

嵌入式实时操作系统 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 经典实例

——基于STM32处理器



STM32 F1

刘博文 孙 岩 编 著



北京航空航天大学出版社
BEIHANG UNIVERSITY PRESS

嵌入式实时操作系统 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 经典实例—— 基于 STM32 处理器

刘博文 孙 岩 编著

北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

本书紧紧围绕“ $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 系统设计”这一主题,立足实践解析了嵌入式实时操作系统 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 与嵌入式图形系统 $\mu\text{C}/\text{GUI}$ 的设计与应用。本书主要以 ARM Cortex-M3 内核的 STM32F103 处理器、嵌入式实时操作系统 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 及嵌入式图形系统 $\mu\text{C}/\text{GUI}$ 作为讲述对象。

全书共分为 18 章,所讲述的 17 个实例涵盖了最常用的外设以及最典型的应用。所有的应用实例都基于嵌入式实时操作系统 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 和嵌入式图形系统 $\mu\text{C}/\text{GUI}$,同时也都涉及硬件底层程序设计,依照嵌入式系统层次结构,将系统软件设计与硬件底层程序设计两者紧密联系、完美结合。

本书可作为高校计算机、电子信息工程、自动化控制等相关专业本科生和研究生的嵌入式系统教材;也可供从事 ARM 技术和嵌入式实时操作系统 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 开发的科研人员、嵌入式爱好者、从业人员参考使用。本书更是第一线嵌入式系统高级开发人员学习研究和进行 ARM 相关应用课程培训的必备参考书。

图书在版编目(CIP)数据

嵌入式实时操作系统 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 经典实例:基于
STM32 处理器 / 刘波文,孙岩编著. --北京:北京航空
航天大学出版社,2012.5

ISBN 978-7-5124-0701-5

I. ①嵌… II. ①刘… ②孙 III. ①实时操作系统
IV. ①TP316.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 005964 号

版权所有,侵权必究。

嵌入式实时操作系统 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 经典实例——基于 STM32 处理器

刘波文 孙 岩 编著

责任编辑 苗长江 王 彤

*

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:826 千字

2012 年 5 月第 1 版 2012 年 5 月第 1 次印刷 印数:4 000 册

ISBN 978-7-5124-0701-5 定价:79.00 元(含光盘 1 张)

序

今天,8 位单片机在家用电器、工业设备、医疗保健、计算机外设等众多领域的应用已经非常普遍。随着集成电路设计技术和制造工艺的提高,32 位单片机的价格已经越来越逼近原来 8 位单片机的价格,有逐步替代 8 位单片机的趋势。按销售额计算,2009 年 32 位单片机的销售额已经与 8 位单片机持平,预计在未来 3~5 年中,8 位单片机的销售量将不再增长,而 32 位单片机将 2 倍于 8 位单片机的市场份额。

意法半导体(ST)公司是一家全球杰出的半导体供应商,同时也是通用单片机市场的领先者。为了适应市场的需求,ST 于 2007 年 6 月在众多主要的单片机厂商中,率先推出了以 ARM 的 32 位 Cortex-M3 为核心的单片机——STM32™系列产品,经过不到 5 年的时间已经陆续推出了 9 大系列、超过 250 种产品型号。

- STM32 F1 系列:超值型产品(STM32F100);
- STM32 F1 系列:基本型产品(STM32F101);
- STM32 F1 系列:USB 基本型产品(STM32F102);
- STM32 F1 系列:增强型产品(STM32F103);
- STM32 F1 系列:互联型产品(STM32F105/107);
- STM32 F2 系列:高性能产品(STM32F205/215/207/217);
- STM32 F4 系列:具 DSP 功能的高性能产品(STM32F405/415/407/417);
- STM32 L1 系列:超低功耗型产品(STM32F151/152);
- STM32 W 系列:2.4 GHz 射频产品(STM32W108)。

自从面世以来,STM32 系列产品就得到了业界的持续关注和广泛好评。STM32 以优越的性能、平易的价格和完美的兼容性,赢得了客户的青睐,得到了大量的应用。据 ARM 公司的统计,在 2007 年至 2011 年第一季度期间,STM32 系列产品的累积出货量,占全球以 Cortex-M 为核心的单片机产品的 45%。

