

正点原子教你学嵌入式系列丛书

# 原子教你玩

## STM32 库函数版

第2版

张洋 刘军 严汉宇 左忠凯 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列丛书

# 原子教你玩 STM32 (库函数版) (第2版)

张 洋 刘 军 严汉字 左忠凯 编著

北京航空航天大学出版社

## 内 容 简 介

《原子教你玩 STM32》有两个版本:库函数版本和寄存器版本。本书为库函数版本,由浅入深,带领大家进入 STM32 的世界。本书总共分为 3 篇:①硬件篇,主要介绍本书的实验平台;②软件篇,主要介绍 STM32 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,详细介绍 41 个实例,从最简单的开始,循序渐进,带领大家慢慢掌握 STM32。每个实例均配有软硬件设计,且附上实例代码以及详细注释,方便读者快速理解。本书是再版书,相比第 1 版,主要对硬件平台、开发环境、SYSTEM 文件夹以及相关例程进行了更新。

本书配套资料可以供读者免费下载,包括视频教程,详细原理图以及所有实例的完整代码。这些代码都有详细的注释,所有源码都经过严格测试;另外,源码有生成好的 hex 文件,读者只需要通过串口下载到开发板即可看到实验现象,从而亲自体验实验过程。

本书不仅非常适合广大学生和电子爱好者学习 STM32,其大量的实验以及详细的解说也是公司产品开发者的不二参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

原子教你玩 STM32:库函数版 / 张洋等编著. -- 2  
版. -- 北京:北京航空航天大学出版社,2015.11

ISBN 978-7-5124-1931-5

I. ①原… II. ①张… III. ①微控制器-基本知识  
IV. ①TP332.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 263225 号

版权所有,侵权必究。

### 原子教你玩 STM32(库函数版)(第 2 版)

张 洋 刘 军 严汉宇 左忠凯 编著

责任编辑 董立娟 张耀军

\*

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:37.25 字数:794 千字

2015 年 11 月第 2 版 2015 年 11 月第 1 次印刷 印数:4 000 册

ISBN 978-7-5124-1931-5 定价:79.00 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

# 第 2 版前言

本书第 1 版自 2013 年发布以来,深得广大网友的喜爱,同时也提出了很多建设性意见,对此深表感谢。考虑到开发板的更新,特此进行了再版,相比第 1 版,本书主要做了以下几点更新:

## (1) 硬件平台的变更

本书针对的硬件平台是 ALIENTEK 战舰 STM32 开发板 V3.0 及以后版本(注意,本书提到的战舰 STM32 开发板均指战舰 V3 STM32 开发板),设计更合理。本书大部分例程在 V3.0 之前的开发板上均能直接使用,部分例程得做适当修改才可以在之前版本使用。V3.0 平台与之前平台的资源变更明细详见本书 1.3 节。

## (2) 开发环境的变更

本书采用 MDK 最新的集成开发环境 MDK5.14 作为 STM32 的开发环境,而之前版本采用的是 MDK3.80A 开发环境。

## (3) 例程变更

ALIENTEK 战舰 STM32 开发板 V3.0 在原来版本上删减了一些不常用的功能(收音机/PS2 接口等),增加了常用的网卡等外设,所以例程也有所变更,详见 1.2.2 小节。

作者力求将本书的内容写好,由于时间有限,书中难免会有出错的地方,欢迎读者指正,作者邮箱:389063473@qq.com,也可以去 [www.openedv.com](http://www.openedv.com) 论坛给作者留言,在此先向各位读者表示诚挚的感谢!

