

精通 STM32F4

寄存器版

刘 军 张 洋 编著
严汉宇 左忠凯



北京航空航天大学出版社
BEIHANG UNIVERSITY PRESS

精通 STM32F4(寄存器版)

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

本书由浅入深,带领大家学习 STM32F407 的各个功能。本书总共分为 3 篇:硬件篇,主要介绍本书所讲实例对应的实验平台;软件篇,主要介绍 STM32F4 常用开发软件的使用以及一些下载调试的技巧,并详细介绍了几个常用的系统文件(程序);实战篇,通过 43 个实例(绝大部分是直接操作寄存器完成的)带领大家一步步深入了解 STM32F4。

本书可配套 ALIENTEK 探索者 STM32F4 开发板学习使用,本书的配套资料里面有详细原理图以及所有实例的完整代码,并且,这些代码都有详细的注释,且都经过严格测试,不会有任何警告和错误。另外,源码有生成好的 hex 文件,大家只需要通过串口/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。

本书不仅适合广大学生和电子爱好者学习 STM32F4,其大量的实验以及详细的解说也是公司产品开发的不二参考。

图书在版编目(CIP)数据

精通 STM32F4 : 寄存器版 / 刘军等编著. -- 北京 :
北京航空航天大学出版社, 2015. 4

ISBN 978 - 7 - 5124 - 1737 - 3

I. ①精… II. ①刘… III. ①微控制器 IV.
①TP332. 3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 058653 号

版权所有,侵权必究。

精通 STM32F4(寄存器版)

刘 军 张 洋 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 字数:832 千字

2015 年 4 月第 1 版 2015 年 4 月第 1 版第 1 次印刷 印数:3 000 册

ISBN 978 - 7 - 5124 - 1737 - 3 定价:79.00 元

前言

作为 Cortex - M3 市场的最大占有者,ST 公司在 2011 年推出了基于 Cortex - M4 内核的 STM32F4 系列产品。相比 STM32F1/F2 等 Cortex - M3 产品,STM32F4 最大的优势就是新增了硬件 FPU 单元以及 DSP 指令,同时,STM32F4 的主频也提高了很多,达到 168 MHz(可获得 210 DMIPS 的处理能力),这使得 STM32F4 尤其适用于需要浮点运算或 DSP 处理的应用,也被称为 DSC,具有非常广泛的应用前景。

STM32F4 相对于 STM32F1,主要优势如下:

① 更先进的内核。STM32F4 采用 Cortex - M4 内核,带 FPU 和 DSP 指令集,而 STM32F1 采用的是 Cortex - M3 内核,不带 FPU 和 DSP 指令集。

② 更多的资源。STM32F4 拥有 192 KB 的片内 SRAM,带摄像头接口(DCMI)、加密处理器(CRYP)、USB 高速 OTG、真随机数发生器、OTP 存储器等。

③ 增强的外设功能。对于相同的外设部分,STM32F4 具有更快的模/数转换速度、更低的 ADC/DAC 工作电压、32 位定时器、带日历功能的实时时钟(RTC)、复用功能大大增强的 I/O、4 KB 的电池备份 SRAM 以及更快的 USART 和 SPI 通信速度。

④ 更高的性能。STM32F4 最高运行频率可达 168 MHz,而 STM32F1 只能到 72 MHz;STM32F4 拥有 ART 自适应实时加速器,可以达到相当于 FLASH 零等待周期的性能,STM32F1 则需要等待周期;STM32F4 的 FSMC 采用 32 位多重 AHB 总线矩阵,相比 STM32F1 总线访问速度明显提高。

⑤ 更低的功耗。STM32F40x 的功耗为 238 μ A/MHz,其中,低功耗版本的 STM32F401 更是低到 140 μ A/MHz,而 STM32F1 则高达 421 μ A/MHz。

