

ARM 嵌入式系统 开发与应用 完全手册

Getting you the Best Book!

基于应用最广泛的STM32嵌入式芯片，融入作者多年开发经验，从实践应用倒推出必须掌握的理论需求，嵌入翔实的实例讲解和精炼的代码注释。

源代码下载地址：

<http://www.tdpress.com/zyzx/tsscflwj>

郑杰 编著



中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

ARM嵌入式系统 开发与应用完全手册

郑杰 编著



中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

内 容 简 介

本书在内容结构上由浅入深,围绕 ARM 嵌入式开发的基础以及具体应用进行了全面而系统的介绍。本书内容讲解详细,并且很多章节还提供了具体的实例,以帮助读者实现从理论到实践的思维转换。另外,为帮助读者快速掌握嵌入式 ARM 的主流系列 STM32 的具体应用,凡是有实例的章节都提供了源代码以供读者学习和应用,这些源代码将收录于配书的 RAR 压缩包中,读者可以到网上下载。

无论是对于刚从 51 单片机转入嵌入式 ARM 开发的初学者,还是有一定开发基础和经验的高级用户,本书都能为您提供良好的参考。本书适用于从事嵌入式开发研究方向的本科生、研究生和教师,也适用于嵌入式设计方向的工程技术人员。

图书在版编目(CIP)数据

ARM 嵌入式系统开发与应用完全手册 / 郑杰编著. —北京:
中国铁道出版社, 2013. 8
ISBN 978-7-113-16848-3

I. ①A… II. ①郑… III. ①微处理器—系统设计—
技术手册 IV. ①TP332-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 132067 号

书 名: ARM 嵌入式系统开发与应用完全手册
作 者: 郑 杰 编著

策 划: 荆 波
责任编辑: 张 丹
责任印制: 赵星辰

读者热线电话: 010-63560056

特邀编辑: 赵树刚

封面设计: 多宝格·付 巍



出版发行: 中国铁道出版社(北京市西城区右安门西街 8 号 邮政编码: 100054)

印 刷: 北京鑫正大印刷有限公司

版 次: 2013 年 8 月第 1 版 2013 年 8 月第 1 次印刷

开 本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 30 字数: 705 千

书 号: ISBN 978-7-113-16848-3

定 价: 69.80 元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版图书,如有印制质量问题,请与本社发行部联系调换。

嵌入式是用于控制、监视或者辅助操作计算机和设备的装置。嵌入式系统是一种专用的计算机系统，它的特点是以应用为中心，以计算机技术为基础，软/硬件可裁剪，适用于应用系统对功能、可靠性、成本、体积、功耗等严格要求的专用计算机系统。

嵌入式处理器可以分为五种：嵌入式微处理器、嵌入式微控制器、嵌入式 DSP 处理器、嵌入式片上系统 SoC 和嵌入式可编程片上系统。本书要介绍的 ARM 的 M 系列属于嵌入式微处理器，由其开发产生的 STM32 属于嵌入式微控制器，即我们通常所说的单片机。嵌入式微控制器就是将整个计算机系统的主要硬件集成到一块芯片上，芯片内部集成 ROM/EPROM、RAM、总线、定时/计数器、看门狗、I/O 接口、串行口、A/D 等各种必要功能和外设。

ARM 是全球领先的半导体知识产权 (IP) 提供商，并因此在数字电子产品的开发中处于核心地位。意法半导体于 2007 在此基础上推出基于 ARM 的第一款 STM32 产品，是目前应用最广的 ARM 嵌入式芯片。ST 的产品系列包含各种微控制器，从稳定的低成本 8 位 MCU 到带有各种外设的 32 位 ARM Cortex-M0、Cortex-M3 和 Cortex-M4 Flash 微控制器。意法半导体还通过推出超低功耗微控制器平台扩展了产品系列。作为一个主流的微控制器系列，本书所举 ARM 实例，多用 STM32，具体的 STM32F1 满足工业、医疗和消费电子市场的各种应用需求。凭借这个产品系列，ST 在全球的 Cortex-M3 微控制器中处于领先地位，同时，树立了嵌入式应用的里程碑。该系列最大化地集成了高性能与一流外设和低功耗、低电压工作的特性，在可以接受的价格范围内提供简单的架构和易用的工具。

