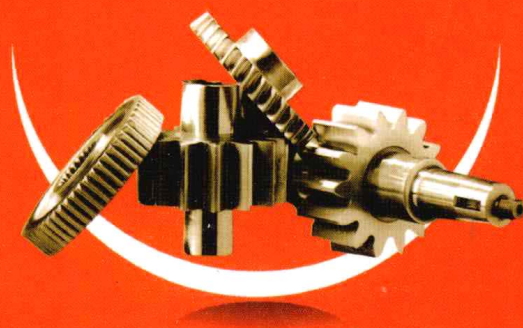


零基础学

TMS320F281x DSP C语言开发

杜春洋 王宇超 等编著



【从学生到工程师的良师益友】



机械工业出版社
China Machine Press

零基础学

TMS320F281x DSP
C语言开发



机械工业出版社
China Machine Press

本书系统论述了 DSP (基于 TMS320F2812) 的 C 语言开发方法、内部功能、软硬件设计及众多工程实例。全书包括 4 篇, 共 16 章: DSP 的功能与选型、基于 DSP 的数字控制系统、TMS320F281x DSP 应用系统开发、TMS320F281x DSP 的结构与功能、DSP C 语言开发、基于最小系统的 DSP 硬件开发平台、CCS 集成开发环境、模/数转换模块及其应用、事件管理器及其应用、存储器及扩展接口设计、键盘及显示接口设计、通信接口设计、感应电动机 DSP 控制、无刷直流电动机 DSP 控制、永磁同步电动机 DSP 控制、步进电动机 DSP 控制。

全书重点突出, 层次分明, 注重系统开发方法与开发流程的讲解; 从最小系统设计到功能模块开发, 再到综合实例应用, 由浅入深、循序渐进, 利于读者真正掌握 TI 公司的 2000 系列 DSP 的 C 语言工程开发。另外, 本书配套光盘给出了书中的实例文件、开发过程的操作录像、常用元器件及芯片等丰富的拓展资源, 极大地方便了读者自学、动手实践。

本书适合作为 DSP 初学者及 DSP C 语言开发工程师的参考用书, 也可作为普通高等院校电子信息工程、通信工程、自动化及测控技术与仪器等相关专业的本科生与研究生教材。

封底无防伪标均为盗版

版权所有, 侵权必究

本书法律顾问 北京市展达律师事务所

图书在版编目 (CIP) 数据

零基础学 TMS320F281x DSP C 语言开发/杜春洋等编著. —北京: 机械工业出版社, 2010. 9

ISBN 978-7-111-31693-0

I. 零… II. 杜… III. ①数字信号—信号处理—数字通信系统, TMS320F281x DSP
②C 语言—程序设计 IV. ①TN911.72 ②TP312

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 168632 号

机械工业出版社 (北京市西城区百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑: 张少波

北京京师印务有限公司印刷

2010 年 10 月第 1 版第 1 次印刷

185mm × 260mm · 22.25 印张

标准书号: ISBN 978-7-111-31693-0

ISBN 978-7-89451-671-8 (光盘)

定价: 55.00 元 (附光盘)

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

客服热线: (010) 88378991; 88361066

购书热线: (010) 68326294; 88379649; 68995259

投稿热线: (010) 88379604

读者信箱: hzjsj@hzbook.com

DSP（数字信号处理器）是一类具有数字信号处理特长的高性能微处理器，由于其灵活、稳定、重复性好、可大规模集成、软件执行效率高和易于实现等优点，广泛应用于通信、家电、航空航天、工业测量、控制、生物医学工程及军事等众多需要实时处理的领域。

越来越多的工程设计人员已经或准备从事 DSP 的设计与开发，大家普遍感觉 DSP 入手困难，为了使初学者能够快速掌握 DSP 的设计与开发，本书以“由浅入深、实例引导、注重实用”为原则，通过对不同应用层次的实例详细解析，使读者能够快速掌握 DSP 应用开发的精髓。

本书总结了 DSP 的开发过程及使用要点，以 TMS320F2812 为模型介绍其硬件结构、存储器组织、中断系统及片内外设等硬件资源和基本运行原理，强化微处理器学习方法，训练使用微处理器的基本功。本书还加强了 DSP 最小系统介绍，使读者很容易建立自己的硬件平台；并且介绍了 DSP 的开发环境、C 语言编程和开发流程；增加了 C 语言编程工程模板介绍，使读者可以很方便地进行软件开发。本书实践性较强，大部分内容以案例编写。书中提供的不同层次的实验内容大都经过了试验验证。

本书特点

本书主要有以下特点。

1. 入门起点低

特别适合于从事 DSP 系统设计的初学者。

2. 结构合理，深入浅出

内容编排上遵循了 DSP 系统开发过程的一般规律，便于短时间内掌握 DSP 系统设计方法。结合实践以及应用讲解难点，易于消化吸收、实现举一反三。

3. 实例丰富，注重实战

本书精选了丰富的典型实例，通过实践和应用进一步加深对 DSP 系统设计和开发过程相关知识的掌握和理解，并作明确的指导，通过这些实践和应用环节，引导读者快速动手实践，学以致用。

