

正点原子教你学嵌入式系列丛书

# 原子教你玩

## STM32 寄存器版

第2版

刘军 张洋 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统丛书

# 原子教你玩 STM32(寄存器版) (第2版)

刘军 张洋 严汉宇 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。本书为寄存器版本,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 42 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:寄存器版 / 刘军等编著. — 2  
版. — 北京:北京航空航天大学出版社,2015.10  
ISBN 978-7-5124-1932-2

I. ①原… II. ①刘… 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 263226 号

版权所有,侵权必究。

### 原子教你玩 STM32(寄存器版)(第 2 版)

刘军 张洋 严汉宇 袁忠凯 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)82326524

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 字数:787 千字

2015 年 11 月第 2 版 2015 年 11 月第 1 次印刷 印数:3 000 册

ISBN 978-7-5124-1932-2 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(注意,本书中提到的战舰 STM32 开发板均指战舰 V3 STM32 开发板)及以后版本,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。

## ④ SYSTEM 文件夹变更。

老版本提供的 SYSTEM 文件夹和 V3.5 库函数共用存在一些兼容性问题(老版本 SYSTEM 文件夹采用的是 V2.0 的库),新书全部采用 V3.5 的库头文件,所以例程可以很方便地移植到库函数下面使用,更加方便实用。

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:liujun6037@foxmail.com,也可以去 [www.openedv.com](http://www.openedv.com) 论坛留言,在此先向各位读者表示诚挚的感谢!

刘 军

2015 年 9 月

# 第 1 版前言

## 本书的由来

2011 年,本人同北航出版社合作,出版发行了《例说 STM32》。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,分为库函数版本和寄存器版本(本书为寄存器版)两个版本,以适合不同使用人群的需要。

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。而库函数版本代码的底层驱动则绝大部分采用 ST 提供的库函数(V3.5 的库)实现,具有简单、方便的特点,对于偏软件、对硬件不太了解的朋友比较适用。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,其内部 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 的性能很高,不过说白了,它无非也就是个单片机,但是是个超级单片机。

它不像 ARM9/ARM11, 需要外扩 FLASH/RAM 才能运行代码, 因为它内置了 FLASH 和 SRAM, 能直接运行内部代码; 它也不能运行 Linux/Wince/Android 等这些大型的系 统(有人说能跑 ucLinux, 确实是可以, 不过得外扩大把的 RAM+FLASH, 确实可以跑, 不过我不会用它去跑的, 跑的不欢不说, 加这么多东西, 实用价值就不高了)。

既然 STM32 就是个超级单片机, 那么就把它当成单片机来学。学习单片机要什么基础? 答案是: C 语言基础; 如果还能稍微懂点硬件, 那就更好了! 任何单片机, 归根到底, 都是操作寄存器, 把单片机比作车子, 寄存器就是车子的方向盘、油门、刹车等, 学会了这些东西的使用, 往这些特定的地址(在程序里面寄存器其实就是一些特定的地址)写入不同的值就可以实现不同的操作和功能。

所以, 学习 STM32 非常简单, 但是, 光有基础是不够的, 还得要自己多练习才能真正掌握。就像通读了天下所有武功秘籍, 但是却没有练过, 那还是不会武功的。所以勤于练习, 才是快速掌握 STM32 的捷径。

总结: C 语言基础 + 勤于练习 = 学会 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, 并从寄存器级别出发, 深入浅出, 向读者介绍 STM32 各种资源的使用。

第 1、2 章, 详细介绍本书的实验平台及其资源。

第 3 章, 详细介绍了 STM32 开发工具 MDK 的使用, 包括如何新建工程、使用技巧等。

第 4 章, 详细介绍了 STM32 的软硬件仿真和程序下载等。

第 5 章, 详细介绍了 SYSTEM 文件夹(STM32F1 系列的底层核心驱动代码)的内容。

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。基本上每个实例在均配有软硬件设计, 附上完整的实例代码, 并带有详细注释及说明, 让读者快速理解代码。

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。对于想通过库函数学习 STM32 的读者, 请看本系列丛书的库函数版本。

## 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。没有这款开发板而又想要的朋友,可以上淘宝购买。当然有一款自己的开发板也是可以的,只要你的板子上有与 ALIENTEK 战舰 STM32 开发板的相同资源(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:

官方店铺:<http://eboard.taobao.com>

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

邮箱:[liujun6037@foxmail.com](mailto:liujun6037@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

