

DSP应用丛书

# TMS320F2812

## 原理与开发

苏奎峰 吕强 耿庆锋 陈圣俭 编著



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

DSP 应用丛书

# TMS320F2812 原理与开发

苏奎峰 吕 强 耿庆锋 陈圣俭 编著

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

## 内 容 简 介

本书介绍了 TMS320F2812 芯片的基本特点、硬件结构、内部功能模块的基本原理等内容,并在结合应用实例的基础上详细阐述了各功能模块的应用。同时专门针对电机控制领域的应用,详细介绍了基于 TMS320F2812 数字信号处理器的永磁同步电机控制系统的原理与实现。书中提供了大量经过验证的硬件原理图和应用程序代码,以方便读者参考设计。

本书可以作为电子专业的本科生和研究生“数字信号处理原理及其应用”或“数字运动控制系统”等课程的教材,也是工程技术人员很好的参考书。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

### 图书在版编目(CIP)数据

TMS320F2812 原理与开发 / 苏奎峰, 吕强, 耿庆锋, 陈圣俭编著. —北京: 电子工业出版社, 2005.4

(DSP 应用丛书)

ISBN 7-121-01063-1

I. T… II. ①苏… ②吕… ③耿… ③陈… III. 数字信号—信号处理—微处理器, TMS320F2812

IV. ①TN911.72 ②TP332

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 025667 号

责任编辑: 雷洪勤

印 刷: 北京市天竺颖华印刷厂

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

经 销: 各地新华书店

开 本: 787×1092 1/16 印张: 29.5 字数: 756 千字

印 次: 2005 年 4 月第 1 次印刷

印 数: 5000 册 定价: 43.00 元

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系。联系电话:(010)68279077。质量投诉请发邮件至 zlt@phei.com.cn,盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

# 前 言

TMS320F2812 数字信号处理器是 TI 公司最新推出的 32 位定点 DSP 控制器,是目前控制领域最先进的处理器之一。其频率高达 150MHz,大大提高了控制系统的控制精度和芯片处理能力。TMS320F2812 芯片基于 C/C++ 高效 32 位 TMS320C28x DSP 内核,并提供浮点数学函数库,从而可以在定点处理器上方便地实现浮点运算。在高精度伺服控制、可变频电源、UPS 电源等领域广泛应用,同时是电机等数字化控制产品升级的最佳选择。

TMS320F2812 DSP 集成了 128KB 的闪存,可用于开发及对现场软件进行升级时的简单再编程。优化过的事件管理器包括脉冲宽度调制 (PWM) 产生器、可编程通用计时器,以及捕捉译码器接口等;该器件还包括 12 位模数转换器 (ADC),吞吐量每秒可达 16.7MB 的采样,其双采样装置可实现控制环路的同步采样。片上标准通信端口可为主机、测试设备、显示器及其他组件提供简便的通信端口。

作者结合 TMS320F2812 数字信号处理器相关工程项目的开发经验编写此书,书中详细介绍了 TMS320F2812 硬件结构、内部资源及其应用等内容。本书以 TMS320F2812 的功能模块原理和应用为主线,详细介绍了各个功能模块的基本原理及其应用,并给出了具体的应用实例。此外还结合空间矢量算法介绍了基于 TMS320F2812 的永磁同步电机控制系统的设计。书中提供的所有程序都在 F2812 评估板上经过验证,为用户提供了良好的技术参考和开发支持。如果读者需要相关的硬件或相关的技术咨询可发邮件到 [sukf@sina.com](mailto:sukf@sina.com)。

本书共分 11 章:第 1,2 章介绍了 C2000 平台的特点、数字控制系统的开发过程以及 F2812 内核及外设的主要功能等;第 3 章介绍了 F2812 的内核及中断的使用;第 4 章介绍了存储器接口的特点、寄存器使用以及外部扩展接口的扩展应用等;第 5,6,8,9 章分别介绍了 SCI,SPI,CAN,McBSP 通信接口的功能及使用,并结合具体的应用给出了应用实例。第 7,10 章分别介绍了事件管理器模块和 ADC 模块的原理与使用;第 11 章结合永磁同步电机的空间矢量控制法,介绍了基于 TMS320F2812 的伺服系统的原理与设计。所有章节都给出了相关应用的原理和程序代码。

装甲兵工程学院吕强教授仔细审校了本书,并提供了宝贵的意见;装甲兵工程学院耿庆锋参与了校对工作。同时在本书的编写过程中还得到了宁固、张志勇、张永谦、乔志刚、耿玉铃等同志的大力支持,在此一并表示感谢。

