

ARM Cortex-M4

嵌入式实战开发精解 ——基于STM32F4

廖义奎 编著



源程序下载地址:

<http://www.buaapress.com.cn>的“下载专区”



北京航空航天大学出版社
BEIHANG UNIVERSITY PRESS

ARM Cortex - M4 嵌入式实战开发精解

——基于 STM32F4

廖义奎 编著



北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

本书从理论与实践相结合的角度,通过丰富的实例深入浅出地讲解 STM32F4 系列 DSC 的特点与应用。全书共 24 章,包括 ARM Cortex-M4 内核及 DSC 介绍、系统架构、电路设计、程序设计入门、标准外设库应用、FPU 单元及浮点数运算、DSP 指令及 DSP 库、启动与复位、PWR 电源管理、CCM 核心耦合存储器、RCC 及系统时钟配置、GPIO 及应用、NVIC 及中断管理、SysTick 定时器、EXTI 外部中断、USART 通信、FSMC 接口及 LCD 屏控制、触摸屏控制、RTC 实时时钟及日历功能、定时器、ADC 应用、DMA 应用、以太网接口及应用、DCMI 视频接口及应用。

本书共享所有实例源程序,读者可在北京航空航天大学出版社网站的“下载专区”免费下载。

本书具有很强的引导性和实用性,讲解循序渐进,便于读者理解和掌握,可作为高等院校电子工程、自动化、电气工程、测控技术和仪器、通信工程及计算机科学与技术等专业的教材和参考书,也可供相关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

ARM Cortex-M4 嵌入式实战开发精解:基于 STM32F4
/ 廖义奎编著. -- 北京:北京航空航天大学出版社,
2013.7

ISBN 978-7-5124-1155-5

I. ①A… II. ①廖… III. ①微控制器 IV.
①TP332.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 114931 号

版权所有,侵权必究。

ARM Cortex-M4 嵌入式实战开发精解——基于 STM32F4

廖义奎 编著

责任编辑 何 献 王国兴 叶建增

*

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:31.5 字数:671 千字

2013 年 7 月第 1 版 2013 年 7 月第 1 次印刷 印数:3 000 册

ISBN 978-7-5124-1155-5 定价:69.00 元

前 言

ARM Cortex-M4 处理器是由 ARM 推出的嵌入式处理器,用以满足需要有效且易于使用的控制和信号处理功能混合的数字信号控制(DSC)市场。

ST 公司推出的 STM32F407 系列 DSC 提供了 3 个 12 位 ADC,2 个 DAC,12 个通用 16 位定时器,2 个 PWM 定时器,2 个通用 32 位定时器,1 个真正的数字随机发生器(RNG),3 个 I²C 接口,3 个 SPI 接口,2 个 I²S 全双工接口,4 个 USART,2 个 UART,1 个全速 USB OTG 和 1 个高速 USB OTG(使用 ULPI),2 个 CAN 总线接口,1 个 SDIO/MMC 接口,1 个以太网接口。

与其他 Cortex-M4 处理器比较,STM32F407 系列 DSC 的优势如下:

- (1) 高性能和低成本,例如 STM32F407 主频达 168 MHz,内含 196 KB SRAM。
- (2) 提供了先进的外围设备,例如包括 SDIO 接口、静态存储器控制(FSMC 的)接口、CMOS 传感器接口、以太网接口。
- (3) 提供了完善的标准外设库、DSP 函数库以及大量的官方应用例程。
- (4) 兼容 STM32F103 系列 Cortex-M3 处理器,同时引脚和软件完全兼容 STM32F2 系列。

本书共 24 章,内容包括 ARM Cortex-M4 内核及 DSC 介绍、系统架构、电路设计、程序设计入门、标准外设库应用、FPU 单元及浮点数运算、DSP 指令及 DSP 库、启动与复位、PWR 电源管理、CCM 核心耦合存储器、RCC 及系统时钟配置、GPIO 及应用、NVIC 及中断管理、SysTick 定时器、EXTI 外部中断、USART 通信、FSMC 接口及 LCD 屏控制、触摸屏控制、RTC 实时时钟及日历功能、定时器、ADC 应用、DMA 应用、以太网接口及应用、DCMI 视频接口及应用。