感谢张洋、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。

作者

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 .....	5
1.2.2 软件资源说明 .....	11
1.2.3 战舰 V3 I/O 引脚分配 .....	12
第 2 章 实验平台硬件资源详解 .....	17
2.1 开发板原理图详解 .....	17
2.2 开发板使用注意事项 .....	35
2.3 STM32F103 学习方法 .....	36

## 第 2 篇 软件篇

第 3 章 MDK5 软件入门 .....	39
3.1 MDK5 简介 .....	39
3.2 新建 MDK5 工程 .....	40
3.3 MDK5 使用技巧 .....	51
3.3.1 文本美化 .....	51
3.3.2 语法检测 & 代码提示 .....	54
3.3.3 代码编辑技巧 .....	55
3.3.4 其他小技巧 .....	59
第 4 章 下载与调试 .....	61
4.1 STM32F1 软件仿真 .....	61
4.2 STM32F1 程序下载 .....	66
4.3 STM32F1 在线调试 .....	70
第 5 章 SYSTEM 文件夹介绍 .....	75

5.1 delay 文件夹代码介绍 .....	75
5.1.1 操作系统支持宏定义及相关函数 .....	76
5.1.2 delay_init 函数 .....	78
5.1.3 delay_us 函数 .....	79
5.1.4 delay_ms 函数 .....	81
5.2 sys 文件夹代码介绍 .....	82
5.2.1 I/O 口的位操作实现 .....	82
5.2.2 Stm32_Clock_Init 函数 .....	84
5.2.3 Sys_Soft_Reset 函数 .....	87
5.2.4 Sys_Standby 函数 .....	88
5.2.5 JTAG_Set 函数 .....	90
5.2.6 中断管理函数 .....	90
5.3 usart 文件夹介绍 .....	96
5.3.1 USART1_IRQHandler 函数 .....	97
5.3.2 uart_init 函数 .....	98

## 第 3 篇 实战篇

第 6 章 跑马灯实验 .....	102
第 7 章 按键输入实验 .....	110
第 8 章 串口通信实验 .....	118
第 9 章 外部中断实验 .....	125
第 10 章 独立看门狗(IWDG)实验 .....	130
第 11 章 窗口看门狗(WWDG)实验 .....	135
第 12 章 定时器中断实验 .....	140
第 13 章 PWM 输出实验 .....	146
第 14 章 输入捕获实验 .....	152



第 15 章	TFTLCD 显示实验 .....	160	第 33 章	外部 SRAM 实验 .....	379
第 16 章	USART 调试组件实验 .....	186	第 34 章	内存管理实验 .....	386
第 17 章	RTC 实时时钟实验 .....	197	第 35 章	SD 卡实验 .....	395
第 18 章	待机唤醒实验 .....	211	第 36 章	FATFS 实验 .....	415
第 19 章	ADC 实验 .....	218	第 37 章	汉字显示实验 .....	428
第 20 章	光敏传感器实验 .....	228	第 38 章	图片显示实验 .....	442
第 21 章	DAC 实验 .....	232	第 39 章	音乐播放器实验 .....	452
第 22 章	DMA 实验 .....	241	第 40 章	串口 IAP 实验 .....	465
第 23 章	IIC 实验 .....	249	第 41 章	USB 虚拟串口实验 .....	479
第 24 章	SPI 实验 .....	258	第 42 章	USB 读卡器实验 .....	491
第 25 章	RS485 实验 .....	266	第 43 章	网络通信实验 .....	496
第 26 章	CAN 通信实验 .....	273	第 44 章	$\mu\text{C}/\text{OS}-\text{II}$ 实验 1——任务 调度 .....	512
第 27 章	触摸屏实验 .....	299	第 45 章	$\mu\text{C}/\text{OS}-\text{II}$ 实验 2——信号 量和邮箱 .....	520
第 28 章	红外遥控实验 .....	321	第 46 章	$\mu\text{C}/\text{OS}-\text{II}$ 实验 3——消息队 列、信号量集和软件定时器 .....	529
第 29 章	DS18B20 数字温度传感器 实验 .....	328	第 47 章	战舰 V3 综合测试实验 .....	546
第 30 章	6 轴传感器 MPU6050 实验 .....	335	参考文献	.....	550
第 31 章	Flash 模拟 EEPROM 实验 .....	354			
第 32 章	摄像头实验 .....	365			