主要内容

全书内容分为 4 篇，共 16 章。

第一篇 开发基础

第 1~3 章为 DSP 开发基础篇，主要讲述 DSP 种类和系统开发流程与技能。

第二篇 结构与编程

第 4~7 章为 DSP 结构与编程篇，内容涵盖 TMS320F2812 的功能及硬件资源、C 语言开发基础、最小系统的 DSP 开发平台及 DSP 集成开发环境 CCS 等。

第三篇 模块功能

第 8~12 章为 DSP 模块功能篇，系统论述了 TMS320F2812 A/D 转换模块、事件管理器模块、

常用的存储器及扩展接口、键盘及显示接口以及通信接口设计，并通过软硬件实例设计，强化对DSP功能的理解及开发方法的掌握。

第四篇 综合实例

第13~16章为DSP综合实例篇，并结合TMS320F2812的典型应用——电动机控制，来阐述基于TMS320F2812的系统综合应用，包括硬件设计及软件编程，通过综合实例使读者彻底掌握DSP开发。

读者对象

- DSP初学者
- DSP C语言开发爱好者
- 高等院校电子信息工程、通信工程及自动化相关专业的本科生及研究生

本书光盘

- 书中全部实例文件
- 开发过程录像文件
- 常用芯片及元器件
- 常用学习交流网址

本书主要由杜春洋、王宇超编著，其他参与编著和资料整理的人员有刘姣、宋一兵、管殿柱、赵景波、付本国、张轩、赵景伟、赵秋玲、张忠林、王献红、王臣业、张洪信、葛亚明、陈立伟、王桐、段群杰、李冰、初航等。

感谢您选择了本书，希望我们的努力对您的工作和学习有所帮助，也希望您把对本书的意见和建议告诉我们。

作者联系方式：gdz_zero@126.com

编辑联系方式：sdl@hzbook.com

作者
2010年8月

前言

第一篇 开发基础	1	第 3 章 TMS320F281x DSP 应用系统开发	16
第 1 章 DSP 的功能与选型	1	3.1 TMS320F281x DSP 的开发流程	16
1.1 DSP 简介	1	3.2 TMS320F281x DSP 的开发工具	19
1.1.1 DSP 的功能特点	1	3.2.1 CCS 集成开发环境	20
1.1.2 DSP 的型号选择	2	3.2.2 TMS320F281x DSP 程序开发流程	21
1.1.3 DSP 的性能指标	3	3.3 TMS320F281x DSP 的开发平台	22
1.2 TMS320 系列 DSP	4	3.4 实践拓展	23
1.2.1 TMS320 系列 DSP 的分类	4	3.5 思考与练习	24
1.2.2 TMS320 系列 DSP 的典型应用	6	第二篇 结构与编程	25
1.3 实践拓展	7	第 4 章 TMS320F281x DSP 的结构与功能	25
1.4 思考与练习	7	4.1 TMS320F281x 的结构及性能	25
第 2 章 基于 DSP 的数字控制系统	8	4.2 TMS320F281x 的引脚分布及引脚功能	29
2.1 数字控制系统简介	8	4.3 TMS320F281x 的外设功能	37
2.2 数字控制系统设计	9	4.4 实践拓展	41
2.2.1 数字控制系统的硬件	9	4.5 思考与练习	42
2.2.2 数字控制系统的软件	10		
2.2.3 信号的采样及采样周期	11		
2.2.4 基于 DSP 的控制系统	13		
2.3 实践拓展	15		
2.4 思考与练习	15		