本书以嵌入式实时操作系统 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 为主体,结合 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 在 STM32 上的实现,详细深入地讲述了很多实际项目案例,很好地把硬件电路设计与软件设计融合在一起讲解,为从事嵌入式实时操作系统和 STM32 产品开发的科研人员、设计工程师和高校师生提供了不少典型的应用实例,是一本不可多得的参考用书。

意法半导体将继续努力使自己成为 32 位单片机的领先者,同时不断地提供丰富的产品和最新的技术以满足广大用户不断增长的需求。

意法半导体有限公司大中华区
通用单片机和存储器产品部、应用部经理
梁平

2012 年 1 月

前言

ARM Cortex-M3 是一种基于 ARM7v 架构的最新 ARM 内核。STM32 系列微控制器以性能强大的 ARM Cortex-M3 为内核,是 ST 公司为满足价格敏感的家用电器和工业设备对微控制器的高性能和低能耗的要求而专门开发的 32 位 RISC 处理器。

目前,市场上 STM32 系列微控制器的相关图书,一般只是基础入门教程,多数针对各种外设接口介绍编程设计,很少有书能够综合硬件编程设计、嵌入式实时操作系统 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 和嵌入式图形系统 $\mu\text{C}/\text{GUI}$ 软件设计集中讲述实际项目案例。本书为了解决这类问题,将重点深入到 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 与 $\mu\text{C}/\text{GUI}$ 系统,结合大量经典项目案例来讲解,在介绍硬件编程设计与应用的同时,深化了 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 与 $\mu\text{C}/\text{GUI}$ 系统软件应用,使两者紧密联系,让读者迅速入门和提高。

本书的内容结构

全书共包括 18 章,各章的内容安排如下:

第 1 章简述基于 ARM Cortex-M3 内核的 STM32 处理器的产品性能、特点、结构以及本书配套实验用的 STM32 硬件开发平台。读者通过学习将对 STM32 处理器及硬件开发平台有入门性的了解,并为后续学习打好基础。

第 2 章主要介绍嵌入式实时操作系统 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 的内核体系、结构和特点,并集中讲述 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 嵌入式系统移植要点,最后给出 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 系统软件编程实例,作为 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 系统实例设计的学习基础。

第 3 章主要介绍嵌入式图形系统 $\mu\text{C}/\text{GUI}$ 的软件结构、相关控件及功能函数。该章详细讲述嵌入式图形系统 $\mu\text{C}/\text{GUI}$ 在 STM32 处理器上移植过程,最后基于 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 系统介绍动画显示实例设计。

第 4 章主要介绍实时时钟模块及编程应用。首先介绍 STM32 处理器的 RTC 模块的结构、特点、工作过程,然后介绍 RTC 模块相关寄存器的定义,最后综合 RTC 硬件底层和 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 系统讲述实时时钟显示系统的软件编程。

第 5 章主要介绍串行存储器 SST25VF016B 片上文件系统和编程应用。首先简述串行存储器芯片 SST25VF016B 功能特点、操作指令等,并简述存储器的硬件电路设计;然后着重讲述 FATFS 开源文件系统的移植步骤;最后给出存储器文件显示系统的编程实例。

第 6 章介绍采用 STM32 处理器的 GPIO 端口,在 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 系统创建 $\mu\text{C}/\text{GUI}$ 界面滑动条控件控制 LED 延时闪烁的编程实例。

第 7 章主要介绍 ADC 模块和 A/D 转换编程应用。首先介绍 STM32 处理器 ADC

模块的功能结构、工作模式,然后介绍 ADC 模块相关的寄存器定义,最后详细讲解 A/D 采样—转换的编程设计。

第 8 章简述 STM32 处理器的 FSMC 接口,介绍液晶显示屏和触摸屏硬件电路设计,详细讲述 7 寸屏图形显示与触摸屏的系统软件编程。

第 9 章主要介绍 SDIO 接口和 MP3 音乐播放器编程设计。首先介绍 STM32 处理器的 SDIO 接口的构成和寄存器定义;然后介绍 VS1003 音频解码芯片;最后结合 SDIO 硬件底层驱动、VS1003 硬件底层驱动以及 FATFS 文件系统,综合讲述 SD 卡 MP3 播放器的编程设计。

