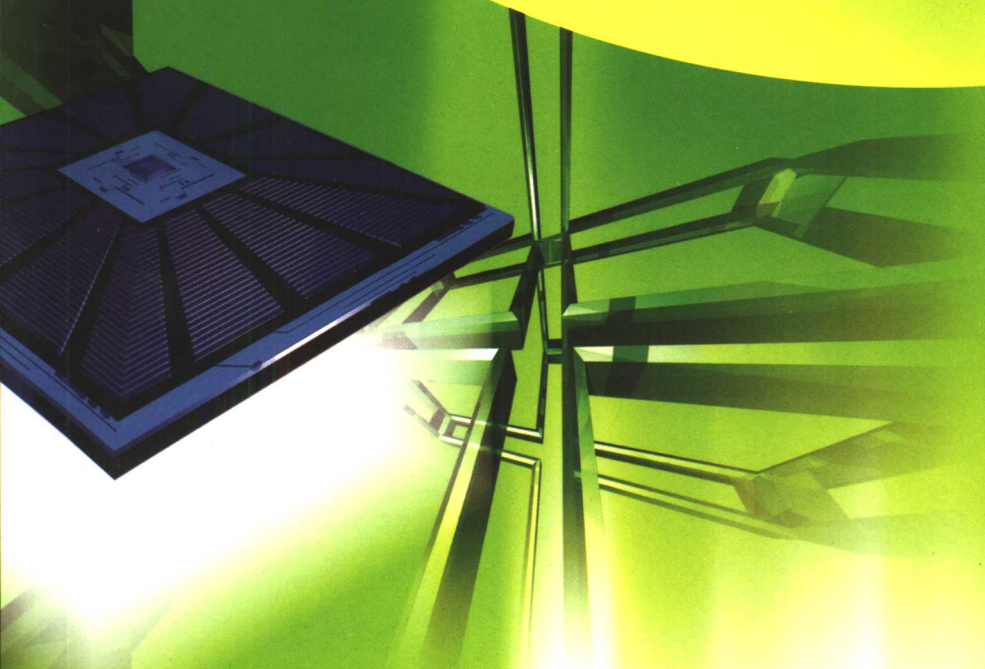


党瑞荣 谢 雁 李利品 等编著

TMS320C3x DSP 原理与应用



陕西科学技术出版社

TMS320C3x DSP 原理与应用

党瑞荣 谢 雁 李利品等 编著

陕西科学技术出版社

内 容 简 介

本书是作者根据多年来对 DSP 进行开发和应用的基础上完成的。首先介绍了目前广泛使用的 DSP 芯片的基本结构和特点,进而结合最新推出的高性价比芯片 TMS320VC33,详细地介绍了 DSP 的硬件结构和工作原理,包括对引脚的详细介绍、总线结构、CPU 寄存器、主总线控制寄存器、定时器、串行口、DMA 等的设置和应用。在软件方面,详细地介绍了各种寻址方式和指令系统、中断的应用以及流程控制,并介绍了公共目标文件的结构、十六进制文件转换及引导方法。最后对软件和硬件的综合应用进行了专门的描述,给出了各种应用实例。本书内容丰富,实用性强,适合电子技术领域的工程技术人员参考,也可用作本科生和研究生的教学用书。

图书在版编目 (CIP) 数据

TMS320C3x DSP 原理与应用/党瑞荣等编著. —西安:
陕西科学技术出版社, 2006. 3
ISBN 7-5369-3974-4

I. T... II. 党... III. 数字信号—信息处理系统
IV. TN911. 72

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 015899 号

出 版 者 陕西科学技术出版社
西安北大街 131 号 邮编 710003
电话 (029) 87211894 传真 (029) 87218236
[http: //www. snstp. com](http://www.snstp.com)
发 行 者 陕西科学技术出版社
电话 (029) 87212206 87260001
印 刷 陕西宏业印务有限公司
规 格 787mm × 1092mm 16 开本
印 张 15
字 数 330 千字
版 次 2006 年 2 月第 1 版
2006 年 2 月第 1 次印刷
定 价 28.00 元

