



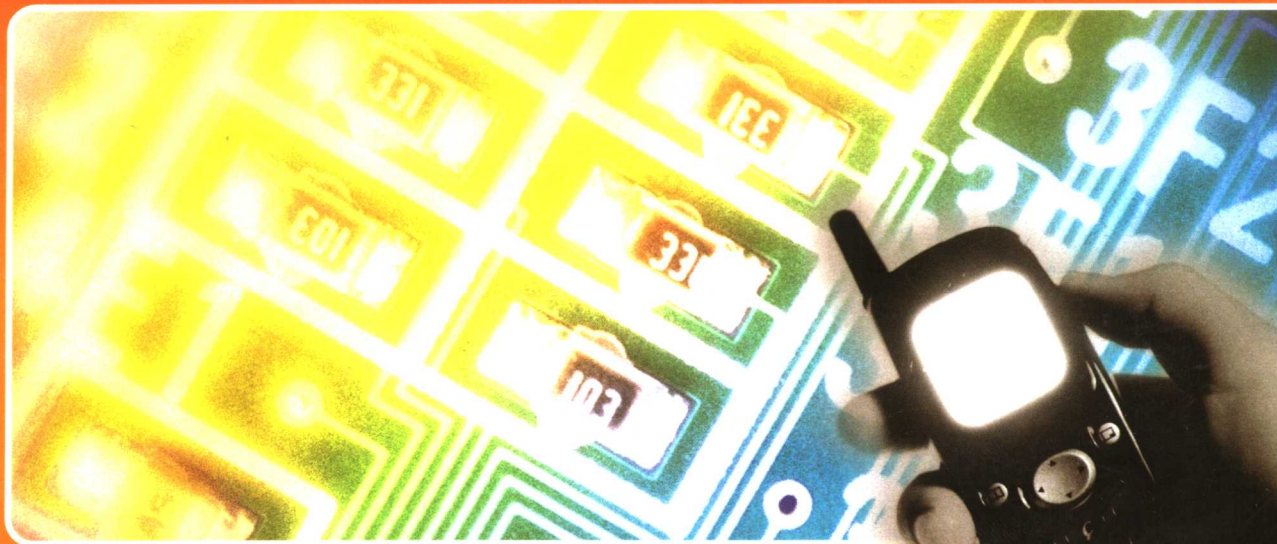
Digital Signal Processor

DSP

实用技术

纪宗南 编著

和应用实例



航空工业出版社

DSP 实用技术和应用实例

纪宗南 编著

航空工业出版社

内 容 提 要

本书首先介绍数字信号处理器 (DSP) 的一般情况和发展趋势, 然后分析 DSP 的各种实用技术, 最后重点详细论述 DSP 在各个领域中的应用实例。如软件中的应用实例、消费类电子中的应用实例、功率电子中的应用实例、智能仪器中的应用实例以及测控中的应用实例等。在应用实例中, 特别提出使用和设计时应注意的问题。

本书适合通信、雷达、信息、计算机和电子工程类的工程设计人员及相关专业的研究生和本科高年级学生, 也可作为高年级本科生和研究生学习 DSP 的配套教科书。

图书在版编目 (C I P) 数据

DSP 实用技术和应用实例/纪宗南编著. —北京: 航空工业出版社, 2006. 5

ISBN 7 - 80183 - 691 - X

I. D... II. 纪... III. 数字信号 - 信号处理 - 基本知识 IV. TN911. 72

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 148129 号

DSP 实用技术和应用实例 DSP ShiYong JiShu He YingYong ShiLi

航空工业出版社出版发行

(北京市安定门外小关东里 14 号 100029)

发行部电话: 010 - 64815606 010 - 64978486

北京地质印刷厂印刷

全国各地新华书店经售

2006 年 5 月第 1 版

2006 年 5 月第 1 次印刷

开本: 787 × 1092 1/16

印张: 21. 75

字数: 544 千字

印数: 1—5000

定价: 36. 00 元

前 言

当今社会是信息化社会,要涉及到海量信息,使用计算机处理这些信息已成为首选的方案。但是在进行计算机处理时,某些领域里仍然存在一定的局限性,这是因为,信息化的基础是数字化,而数字化的核心技术之一是数字信号处理。在目前的数字化时代背景下,数字信号处理器(DSP)已成为通信、计算机、消费类电子器件和控制类产品等领域的基础芯片,也是信息革命的重要标志。

随着信息技术革命的深入和计算技术的飞速发展,数字信号处理技术已经逐渐发展成为一门关键科学,它是现代电子技术、计算机技术和信号处理技术相结合的产物。

由于DSP具有运算速度快,可编程特性和接口灵活的特点,所以在消费类电子、智能仪器、电子信息、通信、自动控制、功率电子、测控软件、无线电和信息家电等高科技领域获得越来越广泛的应用。

本书主要介绍DSP的各种实用技术和宽范围的应用。因此,它具有下列特点:

1. 全书自始至终围绕实用技术和应用实例,以应用系统设计为主线,详细介绍DSP的各种硬件电路和软件配置。
2. 强调先进性和实用性,坚持理论与实践相结合的原则。书中的实用技术和应用实例均是来自于科研和国外最新技术,有利于读者提高整机设计能力和展望国外科技动态。
3. 在实用技术和应用实例中,特别提出使用和设计中的要注意的问题,这也是作者多年的积累。
4. 在重要章节后均附有思考题,能满足不同层次读者的需求。

