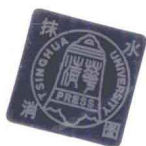


21世纪高等学校规划教材 | 电子信息



# 现代DSP技术及应用

梁义涛 傅洪亮 杨铁军 等 编著



清华大学出版社

21世纪高等学校规划教材 | 电子信息



# 现代DSP技术及应用

梁义涛 傅洪亮 杨铁军 等 编著

清华大学出版社  
北京

## 内 容 简 介

本书以德州仪器(TI)公司的16位定点DSP TMS320C54x和CVT-DSP-II实验系统为例,详细描述了DSP系统的设计与实现方法。首先,绪论部分介绍了DSP的基础知识、最新的技术发展以及DSP系统的设计概要;然后详细讲解了TMS320C54x的硬件结构、TMS320C54x的指令系统、TMS320C54x的软件开发和DSP集成开发环境;接着讨论了TMS320C54x片内外设和TMS320C54x基本系统设计,并介绍了汇编应用程序设计及语音信号采集系统设计;最后结合CVT-DSP-II实验系统,由浅入深地给出7个完整的实验设计,方便读者更深入地理解和掌握DSP系统的开发语言和开发环境。

本书可作为高等院校电子信息类学科的研究生和高年级学生的教材,也可供从事DSP芯片开发应用的广大工程人员参考。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

### 图书在版编目(CIP)数据

现代DSP技术及应用/梁义涛等编著.--北京:清华大学出版社,2012.3

(21世纪高等学校规划教材·电子信息)

ISBN 978-7-302-27072-0

I. ①现… II. ①梁… III. ①数字信号—信号处理—高等学校—教材 IV. ①TN911.72

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第206927号

责任编辑:郑寅堃 王冰飞

封面设计:傅瑞学

责任校对:焦丽丽

责任印制:何 芊

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦A座 邮 编:100084

社 总 机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, [c-service@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:c-service@tup.tsinghua.edu.cn)

质 量 反 馈:010-62772015, [zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn)

课 件 下 载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795954

印 装 者:三河市李旗庄少明印装厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:23.75 字 数:574千字

版 次:2012年3月第1版 印 次:2012年3月第1次印刷

印 数:1~3000

定 价:38.00元

# 编审委员会成员

---

东南大学	王志功	教授
南京大学	王新龙	教授
南京航空航天大学	王成华	教授
解放军理工大学	邓元庆	教授
	刘景夏	副教授
上海大学	方勇	教授
上海交通大学	朱杰	教授
	何晨	教授
华中科技大学	严国萍	教授
	朱定华	教授
华中师范大学	吴彦文	教授
武汉理工大学	刘复华	教授
	李中年	教授
宁波大学	蒋刚毅	教授
天津大学	王成山	教授
	郭维廉	教授
中国科学技术大学	王煦法	教授
	郭从良	教授
	徐佩霞	教授
苏州大学	赵鹤鸣	教授
山东大学	刘志军	教授
山东科技大学	郑永果	教授
东北师范大学	朱守正	教授
沈阳工业学院	张秉权	教授
长春大学	张丽英	教授
吉林大学	林君	教授
湖南大学	何怡刚	教授
长沙理工大学	曾喆昭	教授
华南理工大学	冯久超	教授

西南交通大学

重庆工学院

重庆通信学院

重庆大学

重庆邮电学院

西安电子科技大学

西北工业大学

集美大学

云南大学

东华大学

冯全源 教授

金炜东 教授

余成波 教授

曾凡鑫 教授

曾孝平 教授

谢显中 教授

张德民 教授

彭启琮 教授

樊昌信 教授

何明一 教授

迟 岩 教授

刘惟一 教授

方建安 教授

# 出版说明

---

随着我国改革开放的进一步深化,高等教育也得到了快速发展,各地高校紧密结合地方经济建设发展需要,科学运用市场调节机制,加大了使用信息科学等现代科学技术提升、改造传统学科专业的投入力度,通过教育改革合理调整和配置了教育资源,优化了传统学科专业,积极为地方经济建设输送人才,为我国经济社会的快速、健康和可持续发展以及高等教育自身的改革发展做出了巨大贡献。但是,高等教育质量还需要进一步提高以适应经济社会发展的需要,不少高校的专业设置和结构不尽合理,教师队伍整体素质亟待提高,人才培养模式、教学内容和方法需要进一步转变,学生的实践能力和创新精神亟待加强。

