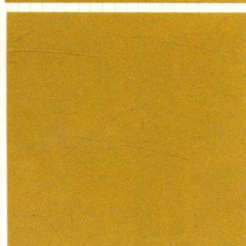
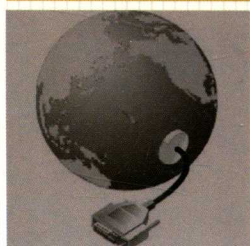
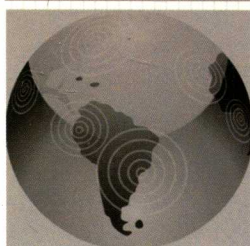
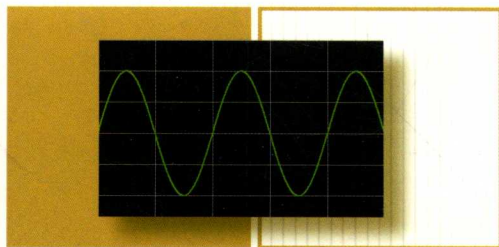




北京农业职业学院教材出版基金资助

嵌入式 DSP 原理及应用



曲爱玲 主编

Qianrushu DSP Yuanli ji Yingyong



中国农业大学出版社

CHINA AGRICULTURAL UNIVERSITY PRESS

内容简介

北京农业职业学院教材出版基金资助

嵌入式 DSP 原理及应用

中国农业大学出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书共分 10 章,第 1 章主要介绍数字信号处理概述;第 2 章主要介绍 TMS320C54x DSP 硬件结构;第 3 章主要介绍 TMS320C54x DSP 软件开发;第 4 章主要介绍 CCS 集成开发环境;第 5 章主要介绍 TMS320C54x DSP 的数据寻址方式;第 6 章主要介绍 TMS320C54x 汇编指令集(配指令应用实例);第 7 章主要介绍 TMS320C54x 片内外设及应用实例;第 8 章主要介绍自举加载;第 9 章主要介绍 TMS320C54x 最小的 CPU 系统设计;第 10 章主要介绍 TMS320C54x DSP 应用设计实例。本书适合高等职业院校、本科院校、DSP 产品开发人员学习和参考。

嵌入式 DSP 原理及应用 920 为人翔

图书在版编目(CIP)数据

嵌入式 DSP 原理及应用/曲爱玲主编. —北京:中国农业大学出版社,2014. 5
ISBN 978-7-5655-0921-6

I. ①嵌… II. ①曲… III. ①数字信号处理 IV. ①TN911. 72

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 049786 号

书 名 嵌入式 DSP 原理及应用

作 者 曲爱玲 主编

策划编辑 伍 斌 陈 阳

封面设计 郑 川

出版发行 中国农业大学出版社

社 址 北京市海淀区圆明园西路 2 号

电 话 发行部 010-62818525,8625

编辑部 010-62732617,2618

网 址 <http://www.cau.edu.cn/caup>

经 销 新华书店

印 刷 北京时代华都印刷有限公司

版 次 2014 年 7 月第 1 版 2014 年 7 月第 1 次印刷

规 格 787×1092 16 开本 32 印张 793 千字

定 价 66.00 元

责任编辑 陈 阳

责任校对 陈莹 王晓凤

邮政编码 100193

读者服务部 010-62732336

出 版 部 010-62733440

e-mail cbsszs @ cau.edu.cn

图书如有质量问题本社发行部负责调换

编审人员

主 编 曲爱玲(北京农业职业学院)

副主编 刘红梅(北京农业职业学院)
司继播(北京精仪达盛科技有限公司)

参 编 王官云(北京农业职业学院)
韩如坤(烟台汽车工程职业学院)
王亚军(内蒙古化工职业学院)

主 审 迟利刚(北京航天捷越科技有限公司)

前言

DSP(Digital Signal Processor)自问世以来,发展迅速,应用领域非常广泛,涉及的领域有图像处理、自动控制、通信技术、语音处理、网络设备、医疗设备、仪器仪表、家用电器等领域;DSP 为数字信号处理提供了高效而可靠的硬件基础。其中,TI(美国德州仪器)公司的 DSP 应用最为广泛,TI 公司 DSP 的主流产品包括 TMS320C2000 系列、TMS320C5000 系列、TMS320C6000 系列。本书结合作者多年企业 TMS320C5000 系列 DSP 产品研发、DSP 技术培训及 DSP 高职教学经验进行编写,理论→应用→案例→设计的编写思想,便于读者快速掌握 DSP 技术及相关产品开发流程。

