




# 原子教你玩

## STM32

(库函数版)



张洋 刘军 严汉宇 编著



北京航空航天大学出版社  
BEIHANG UNIVERSITY PRESS



# 原子教你玩 STM32

## (库函数版)

张洋 刘军 严汉宇 编著

北京航空航天大学出版社

## 内 容 简 介

《原子教你玩 STM32》是《例说 STM32》的升级版,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,包括第 1、2 章,详细介绍本书的实验平台及其资源;②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,并详细介绍几个常用的系统文件(程序);③实战篇,包括第 6~54 章,详细介绍 49 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。

本书配套资源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,并且都经过严格测试;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,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介绍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,刘军,严汉宇编著. -- 北京:北京航空航天大学出版社,2013.4

ISBN 978-7-5124-1100-5

I. ①原… II. ①张… ②刘… ③严… 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(2013)第 065029 号

版权所有,侵权必究。

### 原子教你玩 STM32(库函数版)

张 洋 刘 军 严 汉 宇 编 著

责任编辑 刘 晨 刘 朝 霞

\*

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@gmail.com 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:37.75 字数:805 千字

2013 年 4 月第 1 版 2013 年 4 月第 1 次印刷 印数:3 000 册

ISBN 978-7-5124-1100-5 定价:79.00 元

# 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)构架),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(ALI-ENTEK 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



## 第一篇 硬件篇

<b>第 1 章 实验平台简介</b> .....	2
1.1 ALIENTEK 战舰 STM32 开发板资源初探 .....	2
1.2 ALIENTEK 战舰 STM32 开发板资源说明 .....	4
1.2.1 硬件资源说明 .....	5
1.2.2 软件资源说明.....	11
<b>第 2 章 实验平台硬件资源详解</b> .....	13
2.1 开发板原理图详解.....	13
2.2 开发板使用注意事项.....	33

## 第二篇 软件篇

<b>第 3 章 RVMDK 使用入门</b> .....	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 .....	38
3.2 RVMDK3.80A 简介 .....	42
3.3 新建基于固件库的 RVMDK 工程模板 .....	42
3.4 MDK 下的程序下载与调试 .....	55
3.4.1 STM32 软件仿真 .....	55
3.4.2 STM32 程序下载 .....	62
3.4.3 STM32 硬件调试 .....	64

<b>第 4 章 STM32 开发基础知识入门</b> .....	68
4.1 MDK 下 C 语言基础 .....	68
4.1.1 位操作 .....	68
4.1.2 define 宏定义 .....	69
4.1.3 ifdef 条件编译 .....	70
4.1.4 extern 变量申明 .....	70
4.1.5 typedef 类型别名 .....	71
4.1.6 结构体 .....	72
4.2 STM32 系统架构 .....	74
4.3 STM32 时钟系统 .....	75
4.4 端口复用和重映射 .....	79
4.4.1 端口复用功能 .....	79
4.4.2 端口重映射 .....	80
4.5 STM32 NVIC 中断优先级管理 .....	82
4.6 MDK 中寄存器地址名称映射分析 .....	86
4.7 MDK 固件库快速组织代码技巧 .....	89
<b>第 5 章 SYSTEM 文件夹</b> .....	94
5.1 delay 文件夹代码 .....	94
5.1.1 delay_init 函数 .....	95
5.1.2 delay_us 函数 .....	97
5.1.3 delay_ms 函数 .....	99
5.2 sys 文件夹代码 .....	100
5.2.1 I/O 口的位操作实现 .....	100
5.2.2 中断分组设置函数 .....	102
5.3 usart 文件夹介绍 .....	102
5.3.1 printf 函数支持 .....	102
5.3.2 uart_init 函数 .....	103
5.3.3 USART1_IRQHandler 函数 .....	106
<b>第三篇 实战篇</b>	
<b>第 6 章 跑马灯实验</b> .....	110
<b>第 7 章 按键输入实验</b> .....	127
<b>第 8 章 串口实验</b> .....	132