STM32F4 家族目前拥有 STM32F40x、STM32F41x、STM32F42x 和 STM32F43x 等几个系列、数十个产品型号,不同型号之间软件和引脚具有良好的兼容性,可方便客户迅速升级产品。其中,STM32F42x/43x 系列带了 LCD 控制器和 SDRAM 接口,对于想要驱动大屏或需要大内存的读者来说,是个不错的选择。目前,STM32F4 这些芯片型号都已量产,可以方便地购买到,不过性价比最高的是 STM32F407。本书将以 STM32F407 为例来讲解 STM32F4。

内容特点

学习 STM32F4 有几份资料经常用到:《STM32F4xx 中文参考手册》、《STM32F3 与 F4 系列 Cortex - M4 内核编程手册》英文版、《Cortex - M3 与 M4 权威指南》英文版。

其中,最常用的是《STM32F4xx 中文参考手册》,该文档是 ST 官方针对 STM32 的一份通用参考资料,内容翔实,但是没有实例,也没有对 Cortex - M4 构架进行太多介绍,读者只能根据自己对书本的理解来编写相关代码。该文档目前已经有中文版本的了,极大地方便了读者的学习。

《STM32F3 与 F4 系列 Cortex - M4 内核编程手册》文档则重点介绍了 Cortex - M4 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《STM32F4xx 中文参考手册》的重要补充。很多在《STM32F4xx 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。

最后,《Cortex - M3 与 M4 权威指南》文档详细介绍了 Cortex - M3 和 Cortex - M4 内核的体系架构,并配有简单实例。对于想深入了解 Cortex - M4 内核的读者,此文档是非常好的参考资料。不过该文档目前只有英文版。不过由于 Cortex - M3 和 Cortex - M4 很多地方都是通用的,所以有的时候可以参考《Cortex - M3 权威指南(中文版)》文档。

本书将结合以上 3 份资料的优点,从寄存器级别出发,深入浅出,向读者展示 STM32F4 的各种功能。总共配有 43 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 STM32F4 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、文件系统、图片解码、IAP 等。所有实例在 MDK5.11A 编译器下编译通过,读者只须下载程序到 ALIENTEK 探索者 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库函数学习 STM32 的读者,因为本书的绝大部分内容都是直接操作 STM32 寄存器的;如果想通过库函数学习 STM32F4,请看《精通 STM32F4(库函数版)》一书。

配套资料

本书的实验平台是 ALIENTEK 探索者 STM32 开发板,有这款开发板的朋友可直接拿本书配套的例程在开发板上运行、验证。而没有这款开发板的朋友,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 探索者 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(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:探索者 STM32F407 开发板及其相关模块原理图(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://openedv.com/posts/list/13912.htm> 下载到。

感谢

衷心感谢意法半导体(ST)中国区高级市场经理曹锦东先生对本书的大力支持,他为本书提供了很多参考资料和指导意见。

衷心感谢陈贵东、谭春风、李小虎、刘勇材、罗建、周莉等人审稿,帮我找到了很多缺陷和错误,并提出了宝贵的意见。

衷心感谢北航出版社的支持,正是编辑的认真工作才使得本书能够顺利的与读者见面。

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 论坛给我留言,在此先向各位读者表示诚挚的感谢!

刘 军
2015 年 3 月



第 1 篇 硬件篇

第 1 章 实验平台简介	2
1.1 ALIENTEK 探索者 STM32F4 开发板资源初探	2
1.2 ALIENTEK 探索者 STM32F4 开发板资源说明	4
1.2.1 硬件资源说明	4
1.2.2 软件资源说明	10
第 2 章 实验平台硬件资源详解	12
2.1 开发板原理图详解	12
2.2 开发板使用注意事项	29
2.3 STM32F4 学习方法	30