本书共分 10 章,第 1 章主要介绍数字信号处理概述;第 2 章主要介绍 TMS320C54x DSP 硬件结构;第 3 章主要介绍 TMS320C54x DSP 软件开发;第 4 章主要介绍 CCS 集成开发环境;第 5 章主要介绍 TMS320C54x DSP 的数据寻址方式;第 6 章主要介绍 TMS320C54x 汇编指令集(配指令应用实例);第 7 章主要介绍 TMS320C54x 片内外设及应用实例;第 8 章主要介绍自举加载;第 9 章主要介绍 TMS320C54x 最小的 CPU 系统设计;第 10 章主要介绍 TMS320C54xDSP 应用设计实例。其中,第 1~2 章由王官云编写,第 3~4 章由司继播编写,第 5~6 章及第 9~10 章由曲爱玲编写,第 7 章 1~4 节由刘红梅编写;第 7 章 5~8 节由王亚军编写;第 8 章由韩如坤编写。本书各部分内容充实、全面,是一本适合高等职业院校、本科院校、DSP 产品开发人员学习和参考的实用教程。

本书由北京农业职业学院曲爱玲担任主编,北京农业职业学院刘红梅、北京精仪达盛科技有限公司司继播担任副主编,北京农业职业学院王官云、烟台汽车工程职业学院韩如坤、内蒙古化工职业学院王亚军参与编写,北京农业职业学院嵌入式技术与应用专业 1111 级赖丽莎和冯乐同学参与了部分文字录入工作。全书由曲爱玲负责统稿,北京航天捷越科技有限公司技术总监迟利刚工程师负责审稿。本书为北京农业职业学院教材出版基金资助项目,感谢北京农业职业学院领导对编写本书的大力支持,感谢北京精仪达盛科技有限公司毕才术总经理、北京经理高晓慧对编写本书的帮助,感谢北京精仪达盛科技有限公司提供的硬件平台支持。

由于时间有限,本书不足之处在所难免,恳请广大读者批评指正。

编 者

目 录

第 1 章 数字信号处理概述	1
1.1 数字信号处理概述	1
1.1.1 数字信号处理系统构成	1
1.1.2 数字信号处理的实现	2
1.1.3 数字信号处理的特点	2
1.2 数字信号处理器	3
1.2.1 DSP 芯片分类	5
1.2.2 TI 公司 DSP 产品	6
1.2.3 DSP 芯片特点	7
1.2.4 DSP 芯片应用	8
1.2.5 DSP 系统设计过程	9
1.3 TMS320C54x 引脚及说明	10
第 2 章 TMS320C54x DSP 硬件结构	14
2.1 TMS320C54x DSP 的特性	14
2.2 TMS320C54x DSP 的硬件功能框图	15
2.3 TMS320C54x DSP 的内部硬件结构	16
2.4 TMS320C54x DSP 的总线结构	18
2.3 TMS320C54x DSP 存储器	19
2.3.1 存储器概述	19
2.3.2 程序存储器	21
2.3.3 数据存储器	22
2.3.4 I/O 存储器	24
2.4 中央处理单元(CPU)	24
2.4.1 算术逻辑单元(ALU)	25
2.4.2 累加器	26
2.4.3 桶形移位器	26
2.4.4 乘法器/加法器单元	26
2.4.5 比较、选择和存储单元(CSSU)	28
2.4.6 指数编码器	28
2.4.7 CPU 状态和控制寄存器	29

第3章 TMS320C54x DSP 软件开发	34
3.1 软件开发过程及开发工具	34
3.2 公共目标文件格式	36
3.2.1 COFF 文件的基本单元——段	37
3.2.2 汇编器对段的处理	37
3.2.3 链接器对段的处理	39
3.2.4 重新定位	40
3.2.5 程序装入	41
3.2.6 COFF 文件中的符号	41
3.3 常用汇编伪指令	41
3.4 链接器命令文件的编写与使用	44
3.4.1 MEMORY 伪指令及其使用	44
3.4.2 SECTIONS 伪指令及其使用	45
3.5 TMS320C54x DSP 汇编语言程序编写方法	46
3.5.1 汇编语言源程序格式	46
3.5.2 汇编语言中的常数和字符串	46
3.5.3 汇编源程序中的符号	47
3.5.4 汇编源程序中的表达式	48
3.6 TMS320C54x DSP C 语言编程编写方法	50
3.6.1 存储器模式	50
3.6.2 寄存器规则	50
3.6.3 函数调用规则	51
3.6.4 中断处理	51
3.6.5 表达式分析	52
3.7 TMS320C54x DSP 混合编程方法	52
3.7.1 独立的 C 模块和汇编模块接口	52
3.7.2 从 C 程序中访问汇编程序变量	52
3.7.3 在 C 程序中直接嵌入汇编语句	53
第4章 CCS 集成开发环境	54
4.1 CCS 系统安装与设置	56
4.1.1 CCS 系统安装	56
4.1.2 设备驱动程序安装	59
4.2 CCS 菜单和工具栏	61
4.2.1 菜单	62
4.2.2 工具栏	69
4.3 CCS 中的编译器、汇编器和链接器选项设置	72
4.3.1 编译器、汇编器选项	72