本书 ARM 程序的编译环境都是 GCC,配套资料中包括了所有章节的程序代码,读者可以直接从北京航空航天大学出版社网站(www.buaapress.com.cn)的“下载专区”免费下载使用。如果读者在使用本书时遇到相关的技术问题,或者对本书介绍的 ARM 开发板感兴趣或有疑问,可以通过电子邮件与作者联系(javawebstudio@163.com)。

在本书的编写过程中,陆才志、苏宇、梁创英、许金、玉黄荣、王继平、韦运忠、徐卫怡、蓝艺峥、苏金秀分别审阅了本书全部或部分章节,在此表示衷心的感谢。

本书在编写过程中参考了大量的文献资料,一些资料来自互联网和一些非正式出版物,书后的参考文献无法一一列举,在此对原作者表示诚挚的谢意。

限于作者水平,并且编写时间比较仓促,书中难免存在错误和疏漏之处,敬请读者批评指正。

编 者

2013 年 4 月



第 1 章 ARM Cortex - M4 内核	1
1.1 数字信号控制器(DSC)	1
1.2 Cortex - M4 处理器	4
1.3 从 Cortex - M3 到 Cortex - M4	6
1.4 常见 ARM Cortex - M4 处理器	8
1.4.1 飞思卡尔的 Kinetis 系列	8
1.4.2 NXP 的 LPC4300 系列	10
1.4.3 ST 公司的 STM32F4 系列	10
1.4.4 TI 的 LM4Fx 系列	12
1.4.5 Atmel 的 SAM4 系列	12
第 2 章 STM32F4 系统架构	13
2.1 STM32F407xx 系列	13
2.2 STM32F4 总线架构	14
2.2.1 STM32F4 总线特点	14
2.2.2 STM32F1 和 STM32F4 系列 AHB/APB 桥时钟差异	15
2.3 存储器组织	18
2.3.1 嵌入式 SRAM	18
2.3.2 位操作	18
2.3.3 备份 SRAM	19
2.4 STM32F4 物理重新映射	19
2.5 系统配置控制器	24
第 3 章 STM32F4 电路设计	27
3.1 STM32F1 与 STM32F4 之间的兼容性设计	27
3.2 STM32F407 最小系统设计	31
3.2.1 最小系统电路设计	31
3.2.2 电源电路设计	31
3.2.3 按键与 LED 电路设计	36
3.2.4 时钟、复位、引导配置以及 SWD 接口电路设计	39
3.3 通信接口电路设计	43
3.3.1 RS232 接口	43

3.3.2	CAN 与 RS485 接口	44
3.3.3	USB 接口	45
3.4	ADC 与 DAC 接口	46
3.5	LCD 及 SDIO 接口	46
3.6	SDIO 接口	47
3.7	图像传感器及接口	48
3.8	以太网接口	49
3.9	引脚安排说明	51
3.10	本书配套开发板	52
第 4 章	STM32F4 程序设计入门	54
4.1	Keil 环境下的第一个 STM32F407 程序	54
4.1.1	创建一个 Keil 新项目	54
4.1.2	添加主程序	54
4.1.3	配置 Flash Download	57
4.1.4	在 RealView MDK 中调试程序	60
4.2	第一个基于 GCC 的 STM32F407 程序	61
4.2.1	软件环境	61
4.2.2	编写 STM32 的 C 语言程序	64
4.2.3	使用 GCC 编译 STM32 程序	67
4.2.4	在 Obtain_Studio 中编译 Hello World 程序	69
4.2.5	使用 C++ 开发 STM32F4 程序	69
第 5 章	STM32F4 标准外设库应用	72
5.1	STM32F4 标准外设库	72
5.1.1	STM32F4 标准外设库结构	72
5.1.2	ARM Cortex 微控制器软件接口标准 CMSIS	73
5.1.3	STM32F4 标准外设库的驱动程序结构	81
5.1.4	STM32F4 外设库文件	82
5.2	STM32F 标准外设库使用规则	88
5.3	在 RealView MDK 中使用 STM32F4 外设库	90
5.4	在 GCC 中应用 STM32F4 外设库	92
5.4.1	STM32F4 外设库 GCC 项目模板	92
5.4.2	Obtain_Studio 集成开发系统常用技巧	98
第 6 章	STM32F4 FPU 单元及浮点数运算	102
6.1	Cortex - M4 FPU 单元	102
6.1.1	概 述	102
6.1.2	Cortex - M4 FPU 的功能	106