张 洋  
2015 年 9 月

# 第 1 版前言

## 本书的由来

2011 年, ALIENTEK 工作室同北航出版社合作, 出版发行了《例说 STM32》。该书由刘军(网名: 正点原子)编写, 自发行以来, 广受读者好评, 更是被 ST 官方作为学习 STM32 的推荐书本。

《原子教你玩 STM32》在《例说 STM32》的基础上使用全新的开发平台, 新增了很多例程, 规范了代码编写, 并根据之前读者的反应, 分为库函数版本(本书为库函数版本)和寄存器版本两个版本, 以适合不同使用人群的需要。

库函数版本代码的底层驱动绝大部分采用 ST 提供的库函数(V3.5 版)实现, 具有简单、方便的特点, 对于偏软件、对硬件不太了解的读者比较适用。寄存器版本代码底层驱动绝大部分是直接操作寄存器实现的, 具有高效、快速的特点, 对于喜欢底层或者刚从 51、AVR 等单片机转型过来学习 ARM 的朋友比较适用。不管哪种方式, 都可以用来很好地学习和使用 STM32, 大家根据自己的喜欢选择即可。

## STM32 的优势

与 ARM7 相比, STM32 采用 Cortex-M3 内核。Cortex-M3 采用 ARMV7(哈佛)构架(注意: ARM7 采用的是 ARMV4T(冯·诺依曼)架构), 不仅支持 Thumb-2 指令集, 而且拥有很多新特性。较之 ARM7 TDMI, Cortex-M3 拥有更强劲的性能、更高的代码密度、位带操作、可嵌套中断、低成本、低功耗等众多优势。

与 51 单片机相比, STM32 在性能方面则是完胜。STM32 内部 SRAM 比很多 51 单片机的 FLASH 还多; 其他外设就不比较了, STM32 具有绝对优势。另外, STM32 最低个位数的价格, 与 51 相比也是相差无几, 因此 STM32 可以称得上是性价比之王。

现在, ST 又推出了 STM32F0(Cortex-M0)、STM32F2(STM32F1 系列的增强版)、STM32F3/F4(Cortex-M4)等芯片满足各种应用需求。本书仅对目前使用的最多、最广泛的 STM32F1 系列进行介绍。

## 如何学习 STM32

STM32 与一般单片机/ARM7 最大的不同, 就是它的寄存器特多, 在我们开发过程中, 很难全部都记下来, 所以 ST 官方根据规范提供了一整套库函数源码, 我们直接操作库函数便可达到操作寄存器的目的。这样就可以摆脱直接操作寄存器的麻烦, 大

大缩短了学习时间,节省了开发成本。但是对于 STM32 这种处理器,了解一些底层知识必不可少,否则就像空中楼阁没有根基。对于学习 STM32,推荐 3 份不错的中文资料供参考:《STM32 参考手册》中文版 V10.0、《ARM Cortex-M3 权威指南》中文版(宋岩译)以及 STM32F10x\_StdPeriph\_Driver\_3.5.0(中文版).chm。

《STM32 参考手册》中文版 V10.0 是 ST 官方针对 STM32 的一份通用参考资料,包含了所有寄存器的描述和使用,内容翔实,但是没有实例,也没有对 Cortex-M3 内核进行过多介绍,读者只能根据自己对书本的理解来编写相关代码。

《ARM Cortex-M3 权威指南》中文版是专门介绍 Cortex-M3 的书,有简短的实例,但没有专门针对 STM32 的介绍。所以,在学习 STM32 的时候,必须结合这份资料来看。

STM32F10x\_StdPeriph\_Driver\_3.5.0(中文版).chm 是 ST 官方提供的固件库 V3.5 的使用说明文档,对库函数使用方法讲解比较详实,开发过程中经常会查阅此文档。

结合这 3 份资料,再通过本书的实例,循序渐进,你就可以很快上手 STM32。当然,学习的关键还是在于实践,光看不练是没什么效果的。所以建议读者在学习的时候,一定要自己多练习、多编写属于自己的代码,这样才能真正掌握 STM32。

### 本书的内容

本书结合《STM32 参考手册》和《ARM Cortex-M3 权威指南》两者的优点,并从库函数级别出发,深入浅出,向读者介绍 STM32 各种资源的使用。

总共分为 3 篇:

硬件篇,包括第 1、2 章,详细介绍本书的实验平台及其资源。

软件篇,包括第 3~5 章,主要介绍 STM32 开发软件的使用以及一些下载调试的技巧,并详细介绍了几个常用的系统文件(程序)。

实战篇,包括第 6~54 章,详细介绍了 49 个实例,从最简单的开始,循序渐进,带领大家慢慢掌握 STM32。基本上每个实例均配有软硬件设计,并且附上实例代码及详细注释及说明,方便读者快速理解代码。

这 49 个实例涵盖了 STM32 的绝大部分内部资源,并且提供很多实用级别的程序,如内存管理、拼音输入法、手写识别、图片解码、IAP、 $\mu$ IP、 $\mu$ C/OS-II 等。所有实例在 MDK3.80A 编译器下编译通过,大家只须下载程序到本书的实验平台(ALIENTEK 战舰 STM32 开发板)即可验证实验。本书的最后一个实验(综合实验),是一个比较完善的系统,可玩性极高,具有很高的参考和实用价值。

### 本书适合的读者群

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。

### 本书配套资源

本书的实验平台是 ALIENTEK 战舰 STM32 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 ALIENTEK 战舰 STM32 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(一般是 IO 操作)稍做修改,使之适合你的开发板即可。

我们的交流方式如下:

技术论坛: [www.openedv.com](http://www.openedv.com)

官网: [www.alientek.com](http://www.alientek.com)

官方店铺: <http://eboard.taobao.com>

邮箱: [xingyidianzi@foxmail.com](mailto:xingyidianzi@foxmail.com)

有任何问题的读者都可以登录论坛或发邮件与我们交流,本书配备的所有资料也可以到该网站下载。

### 致 谢

感谢刘军、严汉宇对本书的大力支持,他们参与了本书部分内容的编写,本书的发行少不了他们的努力和付出。

另外,特别感谢北京航空航天大学出版社的编辑在本书出版过程中给予作者的指导和大力支持。

编 者

2013.2.10



## 第1篇 硬件篇

第1章	实验平台简介	2
1.1	ALIENTEK 战舰 STM32F103 资源初探	2
1.2	ALIENTEK 战舰 STM32F103 资源说明	4
1.2.1	硬件资源说明	4
1.2.2	软件资源说明	10
1.2.3	I/O 引脚分配	11
第2章	实验平台硬件资源详解	13
2.1	开发板原理图详解	13
2.2	开发板使用注意事项	31
2.3	STM32F103 学习方法	32

## 第2篇 软件篇

第3章	MDK5 软件入门	35
3.1	STM32 官方固件库简介	35
3.1.1	库开发与寄存器开发的关系	35
3.1.2	STM32 固件库与 CMSIS 标准讲解	36
3.1.3	STM32 官方库包介绍	38
3.2	MDK5 简介	41
3.3	新建基于固件库的 MDK5 工程模板	42
3.4	程序下载与调试	56
3.4.1	STM32 软件仿真	56
3.4.2	STM32 串口程序下载	62
3.4.3	JTAG/SWD 程序下载和调试	67
3.5	MDK5 使用技巧	71

3.5.1	文本美化	72
3.5.2	语法检测 & 代码提示	75
3.5.3	代码编辑技巧	76
3.5.4	其他小技巧	78
第4章	STM32 开发基础知识入门	80
4.1	MDK 下 C 语言基础复习	80
4.2	STM32 系统架构	85
4.3	STM32 时钟系统	86
4.4	端口复用和重映射	90
4.5	STM32 NVIC 中断优先级管理	92
4.6	MDK 中寄存器地址名称映射分析	96
4.7	MDK 固件库快速组织代码技巧	98
第5章	SYSTEM 文件夹介绍	104
5.1	delay 文件夹代码介绍	104
5.1.1	操作系统支持宏定义及相关函数	105
5.1.2	delay_init 函数	107
5.1.3	delay_us 函数	108
5.1.4	delay_ms 函数	110
5.2	sys 文件夹代码介绍	111
5.3	usart 文件夹介绍	113
5.3.1	printf 函数支持	113
5.3.2	uart_init 函数	114
5.3.3	USART1_IRQHandler 函数	116

