

高等学校教材

数字信号处理器技术 原理与开发应用

王军宁 吴成柯 党 英 编著



高等教育出版社

内容简介

本书系统介绍数字信号处理器技术的基本概念、结构、实现及使用开发方法。以美国德州仪器公司开发的 TMS320C54x DSP 为典型代表, 全书共分十章。第一章详细介绍了数字信号处理器技术的发展、特点和种类。第二章介绍了当今各种不同的 DSP 结构和组成。第三章详细描述了 C54x DSP 的硬件结构和编程模型。第四章以 C54x DSP 为例介绍了数字信号处理器指令及使用, 包括寻址方式、汇编语言指令和伪指令系统。第五章主要介绍 DSP 程序设计工具及使用。第六章是 DSP 处理器的开发工具及使用环境。第七章介绍 DSP C 编译优化器使用及汇编混合编程方法。第八章介绍了 TI DSP/BIOS 的开发及使用。第九章是数字信号处理器硬软件设计与应用, 讨论了硬件设计和软件设计方法及应用举例。第十章是数字信号处理器技术开发与原理实验, 以 TMS320C5402 DSK 板为实验器材, 可供学习之后的原理验证、实习上机、应用参考之用。

全书以数字信号处理和微机原理为基础, 结合当今计算机和嵌入式系统技术, 讲述 DSP 的构成、技术原理与应用。可供大学本、专科生使用, 也可供研究生及有关 DSP 技术开发人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

数字信号处理器技术原理与开发应用/王军宁, 吴成柯, 党英编著. —北京: 高等教育出版社, 2003.12

ISBN 7-04-013019-X

I. 数... II. ①王...②吴...③党... III. 数字信号发生器 IV. TN911.72

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 097197 号

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100011
总 机 010-82028899

购书热线 010-64054588
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>

经 销 新华书店北京发行所
印 刷 北京铭成印刷有限公司

开 本 787×960 1/16
印 张 26.25
字 数 490 000

版 次 2003 年 12 月第 1 版
印 次 2003 年 12 月第 1 次印刷
定 价 32.60 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题, 请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

前 言

数字信号处理是当代发展最快的信息学科之一，尤其是在 20 世纪末年，由于数字信号处理理论的逐步成熟和研究内容的日益广泛、超大规模集成电路技术和计算机技术的高速发展，特别是网络化和数字化信息市场的巨大需求，使得数字信号处理理论及其工程实现得到了广泛的应用，而工程实现的关键技术之一就是数字信号处理器技术。数字信号处理器的使用遍及通信、雷达、声纳、生物医学、机器人、语音和图像处理、虚拟现实、自动控制等领域。在未来的数字化发展中，数字信号处理器也将以其独特的数字信号处理优势得到更加广泛的应用和普及。

在数字信号处理器的全球企业中，美国德州仪器(TI)公司是数字信号处理器发明的鼻祖(1981 年)，多年来一直占据较大的 DSP 市场份额。1999 年约占全球 DSP 市场的 49%。TI 公司的 TMS320 系列 DSP 一直是全球广泛使用的数字信号处理器之一。本书以美国德州仪器公司的数字信号处理器 TMS320C54x DSP 为代表，介绍数字信号处理器技术的基本概念、结构、实现及使用开发方法。

全书共分十章。第一章为综述，详细介绍了数字信号处理器技术的发展、特点和种类。使读者能从中把握 DSP 技术的特点和概貌，了解 DSP 和数字信号处理理论的关系及发展。第二章介绍了 DSP 的主要性能指标和当今各种不同的数字信号处理器硬件结构及组成，可从中了解 DSP 技术及实现的一般规律和构成。第三章详细描述了 TMS320C54x DSP 的硬件结构和编程模型，这是 DSP 应用编程的基础。

本书第四章介绍了 TMS320C54x 数字信号处理器的指令及使用。包括寻址方式、汇编语言指令和伪指令系统。第五章主要介绍 C54x DSP 程序设计工具及使用，包括汇编器、链接器、目标段的定位与下载等内容。第六章是 DSP 处理器的开发工具及使用环境，主要介绍了 TMS320 DSP 系列的主要硬软件调试工具，如 DSK 板、EVM 板、在线仿真器 XDS510 及可视化集成开发环境 CCS 的使用。

