

# DSP 开发入门综述

电子科技大学 TI-DSPs 技术/培训中心 管庆

DSP 是 Digital Signal Processing (数字信号处理) 或 Digital Signal Processor (数字信号处理器) 的缩写。这一章中我们要讲的内容是, 如何开始采用一个或多个数字信号处理芯片对输入信号(数字信号)进行分析、处理。所以在你进行 DSP 开发之前, 你应该明确以下几个问题:

- (1) . 你是否应该或需要使用 DSP?
- (2) . 你应该选择哪个型号的 DSP?
- (3) . 你熟悉你即将使用的 DSP 吗? 包括它的硬件结构、外设控制、指令系统、寻址方式以及开发环境(工具)?

## § 1-1 为什么要采用数字信号处理 ?

### (1) 灵活性

在模拟处理系统, 当需要改变一个模拟系统的应用时, 你可能不得不修改硬件设计, 或调整硬件参数。而在数字处理系统, 你可以通过改变数字信号处理软件来修改设置, 以适应不同的需要。

### (2) 精度

在模拟处理系统, 系统精度受元器件影响, 同一批次产品可能有不同的性能。而在数字处理系统中, 精度仅与 A/D 的位数和计算机字长、算法有关, 它们是在设计系统是就已经决定了的。

### (3) 可靠性和可重复性

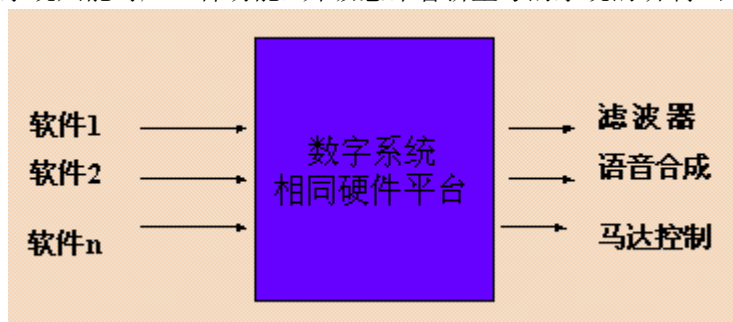
模拟系统易受环境温度、湿度、噪声、电磁场等的干扰和影响, 而数字系统的可靠性和可重复性好。

### (4) 大规模集成

模拟系统尽管已有一些模拟集成电路, 但品种较少、集成度不高、价格较高。而数字系统中 DSP 体积小、功能强、功耗小、一致性好、使用方便、性能/价格比高。

### (5) 虚拟特性与升级

一套模拟系统只能对应一种功能, 升级意味着新型号的系统的研制。而数字系



统中一套系统对应多种功能, 只要装上不同的软件即可。

图 1 软件使得数字系统更加灵活

(6) 特殊应用：有些应用只有数字系统才能实现

例如：[信息无失真压缩](#)（LOSSLESS COMPRESSION）、[V 型滤波器](#)（NOTCH FILTER）、[线性相位滤波器](#)（LINEAR PHASE FILTER）等等

但数字信号处理也有局限性：

(1) 实时性

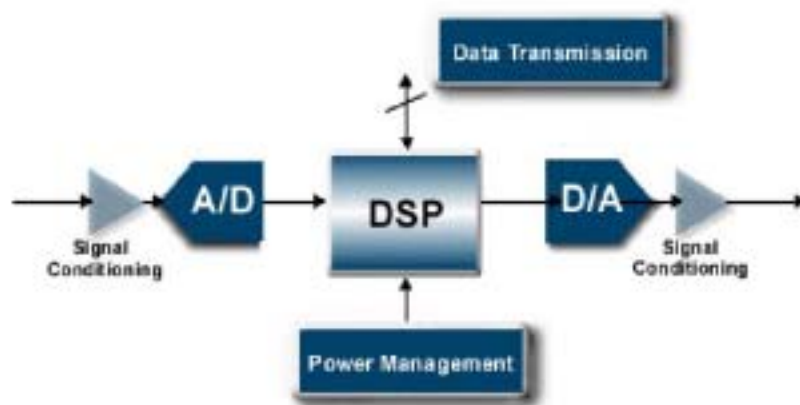
[模拟系统](#)中除开电路引入的延时外，处理是实时的。而[数字系统](#)：由计算机的处理速度决定。