限于编者水平,书中难免存在错误和不当之处,恳请读者批评指正。

编 者

2005 年 1 月于装甲兵工程学院

# 目 录

第 1 章 概述 .....	( 1 )
1.1 简介 .....	( 1 )
1.2 数字信号处理器平台介绍 .....	( 2 )
1.2.1 TMS320 系列数字信号处理器平台介绍 .....	( 2 )
1.2.2 TMS320C2000 平台介绍 .....	( 3 )
1.2.3 TMS320C2000 平台应用领域 .....	( 6 )
1.3 以 DSP 为基础的数字控制系统 .....	( 6 )
1.3.1 控制系统介绍 .....	( 6 )
1.3.2 数字控制系统 .....	( 7 )
1.3.3 数字控制系统的设计 .....	( 10 )
第 2 章 TMS320F281x 处理器功能概述 .....	( 11 )
2.1 TMS320F281x 处理器的主要特点 .....	( 11 )
2.2 C281x CPU 内核 .....	( 14 )
2.2.1 C281x 内核概述 .....	( 14 )
2.2.2 C281x 内核组成 .....	( 14 )
2.3 C281x 外设介绍 .....	( 16 )
2.3.1 事件管理器 .....	( 16 )
2.3.2 模数转换模块 .....	( 16 )
2.3.3 SPI 和 SCI 通信接口 .....	( 17 )
2.3.4 CAN 总线通信模块 .....	( 17 )
2.3.5 看门狗 .....	( 17 )
2.3.6 通用目的数字量 I/O .....	( 17 )
2.3.7 PLL 时钟模块 .....	( 17 )
2.3.8 多通道缓冲串口 .....	( 17 )
2.3.9 外部中断接口 .....	( 18 )
2.3.10 存储器及其接口 .....	( 18 )
第 3 章 TMS320F2812 系统控制及中断 .....	( 19 )
3.1 时钟及系统控制 .....	( 19 )
3.1.1 时钟概述 .....	( 19 )
3.1.2 时钟寄存器 .....	( 20 )
3.1.3 晶体振荡器及锁相环 .....	( 23 )
3.1.4 低功耗模式 .....	( 24 )

3.1.5	看门狗及其应用	( 27 )
3.1.6	定时器及其应用	( 29 )
3.2	TMS320F281x 通用 I/O	( 33 )
3.2.1	多功能复用 GPIO 介绍	( 33 )
3.2.2	GPIO 寄存器	( 36 )
3.3	TMS320F281x 外设扩展中断模块	( 37 )
3.3.1	TMS320F281x 的 PIE 控制器概述	( 37 )
3.3.2	中断向量表	( 39 )
3.3.3	中断源及其处理	( 41 )
3.3.4	PIE 向量表	( 44 )
3.3.5	PIE 寄存器	( 49 )
3.3.6	PIE 中断使用例程	( 50 )
<b>第 4 章</b>	<b>存储器及扩展接口</b>	<b>( 58 )</b>
4.1	F2812 内部存储空间	( 59 )
4.1.1	F2812 片上程序/数据存储	( 59 )
4.1.2	F2812 片上保留空间	( 60 )
4.1.3	CPU 中断向量表	( 60 )
4.2	片内存储器接口	( 60 )
4.2.1	CPU 内部总线	( 60 )
4.2.2	32 位数据访问的地址分配	( 62 )
4.3	片上 Flash 和 OTP 存储器	( 62 )
4.3.1	Flash 存储器	( 62 )
4.3.2	Flash 存储器寻址空间分配	( 62 )
4.4	外部扩展接口	( 64 )
4.4.1	外部接口描述	( 64 )
4.4.2	外部接口的访问	( 65 )
4.4.3	写操作紧跟读操作的流水线保护	( 66 )
4.4.4	外部接口的配置	( 67 )
4.4.5	配置建立、激活及跟踪等待状态	( 70 )
4.4.6	外部接口的寄存器	( 73 )
4.4.7	外部接口 DMA 访问	( 79 )
4.4.8	外部接口操作时序图	( 79 )
4.5	外部接口的应用	( 82 )
4.5.1	外部存储器扩展	( 82 )
4.5.2	外部 ADC 扩展	( 82 )
<b>第 5 章</b>	<b>TMS320F28x 串行通信接口</b>	<b>( 92 )</b>
5.1	概述	( 92 )
5.1.1	增强 SCI 模块概述	( 92 )
5.1.2	SCI 结构特点	( 94 )

