

DSP 简介

数字信号处理(DSP)是当今最强大的技术之一,它涉及许多学科,并在很多科学和工程领域得到了广泛的应用,例如通讯、医学成像、雷达、声纳、高保真音乐再现和石油勘探等等。这些领域都发展出了比较成熟的 DSP 技术,拥有了自己的算法、理论以及专门技术。DSP 技术结合了数字信号处理理论、数值分析算法、计算机技术和微电子技术,并与它们相互交叉、相辅相成、相互促进。

1.1 DSP 的发展历史

和计算机不同,数字信号处理使用了另一种数据类型:信号。通常这些信号来源于现实世界的感官数据:地震的振动、视觉形象、声波等等。DSP 系统对输入信号先进行限带滤波和采样,然后用经过 A/D 变化把信号变成数字形式之后,就可以对这些数据进行各种运算和处理。

DSP 的发源是在当第一台数字计算机投入使用的时候,也就是二十世纪六、七十年代。在这个时代,电脑是昂贵的,使得 DSP 被限制在非常少的关键应用上。其早期成就主要体现在四个关键领域:国家安全方面的雷达和声纳;经济方面的石油勘探;难以更换数据的空间探测领域;用于挽救生命的医学成像方面。80 年代和 90 年代的个人电脑革命使得 DSP 爆炸式地应用于各种新领域,商业和市场的驱动是 DSP 发展的主要原因,DSP 在很多消费类电子产品上得到了广泛的应用,例如移动电话、CD、MP3、GPS、高速硬盘、语音邮件等等。图 1-1 举出了这些不同应用软件的一些例子。

科技的革命是从上到下发生的。在 80 年代早期,DSP 成为了电子工程学的研究生课程,十年后,它成为了本科生的必修课。如今,它已经在许多领域成为了科学家和工程师的必需掌握的基本技术。这就和早先的另一场技术革命——电子学的发展相类似:在电子工程的领域,几乎所有的工程师都具有电路设计的背景。如果没有这个基础,他们将迷失在科技世界里。DSP 的前景也是如此,它将是所有的工程师必须掌握的基本技术。

这个刚刚发生不久的历史进程不仅仅满足了人们的好奇心,它更是人们学习和使用 DSP 的巨大的推动力。

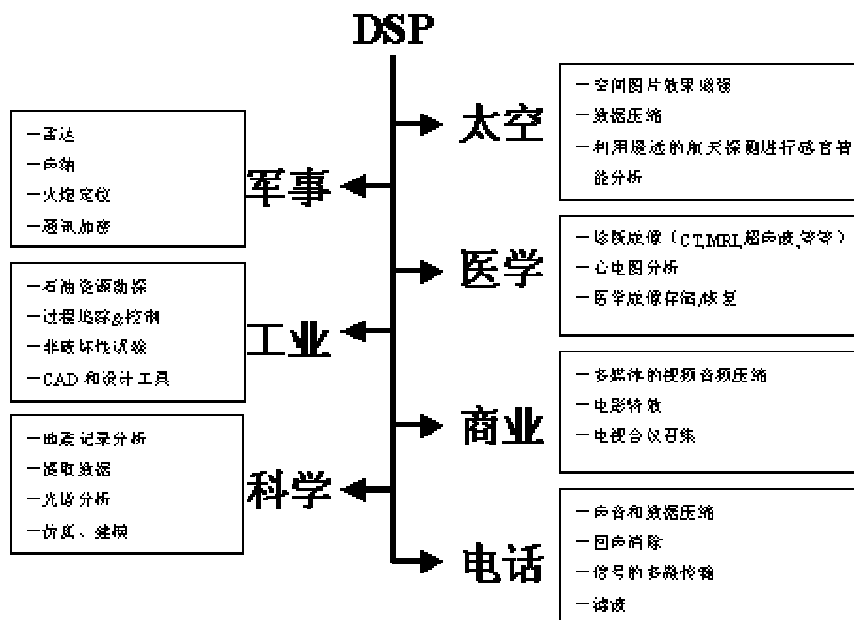


图 1-1 DSP 的部分应用

DSP 是一门边缘科学,它依赖于许多相近的学科综合而成。如图 1-2 所示,DSP 和其它学科间的分野并不是那么清晰和明确的,恰恰相反,它们之间有很多交叠的地方。DSP 把基本的信号处理理论、算法、

