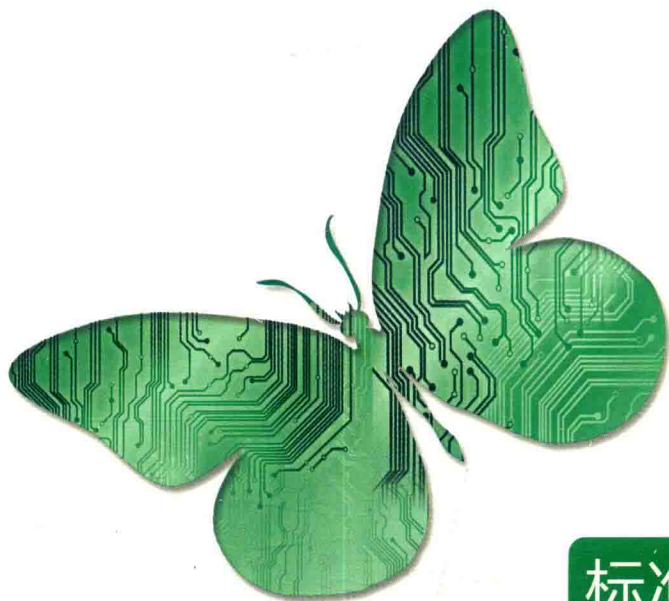


本书基于STM32F103深入剖析STM32官方库及其使用的权威指南。

此版在第1版的基础上更新了大量实例和代码，着重讲解了STM32的各种外设。
配套业内流行的秉火STM32开发版，提供了完整的工程文件、源代码、教学课件及视频等，实践性极强。



标准库

STM32库 开发实战指南

基于STM32F103

(第2版)

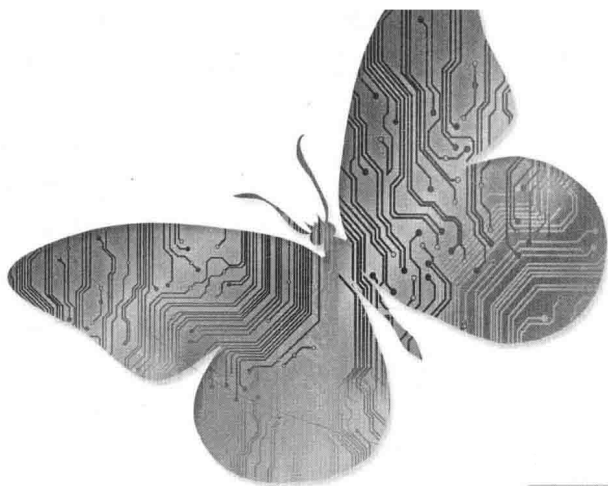
刘火良 杨森 编著



机械工业出版社
China Machine Press



单片机与嵌入式



标准库

师范大学
STM32库
开发实战指南

基于STM32F103

(第2版)

刘火良 杨森 编著



机械工业出版社
China Machine Press

图书在版编目 (CIP) 数据

STM32 库开发实战指南: 基于 STM32F103/ 刘火良, 杨森编著. —2 版. —北京: 机械工业出版社, 2017.5

(电子与嵌入式系统设计丛书)

ISBN 978-7-111-56531-4

I. S… II. ①刘… ②杨… III. 微控制器—系统开发—指南 IV. TP332.3-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 070091 号

STM32 库开发实战指南: 基于 STM32F103 (第 2 版)

出版发行: 机械工业出版社 (北京市西城区百万庄大街 22 号 邮政编码: 100037)

责任编辑: 缪 杰

责任校对: 殷 虹

印 刷: 北京文昌阁彩色印刷有限责任公司

版 次: 2017 年 5 月第 2 版第 1 次印刷

开 本: 186mm × 240mm 1/16

印 张: 44.25

书 号: ISBN 978-7-111-56531-4

定 价: 99.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

客服热线: (010) 88379426 88361066

投稿热线: (010) 88379604

购书热线: (010) 68326294 88379649 68995259

读者信箱: hzit@hzbook.com

版权所有·侵权必究

封底无防伪标均为盗版

本书法律顾问: 北京大成律师事务所 韩光 / 邹晓东

作者简介

刘火良 秉火STM32开发板创始人，嵌入式软件工程师，长期从事STM32软硬件开发，网络教程《零死角玩转STM32》作者，著有《STM32库开发实战指南》。

杨森 秉火STM32开发板合伙人，嵌入式软件工程师，专注STM32和周边软件开发。著有《STM32库开发实战指南》，已累计印刷十余次，广受STM32开发者的喜爱。