教育部一直十分重视高等教育质量工作。2007年1月,教育部下发了《关于实施高等学校本科教学质量与教学改革工程的意见》,计划实施“高等学校本科教学质量与教学改革工程(简称‘质量工程’)”,通过专业结构调整、课程教材建设、实践教学改革、教学团队建设等多项内容,进一步深化高等学校教学改革,提高人才培养的能力和水平,更好地满足经济社会发展对高素质人才的需要。在贯彻和落实教育部“质量工程”的过程中,各地高校发挥师资力量强、办学经验丰富、教学资源充裕等优势,对其特色专业及特色课程(群)加以规划、整理和总结,更新教学内容、改革课程体系,建设了一大批内容新、体系新、方法新、手段新的特色课程。在此基础上,经教育部相关教学指导委员会专家的指导和建议,清华大学出版社在多个领域精选各高校的特色课程,分别规划出版系列教材,以配合“质量工程”的实施,满足各高校教学质量和教学改革的需要。

为了深入贯彻落实教育部《关于加强高等学校本科教学工作,提高教学质量的若干意见》精神,紧密配合教育部已经启动的“高等学校教学质量与教学改革工程精品课程建设工作”,在有关专家、教授的倡议和有关部门的大力支持下,我们组织并成立了“清华大学出版社教材编审委员会”(以下简称“编委会”),旨在配合教育部制定精品课程教材的出版规划,讨论并实施精品课程教材的编写与出版工作。“编委会”成员皆来自全国各类高等学校教学与科研第一线的骨干教师,其中许多教师为各校相关院、系主管教学的院长或系主任。

按照教育部的要求,“编委会”一致认为,精品课程的建设工作从开始就要坚持高标准、严要求,处于一个比较高的起点上;精品课程教材应该能够反映各高校教学改革与课程建设的需要,要有特色风格、有创新性(新体系、新内容、新手段、新思路,教材的内容体系有较高的科学创新、技术创新和理念创新的含量)、先进性(对原有的学科体系有实质性的改革和发展,顺应并符合21世纪教学发展的规律,代表并引领课程发展的趋势和方向)、示范性(教材所体现的课程体系具有较广泛的辐射性和示范性)和一定的前瞻性。教材由个人申报或各校推荐(通过所在高校的“编委会”成员推荐),经“编委会”认真评审,最后由清华大学出版

社审定出版。

目前,针对计算机类和电子信息类相关专业成立了两个“编委会”,即“清华大学出版社计算机教材编审委员会”和“清华大学出版社电子信息教材编审委员会”。推出的特色精品教材包括:

- (1) 21世纪高等学校规划教材·计算机应用——高等学校各类专业,特别是非计算机专业的计算机应用类教材。
- (2) 21世纪高等学校规划教材·计算机科学与技术——高等学校计算机相关专业的教材。
- (3) 21世纪高等学校规划教材·电子信息——高等学校电子信息相关专业的教材。
- (4) 21世纪高等学校规划教材·软件工程——高等学校软件工程相关专业的教材。
- (5) 21世纪高等学校规划教材·信息管理与信息系统。
- (6) 21世纪高等学校规划教材·财经管理与应用。
- (7) 21世纪高等学校规划教材·电子商务。
- (8) 21世纪高等学校规划教材·物联网。

清华大学出版社经过三十多年的努力,在教材尤其是计算机和电子信息类专业教材出版方面树立了权威品牌,为我国的高等教育事业做出了重要贡献。清华版教材形成了技术准确、内容严谨的独特风格,这种风格将延续并反映在特色精品教材的建设中。

**清华大学出版社教材编审委员会**

**联系人:魏江江**

**E-mail: weijj@tup.tsinghua.edu.cn**

# 前言

数字信号处理是一种用离散的数字或符号序列来表示信号,并利用数字硬件或计算机对这些离散序列进行处理的技术。它利用计算机或专用的数字处理设备,以数值计算的方法对信号进行采集、变换、滤波、估值、增强、压缩和识别等加工处理。DSP 芯片(也称数字信号处理器)的出现为数字信号处理技术提供了广阔的发展和空间,有力地推动了数字信号处理技术的应用普及。目前,随着 DSP 芯片性价比的不断提高,开发平台日臻完善,使其在通信、雷达、航天、医疗、高速控制、家电、网络等众多领域中得到广泛而深入的应用。