5.2	SCI 的寄存器	( 104 )
5.2.1	SCI 模块寄存器概述	( 105 )
5.2.2	SCI 通信控制寄存器 ( SCICCR )	( 105 )
5.2.3	SCI 控制寄存器 1 ( SCICTL1 )	( 107 )
5.2.4	SCI 波特率选择寄存器 ( SCIHBAUD, SCILBAUD )	( 108 )
5.2.5	SCI 控制寄存器 2 ( SCICTL2 )	( 109 )
5.2.6	SCI 接收器状态寄存器 ( SCIRXST )	( 110 )
5.2.7	接收数据缓冲寄存器 ( SCIRXEMU, SCIRXBUF )	( 112 )
5.2.8	SCI 发送数据缓冲寄存器 ( SCITXBUF )	( 113 )
5.2.9	SCI FIFO 寄存器	( 113 )
5.2.10	优先级控制寄存器 ( SCIPRI )	( 116 )
5.3	SCI 串口使用	( 116 )
5.3.1	SCI 接口硬件设计	( 116 )
5.3.2	SCI 接口软件设计	( 116 )
5.3.3	F2812 SCI 软件样例程序	( 117 )
<b>第 6 章</b>	<b>TMS320F2812 串行外设接口</b>	<b>( 124 )</b>
6.1	增强的 SPI 模块概述	( 124 )
6.1.1	SPI 功能框图	( 125 )
6.1.2	SPI 模块信号介绍	( 125 )
6.2	SPI 模块寄存器的概述	( 126 )
6.3	SPI 的操作	( 128 )
6.3.1	操作介绍	( 128 )
6.3.2	SPI 模块主和从操作模式	( 128 )
6.4	SPI 中断	( 130 )
6.4.1	SPI 中断控制位	( 130 )
6.4.2	数据格式	( 131 )
6.4.3	波特率和时钟设置	( 131 )
6.4.4	复位的初始化	( 133 )
6.4.5	数据传输实例	( 133 )
6.5	SPI FIFO 描述	( 134 )
6.6	SPI 寄存器和通信波形	( 136 )
6.6.1	SPI 控制寄存器	( 136 )
6.6.2	SPI 实例波形	( 145 )
6.7	SPI 应用实例	( 147 )
6.7.1	SPI 自测试应用举例	( 147 )
6.7.2	ADT7301 及其接口举例	( 152 )
<b>第 7 章</b>	<b>事件管理器及其应用</b>	<b>( 156 )</b>
7.1	事件管理器功能概述	( 156 )
7.2	通用定时器	( 158 )

7.2.1	通用定时器功能概述	( 158 )
7.2.2	使用通用定时器产生 PWM 信号	( 170 )
7.2.3	通用定时器应用实例	( 170 )
7.3	PWM 电路	( 175 )
7.3.1	与比较单元相关的 PWM 电路	( 176 )
7.3.2	PWM 波形的产生	( 181 )
7.3.3	事件管理器的 PWM 输出产生	( 181 )
7.3.4	空间矢量 PWM	( 183 )
7.4	捕获单元	( 187 )
7.4.1	捕获单元概述	( 187 )
7.4.2	捕获单元操作	( 189 )
7.4.3	捕获单元 FIFO 堆栈	( 189 )
7.4.4	捕获中断	( 190 )
7.4.5	正交编码脉冲 (QEP) 电路	( 190 )
7.5	事件管理器中断	( 192 )
7.5.1	事件管理器 (EV) 的断概述	( 192 )
7.5.2	EV 中断请求和服务子程序	( 193 )
7.5.3	中断产生	( 194 )
7.5.4	中断矢量	( 194 )
7.6	事件管理器寄存器	( 194 )
7.6.1	定时器寄存器	( 194 )
7.6.2	比较器控制寄存器	( 201 )
7.6.3	比较方式控制寄存器	( 204 )
7.6.4	捕获单元寄存器	( 207 )
7.6.5	事件管理器中断标志寄存器	( 213 )
7.6.6	EV 扩展控制寄存器	( 223 )
7.7	应用事件管理器产生 PWM	( 225 )
<b>第 8 章</b>	<b>eCAN 总线模块及其应用</b>	<b>( 228 )</b>
8.1	eCAN 总线模块的结构	( 228 )
8.1.1	eCAN 总线的主要特点	( 228 )
8.1.2	CAN 网络和模块概述	( 229 )
8.1.3	eCAN 控制器概述	( 231 )
8.1.4	消息邮箱	( 233 )
8.2	eCAN 总线模块的寄存器	( 237 )
8.2.1	邮箱使能寄存器 (CANME)	( 237 )
8.2.2	邮箱方向寄存器 (CANMD)	( 237 )
8.2.3	发送请求置位寄存器 (CANTRS)	( 237 )
8.2.4	发送请求复位寄存器 (CANTRR)	( 238 )
8.2.5	发送响应寄存器 (CANTA)	( 239 )