阅 读 建 议

阅读本书时，可结合《STM32F10x中文参考手册》和《Cortex-M4内核编程手册》这两本ST官方手册，这样学习效果会更好。本书3~11章连贯性较强，重点讲解单片机底层知识，建议读者按章节顺序学习。学完这部分内容之后，能力稍强的读者可以说基本入门STM32了。其余章节连贯性较弱，可根据项目需要跳跃性阅读。

本书配套160集手把手教学视频和大量的PPT，同时配有相应的硬件平台。读者可到秉火论坛（www.fireBBS.cn）下载相关资源，并积极参与交流分享。

前 言

再版说明

本书是《STM32 库开发实战指南》的第 2 版，第 1 版解决了当时市面上几乎没有关于 STM32 库开发技术书籍的燃眉之急，并且受到了广大读者的好评。

但由于技术的革新、读者的反馈以及自身经验的积累，我们发现第 1 版书籍还存在一些缺陷：目前配套的硬件开发板已更新换代，部分程序已不再适用；从寄存器开发过渡到库函数开发的教学过程不够平滑；介绍 STM32 各种外设的深入度不足。

因此，第 2 版中对大部分的内容进行了改进：升级代码，匹配最新的开发板；增加了自行编写库函数的入门章节，引导读者加深对库函数原理的理解；每个章节增加了 STM32 外设框图剖析，增加了库函数结构体说明，使读者更了解基本原理，便于以后迁移至不同的芯片平台；以本书为教材，制作了教学课件，并录制了非常详细的教学视频，使之更适合于高校、培训机构及员工培训时使用。

本书的学习顺序

本书分为基础篇和提高篇。基础篇需要按照顺序学习，讲究循序渐进，步步为营。学习完基础篇之后，已经算是基本入门 STM32 开发了。提高篇属于高级例程，学习的时候并不一定要按照书中的章节排序，可根据需要跳跃式地学习。

本书的编写风格

本书着重讲解 STM32F103 的外设以及外设的应用，力争全面分析每个外设的功能框图和外设的使用方法，让读者可以全面、细致地掌握 STM32F103 系列芯片。基本每个章节对应一个外设，每章的主要内容大致分为 3 个部分：第 1 部分为简介，第 2 部分为外设功能框图分析，第 3 部分为代码讲解。

外设简介是作者用自己的话把外设概括性地介绍一遍，力图语句简短，通俗易懂，并不会完全照抄数据手册的介绍。

外设功能框图分析则是每章的重点，该部分会详细讲解功能框图中每个部分的作用，这是学习 STM32F103 的精髓所在，掌握了整个外设的框图则可以熟练地使用该外设，进而熟练地编程，日后学习其他型号的单片机也将会得心应手。因为即使单片机的型号不同，外设的框图也是基本一样的。这一步的学习比较枯燥，但是必须下功夫学，方能达成所愿。

代码分析则是针对使用该外设的实验进行讲解，主要分析代码流程和一些编程的注意事项。在掌握了框图之后，代码部分则是手到擒来。

本书的参考资料

本书的主要参考资料为：《STM32F10x-中文参考手册》《STM32F10x-数据手册》以及《Cortex-M3 权威指南》。它们是 ST 及 ARM 官方的资料，属于精华版，全面翔实，无所不包。限于篇幅问题，本书不可能面面俱到，只侧重于框图分析和代码讲解，有关寄存器的详细描述则略过。在学习本书的时候，涉及寄存器描述部分还请参考上述两本手册，这样学习效果会更好。

本书的配套资料

硬件平台

本书配套的硬件平台为：秉火 STM32F103-指南者，型号简称为“指南者”，见图 1。学习的时候如果基于该硬件平台做实验，必会达到事半功倍的效果，可以省去中间移植时遇到的各种问题。

工程代码、原理图及课件

本书中涉及的工程代码、开发板原理图以及课件均在秉火论坛提供：<http://www.firebbs.cn>。

部分章节涉及的各种通信协议、字符编码以及芯片的数据手册均有相应的参考资料，如《I²C 总线协议》《SPI 总线协议》和《AT24C02》(EEPROM 数据手册)等电子文档，也包含在相应章节的课件文件夹中。在阅读本书时请一定