第 5 章 DSP C 语言开发	43	6.4 实践拓展	82
5.1 C 语言数据结构及语法	43	6.5 思考与练习	84
5.1.1 C 语言数据结构	43	第 7 章 CCS 集成开发环境	85
5.1.2 C 语言运算符与表达式 ...	44	7.1 CCS 的安装与配置	85
5.2 程序控制结构	46	7.1.1 CCS 的安装	85
5.2.1 if 语句	46	7.1.2 CCS 的配置	87
5.2.2 switch 语句	51	7.2 CCS 的功能与使用	88
5.2.3 while 语句	53	7.2.1 代码生成工具	89
5.2.4 for 语句	55	7.2.2 编辑源程序	90
5.3 数组与函数	57	7.2.3 创建调试应用程序	91
5.3.1 数组	58	7.2.4 DSP/BIOS 插件	91
5.3.2 函数	60	7.2.5 硬件仿真和实时数据交换 ...	91
5.4 C 语言编程规范	63	7.3 开发一个简单的应用程序	92
5.4.1 语言规范	63	7.3.1 创建工程文件	92
5.4.2 字符类型	63	7.3.2 向工程添加文件	93
5.4.3 变量类型	64	7.3.3 查看源代码	94
5.4.4 变量初始化	64	7.3.4 编译和运行程序	95
5.4.5 函数声明和定义	65	7.3.5 修改程序选项和纠正语法	
5.4.6 编程风格	65	错误	96
5.5 实践拓展	66	7.3.6 使用断点和观察窗口	97
5.6 思考与练习	67	7.3.7 使用观察窗口观察变量 ...	98
第 6 章 基于最小系统的 DSP 硬件		7.3.8 测算源代码执行时间	98
开发平台	68	7.4 实践拓展	100
6.1 硬件开发平台的结构及功能 ...	68	7.5 思考与练习	101
6.2 TMS320F2812 的最小系统	69	第三篇 模块功能	103
6.2.1 TMS320F2812 的最小系统		第 8 章 模/数转换模块及其	
组成	69	应用	103
6.2.2 电源设计	70	8.1 ADC 模块的功能与特点	103
6.2.3 时钟及复位电路设计	71	8.2 ADC 模块排序器工作原理	105
6.2.4 内存扩展设计	74	8.2.1 排序器级联操作方式	106
6.2.5 电平转换接口设计	75	8.2.2 双排序器操作	112
6.2.6 TMS320F2812 内部中断		8.2.3 排序器的启动/停止模式 ...	115
资源	76	8.2.4 输入触发源及中断	116
6.3 硬件仿真器及 JTAG 仿真接口 ...	80		
6.3.1 硬件仿真器	80		
6.3.2 JTAG 仿真接口	81		

8.3	ADC 的时钟控制及参考电压	118	10.1.1	TMS320F2812 的片上存储器功能与特点	160
8.4	实例: 基于 ADC 模块的电压信号转换	121	10.1.2	TMS320F2812 的片上存储器映射	162
8.5	实践拓展	124	10.2	TMS320F2812 的片内存储器接口	164
8.6	思考与练习	125	10.2.1	CPU 内部总线	164
第 9 章	事件管理器及其应用	126	10.2.2	片上 Flash 和 OTP 存储器	166
9.1	事件管理器功能	126	10.3	外部扩展接口	167
9.2	通用目的 (GP) 定时器	131	10.3.1	外部接口描述	167
9.2.1	GP 定时器功能	131	10.3.2	外部接口的访问	168
9.2.2	GP 定时器的 PWM 信号	135	10.3.3	外部接口的配置	169
9.2.3	GP 定时器应用实例	137	10.3.4	外部接口 DMA 访问	174
9.3	PWM 电路	142	10.3.5	外部接口操作时序图	175
9.3.1	全比较单元	142	10.4	外部接口的应用	177
9.3.2	与比较单元相关的 PWM 电路	144	10.4.1	外部存储器扩展	177
9.3.3	事件管理器的 PWM 输出	147	10.4.2	外部 ADC 扩展	178
9.4	捕捉单元	149	10.5	实践拓展	184
9.4.1	捕捉单元的功能	149	10.6	思考与练习	186
9.4.2	捕捉单元的操作	151	第 11 章	键盘及显示接口设计	187
9.4.3	捕捉单元的 FIFO 堆栈及中断	151	11.1	键盘及其接口技术	187
9.4.4	正交编码脉冲 (QEP) 电路	152	11.1.1	键盘及其接口硬件设计	187
9.5	事件管理器的中断	153	11.1.2	键盘及其接口软件设计	188
9.5.1	事件管理器中断的功能	154	11.2	LED 及其接口技术	190
9.5.2	EV 中断请求和服务	155	11.2.1	LED 及其接口硬件设计	191
9.6	实例: 事件管理器 C 语言应用	155	11.2.2	LED 及其接口软件设计	192
9.7	实践拓展	158	11.3	LCD 及其接口技术	199
9.8	思考与练习	159	11.3.1	LCD 及其接口硬件设计	199
第 10 章	存储器及扩展接口设计	160	11.3.2	LCD 及其接口软件设计	200
10.1	TMS320F2812 的内部存储空间	160			