第 10 章主要介绍 I²C 总线协议和 FM 数字收音机系统编程应用。首先简述 I²C 总线协议,然后介绍数字立体声 FM 芯片 TEA5767 的功能结构、工作模式以及寄存器定义,最后详细讲述 FM 数字收音机系统的软件编程。

第 11 章主要介绍 CAN 总线接口和 CAN 报文接收编程实例。首先介绍 CAN 总线协议,然后介绍 STM32 处理器的 bxCAN 模块的工作模式、收发操作以及寄存器定义,最后详细讲述 CAN 总线通信系统的软件开发。

第 12 章主要介绍以太网通信和 μ IP 协议栈移植、编程应用。首先介绍以太网 IEEE802.3 数据帧格式,然后概述以太网控制器 ENC28J60 芯片,最后详细讲述基于 μ IP1.0 协议栈的以太网通信系统的编程设计。

第 13 章主要介绍 2.4G 无线收发器 nRF24L01 及其编程应用。介绍无线收发器 nRF24L01 的工作模式、操作指令以及寄存器定义,阐述 STM32 处理器的 SPI 接口工作模式设置、寄存器定义,最后详细讲述点对点无线数据收发的系统软件编程。

第 14 章主要介绍 Zigbee 芯片 CC2530 及其编程应用。首先简述 Zigbee 技术的协议体系结构、设备类型、网络拓扑,然后概述 Zigbee 芯片 CC2530 的功能结构以及硬件电路设计,最后详细讲解 Zigbee 无线收发应用实例的系统软件编程。

第 15 章主要介绍 USB 模块和 USB Joystick 设备编程应用。首先介绍 STM32 处理器 USB 模块的功能特点和寄存器定义,然后详细讲述 USB Joystick 设备的软件编程。

第 16 章主要介绍 GPS 接收的编程实例。首先介绍 GPS 的工作原理、构成、NMEA183 标准语句,然后简述 STM32 处理器的 USART 接口,最后详细讲述 GPS 接收例程的软件开发。

第 17 章主要介绍通用定时器及其编程应用,简述 STM32 处理器的定时器模块,并详细介绍采用 PWM 方式控制减速电机及舵机的系统软件编程。

第 18 章主要介绍三轴加速度传感器 MMA7455L 的编程应用,介绍 MMA7455L 的工作模式、寄存器配置以及硬件电路设计,最后详细讲述 MMA7455L 的系统软件编程。

本书通过 17 个实例,详细深入地阐述了在 μ C/OS-II 系统和 μ C/GUI 图形系统中的应用实例开发与应用。这些应用实例典型、类型丰富、覆盖面广,全部来自于实践并且调试通过,代表性和指导性强,是作者多年科研工作经验的总结。

本书主要特色

(1) 实例丰富、技术新潮:精选了 17 个典型应用实例,所有应用实例系作者原创,实践指导性强。

(2) 全书的应用实例以“硬件电路设计+软件设计”的形式讲授,帮助读者掌握开发要点,学懂学透。

(3) 硬件程序设计与系统软件设计相结合:所有的应用实例都基于 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 系统和 $\mu\text{C}/\text{GUI}$ 图形系统,同时也都讲述硬件底层程序设计。这些实例依照典型的嵌入式系统层次结构,将系统软件设计与硬件程序设计两者完美结合,软件代码均采用 Real-View MDK 开发环境。

本书全部实例均在配套的 STM32 硬件开发板上调试通过。STM32 硬件开发板很适合教学使用,同时也是很好的通用开发板。为促进读者更好地学习,加强互动,作者提供优惠购买图书配套开发板活动。有需要的读者可以上作者的淘宝网店(<http://sortwell.taobao.com>)购买,也可以通过邮件(powenliu@yeah.net)联系作者本人。

本书主要由刘博文,孙岩编写。参与编写的还有:崔虎威、黄国灿、黎双玉、邱大伟、赵汶、陈超、黄云林、孙智俊、郑贞平、张小红、曹成、陈平、喻德、马龙梅、涂志涛、刘红霞、刘铁军、何文斌、邓力、王乐等,在此一并表示感谢!