近年来,DSP 技术课程已经在许多高等院校开设,且受到日益广泛的重视。编者结合日常教学的实际需求,针对目前国内应用较为广泛且实验系统资源相对丰富的 TI 公司生产的 TMS320C54x 系列 DSP 芯片,以详细讲解 DSP 工作原理为基础,给出典型的软硬件设计实例,提供一定的实验设计,供学生实践,旨在由浅入深地引导学生了解和掌握相关设计技术和要求。

本书共 10 章。第 1 章主要概述了 DSP 芯片的特点、分类、发展、应用及其系统设计过程,并简述了 TI 公司最新的 DSP 系列芯片产品。第 2 章详细介绍 TMS320C54x 系列芯片的基本结构和工作原理,并有针对性地介绍了教学实验系统使用的 TMS320VC5416 芯片的结构及特性。第 3 章分类讲述了 TMS320C54x 的寻址方式和汇编指令系统。第 4、5 章介绍了 TMS320C54x 软件开发过程和 DSP 集成开发环境。第 6 章介绍了 TMS320C54x 的片内外设接口。第 7 章介绍了典型的 TMS320C54x 基本系统设计。第 8、9 章以 TMS320C54x 为例介绍了数字信号处理和通信系统中常见的算法和代表性的应用。第 10 章在详细介绍 CVT-DSP-II 实验系统后,按照先易后难、先基本后综合的顺序给出 7 个实验,每个实验均由“实验目的”、“实验器材”、“实验内容”、“基础知识”、“实验步骤及参考程序”和“实验报告”组成,供读者实践。

本书作者均为河南工业大学具有副教授职称的一线教师,拥有丰富的教学实践经验。其中,第 1、2 章由傅洪亮编写,第 3 章及附录由王锋编写,第 4、5 章由梁义涛编写,第 6、8 章由樊超编写,第 7、9 章由杨铁军编写,第 10 章由李岚编写。在本书的编写过程中,得到了鲁维扬、李旭东、连丽平、李攀、常华、朱远坤、李明瑞、侯利龙、鲁淑杰、庞蕊等的大力支持和帮助,在此表示衷心的感谢。

由于作者水平有限,对于书中不当之处,恳请广大读者批评指正。

编者

2011 年 10 月



# 目 录

<b>第 1 章 绪论</b> .....	1
1.1 引言 .....	1
1.1.1 数字信号处理概念简介.....	1
1.1.2 研究数字信号处理实现技术的必要性.....	2
1.1.3 数字信号处理的实现.....	2
1.1.4 DSP 系统简介 .....	3
1.1.5 DSP 系统的特点 .....	4
1.2 DSP 芯片 .....	5
1.2.1 DSP 芯片的结构特点 .....	5
1.2.2 DSP 芯片的分类 .....	7
1.2.3 DSP 芯片的发展及趋势 .....	8
1.2.4 DSP 芯片的应用 .....	11
1.3 TI 主要 DSP 芯片概述 .....	12
1.3.1 TI DSP 芯片命名规则 .....	13
1.3.2 DSP 芯片系列简介 .....	13
1.4 DSP 系统设计概要 .....	17
1.4.1 DSP 系统设计过程 .....	17
1.4.2 DSP 芯片的选择 .....	18
<b>第 2 章 TMS320C54x 的硬件结构</b> .....	21
2.1 TMS320C54x 的基本结构及特性 .....	21
2.1.1 TMS320C54x 的基本结构 .....	21
2.1.2 TMS320C54x 的主要特性 .....	23
2.2 总线结构.....	24
2.2.1 内部总线结构 .....	24
2.2.2 外部总线结构 .....	25
2.3 中央处理单元.....	26
2.3.1 算术逻辑运算单元(ALU) .....	26
2.3.2 累加器 A 和 B .....	28
2.3.3 桶形移位器 .....	29
2.3.4 乘法器/加法器单元(MAC) .....	30
2.3.5 比较、选择和存储单元(CSSU) .....	33