电路技术融合到具体的应用里。在设计一个 DSP 系统的同时，你会学习到很多相关的知识。

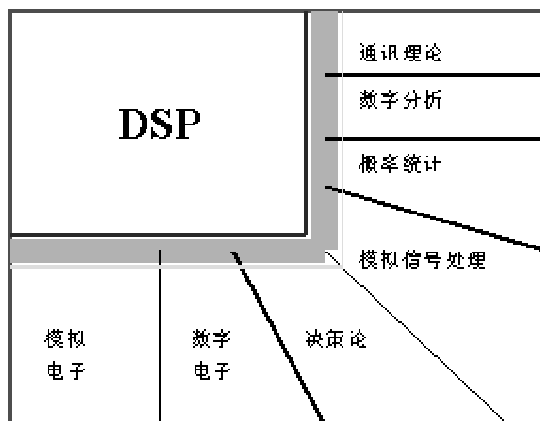


图 1-2 DSP 和许多其它领域都是交叠的

(1).多路传输

世界上大约有十亿部电话，如此庞大的业务量使人望而却步。直到 60 年代，两部电话之间还是通过交换机和放大器传递模拟语音信号实现通信，每一个模拟连接都需要一对电线。DSP 将音频信号转换为串行的连续数字信号，由于位数据可以很容易地混合和分离，许多话路可以在一个单一频上传输。例如，一个 T1 载波系统能够同时传送 24 种语音信号，每个声音信号利用 8 比特压缩（对数压缩）的 A/D 转换器以 8000Hz 采样，每路语音信号的数据率为 64kbit/s，所有的 24 路信号的数据率为 1.544Mbit/s。普通的 22 标准铜制电话线可以把信号传递大约 6,000 英尺远，这是典型的点对点通讯距离。通过把模拟信号数字化并复用传输后，可以大大减少传输线路和模拟交换机的费用。

(2). 语音压缩

当语音信号被数字化为 8000 个样本/秒，这些信号之间有大量的冗余信息。也就是说任何一个样点携带的信息可以由邻近的样点通过某种算法来产生。数据压缩算法可以降低数字化以后的信号转变为数据流所需要的比特率，相应的解压缩算法被用来恢复数据原型。常见的语言压缩算法有 ADPCM、LPC、CELP 等等，这些算法由于压缩率和音质的不同而呈现出多样化。通常将数据传输速度从 64Kbit/s 降到 32Kbit/s 并不会造成声音质量的损失。降到 8Kbit/s 时声音质量明显地受到影响，但是还是可以被长话业务使用。最高压缩程度可以达到 2Kbit/s 甚至更低，此刻声音已经被严重扭曲，但是在某些特殊环境，比如军事和海底通讯上还可以使用。

(3).语音合成

语音的合成和识别是人机交流的工具，在当手和眼在工作的时候就显得非常方便。计算机合成语音有两种途径：数字式录音和声管模拟。在数字式记录中，人的声音被数字化以后被压缩存储。播放的时候，再解压缩并且还原为模拟信号。一小时的语音记录仅仅需要 3 兆字节的存储空间，完全可以在便携式的消费产品里应用。这是当今使用的最普遍的数字语音合成的方法。

声管模拟是人们想办法用模拟物理机械的办法合成语音，这就复杂得多。人工声管就是一个能产生共鸣的声学腔，其共振频率由腔体的大小和形状决定。在声管中声音由以下两种基本方法中的一种产生：浊音和摩擦音。当声带振动产生接近于声腔中空气的振动频率的时候，就发出浊音。相反的，摩擦音是由空气在狭窄的空间比如说牙齿和唇缘压缩振荡时产生。声管模拟器通过产生很像这两种类型的激励的数字信号工作。共鸣腔的特征是通过让激励信号经过一个与共鸣腔相同频率的滤波器来实现的。

(4). 语音识别

语音的自动识别要比语音的合成困难的多。DSP 主要通过两个步骤来进行语音识别：特征提取和特征匹配。输入的音频信号的每个词被切分后进行分析去辨认出激励的类型和共振的频率。这些参数被用来和已知的词所提取出来的样本进行比较以辨认出最接近的匹配。通常情况下，语音识别系统仅被限制在几百