(2) 高频信号的处理：

[模拟系统](#)可以处理包括微波毫米波乃至光波信号，而[数字系统](#)：按照奈奎斯特准则的要求，受 S/H、A/D 和处理速度的限制。

(3) 模拟与数字信号的转换

现实世界的信号绝大多数是模拟的（温度、速度、压力等），转换成的电信号也是模拟的（电流、电压等）。要实现数字处理，就必须进行转换。所以一般在一个 DSP 系统中都有数/模或模/数转换电路，这也限制了 DSP 的应用。[下面是一个采用 DSP 做信号处理的典型框图](#)：



## § 1-2 DSP 的发展与特点

### DSP 的特点

(1) 哈佛结构

程序与数据存储空间分开，各有独立的地址总线 and 数据总线，取指和读数可以同时进行，从而提高速度。

(2) 用指令流水线

取指	译码	寻址	取数	运算	存储		
	取指	译码	寻址	取数	运算	存储	
		取指	译码	寻址	取数	运算	存储

(3) 硬件乘法/累加器

在卷积、数字滤波、FFT、相关、矩阵运算等算法中，都有 $\sum SA(k)B(n-k)$ 一类的运算，其中包含大量重复乘法和累加。在通用计算机的乘法用软件实现，需要用若干个机器周期。而 DSP 有专用的硬件乘法器，使用 MAC 指令（取数、乘法、累加），可以在单周期内完成。（4）多种寻找方式

循环寻址（Circular addressing），位倒序（bit-reversed）等特殊指令，使 FFT、卷积等运算中的寻址、排序及计算速度大大提高。1024 点 FFT 的时间已小于 1ms。（5）独立的 DMA 总线和控制器

有一组或多组独立的 DMA 总线，可以与 CPU 的程序、数据总线并行工作。在不影响 CPU 工作的条件下，DMA 速度已达 800Mbyte/s 以上。（6）多处理器接口现在的 DSP 中大多都提供了串口和并口，使多个处理器可以很方便的并行或串行工作。如 TMS320C40 有 6 个 8-bit 的接口，VC5420 提供 MsBSP 和 16 位的并口，ADI 的 ADSP21160 也有类似的结构。（7）所有 DSP 芯片都包含 JTAG（Joint Test Action Group）标准测试接口（IEEE 1149 标准接口），便于对 DSP 作片上的在线仿真和多 DSP 条件下的调试。

### DSP 的发展

- 更高的运行速度和信号处理速度
- 多DSP协同工作
- 更方便的开发环境
- 大量专用DSP的出现（DSP核）
- 更低的价格，或更高的性能/价格比
- 更广泛的应用（每年以30%增长）
- 更低的功耗（55X 0.05mw/MIPS）

### § 1-3 Ti 的 DSP 系列

#### DSP 的主要供应商

目前市场上的主要 DSP 生产商包括 TI, ADI, Motorola, Lucent 和 Zilog 等，其中 TI 占有最大市场份额。作为第一片 DSP 产品 TMS32010 的生产商和 DSP 行业的领头者，TI 公司的产品包括从低端的低成本低速度 DSP 到高端大运算量的 DSP 产品。

#### TI 的三大主力 DSP 产品

C5000系列：C54X, C54XX, C55X（低功耗）

C2000系列：C20X, F20X, F24X, F24XX（控制器）

C6000系列：C62XX, C67XX, C64X（高性能）

#### TI 其他 DSP 产品

C3X系列（浮点）：C30, C31, C32, [VC33](#)