## 第3篇 实战篇

第6章	跑马灯实验	120
-----	-------	-----



第7章 按键输入实验 .....	134	实验.....	361
第8章 串口实验 .....	141	第30章 6轴传感器 MPU6050 实验	
第9章 外部中断实验 .....	149	.....	368
第10章 独立看门狗(IWDG)实验		第31章 Flash 模拟 EEPROM 实验	
.....	155	.....	387
第11章 窗口看门狗(WWDG)实验		第32章 摄像头实验.....	397
.....	159	第33章 外部 SRAM 实验 .....	411
第12章 定时器中断实验.....	164	第34章 内存管理实验.....	418
第13章 PWM 输出实验 .....	172	第35章 SD 卡实验 .....	427
第14章 输入捕获实验.....	179	第36章 FATFS 实验 .....	449
第15章 TFTLCD 显示实验 .....	188	第37章 汉字显示实验.....	462
第16章 USMART 调试组件实验		第38章 图片显示实验.....	476
.....	216	第39章 音乐播放器实验.....	487
第17章 RTC 实时时钟实验 .....	227	第40章 串口 IAP 实验 .....	500
第18章 待机唤醒实验.....	241	第41章 USB 虚拟串口实验 .....	513
第19章 ADC 实验 .....	248	第42章 USB 读卡器实验 .....	525
第20章 光敏传感器实验.....	260	第43章 网络通信实验.....	530
第21章 DAC 实验 .....	263	第44章 $\mu\text{C}/\text{OS}-\text{II}$ 实验 1——任务	
第22章 DMA 实验 .....	272	调度.....	548
第23章 IIC 实验 .....	282	第45章 $\mu\text{C}/\text{OS}-\text{II}$ 实验 2——信号	
第24章 SPI 实验 .....	291	量和邮箱.....	558
第25章 RS485 实验 .....	301	第46章 $\mu\text{C}/\text{OS}-\text{II}$ 实验 3——消息	
第26章 CAN 通信实验 .....	307	队列、信号量集和软件定时	
第27章 触摸屏实验.....	332	器.....	567
第28章 红外遥控实验.....	354	参考文献 .....	583
第29章 DS18B20 数字温度传感器			

# 第 1 篇 硬件篇

---

实践出真知,要想学好 STM32,实验平台必不可少。本篇将详细介绍我们用来学习 STM32 的硬件平台:ALIENTEK 战舰 STM32 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 战舰 STM32 开发板,本篇还介绍了开发板的一些注意事项。

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 战舰 STM32F103。通过本章的学习,读者将对实验平台有个大概了解,为后面的学习做铺垫。

### 1.1 ALIENTEK 战舰 STM32F103 资源初探

自从 2012 年上市以来,ALIENTEK 战舰 STM32F103 开发板广受客户好评,并常年稳居淘宝 STM32 系列开发板销量冠军,总销量超过 2W 套。最新的战舰 STM32F103 V3.0 开发板是根据广大客户反馈,在原有战舰板的基础上改进而来(具体改变见 1.3 节)。ALIENTEK 战舰 STM32F103 V3.0 的资源图如图 1.1.1 所示。可以看出,ALIENTEK 战舰 STM32F103 资源十分丰富,并把 STM32F103 的内部资源发挥到了极致,基本所有 STM32F103 的内部资源都可以在此开发板上验证,同时扩充丰富的接口和功能模块,整个开发板显得十分大气。