全书共分9章。第1章到第3章主要从应用角度简单介绍DSP的基本情况、发展趋势、视频数据流中的误差消除、计算语言的选择及实用接口电路。第4章开始将涉及DSP的实用技术,如传统电源的管理和特殊电源管理。第5章到第9章分别介绍DSP在消费电子、智能仪器、测控、功率电子和软件中的应用实例。

本书由纪宗南编写,并负责文稿收集、筛选和全书结构设计。参加编写和相关工作的还有李鸿序、周惠娟、许凤芝、王杰、沈懿德、徐利群、王正碧等。另外,航空工业出版社为本书出版做了大量的工作,在此一并致以衷心感谢。

由于作者水平有限,书中难免存在错误和疏漏之处,肯请读者批评指正。

作 者

2005.9 于南京航空航天大学

目 录

第1章 DSP 概述	(1)
1.1 DSP 的特点	(1)
1.2 DSP 的分类	(3)
1.3 DSP 的应用领域	(4)
1.4 DSP 的过去和现在	(6)
1.5 DSP 的发展趋势	(10)
1.6 利用 DSP 消除数字视频数据流中的误差	(15)
1.7 DSP 计算语言的选择	(20)
1.8 DSP 接口的实用技术	(31)
1.9 DSP 与 A/D 和 D/A 转换器的接口	(31)
第2章 定点 DSP	(45)
2.1 定点 DSP 中的有关问题	(45)
2.2 AD 公司的定点 DSP	(54)
2.3 TI 公司的定点 DSP	(61)
2.4 各公司 DSP 芯片的对应表	(68)
第3章 浮点 DSP	(69)
3.1 浮点 DSP 的特点	(69)
3.2 TI 公司的浮点 DSP	(71)
3.3 AD 公司的浮点 DSP	(74)
第4章 DSP 的实用技术	(80)
4.1 传统的电源管理	(80)
4.2 特殊的电源管理	(81)
第5章 DSP 在消费类电子产品中的应用	(90)
5.1 具有 DAC 和电源优化功能的 MP3 解码器	(91)
5.2 第三代无线通信中的专用数字信号处理器 CDSP	(98)

5.3	MPEG-2ACC 解码器的优化设计	(105)
5.4	单片 DSP 的数字摄像系统	(115)
5.5	双内核 DSP 组成的新型解码器	(119)
5.6	基于 DSP 的 MP3 解码器	(126)
第 6 章	DSP 在智能仪器中的应用	(130)
6.1	基于 DSP 结构的多用途 FFT 分析仪	(131)
6.2	由 ANSIS1.11 标准设计的 DSP 声学分析仪	(141)
6.3	故障诊断分析仪	(151)
6.4	基于 DSP 的相干欠采样数字仪	(160)
6.5	任意波形发生器	(170)
第 7 章	DSP 在测量系统中的应用	(181)
7.1	电源系统的瞬变干扰实时检测技术	(181)
7.2	基于 DSP 的电源功率测量系统	(190)
7.3	电源频率的精确测量	(198)
7.4	分布系统中的新型谐波测量	(208)
7.5	双处理器结构的电源质量实时检测系统	(216)
第 8 章	DSP 在功率电子中的应用	(224)
8.1	单片 DSP 的多台电机控制技术	(224)
8.2	利用 DSP 和神经网络控制器实现感应电机的矢量控制	(234)
8.3	单片 DSP 的多个单相 PFC 模块的控制	(246)
8.4	具有恒频和 DCM 特点的 PFC 控制	(258)
第 9 章	DSP 的软件应用实例	(273)
9.1	DSP 算法的快速原型设计	(274)
9.2	TMS320C6701 DSP 算法的快速原型设计	(292)
9.3	利用 SB-NDFT 技术提高 DTMT 信号解码算法的性能	(308)
9.4	DSP 的小数傅里叶变换技术	(324)

第1章 DSP 概述

随着微电子技术、数字信号处理和计算机集成芯片制造技术的不断发展和成熟，一种体现三个学科（计算机、通信和消费类电子）的新器件——数字信号处理器（Digital Signal Processor, DSP）诞生了，并在短时间内获得快速发展。由于数字信号处理器的芯片具有快速计算能力，所以它不仅广泛应用在通信与视频信号的实时处理，而且也拓宽到各种高级控制系统。本章将简要说明 DSP 的特点、类型、应用和发展趋势。另外，也对 DSP 计算语言的选择、接口的实用技术、A/D 和 D/A 转换器的接口以及利用 DSP 消除数字视频数据流中的误差进行分析。其中“利用 DSP 消除数字视频数据中的误差”是一种基于 DSP 的误差消除系统，它能消除因通道误差和信息拥挤丢失的数据而造成的误差，从而使图像更清晰，进一步满足人们的观赏要求。为了充分利用 DSP 芯片片内的各种资源，更好地发挥计算语言的各自优点，必须对这些语言进行优化和选择。此时可参阅“DSP 计算语言的选择”，文中详细介绍了 C 语言和汇编语言各自优点和选择原则。

接口是 DSP 重要的实用技术，它能使系统内的各种外设进行控制、调节和通信。“DSP 接口的实用技术”除了对接口形式、特点和使用中的问题分析外，还对常用的接口电路进行详细说明。