个词之内；只能接受那些词与词之间有明显停顿的情况；并且对每一个非特定人都要重新学习。特定人的语音识别技术相对成熟，但在商业化的过程中还有大量的工作需要去完成。

(5).图像处理

图像是比语音更复杂的信号。首先，它们二维的信号，是关于空间参数（距离）的量度，而大多数信号都是关于时间参数的量度。其次，它们包含了大量的信息。例如，储存一秒钟的电视视频信号需要 10M 字节以上，是相同长度的语音信号的 1000 多倍。第三，对质量的最终鉴定通常是人类的主观评价而非客观标准。这样特殊的特征使图像处理成为 DSP 中一个独特的部分，对 DSP 提出了极大的挑战。

由卫星和空间探测器上拍摄到的照片的图像质量通常很差。DSP 可以提高在极端恶劣条件下拍摄的相片的质量，主要包括以下几个方面：亮度和对比度调节、边缘检测、噪声缩减、聚焦调节、运动模糊的恢复等等。有空间形变的图像，比如为球形行星拍摄平面相片时会遇到这种情况，也能够用弯曲的方法得到正确的展示。很多独立的图像能组合成一个专门的数据库，使得信息能以独特的方式展示出来。例如，模拟在某个遥远星球的表面做空间飞行的视频流。

图像包含的大信息量给大量商用系统提出了难题。商业系统必须价格便宜，而这与大容量存储器和高速数据传输率之间却难以协调。这个难题的一个解决方法就是图像压缩。正如语音信号那样，图像也包含了大量的冗余信息，因而可以通过一些算法降低表示它们所需的比特数。电视和电影等尤其适合于压缩，因为大多数的图像在帧与帧之间都保持不变。利用了这些技术的商业图像产品有：视频电话、VCD、DVD 和数字电视。

1.2 ADI 公司的 DSP 简介

ADI (Analog Devices) 是世界上发展最快的 DSP 处理器供应商。其业务包括混合信号 DSP、通用 DSP，以及可靠数据服务、ADSL 调制解调器、GSM 手机、因特网接入、语音处理和电机控制等应用中的嵌入式 DSP 处理器。

ADI 的 DSP 结构简单，并有高质量的开发工具作保障。ADI 的 DSP 主要有 4 类：16 位定点 DSP、32 位浮点 DSP、混合信号处理 DSP 和嵌入式 DSP。

1.2.1 16 位定点 DSP

ADI 的 16 位定点 DSP 分为 ADSP21XX 系列和 BLACKFIN 系列。ADSP21XX 系列 DSP 是一个标准的单芯片数字信号处理器，含一个 MAC，每秒运算速度最高达到 300MMAC，适用于通用的数字信号处理应用。

BLACKFIN 系列 DSP 是 ADI 公司最新的基于微信号体系结构的 DSP，它具有两个 MAC，集成了大量的外围设备和存储器接口，每秒运算速度最高达到 1200MMAC，适用于各种视频、音频、通信领域。