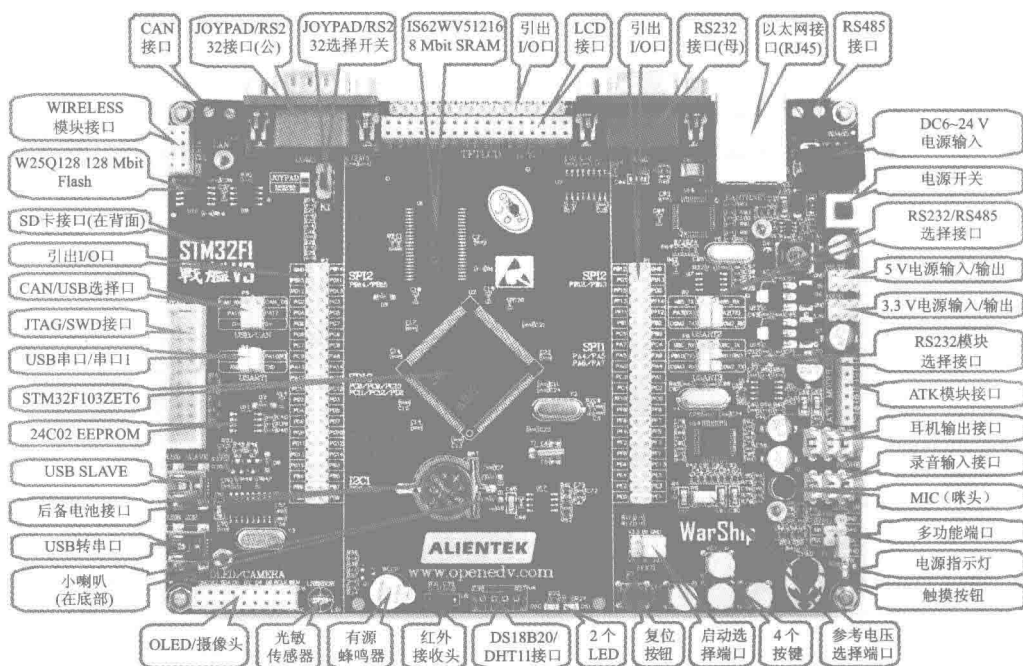


图 1.1.1 战舰 STM32F103 资源图

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,同时听取了很多网友以及客户的建议,经过多次改进,最终确定了这样的设计。

ALIENTEK 战舰 STM32F103 板载资源如下:

- ◆ CPU:STM32F103ZET6,LQFP144,Flash:512 KB,SRAM:64 KB;
- ◆ 外扩 SRAM:IS62WV51216,1 MB;
- ◆ 外扩 SPI Flash:W25Q128,16 MB;
- ◆ 一个电源指示灯(蓝色);
- ◆ 2 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 EEPROM 芯片,24C02,容量 256 字节;
- ◆ 一个板载扬声器(在底面,用于音频输出);
- ◆ 一个光敏传感器;
- ◆ 一个高性能音频编解码芯片,VS1053;
- ◆ 一个无线模块接口(可接 NRF24L01/RFID 模块等);
- ◆ 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;
- ◆ 一个游戏手柄接口(与公头串口共用 DB9 口),可接插 FC(红白机)游戏手柄;
- ◆ 一路数字温湿度传感器接口,支持 DS18B20/DHT11 等;
- ◆ 一个 ATK 模块接口,支持 ALIENTEK 蓝牙/GPS 模块/MPU6050 模块等;
- ◆ 一个标准的 2.4/2.8/3.5 寸 LCD 接口,支持触摸屏;
- ◆ 一个摄像头模块接口;
- ◆ 一个 OLED 模块接口(与摄像头接口共用);
- ◆ 一个 USB 串口,可用于程序下载和代码调试(USMART 调试);
- ◆ 一个 USB SLAVE 接口,用于 USB 通信;
- ◆ 一个有源蜂鸣器;
- ◆ 一个游戏手柄/RS232 选择开关;
- ◆ 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,SDIO 接口);
- ◆ 一个 10M/100M 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:6~24 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 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；
- ◆ 除晶振占用的 I/O 口外,其余所有 I/O 口全部引出。

ALIENTEK 战舰 STM32F103 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。板上很多资源都可以灵活配置,以满足不同条件下的使用。我们引出了除晶振占用的 I/O 口外的所有 I/O 口,可以极大地方便读者扩展及使用。另外,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 资源充足。主芯片采用自带 512 KB Flash 的 STM32F103ZET6,并外扩 1 MB SRAM 和 16 MB Flash,满足大内存需求和大数据存储。板载高性能音频编解码芯片、双 RS232 串口、百兆网卡、光敏传感器以及各种接口芯片,从而满足各种应用需求。
- 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;接口位置设计安排合理,方便顺手。资源搭配合理,物尽其用。