由于 C 语言编程在 DSP 程序设计中的使用日益广泛，本书在第七章中介绍了 C54x DSP C 编译优化器的使用及 C 和汇编混合编程的方法。第八章是以 TI DSP/BIOS 为内容，介绍了 DSP/BIOS 作为嵌入式系统软件应用的开发方法。

第九章是数字信号处理器硬软件设计及综合应用。讨论了 DSP 软件设计和硬件设计的方法及开发应用方案和举例。通过本章内容的学习,读者可进一步掌握 DSP 系统设计方法,并且了解到数字信号处理技术应用的广泛性和趣味性。在本章的 DSP 应用举例中,加入了 LMS 自适应滤波器系统的分析与应用,虽然这一内容已超出了本科教学内容要求,但作为数字信号处理系统的典型应用和系统分析、设计、仿真和实现的例子,激励读者进一步学习还是很有意义的,可以选用。在这一章的最后,介绍了有关全球 DSP 设计竞赛的信息,旨在鼓励读者特别是在校大学生勇于实践,积极挑战自我,努力培养工程实践应用和创新能力。第十章是数字信号处理技术开发与原理实验指导。以 TMS320C5402 DSK 板为主要实验器材,内容包括: DSP 技术基础实验、数字信号处理基本原理实验、数字信号处理技术应用综合实验。可供学习之后的原理验证、实习上机、概念巩固、应用参考之用。

书末附录中有 C54x DSP 指令系统列表和部分指令介绍、实验中用到的部分参考程序、DSP C 编译器内联函数表及 C54x 中断向量表。这些都是学习当中可参考使用的,其中部分指令介绍主要是为了使读者了解书中未讲到的指令和它们的格式、功能及使用,进而通过上机就很容易理解指令系统列表中的其他指令的使用方法。

本书以 TI 公司的 TMS320 系列 DSP 为例,介绍 DSP 技术与应用。而其他公司的 DSP 芯片在结构、开发工具和开发环境上虽各有不同,但概念上是相通的。在 TMS320 系列 DSP 中,本书又以 C54x DSP 为例介绍,因为 C54x DSP 是目前比较流行的 DSP 芯片之一。它的结构,使用的开发工具和环境同 TI DSP 其他系列芯片有许多类似之处,除指令有一定的差异外,特别是开发工具和环境的基本一致,使读者通过本书的学习,可以举一反三,易于了解和掌握其他 TI 系列 DSP 或其他公司的 DSP。本书可供大学本、专科生使用,也可供研究生及有关 DSP 技术开发人员参考。

全书由王军宁主编。王军宁编写第一、三、四、五、九章。吴成柯编写了第六章并承担前期书稿的审阅工作。党英编写第七章和第十章主要部分。第二、八章由柯元旦和王军宁共同编写,孙波同志对全书主要内容及图表进行了整理和校订,荣钰同志参与了书稿的录入和校订工作。

本书编写过程中得到了国家电工电子教学基地和孙肖子教授、高西全教授的帮助和支持。李安新、史海洋、黄河、李波等同学为本书的程序设计和编写做了许多工作。美国德州仪器公司中国分公司大学部为实验室的建立和运行提供了技术和设备上的帮助和支持。在编写过程中参考和借鉴了同仁的许多工作,还得到了其他许多同志和同学的帮助和支持,由于不能一一列举,在此一并表示衷心的感谢。

全书以大学本科所学课程数字信号处理和微机原理为基础, 结合当今嵌入式系统和计算机技术, 讲述 DSP 构成、技术原理与应用。编写中, 尽管作者力求内容新颖、衔接得当、概念清楚、技术先进。但由于作者掌握的资料和水平有限, 特别是 DSP 技术的快速发展和变化, 使 DSP 的教学内容一直在不断改进, 也使作者感到有许多需要学习的地方。书中的不足之处和错误在所难免, 恳请读者批评指正。