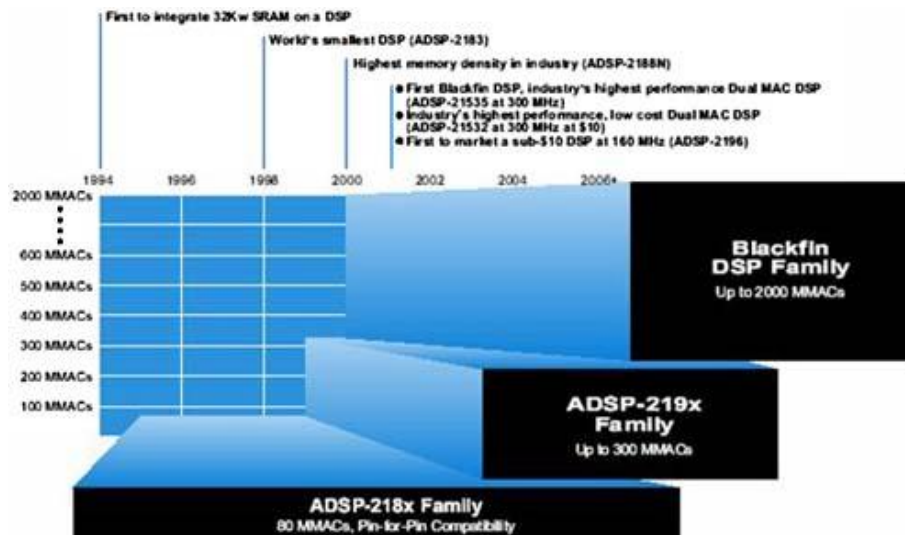


图 1-3 ADI 的 16 位 DSP Roadmap

Blackfin™ DSP	Package	Max MMACs	Vcc	Program and Data Memory Words	Status	Price*
ADSP-21535P	B	600	1.5V	154K	Samples Now Release July 2002	\$32.00
ADSP-21532S	CA	600	2.25-3.6V**	58K***	Samples Summer 2002 Release 1Q03	\$11.50

ADSP-21xx DSP	Package	Max MMACs	Vcc	Program Memory Words	Data Memory Words	Status	Price*
ADSP-2191M	ST,CA	160	2.5V	32K	32K	Released	\$16.85
ADSP-2195M	ST,CA	160	2.5V	32K***	16K	Released	\$13.90
ADSP-2196M	ST,CA	160	2.5V	24K***	8K	Released	\$11.10
ADSP-2188N	ST,CA	80	1.8V	48K	56K	Released	\$26.00
ADSP-2189N	ST,CA	80	1.8V	32K	48K	Released	\$21.00
ADSP-2187N	ST,CA	80	1.8V	32K	32K	Released	\$17.00
ADSP-2185N	ST,CA	80	1.8V	16K	16K	Released	\$9.50
ADSP-2186N	ST,CA	80	1.8V	8K	8K	Released	\$7.25
ADSP-2184N	ST,CA	80	1.8V	4K	4K	Released	\$5.75
ADSP-2188M	ST,CA	75	2.5V	48K	56K	Released	\$28.00
ADSP-2189M	ST,CA	75	2.5V	32K	48K	Released	\$23.00
ADSP-2185M	ST,CA	75	2.5V	16K	16K	Released	\$10.00
ADSP-2186M	ST,CA	75	2.5V	8K	8K	Released	\$7.50

图 1-4 ADI 的 16 位 DSP 系列产品

1.2.2 32 位浮点 DSP

ADI 的 32 位浮点 DSP 包括单指令单数据流 (SISD) SHARC、单指令多数据流 (SIMD) SHARC、SIMD SHARC 和 TigerSHARC 系列 DSP，适用于各种高性能应用。

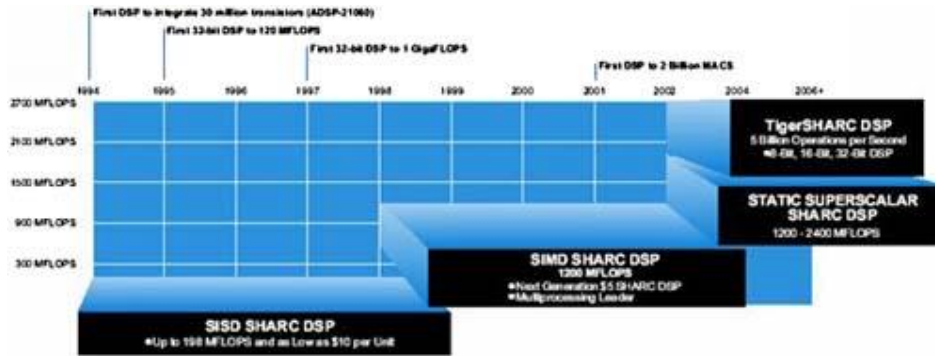


图 1-5 ADI SHARC 系列 DSP Roadmap

1.2.3 混合信号处理 DSP 和嵌入式 DSP

混合信号处理 DSP 和嵌入式 DSP 集成了 ADSP-21XX 的 DSP 内核和必要的信号调理电路,灵活多样的外设更提供了嵌入控制和信号处理应用的单芯片解决方案。