2.3.6	指数编码器(EXP)	34
2.3.7	CPU 状态和控制寄存器	35
2.4	存储器和 I/O 空间	37
2.4.1	存储器空间	37
2.4.2	程序存储器	40
2.4.3	数据存储器	46
2.4.4	I/O 存储空间	47
2.5	TMS320C54x 系统控制	49
2.5.1	程序地址的产生	49
2.5.2	流水线	50
2.5.3	中断	52
2.5.4	系统复位	56
2.5.5	省电和保持方式	56
2.6	TMS320VC5416 的结构、特性与引脚	58
<b>第 3 章</b>	<b>TMS320C54x 的指令系统</b>	<b>65</b>
3.1	指令的表示方法	65
3.1.1	指令中的符号	65
3.1.2	指令中的运算符	68
3.2	寻址方式	68
3.2.1	立即寻址	69
3.2.2	绝对寻址	70
3.2.3	累加器寻址	71
3.2.4	直接寻址	71
3.2.5	间接寻址	72
3.2.6	存储器映像寄存器寻址	77
3.2.7	堆栈寻址	78
3.3	指令系统	79
3.3.1	算术运算指令	79
3.3.2	逻辑运算指令	87
3.3.3	程序控制指令	89
3.3.4	存储和装入指令	93
<b>第 4 章</b>	<b>TMS320C54x 的软件开发</b>	<b>98</b>
4.1	TMS320C54x 软件开发过程	98
4.2	汇编语言程序的编写方法	100
4.2.1	汇编语言源程序举例	100
4.2.2	汇编语言常量	104
4.2.3	汇编源程序中的字符串	105

4.2.4	汇编源程序中的符号	106
4.2.5	汇编源程序中的表达式	107
4.3	汇编伪指令和宏指令	108
4.3.1	汇编伪指令	108
4.3.2	宏及宏的使用	113
4.4	汇编语言程序设计	115
4.4.1	程序的控制与转移	115
4.4.2	数据块传送程序	121
4.4.3	算术运算类程序	123
4.5	公共目标文件格式——COFF	135
4.5.1	COFF 文件中的段	135
4.5.2	汇编器对段的处理	136
4.5.3	链接器对段的处理	139
4.6	汇编源程序的编辑、汇编和链接过程	143
<b>第 5 章</b>	<b>DSP 集成开发环境</b>	<b>151</b>
5.1	CCS 集成开发环境简介	151
5.1.1	CCS 的安装及设置	152
5.1.2	CCS 的窗口、菜单和工具条	155
5.2	CCS 应用举例	157
5.2.1	应用实例	157
5.2.2	基本应用	160
5.2.3	探针和显示图形的使用	162
5.3	CCS 工程项目的创建与调试	165
5.3.1	CCS 工程项目的管理	165
5.3.2	CCS 源文件的管理	167
5.3.3	通用扩展语言——GEL	168
5.3.4	程序的运行和控制	170
5.3.5	图形工具的使用	171
5.3.6	数据输入与输出	173
<b>第 6 章</b>	<b>TMS320C54x 片内外设</b>	<b>174</b>
6.1	DSP 片内外设概述	174
6.2	可编程定时器	175
6.3	串行口	180
6.3.1	串行口概述	180
6.3.2	标准同步串行口(SP)	183
6.3.3	带缓冲的串行接口(BSP)	187
6.3.4	时分复用串行接口(TDM)	191

6.3.5	多通道缓冲串行接口(McBSP)	193
6.4	主机接口(HPI)	205
6.4.1	HPI与主机的连接框图	206
6.4.2	HPI控制寄存器	208
6.4.3	标准8位主机接口HPI-8	209
6.4.4	增强的8位HPI(HPI-8)	210
6.4.5	应用举例	214
<b>第7章</b>	<b>TMS320C54x基本系统设计</b>	<b>216</b>
7.1	硬件设计概述	216
7.2	时钟电路	218
7.2.1	时钟发生器	218
7.2.2	硬件配置的PLL	219
7.2.3	软件可编程PLL	219
7.3	复位电路	224
7.4	电源电路	225
7.4.1	电源电压及电流要求	226
7.4.2	电源电压的产生	226
7.4.3	电源解决方案	227
7.4.4	电平转换电路	229
7.5	A/D和D/A接口设计	231
7.5.1	A/D接口设计	231
7.5.2	D/A接口设计	240
7.6	外部存储器和I/O扩展	245
7.6.1	C54x的外部总线结构	246
7.6.2	C54x外部访问等待状态的产生	246
7.6.3	外部存储器的扩展	248
7.6.4	TMS320C54x DSP与MPS430微处理器的接口设计	258
7.6.5	TMS320C54x DSP与PC并行接口的接口设计	271
7.6.6	TMS320C54x与PCI总线的接口设计	279
7.7	JTAG在线仿真调试接口电路设计	282
<b>第8章</b>	<b>汇编应用程序设计</b>	<b>286</b>
8.1	DSP应用系统设计的基本步骤	286
8.2	正弦信号发生器	288
8.2.1	信号产生算法原理	288
8.2.2	正弦波信号发生器的设计与实现	289
8.3	FIR数字滤波器	291
8.3.1	FIR滤波器的基本原理和结构	292