8.2.6	响应失败寄存器 (CANAA)	(239)
8.2.7	接收消息挂起寄存器 (CANRMP)	(239)
8.2.8	接收消息丢失寄存器 (CANRML)	(240)
8.2.9	远程帧挂起寄存器 (CANRFP)	(240)
8.2.10	全局接收屏蔽寄存器 (CANGAM)	(242)
8.2.11	主控寄存器 (CANMC)	(242)
8.2.12	位时序配置寄存器 (CANBCR)	(245)
8.2.13	错误和状态寄存器 (CANES)	(246)
8.2.14	错误计数寄存器 (CANTEC/ CANREC)	(248)
8.2.15	中断寄存器	(249)
8.2.16	覆盖保护控制寄存器 (CANOPC)	(253)
8.2.17	eCAN I/O 控制寄存器 (CANTIOC, CANRIOC)	(254)
8.2.18	定时器管理单元	(255)
8.2.19	邮箱构成	(258)
8.2.20	接收滤波器	(261)
8.3	eCAN 总线模块的配置方法	(262)
8.3.1	eCAN 模块初始化	(262)
8.3.2	eCAN 模块的配置步骤	(266)
8.3.3	远程帧邮箱的处理	(268)
8.3.4	中断	(269)
8.3.5	CAN 模块的掉电模式	(274)
8.4	eCAN 总线模块的应用实例	(275)
<b>第 9 章</b>	<b>TMS320F2812 多通道缓冲串行口</b>	<b>(282)</b>
9.1	McBSP 接口概述	(282)
9.1.1	McBSP 介绍	(282)
9.1.2	McBSP 的操作	(284)
9.1.3	McBSP 的采样速率生成器	(294)
9.1.4	McBSP 可能产生错误的情况	(301)
9.2	多通道选择模式	(307)
9.2.1	通道、块和分区	(307)
9.2.2	A-bis 模式	(313)
9.2.3	SPI 协议	(314)
9.3	接收器和发送器的配置	(320)
9.3.1	接收器配置	(320)
9.3.2	发送器配置	(335)
9.4	多通道缓冲串口仿真和复位	(350)
9.4.1	McBSP 的仿真模式	(350)
9.4.2	复位和初始化 McBSP 串口	(351)
9.4.3	数据打包实例	(353)

9.5	McBSP FIFO 和中断	( 355 )
9.5.1	McBSP FIFO 概述	( 355 )
9.5.2	McBSP 的功能和限制	( 356 )
9.5.3	McBSP FIFO 的操作	( 357 )
9.5.4	McBSP 接收中断的产生	( 357 )
9.5.5	McBSP 发送中断的产生	( 358 )
9.5.6	McBSP FIFO 寄存器描述	( 361 )
9.6	McBSP 寄存器	( 364 )
9.6.1	数据接收和发送寄存器	( 364 )
9.6.2	串行口控制寄存器 ( SPCR1 和 SPCR2 )	( 366 )
9.6.3	接收控制寄存器 ( RCR1 和 RCR2 )	( 368 )
9.6.4	发送控制寄存器 ( XCR1 和 CXR2 )	( 371 )
9.6.5	采样速率生成器寄存器 ( SRGR1 和 SRGR2 )	( 373 )
9.6.6	多通道控制寄存器 ( MCR1 和 MCR2 )	( 374 )
9.6.7	引脚控制寄存器 ( PCR )	( 377 )
9.6.8	接收通道使能寄存器 ( RCERA~RCERH )	( 379 )
9.6.9	发送通道使能寄存器 ( XERA~XCERH )	( 382 )
9.7	McBSP 应用实例	( 386 )
9.7.1	硬件接口	( 386 )
9.7.2	软件设计	( 388 )
9.7.3	软件例程	( 389 )
第 10 章	模数转换模块及其应用	( 395 )
10.1	模数转换模块的主要特点	( 395 )
10.2	自动转换排序器的操作原理	( 397 )
10.2.1	顺序采样模式	( 399 )
10.2.2	同步采样模式	( 399 )
10.2.3	双排序器采样模式实例	( 401 )
10.2.4	排序器级联采样模式实例	( 401 )
10.3	连续自动排序模式	( 402 )
10.3.1	排序器的开始/停止模式	( 404 )
10.3.2	同步采样模式	( 405 )
10.3.3	输入触发源	( 406 )
10.3.4	排序转换的中断操作	( 406 )
10.4	ADC 时钟预定标	( 408 )
10.5	低功耗模式	( 408 )
10.6	功耗上升顺序	( 409 )
10.7	ADC 模块寄存器	( 409 )
10.7.1	ADC 模块控制寄存器	( 409 )
10.7.2	最大转换通道寄存器 ( MAXCONV )	( 413 )