# 第 1 篇 硬件篇

---

实践出真知,要想学好 STM32F1,实验平台必不可少!本篇将详细介绍我们用来学习 STM32F1 的硬件平台:ALIENTEK 战舰 STM32F103 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 STM32F103,本篇还介绍了开发板的一些使用注意事项。

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,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),下面开始介绍战舰 STM32F103 开发板 V3.0 版本。

ALIENTEK 战舰 STM32F103 V3.0 的资源图如图 1.1.1 所示。可以看出,ALI-

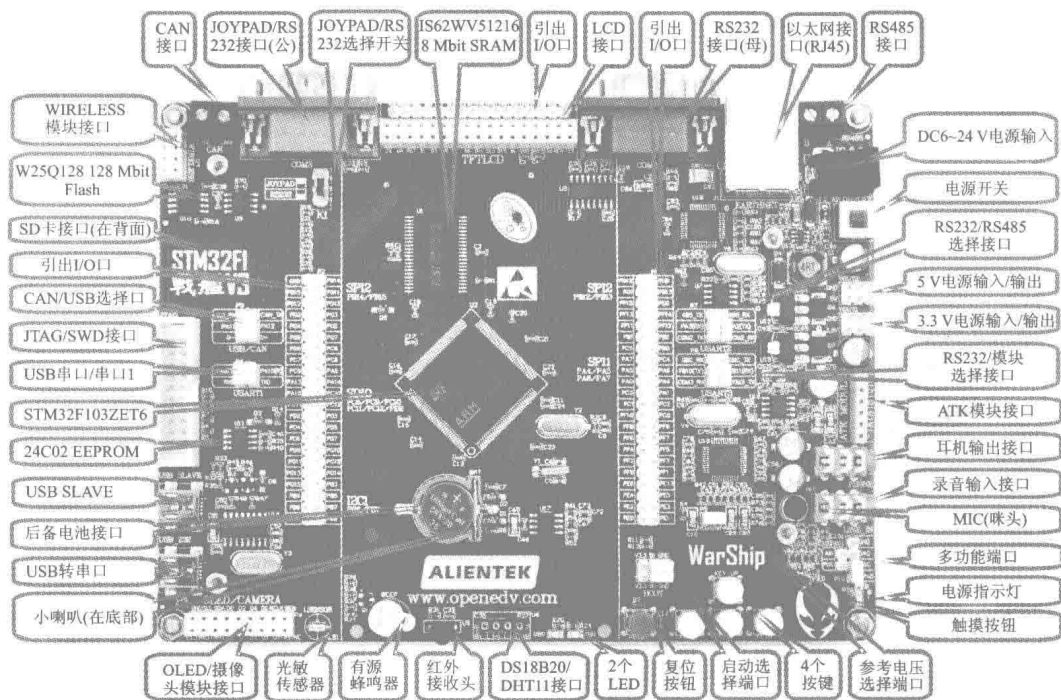


图 1.1.1 战舰 STM32F103 资源图

ENTEK 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。

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 为 512 KB,SRAM 为 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 2.4/2.8/3.5/4.3/7 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 KEY\_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。

ALIEN TEK 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,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。

## 1.2 ALIEN TEK 战舰 STM32F103 资源说明

资源说明部分将分为 3 个部分说明:硬件资源说明、软件资源说明和战舰 V3 I/O 引脚分配。

## 1.2.1 硬件资源说明

这里详细介绍战舰 STM32F103 的各个部分(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。如果觉得 16 MB 还不够用,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),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 组主引出排针,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 是共用一组 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),该 JTAG 口直接可以和 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,但达到的效果是一样的,所以强烈建议仿真器使用 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 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 串口是考虑到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 串口可以方便大家下载代码和调试。而在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),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,并带了一个小音腔,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),该接口由 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,使用十分方便灵活。

### 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,主要是方便识别。这里提醒不要停留在 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 2 个 LED 足够了,在调试代码的时候,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。当按下该键的时候,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,这两个是必需的。在开发板上,通过跳线帽选择 STM32 的启动模式。关于启动模式的说明请看 2.1.8 小节。

### 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 KEY\_UP),其中 KEY\_UP 具有唤醒功能,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,也可以做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,KEY\_UP 是高电平有效,而 KEY0、KEY1 和 KEY2 是低电平有效。

### 23. 参考电压选择端口

这是 STM32 的参考电压选择端口(P5),默认接开发板的 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钮检测。

### 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)。这 6 个排针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、电容触摸按钮、DAC 音频、PWM