版权所有 翻印必究

(如有印装质量问题, 请与我社发行部联系调换)

前 言

数字信号处理器(Digital Signal Processor, DSP)是一种具有特殊结构的微处理器,采用了程序总线与数据总线分开的哈佛结构,具有专门的硬件乘法器,指令的取指、译码、读操作数和执行采用流水线作业,提供了特别适合于进行数字信号处理的位反转指令、循环寻址指令,具有速度快、编程方便、精度高、稳定性好、接口方便、集成度高、指令丰富等特点。

DSP 技术的发展非常迅速,性能价格比不断提高,开发手段和开发环境不断升级,应用领域不断扩大,在通信、信息系统、自动控制、测试、信号处理、雷达、兵器、航空航天、船舶、电子工业、医疗卫生、玩具、家用电器等领域得到广泛应用,目前正在以更快的速度发展,有着非常好的应用前景。

DSP 芯片的种类繁多,主要的生产商有 TI 公司、AD 公司、Motorola 公司和 Lucent 公司等,即使是同一公司生产的 DSP,其硬件和软件也不完全兼容。TI 公司的 DSP 在市场上所占份额最高,其中 TMS320C3x 系列不仅具有浮点处理能力,应用也较为普遍,本书结合最新推出的高性价比 TMS320VC33 芯片,对硬件进行详细介绍,其寄存器结构、定时器、串行口和 DMA 的操作与 TMS320C30 相同,与该系列中其他各型号的 DSP 基本类同,所以通过对 TMS320VC33 硬件的详细了解,可以对该系列的 DSP 起到举一反三的效果。在软件方面,TMS320C3x 的软件是兼容的,所以本书有关软件的内容可直接用于该系列中其他各型号的 DSP。

全书共分 12 章,第 1 章主要介绍目前常用的各种 DSP 芯片的结构和特点,为 DSP 的选型提供主要参考。第 2 章到第 4 章以 TMS320VC33 为例,对硬件进行详细和全面的介绍,其中第 2 章结合 TMS320VC33 的引脚分类和功能,介绍主总线接口信号、控制信号、串行口信号、定时器信号、振荡电路和 JTAG 仿真信号等内容以及内部和外部总线结构、CPU 结构和存储器组织。第 3 章介绍各种 CPU 寄存器和高速缓冲存储器的结构、功能和应用。第 4 章介绍定时器、串行口和 DMA 及控制寄存器的结构、设置和应用。

第 5 章到第 10 章主要介绍软件系统,其中第 5 章介绍浮点数的格式和运算。第 6 章详细地介绍各种寻址方式,以大量实例的形式说明了寻址方法和操作过程。第 7 章对各种汇编语言指令进行详解,并讨论了流程控制、中断、堆栈和队列等问题。第 8 章讨论了流水线操作过程,包括流水线冲突及冲突的解决办法。第 9 章介绍软件开发过程中用于链接的公共目标文件的结构和设计方法。第 10 章介绍十六进制文件转换和引导的实现。

第 11 章和第 12 章分别讨论软件和硬件的应用,其中第 11 章介绍软件的应用,给出了滤波、FFT 等方面的大量汇编语言程序。第 12 章介绍硬件的应用,给出了接口方面的实例。

本书的完成得益于作者近年来在从事大量科研课题的研究过程中对 DSP 的学习、开发与实际应用所积累的经验,也得益于对本科生和研究生讲授 DSP 课程的实践。全书撰

写过程中,得到了作者所在课题组成员的全力合作与配合,其中党瑞荣编写了第1、2、3、4、9、10章,谢雁编写了第6、7、8章,并对全书进行了校对,李利品编写了第11章,高国旺编写了第5章,并编写了第4章的部分内容,任志平编写了第12章,并编写了第9章的部分内容。刘蔚、杨灏、石浩亮、赵峰、秦瑶、王洪森、邢亚敏、于英强为本书的录入和插图做了大量的工作,对他们的辛勤劳动表示感谢。