由于涉及内容较多,时间仓促,加之作者知识有限,书中不足和错误之处在所难免,恳请专家和读者批评指正。

刘博文

2011 年 12 月 3 日

于深圳



第 1 章 STM32 处理器与实验平台概述	1
1.1 STM32 处理器概述	1
1.1.1 STM32F1xx 系列	1
1.1.2 STM32F2xx 系列	3
1.1.3 STM32L1xx 系列	6
1.2 STM32 实验平台	8
1.2.1 STM32MINI 开发平台	8
1.2.2 STM32 - V3 开发平台	9
1.2.3 STM32TINY 开发平台	10
第 2 章 嵌入式系统 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$	11
2.1 嵌入式系统 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 概述	11
2.1.1 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 系统特点	11
2.1.2 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 系统内核	13
2.1.3 任务管理	22
2.1.4 时间管理	23
2.1.5 任务之间的通信与同步	24
2.1.6 内存管理	26
2.2 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 系统移植	27
2.2.1 移植 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 满足的条件	27
2.2.2 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 嵌入式系统移植要点	27
2.3 设计目标	31
2.4 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 系统软件设计	32
2.5 实例总结	37
2.6 实例操作演示	37
第 3 章 嵌入式图形系统 $\mu\text{C}/\text{GUI}$	39
3.1 嵌入式图形系统 $\mu\text{C}/\text{GUI}$	39
3.1.1 $\mu\text{C}/\text{GUI}$ 系统软件结构	39
3.1.2 文本显示	40
3.1.3 数值显示	42
3.1.4 2D 图形库	44

3.1.5	字 体	48
3.1.6	颜 色	50
3.1.7	存储设备	52
3.1.8	视窗管理器	52
3.1.9	窗口对象	54
3.1.10	对话框	65
3.1.11	抗锯齿	66
3.1.12	输入设备	67
3.1.13	时间函数	69
3.2	$\mu\text{C}/\text{GUI}$ 系统移植	69
3.3	设计目标	71
3.4	系统软件设计	71
3.5	实例总结	77
3.6	显示效果	77
第 4 章	实时时钟系统设计实例	78
4.1	RTC 简述	78
4.1.1	RTC 复位过程	80
4.1.2	RTC 寄存器操作	80
4.1.3	RTC 寄存器描述	81
4.1.4	备份寄存器描述	86
4.2	设计目标	88
4.3	RTC 系统硬件构成	89
4.4	系统软件设计	90
4.5	实例总结	109
4.6	显示效果	109
第 5 章	串行 Flash 存储器应用实例	111
5.1	串行 Flash 存储器概述	111
5.1.1	SST25VF016B 引脚功能描述	112
5.1.2	器件操作	113
5.1.3	状态寄存器	115
5.1.4	SST25VF016B 指令集	116
5.2	设计目标	125
5.3	硬件电路原理设计	125
5.4	$\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 系统软件设计	125
5.4.1	主要程序代码	126
5.4.2	FATFS 文件系统的移植	138
5.5	实例总结	145

5.6 显示效果	145
第6章 GPIO 接口应用实例	146
6.1 GPIO 接口应用概述	146
6.1.1 GPIO 端口功能	147
6.1.2 GPIO 端口配置	149
6.1.3 GPIO 寄存器描述	151
6.2 设计目标	156
6.3 硬件原理	156
6.4 系统软件	157
6.5 实例总结	169
6.6 操作演示	169
第7章 ADC 转换应用实例	170
7.1 ADC 概述	170
7.1.1 ADC 模块功能	171
7.1.2 ADC 寄存器功能描述	185
7.1.3 ADC 误差种类	196
7.2 设计目标	197
7.3 A/D 转换硬件电路设计	197
7.3.1 温湿度变送器简述	197
7.3.2 硬件电路原理图	198
7.4 A/D 转换实例系统软件设计	199
7.5 实例总结	209
7.6 显示效果	210
第8章 LCD 液晶显示屏与触摸屏系统设计实例	211
8.1 LCD 液晶显示屏概述	211
8.1.1 LCD 液晶显示屏原理	211
8.1.2 LCD 液晶显示屏的分类	212
8.2 触摸屏驱动原理简述	213
8.2.1 电阻触摸屏工作原理	213
8.2.2 触摸屏控制实现	214
8.3 设计目标	214
8.4 系统硬件设计	214
8.4.1 STM32 微处理器 FSMC 接口	214
8.4.2 LCD 液晶显示屏介绍	217
8.4.3 触摸屏控制板	218
8.4.4 硬件电路	220
8.5 系统软件设计	222