1.1 DSP 的特点

DSP 实质上是一种高性能的微处理器，它不仅具有微处理器的高速运算和控制能力，而且还能完成实时数字信号处理任务。因此，它的设计出发点和通用的 CPU 以及 MCU 等处理器是不同的。DSP 主要是为了完成实时信号处理而设计的，这样算法的高效实现是 DSP 芯片设计的核心。基于这点，它在处理器结构、指令系统、指令流程和算法均有较大的改进，其主要特点如下。

1.1.1 哈佛结构

目前，大部分 DSP 均采用数据总线和程序总线分离的哈佛（Harvard）结构和超级哈佛结构（Super Harvard Architecture, SHA），这种结构与早期传统处理器采用的冯·诺依曼（Von Neumann）结构相比较具有更高的指令执行速度和数据处理能力。

1.1.2 流水线操作

当今各公司陆续推出 DSP 的新器件，这些器件绝大部分采用流水线技术，从而在不提高时钟频率条件下降低每条指令的执行时间。因此，这种技术不仅能提高指令执行速度，而且还简化时钟频率的设计。

1.1.3 专用的硬件乘法器

在 DSP 实时应用中，往往需要进行大量的乘法累加运算（如滤波器、相关和矩阵等），此时可利用 DSP 片内的硬件资源（独立运行的乘法器和加法器）完成。这样就能在同一时钟周期内完成一次乘加运算，极大地提高数据处理速度。

另外，DSP 器件结构与算法特点有着密切关系，如多总线，它能同时进行取指令和存取多个数据的操作。而专用的数据寻址单元，能在寻址访问前或访问后自动修改内容，并指向下一个要访问的地址，从而能提供一个高效、灵活的寻址方式，有利于实现高健壮性的实时系统。从而可以看出，算法变化与 DSP 器件结构存在必然联系，其对应关系见表 1-1。

表 1-1 算法与 DSP 器件结构的对应关系

算法的基本特点	DSP 器件结构的特点
基本运算单元是加法和乘法，并能执行多次连乘和连加	使用专用的硬件乘法器或乘加单元（MANC），单周期完成乘法或乘加运算
在运算过程中，需要连续频繁地对数据存取访问	采用超级哈佛结构，处理单元和存储器之间采用多总线连接
在实时运算中，对数据访问不是随机的，而是按照固定模式和有目的访问	采用专门的寻址数据单元，这样可以提供高效和灵活的数据寻址方式
在计算中，大量出现循环操作	“零开销”的循环指令处理

1.1.4 特殊的 DSP 指令

在 DSP 芯片应用时，它具有一套专门为数字信号处理而设计的指令系统。使用这些指令，能够简便、高效和快速地进行数字信号处理。

1.1.5 多处理器接口

DSP 芯片内具有使用方便、性能优良的多种外设和处理器接口，这样在构成各种嵌入式实时系统时，能方便地实现多个处理器并行或串行工作。因此，这些接口不仅可以提高数据处理速度，而且还为嵌入式子系统实现大型或复杂的嵌入式系统提供硬件支持。

由于 DSP 芯片具有上述特点，所以基于 DSP 器件为核心的嵌入式系统具有以下特点：

- (1) 数据处理速度快, 具有良好的可编程实时特性;
- (2) 软硬件接口方便, 极易与其他数字系统或设备相互兼容;
- (3) 开发方便, 可以灵活地通过软件对系统的特性和应用目标进行修改和升级;
- (4) 具有良好的系统健壮性, 受环境温度以及噪声的影响小, 可靠性高;
- (5) 易于使用系统集成或 SoC 技术, 可以提供高度的规范性。

1.2 DSP 的分类

DSP 芯片分类的方法较多, 但归根到底可以按照以下方式进行划分。

1.2.1 按照数据格式分

DSP 在实时处理过程中, 输出数据可以用定点或浮点格式表示。因此, 它可以按照输出数据格式进行分类。当数据以定点 (Fixed-point) 格式工作时的 DSP 芯片称为定点 DSP, 例如 AD 公司的 ADSP-21 $\times\times$ 系列、TI 公司的 TMS320C1 $\times$ /C2 $\times$ /C5 $\times$ 系列、Motorola 公司的 MC56000 系列、AT&T 公司的 DSP16/16A。当数据以浮点 (Floating-point) 格式工作时的 DSP 芯片称为浮点 DSP, 例如 AD 公司的 ADSP21-21 $\times\times\times$ 系列、TI 公司的 TMS320C3 $\times$ /C4 $\times$ /C8 $\times$ 系列、Motorola 公司的 MC96002、AT&T 公司的 DSP32/32C。

不同类型的 DSP 适应于不同的应用领域, 其中早期的定点 DSP 能完成大部分数字信号处理任务。但是, 随着应用领域的不断扩大, 在有些领域中, 定点 DSP 就无能为力了。如雷达和声呐的信号处理中, 数据的动态范围很大, 如使用定点 DSP 会产生溢出, 严重时无法进行处理。此时, 可选用浮点 DSP, 这是因为它具有较宽的数据动态范围。通常, 16 位定点 DSP 芯片的动态范围仅为 96dB (分贝), 每增加 1 位, 其动态范围只增加 6dB, 也就是说 32 位定点 DSP 芯片的动态范围为 192dB。而 32 位浮点 DSP 芯片的动态范围为 1536dB。从上分析可以看出, 浮点 DSP 芯片的处理性能在许多应用场合中要比定点 DSP 高得多。