C2X和C5X系列：C20, C25, C50等

C4X、C8X 系列

#### DSP 主要供应商的网站

德州仪器（TI）：<http://www.ti.com>, <http://www.ti.com.cn>

模拟器件（ADI）：<http://www.analog.com>

朗讯科技：<http://www.lucent.com>

摩托罗拉：<http://www.mot.com>

## § 1-4 Ti 的 DSP 系列介绍

目前，广泛使用的 TI 的 DSP 有三个系列：C2000，C5000 和 C6000，C3X 也有使用，而其他型号都基本淘汰。需要提醒注意的是，同一系列中不同型号的 DSP 一般都具有相同的 DSP 核，相同或兼容的汇编指令系统；而它们的差别仅在于片内存储器的大小，外设资源（如定时器、串口、并口等）的多少。不同系列的 DSP 它们的汇编指令系统不兼容，但汇编语言的语法非常相似。除了汇编语言外，TI 还为每个系列都提供了优化 C 编译器，方便用户使用 C（使用 ANSI 的标准 C）语言进行开发，效率可以做到手工汇编的 90% 甚至更高。下面我们简单介绍这个常用系列：

### 1. ‘C2000 系列：

‘C2000 系列是一个控制器系列，全部为 16 位定点 DSP。该系列中的一些型号具有片内 FLASH RAM，如 TMS320F24X，TMS320LF240X 等。TI 所有 DSP 中，也只有 C2000 有 FLASH。作为控制器，C2000 系列除了有一个 DSP 核以外，还有大量的外设资源，如 A/D、定时器、各种串口（同步或异步）、WATCHDOG、CAN 总线、PWM 发生器、数字 IO 脚等等。特别是 C2000 的异步串口可以与 PC 的 UART 相连，也是 TI 所有 DSP 中唯一具有异步串口的系列。