第 9 章	外部中断实验	141
第 10 章	独立看门狗(IWDG)实验	148
第 11 章	窗口门狗(WWDG)实验	153
第 12 章	定时器中断实验	159
第 13 章	PWM 输出实验	167
第 14 章	输入捕获实验	175
第 15 章	电容触摸按键实验	186
第 16 章	TFTLCD 显示实验	187
第 17 章	USMART 调试组件实验	214
第 18 章	RTC 实时时钟实验	226
第 19 章	待机唤醒实验	242
第 20 章	ADC 实验	250
第 21 章	内部温度传感器实验	264
第 22 章	DAC 实验	265
第 23 章	PWM DAC 实验	276
第 24 章	DMA 实验	277
第 25 章	I <sup>2</sup> C 实验	289
第 26 章	SPI 实验	299
第 27 章	485 实验	311
第 28 章	CAN 通信实验	319
第 29 章	触摸屏实验	349
第 30 章	红外遥控实验	360
第 31 章	游戏手柄实验	361
第 32 章	三轴加速度传感器实验	362
第 33 章	DHT11 数字温湿度传感器实验	373
第 34 章	FLASH 模拟 EEPROM 实验	374
第 35 章	FM 收发实验	386
第 36 章	摄像头实验	387
第 37 章	外部 SRAM 实验	403
第 38 章	内存管理实验	411
第 39 章	SD 卡实验	422
第 40 章	FATFS 实验	433
第 41 章	汉字显示实验	449

第 42 章	图片显示实验 .....	465
第 43 章	照相机实验 .....	477
第 44 章	音乐播放器实验 .....	478
第 45 章	录音机实验 .....	492
第 46 章	单手写识别实验 .....	493
第 47 章	T9 拼音输入法实验 .....	494
第 48 章	单串口 IAP 实验 .....	495
第 49 章	USB 读卡器实验 .....	510
第 50 章	ENC28J60 网络实验 .....	519
第 51 章	$\mu$ C/OS-II 实验 1—任务调度 .....	544
第 52 章	$\mu$ C/OS-II 实验 2—信号量和邮箱 .....	558
第 53 章	$\mu$ C/OS-II 实验 3—消息队列、信号量集和软件定时器 .....	568
第 54 章	战舰 STM32 开发板综合实验 .....	587
参考文献	.....	591

# 第一篇 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这个开发板,本篇还介绍了开发板的一些使用注意事项,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 战舰 STM32 开发板。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 STM32 开发板资源初探

在 ALIENTEK 战舰 STM32 开发板之前,ALIENTEK 推出过 MiniSTM32 开发板,在两年的时间里售出 10 000 多套,连续一年多稳居淘宝 STM32 开发板销量之首。而这款战舰 STM32 开发板则是 MiniSTM32 开发板的超级加强版,面市一个月之后也顺利成为淘宝月销量冠军。下面我们开始介绍战舰 STM32 开发板。