第 2 篇 软件篇

第 3 章 MDK5 软件入门	33
3.1 MDK5 简介	33
3.2 新建 MDK5 工程	34
3.3 MDK5 使用技巧	45
3.3.1 文本美化	45
3.3.2 语法检测与代码提示	48
3.3.3 代码编辑技巧	49
3.3.4 其他小技巧	53
第 4 章 下载与调试	55
4.1 STM32F4 程序下载	55
4.2 STM32F4 在线调试	59
第 5 章 SYSTEM 文件夹介绍	67
5.1 delay 文件夹代码介绍	67
5.2 sys 文件夹代码介绍	73
5.2.1 I/O 口的位操作实现	73
5.2.2 时钟配置函数	74
5.2.3 Sys_Soft_Reset 函数	78
5.2.4 Sys_Standby 函数	79
5.2.5 I/O 设置函数	81
5.2.6 中断管理函数	88
5.3 usart 文件夹介绍	95
5.3.1 USART1_IRQHandler 函数	95
5.3.2 uart_init 函数	96

第3篇 实战篇

第6章	跑马灯实验	100
第7章	按键输入实验	106
第8章	串口通信实验	111
第9章	外部中断实验	117
第10章	独立看门狗(IWDG)实验	122
第11章	窗口看门狗(WWDG)实验	127
第12章	定时器中断实验	132
第13章	PWM 输出实验	138
第14章	输入捕获实验	143
第15章	TFTLCD 显示实验	151
第16章	USMART 调试组件实验	177
第17章	RTC 实时时钟实验	187
第18章	待机唤醒实验	202
第19章	ADC 实验	209
第20章	DAC 实验	219
第21章	DMA 实验	227
第22章	I ² C 实验	237
第23章	SPI 实验	245
第24章	RS485 实验	253
第25章	CAN 通信实验	261
第26章	触摸屏实验	284
第27章	6 轴传感器 MPU6050 实验	304
第28章	FLASH 模拟 EEPROM 实验	322
第29章	摄像头实验	332
第30章	外部 SRAM 实验	353
第31章	内存管理实验	360
第32章	SD 卡实验	370
第33章	FATFS 实验	391
第34章	汉字显示实验	403
第35章	图片显示实验	417
第36章	音乐播放器实验	427
第37章	视频播放器实验	452
第38章	FPU 测试(Julia 分形)实验	472
第39章	DSP 测试实验	479
第40章	串口 IAP 实验	491
第41章	USB 读卡器(Slave)实验	504
第42章	USB U 盘(Host)实验	515
第43章	USB 鼠标、键盘(Host)实验	523
第44章	网络通信实验	530
第45章	μ C/OS-II 实验 1——任务调度	544
第46章	μ C/OS-II 实验 2——信号量和邮箱	553
第47章	μ C/OS-II 实验 3——消息队列、信号量集和软件定时器	561
第48章	探索者 STM32F4 开发板综合实验	577
参考文献		583

第 1 篇 硬件篇

实践出真知,要想学好 STM32F4,实验平台必不可少!本篇将详细介绍我们用来学习 STM32F4 的硬件平台——ALIENTEK 探索者 STM32F4 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 探索者 STM32F4 开发板,本篇还介绍了开发板的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

本章简要介绍实验平台:ALIENTEK 探索者 STM32F4 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 探索者 STM32F4 开发板资源初探

在 ALIENTEK 探索者 STM32F4 开发板之前,ALIENTEK 推出的两款 STM32F1 系列开发板:MiniSTM32 开发板和战舰 STM32 开发板,常年稳居淘宝销量前列,累计出货量超过 3 万多套。而这款探索者 STM32F4 开发板,则是 ALIENTEK 推出的首款 Cortex-M4 开发板,资源图如图 1.1 所示。

