



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

DSP

技术的发展与应用 (第二版)



□ 彭启琮 李玉柏 管庆 编著



高等教育出版社
Higher Education Press

内容提要

《DSP 技术的发展与应用》(第二版)是普通高等教育“十一五”国家级规划教材。全书内容共分 8 章:第 1 章简略讨论数字信号处理的基本思想和主要结构以及系统设计师们最为关心的如何评价和选择 DSP 处理器的问题。第 2 章介绍世界各大公司 DSP 处理器的最新发展以及典型 DSP 芯片。第 3 章比较系统地介绍目前在国内外应用最为广泛的 TI 的 TMS320C2000、C5000 和 C6000 系列 DSP 的硬件和软件结构。第 4 章讨论 DSP 的开发环境与工具。第 5 章是 DSP 方案的工程实现,以及 DSP 系统设计中最常见的 A/D 和 D/A 转换、信号调理、接口、硬件和软件设计、调试等工程问题。第 6 章和第 7 章讨论常用的数字信号处理算法及其 DSP 实现。第 8 章以数字振荡器、双音多频(DTMF)电话的编/解码、MP3 解码器与 Viterbi 解码等工程应用为例,讨论设计 DSP 系统时应该考虑的问题。

本书的读者对象是电子信息类专业的研究生和高年级本科生,也可供科学技术界和产业界从事 DSP 技术研究和开发的科研人员和工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

DSP 技术的发展与应用/彭启琮,李玉柏,管庆编著.2 版.

—北京:高等教育出版社,2007.5

ISBN 978-7-04-021607-3

I. D… II. ①彭… ②李… ③管… III. ①数字信号-信号处理-高等学校-教材 ②数学信号-微处理器-高等学校-教材 IV. TN911.72 TP332

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 047632 号

策划编辑 杜 炜 责任编辑 李葛平 封面设计 张 楠
责任绘图 朱 静 版式设计 余 杨 责任校对 金 辉
责任印制 陈伟光

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 010-58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 北京市白帆印务有限公司

开 本 787×960 1/16
印 张 35.25
字 数 650 000

购书热线 010-58581118
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>
版 次 2002 年 9 月第 1 版
2007 年 5 月第 2 版
印 次 2007 年 5 月第 1 次印刷
定 价 39.00 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

物料号 21607-00

第一版前言

信息化已经成为社会发展的大趋势。信息化是以数字化为背景的,而 DSP 技术则是数字化最重要的基本技术之一。

在过去的短短的 20 来年里,DSP 处理器的性能得到很大改善,软件和开发工具也得到相应的发展,价格却大幅度地下降,从而得到越来越广泛的应用。通信领域(移动通信的交换设备、基站和手机,网络的路由和交换设备,智能天线,软件无线电,IP 电话等),雷达和声纳系统,巡航导弹、灵巧炸弹及各种武器系统,自动测试系统,医疗诊断设备(CT、核磁共振、B 超等),计算机及其外设,消费类电子设备(VCD、DVD、HDTV、机顶盒、MP3、家庭影院系统、数字照相机和摄像机等),机器人及各种自动控制系统,等等,应用范围不胜枚举。

近几年迅速发展的系统集成芯片(SoC, System on Chip),大多以 DSP 核和 MCU 核为核心。因此,DSP 技术也已经成为集成电路设计的核心技术之一。

由此可见,社会的发展和技术的进步,已经将 DSP 技术从一门很专门的学科,推进成极为活跃并广为人知的前沿技术。广大学生和工程技术人员学习 DSP 技术的热情空前高涨,迫切需要有关的最新教材和技术资料。

传统的数字信号处理课程,大多只讨论算法的理论及其推导,较少涉及实现方法及相关的软/硬件技术,和产业界的要求相去较远。

国内外的教育界都在就此寻求改革的途径。目前,主要是沿着两条途径。一是使用 MATLAB 等工具软件,对数字信号处理的算法进行软件仿真;一是引入已经被工程界广泛使用的 DSP 器件,指导学生完成数字信号处理算法的实现,特别是实时(Real Time)实现。