11.4	实践拓展	208	13.2.4	无速度传感器控制	244
11.5	思考与练习	209	13.3	感应电动机的数学模型及 系统仿真	245
第 12 章	通信接口设计	210	13.3.1	三相静止坐标系下的 感应电动机的模型	245
12.1	串行通信接口 SCI 的设计 与扩展	210	13.3.2	三相感应电动机的 dq0 参考坐标模型	246
12.1.1	SCI 接口模块功能与 特点	210	13.3.3	静止坐标系下感应电动机 的仿真	249
12.1.2	串行通信接口硬件 设计	212	13.3.4	磁场定向控制方法的 感应电动机的仿真	250
12.1.3	串行通信接口软件 设计	212	13.4	基于 F2812 的矢量控制系统 设计	252
12.2	CAN 总线及其应用	218	13.4.1	感应电动机的矢量 控制	252
12.2.1	CAN 总线的功能与 特点	218	13.4.2	基于 TMS320F2812 的感应 电机控制系统设计	253
12.2.2	CAN 总线数据格式	219	13.5	实践拓展	269
12.2.3	CAN 通信接口硬件 设计	220	13.6	思考与练习	270
12.2.4	CAN 通信接口软件 设计	221	第 14 章	无刷直流电动机 DSP 控制	271
12.3	SPI 接口及其应用	227	14.1	无刷直流电动机的基本 结构	271
12.3.1	SPI 接口功能与特点	227	14.1.1	定子	271
12.3.2	SPI 接口硬件设计	230	14.1.2	转子	273
12.3.3	SPI 软件设计	231	14.1.3	霍尔传感器	273
12.4	实践拓展	234	14.2	无刷直流电动机的操作 原理	274
12.5	思考与练习	236	14.2.1	无刷直流电动机的系统 结构	275
第四篇	综合实例	238	14.2.2	无刷直流电动机的数学 模型	275
第 13 章	感应电动机 DSP 控制 ..	238	14.2.3	无刷直流电动机的工作 过程	277
13.1	感应电动机的基本原理	238	14.3	基于 TMS320F2812 的无刷 直流电动机控制系统设计 ..	279
13.1.1	基本结构	238	14.3.1	控制系统硬件设计	279
13.1.2	转速特性	239			
13.2	感应电动机控制策略	240			
13.2.1	开环电压控制	241			
13.2.2	滑差控制	242			
13.2.3	矢量控制	242			

14.3.2	控制系统软件设计	281	16.1.1	单极性步进电动机	319
14.4	实践拓展	292	16.1.2	双极性步进电动机	319
14.5	思考与练习	293	16.1.3	双线步进电动机	319
第 15 章	永磁同步电动机 DSP		16.2	步进电动机的物理特性	320
	控制	294	16.2.1	静态特性	320
15.1	永磁同步电动机数学模型	294	16.2.2	半步和微步控制	321
15.1.1	电压方程	294	16.2.3	摩擦力和死区	322
15.1.2	转矩方程	295	16.2.4	动态特性	322
15.2	永磁同步电动机的矢量控制		16.2.5	步进电动机的共振	
方法		295	问题		323
15.3	磁场定向算法介绍	296	16.3	步进电动机驱动设计	323
15.3.1	磁场定向系统结构	296	16.3.1	可变磁阻步进电动机	
15.3.2	矢量变换算法及应用	297	驱动		324
15.3.3	SVPWM 工作原理及算法		16.3.2	单极性永磁电动机和	
实现		298	混合电动机驱动		324
15.4	基于 TMS320F2812 的永磁同步		16.3.3	单极和可变磁阻驱动	325
电动机控制系统设计		304	16.3.4	双极性电动机 H 桥驱动	
15.4.1	控制系统结构	304	电路		326
15.4.2	控制系统模块设计	305	16.4	基于 TMS320F2812 的步进电机	
15.4.3	控制系统软件设计	308	控制系统设计		328
15.5	实践拓展	314	16.4.1	控制系统硬件设计	328
15.6	思考与练习	316	16.4.2	控制系统软件设计	330
第 16 章	步进电动机 DSP 控制	318	16.5	实践拓展	339
16.1	步进电动机工作原理	318	16.6	思考与练习	340
			参考文献		342

第1章 DSP的功能与选型

DSP, 即数字信号处理器, 是在模拟信号转换成数字信号以后进行高速实时处理的专用处理器, 由于数字信号处理器采用改进的哈佛结构, 并集成了多种便于数字运算和信号处理的硬件, 其数字信号处理速度比普通的 CPU 快得多。在当今的数字化时代背景下, DSP 已成为通信、计算机、消费类电子产品以及控制等领域的基础器件。在数字化互联网世界和时代, DSP 变得越来越重要, 可以说是无处不在。

1.1 DSP 简介

DSP 也叫数字信号处理器, 是一种专门设计用来进行数字信号处理的片上计算机系统。微处理器的发展经历了单板计算机、单片计算机的历程, DSP 则是一种高性能的片上计算机系统。它除了利用大量的新技术、新结构来大幅度改善芯片性能外, 还把内存、接口、外设、事件管理等集成在一个芯片上, 成为一个功能强大的微处理器。

1.1.1 DSP 的功能特点

虽然应用于不同领域的 DSP 有不同的型号, 但其内部结构大同小异, 都具有哈佛 (Harvard) 结构的特征。DSP 包括处理器内核、指令缓冲器、数据存储器和程序存储器、I/O 接口控制器、程序地址总线和程序数据总线、直接读取的地址总线和数据总线等单元, 其中, 最核心的是处理器内核。数字信号处理器有如下特点:

- DSP 采用改进的哈佛总线结构, 内部有两条总线: 数据总线和程序总线。程序与数据空间分开, 分别有各自的地址总线和数据总线, 可以同时完成获取指令和读取数据操作, 目前运行速度已经达到每秒 1G 次定点运算。
- 采用流水操作, 每条指令的执行划分为取指令、译码、取数、执行等若干步骤, 由片内多个功能单元分别完成, 支持任务的并行处理。
- 在一个指令周期内实现一次或多次乘法累加 (MAC) 运算。

- 在 DSP 中集成了多个地址产生单元，支持循环寻址、位倒序等特殊指令，使 FFT、卷积等运算中的寻址、排序及计算速度大大提高。1024 点 FFT 的运算时间已小于 $1\mu\text{s}$ 。
- 独立的 DMA 总线和控制器。DSP 有一组或多组独立的 DMA 控制逻辑，提高了数据的吞吐带宽，为高速数据交换和数字信号处理提供了保障。
- DSP 支持重复运算，避免循环操作消耗太多时间。
- DSP 提供多个串行或并行 I/O 接口，以及一些具有特殊功能的接口来完成特殊的数据处理或控制，从而提高了系统的性能且降低了成本。

1.1.2 DSP 的型号选择

DSP 的应用领域很广，但实际上没有一个处理器能完全满足所有的或绝大多数应用的需要。在采用 DSP 进行系统设计时，需要根据系统的特点、性能要求、成本、功耗以及技术开发周期等因素进行综合考虑。一般情况下主要考虑以下几个方面的因素。

1. 系统特点

每种 DSP 都有自己比较适合的应用领域，在系统设计时必须根据系统的特点进行选择。以 TI 公司的 DSP 为例，C2000 系列处理器提供了多种控制系统使用的外围设备，比较适合控制领域；C5000 系列数字信号处理器具有处理速度快、功耗低、相对成本低等特点，因此，比较适合便携设备、消费类电子设备使用；而 C6000 系列数字信号处理器具有处理速度快、精度高等特点，更适合图像处理及用于通信设备。因此，在系统设计时首先要根据系统的特点进行具体处理器的选择。

2. 算法格式

数字信号处理算法有多种，不同的系统、不同的算法对算法的格式和处理的精度要求也不同。浮点算法是相对较复杂的常规算法，利用浮点数据可以获得较宽的数据动态范围。采用浮点 DSP 设计系统时，一般不需要考虑处理的动态范围和精度，更适合采用高级语言编程，因此，浮点 DSP 比定点 DSP 在软件编写方面更容易，但成本和功耗高。

由于成本、功耗等问题，定点数字信号处理器在实际应用中更为广泛。工程技术人员可以通过分析和算法模拟确定算法的动态范围和精度，然后根据确定的动态范围和精度确定选用 DSP 类型。在采用定点 DSP 实现浮点算法时，要根据确定的动态范围和精度对数据进行合理的定标处理。而且这种处理必须人为地参与，DSP 并不能识别，因此编程相对较难。

3. 系统精度

系统的精度要求直接决定采用浮点还是定点数字信号处理器以及处理器的数据宽度，当然可以采用较低数据宽度的处理器实现高精度的数据处理，比如采用 16 位微处理器实现 64 位的数据处理，但只能通过软件来实现，相应地会增加编程的难度。

4. 处理速度

处理速度是选择 DSP 最重要的因素。DSP 的速度通常用指令周期描述，也可用核心功能（如 FIR 或 IIR 滤波器）的运算时间描述。有些 DSP 采用超长指令字组（VLIW）的结构，在一个周期内可执行多条指令，它与时钟的工作频率有密切关系。

5. 功耗

很多 DSP 用在便携设备中，如手机、PDA、手提式声音播放机等，功耗是这些产品主要考虑的问题。很多处理器供应商降低工作电压，比如 3.3V、2.5V、1.8V，同时增加电源电压管理功能，比如增加睡眠模式，在不用时切断大部分电源和不用外围设备，以降低能量消耗。

6. 性能价格比

在满足设计要求条件下要尽量使用低成本 DSP, 尽管这种 DSP 编程难度很大而且灵活性差。在处理器系列中, 越便宜的处理器功能越少, 片上存储器也越小, 性能也相对较差。不同封装的 DSP 器件价格也存在差别, 如 PQFP 和 TQFP 封装比 PGA 封装便宜得多。

7. 支持多处理器

在某些数据计算量很大的应用中, 经常要求使用多个 DSP。在这种情况下, 多处理器互连和互连性能 (关于相互间通信流量、开销和时间延迟) 成为重要的考虑因素, 如 ADI 的 ADSP-2106x 系列和 TI 公司的 TMS320C6455 等为多处理器系统设计提供了专用硬件。

8. 系统开发的难易程度

对不同的应用来说, 对开发便捷性的要求不一样。对于研究和样机的开发, 一般要求系统工具能便于开发, 因此, 选择 DSP 时需要考虑的因素有软件开发工具 (包括汇编、链接、仿真、调试、编译、代码库以及实时操作系统等部分)、硬件工具 (开发板和仿真器)、高级工具 (如基于框图的代码生成环境) 以及相应的技术支持情况。