## 1.2 ALIENTEK 战舰 STM32F103 资源说明

### 1.2.1 硬件资源说明

这里详细介绍战舰 STM32F103 各个部分(图 1.1.1 中的标注部分)的硬件资源,我们将按逆时针的顺序依次介绍。

#### (1) WIRELESS 模块接口

这是开发板板载的无线模块接口(U4),可以外接 NRF24L01/RFID 等无线模块,

从而实现无线通信等功能。注意:接 NRF24L01 模块进行无线通信的时候,必须同时有 2 个模块和 2 个板子,才可以测试,单个模块/板子例程是不能测试的。

### (2) W25Q128 128 Mbit Flash

这是开发板外扩的 SPI Flash 芯片(U10),容量为 128 Mbit,也就是 16 MB,可用于存储字库和其他用户数据,满足大容量数据存储要求。当然如果觉得 16 MB 还不够用,你可以把数据存放在外部 SD 卡。

### (3) SD 卡接口

这是开发板板载的一个标准 SD 卡接口(SD\_CARD),该接口在开发板的背面,采用大 SD 卡接口(即相机卡,也可以是 TF 卡+卡套的形式),SDIO 方式驱动。有了这个 SD 卡接口,就可以满足海量数据存储的需求。

### (4) 引出 I/O 口(总共有 3 处)

这是开发板 I/O 引出端口,总共有 3 组主 I/O 引出口:P1、P2 和 P3。其中,P1 和 P2 分别采用 2×22 排针引出,总共引出 86 个 I/O 口,P3 采用 1×16 排针,按顺序引出 FSMC\_D0~D15 这 16 个 I/O 口。而 STM32F103ZET6 总共只有 112 个 I/O,除去 RTC 晶振占用的 2 个 I/O,还剩下 110 个,前面 3 组排针总共引出 102 个 I/O,剩下的分别通过 P4、P7、P8 和 P9 引出。

### (5) CAN/USB 选择口

这是一个 CAN/USB 的选择接口(P9),因为 STM32 的 USB 和 CAN 共用一组 I/O (PA11 和 PA12),所以通过跳线帽来选择不同的功能,以实现 USB/CAN 的实验。

### (6) JTAG/SWD 接口

这是 ALIENTEK 战舰 STM32F103 板载的 20 针标准 JTAG 调试口(JTAG),直接可以和 ULINK、JLINK 或者 STLINK 等调试器(仿真器)连接。同时由于 STM32 支持 SWD 调试,这个 JTAG 口也可以用 SWD 模式来连接。

用标准的 JTAG 调试,需要占用 5 个 I/O 口,有些时候可能造成 I/O 口不够用,而用 SWD 则只需要 2 个 I/O 口,大大节约了 I/O 数量,但它们达到的效果是一样的,所以建议仿真器使用 SWD 模式!

### (7) USB 串口/串口 1

这是 USB 串口同 STM32F103ZET6 的串口 1 进行连接的接口(P4)。标号 RXD 和 TXD 是 USB 转串口的 2 个数据口(对 CH340G 来说),而 PA9(TXD)和 PA10(RXD)则是 STM32 的串口 1 的两个数据口(复用功能下)。它们通过跳线帽对接就可以和连接在一起了,从而实现 STM32 的程序下载以及串口通信。

设计成 USB 串口是出于现在计算机上串口正在消失,尤其是笔记本,几乎清一色的没有串口。所以板载了 USB 串口可以方便读者下载代码和调试。而板子上并没有直接连接在一起,则是出于使用方便的考虑。这样设计就可以把 ALIENTEK 战舰 STM32F103 当成一个 USB 转 TTL 串口来和其他板子通信,而其他板子的串口也可以方便地接到 ALIENTEK 战舰 STM32F103 上。