ADSP-2199X 集成了 14 位 ADC(包括 2 路采样保持放大器),还包括了片内电压参考和上电复位电路,是一款高性能的嵌入式 DSP。

ADMC 系列 DSP 处理器,内部集成了 ADC 和 PWM 控制器功能模块/数学函数以及电机控制功能,并增加了软件调试功能,适用于各种电机控制等应用。

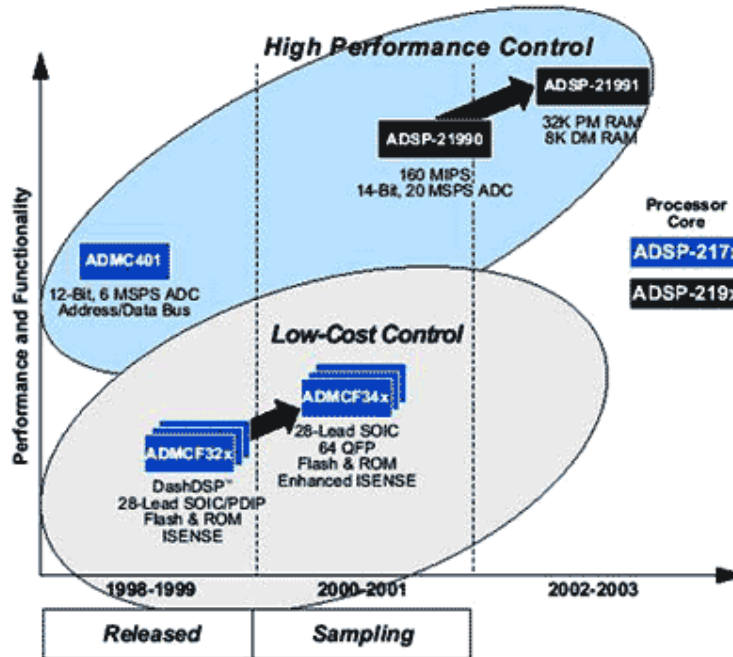


图 1-6 ADI 的混合信号处理 DSP

1.3 BLACKFIN 系列 DSP

Blackfin 系列 DSP 采用了由 ADI 公司和 Intel 公司联合开发的微信号体系结构(MSA)。它集双重 MAC 的 DSP 引擎，简洁正交类 RSIC 微处理器指令集的优点和单指令多数据(SIMD)的多媒体能力为一体，是一种单指令集体系结构。

Blackfin 集成了大量工业标准的外设和存储器接口，具有动态电源管理能力，并对 C/C++进行了结构优化，可以达到很高的代码密度。Blackfin 的主要技术指标如下：

- 16 位定点 DSP 内核，双 MAC，最高工作频率 600MHz；
- 灵活的软件控制动态电源管理，改变工作频率和工作电压；
- 4G Bytes 统一寻址空间；
- 独立的 L1 指令和两路数据 Cache,可配置成 SRAM；
- 4K Bytes L1 暂存 SRAM；
- 256K Bytes 片上 L2 SRAM；
- 支持片外同步或异步存储器（包括 PC133 SDRAM）；
- 异步 33MHz PCI 接口（V2.2），可设置为主或从；
- 16 个 GPIO/PPI；可以和符合 ITU-R 656 标准的各种视频编码器无缝连接；
- 实时时钟；
- Watch Dog 定时器；
- 增强的多功能串行口 SPORT，最高支持到 100MBPS 或 8 通道立体声；
- SPI 兼容口；
- UART 口，带自动波特率调整（支持 IrDA）；
- USB 设备（V1.1）控制器；

- 片内自带 1x 到 31xPLL;
- 12 通道 DMA, 支持二维 DMA;
- 灵活的引导方式 (SPI 或外部存储资源);
- 0.9v~1.5v 核心电压, 3.3v I/O;

1.3.1 BLACKFIN 系列 DSP 的特点

(1). 高性能的 MSA 结构 DSP 内核

BLACKFIN 的 DSP 内核采用 ADI 和 INTEL 联合开发的微信号结构 (MSA), 运算单元包含了 2 个 16 位乘法器, 2 个 40 位的累加器, 2 个 40 位的 ALU, 4 个视频 ALU 和 1 个 40 位移位器, 采用 RISC 类型的寄存器和指令模型。运算单元可以处理来自寄存器堆的 8 位、16 位或者 32 位数据。