本书的特点

1. 从易到难，依次递进

本书从 ARM 处理器和 STM32 微控制器开始介绍，循序渐进，既包含了外设的简单应用实例，又包含了 ARM 的一些高级应用。本书既可以作为 ARM 零基础者的入门读物，又可以作为已经有嵌入式开发经验读者的参考书目。

2. 结构合理，内容全面

本书结构合理，内容全面，共分 20 章。对于初识嵌入式开发的读者来说，可以从头到尾依次学习；对于已经有嵌入式开发经验的读者可以根据自己的实际基础来选择性地阅读或参考。

3. 叙述翔实，例程丰富

在本书的实例介绍中，每一章都有若干应用例程，不仅附有代码，还有内容讲解。读者可以根据实例更加深入地了解 ARM 嵌入式开发。

4. 语言通俗，图文并茂

本书内容通俗易懂，编者对各个专业名称都进行了解释。同时，对于文字难以表达清楚的

部分，都配有插图，特别是应用实例部分，每个实验结果都配有实验图片来说明。

本书内容体系

本书共分 20 章，各内容概括如下。

第 1~2 章是 ARM 开发基础知识介绍，主要讲解了 ARM 处理器及 STM32 微控制器的由来。对于第一次接触单片机的读者来说可以作为一个入门的基础，对于已经有嵌入式开发经验或者已经对 ARM 处理器和 STM32 微控制器有所了解的读者来说，这两章可略读，以便节省学习时间。

第 3~6 章主要介绍了嵌入式 ARM 开发的一些准备知识。第 3 章为 ALIENTEK MiniSTM32 开发板介绍，第 4 章为 STM32 固件库介绍与使用，第 5 章为 ARM 系列微控制器开发工具介绍，第 6 章为 ARM 系列微控制器外设介绍。

第 7~16 章是 ARM 应用实例的基础部分，主要结合 ARM 各外设，在每章节设置了外设实例学习。

第 17~20 章是 ARM 应用实例的扩展部分，包括 SD 卡应用、LCD 屏驱动、 μ C/OS-II 实时操作系统移植和 μ GUI 图形界面开发。

本书读者对象

- 嵌入式 ARM 开发零基础者；
- 想全面、系统地学习 ARM 单片机开发的人员；
- 嵌入式开发爱好者；
- 利用 ARM 中最流行系列 STM32 进行项目开发的技术人员；
- 大中专院校的学生和老师；
- 相关培训学校的学员。

编者

2013 年 6 月

第一篇 Cortex-M3 开发基础

第 1 章 Cortex-M3 与 STM32 系列微控制器简介

1.1	ARM 处理器	1
1.1.1	ARM 处理器简介	1
1.1.2	ARM 处理器特点	2
1.1.3	ARM 处理器系列	4
1.2	Cortex-M3 内核	7
1.2.1	Cortex-M3 简介	7
1.2.2	Cortex-M3 特点	7
1.3	STM32 系列微控制器	8
1.4	本章小结	9

第 2 章 ARM Cortex-M3 体系结构

2.1	认识 Cortex-M3 体系结构	10
2.2	寄存器组	11
2.2.1	通用寄存器 R0 ~ R7	11
2.2.2	程序状态寄存器 R8 ~ R12	11
2.2.3	堆栈指针 R13	11
2.2.4	连接寄存器 R14	13
2.2.5	程序计数器 R15	13
2.3	特殊功能寄存器组	13
2.3.1	程序状态寄存器 (PSRs)	13
2.3.2	PRIMASK、FAULTMASK 和 BASEPRI 寄存器	14
2.3.3	控制寄存器	14
2.4	操作模式	15
2.5	异常和中断	16
2.6	向量表	16
2.7	堆栈存储器操作	17
2.7.1	栈的基本操作	17

2.7.2	Cortex-M3 堆栈实现.....	18
2.7.3	双堆栈机制.....	18
2.8	复位序列.....	19
2.9	本章小结.....	19

第二篇 Cortex-M3 开发准备

第 3 章 ALIENTEK MiniSTM32 开发板介绍

3.1	开发板的认识.....	20
3.2	ALIENTEK MiniSTM 32 开发板简介	20
3.3	ALIENTEK MiniSTM32 开发板各硬件模块.....	22
3.4	ALIENTEK MiniSTM32 开发板使用注意事项.....	25
3.5	本章小结.....	26