10.7.3	自动排序状态寄存器 ( AUTO_SEQ_SR )	( 415 )
10.7.4	ADC 状态和标志寄存器 ( ADC_ST_FLG )	( 416 )
10.7.5	ADC 输入通道选择排序控制寄存器	( 417 )
10.7.6	ADC 转换结果缓冲寄存器 ( RESULT <sub>n</sub> )	( 418 )
10.8	模数转换模块应用实例	( 419 )
<b>第 11 章 基于 TMS320F2812 的永磁同步电机控制</b> ( 423 )		
11.1	概述	( 423 )
11.2	永磁同步电动机的数学模型	( 423 )
11.2.1	电压方程	( 423 )
11.2.2	转矩方程	( 424 )
11.3	永磁同步电机的矢量控制法分析	( 425 )
11.3.1	永磁同步电动机矢量控制原理简介	( 425 )
11.3.2	正弦波永磁同步电动机的矢量控制方法	( 426 )
11.4	磁场定向算法介绍	( 429 )
11.4.1	磁场定向控制系统结构	( 429 )
11.4.2	矢量变换原理及其应用	( 429 )
11.4.3	TMS320F2812 实现空间矢量控制算法	( 432 )
11.5	永磁同步电机控制系统实现	( 437 )
11.5.1	系统结构	( 437 )
11.5.2	控制系统实现	( 438 )
<b>参考文献</b> ( 457 )		

# 第 1 章 概 述

## 1.1 简 介

传统的信号处理或控制系统采用模拟技术进行设计和分析，处理设备和控制器采用模拟器件（电阻、电容和运算放大器等）实现。自 20 世纪 60 年代以来，数字信号处理（Digital Signal Processing, DSP）日渐成为一项成熟的技术，并在多项应用领域逐渐替代了传统模拟信号处理系统。与模拟信号处理系统相比，数字信号处理技术及设备具有灵活、精确、抗干扰能力强、设备尺寸小、速度快、性能稳定和易于升级等优点，所以目前大多设备采用数字技术设计实现。

数字信号处理是利用计算机或专用的处理设备，以数值计算的方式对信号进行采集、变换、综合、估计与识别等加工处理，从而达到提取信息和便于应用的目的。数字信号处理的实现是以数字信号处理理论和电子计算机计数为基础的，在其发展历程中，有两个事件加速了 DSP 技术的发展。其一是 Cooley 和 Tuckey 对离散傅里叶变换的有效算法的解密，另一个就是可编程数字信号处理器在 20 世纪 60 年代的引入。这种采用哈佛结构的处理器能够在—个周期内完成乘法累加运算，与采用冯·诺依曼结构的处理器相比有了本质的改进，为复杂数字信号处理算法和控制算法的实现提供了良好的实现平台。

在实际应用中，所有的信号都是模拟信号，为实现数字信号处理，用户必须将模拟信号转换成数字信号。模拟信号是连续的变量，它包括声音强度、压力、光强度等。例如，我们可以感知不同的模拟信号：耳朵对声音敏感，眼睛对光学敏感；当接收到一个信号时，传感器器官把它转换为电的信号，并且把它传送到我们的模拟计算机（大脑）中。如果需要使用计算机或其他的处理实现实现对语音信号的数字处理，必须对其进行数字化，具体过程如图 1.1 所示。

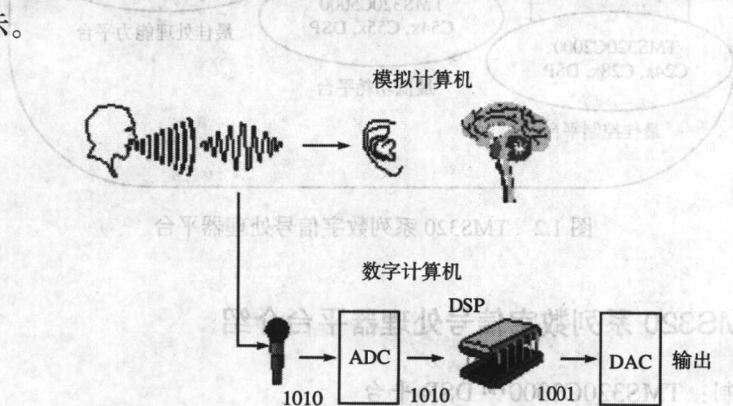


图 1.1 语音的数字信号处理过程

因为 DSP 具有快速计算的特点，所以具有广泛的应用潜力。例如，可以采用 DSP 来实现复杂的数字信号处理或数字控制系统，以满足高性能信号处理或控制的需求。

采用 DSP 实现数字化处理和控制在未来的发展趋势，因此有众多半导体制造商投入到高性能 DSP 的开发中。其中 TI 公司推出的 TMS320F2812 处理器具有较高的信号处理和控制在功能，在数字控制领域拥有广阔的应用前景。本书以 TMS320F2812 芯片的内部功能模块为主线，介绍了各功能模块的基本原理；并结合控制领域的应用详细阐述了各功能模块的使用；同时专门针对其在电机等控制方面的应用，介绍了采用 TMS320F2812 实现永磁同步电机控制的原理与实现。书中提供了大量硬件原理图和应用程序代码，以方便读者参考。