由于作者水平所限,加之时间紧张,书中可能有不少错误,恳请读者批评指正。

作 者

2006年1月23日于西安石油大学

目 录

第1章 概论	1
1.1 引言	1
1.2 DSP系统的特点	1
1.3 DSP的发展历程	2
1.4 TMS320系列DSP的主要性能	3
1.4.1 TMS320C1x	3
1.4.2 TMS320C2x	4
1.4.3 TMS320C2xx	4
1.4.4 TMS320C3x	5
1.4.5 TMS320C4x	6
1.4.6 TMS320C5x	7
1.4.7 TMS320C54x	7
1.4.8 TMS320C62xx	8
1.4.9 TMS320C67xx	8
1.4.10 多处理器DSP芯片TMS320C8x	9
1.5 其他公司的DSP产品	9
1.6 DSP的分类	10
1.7 DSP的选择	11
1.8 DSP的应用	13
1.9 DSP应用系统的设计开发过程	15
1.9.1 方案设计	15
1.9.2 硬件设计	15
1.9.3 软件设计	17
1.9.4 系统调试	18
1.9.5 系统试验	18
第2章 TMS320VC33的结构	20
2.1 命名规则	20
2.2 TMS320VC33的引脚及信号说明	21
2.2.1 主总线接口信号	26
2.2.2 控制信号	27
2.2.3 串行口信号	28

2.2.4 定时器信号	29
2.2.5 电源及振荡器信号	29
2.2.6 JTAG 仿真信号	32
2.3 总线结构	33
2.3.1 内部总线	33
2.3.2 外部总线	35
2.4 中央处理单元	35
2.5 存储器组织	37
2.5.1 存储器分配	37
2.5.2 中断向量和分支指令存储器分配	39
2.5.3 外围寄存器地址分配	40
第3章 寄存器和高速缓冲存储器	42
3.1 寄存器	42
3.2 高速缓冲存储器	50
3.2.1 Cache 结构	50
3.2.2 Cache 算法	51
3.2.3 Cache 控制位	52
第4章 外围	53
4.1 定时器	53
4.1.1 定时器全局控制寄存器	54
4.1.2 周期寄存器和计数器	57
4.1.3 定时器的脉冲发生器	58
4.1.4 定时器中断	60
4.1.5 定时器编程实例	60
4.2 串行口	61
4.2.1 串行口全局控制寄存器	62
4.2.2 发送端口控制寄存器	65
4.2.3 接收端口控制寄存器	66
4.2.4 接收/发送定时器控制寄存器	67
4.2.5 接收/发送定时器计数器	69
4.2.6 接收/发送定时器周期寄存器	69
4.2.7 数据发送寄存器	69
4.2.8 数据接收寄存器	69
4.2.9 串行口的配置	70
4.2.10 串行口的工作时序	71
4.2.11 串行口的中断源	73

4.2.12	串行口的数据传输方式	73
4.2.13	串行口初始化与配置	76
4.2.14	TMS320C3x 串行口的应用实例	77
4.3	DMA 控制器	79
4.3.1	DMA 全局控制寄存器	79
4.3.2	目的地址和源地址寄存器	80
4.3.3	传输计数寄存器	81
4.3.4	CPU 和 DMA 的优先权	81
4.3.5	DMA 的传输方式	81
4.3.6	DMA 编程与应用实例	83
第5章	数据格式和浮点运算	88
5.1	有符号整数格式	88
5.2	无符号整数格式	88
5.3	浮点数格式	89
5.3.1	短浮点格式	89
5.3.2	单精度浮点格式	90
5.3.3	扩展精度浮点格式	91
5.3.4	浮点数转换成整数	91
5.3.5	浮点格式间的转换	93
5.4	浮点数的运算	94
5.4.1	浮点数的乘法	94
5.4.2	浮点数的加法和减法	94
5.4.3	浮点数的除法	95
第6章	寻址方式	97
6.1	寄存器寻址	97
6.2	直接寻址	97
6.3	间接寻址	98
6.3.1	直接给出偏移量的间接寻址	99
6.3.2	通过索引寄存器调整偏移量的间接寻址	102
6.3.3	特殊的间接寻址	105
6.4	立即寻址	105
6.5	PC 相对寻址	106
6.6	循环寻址	106
6.7	位反转寻址	110
6.8	系统堆栈和用户堆栈管理	111
6.8.1	系统堆栈指针	111

