

DSP 技术的今天与明天

Present State on DSP Technology and Its Prospects

侯朝焕

(中科院声学所,中国科学院院士 北京 100080)

一、数字信号处理 DSP 技术的发展

基于数字滤波和快速富立叶变换的数字信号处理(DSP)在 70 年代有了飞速的发展。80 年代数字信号处理已应用到各个工程技术领域,不管在军用还是在民用系统中都发挥了积极的作用。进入 90 年代,情况又有根本性的变化。首先,处理方法发展到自适应技术为代表的先进的信号处理,但此时虽已可提取到更深层的信息,却以付出巨大的运算量为代价,因此继而又发展出了一种通用 DSP 处理器,它既有高速度,又是低成本,从而大大促进了数字信号处理技术的普及和推广。

通用数字信号处理器(DSP Processor)可通过编程来满足不同应用的需要。当前全世界使用最多的 DSP 处理器是 TI 公司 320C50,它采用哈佛结构,即程序和数据采用独立的总线,芯片内有运算速度达到 28MIPS 的 16×16 乘法器和 32 位累加器,总共集成有 120 万只晶体管。由于它的运算速度已足够处理语音和声频信号,因而广泛用于调制解调器、数字移动手机、硬盘控制器等,年产量已超过 1 000 万片。320C30 是 TI 公司的浮点 DSP 处理器,适合由多个芯片组成信号处理的阵列结构。后来 TI 生产的 320C40 处理器,将 DMA 通讯口扩大至 6 个,因而可以方便地利用数十片 DSP 处理器组成多维的阵列结构并行处理,运算速度较单片可提高数十倍。这种基于 DSP 处理器的阵列信号处理系统,已广泛应用于像雷达、声纳等超高速实时信号的处理系统中。TI 将于 1998 年推出新一代的 VLIW DSP 处理器。320C6X 为定点处理器,片内包括 2 个乘法器和 6 个加法器,能在 200MHz 周期内完成 8 段 32bit 指令,其性能达到 1.6GIPS; 320C67X 为浮点处理器,其性能达到 1GFLOPS。

DSP 处理器是可编程的。但它是针对某一 DSP 应用问题而设计优化程序,其并发操作的调度是在编译时完成的,运行时只是执行,因而芯片相对较简单。一般而言,相同速度的 DSP 处理器价格约比微处理器低 10 倍,而且具有更低的电压和功耗,因

而有更大的应用市场。

另一种 DSP 技术的实现方案是采用专用的 DSP 芯片。由于近年来微电子技术已取得突破性进展,已经能够在单个芯片上设计出多个运算结点的阵列信号处理结构,以提高运算的并行度,从我们自己的经验看,相同规模的专用 DSP 芯片,运算速度比通用 DSP 芯片可提高 10 倍以上,这种专用的信号处理芯片为 DSP 技术实用化奠定了物质基础,如数字电视、多媒体、DVD 播放机、数字摄像机等都采用了这种专用的 DSP 芯片。

由于近 10 年微电子工业的飞速发展,DSP 技术已成为实用技术,其标志在于 DSP 技术的成本大幅度降低,以平均每秒完成 100 万次乘加运算为例,70 年代 DSP 系统的费用为数十万元;80 年代由于采用通用 DSP 处理器,费用已降至数千元;进入 90 年代,采用专用 DSP 芯片,费用已降至数十元,而且正向小于 1 元的发展方向发展。今年郎讯推出 DSP1609,运算速度达 100MOPS,芯片售价仅 4.95 美元,达到 5 美分/1MOPS。这样低的 DSP 运算成本,使 DSP 技术成为消费电子和通讯领域的实用技术,并推广到家庭使用。