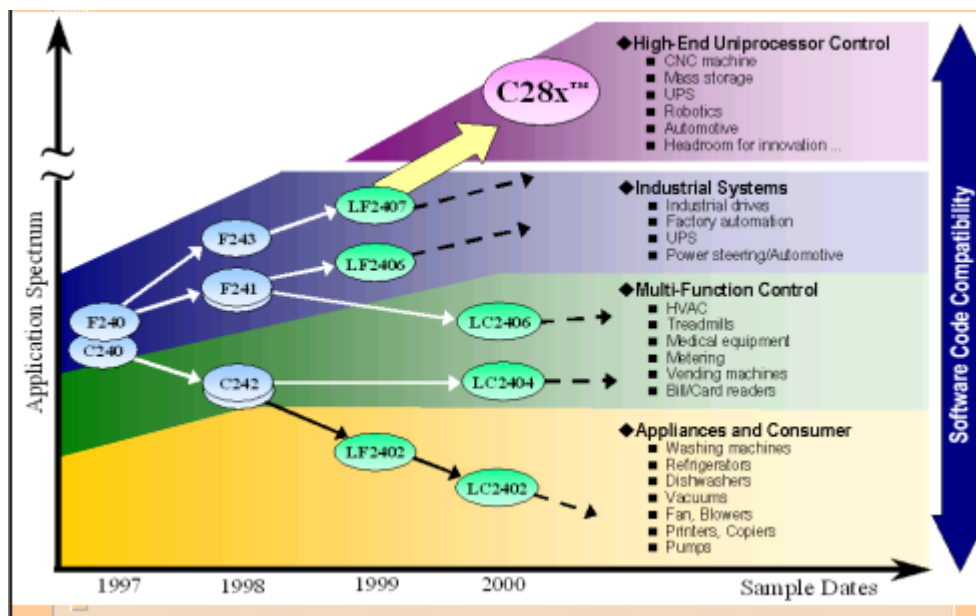


图 2 ‘C2000 系列 DSP 的型号

### 2. ‘C5000 系列：

‘C5000 系列是一个定点低功耗系列，特别适用于手持通讯产品，如手机、PDA、GPS 等。目前的处理速度一般在 80MIPS-400MIPS。C5000 系列主要分为 C54XX 和 C55XX 两个系列。两个系列在执行代码级是兼容的，但他们的汇编指令系统却不同。目前 TMS320VC5402 的零售价格在 ¥60-¥80 元，性价比极高。C5000 包含的主要外设包括 McBSP 同步串口，HPI 并行接口，定时器，DMA 等。其中 C55XX 提供 EMIF 外部存储器扩展接口，允许用户直接使用 SDRAM、SBSRAM、SRAM、EPROM 等各种存储器。而 C54XX 没有提供 EMIF，所以只能直接使用静态存储器 SRAM 和 EPROM。另外，C5000 系列一般都使用双电源供电，其 I/O 电压和核电压一般不同，而且不同型号也有差别。不过，TI 提供了全系列的 DC-DC 变换器可以解决 DSP 的电源问题。C5000 系列一般都提供 PGE 封装，便于 PCB 板的制作。

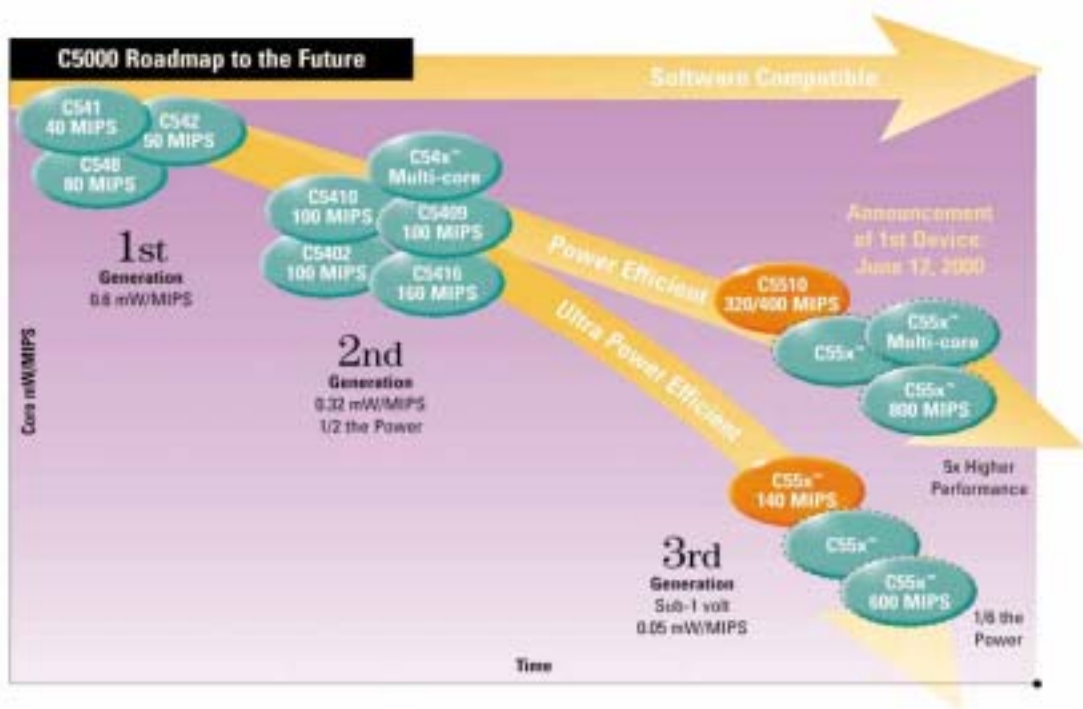


图3 C5000 系列 DSP

### 3. ‘C3X 系列:

C3X 系列虽然不是目前 TI 的主流产品，但作为一个 32 位的低价位浮点 DSP，仍然被广泛使用。其中，TMS320VC33 的价格大约在 ¥200 元左右，其最高处理速度为 150MFLOPS。C3X 系列的结构比较简单，外设也比较少，主要有同步串口，DMA 通道，定时器，能用于数字 I/O 的引脚也只有 2 条。下面是 VC33 的简单情况：