6.8.2 用户堆栈	112
6.8.3 队列	113
第7章 汇编语言指令	114
7.1 数据传输指令	114
7.2 二操作数指令	115
7.3 三操作数指令	120
7.4 流程控制	122
7.4.1 流程控制指令	122
7.4.2 条件代码和标志	124
7.4.3 重复方式	125
7.4.4 延迟跳转	128
7.4.5 子程序调用	129
7.4.6 中断	129
7.5 低功耗控制指令	130
7.6 互锁操作指令	132
7.7 并行操作指令	132
第8章 流水线操作	136
8.1 流水线结构	136
8.2 流水线冲突	137
8.2.1 跳转冲突	137
8.2.2 寄存器冲突	139
8.2.3 存储器冲突	140
8.3 解除寄存器冲突	145
8.4 最佳性能的存储器存取	146
8.5 存储器存取时序	147
8.5.1 程序的取指	147
8.5.2 数据的装载和存储	147
第9章 公共目标文件格式	151
9.1 段及段命令	151
9.2 链接器及命令文件	154
9.2.1 缺省分配算法	154
9.2.2 用命令文件分配存储器	154
9.3 程序重定位	155
9.4 COFF 文件中的符号	156
9.5 COFF 格式编程举例	157

第 10 章 十六进制转换与引导	158
10.1 十六进制转换的作用	158
10.2 十六进制转换命令及转换流程	159
10.3 命令文件的建立与使用	162
10.4 存储器的分配	163
10.5 引导	167
第 11 章 软件应用	170
11.1 处理器初始化	170
11.1.1 处理器初始化	170
11.1.2 应用汇编语言实现处理器初始化	170
11.2 程序控制	173
11.2.1 子程序调用	173
11.2.2 软件堆栈	175
11.2.3 中断服务程序	175
11.2.4 延时跳转	179
11.2.5 重复方式	179
11.3 逻辑和算术运算	181
11.3.1 位管理	181
11.3.2 块移动	181
11.3.3 位反转寻址	182
11.3.4 整数和浮点数除法	183
11.3.5 平方根	185
11.3.6 扩展精度算法	187
11.4 定向应用操作	189
11.4.1 压扩	189
11.4.2 FIR、IIR 和自适应滤波器	191
11.4.3 矩阵—矢量乘法	197
11.4.4 快速傅立叶变换(FFT)	199
11.4.5 格型滤波器	213
第 12 章 硬件应用	217
12.1 TMS320VC33 芯片的电源设计	217
12.1.1 电压结构及要求	217
12.1.2 电流要求	217
12.1.3 TMS320VC33 芯片供电电压的产生	218
12.2 3.3V 和 5V 混合逻辑系统设计	218

12.2.1 各种电平的转换标准	218
12.2.2 TMS320VC33 与外围器件的接口	220
12.3 TMS320VC33 系统接口设计	221
12.3.1 时钟振荡器电路	221
12.3.2 复位信号的产生	222
12.4 JTAG 仿真接口	222
12.5 TMS320VC33 存储器扩展接口设计	224
参考文献	227

第1章 概 论

1.1 引言

DSP 的品种很多,用途和性能也差异很大,为了便于对 DSP 形成一个比较系统的概念,本章从广泛的意义上介绍 DSP 的特点、发展历程、发展方向、DSP 的分类和选择方法,最后介绍 DSP 系统的设计开发过程。由于 DSP 品种繁多,本书后续章节中只能通过具体的一种芯片对其从软件、硬件和开发应用方面进行详细地分析,本章所涉及的内容是对全书的补充,同时也是全面了解 DSP 的性能、特点和应用领域并合理地选择 DSP 的基础内容。