6.2 Cortex-M4 VFP 指令	108
6.2.1 Cortex-M4 VFP 指令集	108
6.2.2 Cortex-M4 FPU 寄存器	109
6.2.3 Cortex-M4 FPU 编程模型	113
6.3 STM32F4 浮点运算测试	113
6.3.1 编译器设置	113
6.3.2 STM32F4 浮点运算测试	116
6.3.3 使用 STM32F4 标准库的浮点运算测试	118
第 7 章 STM32F4 DSP 指令及 DSP 库	119
7.1 ARM DSP 技术	119
7.1.1 概 述	119
7.1.2 Cortex-M4 DSP 单元	121
7.2 Cortex-M4 的 DSP 指令	122
7.3 STM32F4 DSP 库	123
7.4 三角函数的应用实例	129
7.5 FIR 滤波函数的应用实例	132
7.5.1 FIR 滤波函数结构	132
7.5.2 STM32F4 中实现 FIR 低通滤波器实例	134
7.6 快速傅立叶变换函数的应用实例	140
7.6.1 STM32F4 DSP 库的 CFFT 实现	140
7.6.2 CFFT 测试实例	144
第 8 章 STM32F4 启动与复位	147
8.1 STM32F4 启动原理	147
8.2 STM32F4 复位	149
8.2.1 系统复位	150
8.2.2 电源复位	150
8.2.3 备份域复位	151
8.3 STM32F4 软件复位	151
8.3.1 概 述	151
8.3.2 软件复位实例	153
第 9 章 STM32F4 PWR 电源管理	155
9.1 PWR 电源管理	155
9.1.1 内部电源结构	155
9.1.2 独立 ADC 的电源和参考电压	155
9.1.3 电池备份域	155
9.1.4 内部稳压器	157

9.2 STM32F4 PWR 单元的管理与编程	157
9.2.1 STM32F4 PWR 备份域	157
9.2.2 STM32F4 PWR 低功耗模式	159
9.2.3 STM32F4 PWR 低功耗模式的实现	161
第 10 章 STM32F4 CCM 核心耦合存储器	164
10.1 CCM 核心耦合存储器	164
10.2 CCM 作为高速运算缓冲使用	165
10.2.1 直接使用 CCM	165
10.2.2 通过定义 CCM 数据段来使用 CCM 内存	167
10.3 CCM 作为堆栈使用	168
第 11 章 STM32F4 RCC 及系统时钟配置	171
11.1 系统时钟配置	171
11.1.1 系统时钟配置方法	171
11.1.2 采用 STM32F4xx - Clock_Configuration 程序进行时钟配置	178
11.2 STM32F4 RCC	179
11.2.1 STM32F4 时钟树	179
11.2.2 F4 与 F1 系列 RCC 主要区别	181
11.2.3 RCC PLL 配置寄存器与 RCC 时钟配置寄存器	185
11.3 其他外设的时钟配置方法	190
第 12 章 STM32F4 GPIO 及应用	193
12.1 STM32F4 GPIO 的结构与特点	193
12.1.1 GPIO	193
12.1.2 I/O 引脚多路复用器和映射	194
12.2 STM32F1 和 STM32F4 系列 GPIO 的差异	198
12.2.1 IP 总线之间的映射差异	198
12.2.2 GPIO 结构上的差异	200
12.2.3 GPIO 性能上的差异	201
12.2.4 GPIO 编程上的差异	202
12.3 STM32F4 GPIO 测试程序	205
12.3.1 创建 STM32F4_KEY_LED 项目	205
12.3.2 STM32F4_KEY_LED 项目程序分析	207
12.4 STM32F4 外设库应用程序分析	210
第 13 章 STM32F4 NVIC 及中断管理	219
13.1 STM32F4 中断控制器	219
13.1.1 嵌套矢量中断控制器 (NVIC)	219
13.1.2 AAPCS 及函数调用过程	220