第 4 章 STM32 固件库介绍与使用

4.1	固件库概述.....	27
4.2	CMSIS 架构简介	27
4.3	标准外设库的 CMSIS 结构.....	29
4.3.1	core_cm3.h 文件	29
4.3.2	stm32f10x.h 文件	30
4.3.3	system_stm32f10x.c 和 system_stm32f10x.h 文件	30
4.3.4	startup 文件夹.....	30
4.4	文档和库规范.....	31
4.4.1	命名规则.....	31
4.4.2	编码规则.....	32
4.5	固件函数库.....	33
4.5.1	压缩包描述.....	33
4.5.2	固件函数库文件描述.....	35
4.5.3	外设的初始化和设置.....	36
4.6	本章小结.....	37

第 5 章 ARM 系列微控制器开发工具

5.1	IAR EWARM 介绍	38
5.1.1	开发环境.....	38
5.1.2	仿真器简介.....	39

5.1.3	IAR 工程建立.....	41
5.1.4	调试应用程序.....	52
5.2	Keil MDK 介绍.....	53
5.2.1	开发环境.....	53
5.2.2	工程建立.....	54
5.3	IAR EWARM 工程和 Keil 工程的相互移植.....	65
5.4	本章小结.....	66

第 6 章 ARM 系列微控制器外设

6.1	CRC 计算单元 (CRC)	65
6.1.1	CRC 主要特性.....	65
6.1.2	CRC 功能描述.....	65
6.1.3	CRC 寄存器.....	66
6.2	电源控制 (PWR)	66
6.2.1	电源.....	66
6.2.2	电源管理器.....	67
6.2.3	低功耗模式.....	68
6.2.4	电源控制寄存器.....	72
6.3	USB 全速设备接口 (USB)	72
6.3.1	主要特性.....	73
6.3.2	功能描述.....	73
6.3.3	编程中需要考虑的问题.....	74
6.3.4	USB 寄存器.....	82
6.4	本章小结.....	82

第三篇 Cortex-M3 开发实例

第 7 章 通用和复用功能 I/O 接口及其应用

7.1	GPIO 功能描述.....	83
7.2	GPIO 寄存器描述.....	90
7.3	复用功能 I/O 接口和调试配置 (AFIO)	90
7.4	AFIO 寄存器.....	95
7.5	流水灯实验.....	95
7.5.1	硬件电路及所涉及外设介绍.....	95
7.5.2	代码例程.....	96

7.5.3 实验现象展示.....	99
7.6 按键扫描实验.....	99
7.6.1 硬件及所涉及外设介绍.....	100
7.6.2 扫描方式按键代码例程.....	101
7.7 数码管实验.....	103
7.7.1 硬件及所涉及外设介绍.....	104
7.7.2 代码例程.....	105
7.7.3 实验现象展示.....	109
7.8 扬声器实验.....	109
7.8.1 硬件及所涉及外设介绍.....	109
7.8.2 代码例程.....	110
7.8.3 实验现象展示.....	112
7.9 本章小结.....	113

第 8 章 外部中断 (EXTI) 及其应用

8.1 嵌套向量中断控制器.....	114
8.2 外部中断/事件控制器 (EXTI)	117
8.3 EXTI 寄存器描述.....	119
8.4 按键中断实验.....	120
8.5 本章小结.....	124

第 9 章 通用定时器 (TIMx) 及其应用

9.1 TIMx 主要功能.....	125
9.2 定时器产生 PWM 实验.....	127
9.2.1 代码例程.....	127
9.2.2 实验现象展示.....	131
9.3 本章小结.....	133

第 10 章 实时时钟 (RTC) 及其应用

10.1 主要特性.....	134
10.2 功能描述.....	135
10.3 RTC 寄存器.....	137
10.4 RTC 实时时钟实验.....	137
10.4.1 硬件及所涉及外设介绍.....	137
10.4.2 代码例程.....	137