1.1.3 DSP 的性能指标

适当了解 DSP 的性能指标, 对 DSP 的选择是非常有益的。

1. 运算速度指标

- MIPS: 百万指令/秒。手册提供的一般是峰值, 设计时要考虑裕量。
- 指令周期: 执行一条指令的时间。
- MOPS: 百万次操作/秒。这是对器件综合性能的描述, 这些操作包括地址计算、DMA 访问、数据传输、I/O 操作等。
- MFLOPS: 百万次浮点操作/秒。如浮点加、减、乘、存储等操作。这是浮点 DSP 的重要指标。手册提供的一般是峰值, 设计时要考虑裕量。
- MAC 时间: 执行一次乘法和加法运算的时间, 大多数 DSP 芯片可以在一个周期内完成。
- FFT/FIR 执行时间: 运行 N 点 FFT (快速傅里叶变换) 或 N 点 FIR (有限脉冲响应) 运算的时间。
- 衡量端口传输速度的指标: Mbit/s。

2. 运算精度

DSP 有定点和浮点两种。定点芯片有 16、24、32 位等, 浮点芯片字长为 32 位或 64 位, 最近, 还产生了 128 位器件。

一般来讲, 浮点器件运算精度比定点器件高。但由于价格差异比较大, 选择多大精度, 要根据实际需要确定。

3. 片内硬件资源

这里包括片内 RAM、ROM 数量, 是否带有外部存储器扩展接口、总线接口、中断、串口等资源是否够用, 外部事件管理器资源需求等。

4. 功耗

根据产品需求, 这是一个必须考虑的问题。比如移动通信设备, 就需要选用功耗低的 C5000 系列产品。

5. 价格

当产品形成大批量并商品化时, 价格就成为非常关键的选择要素。

6. 其他

包括开发调试工具、封装、品质等指标。

1.2 TMS320 系列 DSP

TMS320 系列 DSP 包括定点 DSP、浮点 DSP 和多处理器 DSP (也称 DSPs), 其结构是专门为实时的信号处理设计的。TMS320 系列 DSP 具有以下优良特性:

- 非常灵活的指令集。
- 固有的操作灵活性。
- 高速运行的性能。
- 创新的并行结构。
- 成本效率高。
- 支持 C 语言的友好结构。

1.2.1 TMS320 系列 DSP 的分类

1982 年, 德州仪器公司 (TI) 推出了 TMS320 系列中第一代定点 DSP 产品——TMS320C10。在这一年年末, 《Electronic Product》(《电子产品》) 杂志赠予 TMS320C10 “年度产品” 的称号。TMS320C10 成为后续的 TMS320 系列 DSP 的模型。

今天, TMS320 DSP 系列包括三大 DSP 平台: TMS320C2000、TMS320C5000 和 TMS320C6000。在 C5000 DSP 平台中又包含三代产品: TMS320C5x、TMS320C54x 和 TMS320C55x 系列。此外, 还有专用于视频解码的达芬奇系列, Ti 公司将达芬奇系列定义为数字媒体处理器, 是在 DSP 基础上同 ARM 及其他视频解码功能外设结合起来的一系列处理器, 也可以认为是 TMS320C64x 系列 DSP 的后续扩展。

C5000 DSP 平台中的器件都采用了相同的 CPU 结构, 但结合了不同的片内存储器和外设结构。这些不同的结构满足了世界范围内诸多电子领域的需要。当把存储器、外设和 CPU 结合起来集成到单个芯片上时, 整个系统的费用就大大地降低了, 电路板的体积也减小了。图 1-1 所示为 TMS320 系列 DSP 的演化过程。

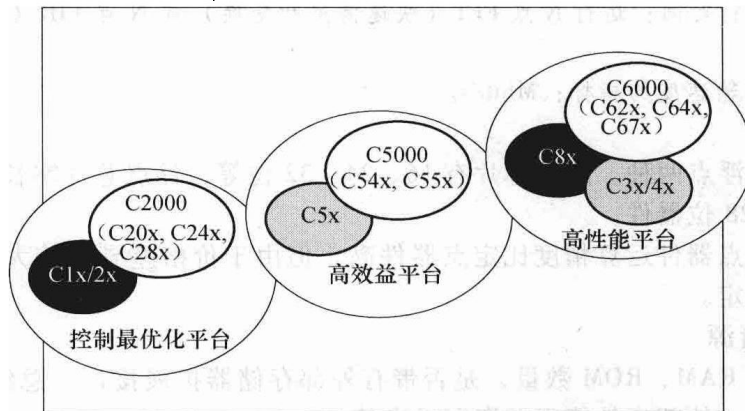


图 1-1 TMS320 系列 DSP 的演化过程

(1) C2000 系列 (定点、控制器)