13.1.3 Cortex-M 中断响应过程	222
13.2 STM32F4 中断管理	225
13.2.1 STM32F4 中断向量	225
13.2.2 STM32F4 用户程序中断向量表	229
13.3 STM32F4 中断向量配置方法	239
13.3.1 NVIC 嵌套中断向量控制器	239
13.3.2 深入了解 STM32F4 的 NVIC 优先级	243
第 14 章 STM32F4 SysTick 定时器	247
14.1 Cortex-M SysTick 定时器	247
14.1.1 SysTick 定时器	247
14.1.2 SysTick 库函数	248
14.1.3 SysTick 的设置	249
14.2 SysTick 测试程序	250
14.3 SysTick 程序分析	253
第 15 章 STM32F4 EXTI 外部中断	257
15.1 STM32F4 外部中断	257
15.2 STM32F4 外部中断实例	259
15.3 STM32F4 中断配置	262
15.3.1 STM32F4 外部中断程序分析	262
15.3.2 中断通道配置	263
15.3.3 中断优先级配置	264
15.3.4 外部中断模式配置	264
15.3.5 外部中断响应函数配置	268
第 16 章 STM32F4 USART 通信	271
16.1 STM32F4 的 USART 接口	271
16.1.1 概 述	271
16.1.2 USART 波特率的计算方法	274
16.1.3 发送器	275
16.1.4 接收器	277
16.2 USART 通用串口程序设计	279
16.2.1 USART 标准库函数	279
16.2.2 USART 数据发送与接收程序设计	282
16.2.3 中断方式的数据接收程序设计	284
16.3 USART 通用串口 C++ 程序设计	287
16.3.1 USART 数据发送 C++ 程序设计	287
16.3.2 USART 数据接收 C++ 程序设计	288

16.4	中断方式的数据接收	290
16.4.1	中断方式的数据接收 C++ 程序设计	290
16.4.2	多个串口驱动对象的协调工作	291
16.5	USART C++ 驱动程序的设计	293
16.5.1	USART 驱动程序	293
16.5.2	printf 与 cout 的实现	295
第 17 章	FSMC 接口及 LCD 屏控制	298
17.1	STM32F4 新增的 FSMC 接口	298
17.1.1	STM32F1 与 STM32F4 的 FSMC 接口比较	298
17.1.2	AHB 接口	299
17.1.3	外部设备地址映像	300
17.1.4	NOR 和 PSRAM 地址映像	301
17.1.5	NAND 和 PC 卡地址映像	302
17.1.6	NOR 闪存和 PSRAM 控制器	303
17.2	LCD 驱动芯片	304
17.2.1	LCD 接口	304
17.2.2	Ili9xx 系列 TFT 驱动芯片	305
17.3	基于 FSMC 的 TFT 驱动程序设计	309
17.3.1	FSMC 与 TFT 端口连接及端口映射	309
17.3.2	FSMC 与 TFT 的内存空间映射及操作	311
17.3.3	FSMC 初始化	313
17.3.4	TFT 屏初始化	318
17.3.5	TFT 驱动程序统一接口函数的实现	322
17.4	FSMC 接口驱动 TFT 屏的测试程序	325
第 18 章	STM32F4 触摸屏控制	327
18.1	触摸屏概述	327
18.2	触摸屏驱动 IC	329
18.3	触摸屏测试程序	332
18.4	触摸屏驱动程序分析	334
18.5	触摸屏校准	341
18.5.1	触摸屏校准算法	341
18.5.2	触摸屏校准的实现	344
第 19 章	STM32F4 RTC 实时时钟及日历功能	348
19.1	STM32F4 实时时钟(RTC)	348
19.1.1	概述	348
19.1.2	STM32F4 与 STM32F1 在 RTC 上的区别	348

19.1.3 STM32F4 实时时钟结构	350
19.2 日历功能测试程序	351
19.2.1 日历功能测试程序	352
19.2.2 日历时钟源	353
19.2.3 日历配置	356
19.2.4 日历值的写入与读取	360
第 20 章 STM32F4 定时器	363
20.1 STM32F4 定时器的种类	363
20.1.1 SysTick 定时器	363
20.1.2 RTC 定时器	364
20.1.3 通用定时器(TIM2~TIM5)	364
20.1.4 通用定时器(TIM9~TIM14)	365
20.1.5 基本定时器(TIM6、TIM7)	365
20.1.6 高级控制定时器(TIM1 及 TIM8)	366
20.1.7 独立看门狗(IWDG)	366
20.1.8 窗口看门狗(WWDG)	367
20.2 STM32F4 通用定时器计数模式	368
20.2.1 时基单元	368
20.2.2 计数器模式——向上计数模式	368
20.2.3 计数器模式——向下计数模式	369
20.2.4 计数器模式——中心对齐模式(向上/向下计数)	369
20.3 STM32F4 通用定时器基本应用	370
20.4 通用定时器工作模式	374
20.4.1 通用定时器常用工作模式	374
20.4.2 STM32F4 通用定时器模式举例	376
第 21 章 STM32F4 ADC 应用	381
21.1 STM32F4 ADC 模块	381
21.1.1 STM32F4 ADC	381
21.1.2 STM32F4 和 STM32F1 的 ADC 差异	382
21.1.3 STM32F4 的 ADC 固件库函数	385
21.2 STM32 ADC 测试实例	387
21.2.1 STM32 ADC 测试程序代码	387
21.2.2 STM32 ADC 程序分析	389
第 22 章 STM32F4 DMA 应用	397
22.1 STM32F4 DMA	397
22.1.1 STM32F4 DMA 概述	397