10.4.3 实验现象展示.....	143
10.5 本章小结.....	143

第 11 章 通用同步/异步串行收发器 (USART)

11.1 功能描述.....	145
11.2 IrDA SIR ENDEC 功能模块.....	160
11.2.1 利用 DMA 连续通信	162
11.2.2 硬件流控制.....	163
11.3 USART 中断请求	164
11.4 USART 模式配置	164
11.5 USART 寄存器.....	165
11.6 串口轮询实验.....	165
11.6.1 硬件及所涉及外设介绍.....	165
11.6.2 代码例程.....	166
11.6.3 实验现象展示.....	170
11.7 RS-485 总线实验	171
11.7.1 硬件及所涉及外设介绍.....	171
11.7.2 代码例程.....	173
11.7.3 实验结果.....	176
11.8 本章小结.....	176

第 12 章 控制器局域网 (bxCAN) 及其应用

12.1 主要特性.....	177
12.2 bxCAN 总体描述.....	178
12.3 bxCAN 工作模式.....	179
12.4 测试模式.....	180
12.5 调试模式.....	182
12.6 bxCAN 功能描述.....	182
12.6.1 发送处理.....	182
12.6.2 时间触发通信模式.....	183
12.6.3 接收管理.....	183
12.6.4 标识符过滤.....	184
12.6.5 报文存储.....	187
12.6.6 出错管理.....	188
12.6.7 位时间特性.....	188

12.7	bxCAN 中断.....	189
12.8	bxCAN 寄存器.....	190
12.9	CAN 总线实验.....	190
12.9.1	硬件及所涉及外设介绍.....	190
12.9.2	代码例程.....	191
12.9.3	实验现象展示.....	199
12.10	本章小结.....	200

第 13 章 串行外设接口（SPI）及其应用

13.1	SPI 和 I ² S 主要特性	201
13.2	SPI 功能描述.....	202
13.3	SPI 和 I2S 寄存器.....	205
13.4	两个 SPI 接口通信实验	206
13.4.1	硬件及所涉及外设介绍.....	206
13.4.2	代码例程.....	207
13.4.3	实验现象展示.....	214
13.5	本章小结.....	214

第 14 章 I²C 接口及其应用

14.1	主要特性.....	215
14.2	功能描述.....	216
14.2.1	模式选择.....	216
14.2.2	I ² C 从模式	217
14.2.3	I ² C 主模式	220
14.2.4	错误条件.....	223
14.2.5	SDA/SCL 线控制	224
14.2.6	SMBus.....	224
14.2.7	DMA 请求	226
14.2.8	包错误校验.....	227
14.3	I ² C 中断请求表和图.....	228
14.4	I ² C 调试模式	229
14.5	I2C 控制寄存器	229
14.6	模拟 I ² C 实验	229
14.6.1	硬件及所涉及外设介绍.....	229
14.6.2	代码例程.....	230

14.6.3 实验现象展示.....	242
14.7 本章小结.....	242

第 15 章 模拟/数字转换(ADC)及其应用

15.1 ADC 主要特征.....	243
15.2 ADC 功能描述.....	244
15.3 ADC 寄存器.....	254
15.4 内部温度传感器实验.....	254
15.4.1 硬件及所涉及外设介绍.....	254
15.4.2 代码例程.....	254
15.4.3 实验现象展示.....	259
15.5 ADC 外部采样实验.....	259
15.5.1 代码例程.....	259
15.5.2 实验现象展示.....	263
15.6 本章小结.....	264

第 16 章 直接存储器存取控制器 (DMA) 及其应用

16.1 DMA 主要特性.....	265
16.2 功能描述.....	266
16.3 DMA 寄存器.....	272
16.4 DMA 搬运实验.....	272
16.5 本章小结.....	277

第四篇 Cortex-M3 开发应用

第 17 章 LCD 触摸屏系统设计实例

17.1 LCD 显示屏的分类及性能.....	278
17.2 触摸屏特性.....	279
17.3 触摸屏类型.....	279
17.4 TFT-LCD 控制实例设计.....	281
17.4.1 硬件电路设计.....	285
17.4.2 软件设计.....	287
17.5 触摸屏控制实例设计.....	299
17.5.1 电阻触摸屏简介.....	299
17.5.2 硬件电路设计.....	301