BLACKFIN 系列 DSP 的 MAC 每个时钟周期可以完成一次 16 位乘 16 位的乘法运算, 并把结果累加到 40 位的累加器中。芯片采用 0.18/0.13um 的集成电路工艺制造, 最高工作频率可达 600MHZ, 峰值运算能力达到 1200MMAC, 完全可以满足 MPEG2、MPEG4 等多媒体应用的实时要求。

(2). 系统集成

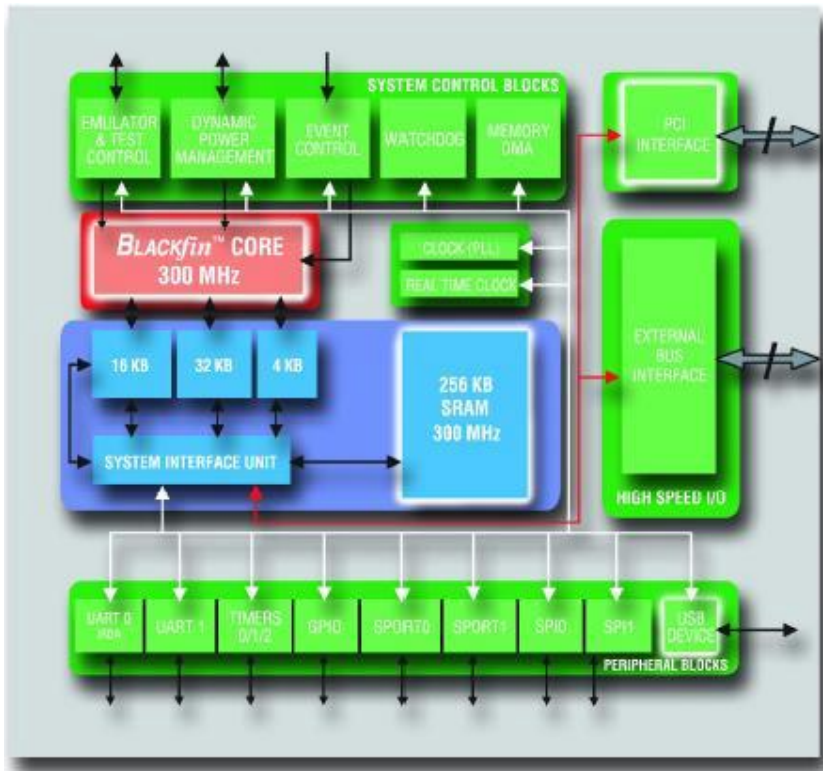


图 1-7 BLACKFIN ADSP BF535 的结构示意图

BLACKFIN 是一种高度集成化的 DSP, 可用于未来数字通信和便携式的因特网上网工具。通过工业标准的接口和高性能 DSP 处理器核的结合, 用户可以迅速开发出不需要昂贵外部元件的经济方案。图 1-7 是 BLACKFIN 系列的 ADSP BF535 的结构示意图, 它的外围设备包括: UART、SPI、SPORT、通用定时器, 实时时钟、可编程输入输出 (GPIO)、看门狗、支持 FLASH、SDRAM 和异步 RAM 的存储器接口, 以及为实现无缝外设扩展所采用的 USB 和 PCI 接口。

BLACKFIN BF533、532 和 531 的 GPIO 接口可以灵活地配置成输入、输出端口或并行数据通道,可以和符合 ITU-R 656 标准的各种视频编码器、译码器、显示驱动器实现无缝的连接。

(3). 便携式的低功耗结构

Blackfin 系列 DSP 处理器与其他 DSP 处理器相比具有世界级的功耗水平和性能。Blackfin 系列 DSP 处理器的设计以低功耗、低电压的设计思想为指导,具有动态功率管理的特点,能够改变电压和操作频率显著地降低总功耗。改变电压和频率与只改变操作的频率相比,总功耗减少 1/3。这就意味着对于便携式的应用,电池将能使用更长的时间。

ADSP-BF535 包含支持 Blackfin 动态功率管理能力的片上调压器,从 2.25V 到 3.6V 的单输入电压提供内核电压。该调压器也可以由用户旁路。ADSP-BF532 集成了片内的调压器。