浮点 DSP 芯片在各项性能指标上均优于定点 DSP 芯片, 它不仅能高性能地完成浮点数据处理, 而且还能完成定点运算, 并具备更大的存储器访问空间。基于这点, 目前最新研制的并行 DSP 芯片均采用浮点格式。另外, 高级语言 (如 C 和 C++ 语言) 编译器主要面向浮点 DSP 芯片, 这样就能使普通计算机上的源码程序可以方便地移植到 DSP 而无需做大的修改就能实现。

1.2.2 按照用途分

按照用途划分, DSP 芯片可分为通用型和专用型。前者具有较丰富的硬件接口和很强的可编程性能, 适合开发和研究; 而后者是针对某种实际应用而专门设计的, 其运算是用硬件直接实现。因此, 这种专用 DSP 芯片具有结构简单、数据吞吐率高和并行结构的优点, 而不足的是灵活性差、精度和动态范围低。常见的有 FFT 专用 DSP、卷积/相关器、复乘加器和求模/相角。例如 Motorola 公司的 DSP56200、Zoran 公司的 ZR34881、Inmos 公司的 IM-

SA100 均属于专用型 DSP 芯片。

对于某个具体的嵌入式实时数字信号处理系统，DSP 往往不是唯一的，或者是最佳的选择方案，这是因为适合该系统的各种芯片不断更新，以至于某些性能超过 DSP。这样，在进行电路设计时，将面临的问题是如何根据实际应用需求客观地评价和选择处理器件，这些器件之间的一些简要对比归纳见表 1-2。

表 1-2 嵌入式数字信号处理应用的实施方案比较

类 型	通用微处理器	通用 DSP	ASIC/ASSP (专用 DSP)	FPGA
运算能力	差	较好	好	较好
算法实现的工作量	较大	较大	小	大
系统灵活性和可扩展性	较好	好	差	好
系统功耗	较大	较小	小	较小
开发成本（工具、技术支持）	小	较小	大	较大
产品成本	较小	较大	小	大

由表 1-2 可以看出，DSP（通用和专用）是一种比较好的折中解决方案。如果系统设计需要兼顾性能和多标准的适用性，通用型 DSP 芯片可能是一个较好的选择。但是，如果应用是比较固定，对价格又特别敏感，此时采用专用 DSP 芯片可能就会更加合适。

1.3 DSP 的应用领域

由于 DSP 具有体积小、成本低、可靠性高、性能好、易于产品化和扩展及方便地实现多机分布并行处理等性能，所以在航空航天、工业控制、医疗设备、消费类电子、通信、计算机及科学研究的各个领域获得了越来越广泛的应用。现将典型应用说明如下。

1.3.1 信号处理

例如，数字滤波、自适应滤波、快速傅里叶变换、相关运算、谱分析、卷积、加窗操作、波形生成（形成）和希尔伯特变换。

1.3.2 通信

例如，调制解调器、自适应均衡、数据加密、数据压缩、编解码器、回波抵消、多路复用、传真、扩频通信、纠错编码、可视电话、视频会议、数字语音插入、扬声器/受话器、蜂窝电话、X.25 信息交换包、ADPCM 代码转换器、数字 PBX、线性转发器和 DTMF 编码/解码。

1.3.3 语音/语言

例如, 语音编码、语音合成、语音识别、语音增强、语音信箱、语音存储、说话人验证(辨认)和文本到语音转换。

1.3.4 图形/图像

例如, 二维或三维图形处理、图像压缩与传输、图像增强、动画制作、电子地图(数字地图)、桌面出版系统、工作站、固态处理和机器人视觉。

1.3.5 仪器仪表

例如, 频谱分析、暂态分析、函数发生、锁相环、地震处理、勘探、模式匹配和瞬时分析。

1.3.6 自动控制

例如, 电机控制、声控、自动驾驶、机器人控制、磁盘控制、激光打印机控制、数据采集、发动机控制、伺服控制和模态分析。

1.3.7 医疗电子

例如, 助听器、CT 扫描、超声波、心脑电图、核磁共振、医疗监护、病人监护器、诊断工具和胎儿监视器。

1.3.8 军事与尖端科学

例如, 雷达与声呐信号处理、导弹制导、失控系统、导航、全球定位系统、尖端武器试验、航空航天试验、宇宙卫星、侦察卫星、风洞试验、保密通信、图像处理和无线频率调制解调器。

1.3.9 计算机与工作站

例如, 阵列计算机、计算加速卡、图形加速卡 and 多媒体计算机。

1.3.10 消费类电子

例如, 数字电视、高清晰度电视、数字电话、高保真度电话、教育玩具、音乐合成器、数字声频/视频(AV)和电动玩具。

1.4 DSP 的过去和现在

世界上第一块单片 DSP 芯片是 1978 年 TI 公司推出的 Speak & Spll DSP 合成器。1979 年 Intel 公司宣布的商用可编程器件 2920 是 DSP 芯片领域中的一个重要里程碑。这些早期芯片内部均没有现代 DSP 芯片所必需的单周期乘法器,直到 1980 年,日本 NEC 公司推出的 UPD7720 是第一个具有乘法器的通用 DSP 芯片。