17.5.3 软件设计.....	302
17.6 本章小结.....	316

第 18 章 SD 卡的数据存储与读取

18.1 SD 卡概述	317
18.1.1 SD 卡特点及使用	317
18.1.2 SD 卡分类	317
18.1.3 SD 卡传输模式	318
18.2 SD 卡结构	318
18.3 SD 卡读/写操作	319
18.3.1 SD 传输模式	319
18.3.2 SPI 传输模式.....	320
18.4 SD 卡数据包与命令.....	322
18.5 SD 卡寄存器	325
18.6 SPI 传输模式时序	331
18.7 数据存储与读取设计实例.....	334
18.7.1 硬件设计.....	334
18.7.2 软件设计.....	335
18.8 本章小结.....	353

第 19 章 μ C/OS-II 实时操作系统的移植

19.1 嵌入式实时操作系统概述.....	354
19.1.1 嵌入式操作系统概述.....	354
19.1.2 嵌入式实时操作系统的特点.....	356
19.1.3 嵌入式实时操作系统的功能.....	356
19.2 μ C/OS-II 实时操作系统概述.....	357
19.3 μ C/OS-II 内核分析	357
19.3.1 μ C/OS-II 内核结构	357
19.3.2 μ C/OS-II 任务管理	359
19.3.3 μ C/OS-II 中断和时间管理	373
19.3.4 μ C/OS-II 任务间同步与通信	380
19.3.5 μ C/OS-II 内存管理	390
19.3.6 μ C/OS-II 初始化.....	393
19.4 μ C/OS-II 在 STM 32 上的移植	394
19.4.1 OS_CPU.H 文件	394

19.4.2 OS_CPU_C.C 文件	395
19.4.3 OS_CPU_A.ASM 文件	396
19.5 μ C/OS-II 在 STM32 上的应用实例	401
19.6 本章小结	407

第 20 章 μ C/GUI 嵌入式用户图形界面编程

20.1 μ C/GUI 图形界面概述	408
20.2 μ C/GUI 系统结构	408
20.2.1 文本显示	409
20.2.2 数值显示	412
20.2.3 2D 图形库	414
20.2.4 字体	419
20.2.5 颜色	422
20.2.6 存储设备	424
20.2.7 视窗管理器	425
20.2.8 窗口对象	430
20.2.9 对话框	445
20.2.10 输入设备	446
20.2.11 时间相关函数	448
20.3 μ C/GUI 在 STM32 的移植	448
20.4 μ C/GUI 在 STM32 上的应用实例	452
20.4.1 实例 1: μ C/GUI 在 STM32 上的移植和应用	452
20.4.2 实例 2: μ C/GUI 中移植入 μ C/OS-II 操作系统	461
20.5 本章小结	465

第 1 章 Cortex-M3 与 STM32 系列微控制器简介

在学习 STM32 单片机之前，首先让我们了解一下 STM32 的一些背景知识，通过对 ARM 处理器、Cortex 内核和 STM32F1 系列单片机的背景及其三者之间关系的介绍，使读者尤其是 STM 32 单片机初学者可以对这款 MCU 有个初步的了解。这就好比认识一个新朋友，如果只告诉朋友的姓名，可能过几天你就忘记了，但是如果给你讲讲他的性格、爱好等特点，可能会对他的记忆深刻一些。

1.1 ARM 处理器

处理器对于计算机来说，就好比大脑对于人。处理器是一台计算机数据处理和控制的核心，处理器、存储器和输入/输出设备是计算机的三大核心组成部分。人们常见的处理器有英特尔、AMD 和 ARM 等。教学中通常见到的 x86 架构就是英特尔在 1978 年首先推出的。本书中要讲的处理器为 ARM 处理器，如图 1-1 所示。

