路立体声录音输入接口;
- 一个小扬声器(在板子背面);
- 一组多功能端口(DAC、ADC、PWM DAC、AUDIO IN、TPAD);
- 一组 5 V 电源供应/接入口;
- 一组 3.3 V 电源供应/接入口;
- 一个参考电压设置接口;
- 一个直流电源输入接口(输入电压范围:DC6~24 V);
- 一个启动模式选择配置接口;
- 一个 RTC 后备电池座,并带电池;
- 一个复位按钮,可用于复位 MCU 和 LCD;
- 4 个功能按钮,其中 KEY_UP(即 WK_UP)兼具唤醒功能;
- 一个电容触摸按键;
- 一个电源开关,控制整个板的电源;
- 独创的一键下载功能;
- 引出 110 个 I/O 口。

ALIENTEK 阿波罗 STM32 开发板底板的特点包括:

① 接口丰富。板子提供十来种标准接口,可以方便地进行各种外设的实验和开发。

② 设计灵活。采用核心板+底板形式,一款底板可以学习多款 MCU,减少重复投资;板上很多资源都可以灵活配置,以满足不同条件下的使用;引出了 110 个 I/O 口,方便读者扩展及使用。板载一键下载功能可避免频繁设置 B0、B1 的麻烦,仅通过一根 USB 线即可实现 STM32 的开发。

③ 资源丰富。板载高性能音频编解码芯片、9 轴传感器、百兆网卡、光环境传感器以及各种接口芯片,满足各种应用需求。

④ 人性化设计。各个接口都有丝印标注,且用方框框出,使用起来一目了然;部分常用外设用大丝印标出,方便查找;接口位置设计合理,方便顺手,资源搭配合理,物尽其用。

1.1.2 STM32F767 核心板资源

接下来看 STM32F767 核心板资源图,如图 1.1.2 所示。可以看出,STM32F767 核心板的板载资源十分丰富,可以满足各种应用的需求,完全可以独立使用。整个核心板的外形尺寸为 65 mm×45 mm 大小,非常小巧,并且,采用了贴片板对板连接器,使得

其可以很方便地应用在各种项目上。

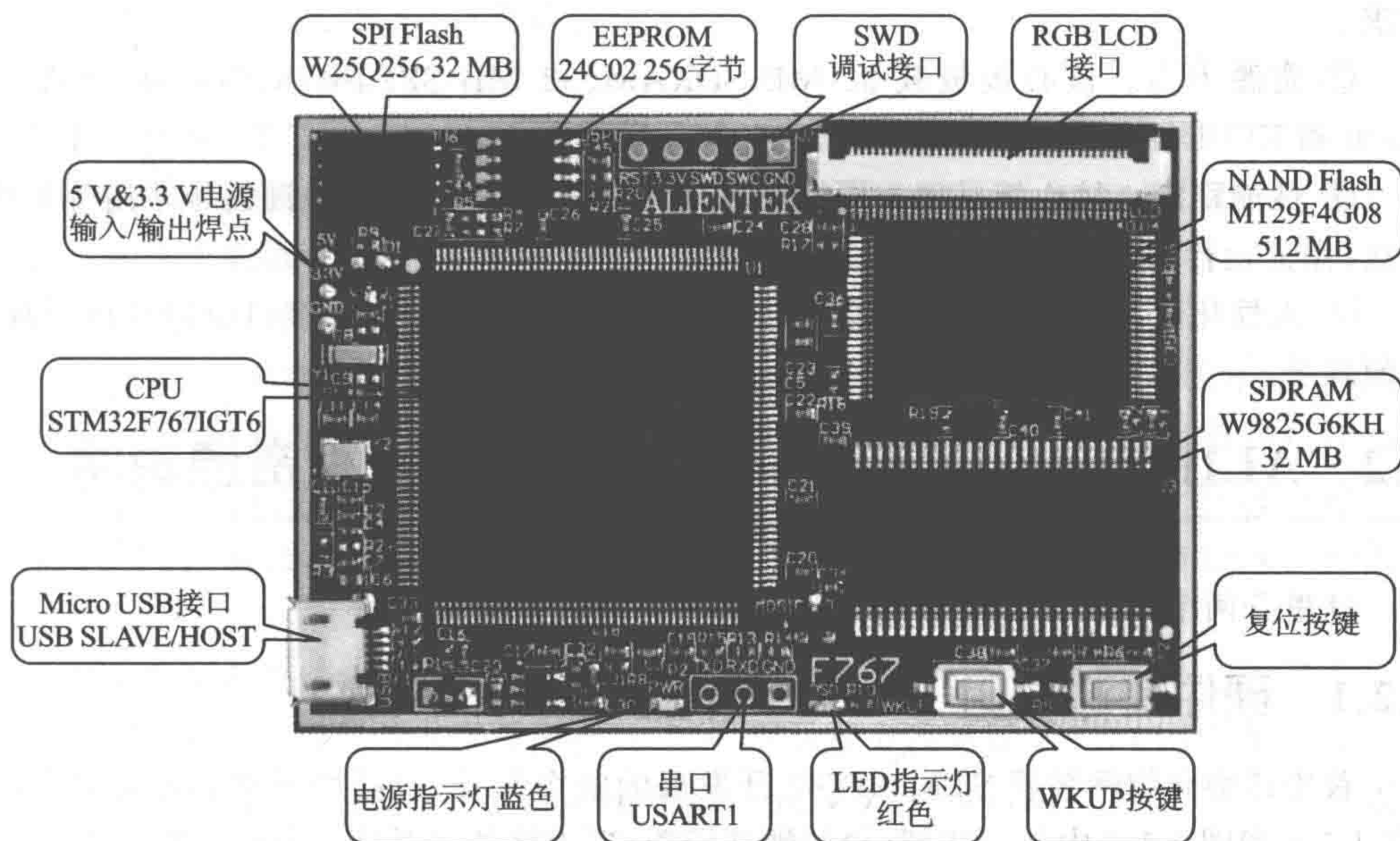


图 1.1.2 STM32F767 核心板资源图

ALIENTEK STM32F767 核心板板载资源如下：

- CPU: STM32F767IGT6, LQFP176, Flash: 1 024 KB, SRAM: 512 KB;
- 外扩 SDRAM: W9825G6KH, 32 MB;
- 外扩 NAND Flash: MT29F4G08, 512 MB;
- 外扩 SPI Flash: W25Q256, 32 MB;
- 外扩 EEPROM: 24C02, 256 字节;
- 2 个板对板接口(在底部), 引出 110 个 I/O, 方便接入各种底板;
- 一个 5 V & 3.3 V 焊点, 支持外接电源或输出电源给外部;
- 一个 Micro USB 接口, 可作 USB SLAVE/HOST(OTG)使用;
- 一个电源指示灯(蓝色);
- 一个状态指示灯(红色);
- 一个 TTL 串口(USART1);
- 一个复位按钮, 可用于复位 MCU 和 LCD;
- 一个功能按钮, WKUP, 可以用作 MCU 唤醒;
- 一个 RGB LCD 接口, 支持 RGB 接口的 LCD 屏(RGB565 格式);
- 一个 SWD 调试接口。

ALIENTEK STM32F767 核心板的特点包括：

- ① 体积小巧。核心板仅 65 mm × 45 mm 大小, 方便使用到各种项目里面。
- ② 接口丰富。核心板自带了串口、SWD 调试接口、RGB LCD 屏接口、USB 接口