ALIENTEK 战舰 STM32 开发板的资源如图 1.1.1 所示。

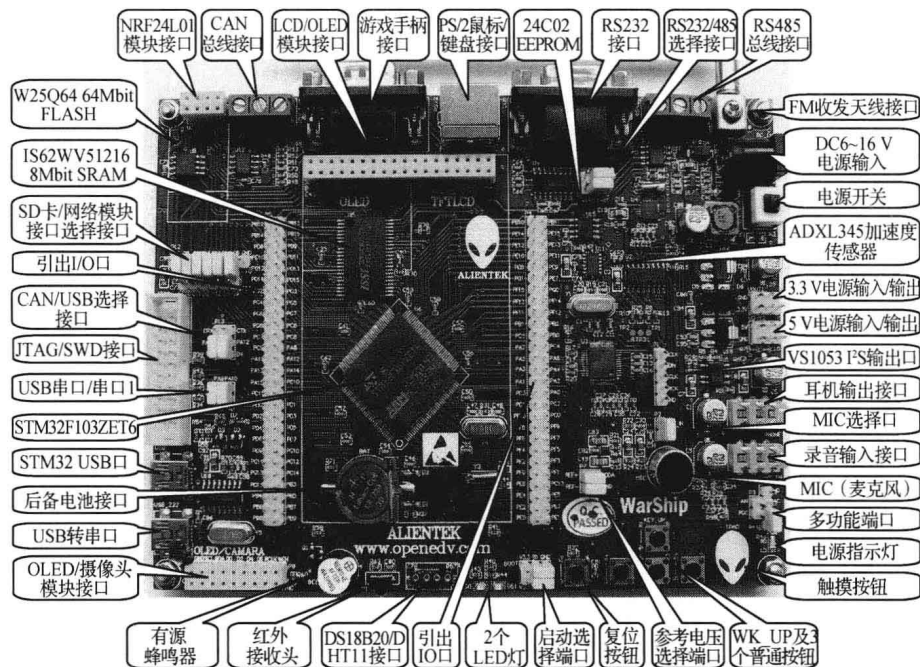


图 1.1.1 战舰 STM32 开发板资源图

从图 1.1.1 可以看出,ALIENTEK 战舰 STM32 开发板资源十分丰富,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使整个开发板显得十分大气。

开发板的外形尺寸为 11.2 cm×15.6 cm,板子的设计充分考虑了人性化设计,并结合广大客户对 Mini 板提出的改进意见,经过反复修改(在面市之前,硬件就改版了 8 次之多,目前版本为 V2.0),最终确定了这样的设计。

ALIENTEK 战舰 STM32 开发板板载资源如下:

- CPU:STM32F103ZET6,LQFP144,FLASH:512 KB,SRAM:64 KB。
- 外扩 SRAM:IS62WV51216,1 MB。
- 外扩 SPI FLASH:W25Q64,8 MB。
- 1 个电源指示灯(蓝色)。
- 2 个状态指示灯(DS0:红色,DS1:绿色)。
- 1 个红外接收头,并配备一款小巧的红外遥控器。
- 1 个 EEPROM 芯片,24C02,容量 256 字节。
- 1 个重力加速度传感器芯片,ADXL345。
- 1 个高性能音频编解码芯片,VS1053。
- 1 个 FM 立体声收发芯片,RDA5820。
- 1 个 2.4G 无线模块接口(NRF24L01)。
- 1 路 CAN 接口,采用 TJA1050 芯片。
- 1 路 RS485 接口,采用 SP3485 芯片。
- 1 路 RS232 接口,采用 SP3232 芯片。
- 1 个 PS/2 接口,可外接鼠标、键盘。
- 1 个游戏手柄接口,可以直接插 FC(红白机)游戏手柄。
- 1 路数字温湿度传感器接口,支持 DS18B20 /DHT11 等。
- 1 个标准的 2.4/2.8/3.5 寸 LCD 接口,支持触摸屏。
- 1 个摄像头模块接口。
- 2 个 OLED 模块接口。
- 1 个 USB 串口,可用于程序下载和代码调试(USMART 调试)。
- 1 个 USB SLAVE 接口,用于 USB 通信。
- 1 个有源蜂鸣器。
- 1 个 FM 收发天线接口,并配天线。
- 1 个 RS232/RS485 选择接口。
- 1 个 CAN/USB 选择接口。
- 1 个串口选择接口。
- 1 个 SD 卡接口(在板子背面,支持 SPI/SDIO)。
- 1 个 SD 卡/网络模块选择接口。

- 1个标准的 JTAG/SWD 调试下载口。
- 1个 VS1053 的 I<sup>2</sup>S 输出接口。
- 1个 MIC/LINE IN 选择接口。
- 1个录音头(MIC/咪头)。
- 1路立体声音频输出接口。
- 1路立体声录音输入接口。
- 1组多功能端口(DAC/ADC/PWM DAC/AUDIO IN/TPAD)。
- 1组 5 V 电源供应/接入口。
- 1组 3.3 V 电源供应/接入口。
- 1个参考电压设置接口。
- 1个直流电源输入接口(输入电压范围:6~16 V)。
- 1个启动模式选择配置接口。
- 1个 RTC 后备电池座,并带电池。
- 1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。
- 1个电容触摸按键。
- 1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 STM32 开发板的特点包括:

(1)接口丰富。板子提供 10 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,极大地方便了读者扩展及使用。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 1 根 USB 线即可实现 STM32 的开发。