自从 1982 年 TI 公司推出第一代 DSP 芯片以来,该公司已成为世界上最大的 DSP 芯片供应商,市场销售额排名仍然位居榜首。TI 公司先后推出定点系列的 DSP 芯片有: TMS320C1 ×、TMS320C2 ×、TMS320C2 × ×、TMS320C5 ×、TMS320C54 × 和 TMS320C55 ×; 浮点系列 DSP 芯片有: TMS320C3 ×、TMS320C4 × 和 TMS320C67 × ×; 多处理器 DSP 芯片有: TMS320C8 ×; 专用 DSP 芯片有: AV7 × × ×。在上述产品中,其中 TMS320C1 ×、TMS320C2 ×、TMS320C5 × 和 TMS320C8 × 属于淘汰产品,而 TMS320C3 × 是 TI 公司目前主要产品之一。TMS320 系列是 TI 公司的拳头产品,它的三个基本平台分别为: 控制平台; 有效性能平台; 高性能平台。

1.4.1 控制平台

在这个平台中,典型芯片为 TMS320C2000,它主要目的是控制。其中 TMS320C20 × 是 16 位 DSP 定点芯片,速度为 20MIPS (Million Instructions Per Second, MIPS, 每秒执行百万条指令),可用于电话、数字相机和售货机等。另外, TMS320C24 × 也是 16 位定点 DSP 器件,它的指令执行速度也为 20MIPS,主要用在数字电机控制、工业自动化、电力转换系统和空调等。TMS320C28x 是最新推出的 DSP 器件,它的最高执行速度可达 150MIPS。这种芯片也是控制平台中性能最好的一种器件。

1.4.2 有效性能平台

TMS320C5000 (简称 'C5000) 是有效性能平台中的典型 DSP 芯片,它是属于低功耗、高性能的 16 位定点 DSP 器件,其指令执行速度为 40~200MIPS。通常,这种器件可用于有线通信和无线通信设备, IP (Internet Protocol, IP) 电话、寻呼机、助听器及多种便携式信息系统等。如图 1-1 所示是 'C5000 系列的发展趋势。

在 TMS320C5000 系列中有几种是较为新颖的,其中一种是 TMS320C5402,它是廉价

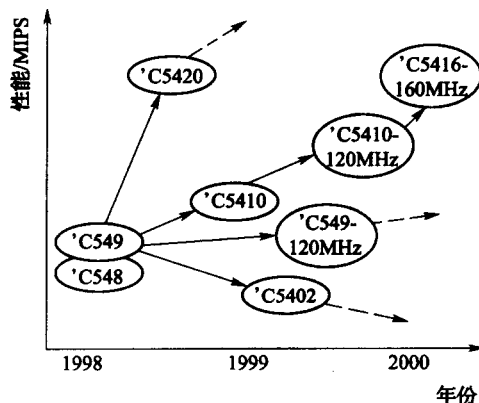


图 1-1 TMS320C5000 系列的发展趋势

型的 DSP，其指令执行速度为 100MIPS，片内 RAM 容量为 16KB，ROM 为 4KB。这种芯片主要应用范围是无线电调制解调器（Modem）、新一代个人数字助理（Personal Digital Assistant, PDA）、网络电话和其他电话系统及消费类电子产品。另外一种 TMS320C5420，芯片内具有两个 DSP 核和 200KB 的 RAM，指令执行速度达到 200MIPS，功耗为 0.32mA/MIPS 当 200MIPS 全速工作时，功耗也小于 0.60mA/MIPS（120mA），它是该系列中功耗最低的 DSP 器件。因此，该芯片适合于多通道基站、服务器、Modem 和电话系统等要求高性能、低功耗、小尺寸的应用系统。

最后一种是 TMS320C5416，它是 TI 公司 0.15 μ m 器件中的第一款，片内 RAM 的容量为 128KB，指令执行速度为 160MIPS。另外，片内含有三个多通道缓冲串行口（McBSPs），能够直接与 T1 或 E1 线路连接，不需要外部逻辑电路，从而实现真正的“无缝”接口。这种芯片可用于 IP 电话、通信服务器、专用交换机（PBX）和计算机电话系统等。’C54 $\times$ DSP 产品的主要特性见表 1-3。

表 1-3 ’C54 $\times$ DSP 产品的主要特性

型 号	电压/V	芯片内存储器/B		芯片上外设			指令周期 (时间/ns)	封装形式	
		RAM	ROM	串口	定时器	并口		引脚	类型
TMS320C541	5.0	5K	28K ²	2 ³	1	No	25	100	TQPF
TMS320LC541	3.3	5K	28K ²	2 ³	1	No	20/25	100	TQPF
TMS320C542	5.0	10K	2K	2 ³	1	Yes	25	128/144	TQPF
TMS320LC542	3.3	10K	2K	2 ⁴	1	Yes	20/25	100	TQPF
TMS320LC543	3.3	10K	2K	2 ⁴	1	No	20/25	128	TQPF
TMS320LC545	3.3	6K	48K ⁷	2 ⁵	1	Yes	20/25	128	TQPF
TMS320LC545A	3.3	6K	48K ⁷	2 ⁵	1	Yes	15/20/25	100	TQPF
TMS320LC546	3.3	6K	48K ⁷	2 ⁵	1	No	20/25	100	TQPF
TMS320LC546A	3.3	6K	48K ⁷	2 ⁵	1	No	15/20/25	144	BGA/TQPF
TMS320LC548	3.3	32K	2K	3 ⁶	1	Yes	15/20	144	TQPF/BGA
TMS320LC549	3.3	32K	16K	3 ⁶	1	Yes	12.5/15	144	TQPF/BGA
TMS320VC549	3.3 (2.5 核)	32K	16K	3 ⁶	1	Yes	10	144	TQPF/BGA
TMS320VC5402	3.3 (1.8 核)	16K	4K	2	2	Yes	10	144	TQPF/BGA
TMS320VC5409	3.3 (1.8 核)	32K	4K	3	1	Yes	10	144	TQPF/BGA
TMS320VC5410	3.3 (2.5 核)	64K	6K	3	1	Yes	10	144	TQPF/BGA
TMS320VC5420	3.3 (1.8 核)	200K	0K	6	1	Yes	10	144	TQPF/BGA