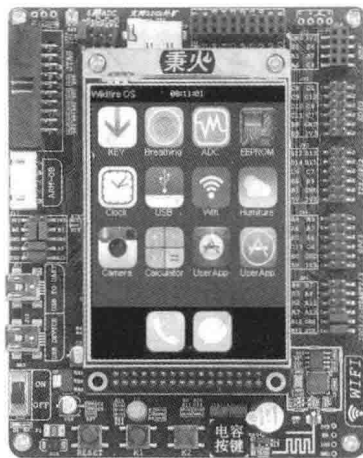


图 1 秉火 STM32F103-指南者

打开这些资料来配合阅读，特别是涉及通信协议的章节。

教学视频

为提高学习效率，我们为本书制作了配套的课件 PPT 以及教学视频，请到论坛 <http://www.firebbs.cn> 上观看或下载。

本书的技术论坛

如果在学习过程中遇到问题，可以到论坛 <http://www.firebbs.cn> 上发帖交流，开源共享，共同进步。

鉴于水平有限，本书难免有纰漏，热心的读者也可把勘误发到论坛上，好让我们的技术不断完善，做得更好。祝广大读者学习愉快，STM32 的世界中，秉火与您同行！

目 录

前言

第一部分 基础篇

第 1 章 如何安装 KEIL5 2

- 1.1 温馨提示 2
- 1.2 获取 KEIL5 安装包 2
- 1.3 开始安装 KEIL5 3
- 1.4 安装 STM32 芯片包 5

第 2 章 如何用 DAP 仿真器 下载程序 7

- 2.1 仿真器简介 7
- 2.2 硬件连接 7
- 2.3 仿真器配置 8
- 2.4 选择目标板 9
- 2.5 下载程序 10

第 3 章 如何用串口下载程序 11

- 3.1 安装 USB 转串口驱动 11
- 3.2 硬件连接 11
- 3.3 开始下载 12
- 3.4 ISP 一键下载原理分析 14
 - 3.4.1 ISP 简介 14
 - 3.4.2 ISP 普通下载 14

3.4.3 BOOT 配置 15

3.4.4 ISP 一键下载 15

第 4 章 初识 STM32 17

- 4.1 什么是 STM32 17
- 4.2 STM32 能做什么 17
 - 4.2.1 智能手环 18
 - 4.2.2 微型四轴飞行器 19
 - 4.2.3 淘宝众筹 19
- 4.3 STM32 怎么选型 20
 - 4.3.1 STM32 分类 20
 - 4.3.2 STM32 命名方法 21
 - 4.3.3 选择合适的 MCU 21

第 5 章 什么是寄存器 24

- 5.1 STM32 芯片外观 24
- 5.2 芯片里面有什么 25
- 5.3 存储器映射 27
- 5.4 寄存器映射 30
 - 5.4.1 STM32 的外设地址映射 31
 - 5.4.2 C 语言对寄存器的封装 33

第 6 章 新建工程——寄存器版 38

- 6.1 新建本地工程文件夹 38
- 6.2 新建工程 39
- 6.3 下载程序 42

第 7 章 使用寄存器点亮 LED	43	9.2 使用帮助文档	81
7.1 GPIO 简介	43	9.2.1 常用官方资料	81
7.2 GPIO 框图剖析	43	9.2.2 初识库函数	83
7.2.1 基本结构分析	43	第 10 章 新建工程——库函数版 ..	85
7.2.2 GPIO 工作模式	47	10.1 新建本地工程文件夹	85
7.3 实验：使用寄存器点亮 LED	48	10.2 新建工程	86
7.3.1 硬件连接	49	第 11 章 GPIO 输出——使用	
7.3.2 启动文件	50	固件库点亮 LED	93
7.3.3 stm32f10x.h 文件	51	11.1 硬件设计	93
7.3.4 main 文件	52	11.2 软件设计	93
7.3.5 下载验证	56	11.2.1 编程要点	94
第 8 章 自己写库——构建		11.2.2 代码分析	94
库函数雏形	57	11.2.3 下载验证	99
8.1 什么是 STM32 函数库	57	11.3 STM32 标准库补充知识	99
8.2 为什么采用库来开发及学习	58	第 12 章 GPIO 输入——按键	
8.3 实验：构建库函数雏形	58	检测	102
8.3.1 外部寄存器结构体定义	59	12.1 硬件设计	102
8.3.2 外设存储器映射	60	12.2 软件设计	103
8.3.3 外设声明	60	12.2.1 编程要点	103
8.3.4 定义位操作函数	62	12.2.2 代码分析	103
8.3.5 定义初始化结构体	65	12.3 下载验证	105
8.3.6 定义引脚模式的枚举类型	65	第 13 章 GPIO——位带操作 ..	106
8.3.7 定义 GPIO 初始化函数	69	13.1 位带简介	106
8.3.8 全新面貌，使用函数		13.1.1 外设位带区	106
点亮 LED	72	13.1.2 SRAM 位带区	107
8.3.9 下载验证	73	13.1.3 位带区和位带别名区	
8.3.10 总结	73	地址转换	107
第 9 章 初识 STM32 标准库	75	13.2 GPIO 位带操作	108
9.1 CMSIS 标准及库层次关系	75		
9.1.1 库目录、文件简介	76		
9.1.2 库各文件间的关系	81		