4.3.2 链接器选项	73
4.4 用 CCS 开发简单的程序	75
4.5 在 CCS 中读取数据和数据的图形显示	77
4.5.1 数据载入与导出	77
4.5.2 图形显示	78
第 5 章 TMS320C54x 的数据寻址方式	80
5.1 立即寻址	81
5.2 绝对寻址	81
5.2.1 数据存储器地址(dmad)寻址	81
5.2.2 程序存储器地址(pmad)寻址	82
5.2.3 端口地址(PA)寻址	82
5.2.4 长立即数 * (lk)寻址	82
5.3 累加器寻址	83
5.4 直接寻址	83
5.4.1 DP 直接寻址	84
5.4.2 SP 直接寻址	84
5.5 间接寻址	84
5.5.1 单操作数寻址	84
5.5.2 双操作数寻址	88
5.6 存储器映象寄存器寻址	90
5.7 堆栈寻址	90
第 6 章 TMS320C54x 汇编指令集	92
6.1 指令系统中的符号和缩写	92
6.2 指令系统	95
6.2.1 算术运算指令集	95
6.2.2 逻辑运算指令集	175
6.2.3 程序控制指令集	201
6.2.4 加载和存储指令集	220
第 7 章 TMS320C54x 片内外设及应用实例	289
7.1 时钟发生器	289
7.1.1 硬件配置 PLL	289
7.1.2 软件可编程 PLL	290
7.1.3 时钟发生器配置实例	293
7.2 通用 I/O	293
7.2.1 分支转移控制输入引脚($\overline{\text{BIO}}$)	293
7.2.2 外部标志输出引脚(XF)	293
7.2.3 其他 IO 引脚	294

7.2.4 标准 IO 引脚使用实例	294
7.3 中断	295
7.3.1 中断分类	295
7.3.2 中断寄存器	298
7.3.3 中断操作流程	300
7.3.4 重新映象中断向量地址	302
7.3.5 中断配置实例	303
7.4 定时器	307
7.4.1 定时器工作原理	307
7.4.2 定时器寄存器	308
7.4.3 定时器应用案例	309
7.5 多通道缓冲串口(McBSP)	313
7.5.1 McBSP 特性	313
7.5.2 McBSP 内部结构及工作原理	313
7.5.3 McBSP 寄存器	314
7.5.4 McBSP 的 SPI 模式	329
7.5.5 多通道缓冲串口应用实例	332
7.6 DMA	338
7.6.1 DMA 特性介绍	338
7.6.2 DMA 寄存器介绍	338
7.6.3 DMA 的工作方式	346
7.6.4 DMA 的中断	347
7.6.5 DMA 应用实例	347
7.7 主机接口(HPI)	353
7.7.1 HPI 接口的基本功能	354
7.7.2 HPI 控制寄存器和接口信号	355
7.7.3 HPI 接口与主机的连接	355
7.7.4 HPI 与主机的数据传输	358
7.8 外部总线操作	359
7.8.1 软件等待状态发生器	359
7.8.2 可编程分区切换逻辑	360
第 8 章 自举加载	362
8.1 TMS320C54x DSP 自举加载	362
8.2 自举加载方式分类	363
8.2.1 主机接口(HPI)引导方式	365
8.2.2 串行 EEPROM 引导方式	366
8.2.3 并行引导方式	367

8.2.4 标准串口引导方式	367
8.2.5 I/O 引导方式	370
第 9 章 TMS320C54x 最小的 CPU 系统设计	372
9.1 设计要点	372
9.2 TMS320C54x 最小的 CPU 系统硬件原理设计	373
9.2.1 电源电路设计	374
9.2.2 时钟电路设计	376
9.2.3 复位电路设计	377
9.2.4 JTAG 仿真接口设计	378
9.2.5 FLASH 存储器接口设计	378
9.2.6 逻辑译码电路	379
9.2.7 部分关键引脚处理	381
9.2.8 未用引脚处理	382
9.3 硬件调试	383
9.3.1 硬件调试	383
9.3.2 软件调试	385
第 10 章 TMS320C54x DSP 应用设计实例	398
10.1 EL-DSP-E300 型 DSP 实验平台整体设计与实现	398
10.1.1 EL-DSP-E300 型 DSP 实验平台研究背景	398
10.1.2 EL-DSP-E300 型 DSP 实验平台硬件设计	398
10.1.3 EL-DSP-E300 型 DSP 实验平台软件设计	401
10.1.4 EL-DSP-E300 型 DSP 实验平台调试	404
10.1.5 结论	404
10.2 EL-DSP-E300 型 DSP 实验平台具体硬件单元设计与实现	405
10.2.1 AD 接口电路设计与实现	405
10.2.2 DA 接口电路设计与实现	413
10.2.3 语音接口电路设计与实现	419
10.2.4 USB 接口电路设计与实现	441
10.2.5 LCD 接口电路设计与实现	461
10.2.6 键盘接口电路设计与实现	491
参考文献	499