近年来,DSP 技术在我国也得到了很好的发展。在科学研究和产品开发中,DSP 技术都得到了广泛的应用,并取得了丰硕的成果。反映在教育上,越来越多的高等学校开设了有关的课程和实验,编写和出版了一批质量很好的专著和教材。但是,随着 DSP 技术应用的广泛和深入,产业界、教师和学生有关课程及其教材的要求也越来越高。一方面,要求反映有关技术和产品的最新进展;另一方面,要求对算法和 DSP 器件的选择以及系统的设计和实现等进行指导。这也就成为我们大幅度修改已经出版的教材、满足教育和产业市场需求的目标和动力。

本书的第一章,简略地讨论数字信号处理的基本思想及其优越性。第二章介绍世界上各大公司(包括 TI、Agere、Freescale、ADI 等)DSP 处理器的最新发展

以及系统设计工程师们最为关心的如何评价和选择 DSP 处理器问题。第三章比较系统地介绍目前在国内外应用最为广泛的德州仪器(TI)的 TMS320C2000、C5000 和 C6000 系列 DSP 处理器的硬件和软件结构。第四章讨论 DSP 的开发环境与工具。

第五章至第七章,讨论常用的数字信号处理算法(如 FFT、FIR、IIR、自适应滤波等)及其 DSP 实现,并讨论 DSP 系统设计中最常见的 A/D 和 D/A 转换、信号调理、接口、硬件和软件设计、调试等工程问题。

本书最后的第八章,以双音多频(DTMF)的编/解码、MP3、VITERBI 解码等典型的工程应用为例,讨论设计 DSP 系统时应该考虑的问题。

本书的读者对象,是电子信息类专业的研究生和高年级本科生以及科学技术和产业界从事 DSP 技术研究和开发的科研人员和工程技术人员。

本书的目的,是希望通过这些讨论,使学生和业界的工程师在接受实际的工程任务后,能从任务的要求入手,选择合适的数字信号处理算法;综合各方面的因素,选择合适的 DSP 处理器;进行系统的设计、实现和调试,最后完成任务。

本书由彭启琮主编,并编写了第一到三章和第八章,李玉柏编写了第五至七章,管庆编写了第四章。

本书由清华大学胡广书教授审阅,胡教授认真地审阅了全部文稿,并逐章提出了中肯的意见,使我们受益匪浅,对书稿做了最后的修改。在此,向胡教授表示衷心的感谢。

本书是在高等教育出版社的大力支持下出版的,编辑们为此付出了艰辛的劳动。我们对他们的敬业精神和出色的工作表示由衷的敬意和感谢。

编著者

2002 年 5 月于电子科技大学

第二版前言

DSP 技术的发展,无论是理论和算法的发展,还是 DSP 处理器的发展,其速度往往超出我们的预料。

DSP 技术的发展,极大地促进了其应用面的扩大和应用程度的深入;而应用的发展,又不断地对技术的发展提出新的、更高的要求,一个相互促进的良性循环已然形成。

促使我们对本书进行修订的主要原因有两个:

本书出版 4 年来,有很多新的 DSP 处理器面市,为我们提供了新的选择。新的应用,特别是以移动通信、多媒体和流媒体、消费类电子产品(数码相机和摄像机、MP3 等)为代表的市场需求,使得 DSP 处理器以及以 DSP 核和 MCU 核为基础的 SoC 的发展,更加引人注目。

很多学校使用本书作为教材,很多公司使用本书作为培训教材和工程师的参考书。使用本书的教师、学生们以及业界的工程师们,对本书提出了很好的意见和建议。我们自己在使用中也发现了许多需要改进之处。

本版所做的修改,主要反映在以下几个方面:

对主要厂商的 DSP 处理器和基于 DSP 核的 SoC 器件,做了发展性的介绍。

更新了 TI 的 TMS320C2000、C5000、C6000 三大系列 DSP 处理器的介绍。

本修订版所涉及的材料,截止到 2006 年 10 月。

强化了与“数字信号处理”课程的联系,使学生更易于掌握基本的主要算法(如 FFT、FIR 滤波器、IIR 滤波器、自适应滤波等)的工程实现。这样做,主要是为了满足“数字信号处理”课程之后,开设以工程实验为主的“DSP 技术”课程的需要,以便使学生具有更好的理论素养和工程素养,这是当前市场急需的 DSP 技术人才所必需的素养。

强化了 DSP 工程实现中的难点介绍,如开发环境和工具的使用、片上外设和算法支持库的使用、实时操作系统(RTOS)的介绍等。无论对于教师、学生,还是对于业界从事 DSP 研究和开发的工程师,这些都是很重要的。

更多的算法用 C 语言来编写,使其更容易理解,具有更好的通用性与可移植性,以便符合当前 DSP 开发环境的发展趋势。

充实和更换了一些应用实例。

增加了思考和练习题。

订正了第一版中的不当与错讹之处。

本修订版由彭启琮担任主编,对全书统稿与审校,并修订了第1章到第3章;李玉柏修订了第6章和第7章;管庆修订了第4章、第5章和第8章;潘晔重新编写了实时操作系统(RTOS)的有关部分;研究生曾等等参加了部分程序的编写工作。

像本书2002年出版第一版时一样,本修订版仍然由清华大学胡广书教授审阅。胡教授对本书持续的关心和帮助,使我们深受感动。在此,谨表示我们对胡教授深深的谢意。

对于本书的修订,德州仪器(上海)公司的大学计划部门给予了很大的帮助,特向他们致以诚挚的谢意。对高等教育出版社编辑们认真细致的工作和付出的辛勤劳动表示由衷的敬意和感谢。

由于我们的水平和视野所限,书中必然还有不当和错讹之处,敬请使用本书的教师、学生以及科技界的同行们批评指正,以便我们在重印和再次修订时改正。

编著者

2006年12月于电子科技大学

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 DSP 技术的概念及其发展	1
1.2 数字信号处理的优势	2
1.3 DSP 处理器的主要结构特点	5
1.3.1 哈佛结构和改善的哈佛结构	5
1.3.2 流水技术(pipeline)	6
1.3.3 硬件乘法器和乘-加指令 MAC	6
1.3.4 独立的直接存储器访问(DMA)总线及其控制器	7
1.3.5 数据地址发生器(DAG)	7
1.3.6 丰富的外设(peripherals)	8
1.3.7 定点 DSP 处理器与浮点 DSP 处理器	8
1.4 如何评价 DSP 处理器	11
1.4.1 传统的性能评价方法(MIPS、MOPS 和 MMACS)	11
1.4.2 应用型评价指标	12
1.4.3 BDTI 的核心算法评价指标	12
1.4.4 核心算法执行情况的测量	14
1.4.5 评价结果	14
1.4.6 应用分析	15
1.4.7 其他考虑	17
1.4.8 EEMBC 性能指标	19
1.5 如何选择 DSP 处理器	19
1.5.1 数据格式	20
1.5.2 数据宽度	21
1.5.3 速度	21
1.5.4 存储器的安排	22
1.5.5 容易开发	23
1.5.6 支持多处理器	24
1.5.7 功耗与电源管理	25
1.5.8 成本	25

