

依托多年工程经验,讲述TMS320F2833x DSP设计

书中实例丰富,代码注释详尽,并提供免费下载
基础知识 → 应用实例 → 硬件设计 → 综合案例



源程序下载地址:

<http://www.buaapress.com.cn>的“下载中心”

TMS320F2833x DSP 应用开发与实践

符晓 朱洪顺 编著



北京航空航天大学出版社
BEIHANG UNIVERSITY PRESS

TMS320F2833x DSP

应用开发与实践

符 晓 朱洪顺 编著

北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

本书主要介绍 TI 公司的 TMS320F2833x 系列 DSP 在电机控制系统中的开发与应用。基础篇,简要介绍目前常用的电机控制用 DSP,然后描述 F2833x DSP CPU+FPU 的架构特点;基于 CCSStudio v3.3 软件,描述了开发、编程的思想与软件的基本使用方法,对数值的处理问题进行了分析;针对 F2833x DSP 具有众多功能强大的外设的特点,重点分析时钟与中断控制的流程,并依次描述电机控制中常用的片上外设与接口,如通用输入/输出端口 GPIO、模/数转换模块 ADC、增强型脉宽调制模块 ePWM、增强型正交编码模块 eQEP、增强型捕获模块 eCAP、串行通信接口 SCI、串行外设接口 SPI、直接存储器访问模块 DMA 及外部接口模块 XINTF 等的使用方法,并给出具体的例程。应用篇,描述如何自己动手打造一个最小系统板;给出交流调速中常用算法的 DSP 实现方法;以永磁同步电机和鼠笼式异步电机为例,描述完整的矢量控制系统及其 DSP 实现方案。

本书可作为 DSP 开发应用的初、中级读者学习使用 TMS320F2833x DSP 的教材,也可为其他层次的 DSP 开发应用人员提供参考。

图书在版编目(CIP)数据

TMS320F2833x DSP 应用开发与实践 / 符晓,朱洪顺
编著. -- 北京:北京航空航天大学出版社,2013.7

ISBN 978-7-5124-1160-9

I. ①T… II. ①符… ②朱… III. ①数字信号处理
IV. ①TN911.72

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 120529 号

版权所有,侵权必究。

TMS320F2833x DSP 应用开发与实践

符 晓 朱洪顺 编著

责任编辑 张冀青

*

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:30.25 字数:645 千字

2013 年 7 月第 1 版 2013 年 7 月第 1 次印刷 印数:4 000 册

ISBN 978-7-5124-1160-9 定价:65.00 元

若本书有倒页、脱页、缺页等印装质量问题,请与本社发行部联系调换。联系电话:(010)82317024

前言

随着电力电子、电机设计与控制理论的日新月异,高性能、高精度的控制系统在伺服驱动、变频调速、电力系统等领域得到了越来越广泛的应用。这些系统在实际实现的过程中,对控制算法的关键载体,即控制器的性能与开发效率要求也越来越高。TMS320F2833x(简称 F2833x)属于 TI 公司 C2000 系列 DSP 的高端系列,具有强大的数字信号处理功能。除此之外,它还集成了大量的外设供控制使用,具有微控制器(MCU)的功能,兼有 RISC 处理器的代码密度(RISC 的特点是单周期指令执行、寄存器到寄存器操作、改进的哈佛结构及循环寻址)和 DSP 的执行速度。F2833x 开发与微控制器的开发过程又比较相似(微控制器的功能包括易用性、直观的指令集、字节包装和拆包及位操作),其处理能力强大,片上外设丰富,在高性能的电机控制领域中得到了广泛应用。

作者与 TI DSP 的点点滴滴

作者从九年前接触 TI 公司的 TMS320VC33 DSP 用于变频控制开始,中间先后使用了 LF2407A、F2812,一直到近几年的 F28335 和 F2806x。在深感 TI 公司的一系列 DSP 性能突飞猛进,功能日益强大、复杂的同时,也曾经有过一段入门时摸不着头脑,用 LF2407A 时因为汇编编程进不了中断而着急上火,用 F2812 时因为程序错误且保护功能不完善出现炸毁 IGBT 和霍尔传感器的惨痛教训,也有过在刚接触 ePWM 时因为没有分清软件强制寄存器 AQSFRC 和连续软件强制寄存器 AQCSFRC(一词之差)而无法切换 PWM 引脚状态(之后恍然大悟)。本书是作者多年来在 TI 公司 DSP 开发应用的基础上编写而成的,集合了作者在开发过程中的一些经验和教训,在此总结、分享以供广大读者交流、讨论。