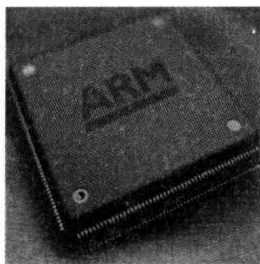


图 1-1 ARM 处理器

1.1.1 ARM 处理器简介

提起 ARM，人们通常有两种解释，一个是 ARM 公司，即 Advanced RISC Machines。ARM 公司是一家知识产权供应商，它自己并不生产芯片，而是向其他公司转让设计方案。ARM 公司的合作伙伴有 IBM、英特尔、LG、索尼、微软等知名企业。ARM 的另一种解释就是 ARM 处理器，本书要介绍的 STM32 单片机使用的内核就是 ARM 系列处理器中的 Cortex-M3。

首先让我们来看看 ARM 公司的简史。1979 年，在剑桥大学，Acorn 计算机公司诞生。当时无聊的学者们花了大量的时间在一些强迫性并带有神秘色彩的爱好上。20 世纪 70 年代末，这样的爱好就是将不同的计算机组件带回家然后再组装成一台家用计算机。想要建立一台家用计算机需要大量的技能，比如设计硬件、写一套操作系统并设计出相应的应用程序。

很显然，剑桥大学变成了英国计算机工业的中心。当时 Clive Sinclair 的公司已经生产出了一

套完整的计算机组件,叫作 MK14。Sinclair 的销售经理 Chris Curry 由此看到了商机,于是他把自己的想法告诉了他的朋友——物理学家 Hermann Hauser。1978 年 Hauser 和 Curry 建立了 CPU (Cambridge Processor Unit) 公司。CPU 公司最主要的一个任务是开发出一套更加安全和高性能的水果老虎机程序,由两个本科生 Steve Furber 和 Roger Wilson 完成主要的开发任务。1979 年,他们创立了 Acorn 公司,如图 1-2 所示。



图 1-2 Roger Wilson 和 Steve Furber

1985 年, Roger Wilson 和 Steve Furber 设计了他们自己的第一代 32 位、6MHz 的处理器,用它做出了一台 RISC 指令集的计算机,简称 ARM (Acorn RISC Machine)。这就是 ARM 名字的由来。

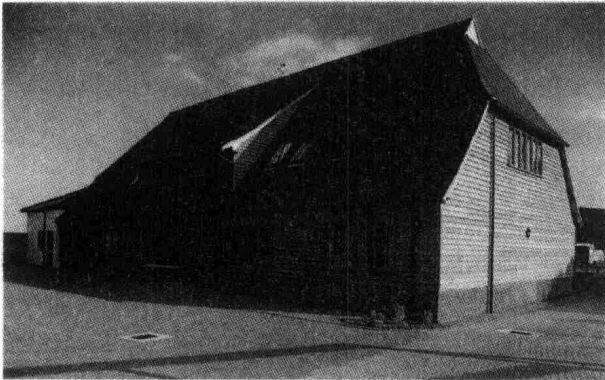
1990 年 11 月 27 日, Acorn 公司正式改组为 ARM 计算机公司。其中, Apple 公司出资 1500000 英镑, VLSI (芯片厂商) 出资 250000 英镑, Acorn 公司则以 1500000 英镑的知识产权和 12 名工程师入股。公司的办公地点非常简陋,就是一个谷仓,如图 1-3 所示。

新的 ARM 公司成立后,业务一直很不景气,因此公司的工程师们都忐忑难安,担心自己将要失业。这时,由于缺乏资金, ARM 公司做出了一个具有划时代意义的决定:它自己不制造芯片,而将芯片的设计方案授权 (licensing) 给其他公司,由它们来生产。正是这个模式,最终使得 ARM 芯片遍地开花。

20 世纪 90 年代, ARM 公司的业绩不是特别理想,处理器的出货量一直未有所提高。但是进入 21 世纪之后,随着手机等通信行业的快速发展, ARM 的出货量呈爆炸式增长。很快, ARM 处理器占领了全球手机市场。2006 年,全球 ARM 芯片出货量为 20 亿片,2010 年达到了 45 亿片。

2007 年底, ARM 的雇员总数为 1728 人,持有专利 700 项 (另有 900 项正在申请批准中),全球分支机构 31 家,合作伙伴 200 家,年收入 2.6 亿英镑。