二、DSP 技术的应用

当前 DSP 技术的产品已大批投放市场,形成年产值数百亿元的大产业。调制解调器在全球已安装了几千万台,今后随着网络化将成为 PC 机必备的组件。数字移动电话由于采用数字压缩了话音和对信道补偿,其性能远远优于早期的模拟系统,因而迅速推广,全球装机量已达数千万台。无胶卷照相机更是如雨后春笋,其优点是可将像片存储在盘片上,重复使用,且容易与计算机联接,还可通过计算机对照片进行编辑、加工和处理,并用喷墨打印机直接输出照片。VCD 采用了数字压缩技术,可将电影节目压缩到 5"光盘上,尽管其分辨率只有 300 线,但低成本适合我国国情,因而在几年间即得到普及,装机量已超过 2 500 万台。目前已形成产业的数字化家电还有数字化录音机、可视电话、数字摄

像机,这些产品的质量的的确是上了一个台阶,但价格偏高,在我国尚未得到普及。在美国数字直播卫星已开始工作,因而相应的接收机 DSS 亦相当流行,由于采用数字压缩技术大大减小了每一电视节目所占的频道带宽,故 DSS 可接收 150 个电视频道,而售价还不到 200 美元。

日本从 1985 年开始,投入几百亿美元改进电视分辨率,采用的是模拟技术。美国后来居上,采用数字压缩技术,大大减小了传输带宽,即在普通电视带宽上获得了高分辨率的电视图像。1997 年美国已开发出 1 920 条线的 HDTV,并通过了各种使用环境下的测试,目前 HDTV 系统成本太高,估计到 2000 年后可进一步降低系统的成本,推广后可形成超过万亿美金的巨大市场。

当前市场看好的产品是 720 线的数字电视。它采用 MPEG2 压缩图像和 AC—3 的 5.1 声道环绕声,能让人们在家庭中欣赏到高质量的图像和三维音响。由于采用数据压缩,不仅图像分辨率提高 1 倍,而且电视节目的频带宽度减小 4 倍,同样的传播通道上可传输更多的节目。克林顿总统已宣布 1999 年开始播放数字电视节目,到 2006 年完全取消模拟电视广播,也就是说在 8 年内美国将淘汰当前的电视机,全部换成 720 线的数字电视,相应的市场值将超过万亿美元。目前,全球各大公司都在竞相开发 720 线的数字电视,可望在近期内形成巨大的产业。

今年已有大批的新一代的数字影碟机 DVD 上市。DVD 采用 MPFG2 和 AC—3 标准,即在 5"光盘上存储 4.75GB 数据,可播放 3.5 小时的高清晰度电影,光盘上还同时存储 32 种字幕和 8 种语言,因而对影像市场将产生重大影响,电影节目将可变成单一产品在全世界大批量发行。DVD 还可供计算机作外部设备用,容量比目前的 CD—ROM 大 9 倍,具有交互式功能。随着成本的进一步降低,DVD 将在几年逐步淘汰 VCD,在我国形成一个更大的市场。

过去音乐厅和歌剧院的设计,全是立足于厅堂声学基础上,很难达到好的效果。现在采用 DSP 技术,可对厅堂声学特性进行补偿和修正。这种技术已经推广到家庭影院系统中,一般的家庭影院系统可产生适合不同音乐特点的声场,高档的家庭影院系统可产生 20 多个全世界最有名的剧场的模拟声场,坐在家中就可享受巴黎歌剧院的歌剧。由于家庭声场环境是随时随人的活动而改变,故这种系统应是自适应的可调节系统,相应的 DSP 运算量就比较大。

DSP 技术广泛使用于通讯系统,正在开发的技术是扩宽普通电话线路的带宽,以使用普通电话线传输图像。美国已批准电话公司办有线电视。由于每条电话线的高频特性相差很大,需要对每条线路

作不同的数字补偿。数字移动电话也正在从 TDMA 发展到 CDMA,后者可降低发射功率,扩大通讯线路近 10 倍,并有强的保密性,因此正在快速发展成为主流产品。信息高速公路要进入家庭用户,必须配上相应的 Internet 硬件,最常用的是线缆调制解调器,即利用有线电视网进入信息高速公路。它比电话线有更大的带宽,能够传送多路数字图像信号。估计它在近年内将会进入美国数千万个家庭,形成一个大产业。对普通电话和无线电话系统,已经制订 MPEG4 国际标准。由于采用了基于模型的压缩算法和子波变换,可得到更高质量的图像。