如何入门 F2833x DSP

俗话说,“工欲善其事,必先利其器”,从周围一些朋友的经历来看,要想熟练掌握 F2833x DSP 的开发,首先要熟练使用开发环境。通常情况下,我们都使用 TI 公司的 CCS 开发环境。熟练使用开发环境,可以增加自信,在遇到问题时再结合 Debug 调试窗口、Graph 图形窗口及 Profile 测试程序执行时间等工具的使用,就能较快地找出程序中出现的问题了。



其次,在遇到模糊不清楚的问题时,一定要去查看器件手册和各个模块的用户指南,因为这是 DSP 开发中最详尽、最透彻的资料了。比如在 ePWM 中,软件强制寄存器 AQSFRC 和连续软件强制寄存器 AQCSFRC 的区别是什么?如果你的习惯是遇到问题先去 Baidu、Google,那么这次你可能会失望了。因为你会发现,搜到的结果要么大部分是广告,要么是器件手册的原样复制,要么是含有错误的老版本,甚至是网站转载过程中产生的新笔误;即使搜到了风毛麟角的相似问题,千辛万苦“点”进去,结果还发现只有问题,没有答案。所以,答案就在器件手册中,各种各样的示意图、波形、例子,足以说明一个寄存器的用法了。

还有很关键的一点,就是要有一定的 C 语言基础。不一定需要熟练掌握复杂的链、表等应用,但是基本的语法知识、数组的使用、函数的调用与返回、指针的用法等要了解;否则,一方面很难看懂例子、其他人的程序,另一方面,自己写的程序也会漏洞百出,资源浪费大。比如,编译的时候出现几十个甚至上百个错误,好不容易消灭了所有的错误,一运行程序又发现结果不对,程序跳到非法中断里面了,等等。

本书导读

在查阅了各大公司的网站、手册等资料之后,本书首先介绍了常用的电机控制 DSP 的历史、分类、结构特点,给读者提供了一些背景知识,对不同类别 DSP 的定位等有一定的了解。其次,介绍了 F2833x DSP 的内核知识,如架构、流水线及存储器等。初学者可能不容易理解这些内容,也可能感觉一开始这些内容并不是太重要,但是如果使用汇编编程、想更好地优化程序,或者涉及一些更高层次的开发,那么这些内容是值得一读的。当然,本书不是对器件手册和用户指南的简单翻译、复制,主要是按照作者自己的理解、认识进行归类描述的。

接下来,对 DSP 开发中的软件开发方法进行叙述,包括开发环境、.cmd 文件的意义等。其中,对作者在使用 FPU 编程中的一些经验、教训进行了总结,供使用浮点格式进行编程的读者参考,使用定点格式进行编程的读者也可以借鉴,以了解不同格式的区别。

对中断控制、外设等也进行了描述。F2833x DSP 的片上外设极为丰富,本书并未全部描述,只是根据变频调速、电力系统等开发中的经验,选取了常用的外设模块进行了描述。

本书的应用篇重点描述了作者的开发经验。对于硬件设计部分,不一定所有的读者都有条件亲自进行实验,但是可以了解硬件设计中的点点滴滴,对外围控制电路的设计也有帮助。

最后是永磁同步电机和鼠笼式异步电机变频调速的例子,需要多加练习、调试才能更快地上手,当然在实验前一定要设计好相应的隔离、保护等设施。

致 谢

在本书开始写作前的两年多时间里,作者一直在电子技术应用网站(www.chinaaet.com)断断续续地分享一些在 TI C2000 DSP 开发中的心得、经验、教训等,开始并没有把这些内容集合起来作为一本书籍正式出版的思路,后来收到北京航空航天大学出版社的约稿,又花费了一年多的时间整理写成这本书。由于时间仓促,书中的错误与不当之处,恳请广大读者批评、指正,相关的意见、建议以及问题等都可以发送电子邮件到 netsky985@163.com,与作者交流;也可发送邮件到 bhcbxlx@sina.com,与本书策划编辑交流。