1.5.9 结论	26
思考与练习题	26
第2章 DSP 处理器的发展及典型 DSP 芯片	27
2.1 DSP 处理器实现高速运算的途径	27
2.1.1 硬件乘法器和乘-加单元	27
2.1.2 多个执行单元	28
2.1.3 高效的存储器访问	28
2.1.4 数据格式	29
2.1.5 零开销循环	29
2.1.6 数据流的线性 I/O	30
2.1.7 专门的指令集	30
2.2 当前 DSP 处理器结构的发展趋势	31
2.2.1 传统的 DSP 处理器	31
2.2.2 强化的传统结构 DSP 处理器	31
2.2.3 并行结构	32
2.2.4 单指令多数据(SIMD)	35
2.2.5 其他形式的 DSP 处理器	36
2.2.6 结论	37
2.3 新近推出的 DSP 核和 DSP 处理器	37
2.3.1 Lucent 和 Motorola 联合开发的 Starcore	37
2.3.2 Freescale 基于 Starcore 的 DSP 处理器	39
2.3.3 AD 和 Intel 联合开发的 DSP 核——Blackfin	42
2.3.4 AD 公司基于 Blackfin 核的 DSP 处理器	43
2.3.5 TI 公司的 TMS320C55x	46
2.3.6 TI 公司的 TMS320C64x	46
2.4 系统的芯片集成(SoC)	47
2.4.1 2G 手机简介	48
2.4.2 TI 的 OMAP——用于 3G 手机中的 SoC	49
2.4.3 应用于数字视频的 DaVinci(达芬奇)技术	52
2.4.4 Freescale 的 MXC	57
思考与练习题	59
第3章 德州仪器公司(TI)的系列 DSP	61
3.1 TMS320C2000 系列 DSP	61

3.1.1	TMS320C24x 系列 DSP	62
3.1.2	TMS320C28x 系列 DSP	78
3.2	TMS320C5000 系列 DSP	85
3.2.1	TMS320C54x 系列 DSP	85
3.2.2	TMS320C55x 系列 DSP	113
3.3	TMS320C6000 系列 DSP	135
3.3.1	应用领域	135
3.3.2	C6000 系列 DSP 的硬件结构	136
3.3.3	C6000 的寻址模式	141
3.3.4	指令和功能单元之间的映射	142
3.3.5	并行操作	143
3.3.6	容易开发	144
3.3.7	TMS320C62x 和 TMS320C64x	144
3.3.8	TMS320C67x	148
3.3.9	C67 + 核和 C672x 系列	151
3.3.10	DM64x 数字媒体处理器	156
3.3.11	TMS320C6000 系列 DSP 汇总表	160
	思考与练习题	167
第 4 章	DSP 的开发环境与工具	168
4.1	集成开发环境 CCS	169
4.1.1	CCS 的功能	169
4.1.2	为 CCS 安装设备驱动程序	169
4.1.3	利用 CCS 开发 DSP 程序流程	170
4.1.4	CCS 中代码生成工具的使用	174
4.1.5	CCS 中调试工具的使用	191
4.1.6	探针 (probe points) 工具的使用	201
4.1.7	图形工具的使用	203
4.1.8	分析工具 (profile points) 的使用	205
4.1.9	基于 CCS 的 DSP 片级支持库	206
4.2	CMD 内存定位文件的使用	217
4.2.1	段的定义	218
4.2.2	连接器如何使用段	221
4.3	DSP/BIOS 工具的应用	230
4.3.1	什么是 DSP/BIOS	230

4.3.2 DSP/BIOS 中线程的管理	232
4.3.3 建立 DSP/BIOS 的配置文件	236
4.3.4 用 DSP/BIOS 工具创建应用程序	238
4.3.5 DSP/BIOS 系统工具的使用	242
4.3.6 DSP/BIOS 中 API 函数的调用	248
4.3.7 使用 DSP/BIOS 工具开发应用程序举例	249
4.4 DSP 的硬件开发调试工具	253
4.4.1 DSK 系列评估工具以及标准评估模块(EVM)	253
4.4.2 硬仿真器 Emulators(XDS510/XDS560)	256
4.5 实时操作系统(RTOS)	259
4.5.1 RTOS 的功能	259
4.5.2 RTOS 的几个重要评价指标	261
4.5.3 几种 RTOS 简介	263
思考与练习题	272
第 5 章 DSP 方案工程实现	276
5.1 DSP 方案设计基础	276
5.2 数字化基础	280
5.2.1 模拟信号、离散信号与数字信号	280
5.2.2 离散时间系统	282
5.3 模数(A/D)转换及电路设计	286
5.3.1 信号的采样及奈奎斯特采样定理	286
5.3.2 模数(A/D)转换的原理及常用器件	288
5.3.3 ADC 的技术指标和量化噪声分析	293
5.4 DSP 最小系统设计	296
5.4.1 认识 DSP 芯片	297
5.4.2 DSP 引导方式(Bootloader)选择	298
5.4.3 DSP 扩展存储器设计	303
5.4.4 DSP 时钟设计	305
5.4.5 DSP 的电源设计	307
5.4.6 DSP 系统中 A/D、D/A 转换器的设计	309
5.4.7 DSP 的电平转换电路设计	311
5.4.8 DSP 省电模式的考虑与设计	313
5.4.9 一个 DSP 最小系统应用板实例——DES5402	315
5.5 系统软件设计	316