## 1.2 数字信号处理器平台介绍

世界正朝着数字化的方向发展，而数字信号处理器正是这个数字革命的心脏。这些高性能的数字信号处理器能够充分满足目前数字信号处理的需要，也加快了相关半导体行业的快速发展。半导体技术的进步大大促进了数字信号处理器的发展。自从 TI 于 1982 年推出第一个 DSP 以来，处理器的技术水平得到了巨大的提高，也缔造了 TI 公司在数字信号处理器领域中的稳固地位。设计者只要想到 DSP 便会想到 TI，其辅助的技术支持也加速了新产品的上市时间。

从一般性的应用到特殊应用，TI 公司推出的 TMS320 DSP 家族覆盖了非常广的应用领域。用户必须充分理解各类数字信号处理器的特点和适用领域，才能选择合适的处理器完成数字信号处理或控制任务。根据不同的应用领域，TI 公司推出了三大指令集架构，一般称为“平台”（Platform），如图 1.2 所示。平台的指令核心是互相兼容的，但各平台有自己的特点和适合的应用领域。

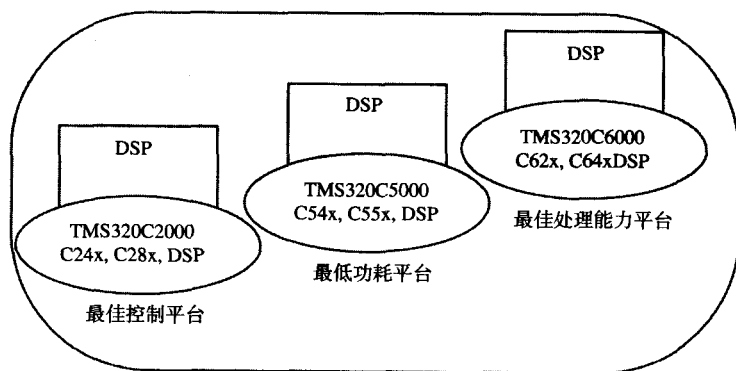


图 1.2 TMS320 系列数字信号处理器平台

### 1.2.1 TMS320 系列数字信号处理器平台介绍

#### 1. 最佳控制：TMS320C2000™ DSP 平台

TMS320C2000™ DSP 平台将各种高级数字控制功能集成在一颗 IC 上。强大的数据处理和控制能力可以大幅度提高应用效率和降低功耗。TMS320C28x™ 系列 DSP 是目前控制领域最高性能的处理器的，具有精度高、速度快、集成度高等特点，为不同控制领域提供了高性能解决方案。TMS320C24x™ 系列 DSP 则为不同应用平台提供了基本解决方案。

### 2. 最低功耗: TMS320C5000™ DSP 平台

TMS320C5000™ DSP 是专门针对消费类数字市场而设计的。最低耗电为 0.33mA/MHz。TMS320C55x™与 TMS320C54x™ DSP 均可用于便携式产品,如数字随身听、GPS 接收器、便携式医疗设备、3G 移动电话、数码相机等。TMS320C5000™ DSP 平台对于注重运算速度和功耗的语音及资料应用产品也是最佳解决方案。

### 3. 最佳处理能力: TMS320C6000™ DSP 平台

TMS320C6000™ DSP 是处理能力最强、易于采用高级语言编程的 DSP。定点及浮点 DSP 市场定位在网络交换、图像处理、雷达信号处理等高端应用领域。TMS320C64x™ DSP 的 CPU 运行速度超过 1GHz,其性能远超过第一代 TMS320C62x™ DSP 近 10 倍,为高端的应用提供了最佳解决方案。

## 1.2.2 TMS320C2000 平台介绍

TMS320C2000 系列 DSP 集微控制器和高性能 DSP 的特点于一身,具有强大的控制和信号处理能力,能够实现复杂的控制算法。TMS320C2000 系列 DSP 片上整合了 Flash 存储器、快速的 A/D 转换器、增强的 CAN 模块、事件管理器、正交编码电路接口、多通道缓冲串口等外设,此种整合使用户可以以更便宜的价格开发高性能数字控制系统。

在 TMS320C2000 系列 DSP 中,尤其是最新推出的 C28x 系列高精度数字信号处理器 (DSP),其性能是目前任何现有的可编程数字信号处理器 (DSP) 无可比拟的。TMS320F2810 及 TMS320F2812 是工业界首批 32 位的控制专用、内含闪存以及高达 150MIPS 的数字信号处理器,专门为工业自动化、光学网络及自动化控制等应用而设计。C28x 的内核是当今世界上在数字控制应用方面性能最高的 DSP 内核。C28x 的内核提供高达 150MIPS 的计算带宽,因此能够实时地处理许多复杂的控制算法,如,无速度传感器控制、随机 PWM 的生成、功率因数校正等算法。C28x 同时也是世界上程序代码效率最高的 DSP, C28x 的程序代码与目前所有的 C2000 DSP 的程序代码兼容,简化了产品升级工作。