1.3.2 BLACKFIN 系列 DSP 产品

BLACKFIN 系列 DSP 产品包括 ADSP-BF535 和 ADSP-BF533/2/1 两类,如图 1-8 所示。其中 ADSP-BF535 采用 0.18um 工艺制造,集成了 PCI、USB 接口,并内置了 256K 字节的 L2 缓存。

ADSP-BF533/2/1 采用 0.13um 工艺制造,PPI 接口可以和 ITU-R 656 标准的各种视频编码器实现无缝的连接,支持二维 DMA,增强的多功能串行口 SPORT 最高可以支持 100MBPS 或 8 通道立体声,具有极高的性价比。

Generic Part#	Clock Speed (MHz)	MMACS (Max)	Memory (kBytes)	External Memory Bus	Parallel Periph Interface	PCI	USB Device	UARTs, Timers	Watchdog Timer, RTC	Core Voltage (V)	Core Voltage Regulation	Package
ADSP-BF535P	350	700	308	32bit	No	Yes	Yes	Yes	Yes	1.6	No	260 PBGA
ADSP-BF533	600	1,200	148	16bit	Yes	No	No	Yes	Yes	1.2	Yes	160 Mini-BGA
ADSP-BF532	400	800	116	16bit	Yes	No	No	Yes	Yes	1.2	Yes	160 Mini-BGA, 176 LQFP
ADSP-BF531	400	800	84	16bit	Yes	No	No	Yes	Yes	1.2	Yes	160 Mini-BGA, 176 LQFP

图 1-8 BLACKFIN 系列 DSP 产品型号

ADSP-BF533/2/1 是三种管腿兼容的 DSP,它们的区别在于集成了不同容量的内部 SRAM 和 ROM,最高工作频率也有所不同,这样可以为最终的产品提供最具有竞争力的 DSP 芯片。

Device	Maximum MHz/MMACs	SRAM (Kbytes)	ROM (Kbytes)	Core V _{DD}	Package Option	Price*
ADSP-BF533SKBC-600	600/1200	148	-	1.2 V	160 Mini-BGA	19.95
ADSP-BF533SBBC-500	500/1000	148	-	1.2 V	160 Mini-BGA	16.95
ADSP-BF532SBBC-400	400/800	84	32	1.2 V	160 Mini-BGA	9.95
ADSP-BF532SBST-300	300/600	84	32	1.2 V	176 LQFP	9.95
ADSP-BF531SBBC-400	400/800	52	32	1.2 V	160 Mini-BGA	5.95
ADSP-BF531SBST-300	300/600	52	32	1.2 V	176 LQFP	4.95

图 1-9 ADSP-BF533/2/1 的区别

1.3.3 BLACKFIN 系列 DSP 的评测结果

BLACKFIN 系列 DSP 对多媒体应用提供了优化的指令集,能够大大提高 JPEG、MPEG2、MPEG4、H.26X 的性能。下图列出了 BLACKFIN BF532 对 CIF 图像处理的一些性能指标,可以看出,BLACKFIN 完全可以满足实时视频编解码算法的要求。

Function Benchmarks	Cycle Count	Execution Time @ 300MHz
Discrete Cosine Transform (8x8 Real)	284	0.95µs
Wavelet Transform (Forward Wavelet for JPEG2000, Bi-Orthogonal 3.5)	780	2.60µs
Algorithm Benchmarks*	MIPs Required	% Core Utilization
MP3 Decode	17	5%
MPEG2 Encode (MP/ML, CIF)	173	57%
MPEG2 Decode (MP/ML, CIF)	156	52%
MPEG4 Encode (Simple Profile, CIF)	176	58%
MPEG4 Decode (Simple Profile, CIF)	168	56%
JPEG 4:2:0 Encode (2M pixels)	80	27%

* Total system MIPs required will be implementation dependent.