22.1.2	STM32F1 和 STM32F4 之间的 DMA 差异	399
22.1.3	STM32F4 的 DMA 库函数	404
22.2	DMA 在 ADC 中的应用	406
22.2.1	任务转移策略之 DMA ADC 应用实例	406
22.2.2	DMA ADC 程序分析	408
22.3	DMA 在 USART 中的应用	414
22.3.1	任务转移策略之 USART DMA 数据发送	414
22.3.2	任务转移策略之 USART DMA 数据接收	418
22.3.3	任务队列策略之 USART DMA 发送中断应用	421
22.3.4	任务循环策略之 USART DMA 接收中断应用	425
第 23 章	STM32F4 以太网接口及应用	428
23.1	STM32F4 以太网接口特点	428
23.2	LwIP	432
23.2.1	LwIP 概述	432
23.2.2	LwIP 主要模块	433
23.2.3	LwIP TCP 协议工作过程	443
23.2.4	LwIP UDP 协议工作过程	444
23.3	LwIP 的移植	445
23.3.1	LwIP 下载	445
23.3.2	LwIP 网络设备驱动程序文件	446
23.3.3	STM32F407 以太网接口初始化	448
23.4	LwIP 协议栈的 httpserver 测试程序	457
23.5	LwIP 协议栈的 udp_echo_client 测试程序	460
第 24 章	STM32F4 DCMI 视频接口及应用	465
24.1	STM32F4 新增的 DCMI 数码相机接口	465
24.1.1	概 述	465
24.1.2	DMA 的接口	466
24.1.3	DCMI 固件库函数	468
24.2	OV7670 摄像头	469
24.3	CMOS 摄像头测试程序	470
24.4	CMOS 摄像头驱动程序原理	472
24.4.1	SCCB 协议	472
24.4.2	SCCB 协议驱动程序设计	475
24.4.3	CMOS 摄像头驱动程序设计	479
24.4.4	DCMI 驱动程序设计	484
	参考文献	489

第 1 章

ARM Cortex – M4 内核

1.1 数字信号控制器(DSC)

1. 数字信号控制器(DSC)简介

2000 年前后,市场上首次出现了一种称为 DSC(Digital Signal Controller,数字信号控制器)的产品,是集微控制器(MCU)的编程简易性、灵活性与数字信号处理器(DSP)的数字处理能力和效率于一身的高效率器件。相对于 DSP,DSC 最大优势在于其硬件设计简单,而且不必牺牲器件的性能就可实现低成本、高效率开发产品的目标。经过几年的发展,DSC 以其优势取得了长足的进展。

DSC 平台将功能强大的微控制器(MCU)控制外设和具有快速运算能力的 DSP(数字信号处理)技术融合为一体,具有了既强大又易用的特点。

如今 TI、Microchip 等公司提供了 DSP 的高性能、微控制器集成、易用性、优异的处理能力、中断处理功能、控制特定外设集成能力、经济性的独特组合,为控制系统提供了实质性的益处。通过这些优势,诸如改善系统效率及增加的创新性能的要求,都能够采用更少的外部组件、更低的成本为空间受限的应用推出极小化封装产品。

DSC 在开发应用上可谓是恰到好处并且是多方面的,如:

① 运动控制应用包括:工业变频、空调、家电、压缩机、办公自动化、相机变焦、智能电机、电焊机、建筑自动化、开门器、电梯控制、风扇控制、食品处理机、叉车、高尔夫车、机床驱动、机器人控制、伺服系统、步进电机控制、纺织机、玩具、船只推进控制、发电机等。