全书由西安交通大学张太溢教授审阅, 并提出了许多宝贵意见, 在编写出版过程中, 还得到高等教育出版社编辑们的大力支持和帮助, 在此一并表示衷心的感谢。

作 者

2003 年 7 月于西安电子科技大学

目 录

第一章 数字信号处理器技术综述	1
1.1 什么是数字信号处理、DSP 技术和实时实现	1
1.2 数字信号处理器技术的发展及现状	3
1.2.1 数字信号处理理论和实现技术的发展	3
1.2.2 数字信号处理器技术发展现状	4
1.2.3 数字信号处理器技术其他方面的发展	7
1.3 数字信号处理技术的应用	9
1.4 数字信号处理器技术特点及其与通用计算机、单片机的区别	12
1.5 数字信号处理器技术实现的概念和方法	17
1.5.1 处理器实现的两种结构和概念	17
1.5.2 处理器的多总线和流水线	18
1.5.3 处理器的主频和并行技术	18
1.5.4 数字信号处理器技术并行结构实现的分类	19
1.5.5 阵列处理器	21
1.6 数字信号处理器开发工具	27
1.7 数字信号处理技术开发实现方法	29
小结	32
习题	33
 第二章 现代数字信号处理器介绍	34
2.1 DSP 技术指标和分类	34
2.2 专用数字信号处理器 DSP	37
2.2.1 高速单片 FFT 处理器 TMC2310	37
2.2.2 一维级联型数字信号处理器 IMSA100	39
2.3 通用数字信号处理器 DSP	42
2.3.1 世界第一片通用数字信号处理器 TMS320C10	42
2.3.2 DSP16xx 系列	43
2.3.3 ADSP 21060 DSP	44
2.3.4 TMS320C80 视频/多媒体 DSP	46

2.3.5 TMS320C6201 超高速 DSP	48
2.3.6 TMS320C28x 控制 DSP	49
2.3.7 TMS320C5000 DSP + RISC	51
2.3.8 TMS320C55x 低功耗 DSP	52
2.3.9 OMAP5910 处理器	54
小结	57
习题	57
 第三章 C54x 数字信号处理器结构	58
3.1 处理器主要特点	59
3.2 芯片内部结构与组织	62
3.2.1 总线结构	63
3.2.2 CPU 单元结构	65
3.2.3 流水线结构	67
3.2.4 中断结构	68
3.3 芯片引脚及功能	70
3.4 存储器结构和组织	72
3.5 处理器数据类型	75
3.6 寄存器组织	76
3.7 片上外部设备	80
3.8 外部总线接口	82
3.9 处理器节电模式	82
3.10 JTAG 测试逻辑(IEEE 1149.1 标准)	83
小结	84
习题	84
 第四章 C54x 数字信号处理器指令及使用	85
4.1 汇编源程序语句格式	85
4.1.1 标号域	86
4.1.2 指令域	86
4.1.3 操作数域	87
4.1.4 注释域	87
4.2 汇编语言常量	88
4.3 字符串	89
4.4 符号	90

4.5 表达式	90
4.5.1 运算符及优先级	90
4.5.2 表达式溢出	91
4.5.3 条件表达式	91
4.5.4 表达式的合法性	91
4.6 数据寻址方式	92
4.6.1 立即数寻址	92
4.6.2 绝对寻址	93
4.6.3 累加器寻址	94
4.6.4 直接寻址	95
4.6.5 间接寻址	96
4.6.6 存储器映射寄存器寻址	102
4.6.7 堆栈寻址	103
4.7 汇编语言指令系统	103
4.7.1 算术指令	107
4.7.2 逻辑指令	112
4.7.3 程序控制指令	113
4.7.4 装入和存储指令	114
4.8 源程序列表文件	115
4.9 交叉引用列表文件	117
4.10 公用目标文件格式(COFF)	118
4.10.1 COFF 文件中的段	118
4.10.2 段程序计数器	119
4.10.3 COFF 文件中的符号	119
4.11 汇编伪指令	120
4.11.1 段定义伪指令	120
4.11.2 初始化常数伪指令	124
4.11.3 段程序计数器定位伪指令	128
4.11.4 输出列表格式伪指令	129
4.11.5 文件引用伪指令	129
4.11.6 条件汇编伪指令	130
4.11.7 符号定义伪指令	130
4.11.8 其他方面的汇编伪指令	131
4.11.9 C54x 汇编伪指令列表	132
4.12 宏汇编语言	134