5.5.1	汇编源程序的编写	317
5.5.2	汇编语言指令集	318
5.5.3	汇编伪指令的使用	319
5.5.4	宏及宏的使用	326
5.5.5	C与汇编混合编程	327
5.5.6	DSP中定点小数的表示	334
5.6	中断与中断编程	335
5.6.1	接受中断请求	336
5.6.2	响应中断	338
5.6.3	执行中断服务程序(ISR)	338
5.6.4	保护中断现场	339
5.6.5	中断延时	339
5.6.6	中断操作的总结	340
5.7	DSP的流水操作与编程	341
5.7.1	DSP流水概述	341
5.7.2	双访问存储器和流水	343
5.7.3	单访问存储器和流水	347
5.7.4	流水延时	348
	思考与练习题	350
第6章	DSP外设的应用编程	355
6.1	定时器的使用与编程	357
6.2	DSP主机接口的设计与使用	360
6.2.1	HPI接口设计	361
6.2.2	HPI接口应用编程	362
6.3	DSP缓冲串口的使用	366
6.3.1	缓冲串口的控制寄存器	367
6.3.2	缓冲串口中缓冲区的设置	371
6.3.3	BSP串口的初始化	371
6.3.4	BSP串口的中断服务程序	372
6.4	DSP多通道缓冲串口(McBSP)的设计与应用	375
6.4.1	多通道缓冲串口McBSP概述	375
6.4.2	McBSP串口的数据发送与接收流程	388
6.4.3	多通道工作模式	392
6.4.4	编程举例	397

6.5 DSP 的 DMA 控制与操作	399
6.5.1 DMA 操作与配置	400
6.5.2 DMA 传输的源地址和目标地址的修改	407
6.5.3 DMA 应用编程	409
思考与练习题	411
第 7 章 通用数字信号处理方法及其 DSP 实现	413
7.1 DSP 的基本算术运算	413
7.1.1 整数除法和求模运算	413
7.1.2 小数乘法和除法运算	418
7.1.3 双精度运算	419
7.2 无限冲激响应(IIR)滤波器及其 DSP 实现	421
7.2.1 IIR 滤波器的结构	423
7.2.2 双线性变换法设计 IIR 滤波器	427
7.2.3 IIR 滤波器的编程实现	429
7.3 有限冲激响应(FIR)滤波器及其 DSP 实现	433
7.3.1 线性相位数字滤波器的结构	433
7.3.2 用傅里叶级数设计 FIR 滤波器	436
7.3.3 FIR 滤波器的 DSP 实现	438
7.3.4 用窗函数改善 FIR 滤波器特性	445
7.4 自适应滤波的实现	447
7.4.1 自适应滤波器的应用	449
7.4.2 自适应滤波器的体系结构	452
7.4.3 LMS 自适应算法	455
7.4.4 自适应滤波器的 DSP 实现	457
7.5 快速傅里叶变换(FFT)	462
7.5.1 时间抽取 FFT 算法分析	462
7.5.2 频率抽取 FFT 算法分析	466
7.5.3 FFT 编程举例	468
思考与练习题	486
第 8 章 DSP 典型应用方案举例	487
8.1 数字振荡器	487
8.1.1 数字振荡器的工作原理	487
8.1.2 数字振荡器程序设计	489