## (8) STM32F103ZET6

这是开发板的核心芯片(U2),型号为 STM32F103ZET6。该芯片具有 64 KB SRAM、512 KB Flash、2 个基本定时器、4 个通用定时器、2 个高级定时器、2 个 DMA 控制器(共 12 个通道)、3 个 SPI、2 个 IIC、5 个串口、一个 USB、一个 CAN、3 个 12 位 ADC、一个 12 位 DAC、一个 SDIO 接口、一个 FSMC 接口以及 112 个通用 I/O 口。

## (9) 24C02 EEPROM

这是开发板板载的 EEPROM 芯片(U11),容量为 2 kbit,也就是 256 字节,用于存储一些掉电不能丢失的重要数据,比如系统设置的一些参数/触摸屏校准数据等。有了这个就可以方便地实现掉电数据保存。

## (10) USB SLAVE

这是开发板板载的一个 MiniUSB 头(USB\_SLAVE),用于 USB 从机(SLAVE)通信,一般用于 STM32 与计算机的 USB 通信。通过此 MiniUSB 头,开发板就可以和计算机进行 USB 通信了。

开发板总共板载了 2 个 MiniUSB 头,一个(USB\_232)用于 USB 转串口,连接 CH340G 芯片;另外一个(USB\_SLAVE)用于 STM32 内带的 USB。同时开发板可以通过此 MiniUSB 头供电,板载两个 MiniUSB 头(不共用)主要是考虑了使用的方便性以及可以给板子提供更大的电流(两个 USB 都接上)这两个因素。

## (11) 后备电池接口

这是 STM32 后备区域的供电接口(BAT),可安装 CR1220 电池(默认安装了),可以用来给 STM32 的后备区域提供能量;在外部电源断电的时候,维持后备区域数据的存储以及 RTC 的运行。

## (12) USB 转串口

这是开发板板载的另外一个 MiniUSB 头(USB\_232),用于 USB 连接 CH340G 芯片,从而实现 USB 转 TTL 串口。同时,此 MiniUSB 接头也是开发板电源的主要提供口。

## (13) 小喇叭

这是开发板自带的一个  $8\ \Omega\ 2\ W$  的小喇叭,安装在开发板的背面,并带了一个小音箱,可以用来播放音频。该喇叭由 HT6872 单声道 D 类功放 IC 驱动,最大输出功率可达 2 W。

特别注意:HT6872 受 VS1053 的 GPIO4 控制,必须程序上控制 VS1053 的 GPIO4 输出 1,才可以控制 HT6872 工作,从而听到声音。默认条件下(GPIO4=0)HT6872 是关闭的。

## (14) OLED/摄像头模块接口

这是开发板板载的一个 OLED/摄像头模块接口(P6),如果是 OLED 模块,靠左插即可(右边两个孔位悬空)。如果是摄像头模块(ALIENTEK 提供),则刚好插满。通过这个接口可以分别连接 2 种外部模块,从而实现相关实验。

### (15) 光敏传感器

这是开发板板载的一个光敏传感器(LS1),通过该传感器,开发板可以感知周围环境光线的变化,从而可以实现类似自动背光控制的应用。

### (16) 有源蜂鸣器

这是开发板的板载蜂鸣器(BEEP),可以实现简单的报警/闹铃等功能。

### (17) 红外接收头

这是开发板的红外接收头(U8),可以实现红外遥控功能。通过这个接收头,可以接收市面上常见的各种遥控器的红外信号,读者甚至可以自己实现万能红外解码。当然,如果应用得当,该接收头也可以用来传输数据。

战舰 STM32F103 配备了一个小巧的红外遥控器,外观如图 1.2.1 所示。



图 1.2.1 红外遥控器

### (18) DS18B20/DHT11 接口

这是开发板的一个复用接口(U6),由 4 个镀金排孔组成,可以用来接 DS18B20/DS1820 等数字温度传感器。也可以用来接 DHT11 这样的数字温湿度传感器,实现一个接口 2 个功能。不用的时候可以拆下上面的传感器,放到其他地方去用,使用上是十分方便灵活的。