TMS320C2000 系列 DSP 主要包括 C24x 和 C28x 两种类型,表 1.1 给出了两种处理器的主要功能对比。

表 1.1 C24x 和 C28x 数字信号处理器主要特征

DSP 系列	DSP 类型	特 性
C24x	16 位定点	SCI、SPI、CAN、A/D、事件管理器 (Event Manager)、看门狗定时器 (Watchdog Timer)、内部 flash 存储器、20~40 MIPS
C28x	32 位定点	SCI、SPI、CAN、12 位 A/D、McBSP、看门狗定时器 (Watchdog Timer)、内部 flash 存储器、高达 150 MIPS

### 1.2.2.1 TMS320C2000 DSP 结构

#### 1. TMS320C28x™ 结构

32 位的 C28x DSP 整合了 DSP 和微控制器的最佳特性,能够在—个周期内完成 32×32 位的乘法累加运算,或两个 16×16 位乘法累加运算。此外,由于器件集成了快速的中断管

理单元，使得中断延迟时间大幅减少，满足了适时控制的需要。

- C28x 拥有许多独一无二的特点。例如，可以在一个周期内对任何内存地址完成读取、修改、写入操作，使得效率及程序代码达到最佳。此外，还提供多种自动指令提高了程序的执行效率，简化了程序的开发。
- 针对嵌入式控制领域应用的特殊要求，已推出一款针对 C28x 内核的 C 编辑器，能够提供非常杰出的 1:1C 汇编语言转换比例。C28x DSP 的内核还支持 IQ 变换函数库，使研发人员能方便地使用便宜的定点 DSP 来实现浮点运算。
- C28x 系列的 DSP 目前已达到 150MIPS。
- C28x DSP 与 C24x DSP 的程序代码兼容。

## 2. C24x DSP 结构

C24x 是低成本、低功耗、高性能的处理器，最高速度达 40MIPS，能够实现多种控制算法，特别适合于电机控制等领域的应用。内核采用哈佛总线结构，可以实现对程序和数据空间的同时操作，具有高效率的内存管理功能。

- C24x 采用四级流水线结构，能够在—个周期内完成 C24x 的大部分指令。
- 内嵌一个周期内完成两次存取操作的 DARAM，再加上 C24x 结构的并行处理特性，C24x 能够在—个机器周期内同时完成 3 个内存的存取。
- 不同编号的 C24x 具有不同的内存组合，包含 DARAM、SRAM、ROM 或 Flash 存储器。

### 1.2.1.2 TMS320C2000 功能及其特点

TMS320C2000 DSP 平台整合了高性能的 DSP 内核、内部 Flash 存储器、高精度度模拟外设、数字控制及通信外设等。为用户提供了单芯片实现高性能控制的解决方案，其主要功能模块如下。

#### 1. Flash 内存

C2000 产品的内部 Flash 存储器大小为 8~128KB。用户可以应用内部 Flash 存储器固化应用软件以及产品的升级换代。C2000 DSP 提供分区 (Sector) 的 Flash 内存，允许改写每个分区，而不清除整个 Flash 内存；此外 C2000 DSP 采用密码保护程序代码，以保护用户的程序。

#### 2. 事件管理器 (Event Manager)

- 定时器 (Timer)/比较器 (Compare) 模块减少了 CPU 完成事件定时 (Event Timing)、采样循环 (Sampling Loop) 及 PWM 生成等任务的开销。
- 可编程死区设置。
- 捕捉单元和正交编码电路能够同检测元件直接接口。
- PDP 中断为系统提供无条件保护。

#### 3. 模拟/数字转换器 (A/D Converter)

- 10 位模拟/数字转换器 (C24x) 和 12 位模拟/数字转换器 (C28x)。
- LF240xA 最快转换时间为 500ns，F2810 及 F2812 最快转换时间为 60ns。
- 外部模拟/数字转换及事件 (EV) 触发的模数转换不需占用额外 CPU 时间。
- 具有双缓冲的结果寄存器，减少中断到取得转换结果所需要的时间。

- 16 个模拟输入通道。
- 转换自动排序器可增加通道数目，而不需 CPU 介入。

#### 4. CAN 模块

- 完整的 CAN 控制器，符合 CAN2.0B 规范。
- 发送、接收标准帧（11 位标志符）及扩展帧（29 位标志符）。
- C24x 有 16 个信箱，F2810、F2812 有 32 个信箱。
- 0~8 位可编程数据长度。
- 提供接收信箱、发送信箱及可配置的发送/接收信箱（信箱 0 及 1）。
- C28x 系列提供低功耗模式，定时邮递（Time Stamping）功能。
- 数字回路自测试模式。
- 可编程通信速率。
- 可编程中断控制。