第 14 章 启动文件	111	17.4 EXTI 初始化结构体详解	138
14.1 启动文件简介	111	17.5 外部中断控制实验	138
14.2 查找 ARM 汇编指令	111	17.5.1 硬件设计	139
14.3 启动文件代码讲解	111	17.5.2 软件设计	139
		17.5.3 下载验证	143
第 15 章 RCC——使用 HSE/ HSI 配置时钟	118	第 18 章 SysTick——系统 定时器	144
15.1 RCC 主要作用——时钟部分	118	18.1 SysTick 简介	144
15.2 RCC 框图剖析——时钟部分	118	18.2 SysTick 寄存器介绍	144
15.2.1 系统时钟	118	18.3 SysTick 定时实验	145
15.2.2 其他时钟	122	18.3.1 硬件设计	145
15.3 配置系统时钟实验	123	18.3.2 软件设计	145
15.3.1 使用 HSE	123	18.3.3 下载验证	152
15.3.2 使用 HSI	123		
15.3.3 硬件设计	123	第 19 章 通信的基本概念	153
15.3.4 软件设计	124	19.1 串行通信与并行通信	153
15.3.5 下载验证	128	19.2 全双工、半双工及单工通信	154
		19.3 同步通信与异步通信	154
第 16 章 STM32 中断应用概览	130	19.4 通信速率	155
16.1 异常类型	130	第 20 章 USART——串口通信	156
16.2 NVIC 简介	131	20.1 串口通信协议简介	156
16.2.1 NVIC 寄存器简介	131	20.1.1 物理层	156
16.2.2 NVIC 中断配置固件库	132	20.1.2 协议层	159
16.3 中断优先级	132	20.2 STM32 的 USART 简介	160
16.3.1 优先级定义	132	20.3 USART 功能框图剖析	161
16.3.2 优先级分组	132	20.4 USART 初始化结构体详解	165
16.4 中断编程	133	20.5 USART1 接发通信实验	166
		20.5.1 硬件设计	166
第 17 章 EXTI——外部中断 / 事件控制器	135	20.5.2 软件设计	167
17.1 EXTI 简介	135	20.5.3 下载验证	171
17.2 EXTI 功能框图剖析	135	20.6 使用 USART1 指令控制 RGB 彩灯的实验	172
17.3 中断 / 事件线	137		