1.4.3 高性能平台

TMS320C6000 系列是属于高性能的 DSP 器件，也是高性能平台中的典型芯片。它综合了目前 DSP 的所有优点，具有最佳的性价比和低功耗性能。其中 ’C62 $\times$ 是 16 位定点 DSP，指令执行速度高达 1200 ~ 2000MIPS，可用于无线基站、网络系统、中心交换机、Modem 和

非对称数字用户专用线 (ADSL)。另外, 'C67 × × 是 32 位浮点 DSP, 指令执行速度为 1GFLOPS (Floating-point Operation Per Ssecond, 每秒执行浮点数)。通常, 它能应用在基站数字波束合成、医学图像处理、语言识别和三维 (3D) 图形控制等。

图 1-2 所示是 TMS320C6000 系列的发展趋势图。从图中可清楚地看出, 'C6000 系列 DSP 向两个方向发展, 其中一个追求更高性能, 另外一个是在保持高性能的同时向廉价型发展。

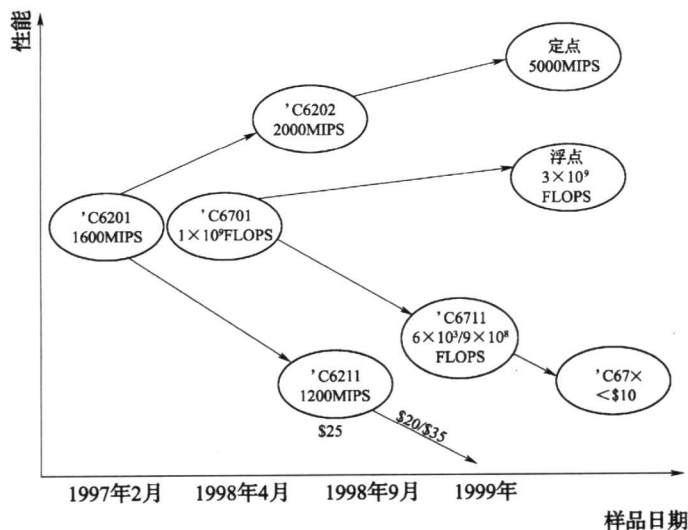


图 1-2 TMS320C6000 系列 DSP 的发展趋势

AD 公司也推出了具有自己特色的 DSP, 其中 ADSP-21 × × 系列是定点 16 位 DSP 芯片, 它的典型器件有: ADSP-2101/2103/2105、ADSP-2111/2115, ADSP-2161/2162/2164 和 ADSP-2171/2181 等。ADSP-21 × × 系列的 DSP 发展趋势如图 1-3 所示。另外, ADSP-21000 系列是浮点 DSP, 其中 ADSP-21020 是该系列的第一代浮点 DSP, 它运用改进的哈佛结构, 指令执行速度为 200MIPS, 指令周期为 50ns。不久, AD 公司又推出超级哈佛结

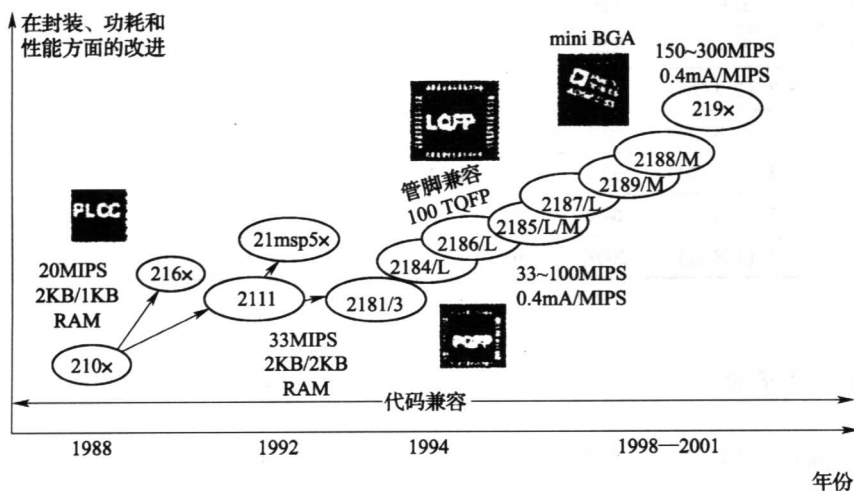


图 1-3 ADSP-21 × × 系列的 DSP 发展趋势

构计算机 (Super Harvard Architecture Computer, SHARC) 系列的 DSP, 它的第一代芯片有: ADSP-21060、ADSP-21061、ADSP-21062 和 ADSP-21065L。这些芯片均采用超级哈佛结构, 并具有 4 条独立使用的总线 (两条数据总线, 一条程序总线和一条 I/O 总线), 片内集成了大容量的静态随机存取存储器 (SRAM) 和专用 I/O 总线支持的外设, 指令周期为 25ns, 是一种高性能的浮点 DSP 系列。

