

第十讲 数字信号处理与数字信号处理器(DSP)¹⁾

李昌立^{1 †} 董永宏²

(1 中国科学院声学研究所 北京 100080)

(2 闻亭数字系统(北京)有限公司 北京 100085)

摘要 文章简要介绍了“数字信号处理”与“数字信号处理器(DSP)”的发展历史. 在数字信号处理的应用中, 实时实现是非常重要的, 而 DSP 在实时处理中, 扮演了一个重要的角色. 文章中还介绍了 DSP 在实际应用中的一些关键技术, 例如 DSP 的种类和选型, DSP 的开发工具, 实时软件的开发过程等. 最后, 还介绍了一些 DSP 的应用实例, 如语音编码器, 视频电话和视频会议系统, 用于雷达和声纳的 DSP 并行处理系统

关键词 数字信号处理器(DSP), 实时信号处理, DSP 开发工具, DSP 并行处理系统.

Digital signal processing and processors

LI Chang-Li^{1 †} DONG Yong-Hong²

(1 Institute of Acoustics, Chinese Academy of Sciences Beijing 100080, China)

(2 Wintech Digitalsystems Technology corp, Beijing 100085, China)

Abstract The history of digital signal processing and the digital signal processor(DSP) is reviewed. As is well known, real-time implementation is crucial in the applications of digital signal processing in which the DSP plays an important role. Certain key techniques, such as the types and type selection of DSPs, their development equipment, real-time software development and so on are then described. Finally, some practical applications such as speech coding hardware, video telephone and video conference systems, DSP parallel processing systems for sonar and radar are also described

Keywords digital signal processor, real-time signal processing, development equipment, parallel processing system

1 数字信号处理与数字信号处理器(DSP)发展史的简要回顾^[1-3]

DSP 既是 Digital Signal Processing 的缩写, 也是 Digital Signal Processor 的缩写, 前者是指数字信号处理的理论和方法, 后者则是指用于数字信号处理的可编程微处理器. 我们所说的 DSP 技术, 一般是指将 DSP 处理器用于完成数字信号处理的方法和技术.

自从 1965 年库利(Cooley)和图基(Tukey)在

《计算数学》(《 Mathematic of Computation 》)上发表了《用机器计算复序列傅里叶级数的一种方法》一文以后, 接着又有人发表了在计算机上用差分方程实现滤波器的算法, 以及用计算机设计数字滤波器的各种方法. 此后, “数字信号处理”这一分支学科迅速发展, 逐渐形成了一整套较为完整的学科领域和理论体系. 到今天, “数字技术”已经渗透到各行各业, 成为了高新技术的代名词. 很多传统产业采用

1) 该专题的第一至第九讲分别发表于 2005 年第 1—8 期, 第 12 期《物理》——编者注

2005-09-27 收到初稿, 2006-03-14 修回

† 通讯联系人. Email: li_chang_li_cn@hotmail.com

了数字技术以后,工作效率和经济效益成倍提高,对国民经济和国防建设有着极为重要的作用.数字技术包括方法和实现两方面.方法依靠“数字信号处理”的理论和算法,而实现则依靠“数字信号处理器”所构成的硬件和软件,从而构成了“数字信号处理”这一分支学科的内容.通俗地讲,即实现信号的采集、数字化处理和具体应用.信号的数字化处理则包括数字滤波技术、离散时间信号的时域分析和频域分析、自适应信号处理、估计理论、信号的压缩、信号的建模等.

由于数字信号处理系统和模拟信号处理系统相比,具有一些明显的优点:精度高,灵活性高,可靠性强,容易大规模集成,可获得高性能指标等,使得它在通信、语音、图像、雷达、地震测报、声纳、遥感、生物医学、电视、仪器仪表等领域得到愈来愈广泛的应用.在数字信号处理的应用中,有一些项目例如语音通信、电视、雷达、声纳、精确制导等都要求实时处理.所谓实时处理就是在信息输入的时间内,要同时完成所要求的处理任务,即处理信息所用的时间要等于或小于信息输入所用的时间.这个时间范围可以从 200ns 一直到 20 或 30ms.实时信号处理的核心指标之一就是数据率可以容忍处理中产生的延迟.例如在数字语音编码中,假设为 8kHz 的采样率,则对于编码器的实时处理,包含了从样品到样品的编码处理,要求在 125 μ s 的时间内执行,此时的延迟也为 125 μ s.但是,在码激励线性预测(CELP)编码器中,其编码过程是在块到块的基础上执行.典型情况下,主块长度为 20—30ms(一帧的时间),而较小块的长度为 4—5ms(子帧时间),因而允许增加处理时间,但延迟时间也加长了.其余电视、声纳、雷达等,同此原理,但数据速率高,对器件的速度要求就更高.