图 1-3 为最初 ARM 公司的办公地点,图片来源于 ARM 公司的元老 Lee Smith 所做的一份 PPT。



ARM Ltd. headquarters

图 1-3 当时作为 Acorn 办公地点的谷仓

1.1.2 ARM 处理器特点

ARM 处理器的特点主要有三个: 16 位/32 位双指令集、耗电少功能强和合作伙伴众多。双指令

集是指 ARM 体系具有 ARM (32 位) 和 Thumb (16 位) 两种指令集。当 ARM 处理器工作在 ARM 状态时, 执行相应的 ARM 指令, ARM 指令以字对齐方式保存在存储器中。当 ARM 处理器工作在 Thumb 状态时, 执行对应的 Thumb 指令, Thumb 指令以半字对齐方式保持在存储器中, 如图 1-4 所示。

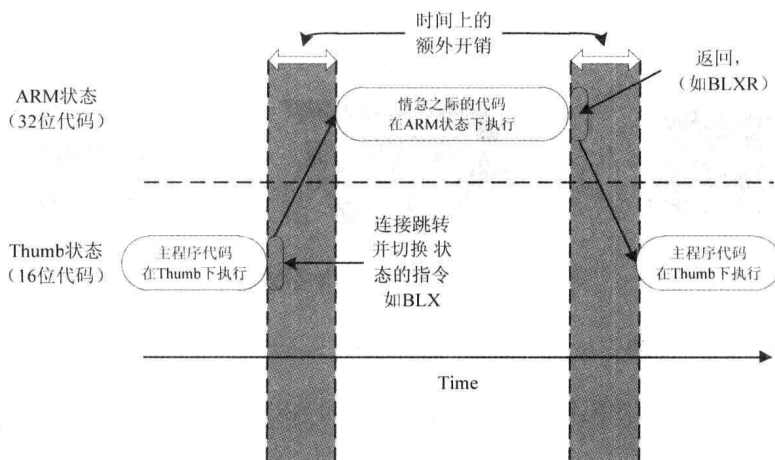


图 1-4 状态切换模式图

ARM 处理器的耗电功率不足一瓦, 而我们所熟知的 x86 处理器耗电功率为数十瓦, 由此可见 ARM 处理器的耗电少。当然, ARM 处理器并不是最省电的 MCU, 最省电的 MCU 为 MSP430。在 ARM 处理器系列中, 耗电量最小的是 Cortex 家族中的 Cortex-M0, 同时 M0 的价格相对于 M3 来说也是比较低廉的, 在满足设计要求的前提下, Cortex-M0 是我们做产品的理想选择。Cortex M0 和 Cortex-M3 的代码兼容性很好, 读者朋友们学会了 STM32F1, 使用 Cortex-M0 内核的 STM32F0 时也会轻松自如。图 1-5 是各处理器市场占有率的发展趋势, 我们可以看到在过去两年, ARM 处理器处于领先地位, 接下来的两年, 它还有小幅度上升, 而 x86 已经有明显的下降趋势。

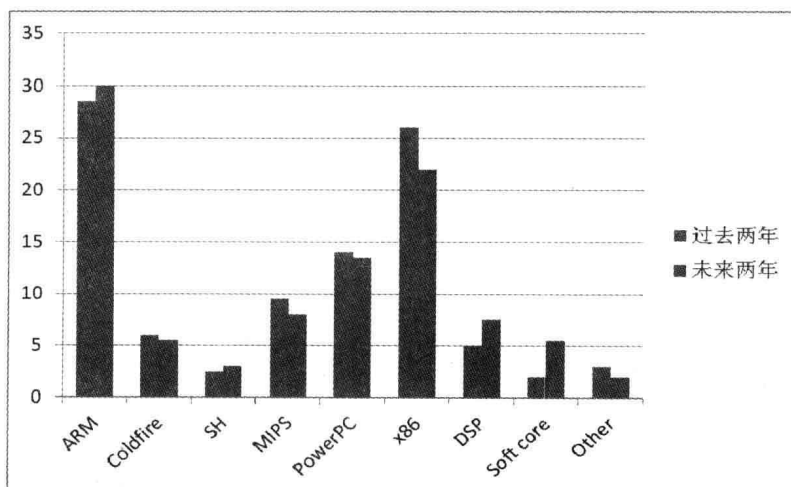


图 1-5 各处理器发展趋势图