- 。高品质的浮点 DSP，13ns 和 17ns 指令周期
- 。34Kx32Bit 片内 RAM
- 。X5 PLL 时钟产生器
- 。低功耗，<200mv @ 150MFLOPS
- 。16/32bits 整数和 32/40bits 浮点数运算
- 。32 位指令字，24bits 地址线
- 。具有 BOOTLOADER。一个串口，两个 32 位的定时器和 DMA
- 。八个扩展精度寄存器，R0, R1, .. R7
- 。双电压共电，1.8V 核电压和 3.3V 的 I/O 电压
- 。支持 JTAG 调试标准。四个简单、高效的预译码信号

### 4. ‘C6000 系列:

C6000 系列是一个 32 位的高性能的 DSP 芯片，目前处理速度从 800MIPS-2400MIPS，而且还在不断提高。其中，C62XX 为定点系列，C67XX 和 C64XX 为浮点系列。同 C55XX 一样，C6000 也提供 EMIF 扩展存储器接口，方便用户使用各种外部扩展存储器，如 SBSRAM、SDRAM、SRAM、EPROM。C6000 提供的主要外设 McBPS 同步串口，HPI 并行接口，定时器，DMA 等。另外，在 C6000 的一些型号中还提供了 PCI 接口。C6000 几乎都只提供 BGA 球形封装，在 PCB 板制作时需要多层板，增加了开发和调试的难度。另外，C6000 系列的功耗较大，需要仔细考虑 DSP 与系统其他部分的电力分配，选择适当的 DC-DC 转换器。

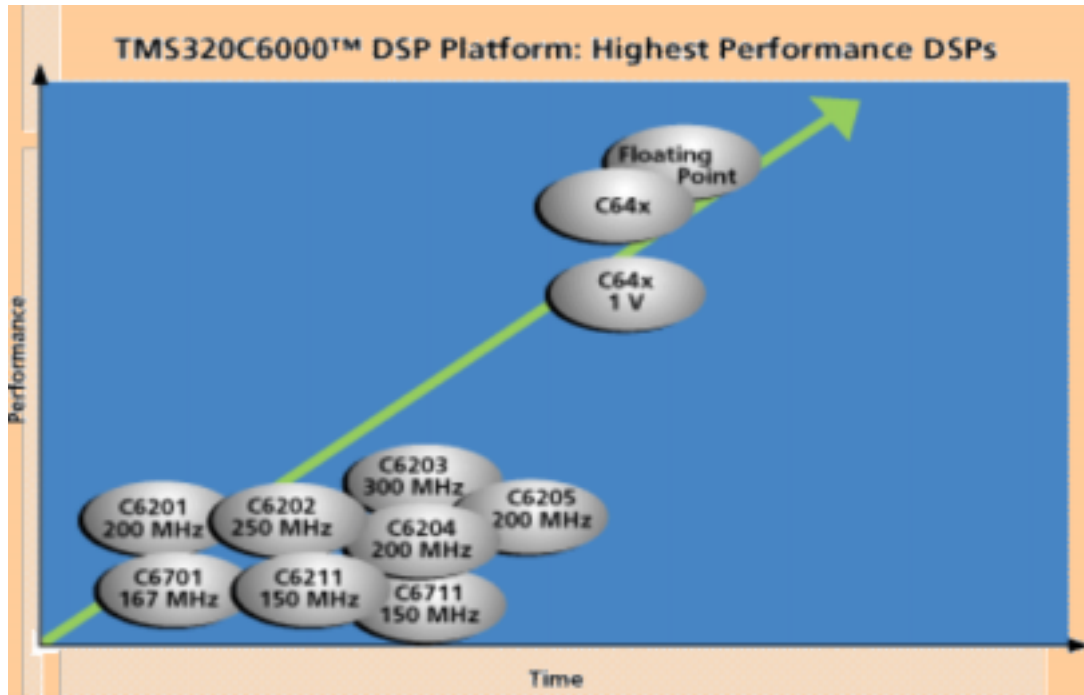


图 4 C6000 系列 DSP