因此,数字信号处理器(以下简称 DSP)最重要的特点是处理信号的速度要快,能够达到实时处理的要求.这在 1980 年以前还是比较困难的.在微电子学、数字信号处理和计算机科学专家们的共同努力下,一种按照数字信号处理的算法要求、采用计算机体系结构、能够灵活编写程序的超大规模集成电路就应运而生了.它被称为 DSP.在 1980 年前后,美国 Texas 公司推出了第一代 DSP 芯片 TMS32010,它的运算能力为 10MIPS(MIPS 即每秒完成一兆条指令),只能够在声频范围内完成比较简单的实时处理任务.但投入市场以后,影响很大,发展非常迅速.该公司最新开发的定点 DSP 芯片 TMS320C6414,其

处理能力已经达到 8000MIPS.而浮点 DSP TM-SC67XX32 的运算速度已达到 1GFLOPS(GFLOPS 即每秒完成 1000M 浮点操作).美国 ADI 公司的 Tiger SHARC 系列(TS101, TS201),其最强的浮点处理能力为 3.6GFLOPS,目前还在高速发展中.

2 DSP 的特点和种类^[1-7]

通常在计算机上,使用高级语言(例如 C 语言)对某种算法深入研究,或者对某方案作工程模拟,一般都不能做到实时处理.而要开发为应用产品,大部分都要求实时处理.有两种方法能够达到这个目的:第一种是专用的 DSP 芯片,它是针对某种应用而设计的,其特点是处理速度快,但灵活性差.第二种就是本文介绍的通用 DSP 芯片,它可以通过专用的 DSP 指令,编写各种各样的应用软件,既有灵活性,处理速度又快,能够满足实时处理的要求.

DSP 和通常的微处理器(MCU)不同,它是专为数字信号处理而设计的,故它具有下面的一些共同特点:

(1)它和外围设备交换数据的速度很快,具有优先中断的串行和并行接口,以及多路直接存储器存取(DMA).

(2)具有一个或多个乘法-累加器和相应的变址功能,能够快速完成卷积运算.

(3)具有位翻转的专用变址功能,能够快速完成傅里叶变换(FFT).

(4)片内有多套总线,如数据总线、地址总线和外围总线.此外,还有片内存储器,便于流水线操作,提高处理速度.

(5)片内有多种外围设备,如多路定时器、多路直接存储器存取(DMA)、多个并行口和串行口等.

(6)具有多种高速数据传输和控制的方式,能够方便地构成 DSP 并行处理系统.

以上是 DSP 芯片的主要特点,当然,不同公司开发的芯片也会有各自的一些独特性能.

可编程的 DSP 芯片分为两类:定点和浮点.定点 DSP 运算速度快,也比较便宜,但是,它们的编程比较困难,而且提供了较低的精度.目前定点 DSP 已经具有 32 位字长的数据精度.在 DSP 系统中,算术性能和电路复杂性之间,必须作一折衷.并不是在所有情况下,都需要使用高精度的数字格式,也就是芯片所提供的性能级别和整个系统的功能应该匹配.浮点 DSP 超过定点 DSP 的优点有很多.这些优

点在程序开发中经常会带来大量节省. 浮点数的精度在整个程序中是保持不变的, 它比定点实现引入了较小的总体误差. 这种不变化的精度和大的动态范围结合起来, 允许更精确地表示零点和极点的位置, 减少了滤波器实现中的很多问题. 浮点 DSP 的另外一个重要优点就是, 很多 DSP 算法都是首先在主机上用浮点算法模拟, 因此, 很容易用浮点指令组实现.

由于数字信号处理的迫切需要, 近 25 年来 DSP 芯片发展很快. 这类芯片的生产厂家中最有名的是美国德州仪器(TI)公司、AD 公司、AT&T 公司和 Motorola 公司, 其中当属 TI 公司产品系列最全, 市场占有率最高, 其次是 AD 公司, AT&T 的 DSP 特别适合于通信产品.

3 DSP 芯片的选型及应用^[489]

3.1 DSP 芯片

DSP 的结构越来越复杂, 运算速度越来越快, 集成的外围功能越来越多. DSP 芯片的发展, 必须兼顾 3P 的因素, 即性能(performance)、功耗(power consumption)和价格(price). 总的来说, 随着超大规模集成电路(VLSI)技术的高速发展, 现代 DSP 器件在价格显著下降的同时, 仍然保持着性能的不断提升和单位运算量的功耗不断降低.