1.2 DSP 系统的特点

DSP 芯片也称数字信号处理器,是一种特别适合于进行数字信号处理和运算的微处理器,主要应用于实时快速地实现各种数字信号处理的算法。根据数字信号处理的要求,DSP 芯片一般具有以下特点:

(1)速度快

在一个指令周期内可完成一次乘法和一次加法,有许多 DSP 芯片还可支持并行指令,在一个 CPU 周期内可实现两条指令的同时运行。以 TI 公司的多处理器芯片 TMS320C8x 为例,其处理速度可达每秒 20 亿次,与外部数据交换的速度可达每秒 400Mbps。本书作为主要内容所讲述的中等速度的芯片 TMS320VC33 的指令周期为 13ns,这远比目前使用的各种单片机的速度高。

(2)编程方便

为了支持高的运行速度,DSP 芯片内部都采用了通用集成电路所无法达到的高速 RAM,有的芯片还设置了高速缓冲器(Cache),用于指令的快速译码,即程序的运行必须利用 DSP 芯片内部的高速 RAM。为了便于用户的使用,DSP 所采用的编程方法有三种:第一种方法是通过具有很少几个管脚所构成的 JTAG 口将程序写入 DSP 芯片的 ROM 内,然后由 DSP 内的驻机程序自动将 ROM 内的程序加载到高速 RAM 内运行;第二种方法是通过通用的编程,将程序直接写在 DSP 的 ROM 内,为了高速运行,当 DSP 上电后,这种由编程器写入到 ROM 内的程序也需要加载到芯片内部的高速 RAM 内运行,这种方法适合于引脚数较少的 DSP;第三种方法是将程序写入电路板上外扩的低成本、低速、通用 ROM 芯片内,上电后,由 DSP 内的驻机程序自动地将外部 ROM 内的程序引导到 DSP 的高速 RAM 内。这些灵活的编程方法为用户的使用提供了极大的方便。

(3) 精度高

实现高精度的信号分析与处理是 DSP 能够快速发展并得到广泛应用的一个重要原因。有些 DSP 的字长可达到 32 位,扩展精度可达 40 位,许多芯片还具有浮点运算功能,其中扩展精度浮点数的指数用 8 位二进制表示,分数和符号位用 32 位二进制数表示,所能够表示的最大和最小正、负数与微型计算机所能表示的最大及最小正、负数相同,这对高精度、小体积、低成本、实时的现场应用特别重要。

(4) 稳定性好

DSP 是以数字处理为基础的,不易受到噪声、电磁、温度等外界环境因素的影响,有些 DSP 还设有看门狗系统,可实现 DSP 系统的长期、可靠运行,计算和信号处理结果的正确性不受外界因素的影响。

(5) 接口方便

DSP 芯片的数字部件有高度的规范性,与其他以现代数字技术为基础的集成电路和系统有很好的兼容性,接口十分方便,另外,根据 DSP 功能的侧重点不同,不少芯片还设置了一些使用起来非常方便的功能,如 USB 口、I²C 口、RS232 口以及片内集成的 A/D、D/A 等。

(6) 集成度高

高的集成度在减小了芯片体积同时,也增强了系统的硬件资源,有利于 DSP 应用系统的小型化,减少了外围扩展芯片的数目,提高了可靠性,降低了生产成本。目前,DSP 芯片的价格已达到了非常低廉的程度。

(7) 指令丰富

许多 DSP 芯片支持非常适合于相关、卷积、FIR、IIR 和 FFT 运算的循环寻址、位反转寻址等特殊指令,对数字信号处理起到了非常方便的作用,实现了其他 CPU 所无法实现的快速、高效运算功能,而且编程十分方便。

(8) 支持流水线作业

在一个 CPU 指令周期内,可以同时几条指令进行不同的操作,即同时对几条连续的指令分别进行取指令、译码、读操作数、执行等操作。再加上快速的中断处理、并行指令功能及无开销的循环、跳转等优越性,使得 DSP 有非常理想的运算性能。