20.6.1	硬件设计	172	23.1.2	协议层	196
20.6.2	软件设计	172	23.2	STM32 的 I ² C 特性及架构	199
20.6.3	下载验证	176	23.2.1	STM32 的 I ² C 外设简介	199
第 21 章 DMA——直接存储器访问			23.2.2	STM32 的 I ² C 架构剖析	199
访问			23.2.3	通信过程	201
21.1	DMA 简介	177	23.3	I ² C 初始化结构体详解	203
21.2	DMA 控制器的框图剖析	177	23.4	I ² C——读写 EEPROM 实验	204
21.3	DMA 数据配置	179	23.4.1	硬件设计	204
21.4	DMA 初始化结构体详解	180	23.4.2	软件设计	205
21.5	从存储器到存储器模式的实验	182	23.4.3	下载验证	222
21.5.1	硬件设计	182	第 24 章 SPI——读写串行 Flash 存储器		
21.5.2	软件设计	182	Flash 存储器		
21.5.3	下载验证	186	24.1	SPI 协议简介	223
21.6	从存储器到外设模式的实验	186	24.1.1	SPI 物理层	223
21.6.1	硬件设计	186	24.1.2	协议层	224
21.6.2	软件设计	186	24.2	STM32 的 SPI 特性及架构	226
21.6.3	下载验证	189	24.2.1	STM32 的 SPI 外设简介	226
第 22 章 常用存储器介绍			24.2.2	STM32 的 SPI 架构剖析	227
介绍			24.2.3	通信过程	228
22.1	存储器种类	190	24.3	SPI 初始化结构体详解	229
22.2	RAM	191	24.4	SPI——读写串行 Flash 存储器实验	231
22.2.1	DRAM	191	24.4.1	硬件设计	231
22.2.2	SRAM	192	24.4.2	软件设计	232
22.2.3	DRAM 与 SRAM 的应用场合	192	24.4.3	下载验证	250
22.3	非易失性存储器	192	第 25 章 串行 Flash 文件系统——FatFs		
22.3.1	ROM	192	文件系统		
22.3.2	Flash 存储器	193	25.1	文件系统	251
第 23 章 I²C——读写 EEPROM			25.2	FatFs 文件系统简介	252
I ² C——读写 EEPROM			25.2.1	FatFs 的目录结构	252
23.1	I ² C 协议简介	195	25.2.2	FatFs 帮助文档	252
23.1.1	I ² C 物理层	195			

25.2.3	FatFs 源码	253
25.3	FatFs 文件系统移植实验	254
25.3.1	FatFs 程序结构图	254
25.3.2	硬件设计	254
25.3.3	FatFs 移植步骤	254
25.3.4	FatFs 底层设备驱动函数	256
25.3.5	FatFs 功能配置	261
25.3.6	FatFs 功能测试	262
25.3.7	下载验证	265
25.4	FatFs 功能使用实验	266
25.4.1	硬件设计	266
25.4.2	软件设计	266
25.4.3	下载验证	271

第二部分 提高篇

第 26 章 LCD——液晶显示器

26.1	显示器简介	274
26.1.1	液晶显示器	274
26.1.2	LED 和 OLED 显示器	275
26.1.3	显示器的基本参数	276
26.2	液晶控制原理	276
26.2.1	液晶面板的控制信号	277
26.2.2	液晶数据传输时序	278
26.2.3	显存	280
26.3	秉火 3.2 寸液晶屏简介	280
26.3.1	3.2 寸电阻触摸屏实物	280
26.3.2	ILI9341 液晶控制器简介	281
26.3.3	液晶屏的信号线及 8080 时序	282
26.4	使用 STM32 的 FSMC 模拟 8080 接口时序	283
26.4.1	FSMC 简介	283

26.4.2	FSMC 的地址映射	285
26.4.3	FSMC 控制异步 NOR Flash 存储器的时序	287
26.4.4	用 FSMC 模拟 8080 时序	288
26.5	NOR Flash 存储器时序结构体	289
26.6	FSMC 初始化结构体	291
26.7	FSMC——液晶显示实验	293
26.7.1	硬件设计	293
26.7.2	软件设计	295
26.7.3	下载验证	316

第 27 章 LCD——液晶显示

中英文

27.1	字符编码	317
27.1.1	ASCII 编码	317
27.1.2	中文编码	319
27.1.3	Unicode 字符集和编码	322
27.1.4	UTF-32	323
27.1.5	UTF-16	323
27.1.6	UTF-8	324
27.1.7	BOM	325
27.2	什么是字模	325
27.2.1	字模的构成	325
27.2.2	字模显示原理	326
27.2.3	如何制作字模	327
27.2.4	字模寻址公式	328
27.2.5	存储字模文件	329
27.3	各种模式的液晶显示字符实验	329
27.3.1	硬件设计	329
27.3.2	显示 ASCII 编码的字符	330
27.3.3	显示 GB2312 编码的字符	338
27.3.4	显示任意大小的字符	346