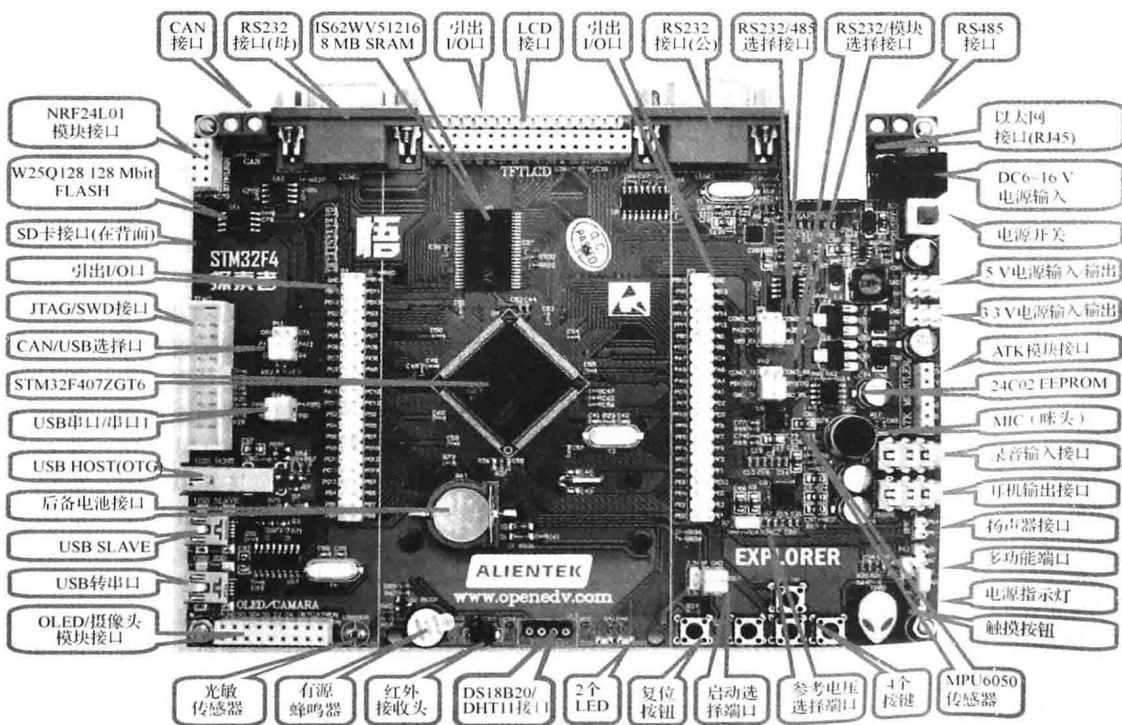


图 1.1 探索者 STM32F4 开发板资源图

感谢

衷心感谢意法半导体(ST)中国区高级市场经理曹锦东先生对本书的大力支持,他为本书提供了很多参考资料和指导意见。

衷心感谢陈贵东、谭春风、李小虎、刘勇材、罗建、周莉等人审稿,帮我找到了很多缺陷和错误,并提出了宝贵的意见。

衷心感谢北航出版社的支持,正是编辑的认真工作才使得本书能够顺利的与读者见面。

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 论坛给我留言,在此先向各位读者表示诚挚的感谢!

刘 军
2015 年 3 月

- 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；
- 一路扬声器输出接口,可接 1 W 左右小喇叭；
- 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:DC6~16 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；
- 除晶振占用的 I/O 口外,其余所有 I/O 口全部引出。

ALIENTEK 探索者 STM32F4 开发板的特点包括：

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。板上很多资源都可以灵活配置,以满足不同条件下的使用。这里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 1 MB FLASH 的 STM32F407ZGT6,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、6 轴传感器、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,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 探索者 STM32F4 开发板资源说明

这里分为两个部分说明:硬件资源说明和软件资源说明。

1.2.1 硬件资源说明

首先详细介绍探索者 STM32F4 开发板的各个部分(图 1.1 中的标注部分)的硬件

资源,这里将按逆时针的顺序依次介绍。

(1) NRF24L01 模块接口

这是开发板板载的 NRF24L01 模块接口(U6),只要插入模块就可以实现无线通信,从而使得板子具备了无线功能,但是这里需要 2 个模块和 2 个开发板同时工作才可以,只有一个开发板或一个模块是没法实现无线通信的。