1.3 DSP 的发展历程

AMI 公司于 1978 年生产的 S2811 和 Intel 公司于 1979 年生产的商用可编程器件 2920 是最早的 DSP 处理器,但这两种 DSP 芯片都不具有单周期硬件乘法器,其性能与现代 DSP 芯片有较大的差距。日本 NEC 公司于 1980 年推出了第一个具有硬件乘法器的 DSP 处理器 PD7720,之后,美国贝尔实验室也于 1981 年推出具有片内乘法器和存储器的 DSP 芯片 DPSI,PD7720 与 DPSI 都是 16 位字长的芯片。

日本东芝公司 1982 年推出浮点 DSP 芯片,AT&T 公司 1984 年推出的 DSP32 是较早的具备较高性能的浮点 DSP 处理器。

1982 年德州仪器公司(Texas Instruments, TI)的 TMS320 系列 DSP 处理器问世,这是

DSP 应用历史上的一个里程碑,从此 DSP 芯片真正开始得到广泛应用。TMS320 系列 DSP 也是目前最具有影响、应用最广泛的处理器芯片。TI 公司的主要产品包括 10 个系列,其命名以 TMS320 开头再加序列号,如 TMS320C1x, TMS320C2x 等(以下的列举省略“TMS320”字样),各系列的 DSP 代号如表 1.1 所示。

表 1.1 TMS320 系列 DSP

C1x	C2x	C2xx	C3x	C4x	C5x	C5xx	C6x	C8x	AVx
C10	C20	C203	C30	C40	C50	C540	C6201	C80	AV110
C11	C25	LC203	C31	C44	LC50	C541	C6701	C82	AV120
C14	C26	LC206	C32		C51	C542	C6202		
C15	C28	F206	VC33		LC51	LC542	C6211		
C17		C209			C52	LC543	C6711		
		C240			C53	LC545			
		C241			LC53	LC546			
		F241			C53S	LC548			
		C243			LC53S	LC549			
		F243			LC56	LVC549			

表中 C1x 系列产品还很多,是较早的产品;C2xx 和 C5xx 系列是 1995 年推出的,C6x 是 1997 年推出的,另外各系列也不断地有新产品补充,如 TMS320VC33 是 2001 年推出的对 C3x 的补充。

DSP 芯片从出现到现在的 20 年间发展迅速,已有 20 ~ 30 家厂商推出了上百种型号的产品。除 TI 公司 TMS320 系列以外,其他具有代表性并得到较广泛应用的 DSP 系列芯片主要有 AT&T 公司的 DSP16、DSP32;INMOS 公司的 A100、A110;NEC 公司的 PD7720、PD77230;Motorola 公司的 DSP6000、DSP9600 等。

1.4 TMS320 系列 DSP 的主要性能

TI 公司的 DSP 占世界市场份额的 50% ~ 70%,是世界上最大的 DSP 供应商。因此本节重点介绍 TI 公司 TMS320 系列 DSP 的性能。TMS320 系列 DSP 有两种类型:一是定点芯片,如 TMS320C1x、C2x、C2xx、C5x、C6x 中的 C6201、C6202、C6211;二是浮点芯片,如 TMS320C3x、C4x、C6x 中的 C6701、C6711, C8x 等,其中 C8x 为多处理器芯片,内部集成了 4 片处理器,浮点格式可用 64 位二进制表示。

1.4.1 TMS320C1x

TMS320C1x 是 TI 公司的第一代 DSP 处理器,其产品包括 TMS320C10、TMS320C11、TMS320E14/P14、TMS320C15/LC15、TMS320E15/P25、TMS320C15/25、TMS320E15/25、TMS320C17/LC17、TMS320E17/P17 等。它们的主要性能是:

- 指令周期为 160ns/200ns/280ns;
- 片内 RAM 为 144 字节,其中 TMS320C15/E15/C17/E17 为 256 × 16;