8.6 实例总结	242
8.7 显示效果	243
第 9 章 SDIO 接口应用实例——SD 卡与 MP3 播放器设计	244
9.1 SDIO 应用概述	244
9.1.1 SD 存储卡	244
9.1.2 SDIO 接口概述	248
9.2 设计目标	264
9.3 硬件电路设计	264
9.3.1 VS1003 芯片概述	265
9.3.2 硬件电路原理图	269
9.4 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 系统软件设计	270
9.5 实例总结	288
9.6 显示效果	289
第 10 章 I²C 接口应用实例——FM 收音机设计	290
10.1 I ² C 总线应用概述	290
10.1.1 I ² C 总线拓扑	290
10.1.2 I ² C 总线的数据通信	291
10.2 设计目标	294
10.3 硬件电路设计	294
10.3.1 TEA5767 芯片概述	295
10.3.2 硬件电路原理	300
10.4 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 系统软件设计	301
10.5 实例总结	319
10.6 显示效果	320
第 11 章 CAN 总线应用实例	321
11.1 CAN 总线概述	321
11.1.1 CAN 总线网络拓扑	322
11.1.2 CAN 通信协议	322
11.1.3 CAN 总线信号特点	323
11.1.4 CAN 的位仲裁技术	323
11.1.5 CAN 总线的帧格式	324
11.1.6 CAN 报文的帧类型	325
11.2 STM32 处理器的 CAN 模块概述	330
11.2.1 bxCAN 模块工作模式	331
11.2.2 bxCAN 模块操作描述	333
11.2.3 bxCAN 模块的寄存器功能描述	337
11.3 设计目标	350

11.4 硬件电路设计	350
11.4.1 TJA1050 器件概述	351
11.4.2 硬件电路原理图	352
11.5 μ C/OS-II 系统软件设计	353
11.6 实例总结	364
11.7 显示效果	364
第 12 章 以太网应用实例	366
12.1 以太网概述	366
12.1.1 以太网的网络传输介质	366
12.1.2 以太网数据帧格式	369
12.2 设计目标	371
12.3 硬件电路设计	373
12.3.1 以太网控制器 ENC28J60 概述	373
12.3.2 硬件电路原理图	381
12.4 系统软件设计	382
12.4.1 μ C/OS-II 系统程序	384
12.4.2 μ IP 协议栈及应用程序	394
12.5 实例总结	416
12.6 显示效果	416
第 13 章 nRF24L01 无线数据收发实例	417
13.1 无线收发器 nRF24L01 概述	417
13.1.1 无线收发器 nRF24L01 引脚功能定义	418
13.1.2 无线收发器 nRF24L01 工作模式设置	419
13.1.3 无线收发器 nRF24L01 的 SPI 接口指令设置	421
13.1.4 无线收发器 nRF24L01 寄存器功能描述	421
13.1.5 无线收发器 nRF24L01 读/写操作时序	428
13.1.6 无线收发器 nRF24L01 数据包处理方式	428
13.2 STM32 处理器 SPI 接口概述	429
13.2.1 时钟信号的相位和极性	431
13.2.2 配置 SPI 接口为主模式	432
13.2.3 STM32 处理器 SPI 接口寄存器	433
13.3 设计目标	438
13.4 硬件电路设计	439
13.5 无线数据点对点通信软件设计	442
13.5.1 主机系统软件设计	443
13.5.2 从机软件设计	457
13.6 实例总结	461