在雷达、声纳等高档 DSP 系统中,在实现动目标检测、脉冲压缩、谱分析等的常规处理中,已经实现全数字化处理。当前的发展是在自适应阵处理、目标识别,以及成像雷达和图像声纳中的高分辨率处理等方面。这些均需要超高速的乘加运算,才可获得目标的深层信息。由于数据量太大,超级计算机也都难以完成实时处理,当前的解决方法是利用大量的通用和专用 DSP 组成阵列信号处理机。由于军用系统要求体积小、重量轻、适应恶劣的现场工作环境,以及超高速的运算,因此雷达和声纳是最先采用 DSP 处理器的领域。

在生物电子学领域,一些大型医学诊断仪器,如核磁共振成像等,都是用 DSP 系统成像,近年来美国几个大公司已分别推出 90 年代最新一代全数字化超声成像系统。由于采用宽频带数字自适应聚焦和 FFT 技术,不仅提高了超声成像的分辨率,而且可获得血流图这一类的动态数据,使超声诊断的准确性大为提高。近年美国投入力量解决了所需的超高速专用 DSP 芯片,从日本手中夺回了每年几十亿美元的超声诊断仪的巨大市场。

汽车是国民经济的另一大支柱产业,预计 10 年以后的汽车,将具有全面采用 DSP 技术的新一代汽车电子系统。除了在汽车上的通讯、导航、消费电子和报警等系统采用 DSP 技术之外,更大的一个特点是采用主动消声和主动悬挂系统来减小汽车上的晃动和噪声,这将使 10 年后的新一代汽车更为机动、安全、舒适。

三、实现新一代 DSP 技术的单芯片系统

当前微电子技术飞速发展,目前先进国家已经作到 0.25 μ 工艺 12" 硅圆片的大批量生产,0.18 μ 工艺也已经成熟。据预测,2000 年时单片集成度可望达到 1 亿个以上的晶体管。因此,2000 年以后的微电子技术将把整个 DSP 系统集成到单个芯片上。我们将这种集成电路称为系统级集成电路,又可简称为单芯片系统。它可实现一项完整的 DSP 功能,是专用 DSP 芯片的革命性发展。单芯片系统往往包

含有大量的模拟电路、敏感元件、高速 A/D 和 D/A, 以及大量的数字信号处理电路。由于这些部件的设计、加工工艺、测试均有很大的差异, 因而增加了单芯片系统的复杂度。

当代信息技术的发展的特点是更新快, 一个单芯片系统研制出来, 可能仅有几个月寿命, 很快被更好性能的芯片代替, 因此采用模块组装来缩短设计周期。这些模块越是标准化, 则它的使用范围就越宽, 重复使用率也就越高, 单芯片系统设计周期也就越短, 从而获得高的效益。为此, 世界上 36 家著名的大公司组成了“单芯片系统联盟”, 其中包括有芯片生产厂、系统生产厂, 还有电子设计软件公司。这个单芯片系统联盟将为下一代系统级集成电路制定国际标准, 它标志着系统级集成电路已正式启动。

单芯片系统包括了系统技术、数字信号处理技术、微电子技术、电子设计自动化技术、软核模块化技术等各种先进技术的集成, 是 21 世纪高技术竞争的热点。单芯片系统将是下世纪实现 DSP 的基本技术, 它是专用 DSP 芯片发展的必然结果。我国应当对这一新兴领域给予足够的重视。

四、我国 DSP 发展前景

当前高速信息处理技术发展的另一个特点, 是计算机、通讯和消费电子汇聚到一起, 这场数字化的革命是以 DSP 技术为基础。我国 DSP 技术起步早, 基本上与国外同步发展。我国已有上百所大学从事 DSP 算法的教学和科研, 除了 DSP 处理器依赖国外, 在信号处理理论和算法上与国外处于同一水平; 在 VLSI 信号处理和系统集成上, 我们已迈出