DSP 芯片除了继续在传统的通信领域推广应用之外, 在消费类电子产品和汽车电子产品领域的应用也日益广泛. 2004 年, 我国 DSP 市场规模达到 157.3 亿元, 年增长 24.2%. 无线通信是 DSP 应用的第一大领域, 占 60.2%.

DSP 是嵌入式系统产业链中的一部分. 嵌入式处理器是事务密集型处理器, DSP 是运算密集型处理器, 这两者是互补的, 如手机中即需要 2 个内核: MCU 和 DSP.

3.2 DSP 芯片的选用^[41]

初次选用 DSP 时, 首先一定要从系统设计的角度考虑, 所设计的系统是属于事务密集型还是运算密集型, 如以运算密集型为主, 则应选用 DSP. 另外要从市场需求和行业技术共享的角度考虑, 选择主流 DSP, 这样一些行业资源可以共享, 技术支持成本可以降低^[41].

在通用 DSP 芯片中, 又分为通用和专用市场. 在使用量大的情况下, 建议选用专用芯片. 因为专用

芯片是专为某个体系结构而设计的, 性能价格比要高很多. 若使用量少, 则应选择通用芯片. TI 和 ADI 等公司不同型号的各种产品, 其性能各具特色, 有的功耗低, 有的速度快, 如 ADI 的 SHARC 系列和 TI 的 6000 系列. 有的特别适合马达控制, 如 TI 的 24 系列. TI 进入中国市场已有 10 年, 现在的教育资源和培训较多, 支持也很多.

3.3 DSP 主流芯片介绍^[4]

下面我们主要以 TI 公司的 DSP 为例来说明现代 DSP 芯片的一些特点和发展趋势.

TMS320C2000 系列: 针对控制领域做了优化配置, 集成了众多的外围设备, 适合逆变器、马达、机器人、数控机床、电力等应用领域.

TMS320C5000 系列: 提供了高性能、多种外围设备、小型封装和电源效率的优化组合, 适合便携式上网、语音处理及对功耗有严格要求的地方.

TMS320C6000 序列^[5-7]: 包含定点 C62XX 和 C64XX 以及浮点 C67XX. 其追求的是至高性能, 最近新推出芯片的主振速度高达 1GHz, 适合宽带网络、图像、影像、雷达等处理应用. 其中 C62XX16 位定点 DSP, 速度为 1200—2000MIPS, 用于无线基站、ADSLModem、网络系统、中心局交换机、数字音频广播设备等. C67XX32 位浮点 DSP, 速度为 1G FLOPS, 用于基站数字波束形成、医学图像处理、语音识别、3-D 图形等. C6000 在向两个方向发展: 一是追求更高的性能; 二是在保持高性能的同时向廉价型发展.

在老的 TI DSP 系列中, 浮点 C3X 是 TI 公司的主流产品, TI 公司还在对这个系列型号作性能改进和制造廉价型, 如新近推出的 C33 采用 0.18 μ m 制造工艺, 有 1MRAM, 速度为 120MFLOPS. C33 与其他 C3X 器件代码兼容, 所以用户可以保护其软件环境, 在他们换用新器件时还可以减少开发时间.

4 DSP 实时软件的开发方法和开发工具^[24]

4.1 DSP 实时软件的开发方法

在数字信号处理的应用系统中, 理论算法的深入研究和算法的实时实现都很重要. 一项任务的实时实现, 也就意味着它是软件和硬件的优化组合. 在 DSP 芯片上, 一项任务的实时实现包括下面几个步

骤^[2]：

(1) 理论开发和精心的研究。

(2) 在计算机上使用高级语言(例如 C 语言)对算法模拟,以验证算法的正确性。算法的研究和验证还可以引导理论上的深入,或者进一步对方案的精心考虑。

(3) 把高级语言编码翻译成相应的 DSP 码:有三种方法能够把高级语言翻译成为 DSP 编码。这些方法是 (i) 使用 DSP 的交叉编译器(也就是从 C 语言到 DSP 的机器语言)(ii) 使用 DSP 的指令组(DSP 汇编语言)直接编写算法 (iii) 一部分使用手编,一部分使用交叉汇编,然后再将两者混合。由于交叉汇编在对存储器和运算速度的要求上,效率可能要低 2—3 倍,故在很多应用中,仍然直接使用 DSP 汇编语言。但是,近年来,随着交叉编译器性能的提高,编码效率也在不断提高。

(4) 使用可利用的开发工具,验证实时编码的正确性。把计算机模拟的结果和 DSP 的等效输出作比较,由于 DSP 模拟器处理大量数据,非常消耗时间,也很不方便。通常只输入有限的实验数据,只要两者之间的输出是一致的,我们就认为 DSP 软件实质上是正确的。