第 1 章 数字信号处理概述

本章主要介绍数字信号处理的基本概念、DSP 处理器的基本结构、特点及 DSP 的应用领域。使读者对 DSP 处理器有初步的认识和了解。

1.1 数字信号处理概述

21 世纪是数字化的时代,数字信号处理成为这个时代的核心技术之一,数字信号处理(Digital Signal Processing,简称 DSP)是一门涉及多学科并广泛应用于许多科学和工程领域的新兴学科。数字信号处理是利用计算机或专用处理设备,以数字的形式对信号进行分析、采集、合成、变换、滤波、估算、识别等加工处理,以便提取有用的信息并进行有效的传输与应用。与模拟信号处理相比,数字信号处理具有精准、灵活、抗干扰能力强、可靠性高、体积小、易于大规模集成等优点。

DSP 可以代表数字信号处理技术(Digital Signal Processing),也可以代表数字信号处理器(Digital Signal Processor),两者是不可分割的。DSP 技术是理论和计算方法上的技术,DSP 是指实现这些技术的通用或专用可编程微处理器芯片。

随着 DSP 芯片的快速发展和广泛应用,DSP 已经被大家公认为是数字信号处理器的代名词。进入 20 世纪 60 年代以来,随着计算机和信息技术的飞速发展,有力地推动和促进了数字信号处理技术的发展进程,尤其是近 20 多年时间里,DSP 技术已经在通信领域里得到极为广泛的应用和发展。

1.1.1 数字信号处理系统构成

图 1-1 是一个典型的 DSP 系统框图。首先输入信号要进行滤波和采样,然后再进行 A/D (Analog to Digital)模数转换,就是将模拟信号转换为数字信号。DSP 的输入是 A/D 转换后得到的数字信号,DSP 对输入的信号进行数字处理,数字信号处理是核心部件,通常是采用 DSP 芯片,经过处理后的数字值再经 D/A(Digital to Analog)数模转换,将数字信号转变成成为模拟信号,最后在输出端得到平滑的模拟信号,用于驱动功率器件或其他元件。

下面给出是一个典型的 DSP 系统模型,并不是所有的 DSP 系统都必须具有模型中的所有部件和处理过程。如有些输入信号本身就是数字信号了,就不必在对其进行模数转换了。

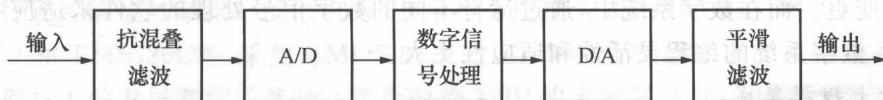


图 1-1 典型的数字信号处理系统

1.1.2 数字信号处理的实现

信号处理需要及时快速完成和处理指定进程,需要有很强的计算能力来完成复杂算法。数字信号处理主要有以下几种实现方法:

1. 在通用的微型机上用软件来实现

在微型机上可以利用软件来实现,这种方法通常速度较慢,难于实现实时信号处理及嵌入式应用,一般用于教学和仿真技术。如 MATLAB 几乎可以实现所有的数字信号处理算法的仿真。

2. 利用单片机(如 MCS-51、96 系列等)来实现

利用普通的单片机来实现,这种方法的优点是成本低廉,缺点是速度慢和性能差。

3. 利用特殊用途的 DSP 芯片来实现

采用特殊用途的 DSP 芯片来实现,可用于 FFT 运算、FIR 滤波的专用芯片,这种方法的优点是速度快,可用于速度快的实时处理的应用,缺点是灵活性比较差。

4. 利用专门用于信号处理的通用 DSP 芯片来实现

采用通用 DSP 芯片来实现,通用 DSP 芯片以高速计算为目标进行芯片设计,如可采用改进的哈佛结构、内部有硬件乘法器、使用流水线结构,具有良好的并行性,有适用于专门的数字信号处理的指令,既有灵活性,又具有一定的处理能力和处理速度,便于嵌入式应用和开发, DSP 芯片的问世及飞速发展,为数字信号处理技术广泛地应用于工程实际提供了可能。

5. 用 FPGA/CPLD 用户可编程器件来实现

与专用的 DSP 芯片一样,是采用硬件完成数字信号处理运算的,优点是速度快,缺点是无可编程能力,无自适应信号处理能力,只是适应某些单一的运算处理。

1.1.3 数字信号处理的特点

数字系统具有如下特点:

1. 精度高

在模拟系统中,它的精度是由元器件决定的,一般模拟元器件的精度很难达到 10^{-3} 以上。而数字系统中,精度是与 A/D 转换的位数、计算机的字长相关,一般 17 位的字长就可以达到 10^{-5} 的精度,在高精度的数字系统中,一般只能采用精度高的数字系统。

2. 可靠性高、稳定性好

模拟系统各参数都有一定的温度系数,容易受到环境条件,如温度、振动、电磁感应等影响,产生杂散效应甚至震荡等。数字系统只有两个信号电平 0、1,所以受噪声及环境条件等影响较小,所以数字系统的可靠性更高,稳定性也更好。

3. 接口和编程灵活性大

在模拟系统中,当需要改变系统的应用时,不得不重新来修改硬件设计或调整硬件参数来实现系统的变更。而在数字系统中,通过运行不同的数字信号处理的软件来适应和调整不同的应用需要,数字系统的编程灵活性和适应性更大。

4. 易于大规模集成

数字系统的部件由于高度的规范性,对电路参数要求不严,因而便于大规模集成、大规模的生产和应用,特别是 DSP 器件,其体积小,功能强,一致性好,使用起来方便,并且性价比较

高,易于大规模集成。

5. 可获得高性能指标

例如,模拟频谱仪在频率低端只能分析到 10 Hz 以上的频率,并且很难做到高分辨率。但是在数字的谱分析中,已经能够做到 10^{-3} Hz 的谱分析。这在模拟系统中是很难达到的高性能指标。

除了上述的特点,数字信号处理也有一些局限性:如数字系统的速度还不算高,所以不能处理频率很高的信号;在模拟系统中,除了电路引入的延时外,一般处理都是实时的,而数字系统处理速度是由选用的微处理器的速度和性能决定;现实中的信号大多数是模拟信号,所以用数字信号处理系统来处理模拟信号需要将模拟信号转换为数字信号(A/D 转换),经过数字信号处理后再转换为模拟信号(D/A 转换)。

1.2 数字信号处理器

DSP,通常也称数字信号处理器,是一种特别适合进行数字信号处理运算的微处理器。主要用于实时快速实现各种数字信号处理的算法。在 20 世纪 80 年代以前,由于受到实现方法上的限制,数字信号处理的理论还得不到广泛的应用,直到 20 世纪 80 年代初期,世界上第一块单片可编程 DSP 芯片的诞生,才使得理论研究的成果广泛地应用到实际的应用系统中,不断地推动新的理论和应用,近 20 年来 DSP 芯片的发展和应用,对通讯、计算机、控制等领域的技术发展起到了十分重要的作用。

1. DSP 芯片的发展历史

DSP 芯片诞生于 20 世纪的 70 年代末,现在已经得到飞速的发展和广泛应用,DSP 芯片经历了以下的 3 个阶段。

第一阶段,DSP 的雏形阶段。1978 年 AMI 公司生产出第一片 DSP 芯片 S2811。1979 年美国的 Intel 公司发布了商用的可编程 DSP 器件 Intel 2920,由于该器件内部没有单周期的硬件乘法器,芯片的运算速度、数据处理能力、运算的精度均受到很大的限制,运算速度为单指令周期 200~250 ns,应用领域仅仅局限在军事或航空航天等部门。1980 年,日本的 NEC 公司推出了 μ PD7720,这是第一片具有硬件乘法器的商用 DSP 芯片。1982 年,TI 公司成功地推出第一代 DSP 芯片 TMS32010 及其系列的产品 TMS32011、TMS320C10/C14/C15/C16/C17。日本 Hitachi 公司第一个推出采用 CMOS 工艺生产的浮点 DSP 芯片。1983 年,日本的 Fujitsu 公司推出的 MB8764 芯片,指令周期为 120 ns,具有双内部总线,使数据吞吐量发生了一个大的飞跃。1984 年,AT&T 公司推出了 DSP32,是较早的具备较高性能的浮点 DSP 芯片。

第二阶段,DSP 的成熟阶段(1990 年前后)。DSP 的硬件结构更适合数字信号处理的要求,能够进行硬件乘法和单指令滤波处理,其单指令周期为 80~100 ns。例如,TI 公司生产的 TMS320C20 和 TMS320C30,采用 CMOS 的工艺,存储容量和运算速度成倍提高,为语音处理、图像处理技术的发展奠定了基础。这个时期 DSP 的主要器件有:TI 公司的 TMS320C20、30、40、50 系列, Motorola 公司的 DSP5600、9600 系列, AT&T 公司的 DSP32。

第三阶段,DSP 的完善阶段(2000 年前后)。这个时期 DSP 芯片的信号处理能力更加完

善,并且系统开发和维护更加便利,程序编辑和调式更加的灵活、DSP 芯片功耗进一步降低、成本不断下降。厂家将各种通用外设集成到芯片上,大大地提高了数字信号处理能力。DSP 芯片的运算速度可达到单指令周期 10 ns 左右,可在 Windows 下用 C 语言进行编程,使用方便灵活,DSP 芯片不仅在通信、计算机领域得到广泛的应用,也迅速地渗透到我们日常的生活领域中来。