### (19) 2 个 LED

这是开发板板载的两个 LED 灯(DS0 和 DS1),DS0 是红色的,DS1 是绿色的,主要是方便读者识别。这里提醒读者不要停留在 51 跑马灯的思维,设置这么多灯,除了浪费 I/O 口,实在是想不出其他什么优点。

一般的应用 2 个 LED 足够了,调试代码的时候使用 LED 来指示程序状态是非常不错的一个辅助调试方法。战舰 STM32F103 几乎每个实例都使用了 LED 来指示程序的运行状态。

### (20) 复位按钮

这是开发板板载的复位按键(RESET),用于复位 STM32;还具有复位液晶的功能,因为液晶模块的复位引脚和 STM32 的复位引脚是连接在一起的。按下该键的时候,STM32 和液晶一并被复位。

### (21) 启动选择端口

这是开发板板载的启动模式选择端口(BOOT)。STM32 有 BOOT0(B0)和 BOOT1(B1)两个启动选择引脚,用于选择复位后 STM32 的启动模式。作为开发板,这两个是必须的。在开发板上,通过跳线帽选择 STM32 的启动模式。

### (22) 4 个按键

这是开发板板载的 4 个机械式输入按键(KEY0、KEY1、KEY2 和 WK\_UP)。其中,WK\_UP 具有唤醒功能,该按键连接到 STM32 的 WAKE\_UP(PA0)引脚,可用于



待机模式下的唤醒;在不使用唤醒功能的时候,也可以作为普通按键输入使用。

其他 3 个是普通按键,可以用于人机交互的输入,这 3 个按键是直接连接在 STM32 的 I/O 口上的。注意,WK\_UP 是高电平有效,而 KEY0、KEY1 和 KEY2 是低电平有效,使用的时候留意一下。

### (23) 参考电压选择端口

这是 STM32 的参考电压选择端口(P5),默认是接开发板的 3.3 V(VDDA)。如果想设置其他参考电压,只需要把参考电压源接到 Vref+ 和 GND 即可。

### (24) 触摸按钮

这是开发板板载的一个电容触摸输入按键(TPAD),利用电容充放电原理实现触摸按键检测。

### (25) 电源指示灯

这是开发板板载的一颗蓝色的 LED 灯(PWR),用于指示电源状态。在电源开启的时候(通过板上的电源开关控制),该灯会亮,否则不亮。通过这个 LED 可以判断开发板的上电情况。

### (26) 多功能端口

这是一个由 6 个排针组成的一个接口(P10&P11)。可别小看这 6 个排针,这可是本开发板设计得很巧妙的一个端口(由 P10 和 P11 组成),这组端口通过组合可以实现的功能有 ADC 采集、DAC 输出、PWM DAC 输出、外部音频输入、电容触摸按键、DAC 音频、PWM DAC 音频、DAC ADC 自测等,所有这些只需要一个跳线帽的设置就可以逐一实现。

### (27) MIC(咪头)

这是开发板的板载录音输入接口(MIC),直接接到 VS1053 的输入上,可以用来实现录音功能。

### (28) 录音输入接口

这是开发板板载的外部录音输入接口(LINE\_IN)。通过咪头只能实现单声道的录音,而通过这个 LINE\_IN 可以实现立体声录音。

### (29) 耳机输出接口

这是开发板板载的音频输出接口(PHONE),可以插 3.5 mm 的耳机。当 VS1053 放音的时候,就可以通过在该接口插入耳机,欣赏音乐。

### (30) ATK 模块接口

这是开发板板载的一个 ALIENTEK 通用模块接口(U5),目前可以支持 ALIENTEK 开发的 GPS 模块、蓝牙模块和 MPU6050 模块等,直接插上对应的模块就进行开发。后续将开发更多兼容该接口的其他模块,实现更强大的扩展性能。

### (31) RS232/模块选择接口

这是开发板板载的一个 RS232(COM3)/ATK 模块接口(U5)选择接口(P8),通过该选择接口,我们可以选择 STM32 的串口 3 连接在 COM3 还是连接在 ATK 模块接口上面,以实现不同的应用需求。这样的设计还有一个好处,就是我们的开发板还可以