- 片内 ROM 为 $1.5K \times 16$, 其中 TMS320C15/17 为 4KB;
- 外部程序存储器可以扩展到 $4K \times 16$;
- 16 位指令/数据字, 32 位逻辑单元/累加器;
- 并行乘法器, 16×16 位乘法, 乘积 32 位, 只需一个指令周期;
- 桶形移位器可将数据从存储器移到算术逻辑单元 ALU;
- 输入、输出通道各为 8 路;
- 具有 40Mbps 传输速率的 16 位双向数据总线;
- 单级向量中断, 4×12 位堆栈;
- 采用单一 5V 电源, 40 引脚的 DIP 双列直插和 44 引脚的 PLCC 塑料封装。

1.4.2 TMS320C2x

TMS320C2x 系列 DSP 主要包括 TMS320C20、TMS320C25、TMS320E25、TMS320C26、TMS320C25-33 及 TMS320C28。TMS320C2x 功能比较完善, 处理速度比第一代产品有了很大的提高, 并且在支持浮点运算、通信能力及灵活性、多处理器能力等方面都有了很大的提高, 是技术上比较成熟的一代定点 DSP 处理器, 在我国有着广泛的应用。其中 TMS320C25 是 TI 公司第二代 DSP 处理器中最具代表性, 也是应用最为广泛的一种产品, 其主要性能特点是:

- 指令周期: TMS320C25: 100ns; TMS320C25-33: 120ns; TMS320C25-50: 80ns;
- $4K \times 16$ 的片内掩膜 ROM;
- 片内 RAM: 544 字节, 分为 B0, B1, B2 三块, 其中 256 字可以编程为程序存储器和数据存储器;
- 程序存储空间和数据存储空间各为 $64K \times 16$;
- 32 位 ALU/累加器;
- 8 级 16 位硬件堆栈, 8 个辅助寄存器, 1 个专用算术单元;
- 全双工片内串行口可与串行 A/D 转换器等多种串行器件直接接口;
- 与片外的低速存储器及其他设备通信的等待状态插入;
- 16×16 位, 乘积为 32 位乘法器, 单周期乘法和累加指令;
- 输入、输出通道各为 16 路;
- 多处理器同步能力, 支持多处理器共享全局的存储器;
- 单精度扩展功能, 指令系统支持自适应滤波;
- FFT 位码反转寻址方式;
- 片内定时器, 片内时钟发生器;
- 采用单 +5V 电源, 68 脚 PGA 及 68 脚 PLCC 封装。

1.4.3 TMS320C2xx

TMS320C2xx 是 TI 公司的一代高性能、低价位定点 DSP 处理器。此系列定点 DSP 芯片的主要产品如表 1.1 所示, 其主要性能特性有:

- 时钟频率、指令周期达到: 40MHz/50ns/20MIPS, 57MHz/35ns/28.5MIPS, 80MHz/

25ns/40MIPS;

- 片内 RAM: C203/C204 为 544×16 , C205、F206/F207、C209 片内 RAM 达到 $4.5K \times 16$;
- 片内 ROM: C204/C209 为 $4K \times 16$;
- F206 具有 $32K \times 16$ 空间, 这样允许设计者无需使用高成本的片外存储器;
- CPU 具有以下功能: 32 位算术逻辑单元 (ALU); 32 位累加器; 16×16 位并行乘法器, 乘积为 32 位; 3 个定标移位器, 84 个 16 位辅助寄存器;
- 重复指令可提高程序空间使用率;
- 4 级流水线操作;
- 8 级硬件堆栈;
- 软件可编程定时器;
- 定时器及锁相环 (PLL) 可对时钟 $\times 1$ 、 $\times 2$ 、 $\times 4$ 、 $\div 2$ (对于 C209 只可以 $\times 2$ 或 $\div 2$);
- F207 具有两个同步串行口, 其他芯片除 C209 外各有一个同步串行口和一个异步串行口;
- 低功耗;
- 采用 5V/3.3V 电源, 100 脚 TQFP 封装 (C209 为 80 引脚 TQFP 封装);
- 源代码与 C1x、C2x、C5x 系列兼容。

1.4.4 TMS320C3x

TMS320C3x 是一种高性能的 CMOS 32 位器件, 是 TI 公司浮点 DSP, 也是其第一代浮点 DSP 芯片, 其系列包括 TMS320C30、TMS320C30 - 27、TMS320C30 - 40、TMS320C31、TMS320C31 - 27、TMS320C32。