现在,DSP 芯片的发展非常迅速。硬件方面主要是向多处理器的并行处理结构、便于外部数据交换的串行总线传输、大容量片上 RAM 和 ROM、程序加密、增加 I/O 驱动能力、外围电路内装化、低功耗等方面发展。软件方面主要是综合开发平台的完善,使 DSP 的应用开发更加灵活方便。现在 DSP 芯片拥有强大高效的指令、支持高速的数据互联、日益丰富的片上资源、高效的开发工具等特性。

2. DSP 芯片的发展现状

(1)芯片制造工艺 现在已经普遍采用 0.25 μm 或 0.18 μm 亚微米的 CMOS 工艺。DSP 芯片的引脚从原来的 40 个增加到 200 个以上,需要设计的外围电路越来越少,DSP 芯片的体积、成本、功耗等均不断地下降。

(2)存储器的容量 芯片的片内程序和数据的存储器可达到几十 K 字,而片外程序存储器和数据存储器的容量可达到 16M $\times$ 48 位和 4G $\times$ 40 位以上的容量。

(3)内部结构 芯片内部多采用多总线、多处理单元和多级流水线结构,加上完善的接口功能,使得 DSP 的系统功能、数据处理能力和外部设备的通信功能都有了很大提升。

(4)运算速度 芯片的指令周期从 400 ns 缩短到 10 ns 以下,其相应的速度从 2.5 MIPS 提高到 2 000 MIPS 以上。如 TMS320C6201 执行一次 1 024 点复数 FFT 运算的时间只有 66 μs 。

(5)集成度高 集滤波、A/D、D/A、ROM、RAM 和 DSP 内核于一体的模拟混合式的 DSP 芯片技术已有较大的发展和广泛的应用。

(6)运算精度和动态范围 DSP 的字长从 8 位已经增加到 32 位字长,累加器的长度也增加到 40 位,从而大大地提高了运算的精度,采用超长指令字(VLIW)结构和高性能的浮点运算,也扩大了数据处理的动态范围。

(7)开发工具 拥有比较完善的软件和硬件开发工具,如软件仿真器 Simulator、在线仿真器 Emulator、C 编译器和集成开发环境 CCS 等,给开发和应用带来很大的方便。CCS 是 TI 公司针对本公司的 DSP 产品开发的集成开发环境。CCS 集成了代码的编辑、编译、链接、调试等诸多的开发功能,可以支持 C/C++ 和汇编的混合编程。CCS 开放式的结构可以方便地外扩展到用户自身的模块。

3. DSP 技术的发展趋势

(1)DSP 的内核结构将进一步得到改善 可采用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占主导地位,如 AD 公司的 ADSP-2116x。

(2)DSP 和微处理器 MPU 的融合 微处理器 MPU 是一种执行智能定向控制任务的通用处理器,它能够很好地执行智能控制任务,但是对数字信号的处理功能很差,DSP 处理器具有高速的数字信号处理能力,在实际应用中大多需要同时具有智能控制和数字信号处理两种功能。因此,将 DSP 和微处理器结合起来,可以简化设计,加快产品的开发,减小 PCB 的体积,降低功耗和系统的成本。

(3)DSP 和高档 CPU 的融合 大多数高档 MCU,如 Pentium 和 Power PC 都是 SIMD 指

令组的超标量结构,速度很快,在 DSP 中融入高档 CPU 的分支预示和动态缓冲技术,结构规范,利于编程,不用进行指令的排队,使得 DSP 的性能大幅度的提高。

(4)DSP 和 FPGA 的融合 FPGA 是现场可编程门阵列器件。FPGA 和 DSP 集成在一块芯片上,可以实现宽带信号处理,大大地提高信号处理的速度。

(5)DSP 和 SOC 的融合 SOC 是指将一个系统集成在一块芯片上,该系统包括 DSP 和系统接口软件等。

(6)实时操作系统 RTOS 与 DSP 的结合 随着 DSP 的处理能力不断增强,DSP 的系统越来越复杂,使得软件的规模也越来越大,系统往往需要运行多个任务,各个任务间的通信、同步等问题就将变得越来越突出,随着 DSP 的性能和功能的日益提升,对 DSP 应用提供 RTOS 的支持已经成为必然的结果。

(7)DSP 的并行处理结构 为了提高 DSP 芯片的运算速度,各 DSP 厂商也纷纷在 DSP 芯片上引入并行处理机制。并行处理可以在同一时刻,将不同的 DSP 与不同的任何一个存储器连通,可以大大地提高数据传输的速率。