13.7 显示效果	462
第 14 章 Zigbee 无线模块应用实例	463
14.1 Zigbee 技术概述	463
14.1.1 Zigbee 协议的体系结构	464
14.1.2 Zigbee 协议设备类型	465
14.1.3 Zigbee 网络拓扑结构	466
14.1.4 Zigbee 技术应用领域	466
14.2 设计目标	467
14.3 Zigbee 硬件模块电路设计	468
14.3.1 CC2530 芯片简述	468
14.3.2 CC2530 芯片引脚功能概述	470
14.3.3 CC2530 芯片的 USART 接口及寄存器配置	472
14.3.4 Zigbee 模块电路原理图及说明	477
14.4 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 系统软件设计	478
14.5 实例总结	488
14.6 显示效果	488
第 15 章 USB Joystick 应用实例	489
15.1 USB 模块概述	489
15.2 USB 寄存器	491
15.2.1 通用寄存器	491
15.2.2 端点寄存器	495
15.2.3 缓冲区描述表	499
15.3 设计目标	501
15.4 硬件电路设计	501
15.5 软件设计	501
15.5.1 USB Joystick 设备固件代码设计	502
15.5.2 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 系统软件设计	505
15.6 实例总结	510
15.7 显示效果	511
第 16 章 GPS 通信系统设计	512
16.1 GPS 系统应用概述	512
16.1.1 GPS 系统工作原理	512
16.1.2 GPS 系统构成	513
16.1.3 GPS 模块输出信号分析	513
16.2 STM32 处理器 USART 接口概述	516
16.3 设计目标	519
16.4 硬件电路	519

16.5	系统软件设计	520
16.6	实例总结	537
16.7	显示效果	537
第 17 章	智能小车驱动设计	538
17.1	智能小车应用系统概述	538
17.2	STM32 处理器通用定时器概述	539
17.2.1	时基单元	541
17.2.2	PWM 模式	541
17.3	设计目标	541
17.4	硬件电路设计	542
17.5	$\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 系统软件设计	542
17.6	实例总结	561
17.7	显示效果	561
第 18 章	三轴加速度传感器应用	562
18.1	三轴加速度传感器应用概述	562
18.1.1	三轴加速度传感器 MMA7455L 概述	563
18.1.2	MMA7455L 的引脚功能描述	564
18.1.3	MMA7455L 的工作模式及相关寄存器功能配置	565
18.1.4	数字通信接口	573
18.2	设计目标	575
18.3	硬件电路设计	575
18.4	系统软件设计	576
18.5	实例总结	583
18.6	显示效果	584
参考文献		585

第 1 章

STM32 处理器与实验平台概述

STM32 系列 32 位闪存微控制器是 ST 公司基于 ARM CortexTM-M3 内核专门为嵌入式应用开发领域而推出的。STM32 是一个完整的 32 位处理器系列产品,主要为 MCU 向 32 位架构提供低成本解决方案。受益于 Cortex-M3 架构的增强型功能及性能改进的代码密度更高的 Thumb-2 指令集,STM32 系列处理器不仅大幅提升了中断响应速度,同时兼具业内最低的功耗,具有高集成度和易开发性的特点。

1.1 STM32 处理器概述

ST 公司是最早推出基于 ARM CortexTM-M3 内核的微控制器厂商之一。STM32 系列 32 位闪存微处理器产品得益于 Cortex-M3 在架构上进行的多项改进,专门为要求高性能、低成本、低功耗的嵌入式应用领域设计。

STM32 系列的微处理器产品阵容非常强大,目前推向市场的产品主要包括 STM32F 系列和 STM32L 系列,其全系列产品的引脚、软件和外设相互兼容,应用灵活性达到很高水平。STM32 系列的产品线配置如图 1-1 所示。

STM32F 是 STM32 系列 32 位闪存微处理器的基础,按功能可以分为 STM32F1xx 系列和 STM32F2xx 系列两种。STM32L1xx 系列产品属于 Energy-LiteTM 超低功耗产品线,是消费电子、工业应用、医疗仪器以及能源计量表等低功耗应用领域的首选微控制器。

1.1.1 STM32F1xx 系列

如果根据闪存容量来划分,STM32F1xx 系列包含多个子系列,分别是:STM32 小容量产品、STM32 中容量产品、STM32 大容量产品。如果按照功能划分,则 STM32F1xx 系列处理器主要包括 5 个产品线,这 5 个产品线相关型号的芯片之间引脚和软件都相互兼容,但集成的功能实现了差异化,能出色地满足工业、医疗和消费电