(2) W25Q128 128 Mbit FLASH

这是开发板外扩的 SPI FLASH 芯片(U11),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,则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),开发板的背面采用大 SD 卡接口(即相机卡,TF 卡是不能直接插的,TF 卡得加卡套才行),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:P3、P4 和 P5。其中,P3 和 P4 分别采用 2×22 排针引出,共引出 86 个 I/O 口;P5 采用 1×16 排针,按顺序引出 FSMC_D0~D15 共 16 个 I/O 口。而 STM32F407ZGT6 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 P6、P9、P10 和 P11 引出。

(5) JTAG/SWD 接口

这是 ALIENTEK 探索者 STM32F4 开发板板载的 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,有时可能造成 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!

(6) CAN/USB 选择口

这是一个 CAN/USB 的选择接口(P11),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。

(7) STM32F407ZGT6

这是开发板的核心芯片(U4),型号为 STM32F407ZGT6。该芯片集成 FPU 和 DSP 指令,并具有 192 KB SRAM、1 024 KB FLASH、12 个 16 位定时器、2 个 32 位定时器、2 个 DMA 控制器(共 16 个通道)、3 个 SPI、2 个全双工 I²S、3 个 I²C、6 个串口、2 个 USB(支持 HOST /SLAVE)、2 个 CAN、3 个 12 位 ADC、2 个 12 位 DAC、一个 RTC(带日历功能)、一个 SDIO 接口、一个 FSMC 接口、一个 10/100M 以太网 MAC 控制器、一个摄像头接口、一个硬件随机数生成器以及 112 个通用 I/O 口等。

(8) USB 串口/串口 1

这是 USB 串口同 STM32F407ZGT6 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,几乎都没有串口,所以板载了 USB 串口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。这样就可以把 ALIENTEK 探索者 STM32F4 开发板当成一个 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 探索者 STM32F4 开发板上。

(9) USB HOST(OTG)

这是开发板板载的一个侧插式的 USB - A 座(USB_HOST)。由于 STM32F4 的 USB 是支持 HOST 的,所以可以通过这个 USB - A 座连接 U 盘/USB 鼠标/USB 键盘等其他 USB 从设备,从而实现 USB 主机功能。不过特别注意,USB HOST 和 USB SLAVE 共用 PA11 和 PA12,所以不可以同时使用。

(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 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。注意:该接口不能和 USB HOST 同时使用。

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。

(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 转串口。同时,此 MiniUSB 接头也是开发板电源的主要提供口。

(13) 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(ALIENTEK 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。

(14) 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,开发板感知周围环境光线的变化,从而实现类似自动背光控制的应用。

(15) 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,让开发板听得见。

(16) 红外接收头

这是开发板的红外接收头(U13),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,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。

探索者 STM32F4 开发板配备了一个小巧的红外遥控器,外观如图 1.2 所示。

(17) DS18B20/DHT11 接口

这是开发板的一个复用接口(U12),由 4 个镀金排孔组成,可以用来接 DS18B20/DS1820 等数字温度传感器或 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。

(18) 2 个 LED

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,方便识别。这里提醒读者不要停留在 51 跑马灯的思维,这么多灯除了浪费 I/O 口,实在是想不出其他什么优点。

一般应用中 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辅助调试方法。探索者 STM32F4 开发板几乎每个实例都使用了 LED 来指示程序的运行状态。

(19) 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,按下该键时 STM32 和液晶一并被复位。

(20) 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,我们通过跳线帽选择 STM32 的启动模式。

(21) 参考电压选择端口

这是 STM32 的参考电压选择端口(P7),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 V_{ref+} 和 GND 即可。

(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



图 1.2 红外遥控器

式下的唤醒;在不使用唤醒功能的时候,也可以当作普通按键输入使用。

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) MPU6050 传感器

这是开发板板载的一个 6 轴传感器(U8)。MPU6050 是一个高性能的 6 轴传感器,内部集成一个 3 轴加速度传感器和一个 3 轴陀螺仪,并且带 DMP 功能。该传感器在 4 轴飞控方面应用非常广泛,所以喜欢玩 4 轴的读者,也可以通过开发板进行学习。