C20x、F20x、F24x、F24xx、C28x, 该系芯片具有大量外设资源, 如 A/D、定时器、各种串口 (同步和异步), Watchdog、CAN 总线、PWM 发生器、数字 I/O 等。是针对控制应用最佳化的 DSP, 在 TI 所有的 DSP 中, 只有 C2000 有 Flash, 也只有该系列有异步串口可以和 PC 的 UART 相连。处理速度为 20 ~ 150MHz。C2000 系列 DSP 的基本结构及应用如图 1-2 所示。

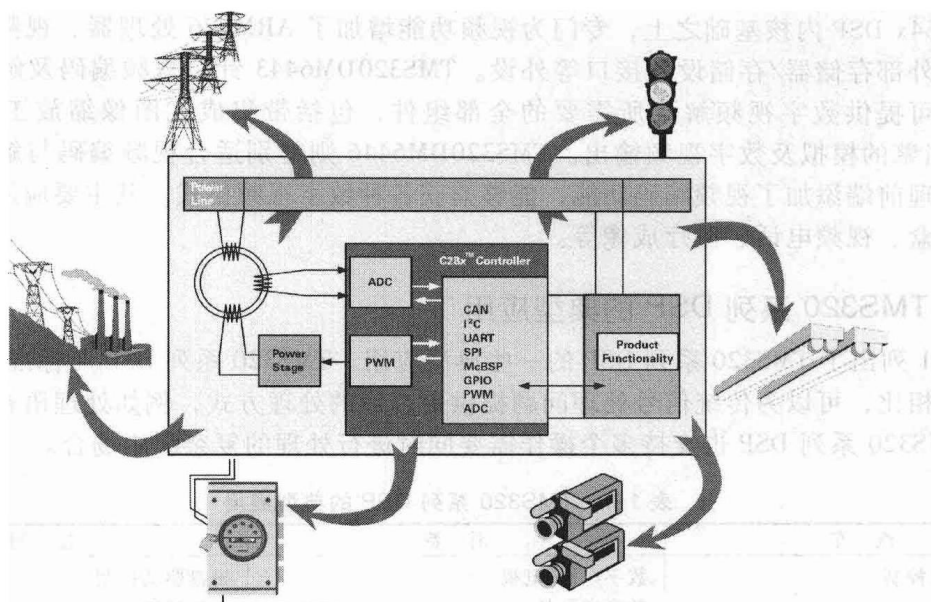


图 1-2 TMS320C2000 系列 DSP 的结构及应用

(2) C5000 系列 (定点、低功耗)

C54x、C54xx、C55x 的主要特点是低功耗，所以最适合便携式设备及无线通信应用，如手机、PDA、GPS 等应用。处理速度在 80 ~ 400MIPS 之间。C54xx 和 C55xx 一般只具有 McBSP 同步串口、HPI 并行接口、定时器、DMA 等外设。值得注意的是 C55xx 提供了 EMIF 外部存储器扩展接口，可以直接使用 SDRAM，而 C54xx 不能直接使用。图 1-3 给出了 TMS320C550x DSP 的外观。

(3) C6000 系列

C62xx、C67xx、C64x。该系列以高性能著称，最适合宽带网络和数字影像应用。速度最高达到 1GHz。其中：C62xx 和 C64x 是定点系列，C67xx 是浮点系列。该系列提供 EMIF 扩展存储器接口。该系列只提供 BGA 封装，只能制作多层 PCB。且功耗较大。同为浮点系列的 C3x 中的 VC33 现在虽非主流产品，但也仍在广泛使用，但其速度较低，最高在 150MIPS。图 1-4 给出了 TMS320C6000 系列 DSP 的外观图及应用。



图 1-3 TMS320C550x DSP 的外观



图 1-4 TMS320C6000 DSP 的外观及应用

(4) 达芬奇系列

达芬奇系列：TMS320DM644x 架构是一款高度集成的片上系统 (SoC)，集成了数字视频所需的许多外部组件，采用了 DSP + ARM 的结构。DM644x 器件建立在 TI 性能卓越的

TMS320C64x DSP 内核基础之上, 专门为视频功能增加了 ARM926 处理器、视频加速器、网络外设及外部存储器/存储设备接口等外设。TMS320DM6443 针对视频编码及解码应用进行了优化, 可提供数字视频解码所需要的全部组件, 包括带集成式图像缩放工具及画中画 (OSD) 引擎的模拟及数字视频输出。TMS320DM6446 则特别适合视频编码与解码, 其专门的视频处理前端添加了视频编码功能, 能够捕获各种数字视频格式。其主要应用为网络照相机、机顶盒、视频电话、医疗成像等。

1.2.2 TMS320 系列 DSP 的典型应用

表 1-1 列出了 TMS320 系列 DSP 的一些典型应用。TMS320 系列 DSP 与标准的微处理器/微控制器相比, 可以为传统信号处理问题提供更合适的处理方式, 例如处理语音合成和滤波问题。TMS320 系列 DSP 也支持多个操作需要同时进行处理的复杂应用场合。