#### 5. 串行通信接口（Serial Communication Interface, SCI-UART）

- 异步通信格式（NRZ）。
- 可编程波特率。
- 数据长度 1~8 位可编程。
- 可编程停止位长度 1 或 2 位。
- 错误检测：极性错误、过载错误、帧错误、中止错误等。
- 两种唤醒模式：线空闲唤醒及地址位唤醒。
- 半双工或全双工操作。
- C24x 具有双缓冲器的接收及发送功能；而 C28x 有 16 层的接收及发送缓冲器。
- 独立的接收/发送中断。
- 独立的接收/发送中断使能位。

#### 6. 串行外围接口（Serial Peripheral Interface, SPI）

- 1~16 位可编程数据长度（F/C240 为 1~8 位）。
- 同步的发送/接收帧。
- 主/从操作模式。
- 支持多处理器通信。
- SPI 时钟极性控制。

#### 7. C28x 的多信道缓冲串行端口（McBSP）

- 全双工通信。
- 双缓冲发送，三缓冲接收，允许连续的数据流。
- 支持 128 个通道的发送及接收。
- 独立的发送时钟。
- 多通道选择模式使能每个通道的块传输。



### 1.2.3 TMS320C2000 平台应用领域

TMS320C2000 主要应用于工业驱动器、冷却系统、智能型传感器、可调雷射、电源供应器、消费性物品、高压交流系统、燃料帮浦、光纤网络、UPS 系统、手持式电动工具中。

## 1.3 以 DSP 为基础的数字控制系统

### 1.3.1 控制系统介绍

一个典型的闭环控制系统如图 1.3 所示，基本上由三个模块构成：控制器 (Controller)、被控对象 (Plant) 和传感器 (Sensor)。控制器根据所下达的参考指令与由传感器测得的反馈信号比较，所产生的误差再经过控制算法计算出适当的修正信号送给被控对象。控制器的主要目的就在于根据控制命令与反馈信号产生适当的修正信号而使系统有最佳的反应，而这个过程主要是完成控制算法 (Control Law) 的执行，因此可以用模拟 (Analog)、数字 (Digital) 或混合 (Hybrid) 的方式完成。

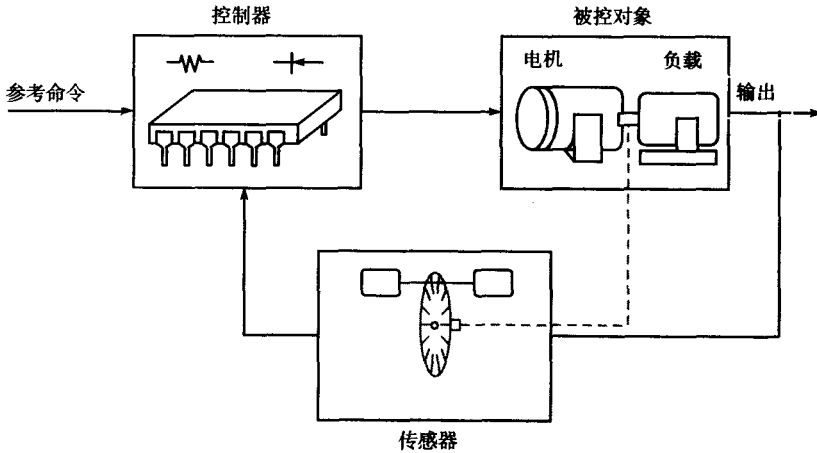


图 1.3 控制系统的方块图

在概念上讲，一个控制系统也可以说是由两个主要的模块构成：控制器 (Controller) 和被控对象 (Plant)，如图 1.4 所示。被控对象可能是一个电机、热水器或一枚导弹，而控

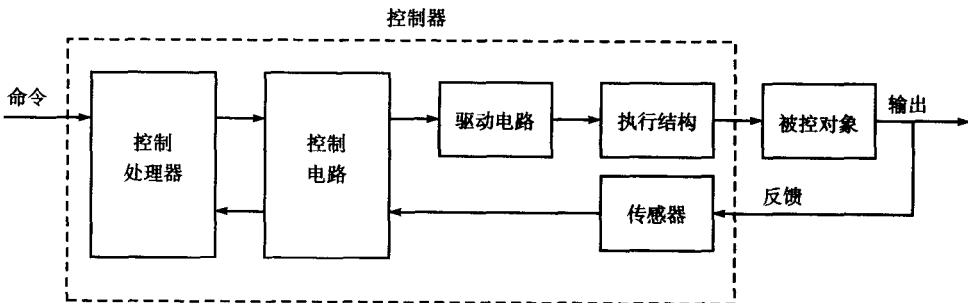


图 1.4 控制系统的详细功能框图