在本书的编写过程中,参阅了一些优秀的图书和文献资料,在此表示感谢。同时,感谢李俊杰、李波波、程鹤、邹俊、谢后晴、踪凯、袁庆庆、周二磊、付凤超在本书实验过程中给予的帮助,感谢谢翠萍、冷雪梅、刘华月、吴璘、谢安军、何振东、牛明慧、朱李影、赵华先、侯丽娟、赵冰洁、孙海慧、武徽、蒲振业、蔡云在书稿校对过程中给予的帮助。对 TI 公司器件手册、用户指南中图和表的直接引用已得到 TI 公司的授权,在文中以("Courtesy of Texas Instruments")标注说明,并感谢 TI 公司的 Jean Liu 在与 TI 公司法务部门的联系中提供的大量支持。

免责声明

本书内容仅用于教学与科研目的,书中引用的部分例子、图形、图表等内容的知识产权归 TI 公司所有,作者保留其余内容的所有权利。禁止任何单位或个人摘抄或扩充本书内容用于出版发行,严禁将本书内容应用于商业场合。

作 者

2013 年 4 月

目 录

基础篇

第 1 章 电机控制 DSP 简介	2
1.1 DSP 芯片的主要特点	2
1.2 常用电机控制芯片	4
1.3 TI 公司 DSP 介绍	4
1.3.1 C2000 电机控制 DSP 的分类	5
1.3.2 F2833x 系列的特点	6
1.3.3 F2833x 系列的引脚说明	8
第 2 章 F2833x DSP 的内核	22
2.1 整体架构	22
2.1.1 CPU 介绍	22
2.1.2 总线结构	24
2.1.3 流水线机制	25
2.1.4 FPU 流水线	25
2.2 存储器	26
2.2.1 存储器映射	27
2.2.2 代码安全模块	27
2.3 主要外设	29
2.4 快速中断响应机制	30
2.5 F2833x 兼容模式	31
第 3 章 软件开发平台与编程方法	32
3.1 TI COFF 格式详解	32
3.2 CCS 编程环境快速入门	33
3.3 CCS 常用的编译选项	40
3.4 .cmd 文件使用详解	42
3.4.1 .cmd 文件的含义	42



3.4.2 .cmd 文件的配置	44
3.5 外设寄存器的头文件与初始化	46
3.6 数值的处理	50
3.6.1 二进制下 2 的补码	50
3.6.2 F2833x 的符号扩展模式	51
3.6.3 二进制乘法	52
3.6.4 二进制小数	53
3.6.5 定点编程与浮点编程	54
3.6.6 IEEE-754 单精度浮点	55
3.6.7 调用 TI 的实时浮点库	56
第 4 章 F2833x 系统时钟与中断控制	58
4.1 片上振荡器与锁相环模块	58
4.1.1 PLL 功能配置	58
4.1.2 时钟信号监视电路	59
4.1.3 相关寄存器	60
4.1.4 PLL 配置注意事项	62
4.2 外设时钟信号	63
4.2.1 相关寄存器	64
4.2.2 XCLKOUT 信号	68
4.3 低功耗模式	69
4.4 看门狗模块	71
4.4.1 工作原理	71
4.4.2 相关寄存器	73
4.5 CPU 定时器 0/1/2	75
4.5.1 工作原理	75
4.5.2 相关寄存器	76
4.6 寄存器 EALLOW 保护	80
4.7 外设中断扩展模块 PIE	84
4.7.1 PIE 模块概述	85
4.7.2 中断向量列表的映射地址	87
4.7.3 中断源	88
4.7.4 中断向量列表	92
4.7.5 PIE 模块相关寄存器	97
4.7.6 CPU 中断控制相关寄存器	100
4.7.7 外部中断控制寄存器	101
4.7.8 应用实例	103