(3)资源充足。外扩 1 MB SRAM 和 8 MB FLASH,满足大内存需求和大数据存储。板载 MP3 和 FM 收发芯片,娱乐学习两不误;板载 3D 加速度传感器和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,使用起来一目了然;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 STM32 开发板资源说明

资源说明部分将分为两个部分说明:硬件资源说明和软件资源说明。

## 1.2.1 硬件资源说明

这里首先详细介绍战舰 STM32 开发板的各个部分(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. W25Q64 64 Mbit FLASH

这是开发板外扩的 SPI FLASH 芯片,容量为 64 Mbit,也就是 8 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 8 MB 还不够用,可以把数据存放在外部 SD 卡。

### 2. IS62WV51216 8 Mbit SRAM

这是开发板外扩的 SRAM 芯片,容量为 8 Mbit,也就是 1 MB,这样,对大内存需求的应用(比如 GUI)就可以很好地实现了。

### 3. SD 卡/网络模块接口选择接口

这里是一个由 3 排排针(在板上标号[下同]为:P10、P11 和 P12)组成的复合接口。当不用网络模块的时候,这个组合就变成了 SD 卡的接口选择接口,可以通过跳线帽选择 SDIO/SPI(我们默认是设置在 SPI 接口的)。但是,如果需要网络模块(网络模块接 P12),那么 SD 卡就只能用 SDIO 模式了。

### 4. 引出 I/O 口

这里是一组 54 个 I/O 口的引出(P5),右侧不远是另外一组 54 个 I/O 口的引出(P4),这两组排针引出 108 个 I/O,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 PA9 和 PA10 没有在这里引出(由 P6 引出)。

### 5. CAN/USB 选择接口

这是一个 USB/CAN 的选择接口(P13),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 CAN/USB 的实验。

### 6. JTAG/SWD 接口

这是 ALIENTEK 战舰 STM32 开发板板载的 20 针标准 JTAG 调试口(JTAG),可以直接和 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(P6),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,几乎清一色地没有串口。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 ALIEN-TEK 战舰 STM32 开发板当成一个 USB 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 ALIEN-TEK 战舰 STM32 开发板上。

### 8. STM32F103ZET6

这是开发板的核心芯片(U5),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、3 个 SPI、2 个 I<sup>2</sup>C、5 个串口、1 个 USB、1 个 CAN、3 个 12 位 ADC、1 个 12 位 DAC、1 个 SDIO 接口、1 个 FSMC 接口以及 112 个通用 I/O 口。

### 9. STM32 USB 口

这是开发板板载的一个 MiniUSB 头(USB),用于 STM32 与计算机的 USB 通信。开发板总共板载了 2 个 MiniUSB 头,一个用于 USB 转串口,连接 CH340G 芯片;另外一个用于 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。

### 10. 后备电池接口

这是 STM32 后备区域的供电接口,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。

### 11. 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 转串口。同时,此 MiniUSB 接头也是开发板电源的主要提供口。

### 12. 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(P8)。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(ALIEN-TEK 提供),则刚好插满。通过这个接口可以分别连接 2 个外部模块,从而实现相关实验。

### 13. 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,让开发板可以



听得见。

#### 14. 红外接收头

这是开发板的红外接收头(U14)可以实现红外遥控功能。通过这个接收头可以接受市面常见的各种遥控器的红外信号,大家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 STM32 开发板给大家配备了一个小巧的红外遥控器,该遥控器外观如图 1.2.1 所示。



图 1.2.1 红外遥控器

#### 15. DS18B20/DHT11 接口

这是开发板的一个复用接口(U13),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。

#### 16. 2 个 LED 灯

这是开发板板载的 2 个 LED 灯(DS0 和 DS1),DS0 是红色的,DS1 是绿色的,主要是方便大家识别。这里提醒大家不要停留在 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 STM32 开发板几乎每个实例都使用了 LED 来指示程序的运行状态。

#### 17. 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。关于启动模式的说明请参考 2.1.8 小节。

#### 18. 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。

#### 19. 参考电压选择端口

这是 STM32 的参考电压选择端口(P7),默认是接开发板的 3.3 V 和 GND。如