小结	136
习题	137
第五章 C54x 数字信号处理器程序设计开发基础	139
5.1 数字信号处理器软件开发环境及流程	140
5.2 C54x 汇编器(Assembler)	142
5.3 C54x 链接器(Linker)	143
5.3.1 链接器的使用	144
5.3.2 链接器命令文件	146
5.3.3 链接器对段的处理	149
5.4 档案管理器(Archiver)	150
5.5 绝对列表器	152
5.6 交叉引用列表器	153
5.7 十六进制转换公用程序	154
5.8 助记符 - 代数式转换程序	155
小结	156
习题	156
第六章 C54x 处理器开发工具及环境	157
6.1 TI DSP 软件代码产生工具	158
6.2 TI DSP 系统调试和评估工具	158
6.2.1 DSP 入门套件(学习板)DSK	158
6.2.2 TMS320 DSP 评估模块(板)EVM	160
6.2.3 TMS320 DSP 在线仿真器 XDS 和 Emulator	162
6.3 软件仿真器(Simulator)	163
6.4 TMS320 DSP 调试程序 C Source Debugger	164
6.5 可视化集成开发工具 C54x CCS	164
6.5.1 CCS 软件安装与设置	165
6.5.2 用 CCS 开发程序的基本过程	169
6.5.3 观察数据和图形	172
6.5.4 设置断点和测试点	176
6.5.5 代码性能测试(profiling)	178
6.5.6 仿真中断与 I/O 端口	179
6.5.7 CCS 的 GEL 语言编程	189
小结	190

习题	190
第七章 DSP C 编译器及混合编程	192
7.1 C54x DSP C 优化编译器	192
7.1.1 优化特性	193
7.1.2 启动分析器	194
7.1.3 启动优化器	195
7.1.4 启动代码产生器	197
7.1.5 启动内部列表公用程序	197
7.2 C54x DSP C 和汇编混合编程	200
7.2.1 独立的 DSP C 和汇编接口	201
7.2.2 DSP C 程序中访问汇编变量和常量	203
7.2.3 DSP C 程序中直接嵌套汇编语句	207
7.2.4 利用 DSP C 编译器的内联(intrinsics)函数访问汇编语句	208
小结	209
习题	209
第八章 DSP/BIOS 嵌入式系统开发	211
8.1 DSP/BIOS 概述	211
8.1.1 DSP/BIOS 与 TI eXpress DSP	211
8.1.2 DSP/BIOS 与操作系统	213
8.1.3 DSP/BIOS 中模块的分类	213
8.2 基于 DSP/BIOS 的软件系统设计	217
8.2.1 任务描述及模块选择	217
8.2.2 模块配置及执行函数的编写	217
8.2.3 脱机运行	227
8.3 DSP/BIOS 中常用模块原理及使用	229
8.3.1 线程调度类	229
8.3.2 输入输出类	234
8.3.3 调试仪器类	240
8.4 RTDX 原理及应用	240
8.4.1 RTDX 机制的原理	240
8.4.2 RTDX 与 BIOS	241
8.4.3 利用 RTDX 机制实现主机与目标机通信	242
小结	243