第 5 章 通用输入/输出端口 (GPIO)	106
5.1 GPIO 概述	106
5.1.1 GPIO 工作模式	107
5.1.2 数字 I/O 工作模式下的控制	107
5.1.3 输入限定功能	110
5.2 相关寄存器	112
5.2.1 功能选择寄存器	112
5.2.2 其他相关寄存器	115
5.3 应用实例	125
5.3.1 GPIO 配置步骤	125
5.3.2 软件设计	126
第 6 章 模/数转换模块 ADC	128
6.1 ADC 概述	128
6.2 转换序列发生器工作原理	129
6.3 不间断自动定序模式	134
6.3.1 启动/停止模式	135
6.3.2 ADC 中断控制	136
6.4 转换时钟	136
6.5 ADC 基本电气特性	137
6.5.1 低功耗模式	137
6.5.2 上电时配置顺序	138
6.5.3 片内/片外参考电压选择	138
6.6 ADC 高级功能	139
6.6.1 输入校正功能	139
6.6.2 序列发生器覆盖功能	139
6.6.3 DMA 接口	139
6.7 相关寄存器	139
6.7.1 控制寄存器	141
6.7.2 输入通道选择寄存器	145
6.7.3 其他相关寄存器	146
6.8 应用实例	149
第 7 章 增强型脉宽调制 (ePWM) 模块	152
7.1 ePWM 概述	152
7.2 ePWM 各子模块介绍	157
7.2.1 时间基准子模块 (TB)	158



7.2.2	比较功能子模块(CC)	165
7.2.3	动作限定子模块(AQ)	168
7.2.4	死区产生子模块(DB)	179
7.2.5	斩波控制子模块(PC)	182
7.2.6	故障捕获子模块(TZ)	184
7.2.7	事件触发子模块(ET)	188
7.3	相关寄存器	192
7.3.1	时间基准子模块寄存器	193
7.3.2	比较功能子模块寄存器	196
7.3.3	动作限定子模块寄存器	199
7.3.4	死区产生子模块寄存器	201
7.3.5	斩波控制子模块寄存器	203
7.3.6	故障捕获子模块寄存器	203
7.3.7	事件触发子模块寄存器	207
7.4	应用实例	210
7.4.1	Buck 电路的控制	211
7.4.2	半 H 桥逆变器(HHB)的控制	215
7.4.3	三相逆变器的控制	217
第 8 章	增强型正交编码脉冲(eQEP)模块	220
8.1	概述	220
8.1.1	常用编码器结构	220
8.1.2	转速测量方法	221
8.1.3	eQEP 模块整体结构	222
8.2	正交解码单元	223
8.2.1	位置计数器的输入模式	223
8.2.2	eQEP 输入极性选择	226
8.2.3	位置比较同步输出功能	226
8.3	位置计数器及控制单元	226
8.3.1	位置计数器的运行模式	226
8.3.2	位置计数器的锁存	229
8.3.3	位置计数器的初始化	229
8.3.4	eQEP 位置比较单元	231
8.4	边沿捕获单元	232
8.5	eQEP 看门狗电路	235
8.6	中断结构	235
8.7	相关寄存器	236
8.8	应用实例	249

第 9 章 增强型捕获(eCAP)模块	256
9.1 概 述	256
9.1.1 eCAP 模块简介	256
9.1.2 eCAP 工作模式	257
9.2 捕获工作模式	258
9.2.1 事件预分频	259
9.2.2 边沿极性选择与量化	259
9.2.3 连续/单次捕获控制	259
9.2.4 32 位计数器及相位控制	260
9.2.5 CAP1~CAP4 寄存器	260
9.2.6 中断控制	261
9.3 APWM 工作模式	262
9.4 相关寄存器	263
9.5 应用实例	271
9.5.1 捕获模式下绝对时间的获取	272
9.5.2 捕获模式下差分时间的获取	275
9.5.3 APWM 模式下的应用	278
第 10 章 串行通信接口(SCI)模块	279
10.1 概 述	279
10.2 SCI 模块结构及功能介绍	280
10.2.1 SCI 功能概述	280
10.2.2 SCI 多处理器通信	282
10.2.3 空闲线多处理器模式	283
10.2.4 地址位多处理器模式	285
10.2.5 SCI 通信格式	285
10.2.6 SCI 的中断	287
10.2.7 SCI 波特率计算	288
10.2.8 SCI 增强功能	288
10.3 相关寄存器	291
10.4 应用实例	300
第 11 章 串行外设接口(SPI)模块	307
11.1 概 述	307
11.2 SPI 模块工作方式介绍	309
11.2.1 工作方式概述	309
11.2.2 SPI 模块主控制器与从控制器工作模式	310