内核&外设架构	STM32 系列产品配置									
通信外设 USART,SPI,I ² C	F2xx 系列产品线—STM32F207/217 与 STM32F205/215									
多个通用定时器	120 MHz 主 频 Cortex-M3 内核	最大 128 KB SRAM	最大 1 MB FLASH	2 个 USB2.0 OTG 全速/高 速	三相马达控制 定时器	2 个 CAN2.0B 接口	SDIO 2 个 IIS 音频 摄像头接 口	以太网接口 IEEE 1588	加密/哈希处理 器与 RNG	
集成复位和欠压报警	F1xx 系列互联型产品线—STM32F105/STM32F107									
多个 DMA 通道	72 MHz 主频 Cortex-M3 内核	最大 64 KB SRAM	最大 256 KB FLASH	USB2.0 OTG 全速	三相马达控制 定时器	2 个 CAN2.0B 接口	2 个 IIS 音频接口	以太网接口 IEEE 1588		
看门狗,实时时钟	F1xx 系列增强型产品线—STM32F103									
集成稳压器,PLL 和时钟电路	72 MHz 主频 Cortex-M3 内核	最大 96 KB SRAM	最大 1 MB FLASH	USB 全速设备	三相马达控制 定时器	CAN2.0B 接口	SDIO 2 个 IIS			
外部存储器接口(FSMC)	F1xx 系列 USB 基本型产品线—STM32F102									
双 12 位 DAC	48 MHz 主频 Cortex-M3 内核	最大 16 KB SRAM	最大 128 KB FLASH	USB 全速设备						
多达 3 个 12 位 ADC	F1xx 系列基本型产品线—STM32F101									
主振荡器和 32 kHz 振荡器	36 MHz 主频 Cortex-M3 内核	最大 80 KB SRAM	最大 1 MB FLASH							
低速和高速内部 RC 振荡器	F1xx 系列超值型产品线—STM32F100									
-40℃~+85℃(或 105℃) 工作温度范围	24 MHz 主频 Cortex-M3 内核	最大 32 KB SRAM	最大 512 KB FLASH	三相马达控制 定时器	CEC					
2.0 V~3.6 V 或 2.0 V~3.6 V(L1和 F2 系列)低电压	L1xx 系列—STM32L151/2									
内部温度传感器	32 MHz 主频 Cortex-M3 内核	最大 48 KB SRAM	最大 384 KB FLASH	USB 全速设备	最大 12 KB 数据 EEPROM	LCD 8×40	比较器	BOR,MSI,VScal		

注:

BOR: 欠压复位 (Brown-out reset)。

MSI: 多个高速内部振荡器 (Multi-speed internal oscillator)。

VScal: 电压扫描 (Voltage scaling)。

RNG: 随机数字发生器 (Random number generator)。

CEC: 消费类电子产品控制 (Consumer electronics control)。

SDIO: 安全数字输入/输出 (Secure digital input/output)。

图 1-1 STM32 产品线配置

子市场的各种应用需求。这 5 个产品线的型号分类及主要特点如下。

(1) 超值型系列 STM32F100xx。

24 MHz 最高主频, 带马达控制和 CEC 功能。

(2) 基本型系列 STM32F101xx。

36 MHz 最高主频, 具有高达 1 MB 的片上闪存。

(3) USB 基本型系列 STM32F102xx。

48 MHz 最高主频, 带全速 USB 模块。

(4) 增强型系列 STM32F103xx。

72 MHz 最高主频, 具有高达 1 MB 的片上闪存, 兼具马达控制、USB 和 CAN 模块。

(5) 互联型系列 STM32F105/107xx。

72 MHz 最高主频, 具有以太网 MAC、CAN 以及 USB 2.0 OTG 功能。

STM32F1xx 系列 32 位闪存处理器的内部功能模块组成图如图 1-2 所示。



注：

RTC:实时时钟(Real-time clock)。

AWU:从停止态自动唤醒(Auto wake_up from halt)。

PDR:掉电复位(Power-down reset)。

POR:上电复位(Power-on reset)。

PVD:可编程电压检测(Programmable voltage detector)。

ULP:超低功耗(Ultra-low-power)。

图 1-2 STM32F1xx 系列处理器内部模块组成图

1.1.2 STM32F2xx 系列

STM32F2xx 系列处理器结合了当前微控制器领域最先进的 90 nm 工艺和自适应实时闪存加速器(ART 加速器)以及多层总线矩阵。该系列产品能以 120 MHz 的主频在片上闪存运行,能获得 150 DMIPS 的运算效率,影响动态功耗的电流变化仅仅为 188 μ A/MHz。STM32F2xx 系列处理器的主要特点如下。

- 120 MHz 最高主频;