2015/9/9

习题	244
第九章 数字信号处理器软硬件设计与应用	245
9.1 C54x 数字信号处理器程序设计	245
9.1.1 程序存储器地址产生单元(PAGEN)	245
9.1.2 程序转移控制	246
9.1.3 重复指令	247
9.1.4 循环寻址编程	251
9.1.5 DSP 位倒序寻址编程	253
9.1.6 扩展精度运算	257
9.2 C54x 程序设计举例	259
9.2.1 正弦波产生器	259
9.2.2 梳状滤波器的实现	262
9.2.3 快速傅里叶变换 FFT	264
9.3 C54x 数字信号处理器硬件设计	274
9.3.1 复位及电源管理	274
9.3.2 等待状态产生	276
9.3.3 存储空间块切换逻辑	277
9.3.4 DSP 模拟接口	279
9.3.5 DSP 与存储器接口	280
9.3.6 JTAG 在线仿真调试接口设计	281
9.3.7 DSP 自举引导 BOOT _ LOADER	282
9.4 DSP 应用举例	286
9.4.1 有限冲激响应滤波器 FIR	286
9.4.2 m 序列发生器	290
9.4.3 手机信号实时频谱分析	292
9.4.4 LMS 自适应滤波器系统分析与应用	296
9.5 全球 DSP 设计竞赛	305
小结	305
习题	306
第十章 数字信号处理技术开发及原理实验指导	307
10.1 实验设备及系统构成	307
10.2 TMS320C5402 DSK 实验板	308
10.2.1 C5402 DSK 板硬件结构	308

10.2.2	TLC320 AD50 模数、数模转换器	310
10.2.3	DSK 实验板开发所需的存储器配置环境	313
10.3	DSP 技术基础实验	314
10.3.1	CCS 的使用及 I/O 口和中断仿真	314
10.3.2	C54x 存储器及 FLASH 应用编程	315
10.3.3	C54x 多通道缓冲串口应用	320
10.3.4	C54x 定时器实验	324
10.3.5	C54x 外中断编程	326
10.3.6	C54x 异步通信接口 UART 实验	328
10.4	数字信号处理基本原理实验	329
10.4.1	信号时域频域关系及采样定理	330
10.4.2	快速傅里叶变换 FFT 和信号功率谱分析	335
10.4.3	FIR 数字滤波器设计与 DSP 实现及应用	340
10.4.4	IIR 数字滤波器设计与 DSP 实现及应用	344
10.4.5	滤波器应用——抑制载波的双边带 AM 调制	346
10.4.6	采样率转换滤波器实验	348
10.5	数字信号处理技术应用综合实验	350
10.5.1	抑制载波双边带 AM 调制与解调器的性能评估系统	350
10.5.2	2DPSK 相位调制与解调器的性能评估系统	351
10.5.3	数字振荡器	352
10.5.4	音频扰频器与解扰器	352
10.5.5	数字录放机	353
10.5.6	模拟交通灯 DSP 控制设计	353
10.5.7	模拟电梯自动控制程序	353
10.5.8	数字广告大屏幕显示	354
10.5.9	自相关运算在信号提取中的应用——从噪声中提取正弦波信号	354
10.5.10	自适应系统识别	355
10.5.11	卷积码的编、解码器	356
10.5.12	RS 码的编、解码器	356
10.5.13	RTDX 系统应用	357
附录 A	C54x 指令系统列表	359
附录 B	部分指令介绍	373

附录 C 实验参考程序	392
附录 D C54x C 编译器内联函数列表	397
附录 E C54x 系列 DSP 中断向量表	399
参考文献	402

第一章

数字信号处理器技术综述

1.1 什么是数字信号处理、DSP 技术和实时实现

数字信号处理就是信号的数字化及数字处理。这方面的研究开始于 20 世纪 60 年代。现在大学阶段学习的数字信号处理课程即讲述信号数字化处理的基本理论、算法和应用。数字信号处理(Digital Signal Processing)又可称为 DSP。由于过去很长时间里受计算机集成电路技术和数字化器件发展水平的限制,数字信号处理理论的实时应用很难实现。数字信号处理的学习和应用只限于理论概念的讲授和仿真,所以国内人们常称为数字信号处理,而较少用 DSP 一词。而最早的通用可编程数字信号处理硬件芯片,英文名就是 Digital Signal Processor (数字信号处理器),有别于 Digital Signal Processing (数字信号处理)。但二者英文简写都为 DSP。