11.3	SPI 中断及其他相关配置	311
11.3.1	SPI 中断	311
11.3.2	数据格式	312
11.3.3	波特率及时钟方案	313
11.3.4	复位后的初始化	315
11.3.5	数据传送实例	315
11.4	SPI FIFO 功能介绍	316
11.5	相关寄存器	318
11.6	应用实例	328
第 12 章	直接存储器访问(DMA)模块	331
12.1	概 述	331
12.2	DMA 结构	332
12.2.1	DMA 模块结构	332
12.2.2	外设中断事件触发源	332
12.2.3	DMA 总线	334
12.3	流水线时序及流量	334
12.4	CPU 仲裁	335
12.4.1	外部存储区 XINTF 的仲裁	335
12.4.2	其他区域的仲裁	336
12.5	通道优先级	336
12.5.1	循环优先级方案	336
12.5.2	CH1 高优先级方案	337
12.6	地址指针及发送控制	337
12.7	ADC 同步特性	341
12.8	溢出检测特性	342
12.9	相关寄存器	342
12.10	应用实例	353
第 13 章	外部接口(XINTF)模块	358
13.1	概 述	358
13.1.1	与 281x XINTF 接口的区别	359
13.1.2	与 2834x XINTF 接口的区别	361
13.1.3	XINTF 区域的访问	361
13.1.4	XINTF 的“读访问紧跟写访问”的保护	361
13.2	XINTF 功能配置简介	362
13.2.1	XINTF 配置顺序	362
13.2.2	时钟信号	363

13.2.3 写缓冲器	363
13.2.4 区域访问的建立时间、有效时间及跟踪时间	364
13.2.5 区域的 XREADY 采样	364
13.2.6 数据总线宽度及连接方式	365
13.3 建立时间、有效时间及跟踪时间的具体配置	366
13.4 XBANK 区域切换	370
13.5 XINTF 的 DMA 读/写访问	371
13.6 相关寄存器	372
13.7 读/写时序图	378

应用篇

第 14 章 自己动手打造最小系统板	382
14.1 Boot 引导方式选择	382
14.1.1 Boot 介绍	382
14.1.2 引导方式的选择	382
14.2 硬件系统设计	384
14.2.1 电源电路设计	384
14.2.2 复位电路设计	392
14.2.3 时钟电路设计	393
14.2.4 JTAG 接口电路设计	395
14.2.5 GPIO 电平转换及驱动电路设计	396
14.2.6 A/D 输入前端处理电路设计	397
14.2.7 XINTF 接口与 FPGA 的通信设计	398
14.3 PCB 布局布线及 EMI 抑制措施	400
14.3.1 PCB 设计原则	401
14.3.2 EMI 抑制措施	401
14.3.3 硬件调试方法	403
第 15 章 交流调速中常用算法及其 DSP 实现	404
15.1 交流电动机变频调速原理	404
15.1.1 变压变频调速基本原理	404
15.1.2 变压变频调速中的脉宽调制(PWM)技术	406
15.1.3 交流电机矢量控制系统	408
15.2 坐标变换原理及实现	409
15.2.1 坐标变换时的功率不变原则	409
15.2.2 Clarke 变换原理及实现	410
15.2.3 Park 变换原理及实现	414



15.3 电压空间矢量 PWM 技术的实现	417
15.3.1 SVPWM 技术基本原理	417
15.3.2 基于 DSP 的实现	423
15.4 数字 PID 调节器的实现	426
15.4.1 PID 调节器的离散化	426
15.4.2 基于 DSP 的实现	428
第 16 章 永磁同步电机矢量控制系统的 DSP 解决方案	431
16.1 永磁同步电机简介	431
16.2 永磁同步电机数学模型	432
16.3 永磁同步电机矢量控制系统	433
16.3.1 $i_{sd}=0$ 控制策略	434
16.3.2 控制系统结构	434
16.4 基于 DSP 的实现	435
16.4.1 程序整体结构设计	435
16.4.2 ADC 模块配置	436
16.4.3 eQEP 模块配置	441
16.4.4 ePWM 模块配置	441
16.4.5 PMSM 转子磁极定向矢量控制系统源程序	446
第 17 章 异步电机矢量控制系统的 DSP 解决方案	455
17.1 异步电机简介	455
17.2 异步电机数学模型	456
17.2.1 两相同步旋转坐标系上的数学模型	456
17.2.2 按转子磁链定向的两相同步选择坐标系	457
17.3 异步电机矢量控制系统	458
17.3.1 转子磁链定向矢量控制系统结构	458
17.3.2 磁链观测器	459
17.4 基于 DSP 的实现	460
17.4.1 程序整体结构设计	460
17.4.2 异步电机转子磁链定向矢量控制系统源程序	461
参考文献	470