② 汽车应用包括:流体泵、替代 ASIC。

③ 数字电源应用包括:开关电源、板上安装型 DC/DC 转换器、充电器、燃料电池、太阳能、照明和镇流器。

④ 其他应用包括:电子计量、电缆调制解调器、安全系统、TEC 控制、健身器、GPS、替代模拟控制等。

2. TI 公司 TMS320F282XX 系列

德州仪器(TI)推出了与高性能浮点数字信号控制器(DSC)软硬件全面兼容的 TMS320F282x 系列定点 DSC。该系列 DSC 将定点架构的低成本优势与浮点器件特有的快速软件开发进行了完美结合。过去,浮点算法需要经过大量的重新编码工作才能进行定点工作,而现在只需数分钟时间的重新编译即可在 F282x 器件上运行。DSC 可缩短产品上市进程并降低制造成本,从而使开发人员能够设计出成本更低的节能型工业应用,如伺服控制器、车载雷达、太阳能逆变器与风力涡轮机。

(1) TMS320F282XX 系列概述

TMS320F282XX 系列控制器与以往的定点 DSP 相比,其精度高,成本低,功耗小,性能高,外设集成度高,数据以及程序存储量大,A/D 转换更精确快速等;具有 150 MHz 的高速处理能力,具备 32 位浮点处理单元,6 个 DMA 通道支持 ADC、McBSP 和 EMIF,有多达 18 路的 PWM 输出,其中有 6 路为 TI 特有的更高精度的 PWM 输出(HRPWM),12 位 16 通道 ADC。得益于其浮点运算单元,用户可快速编写控制算法而无需在处理小数操作上耗费过多的时间和精力,与前代 DSC 相比,平均性能提高 50%,并与定点 C28x 控制器软件兼容,从而简化软件开发,缩短开发周期,降低开发成本。

(2) TMS320F282XX 系列优点

TMS320F282XX 系列在保持 150 MHz 时钟速率不变的情况下,与 TI 前代领先数字信号控制器相比,性能平均提高 50%。与作用相当的 32 位定点技术相比,快速傅立叶转换(FFT)等复杂计算算法采用新技术后性能提升了一倍之多。

(3) 针对高端嵌入式控制的全面可兼容定点与浮点选择方案

TMS320F282XX 系列 DSC 建立在 TI 推出的 TMS320F283x 浮点 DSC 的成功经验基础之上,比 TI 此前领先的 DSC 的性能高出一倍,而开发时间却缩短为原来的一半。TMS320F282XX 系列控制器可在高达 150 MHz 的频率下工作,与 F283x 器件代码完全兼容,并可使用同样的开发工具进行编程。此外,TMS320F282XX 控制器还与 F283x 系列完全引脚兼容,这意味着开发人员第一次能够使用浮点运算来创建控制系统,以实现更高的准确度与快速编程,无需对任何硬件进行重新设计即可重新编译同一源代码以用于定点器件,从而节省了成本。

(4) 选 型

TMS320F282XX 定点系列的选型如表 1-1 所列。

3. dsPIC 系列

Microchip 凭借多年来在 8 位单片机市场的领导地位,拥有使用其 8 位单片机进行电源设计的广泛客户群,从而成为其进军数字电源领域的有力基础。该公司推出

了一系列 16 位器件的新产品,并把很多产品划分到了 DSC 范畴。其中,dsPIC33F 系列用于高性能、高容量和高存储的 DSC 产品,而 dsPIC30F 系列适用于小封装的器件,对于简单级别的应用有更高的性价比优势。所有这些器件都具有兼容性引脚、外设和软件,同时,可以使用原有 8 位单片机的开发工具使已有客户继续沿用原来的工具进行新产品设计。

表 1-1 TMS320F282XX 定点系列的选型表

型 号	频 率	RAM	Peak MMACS	Flash /KB	I ² C	UART (SCD)	SPI	CAN	GPIO	32 位 定时器
TMS320F28232	100	52 KB	100	128	1	2	1	2	88	3
TMS320F28234	150	68 KB	150	256	1	3	1	2	88	3
TMS320F28235	150	68 KB	150	512	1	3	1	2	88	3