(5) 设计适当的硬件。

(6) 最后是软件和硬件的综合调试和系统集成。把软件下载到为实时试验而准备的硬件中,在这个阶段,可以充分利用在线仿真的便利,加速诊断的过程。实践证明,这是非常重要和绝对必须的。只要程序运转了,就可以在实时环境下,依次调整算法的各项参量,以便使处理系统获得最佳的性能。

以上开发的每一步都非常重要,而且可以证明都具有相当的难度和工作量。

4.2 DSP 开发工具的原理及种类^[4]

仿真器作为 DSP 开发中的重要工具之一,现在主要还是在线仿真,下一步技术将是实时仿真。

最早的仿真开发系统采用的是类似单片机(INTEL 51 系列, MOTOROLA 68K 系列)的 CPU 替换式,但是,这种仿真开发方式有致命的缺陷:

(1) 仿真头的设计非常复杂,稳定性比较差。

(2) 因为要替换原有的 DSP,对于表面贴装工艺等新的技术适应性差。

(3) 仿真头与仿真盒之间数据传输速率受电缆工艺的限制,可以支持的 DSP 主频一般不能超过 50MHz。

(4) 仿真电路通用性和一致性差,使得研究、开发、生产周期长,不能跟上 DSP 芯片开发与上市的速度。

基于以上几种原因,TI 公司对仿真技术进行了一次革命,即采用 JTAG(周边设备扫描)技术。这种技术基于一种叫 Test Bus Controller(TBC)的设备,使用 JTAG 和 TBC 技术之后,仿真开发、调试的方法完全改观,不再取下用户产品板上的 DSP 芯片,而是用户在设计产品时从 DSP 附近引出 14/12 根 JTAG 线,仿真器只同这几根 JTAG 线连接,大大简化了 DSP 板的设计与生产,克服了上述几个重大缺陷。所有的控制和信息获取都来自 DSP 内部的 JTAG 控制电路和仿真器上的 TBC 设备。这就是传统的 XDS510 系列仿真开发工具,我国国内生产的 DSP 仿真器都是基于这种原理,如图 1 所示。

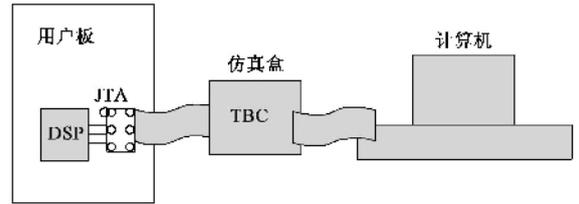


图1 在 DSP 内部采用 JTAG(周边设备扫描)技术的仿真开发系统

但是,这种仿真方式由于依赖 DSP 芯片内部的扫描电路,只能提供 1 个硬件断点,几乎不能设置实时事件触发逻辑,数据传输率受到很大限制,只有 20kB/s。第三方仿真器生产厂家没有多少改进余地,越来越不能满足现在高速实时系统开发调试的要求。因此,对仿真技术的提高已提到了议事日程。这一次的 DSP 仿真技术革命,在 DSP 内部改进了 JTAG 技术和比较电路、获取电路,采用 EJTAG(Extensions to JTAG)技术,增加仿真数据传输引脚。仿真器一端在保持与 XDS510 兼容的基础上,充分利用了大规模可编程逻辑(FPGA)和高速实时运算处理器(TMS320C6202)、比较器、计数器、事件触发器、海量存储器(SDRAM),还增加了高速实时数据交换单元(RTDX),改进并扩展了测试总线控制(TBC)设备等复杂功能。

4.3 XDS560PCI 仿真器的工作原理^[4]

基本的控制和仿真调试信息通过与 XDS510 物理结构相同的 EJTAG 传输,通过这种方式保持同原先的 XDS510 系列兼容。新的 TBC——TBC-XL 和 JTAG,具备高级的断点、事件管理功能,提供多个硬

件断点,复杂的事件触发组合(and/or/not, IF-Then/Else)能力,真正做到了在进行事件触发的过程中,用户的应用程序不被终止或打断,最大限度地满足实时高速运算和控制程序调试时存在的对软/硬件的要求。

由 FPGA 编程控制的 RTDX 单元结合新增加的 EMU Pins,配合 250MHz 时钟的高速处理器 TMS320C6202,完成由事件触发或断点触发产生的大量数据的接受、比较、反馈、缓冲、压缩等大规模运算的工作,实现在用户应用程序全速运行的同时,以 1—2MB/s 的数据率把断点或事件产生的数据实时地传送到计算机一端的 CCS 软件上。很多通信算法要求不断地叠代循环计算,同时计算的数据同外部实时数据有密切关系。我们想观察循环中某一次循环的结构或中间变量不正常造成叠代的错误,就需要在循环中设立断点或事件触发组合。这一功能以前的仿真器无法支持,而在 XDS560PCI 上得到了实现。