随着数字化硬件技术水平的飞速发展,数字信号处理的理论和方法得以在实际应用中大量实现。DSP 一词逐渐流行起来。国内人们常用 DSP 一词来指通用数字信号处理器,用数字信号处理来指信号数字化处理的理论及方法,用 DSP 技术来指和数字信号处理器有关的数字信号处理算法实现技术和理论。

数字信号处理算法的实现方法一般分为两种,一种是针对某一种数字信号处理算法而采用的专门硬件实现技术和芯片。这类芯片名称一般是按其实现功能而称谓的。例如数字滤波器 TDC1028、矢量处理器 ZR3416 等。它们的名称中较少有“DSP”及“数字信号处理器”字样,但它们也是属于数字信号处理器一类,只不过是针对专门用途而设计的;另一种是针对一般数字信号处理算法的实现而采用的通用可程序硬件处理器技术和算法。这类芯片的名称中一般都有“DSP”及“数字信号处理器”字样,如:美国 TI 公司的 TMS320C5402 DSP,美国 AD 公司的 ADSP-21020 数字信号处理器,美国 Motorola 公司的 DSP56300 等。这就是通常所说的 DSP (数字信号处理器)。

数字信号处理算法的实现可分为实时实现和非实时实现。“实时”是针对

某种处理任务对算法实现时间的具体要求而言的。如果算法的处理时间可以达到这个要求,就认为该算法实现是“实时”的,否则就是非实时的。如 PAL 制电视信号是每秒 50 场,每场 20 ms。如果某电视图像处理算法的实现时间小于 20 ms,那么对要求 20 ms 内完成处理一场图像的设计要求来说,算法实现是实时的,超过 20 ms 处理要求的实现就是非实时的。

在数字信号处理理论发展的早期,由于理论水平的限制和实现技术的落后,许多数字信号处理算法的执行时间是无法达到实时应用要求的。所以算法的实现大都是在计算机上仿真,而后得到处理结果,是非实时的。那时的数字信号处理理论和实际应用研究也都是学者和科研人员的事,与产业界似乎无关。现在由于数字信号处理理论的进步,特别是大规模集成电路技术、计算机技术和 DSP 技术的发展,使得许多应用实现都可以是“实时”的实现。因而 DSP 技术和“实时实现”也越来越受到人们的关注和渴望,并在产业界得到了大量的支持 and 应用。

数字信号处理器的最典型应用就是现在几乎人人都持有的无线通信手机。尤其是第三代多媒体无线通信手机更离不开 DSP 关键技术的支持。现在电子类消费市场上手机市场是最活跃处之一,可见 DSP 应用市场之大。图 1.1.1 是



图 1.1.1 DSP 芯片及其在第三代手机和机顶盒上的应用

一个 DSP 芯片图及其在第三代移动通信手机和电视机顶盒上的应用。

1.2 数字信号处理器技术的发展及现状

1.2.1 数字信号处理理论和实现技术的发展

数字信号处理是 20 世纪 60 年代前后发展起来的一门新兴学科。在近半个世纪的发展中,数字信号处理技术的发展始终是伴随数字信号处理理论的进步、成熟和集成电路的技术进步而发展起来的。

自 1822 年傅里叶在研究热传播理论时发现傅里叶级数及理论以来的 100 年里,科学家们一直在研究、探索和完善信号处理和数字信号处理的基础理论和应用。在 20 世纪 60 年代初期,数字信号处理的基础理论研究已经比较成熟,各种应用算法研究和算法的快速实现方法是应用研究的重点。如离散信号分析和系统及变换理论、各种 DFT 快速变换算法及理论、数字滤波器分析与设计方法等。1965 年 Cooler 和 Tukey 发明了快速傅里叶算法(FFT),使傅里叶分析的速度提高了数百倍,从而为数字信号处理的应用奠定了基础。但由于当时计算机技术和数字技术发展水平的限制,计算速度不高,数字信号处理理论的实现技术一直处于实验室研究阶段,应用受到限制。20 世纪 60 年代,主要采用计算机模拟的方法研究数字信号处理、变换和数字滤波等问题,往往是花费了很多时间才处理分析了少量的信号,无法像模拟信号系统那样做到实时处理。