TMS320VC33 是 TI 公司于 2001 年推出的性能价格比最高的浮点 DSP 产品, 也是本书作为主要内容介绍的数字信号处理器, 特别适合于信号处理、控制等应用领域, 具有体积小、成本低、功耗低、价格低、接口方便等特点。TMS320VC33 目前在国内应用的还不多, 但在今后可能成为一种主流性的产品。在所有 TMS320C3x 系列 DSP 芯片中, TMS320VC33 不仅可以取代该系列中所有的其他产品, 而且在出现了 TMS320VC33 后, 其他几种型号的 DSP 就显得相形见绌了。TMS320VC33 的主要性能有:

- 高性能的浮点数字信号处理器;
- 速度: TMS320VC33 - 150 指令周期为 13ns, 每秒 75 兆次指令 (Million Instructions Per Second, MIPS), 150 兆次浮点运算 (Million Floating - Point Operations Per Second, MFLOPS), TMS320VC33 - 120 指令周期为 17ns, 60 MIPS, 120 MFLOPS;
- 片内 RAM: $34K \times 32$ 位, 共分为 4 块, 其中 16K 和 1K 各 2 块;
- 内置 5 倍频锁相环时钟电路;
- 功耗: 运行速度为 150MFLOPS 时, 功耗小于 200mW;
- 32 位高性能 CPU, 整数可用 16 位短整型或 32 位长整型表示, 浮点数可用 32 位单精度或 40 位扩展精度表示;
- 4 个内置的片选通译码电路, 简化了 I/O 接口;

● 采用引导方式可将存储在外部的 8 位、16 位或 32 位低速 ROM 中的程序加载到 DSP 内部的 32 位高速 RAM 中指定的任何位置,实现高速运行;

● 可选择电平或边沿方式触发外部中断;

● 32 位指令字, 24 位地址线可寻址 16M 空间;

● 28 个 CPU 寄存器,其中有 8 个扩展精度寄存器;

● 34K×32 位的片内存储器;

● 1 个全双工串口,可编程为 32 位、24 位、16 位和 8 位字长,有固定和可变速率两种工作模式,每种模式可设置为爆发、连续和标准三种工作状态;

● 两个 32 位的定时器;

● 1 路 DMA(Direct Memory Access);

● 144 脚 LQFP 封装;

● 两种低功耗工作模式;

● 二操作数或三操作数指令;

● 两个地址发生器和两个辅助寄存器算术单元;

● 并行算术和逻辑运算单元;

● 单指令周期的乘法运算器;

● 无开销的块重复功能;

● 无开销的单指令重复功能;

● 单指令条件调用和条件返回功能;

● 支持多处理器联合工作的互锁指令;

● 可设置并自动插入等待状态的总线控制寄存器;

● 同时需要两种供电电压,其中内核(Core)供电电压 1.8V,I/O 端口供电电压 3.3V;

● 设置有符合 IEEE 1149.1 标准的片内仿真和测试 JTAG 端口。

1.4.5 TMS320C4x

TMS320C4x 系列 DSP 芯片是继 TMS320C3x 后的又一代浮点 DSP 处理器,其系列产品主要包括:TMS320C40、TMS320C44。C4x 是 TI 公司 20 世纪 90 年代推出的高性能 DSP 产品,功能在 C3x 的基础上做了进一步的改进和增强。C4x 是 DSP 芯片领域中最早用作并行处理的浮点 DSP 处理器。TMS320C4x 系列源代码与 C3x 系列浮点 DSP 芯片兼容。其主要特性有:

● C40 指令周期 33/50ns;C44 指令周期 33/40ns;

● 速度 30MIPS,60MFLOPS,I/O 能达到 384Mb/s;

● 片内 2K×32 的 RAM,128 字的程序高速缓存及引导装载程序;

● 两个外部总线,寻址能力达 4G×32;

● 两个 32 位定时器;

● 6 通道及 12 通道 DMA;

● 6 个通信端口以便多处理器通信;

● 省电方式;