8.3.2	FIR 滤波器的设计方法	295
8.4	快速傅里叶变换(FFT)	299
<b>第 9 章</b>	<b>语音信号采集系统设计</b>	<b>306</b>
9.1	语音接口芯片 TLV320AIC23 简介	306
9.1.1	引脚介绍	306
9.1.2	控制接口	308
9.1.3	寄存器映射	308
9.1.4	模拟接口	312
9.1.5	数字音频接口	314
9.1.6	音频采样率	315
9.2	硬件设计	317
9.3	软件设计	318
<b>第 10 章</b>	<b>实验</b>	<b>323</b>
10.1	实验箱说明书	323
10.1.1	简介	323
10.1.2	实验箱各单元的结构和功能	323
10.2	实验 1(验证性实验): CCS 软件的使用	330
10.3	实验 2(验证性实验): 基本运算(一)	336
10.4	实验 3(验证性实验): 基本运算(二)	338
10.5	实验 4(验证性实验): 存储器实验	339
10.6	实验 5(验证性实验): FFT 变换	341
10.7	实验 6(综合性实验): FIR 滤波器设计	347
10.8	实验 7(设计性实验): 步进电动机驱动	349
<b>附录</b>		<b>353</b>
附录 A	TMS320C54x 指令系统一览表(按指令字母顺序排列)	353
附录 B	伪指令汇总表	360
<b>参考文献</b>		<b>363</b>

# 第 1 章

## 绪论

### 1.1 引言

#### 1.1.1 数字信号处理概念简介

DSP 是数字信号处理(digital signal processing)的缩写,也是数字信号处理器(digital signal processor)的缩写。

##### 1. 数字信号处理

数字信号处理是一种用离散的数字或符号序列来表示信号,并利用数字硬件或计算机对这些离散序列进行处理的技术。它利用计算机或专用的数字处理设备,以数值计算的方法对信号进行采集、变换、滤波、估值、增强、压缩和识别等加工处理。数字信号处理是 20 世纪 60 年代发展起来的并广泛应用于许多领域的新兴学科,它的研究内容主要有两方面:

(1) 数字滤波,即滤除混杂在有用信号中的噪声和干扰,削弱采集信号中的多余成分。

(2) 各类变换和算法,为了分离两个或多个按某种方式合并在一起的信号,或是希望增强一个信号的某一分量,使之便于对它们进行分析和识别。

经典的数字信号处理有时域的信号滤波(如 IIR、FIR)和频域的频谱分析(如 FFT)。数字信号处理在理论上所涉及的范围极其广泛,在数学领域,微积分、概率统计、随机过程、复变函数等都是其基本工具,网络理论、信号与系统等均是它的理论基础。在科学发展上,数字信号处理近年来成为人工智能、模式识别、神经网络等新兴学科的理论基础之一。因此,数字信号处理是把经典的理论体系作为自己的理论基础,同时又使自己成为一系列新兴学科的理论基础。

自 FFT 产生以来,数字信号处理(DSP)已有 40 多年的历史,在这期间,伴随着计算机和信息技术的飞速发展,数字信号处理技术日臻完善,进而形成一门较为完善的理论体系。

数字化技术有今天的飞速发展,是依赖于强大的软、硬件环境支撑的。作为数字信号处理的一个实际任务,就是要求能够快速、高效、实时地完成处理任务,这就要通过通用或专用的数字信号处理器来完成。因此,数字信号处理器是用来完成数字信号处理任务的一个硬件平台。

## 2. 数字信号处理器

数字信号处理器(digital signal processors, DSP)也称 DSP 芯片,是指具有专门为完成通用数字信号处理任务而优化设计的系统体系结构、可编程的高速专用的特殊结构的微处理器。其内部采用程序和数据分开的哈佛结构,具有专门的硬件乘法器,广泛采用流水线操作,提供特殊的 DSP 指令,可以用来快速实现各种数字信号处理算法。其主要特点是:

- (1) 数学运算功能强大。
- (2) 资源丰富。
- (3) 高速输入、输出以及高速率传输数据。
- (4) 专门处理以运算为主的实时信号处理任务。

经典的数字信号处理,如 IIR、FIR 和 FFT 的核心是乘加运算。数字信号处理器设计的宗旨是为了更快地完成数字信号处理任务,因此其特点是更适合于乘加运算。另外,数字信号处理器是可编程的,非常利于程序修改以及产品升级。

### 1.1.2 研究数字信号处理实现技术的必要性

在现代社会,数字电视、数码相机、数字电话、数字视频、数字音频等产品已经得到了广泛的应用。这些数字产品之所以能够实现更完美的效果,在很大程度上是因为这些产品使用了数字信号处理技术。目前,数字信号处理任务大多数都是由 DSP 来完成的,DSP 技术已成为人们日益关注的并得到迅速发展的前沿技术。

随着半导体加工技术的不断发展,数字化时代正以不可逆转之势充斥着人类的许多领域,数字信号处理技术以及 DSP 芯片已成为不可替代的决定系统性能优劣的基础性元件。比如有的系统要求具有较高性能,如数码摄像机、IP 视频电话、便携式媒体设备、机顶盒、流媒体、监视 IP 摄像机、视频基础设施、无线基础设施等;有的系统要求低功耗,如生物辨识、远程信息处理、因特网音频、组网、个人医疗设备、电信高频无线电通信和导航系统、无线调制解调器、便携式消费品等;还有的系统要求最优化的控制,如数字电源、嵌入式传感和测量、工业驱动产品等。

数字化是当今的主流发展方向,而 DSP 的重要特点在于其信号处理速度远远高于一般的微处理器,适合于实时数据处理,因此 DSP 在系统的实现中发挥着越来越重要的作用,无论是基站、终端设备,还是手机、背负式电台,都要依靠高性能的 DSP 来实现。

如今,在数字信号处理的各个应用领域中,如语音与图像处理、信息的压缩与编码、信号的调制与调解、信道的辨识与均衡、各种智能控制与移动通信等,都延伸出各自的理论与技术,可以说凡是用计算机来处理各类信号的场合都引用了数字信号处理的基本理论、概念和技术。自然地,其实现技术也成为人们所关心的重要技术之一。

### 1.1.3 数字信号处理的实现

数字信号处理是围绕着数字信号处理的理论、实现和应用等几个方面发展起来的。数字信号处理在理论上的发展推动了数字信号处理应用的发展。反过来,数字信号处理的应用又促进了数字信号处理理论的提高。而数字信号处理的实现则是理论和应用之间的

桥梁。

人们总是希望数字信号处理系统具有速度快、抗干扰能力强、灵活精确且造价低的特点,这样就不可避免的对科研及工程技术人员提出了越来越高的期望和要求。如今,数字信号处理的实现方法一般有以下几种:

(1) 在通用的计算机(如个人计算机)上用软件(如 C 语言)实现。该方法速度慢,适合于 DSP 算法的模拟与仿真。

(2) 在通用的计算机系统上加上专用的加速处理机实现。该方法专用性较强,应用受限制且不便于系统独立运行。

(3) 用通用的单片机(如 MCS-51、MSP430、96 系列等)实现。这种方法多用于一些不太复杂的数字信号处理,如简单的数字控制等。

(4) 用通用的可编程 DSP 芯片实现。与单片机相比,DSP 芯片具有更加适合于数字信号处理的软件及硬件资源,可用于复杂的数字信号处理算法,使数字信号处理的应用打开了新的局面。

(5) 用专用的 DSP 芯片实现。在一些要求信号处理速度极高的特殊场合,用通用的 DSP 芯片很难实现极高速运算,而专用的 DSP 芯片(如专用于 FFT、数字滤波、卷积等相关算法的 DSP 芯片)可以将相应的信号处理算法在芯片内部用硬件实现,无须进行编程。

在 20 世纪 80 年代以前,由于实现方法的局限性,尽管数字信号处理的理论发展迅速,但是还得不到广泛的应用。直到 20 世纪 80 年代初,世界上第一块 DSP 芯片的诞生,才将理论研究成果广泛应用于低成本的实际系统中,并且推动了计算机、通信、控制等领域的理论和技术的发展。