XDS560PCI 仿真开发系统的一个重大成就是解决了程序全速运行与需要观察数据的实时输出显示问题。

这种高性能、高速度的仿真开发工具摆脱了原先 JTAG 仿真器的局限,而且支持多处理器、多模块并行开发调试、同步数据传输,满足了 ADSL,RTOS, HDD,VOECODE 等新领域 DSP 开发调试的要求。

XDS560PCI 仿真开发系统运用的仿真开发技术不仅用在 DSP 上,很快将用在 ARM7 等嵌入式 CPU 中,相信我们的开发工程师将会不断拥有更新、更好的仿真开发工具。

5 数字信号处理器开发应用实例

DSP 为数字信息产品带来更为广阔的发展空间,并将支持通信、计算机和消费类电子产品的数字化融合。在无线通信领域,DSP 遍及无线交换设备、基站和手持终端;在网络领域,DSP 涵盖从骨干基础设施到宽带入户设备,包括 VoIP 网关和 IP 电话,ADSL 和 Cable Modem 等。面向群体应用,DSP 在媒体网关、视频监控、专业音响、语音编码、数字广播、激光打印等领域表现出色;面向个人应用,DSP 在便携式数字音频和影像播放器、指纹识别和语音识别等领域表现不俗。在自动控制领域,DSP 极大地满足了工业界的需求,如数字变频电力电源设备、工业缝纫机、绣花机、喷绘机等,同时 DSP 也极大地满足了个人消费者的需求,如变频空调、冰箱、洗衣机等。在

军事装备上,DSP 的应用也愈来愈广泛。例如雷达、声纳、精确制导、电子对抗等。下面列举几个 DSP 实用系统作为例子。

5.1 数码率为 4800b/s 的码激励线性预测语音编码器^[2,10]

全双工码激励线性预测编码器和解码器硬件的主要结构如下:

(1) 数字信号处理器:WE-DSP32C,它是一片 32 位浮点 DSP,能够执行全部语音编码和解码功能。

(2) 存储器:64k bytes 的 EPROM,以便永久保存程序数据。128k bytes 零等待静态 RAM,通过外部存储器接口和 WE-DSP32C 相连。程序和数据是在加电或复位时,从 EPROM 下载到 RAM 中。

(3) 两个数字锁相环(DPLL):以便使板上的数据时钟能够和编码器、解码器的外部时钟同步。

(4) PCM 编码器和解码器:以便把输入的语音模拟信号,按照 A 律或 μ 律编码,并把已编码的数字语音,按 A 律或 μ 律解码为模拟语音信号并输出。

(5) 一个可编程逻辑单元/门阵列 XC3030:它提供 WE-DSP32C 串行输入和输出(SIO)的驱动信号、帧时钟和另外的控制信号。

这是由单片 DSP 构成的最简单系统。WE-DSP32C 有两个 SIO 串行接口和一个 PIO 并行接口,编码器输出和解码器输入对信道的接口,是使用 PIO 接口并依次按位连接而获得的。两个 SIO 接口用于用户与编码器输入和用户与解码器输出的接口。DMA 控制 SIO 串行口数据的输入和输出,允许数据与外部接口,可以在没有程序干涉的情况下传输。使用这种方式,程序可以在预先存储的数据块上工作,而当前的样品自动存放在另外的位置。主要制约的是数据块的处理时间,它必须小于充满缓冲器所需要的时间。同样的程序也能应用于输出缓冲器中。在每次对一个缓冲器的处理完成后,程序必须校验,要看输入指针是否达到了另一个缓冲器的末端,如果是这种情况,则交换任务(乒乓效果),否则,要等到缓冲器充满,才交换处理和存储的任务。

5.2 基于单片 TMS320DM642 芯片的视频会议系统^[4]

下面,我们将对 DSP 应用中最广泛的领域——通信中的视频通信作较详细介绍。图 2 为典型的嵌入式视频系统,它由以下几个子系统组成:硬件平台、嵌入式操作系统、通信协议(含网络协议)、视听