27.3.5	下载验证	352	30.3	定时器初始化结构体详解	399
第 28 章	电阻触摸屏——触摸画板	353	30.4	基本定时器定时实验	400
28.1	触摸屏简介	353	30.4.1	硬件设计	400
28.1.1	电阻式触摸屏检测原理	354	30.4.2	软件设计	400
28.1.2	电阻触摸屏控制芯片	355	30.4.3	下载验证	403
28.1.3	电容式触摸屏检测原理	356	第 31 章	TIM——高级定时器	404
28.2	电阻触摸屏——触摸画板实验	357	31.1	高级控制定时器	404
28.2.1	硬件设计	357	31.2	高级控制定时器功能框图剖析	405
28.2.2	软件设计	359	31.3	输入捕获应用	413
28.2.3	下载验证	375	31.3.1	测量脉宽或者频率	413
第 29 章	ADC——电压采集	376	31.3.2	PWM 输入模式	414
29.1	ADC 简介	376	31.4	输出比较应用	415
29.2	ADC 功能框图剖析	376	31.5	定时器初始化结构体详解	417
29.3	ADC 初始化结构体详解	381	31.6	PWM 互补输出实验	420
29.4	独立模式单通道采集实验	382	31.6.1	硬件设计	420
29.4.1	硬件设计	382	31.6.2	软件设计	420
29.4.2	软件设计	382	31.6.3	下载验证	424
29.4.3	下载验证	387	31.7	脉宽测量输入捕获实验	424
29.5	独立模式多通道采集实验	387	31.7.1	硬件设计	424
29.5.1	硬件设计	387	31.7.2	软件设计	425
29.5.2	软件设计	387	31.7.3	下载验证	429
29.5.3	下载验证	391	31.8	PWM 输入捕获实验	430
29.6	双重 ADC 同步规则模式采集实验	391	31.8.1	硬件设计	430
29.6.1	硬件设计	392	31.8.2	软件设计	430
29.6.2	软件设计	393	31.8.3	下载验证	437
29.6.3	下载验证	397	第 32 章	TIM——电容按键检测	438
第 30 章	TIM——基本定时器	398	32.1	电容按键原理	438
30.1	定时器分类	398	32.2	电容按键检测实验	439
30.2	基本定时器功能框图剖析	398	32.2.1	硬件设计	440
			32.2.2	软件设计	440

32.2.3	下载验证	446	35.4.2	卡识别模式	467
第 33 章	IWDG——独立		35.4.3	数据传输模式	468
	看门狗	447	35.5	STM32 的 SDIO 功能框图剖析	469
33.1	IWDG 简介	447	35.6	SDIO 初始化结构体	473
33.2	IWDG 功能框图剖析	447	35.7	SDIO 命令初始化结构体	474
33.3	怎么用 IWDG	448	35.8	SDIO 数据初始化结构体	475
33.4	IWDG 超时实验	449	35.9	SD 卡读写测试实验	475
33.4.1	硬件设计	449	35.9.1	硬件设计	475
33.4.2	软件设计	449	35.9.2	软件设计	476
33.4.3	下载验证	451	35.9.3	下载验证	504
第 34 章	WWDG——窗口		第 36 章	基于 SD 卡的 FatFs	
	看门狗	452		文件系统	505
34.1	WWDG 简介	452	36.1	FatFs 移植步骤	505
34.2	WWDG 功能框图剖析	452	36.2	FatFs 接口函数	507
34.3	怎么用 WWDG	454	36.3	FatFs 功能测试	511
34.4	WWDG 喂狗实验	454	36.4	下载验证	514
34.4.1	硬件设计	454	第 37 章	电源管理——实现	
34.4.2	软件设计	454		低功耗	515
34.4.3	下载验证	457	37.1	STM32 的电源管理简介	515
第 35 章	SDIO——SD 卡		37.1.1	电源监控器	515
	读写测试	458	37.1.2	STM32 的电源系统	516
35.1	SDIO 简介	458	37.1.3	STM32 的功耗模式	517
35.2	SD 卡物理结构	459	37.2	电源管理相关的库函数及命令	519
35.3	SDIO 总线	460	37.2.1	配置 PVD 监控功能	519
35.3.1	总线拓扑	460	37.2.2	WFI 与 WFE 命令	520
35.3.2	总线协议	461	37.2.3	进入停止模式	520
35.3.3	命令	462	37.2.4	进入待机模式	521
35.3.4	响应	465	37.3	PWR——睡眠模式实验	522
35.4	SD 卡的操作模式及切换	466	37.3.1	硬件设计	522
35.4.1	SD 卡的操作模式	466	37.3.2	软件设计	522
			37.3.3	下载验证	525