表 1-1 TMS320 系列 DSP 的典型应用

汽车	消费	控制
自适应车速控制 防滑刹车 引擎控制 导航和全球定位 振动分析 语音命令 防撞雷达	数字广播/电视 教育类玩具 音乐合成器 寻呼机 动力工具 雷达检测器 固态应答机	磁盘驱动控制 引擎控制 激光打印机控制 电动机控制 机器人控制 伺服系统控制
通用	图形/图像	工业
自适应滤波 卷积 相关 数字滤波 快速傅里叶变换 希尔伯特变换 波形产生 开窗口	3-D 旋转 动画/数字地图 同态处理 图像 压缩/传输 图像增强 模式识别 机器人视觉 工作站	数字控制 电力线监控 机器人技术 安全访问
仪器	医疗	军事
数字滤波 函数发生器 模式匹配 锁相环 地震信号处理 谱分析 瞬态分析	诊断设备 胎儿监测 助听器 病人监测 修复术 超频音响设备	图像处理 导弹制导 导航 雷达处理 射频调制解调器 保密通信 声纳处理
电信		语音
1200 ~ 33 600bit/s 调制解调器 自适应均衡器 ADPCM 代码转换器 蜂窝电话 信道多路复用 数据编码 数字交换机 数字语音内插 (DSI) DTMF 编码/解码 回波消除	传真 线路中继器 个人通信系统 (PCS) 个人数字辅助系统信道 (PDA) 扬声器电话 扩频通信 视频会议 X.25 包交换	扬声器检验 语音增强 语音识别 语音综合 语音合成 文本/语音转换 音频邮件

1.3 实践拓展

DSP 技术发展趋势呈现以下 5 个特点。

1. 内核结构进一步改善

多通道结构和单指令多重数据 (SIMD)、特大指令字组 (VLIM) 将在新的高性能处理器中将占主导地位, 如 Analog Devices 的 ADSP-2116x。

2. DSP 和微处理器的融合

微处理器是低成本的, 主要执行智能定向控制任务的通用处理器能很好执行智能控制任务, 但是数字信号处理功能很差。而 DSP 的功能正好与之相反。在许多应用中均需要同时具有智能控制和数字信号处理两种功能, 如数字蜂窝电话就需要监测和声音处理功能。因此, 把 DSP 和微处理器结合起来, 用单一芯片的处理器实现这两种功能, 将加速个人通信设备、智能电话、无线网络产品的开发, 同时简化设计, 减小 PCB 体积, 降低功耗和整个系统的成本。例如, 有多个处理器的 Motorola 公司的 DSP5665x、有协处理器功能的 Massan 公司的 FILU-200、把 MCU 功能扩展成 DSP 和 MCU 功能的 TI 公司的 TMS320C27xx 以及 Hitachi 公司的 SH-DSP, 都是 DSP 和 MCU 融合在一起的产品。互联网和多媒体的应用需求将进一步加速这一融合过程。

3. DSP 和高档 CPU 的融合

大多数高档 GPP 如 Pentium 和 PowerPC 都是 SIMD 指令组的超标量结构, 速度很快。LSI Logic 公司的 LSI401Z 采用高档 CPU 的分支预示和动态缓冲技术, 结构规范, 利于编程, 不用担心指令排队, 使得性能大幅度提高。Intel 公司涉足数字信号处理器领域将会加速这种融合。

4. DSP 和 SOC 的融合

SOC (System-On-Chip) 是指把一个系统集成在一块芯片上。这个系统包括 DSP 和系统接口软件等。比如 Virata 公司购买了 LSI Logic 公司的 ZSP400 处理器内核使用许可证, 将其与系统软件如 USB、10BASET、以太网、UART、GPIO、HDLC 等一起集成在芯片上, 应用在 xDSL 上, 获得了很好的经济效益。

5. DSP 和 FPGA 的融合

FPGA 是现场编程门阵列器件。它和 DSP 集成在一块芯片上, 可实现宽带信号处理, 大大提高信号处理速度。Xilinx 公司的 Virtex-II FPGA 对快速傅里叶变换 (FFT) 的处理可提高 30 倍以上。它的芯片中有自由的 FPGA 可供编程。Xilinx 公司开发出一种称作 Turbo 卷积编译码器的高性能内核。设计者可以在 FPGA 中集成一个或多个 Turbo 内核, 它支持多路大数据流, 以满足 3G 无线基站和手机的需要, 同时大大节省开发时间, 使功能的增加或性能的改善变得非常容易。因此, 在无线通信、多媒体等领域将有广泛应用。

1.4 思考与练习

1. 什么是 DSP 芯片? DSP 芯片与单片机有哪些不同?
2. 什么是定点 DSP 芯片和浮点 DSP 芯片? 各有什么特点?
3. 简述 TMS320C2000、TMS320C5000、TMS320C6000 的特点和应用领域。