AD 公司在 1998 年推出 SHARC 第二代芯片 ADSP-21160, 该芯片是在第一代 SHARC 基础上进行扩充与完善, 并利用了单指令多数据流 (SIMD) 的结构, 这样就能进一步提高并行处理能力, 使得该芯片具有极佳的性能。ADSP-21160 的指令集是向下兼容的, 也就是说 ADSP-21060 的代码不需要进行任何修改就可以在 ADSP-21160 上运行。另外, ADSP-21160 还能对指令集进行扩充。

AD 公司的第三代 SHARC DSP 芯片是 Tiger SHARC, 它是第一块采用“静态超量结构” (Static Superscalar Architecture) 的芯片, 并具有非常优越的性能。在运行中, 它能以每秒完成 2 亿次乘加运算 (MAC)。SHARC 系列 DSP 的发展历程和 Tiger SHARC 系列 DSP 的发展历程如图 1-4 和图 1-5 所示。

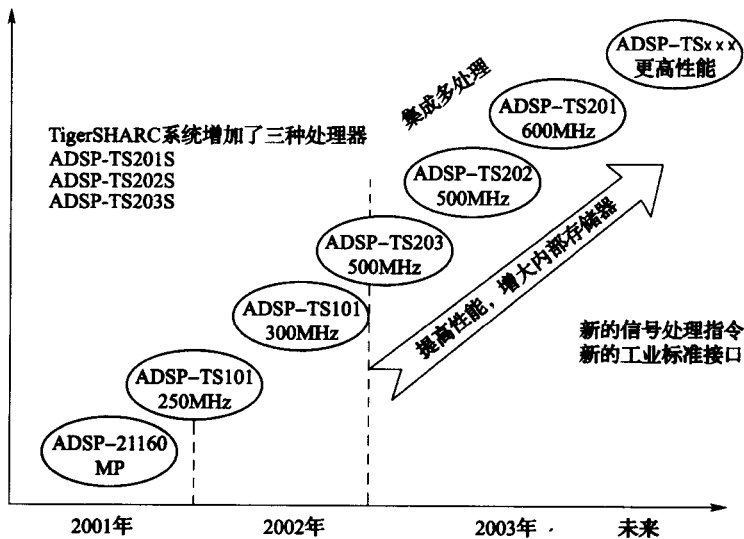


图 1-4 SHARC 系列发展历程

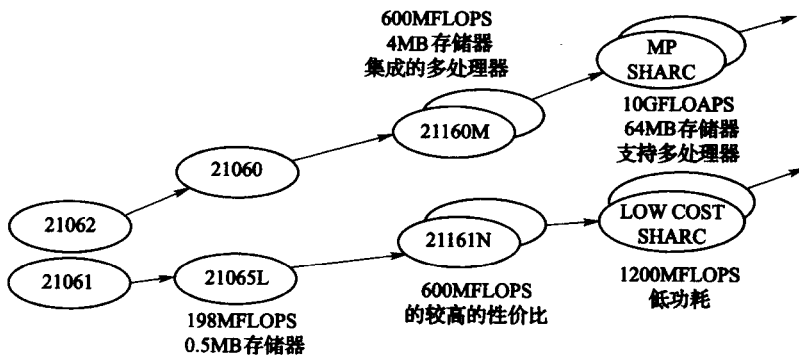


图 1-5 Tiger SHARC 系列发展历程

1.5 DSP 的发展趋势

近年来, DSP 芯片的发展已向高性能、低功耗和低成本的方向发展, 也就是说必须兼顾 3P 的因素, 即性能 (Performance)、功耗 (Power Consumption) 和价格 (Price)。随着 VLSI 技术的高速发展, 目前 DSP 器件在价格显著下降的同时, 仍然保持着性能的不断提

1.5.1 高性能

为了提高 DSP 的性能, 可采用多种方法 (包括硬件和软件), 这里仅对主要措施作些说明。

(1) 并行结构

通用 DSP 芯片只要通过采用乘加单元和改进的哈佛结构, 就能使其运算能力大大超过普通的微处理器。在芯片设计时, 只要增加片上运算单元的个数以及相应的连接这些运算单元的总数目, 就可以成倍地提高芯片的总体运算能力。

1997 年, TI 公司推出了基于超长指令字 (VLIW) 结构的 'C62 × DSP 内核, 它在片内集成了两组完全相同的功能单元。而每组各包含一个乘法单元、一个移位单元、一个算术逻辑单元 (ALU) 和一个地址产生单元。这 8 个功能单元通过各自的总线与两个寄存器组相连, 这种结构在执行时, 能够实行完全并行, 从而在单周期里完成 8 条指令的操作。这种超长指令字的并行结构使得 DSP 器件的性能得到大幅度提升。不久, TI 公司又推出了另一种 'C64 × DSP 内核, 其主要改进的地方是进一步加宽了寄存器组与内存之间的总线宽度和改善了单个功能单元对于单指令多数据 (SIMD) 操作的支持。图 1-6 所示分别给出 'C62 × 和 'C64 × DSP 内核的数据流程示意图。