#### 1.1.4 DSP 系统简介

数字信号处理系统是以数字信号处理为基础的。图 1-1 所示为一个典型的 DSP 系统。DSP 系统的输入信号可以有各种各样的形式,它们可以是电信号、声音信号、压力信号等。

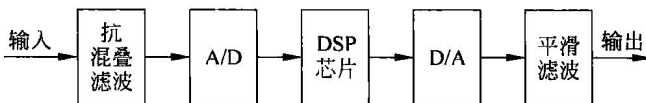


图 1-1 典型的 DSP 系统

DSP 系统首先对输入信号进行带限滤波和抽样,然后进行 A/D(analog to digital)转换将模拟信号变换成数字信号。根据奈奎斯特抽样定理,为防止信号频谱混叠,保证信息不丢失,抽样频率至少是输入带限信号最高频率的 2 倍以上。DSP 芯片的输入是 A/D 变换后得到的以抽样形式表示的数字信号,DSP 芯片对输入的数字信号进行某种形式的处理,如进行一系列的乘累加操作(MAC)。数字处理是 DSP 系统的关键,这与其他系统(如电话交换系统)有很大的不同。例如在交换系统中,处理器的作用是进行路由选择,它并不对输入数据进行修改,因此虽然两者都是实时系统,但两者的实时约束条件却有很大的不同。最后,经过处理后的数字样值再经 D/A(digital to analog)变换转换为模拟样值,之后再对其进行内插和平滑滤波就可得到连续的模拟波形。

必须指出的是,上面给出的 DSP 系统模型是一个典型模型,但并不是所有的 DSP 系统



都必须具有模型中的所有部件。如语音识别系统在输出端并不是连续的波形,而是识别结果,如数字、文字等;有些输入信号本身就是数字信号(如 CD 即 compact disk),因此就不必进行 A/D 变换了。

### 1.1.5 DSP 系统的特点

数字信号处理系统是以数字信号处理为基础的,因此具有数字处理的全部优点。而数字信号处理系统相对于模拟信号处理系统又具有如下特点。

#### 1. 接口简单、方便

DSP 系统与其他以现代数字技术为基础的系统或设备都是相互兼容的,与这样的系统接口以实现某种功能要比模拟系统与这些系统接口要容易得多,这些特点便于系统设备之间的连接和系统功能的扩展。在数据流接口上,各系统之间只要遵循特定的标准和协议即可。

#### 2. 编程方便,容易实现复杂的算法

在 DSP 系统中,DSP 芯片提供了一个高速的计算平台,系统功能依赖于软件编程实现。当其与现代信号处理理论和计算数学相结合时,可以实现复杂的信号处理功能。因此,DSP 系统中的可编程 DSP 芯片可使设计人员在开发过程中灵活方便地对软件进行修改和升级。

#### 3. 稳定性好

DSP 系统以数字处理为基础,仅受量化误差和有限字长的影响,处理过程中不会叠加其他噪声,具有较高的信噪比,受环境温度以及噪声的影响较小,可靠性高。而模拟系统受环境温度、湿度、噪声、电磁场等的干扰和影响大。当环境的温度、湿度、振动以及在外界电磁场干扰等条件改变时,模拟系统的性能就会发生改变,而且可能是大的改变。另外,随着时间的改变,模拟系统的特性也会发生改变。数字系统的输入、输出是由软件来确定的,因此,不存在随时间而改变的问题。相对模拟系统而言,数字系统的稳定性要好得多,即受时间和环境的影响要小得多。

#### 4. 精度高

一般来说,数字系统的精度要比模拟系统的精度高。模拟系统的性能由于受元器件参数性能的制约,精度始终很难提高,虽然现在有了高精度的电阻等元器件,但其直接影响了系统的成本,而且其精度也不能让人满意。而数字系统的精度是由系统所采用的 A/D 转换器的位数、处理器字长以及所采用的算法等因素决定的。相对而言,数字系统可以获得更高的精度。

#### 5. 可重复性好

模拟系统的性能受元器件参数性能变化的影响比较大,而数字系统基本不受影响,因此数字系统便于测试、调试和大规模生产。两个同样设计的模拟系统,采用同样的元器件,在相同的输入信号和环境下,由于元器件参数的离散性,所得到的输出往往会有细小的差别。