(8)DSP 功耗越来越低 随着超大规模集成电路技术和先进的电源管理设计技术的发展,DSP 芯片的内核电源电压和功耗将会越来越低。

1.2.1 DSP 芯片分类

DSP 芯片可以按照以下 3 种方式进行分类。

1. 按基础特性划分

这种分类是依据 DSP 芯片的工作时钟和指令类型进行分类。可分为静态 DSP 芯片和一致性 DSP 芯片。

如果在某时钟频率范围内的任何时钟频率上,DSP 芯片都能正常工作,除计算速度有变化外,没有性能的下降,这类 DSP 芯片一般称为静态 DSP 芯片。例如,日本 OKI 电气公司的 DSP 芯片、TI 公司的 TMS320C2XX 系列芯片属于这一种类。

如果有两种或两种以上的 DSP 芯片,它们的指令集和相应的机器代码及管脚结构相互兼容,则这类 DSP 芯片被称之为一致性的 DSP 芯片。例如,TI 公司的 TMS320C54x。

2. 按数据格式划分

这是根据 DSP 芯片工作的数据格式来进行分类的。数据以定点格式工作的 DSP 芯片称为定点 DSP 芯片,如 TI 公司的 TMS320C1X/C2X、TMS320C2XX/C5X、TMS320C54X/C62XX 系列,AD 公司的 ADSP21XX 系列,AT&T 公司的 DSP16/16A, Motorola 公司的 MC56000 等。以浮点格式工作的称为浮点 DSP 芯片,如 TI 公司的 TMS320C3X/C4X/C8X, AD 公司的 ADSP21XXX 系列,AT&T 公司的 DSP32/32C, Motorola 公司的 MC96002 等。

不同浮点 DSP 芯片所采用的浮点格式不完全一样,有的 DSP 芯片采用自定义的浮点格式,如 TMS320C3X,而有的 DSP 芯片则采用 IEEE 的标准浮点格式,如 Motorola 公司的 MC96002、FUJITSU 公司的 MB86232 和 ZORAN 公司的 ZR35325 等。

3. 按用途划分

按照用途来分类,可将 DSP 芯片分为通用型和专用型两大类。通用型 DSP 芯片:一般是指可以用指令编程的 DSP 芯片,适合于普通的 DSP 应用,具有可编程性和强大的处理能力,可完成复杂的数字信号处理的算法;如 TI 公司的一系列 DSP 芯片属于通用型 DSP 芯片。专

用型 DSP 芯片:是为特定的 DSP 运算而设计制作,通常只针对某一种应用,相应的算法由内部硬件电路实现,适合于数字滤波、FFT、卷积和相关算法等特殊的运算和应用。主要用于要求信号处理速度极快的特殊场合。如 Motorola 公司的 DSP56200,Zoran 公司的 ZR34881,Inmos 公司的 IMSA100 等就属于专用型 DSP 芯片。

1.2.2 TI 公司 DSP 产品

德州仪器(Texas Instruments),简称 TI,是全球领先的半导体公司,为现实世界的信号处理提供创新的数字信号处理(DSP)及模拟器件技术。TI 公司的 TMS320 系列 DSP 是通用 DSP 芯片的代表。TMS320 系列 DSP 包括定点、浮点、多处理器 DSP 和定点 DSP 控制器。TMS320 系列 DSP 的体系结构是专为实时信号处理而设计,该系列 DSP 控制器将实时处理能力和控制器外设功能集于一身,为控制系统应用提供了一个理想的解决方案。

TMS320 系列 DSP 具有如下特性:

(1)非常灵活的指令集。

(2)内部操作的灵活性。

(3)高速运算能力。

(4)改进的并行结构。

(5)低功耗。

(6)面向 C 语言的软件系统。

TI 公司三大主流 DSP 产品系列中 C2000(LF24x、F28x、F28335)系列主要用于控制领域;C5000(C54x、C55x)系列主要用于低功耗、便携的无线通信终端产品;C6000 系列主要用于高性能复杂的通信系统。目前,TI 公司的 DSP 产品涉及达芬奇、OMAP 等系列,产品从单核向双核发展。TI 公司主要 TMS320 系列 DSP 产品如图 1-2 所示。