基础篇

第 1 章

电机控制 DSP 简介

一般而言,DSP 代表 Digital Signal Processing,即数字信号处理,或者 Digital Signal Processor,即数字信号处理器,本书主要针对后者进行描述。DSP(数字信号处理器)的历史最早可以追溯到 1978 年。在这一年,Intel 公司发布了一种“模拟信号处理器”——2920 处理器。它包含一组带有一个内部信号处理器的片上 ADC/DAC,但由于它不含硬件乘法器,因此在市场上销售并不成功。1979 年,AMI 公司发布了 S2811 处理器,它被设计成微处理器的周边装置,必须由主处理器初始化后才能工作。S2811 在市场上也不成功。1979 年,贝尔实验室推出了第一款单芯片 DSP,即 MAC4 型微处理器。1980 年的 IEEE 国际固态电路会议上出现了第一批独立、完整的 DSP,它们是 NEC 的 μ PD7720 处理器和 AT&T 的 DSP1 处理器。

1.1 DSP 芯片的主要特点

区别于传统的 CPU 和 MCU 等处理芯片,现代 DSP 一般包含以下特点。

1. 哈佛结构或者改进的哈佛结构

传统的通用 CPU 或者 MCU 大多采用冯·诺依曼结构,将片内的指令空间和数据空间共用存储空间,并使指令和数据共享同一总线,使得信息流的传输成为限制计算性能的瓶颈,影响了数据处理速度。哈佛结构是指程序和数据空间独立的体系结构,目的是减轻程序运行时的访存瓶颈,且数据和指令的存储可以同时进行,可以使指令和数据有不同的数据宽度。

改进的哈佛结构增加了公共数据总线,在数据空间、程序空间及 CPU 之间进行分时复用。举例说明哈佛结构的优势:最常见的卷积运算中,一条指令同时取两个操作数,在流水线处理时,同时还有一个取指操作,如果程序和数据通过一条总线访问,则取指和取数必会产生冲突,而这对大运算量循环执行的效率是很不利的。哈佛结构能基本上解决取指和取数的冲突问题。

2. 多级流水线技术

典型情况下,完成一条指令需要 3 个步骤,即:取指令、指令译码和执行指令,按照正常的流程需要数个机器周期才能完成。流水线技术又叫 pipe line,就是在延时

较长的组合逻辑(一般是多级组合逻辑)中插入寄存器,将较长的组合逻辑拆分为多个较短的组合逻辑,以提高设计的执行效率。假设使用串行方法来实现一系列复杂的指令,以 TI 公司 F2833x 系列 DSP 的 8 级流水线为例(如图 1-1 所示),从 A 的 F1 一直执行到 A 的 W,串行需要 8 次;而改用流水线之后,执行 A 的 F2 时,B 的 F1 也同时执行了,相当于执行了“准并行”处理。



图 1-1 TI 公司 F2833x 系列 DSP 的 8 级流水线

流水线处理方式之所以能够在很大程度上提高数据流的处理速度,是因为复制了处理模块,它是面积换取速度思想的又一种具体体现,即“空间换时间”。

3. 乘积累加(MAC)运算

分析常见的数字信号处理算法,可以发现,大量消耗处理器资源的主要是卷积运算、点积运算和矩阵多项式的求值运算等,其中最普遍的操作是乘积累加操作。在现代 DSP 中,普遍内置了 MAC 硬核,可以在一个指令内完成取操作数、相乘并累加的过程,从而极大地提高了矩阵运算的效率。

4. 特殊的指令

为了更好地实现数字信号处理的相关算法,DSP 一般带有一些特殊指令,例如常见的蝶形运算指令等。在 TI 公司 F2833x 系列 DSP 中,还带有大量的特殊指令(例如 MOVAD 指令),可以一次完成加载操作数、移位、累加等多个功能。

5. 专门的外设

早期出现的 DSP 芯片中,片上外设并不是很丰富,需要在片外集成其他专用芯片以扩展功能。随着芯片设计工艺的进步,现在的 DSP 芯片已经集成了大量的片上外设,极大地简化了系统设计。以 TI 公司 C2000 系列 DSP 为例,一般都集成了片上 ADC、PWM、SCI、SPI、CAP、QEP、McBSP 等多种外设,完全满足复杂控制系统的要求。