20 世纪 70 年代后,由于集成电路技术的发展,使得用硬件实现 FFT 和数字滤波器等算法成为可能。最初只是用多个 IC 芯片实现数字信号处理中的一个基本运算部件,如加法器、乘法器、延迟器等。因此所构成的数字信号处理设备体积比较大。随着 IC 集成度的提高,可以在一个芯片内集成多个运算部件,从而使数字信号处理的应用范围进一步扩大。与此同时,研究人员也将微处理器应用于数字信号处理实现中,实现数字信号处理的可编程和通用性。但由于当时微处理器的运算速度不高,内部结构主要是为通用计算和控制而设计,所以在许多场合都难以实现数字信号的实时处理。

与此同时,数字信号处理理论也在不断地发展。自适应滤波、卡尔曼滤波、同态滤波等理论逐步成熟和应用,实际应用更迫切需要专门的数字信号处理部件来提高信号数字化处理的实时性。

进入 20 世纪 80 年代以来,随着电子计算机、大规模集成电路(LSI)技术的发展,1981 年美国德州仪器公司研制出了第一片数字信号处理器 TMS320C10 DSP。以后各种数字信号处理器的出现和不断成熟,首先使得音频范围内的数

字信号处理技术得到了广泛的实时应用。当时通用数字信号处理器的内部结构已采用改进的哈佛结构和乘法累加器硬件单元,只是并行处理的能力还比较弱。20世纪90年代以后,由于超大规模集成电路(VLSI)技术,以及微处理器技术和计算机技术的迅猛发展,数字信号处理无论在理论上还是在工程应用中,都是发展最快的学科之一,并且日趋完善和成熟。数字信号处理器内部结构实现了多总线、多功能单元、多DSP并行。数字信号处理器除了不断提高自身的运算速度和功能外,还出现了许多工作频率达20 MHz以上的专用芯片和部件,从而使数字信号处理技术的应用进入实时处理阶段。用户可以根据要求灵活地选用各种器件构成自己专用或通用的实时数字信号处理系统。

特别是20世纪90年代中后期,由于Internet网络迅猛发展和高清晰度数字电视的研究及各种网络通信、多媒体技术的普及和应用,极大的刺激了数字信号处理理论尤其是数字信号处理技术在工程上的实现和推广应用。数字信号处理器的工作主频已经达到720 MHz、5 760 MIPS(每秒百万条指令),内部并行功能单元已达到8个,价格越来越低,功耗越来越小,性价比极高。数字信号处理理论也由经典理论发展到现代信号处理理论,小波变换、模糊逻辑、神经网络等理论成为新的研究热点。

高速、实时信号处理是现代信号处理技术发展的一个显著特点,需要极高的数据吞吐率和巨大的实时计算量。这种技术融合了信号处理理论、VLSI技术和计算机技术。目前在高速DSP上实现小波变换和神经网络算法已成为可能。

1.2.2 数字信号处理器技术发展现状

目前,通用数字信号处理器已经发展到第四代和第五代,正在向高速度、高精度和低功耗方向发展。例如DSP32、UPD77230、TI公司的TMS320VC33和TMS320C40 DSP等都是32位浮点芯片,AT&T公司的DSP16B的时钟频率达80 MHz。TMS320VC33 DSP时钟频率达到75 MHz,150 MIPS。美国AD公司的ADSP-21060是一种超级哈佛结构的浮点计算机,内有4组独立的总线,单周期执行指令,指令周期为25 ns,即40 MIPS。最高可以执行120 MFLOPS(每秒百万次浮点运算)。完成1 024复数点FFT的时间为0.46 ms。可用于语音和图像处理等应用领域。

1997年美国德州仪器公司(TI)又推出了特别长指令字结构(VLIW)数字信号处理器TMS320C6000 DSP,工作速度可达1 600 MIPS以上。并且具有很方便的外围接口和通信设施,是专门用于图像、视频、多媒体和网络服务器等高速数据处理场合的数字信号处理器。现在许多数字信号处理器除了不断提高处理速度、增大芯片内RAM的容量和片外寻址能力外,还增加了串/并行口的种