图 1-10 BLACKFIN 多媒体应用性能

1.4 开发工具

ADI 的 DSP 开发工具包括软件开发工具和硬件开发工具。VisualDSP++是集成的软件开发环境，硬件开发工具包括简易的用户开发板（EZ-KIT）和在线仿真器（EZ-ICE）。

1.4.1 VisualDSP++ 集成开发环境

VisualDSP++是一个公共开发环境，支持 ADI 的 Blackfin DSP, ADSP-218x 和 ADSP-219x 所有 DSP，它大大简化了 DSP 的开发过程。

VisualDSP++可以让工程师们在研究、设计、开发的整个过程中更轻松地从从事开发、调试和展开代码的工作，以及测试任何工程中的一段。集成开发环境 (IDE) 中包括了 DSP C/C++ 编译器 (compiler)、C/C++ 运行时间库 (runtime library)、汇编器 (assembler)、连接器 (linker)、下载器 (loader) 和分路器 (splitter)。这些工具选项的详细设置可以通过属性对话框 (property page dialogs) 实现。属性对话框简化了工程的配置、更改和管理，使用起来很简单。这些选项可以先一次设定，然后根据开发的实际需要加以修改。DSP 代码生成工具也可以通过操作系统命令行的方式使用。

VisualDSP++具有可视化的调试界面，可以方便地调试各种视频应用程序，如图 1-11。

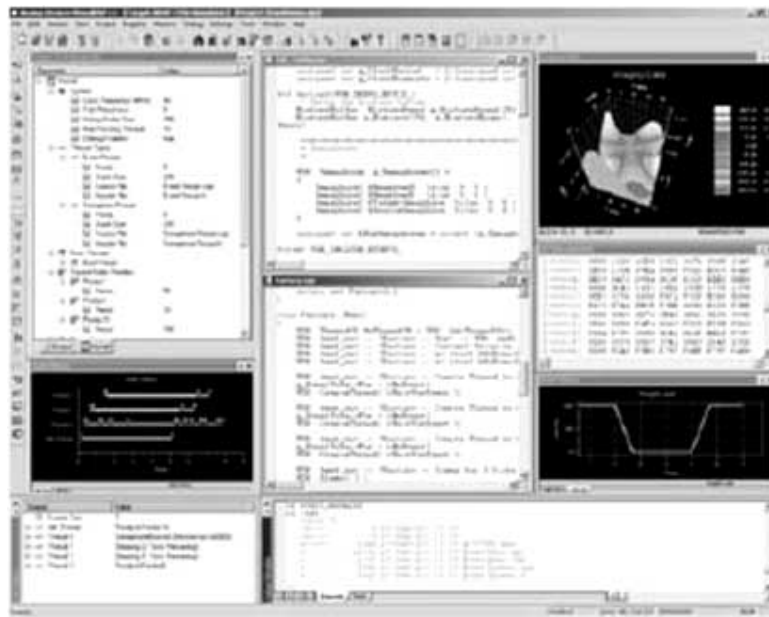


图 1-11 VisualDSP++的界面

使用 VisualDSP++开发 DSP 程序的过程和开发 PC 应用程序的过程类似，在集成开发环境里可以完成代码的编写、编译连接、调试和仿真，并把代码下载到目标系统里进行实时调试。

VisualDSP++集成了工具：

数学、DSP、C/C++运行时间库

汇编器 (Assembler)

连接器 (Linker)

C/C++编译器 (C/C++ compiler)

模拟器 (Simulator)

调试器 (Debugger)

PROM 分割器 (PROM splitter)

VisualDSP++内核

绘图工具 (Graphical plotting)

专用连接器 (Expert Linker)

1.4.2 仿真器 (EZ-ICE)

仿真器 (EZ-ICE) 提供了基于对象的实时 DSP 系统调试。仿真器紧凑且便于使用, 可以提供广泛的仿真功能, 包括逐步执行和预置断点下的全速执行, 同时可以观察或改变寄存器和存储器中的内容。

EZ-ICE 和目标系统的 JTAG 接口连接, 对目标系统进行控制。EZ-ICE 通过串口或 USB 接口和计算机连接, 对于 ADSP-218x DSP 系列可使用串口仿真器, 而 ADSP-219x 和 Blackfin DSP 系列则可用 USB 接口的仿真器。

本文内容来自互联网, 著作权归原作者所有。由电子零件城 (<http://www.epcity.com/>) 整理并制作成 PDF 文件, 仅供个人学习之用, 不得用于任何商业目的, 否则后果自负。如果您认为本 PDF 文件侵犯了您的任何权利, 请来信 epcity@epcity.com 通知, 本站立即删除。

搜集整理: 电子零件城-笨笨兔 (QQ: 154502842) 2004-04-10