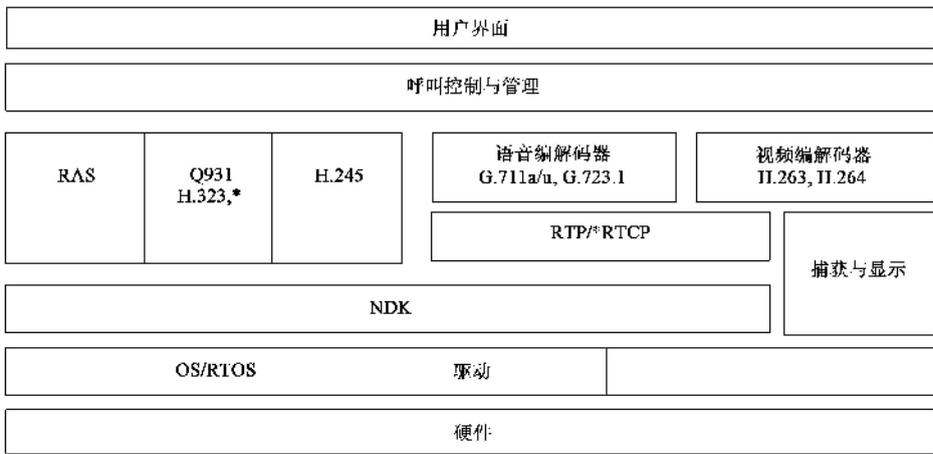


图2 典型的嵌入式视频系统总体方框图

频处理软件、用户界面。

市场上现有的视频会议系统硬件平台通常采用双CPU结构,即一个嵌入式CPU(如:ARM、单片机、INTEL XSCALE,日立SH4)另加一个专用信号处理芯片(如:TI的TMS320C6202,ADI的BlackFin)。操作系统(如Linux、嵌入式Windows)、通信协议(包括网络协议)及用户界面在嵌入式CPU上运行,而音视频处理算法在专用信号处理芯片中完成。受专用信号处理芯片处理能力的限制,现有的嵌入式视频会议系统中使用的视频处理算法基本是H.263。闻亭公司经过多年潜在开发,终于在近日完成了“基于单颗TMS320DM642的视频会议系统”低成本方案^[4],如图3所示。

TMS320DM642 是美国德州仪器公司开发的一颗数字多媒体芯片,其主频为600MHz,4800MIPs处理能力,内置66MHz、32Bit的PCI接口,10/100M网口,3个直接数字视频接口,多通道语音接口及丰富的EDMA(64个),这些使得DM642成为嵌入式视频会议系统的最佳平台之一。

闻亭公司“基于单颗TMS320DM642芯片的视频会议系统”,其操作系统(DSP/BIOS)的通信协议(使用H.323 V4协议)、网络协议(TCP/IP)、音视频处理软件、用户界面均在一颗TMS320DM642上实现。其中视频处理软件为H.264或H.263。语音处理平台用G.723及G.711。这是目前第一个在单一芯片内完成H.323通信协议,H.264图像处理

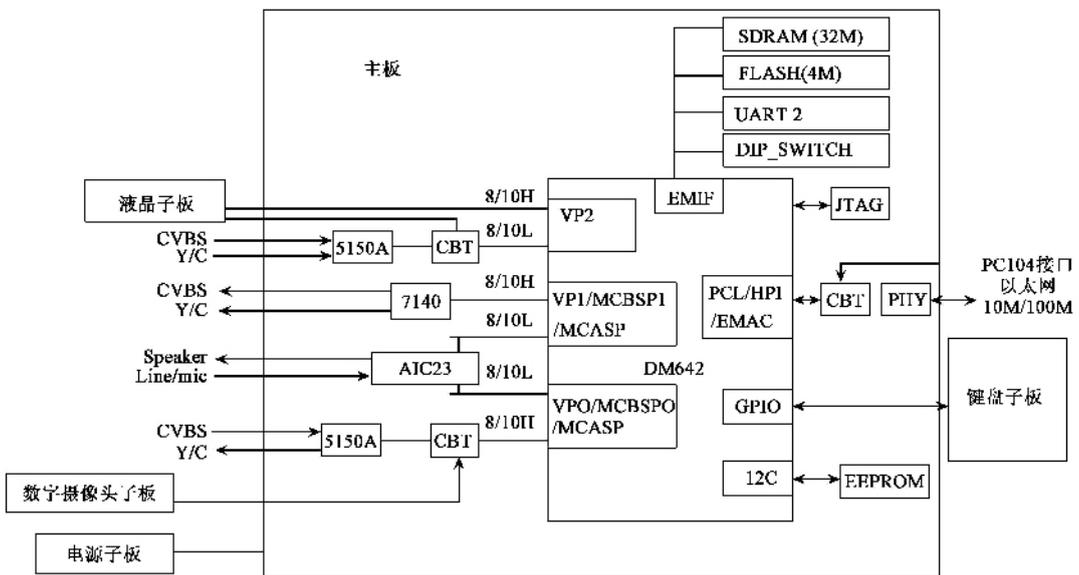


图3 基于单颗DM642芯片的视频会议系统

算法和语音处理算法的方案。

用单颗 DM642 芯片方案的视频会议系统,比市场上常见嵌入式视频会议系统,具有如下优势:

(1) 由于 DM642 强大的处理能力,使得该系统能对实时图像(25—30 帧/秒)进行 H. 264 编解码,而传统视频会议系统只能实现 H. 263 编解码,大大提高了图像质量或降低了通信带宽(同等图像质量, H. 264 算法比 H. 263 算法的码流能降低 47%)。

(2) 当更快的 TMS320DM642 芯片上市后(与现存 600MHz DM642 兼容),系统很容易升级,在该系统上很容易增加增值服务。

5.3 用于雷达和声纳的 DSP 并联处理系统^[9]

DSP 在军事装备上的应用也愈来愈广泛。由于雷达和声纳等军事装备的数据量很大,运算非常复杂,要求有很强的处理能力。例如雷达、声纳、精确制导、电子对抗等高端应用,要求有高性能的实时信号处理平台,该平台要求运算速度为千亿次浮点运算/秒(100GFLOPS),存储容量为千亿字节(100GB)。这是目前单一 DSP 所无法达到的。典型的 DSP 芯片,例如美国 TI 公司的 TMS320C64 系列(TMS320C6414/15/16),最强处理能力能够达到 8000MIPS。美国 ADI 公司的 Tiger SHARC 系列(TS101, TS201),它能兼容浮点和定点处理,是当前处理能力最强的芯片。主振为 300MHz 时,浮点处理能力为 1.8GFLOPS。主振为 600MHz 时,浮点处理能力为 3.6GFLOPS。SHARC 系列 DSP 芯片的最

大优点是芯片之间扩展非常方便,能够使用多片 DSP 组成并联处理系统。由于单片 DSP 的处理能力和高端实时处理所要求的每秒千亿次浮点运算相比,还有相当大的差距,因此,实时处理的解决途径,除了对处理时间严格加以约束外,只能用增加处理能力的方法来解决。也就是用多片 DSP 组成并行处理的方案。但是由多片 DSP 组成的大规模并行处理系统,无论是硬件设计还是软件设计都是很复杂的。经过专家们的充分研究,实现它的技术途径必须是标准化、模块化、可扩展、可编程。目前高端多 DSP 并行处理的主流标准有 VME 标准、cPCI 标准等。其中 cPCI 标准是最近才出现的,它和 VME 比较有较多的优点:速度高、成本低;与微机总线接近,易于开发;军民两用,适应面广。按照标准设计成的模块是可以扩展的,也就是处理系统可以通过模块数量的增减,以满足不同处理量的要求。对于不同的应用或不同的算法,系统可以使用不同的处理程序。这样 DSP 并行处理系统就可以满足更多用户的要求。

构成完备的实时信号处理硬件平台如图 5 所示,它需要采用多块 DSP 处理板实现任务处理,并采用多种 PMC 接口板实现系统 I/O 和控制,板间通过 PCI 总线互联,由上位机管理和控制,板间采用 Link 互联网络,实现实时数据传输。通过同步定时总线,实现系统中多个板卡的同步工作。这种 DSP 并行处理系统应用很广,例如机载合成孔径雷达实时信息处理系统,数字相控阵雷达实时信息处理系