8.2 双音多频(DTMF)信号的产生与检测	491
8.2.1 DTMF 信号的产生	491
8.2.2 DTMF 信号的检测	494
8.2.3 在 DES5410APP-U 实验板上实现 DTMF 编/解码	497
8.2.4 用 DSP/BIOS 实现 DTMF 编/解码	501
8.3 用 C54x 实现 MP3 解码器	505
8.3.1 MP3 的数据流格式	505
8.3.2 MP3 解码算法描述	506
8.3.3 MP3 标准解码代码在 CCS 下的实现	512
8.3.4 在 CCS 下实时实现 MP3 解码	517
8.4 使用 DSP 实现 Viterbi 解码	526
8.4.1 卷积编码和块编码	526
8.4.2 Viterbi 算法(VA)和格形路径	529
思考与练习题	532
附录 DES5402 DSP 最小应用系统电路原理图	536
附录 1 主-从模式的模拟接口电路	536
附录 2 并行自启动芯片电路及地址译码电路	537
附录 3 3.3 V 和 1.8 V 产生电路	538
附录 4 扩展程序存储器和扩展数据存储器	539
附录 5 DSP 及其外围电路	540
术语	541
参考文献	545

第 1 章

绪 论

本章首先介绍 DSP 技术的内涵、应用及其市场发展,然后简单地讨论数字技术与模拟技术相比的优势所在,但也论及模拟技术的不可或缺性。在简要地讨论通用 DSP 处理器的主要结构特点之后,针对 DSP 工程师在实际工作中最感困惑的如何评价和选择 DSP 处理器的问题,介绍目前国际上比较通用的方法和我们自己在科研实践中的一些体会。

1.1 DSP 技术的概念及其发展

DSP 既是 Digital Signal Processing 的缩写,也是 Digital Signal Processor 的缩写。前者指数字信号处理的理论和方法,后者则指用于数字信号处理的可编程微处理器。本书所说的 DSP 技术,是指使用通用 DSP 处理器或基于 DSP 核的专用器件,来实现数字信号处理的方法与技术,完成有关的任务。

自从 20 世纪 70 年代微处理器诞生以来,就一直沿着通用 CPU(以微型计算机里使用得最多的 CPU 为代表)、微控制器 MCU(国内通常称为单片机)和 DSP 处理器三个方向在发展。这三类微处理器,虽然在技术上不断地相互借鉴和交融,但又有各自的特点和应用领域。

随着数字化的急速发展,DSP 技术的地位突显出来。因为数字化的基础技术就是数字信号处理,而数字信号处理的任务,特别是实时处理(Real-Time Processing)的任务,主要是由通用的或专用的 DSP 处理器来完成的。因此,近年来,在整个半导体产品增长趋缓的情况下,DSP 处理器还在以较快的速度增长。

DSP 技术的发展因其内涵而分为两个领域。

一方面,数字信号处理的理论和方法近年来得到迅速发展。各种快速算法,

声音与图像的压缩编码、识别与鉴别、加密解密、调制解调、信道辨识与均衡、智能天线、频谱分析、多媒体和流媒体等算法等,都成为研究的热点,并有长足的进步,为各种实时处理的应用提供了算法基础。

另一方面,为了满足应用市场的需求,随着微电子科学技术的进步,DSP处理器的性能也在迅速地提高。目前的工艺水平已经达到 $0.06\text{ }\mu\text{m}$;时钟频率达到 1 GHz 以上;处理速度达到每秒近亿次 32 bit 浮点运算;数据吞吐率达到每秒数GB。在性能大幅度提高的同时,体积、功耗和成本却大幅度地下降,以满足低成本、便携式电池供电应用系统的要求。表1.1.1所示是DSP处理器主要性能的发展及对前景的预测,由于只是预测,因此仅供参考。

表 1.1.1 DSP 处理器主要性能的发展及对前景的预测(www.ti.com)