(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。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(P2&P12)。不过读者可别小看这 6 个排针,这可是本开发板设计很巧妙的一个端口(由 P2 和 P12 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) 扬声器接口

这是开发板预留的一个扬声器接口(P1),可以外接 1 W(8 Ω)左右的小喇叭(喇叭需要自备),这样使用 WM8978 放音的时候,就可以直接推动喇叭输出音频了。

(28) 耳机输出接口

这是开发板板载的音频输出接口(PHONE),该接口可以插 3.5 mm 的耳机。当 WM8978 放音的时候,就可以通过在该接口插入耳机,欣赏音乐。

(29) 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 却可以实现立体声录音。

(30) MIC(咪头)

这是开发板的板载录音输入口(MIC),该咪头直接接到 WM8978 的输入上,可以用来实现录音功能。

(31) 24C02 EEPROM

这是开发板板载的 EEPROM 芯片(U14),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。

(32) ATK 模块接口

这是开发板板载的一个 ALIENTEK 通用模块接口(U7),目前可以支持 ALIENTEK 开发的 GPS 模块和蓝牙模块,直接插上对应的模块就可以进行开发。

(33) 3.3 V 电源输入/输出

这是开发板板载的一组 3.3 V 电源输入/输出排针(2×3)(VOUT1),用于给外部提供 3.3 V 的电源,也可以用于从外部接 3.3 V 的电源给板子供电。注意,USB 供电的时候,最大电流不能超过 500 mA;外部供电的时候,最大可达 1 000 mA。

(34) 5 V 电源输入/输出

这是开发板板载的一组 5 V 电源输入/输出排针(2×3)(VOUT2),用于给外部提供 5 V 的电源,也可以用于从外部接 5 V 的电源给板子供电。

(35) 电源开关

这是开发板板载的电源开关(K1)。该开关用于控制整个开发板的供电,如果切断,则整个开发板都将断电,电源指示灯(PWR)会随着此开关的状态而亮灭。

(36) DC 6~16 V 电源输入

这是开发板板载的一个外部电源输入口(DC_IN),采用标准的直流电源插座。开发板板载了 DC-DC 芯片(MP2359),用于给开发板提供高效、稳定的 5 V 电源。由于采用了 DC-DC 芯片,所以开发板的供电范围十分宽,读者可以很方便地找到合适的电源(只要输出范围在 DC 6~16 V 的基本都可以)来给开发板供电。在耗电比较大的情况下,比如用到 4.3 屏/7 寸屏/网口的时候,建议使用外部电源供电,可以提供足够的电流给开发板使用。

(37) 以太网接口(RJ45)

这是开发板板载的网口(EARTHNET),可以用来连接网线、实现网络通信功能。该接口使用 STM32F4 内部的 MAC 控制器外加 PHY 芯片,实现 10/100M 网络的支持。

(38) RS485 总线接口

这是开发板板载的 RS485 总线接口(RS485),通过 2 个端口和外部 485 设备连接。这里提醒大家,RS485 通信的时候,必须 A 接 A、B 接 B,否则可能通信不正常!

(39) RS232/模块选择接口

这是开发板板载的一个 RS232(COM3)/ATK 模块接口(U7)选择接口(P10),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充当 RS232 到 TTL 串口的转换(注意,这里的 TTL 高电平是 3.3 V)。

(40) RS232/485 选择接口

这是开发板板载的 RS232(COM2)/485 选择接口(P9)。因为 RS485 基本上就是一个半双工的串口,为了节约 I/O,我们把 RS232(COM2)和 RS485 共用一个串口,通过 P9 来设置当前是使用 RS232(COM2)还是 RS485。这样设计还有一个好处就是我们的开发板既可以充当 RS232 到 TTL 串口的转换,又可以充当 RS485 到 TTL485 的