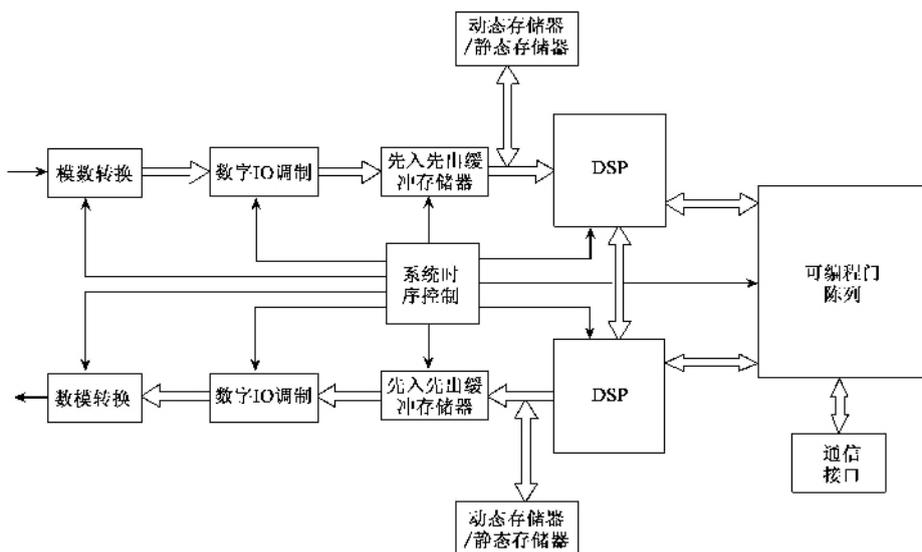


图 4 使用多片 DSP 组成并联处理系统

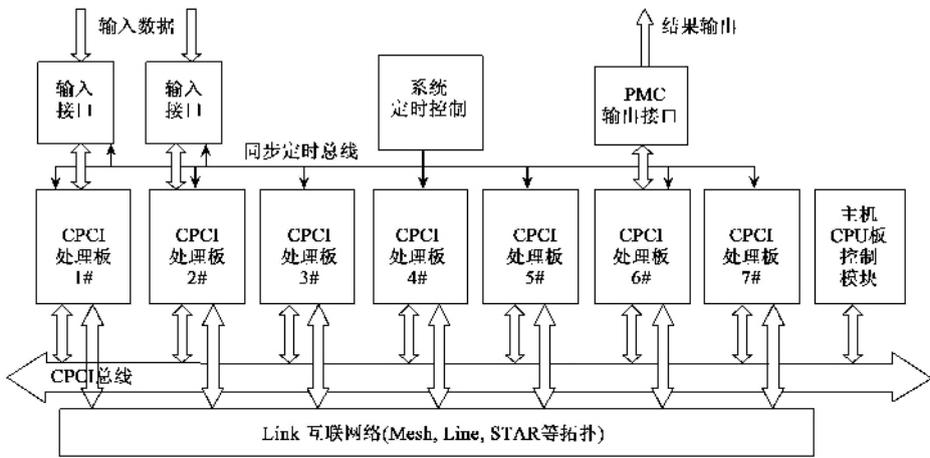


图5 构成完备的实时信号处理硬件平台

统, 远距离高分辨率雷达实时信息处理系统, 以及导航信息处理系统, 软件无线电和电子对抗信息处理系统等。

6 结束语

数字化技术正在极大地改变着我们的社会环境, 也极大地改变了我们的日常生活。作为数字化技术的基石, 数字信号处理技术扮演了一个非常重要的角色。DSP 的核心是算法与实现, 越来越多的人正在认识它、熟悉它和使用它。因此, 本文介绍了 DSP 器件和 DSP 的开发技术, 以及 DSP 的现状和发展趋势, 希望能够帮助人们在自己的工作领域中, 引进和使用这种技术, 更好地发挥 DSP 技术在信息科学和各行各业中的作用。

参 考 文 献

[1] 程佩青. 数字信号处理教程. 北京: 清华大学出版社, 2001 [Cheng P Q. Course of Digital Signal Processing. Beijing: Tsinghua University Press, 2001(in Chinese)]

[2] 李昌立, 吴善培编著. 数字语音——语音编码实用教程. 北京: 人民邮电出版社, 2004 [Li Ch L, Wu Sh P. Digital speech - Practical Course of Speech Coding. Beijing: Post & Telecommunication Press, 2004(in Chinese)]

[3] Kondoz A M, Digital Speech Coding for Low Bit Rate Communication System. University of Surrey, UK: John Wiley & Sons, Inc., 1994

[4] DSP 的系统实现与设计. 闻亭数字系统(北京)有限公司, 2005 [Design and Implementation of DSP's System. Wintech Digitalsystems Technology. corp 2005(in Chinese)]

[5] TMS320C6000 CPU and Instruction Set Reference Guide, Texas Instrument 2000

[6] TMS320C6000 Peripheral Reference Guide, Texas Instrument, 1999

[7] TMS320C6000 Programmer's Guide, Texas Instrument 2000

[8] 戴明桢, 周建江编. TMS320C54X 结构原理及应用. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2001 [Dai M Zh, Zhou J J. Structural Principle and Application of TMS320C54X. Beihang university Press, 2001(in Chinese)]

[9] 龙腾. 实时信号处理硬件平台技术研究. 北京: 北京理工大学雷达技术研究所, 2005 [Long T. Technological research of real-time signal processing hardware platform. Beijing: Institute of Radar of Beijing Technology University, 2005(in Chinese)]

[10] AT&T WE - DSP32C Digital Signal Processor Information Manual. The AT&T Document Management Organization, 1990