了可喜的一步, 取得了经验, 作出了先进国家同样水平的工作, 在单个芯片上实现了 15 个乘加运算器。

当前正是 DSP 技术进入普通消费者家庭的大好时机。我国应抓住机会, 投入力量, 组织好队伍, 打破部门所有制, 尽快形成 DSP 高技术产业, 占领巨大的消费电子和通讯市场, 为此应作好国家的规划, 组织好国家攻关队伍, 分阶段开发具有自主知识产权的 DSP 产品并形成产业。我国 DSP 技术有着广阔美好的发展前景。

今后高速 DSP 技术必然是以单芯片系统为核心, 信息处理的速度需要达到每秒完成数十亿次乘加运算, 而只有单芯片系统才能达到运算速度的要求和降低成本。因此, 我国除了重点投资 909 微电子加工线以外, 亦应投入相应力量跟踪单芯片系统的技术发展。

为了推动我国 DSP 技术在音频和视频领域的应用, 应首先在算法和结构上对 DSP 芯片优化, 当前尤应重点抓好两个 DSP 芯片: 一个是 100MOPS 的通用 DSP 处理器, 它可满足我国在多媒体、数字移动电话、Internet 硬件、DVD-ROM 控制器等方面的需要; 另一个是 MPEG2 图像解压缩芯片, 它可以推动我国数字电视、DVD 播放机、多媒体技术及信息高速公路等相关产业的发展。这两个 DSP 芯片的解决, 有利于我国形成自主知识产权, 提高产品的国际竞争力, 推动我国形成巨大的相关产业。

为了使我国 DSP 技术发展有后劲, 应加强对信号处理新理论和新方法研究的投入, 应在大学和中科院建立一支稳定的队伍, 创造条件让他们走在国际前列, 这对我国 DSP 技术的持续稳定发展十分重要。

(责任编辑 王宏章)

(上接第 5 页)

关注, 必须认真加以解决。目前各国采取的方法能耗高、费用昂贵, 非我国的国力所能承受。为贯彻可持续发展战略, 应研究植物(尤其藻类)利用太阳能的光合作用吸收 CO_2 的特性, 以减少 CO_2 的温室效应的危害; 并研究生物质和原来会造成水环境污染的藻类转化成可再生生物能源的可行性。为形成我国生态优化、可持续发展的新能源系统, 还应具体研究下列问题: 利用太阳能的光合作用和烟气中的 CO_2 大规模养殖可利用藻类及其它植物的原理和方法; 养殖颗石藻获得大量可再生生物能源的方法; 沿海超微浮游植物(主要是能大量吸收 CO_2 的颗石藻)的生态分布、发生规律及对环境中 CO_2 循环的影响; 藻类及生物质的热转化成烃机理和基本条件; 各类生物质的热转化成烃特征和效率; 利用催化剂降低热转化的活化能及温度; 工程上实现藻类及生物质热转化成烃的可行性。

三、结 论

1. 我国应在燃煤污染防治理论上有了重大进展, 并应研究能形成新脱硫技术的新理论。

2. 在上述理论研究成果的基础上, 推动燃煤污染防治技术的发展, 开发出适合我国国情的新的烟气脱硫技术, 形成自己的知识产权。其脱硫效率应与现在国外成熟的脱硫技术接近, 但投资将大大减少, 运行费用和耗水量也可大幅度降低, 从而能在我国广泛应用, 大大改善我国的环境状况。

3. 寻找燃煤系统的生态优化新途径。为此应建立改良我国大面积盐碱土壤、酸性土壤和干旱土壤的新方法, 完成脱硫副产物和粉煤灰改良土壤的农田试验, 为农业的可持续发展服务, 并探索减少 CO_2 排放的新途径。

(责任编辑 王宏章)