由于这种 VLIW 并行操作结构对功能单元采用静态调度的方法, 所以 DSP 内部只完成简单的指令分发, 从而简化 DSP 使用难度。调度算法可以由编译器完成, 也可以由用户通过手工编写汇编代码自主调度。另外, 使用高效的 C 语言编译器, 也能得到高效率的 DSP 运行程序。

(2) 新型存储器结构

随着 DSP 芯片主频的不断提高, 存储器的访问速度已成为系统性能提高的瓶颈。在目前制造工艺条件下, 片上存储单元的增加将导致数据线上的负载电容变大, 从而影响数据线上的开关时间, 这就意味着片上高速存储单元的增加将受到一定的制约。为了解决存储器速度与 CPU 内核速度不匹配的问题, 高性能的 DSP 和 CPU 普遍采用高速缓存 (Cache) 结构。以 TI 的 'C64 × DSP 为例, 它片内使用两级高速缓存机制, 详细的框图如图 1-7 所示。

其中 L1 Cache 分别由独立的程序缓存 (LIP) 和数据缓存 (LID) 组成, 其容量均为

16KB，速度与 DSP 时钟运行速度一致。而 L2 Cache 则采用统一的形式管理，其容量为 256KB~1MB，速度比 L1 Cache 低。在实时操作时，L2 Cache 通过 DMA 与外界低速的存储器进行数据交换。为了增加高速缓存的命中率，'C64 × 的 Cache 还采用多路径的结构形式。在电路设计时，如果存储器采用这种多级高速缓存结构，则能够得到采用片上存储器结构系统的 80% 的执行效率。尽管这种新型存储器能够提高系统的性能，但是唯一的不足是增加了系统执行时间的不确定性，这一点必须认真进行分析和评估（即对系统产生的负面影响有多大）。

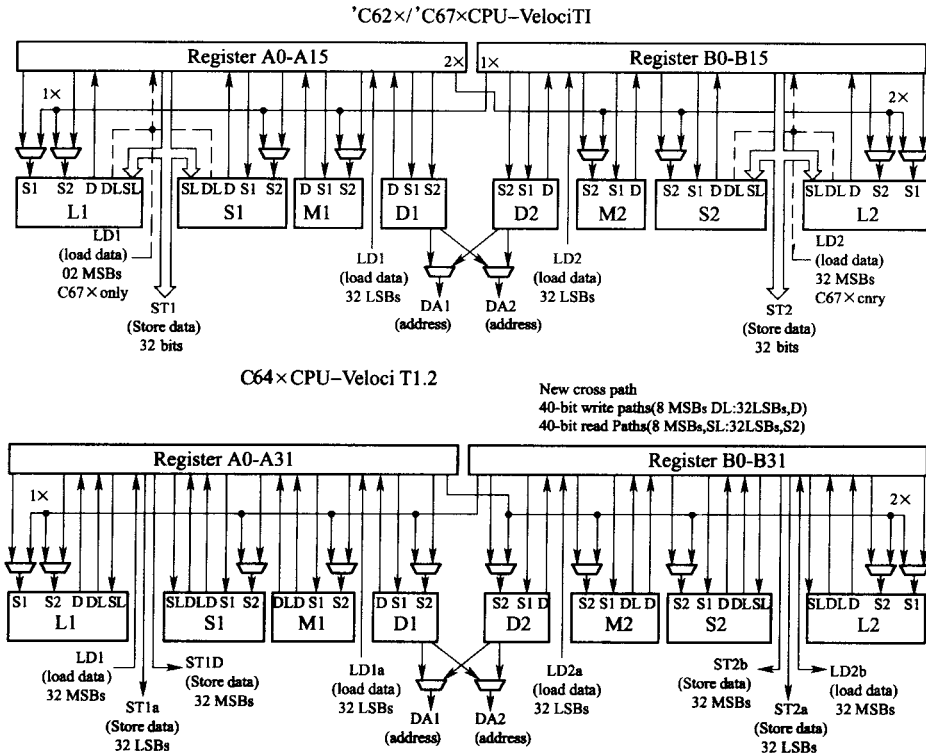


图 1-6 'C62 × 和 'C64 × DSP 内核的数据路径图

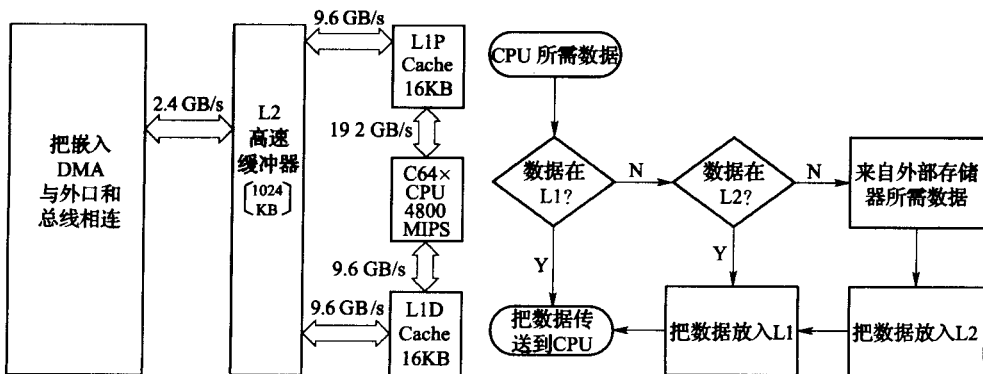


图 1-7 TMS320C64 × DSP 的两级 Cache 结构