- 37.4 PWR——停止模式实验 525
- 37.4.1 硬件设计 525
- 37.4.2 软件设计 525
- 37.4.3 下载验证 529
- 37.5 PWR——待机模式实验 529
- 37.5.1 硬件设计 529
- 37.5.2 软件设计 529
- 37.5.3 下载验证 532
- 37.6 PWR——PVD 电源监控实验 532
- 37.6.1 硬件设计 532
- 37.6.2 软件设计 534
- 37.6.3 下载验证 537
- 第 38 章 MDK 的编译过程及文件类型全解 538**
- 38.1 编译过程 538
- 38.1.1 编译过程简介 538
- 38.1.2 具体工程中的编译过程 539
- 38.2 程序的组成、存储与运行 540
- 38.2.1 CODE、RO、RW、ZI Data 域及堆栈空间 540
- 38.2.2 程序的存储与运行 541
- 38.3 编译工具链 542
- 38.3.1 设置环境变量 542
- 38.3.2 armcc、armasm 及 armlink 544
- 38.3.3 armar、fromelf 及用户指令 548
- 38.4 MDK 工程的文件类型 549
- 38.4.1 uvprojx、uvoptx 及 uvguix 工程文件 550
- 38.4.2 源文件 553
- 38.4.3 Output 目录下生成的文件 553
- 38.4.4 Listing 目录下的文件 574
- 38.4.5 sct 分散加载文件的格式与应用 581
- 38.5 实验：自动分配变量到指定的 SRAM 空间 589
- 38.5.1 补充关于 “_attribute_” 关键字的说明 590
- 38.5.2 硬件设计 590
- 38.5.3 软件设计 590
- 38.5.4 下载验证 598
- 38.6 实验：优先使用内部 SRAM 并把堆区分配到指定空间 598
- 38.6.1 硬件设计 598
- 38.6.2 软件设计 598
- 38.6.3 下载验证 604
- 第 39 章 在 SRAM 中调试代码 605**
- 39.1 在 RAM 中调试代码 605
- 39.2 STM32 的启动方式 606
- 39.3 内部 Flash 的启动过程 607
- 39.4 实验：在内部 SRAM 中调试代码 609
- 39.4.1 硬件设计 609
- 39.4.2 软件设计 609
- 39.4.3 下载验证 618
- 第 40 章 读写内部 Flash 619**
- 40.1 STM32 的内部 Flash 简介 619
- 40.2 对内部 Flash 的写入过程 621
- 40.3 查看工程的空间分布 622
- 40.4 操作内部 Flash 的库函数 624
- 40.5 实验：读写内部 Flash 627
- 40.5.1 硬件设计 627

40.5.2	软件设计	627	42.2.1	OV7725 传感器简介	644	
40.5.3	下载验证	629	42.2.2	OV7725 引脚及功能框图剖析	645	
第 41 章 设置 Flash 的读写保护及解除			630	42.2.3	SCCB 时序	646
41.1	选项字节与读写保护	630	42.2.4	OV7725 的寄存器	647	
41.1.1	选项字节的内容	630	42.2.5	像素数据输出时序	648	
41.1.2	RDP 读保护	632	42.2.6	FIFO 读写时序	649	
41.1.3	WRP 写保护	633	42.2.7	摄像头的驱动原理	652	
41.2	修改选项字节的过程	633	42.3	摄像头驱动实验	655	
41.3	操作选项字节的库函数	633	42.3.1	硬件设计	655	
41.4	实验: 设置读写保护及解除	638	42.3.2	软件设计	656	
41.4.1	硬件设计	638	42.3.3	下载验证	678	
41.4.2	软件设计	638	第 43 章 移植 Huawei LiteOS 到 STM32			
41.4.3	下载验证	642	679	43.1	Huawei LiteOS 简介	679
第 42 章 OV7725 摄像头驱动			643	43.2	Huawei LiteOS 内核移植	680
42.1	摄像头简介	643	43.2.1	Huawei LiteOS 内核简介	680	
42.1.1	数字摄像头与模拟摄像头的区别	643	43.2.2	内核源代码简介	682	
42.1.2	CCD 与 CMOS 的区别	644	43.2.3	内核移植详细介绍	683	
42.2	OV7725 摄像头	644	43.2.4	Huawei LiteOS 多任务编程	691	