(1) 关于 dsPIC 系列

DSC 与原有单片机的不同之处就在于资源的不同,DSC 融合了 MCU 和 DSP。单片机有多个累加器,而 DSC 还拥有原来 DSP 所具有的一切功能,包括位反转寻址、双操作数预取、2 个 40 位累加器和单周期 MAC。新品采用单指令流,在整个架构中使用的是 C 语言编译器,所以编码非常有效。而原来的产品是有两个指令流的,一个用于 DSP,一个用于单片机。

Microchip 推出了适用于多回路开关电源(SMPS)和其他电源转换应用的 16 位 DSC 系列 dsPIC30F1010 和 dsPIC30F2020/2023(dsPIC30F202X)。新器件具备分辨率为 1 ns 的高速脉宽调制器(PWM)以及可实现低延时和高分辨率控制、每秒 200 万次采样的 10 位 ADC。这些器件适用于 DC、隔离式 DC/DC 电源转换器以及其他电源转换应用,如嵌入式电源控制器、逆变电源和不间断电源(UPS)等,可帮助设计人员有效地实现对产品进行全面数字控制。

(2) dsPIC 系列特点

dsPIC30F1010 和 dsPIC30F202X 器件片内的 PWM 可提供 1 ns 的占空比分辨率和 7 种工作模式,包括标准、互补、推挽和可变相位工作模式。10 位 ADC 有多达 12 个输入通道和高达 2 MSPS 的采样率。先进采样性能可以对 4 个采样/保持通道中的每个通道单独触发,并进行精确、唯一的定时或同步采样。

dsPIC30F1010 器件具有 6 KB 的闪存和 2 个 PWM 发生器;dsPIC30F202X 具有 12 KB 的闪存和 4 个 PWM 发生器。该系列的所有器件都可在 3.0~5.5 V 电压范围内工作。其他功能还包括:片内高速模拟比较器(2 个或 4 个);5 V 下具有 30 MIPS 性能;6 mm×6 mm 的小型 QFN 封装;快速、确定的响应;扩展级工作温度范围(-45~125℃);用于降低电磁干扰(EMI)的可选 PWM 抖动处理模式。

4. 飞思卡尔 56F8000 系列

随着能源费用的飙升,工业和设备应用设计者正在寻找经济的方式来为产品提

供更多功能,并提高能源效率。飞思卡尔半导体推出了 56F8000 系列数字信号控制器(DSC)以响应这种需求,从而满足需要 16 位解决方案的成本敏感应用的需求。

(1) 56F8000 系列的特点

56F8000 系列的性价比和外围功能非常适合电机控制以及数字电源转换,其他应用包括智能传感、照明控制和仪表设备。选择 56F8000 用于数字电机控制应用,设计人员将能使用三相电机和无感技术,从而降低系统成本,提高能量效率,并降低电机噪声。

56F8000 系列基于飞思卡尔的 56800/E 核心,采用经济高效的第三代闪存技术。这种技术已经成功地应用在恶劣的工业和汽车环境中,拥有完全集成的核心,还带有先进的高性能外围设备,这些外围设备能够为中低级应用提供低功耗、高速度和灵活性。可以通过各种技术来管理功耗,包括所有主要外围设备的先进定时控制、ADC 和整个芯片的低频待用模式。

(2) 56F8000 系列功能

56F8000 系列速度达到 32MIPS(百万指令每秒),能够执行单周期内的累积乘法(MAC)运算,详细功能包括:

- 具有可编程故障功能的 96 MHz PWM;
- 具有 1.125 ms 转换速度的 12 位 ADC;
- ADC/PWM 同步;
- 16 KB 的程序闪存、4 KB 的程序/数据随机访问存储(RAM);
- Inter-IC 总线(I²C);
- 可调的振荡器;
- 4 个 16 位定时器、计算机适当操作(COP)、串行外设接口(SPI)、串行通信接口(SCI);
- 多达 26 个通用输入/输出(GPIO)。

1.2 Coretx - M4 处理器

1. 简介

ARM Cortex - M4 处理器是由 ARM 开发的嵌入式处理器,用以满足需要易于使用的控制和信号处理功能混合的数字信号控制市场。

(1) 高能效的数字信号控制

Cortex - M4 提供了无可比拟的功能,将 32 位控制与领先的数字信号处理技术集成来满足需要很高能效级别的市场。

(2) 易于使用的技术

Cortex - M4 通过一系列出色的软件工具和 Cortex 微控制器软件接口标准