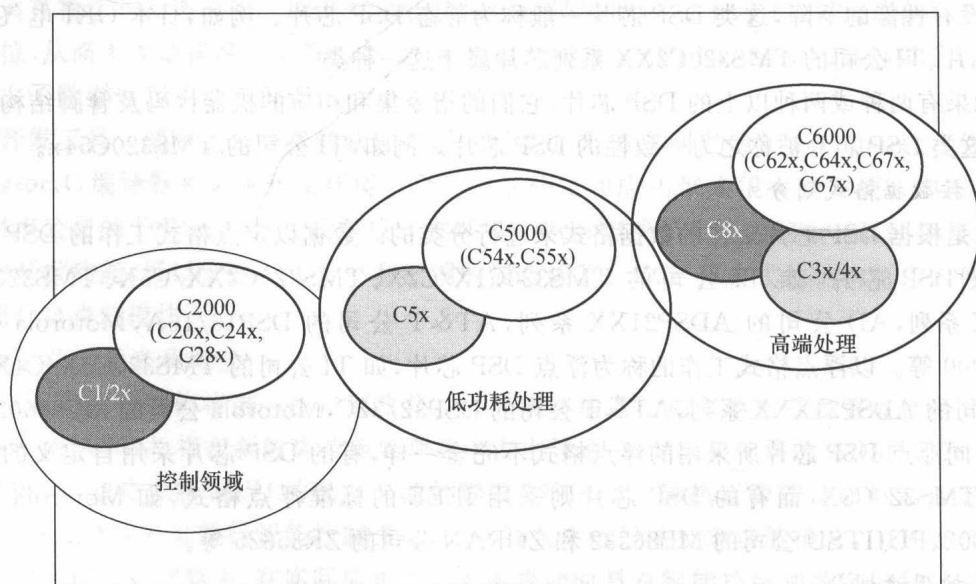


图 1-2 TMS320 系列 DSP 产品分类图

1.2.3 DSP 芯片特点

DSP 技术及其产品的快速普及,与其芯片自身的特点密不可分,现将 DSP 芯片的主要特点归纳如下。

1. 哈佛结构

早期的微处理器内部结构大多采用的是冯·诺依曼结构,冯·诺依曼结构的特点是数据和程序公用总线和存储空间,因此在某一时刻,只能够读写程序或只能读写数据。哈佛结构是将程序和数据存储在不同的存储器空间中的,即程序和数据是存放在两个相互独立的存储器中,每个存储器是独立编址和访问的。与两个程序存储器和数据存储器相对应的是系统中设置了程序总线 and 数据总线两条总线,可同一时刻从程序存储器获取指令和从数据存储器中获取操作数,从而使数据的吞吐率提高了 1 倍。改进的哈佛结构还允许在程序空间和数据空间之间相互传送数据。而冯·诺依曼体系结构则是将指令、数据、地址存储在同一存储器中,统一编址,依靠指令计算器提供的地址来区分是指令、数据还是地址。取指令和取数据都访问同一存储器,数据吞吐率较低。这就是哈佛结构与冯·诺依曼体系结构的不同之处。

2. 多总线结构

许多 DSP 芯片内部都采用多总线结构,这样可以保证在一个机器周期内可以多次访问程序存储空间和数据存储空间。例如,TMS320C54x 的内部就有四条总线,每条总线又包括地址总线和数据总线,这样就可以在一个机器周期内从程序存储器取一条指令、从数据存储器读 2 个操作数和向数据存储器写一个操作数,大大地提高了 DSP 的运算处理速度。

3. 指令系统的流水线操作

与哈佛结构相关,DSP 芯片通常采用的是流水线操作,可以减少指令执行的时间,从而增强了处理器的处理能力,如图 1-3 所示为 4 级流水线操作,DSP 执行一条指令,需要通过取指、译码、取操作数和执行 4 个阶段。例如,在第 N 个指令取指时,前一个指令取 $N-1$ 个指令正在译码,第 $N-2$ 个指令正在取操作数,而第 $N-3$ 个指令则在执行。

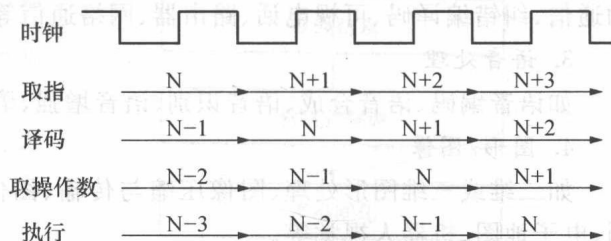


图 1-3 所示为 4 级流水线操作

采用流水线技术尽管每一条指令的执行仍然需要经过这些步骤,需要 4 个指令周期数,但是将每个指令综合起来看,其中的每一条指令的执行就都是在一个指令周期内完成的。

4. 专用的硬件乘法器

在通用的微处理器中,乘法是由软件完成的,即通过加法和移位来实现,需要多个指令周期才能完成,在数字信号处理过程中采用的最多的是乘法和加法运算,DSP 芯片中的有专用的硬件乘法器,使得乘法累加运算能够在单个周期内完成。

5. 特殊的 DSP 指令

为了更好地满足数字信号处理应用的需要,在 DSP 的指令系统中,设计了一些特殊的 DSP 指令,例如,TMS320C54x 中的 FIRS 和 LMS 指令,则专门用于系数对称的 FIR 滤波器和 LMS 算法。