典型的 DSP 处理器性能	1980 年	1990 年	2000 年	2010 年
对角线尺寸/mm	50	50	50	5
工艺水平/ μm	3	0.8	0.1	0.02
速度/MIPS	5	40	5 000	50 000
RAM	256 B	2 KB	32 KB	1 MB
功耗/(mW/MIPS)	250	12.5	0.1	0.001
价格/\$	150	15	5	0.15

注:MIPS是指每秒执行100万条指令

1.2 数字信号处理的优势

和模拟信号处理相比,数字信号处理有许多明显的优越性。但是,模拟信号处理也有其不可替代性。本节主要从处理方式上加以讨论。

1. 可编程

当模拟系统的功能和性能发生改变时,必须重新进行系统设计,至少需要改变系统中的某些器件或参数,然后再重新装配和调试,非常费时和费力。对于以DSP处理器为核心的数字系统而言,则可以只设计和实现一个硬件平台,用不同的软件来执行各种各样的数字信号处理任务。改变系统的功能与性能时,只需要改变相应的软件或软件中的参数,而不需要改变硬件平台本身。所以,以可编程DSP处理器为核心的数字信号处理系统,具有极大的灵活性,是传统的模拟系统无法比拟的。

例如,数字滤波器可以通过重新编程来完成低通、高通、带通和带阻等不同的滤波任务,不需要改变硬件;而模拟滤波器则必须改变其设计并重新调试,才

能达到目的。对于系统参数随输入信号的改变而改变的自适应滤波器,则非采用 DSP 系统不可。

近年来得到迅速发展和应用的软件无线电技术,是在一个以高性能的 A/D 转换器和 DSP 处理器为核心的硬件平台上,用不同的软件,来实现对不同工作模式电台的通信;对于模拟电台而言,只有相同制式的电台之间才能进行通信。

近年来得到迅速发展和应用的虚拟仪器技术,也是在以高性能 DSP 处理器为核心的硬件平台上,用不同的软件来实现不同仪器的功能,甚至组织不同的测试系统。

以 DSP 处理器为核心的数字系统的灵活性是模拟系统很难达到的,有的甚至是模拟系统不可能实现的。

2. 稳定性好

模拟电路中的电阻、电容、电感和运算放大器等器件的特性,都会随着环境的改变而改变,也会随着时间的改变而改变。也就是说,当时间和环境的温度、湿度、震动等条件改变时,模拟系统的性能就会发生改变,甚至可能是大的改变。与此相比,数字系统的稳定性要好得多,受时间和环境的影响要小得多。

3. 可重复性好

数字系统本身具有很好的可重复性。两台字长相同的计算机,在不同的时间计算同一个数学模型,得到的结果一定是一样的。但将同样的信号送入两个配置相同的模拟系统,输出的结果不一定一样;将同样的信号在不同的时间或不同的环境条件下,送入同一个模拟系统,输出的结果也不一定一样。其原因在于,生产工艺所造成的模拟系统中元器件的性能与其标称性能的误差,同样的元器件之间性能的离散性以及元器件性能随时间和环境条件的改变而发生的改变。因此,数字系统的稳定性和可重复性与模拟系统相比,具有明显的优势。

4. 抗干扰性能好

在处理和传输过程中信号受到噪声的干扰是不可避免的。例如,信号通过信道所产生的失真、环境对声音和图像信号的干扰、多次复制录像带所加入的噪声等。要在被干扰的模拟信号中完全去除噪声是非常困难的,甚至是不可能的。数字信号抗干扰的性能大大优于模拟信号。以 0 和 1 所表征的数字信号也会受到噪声的干扰,但只要能够正确地识别 0 和 1,并将其再生,则可以完全消除噪声的影响。迅速发展的各种数字纠错编/解码技术,能够在极为复杂的噪声环境中,甚至在信号完全被噪声所淹没的情况下,正确地识别和恢复原来的信号。

5. 实现自适应算法

从信号与系统的角度讲,自适应就是使系统的特性随输入信号的改变而改变,从而在某种准则下,得到最优的输出。例如,IP 电话中的回声会严重影响服