



普通高校“十二五”规划教材

# DSP 技术与应用

牟立群 周玉坤 修丽梅 编著



北京航空航天大学出版社  
BEIHANG UNIVERSITY PRESS



普通高校“十二五”规划教材

# DSP 技术与应用

许立群 周玉坤 修丽梅 编著

北京航空航天大学出版社

## 内 容 简 介

本书介绍了数字信号处理器的基本概念、基本结构和特性,详细介绍了 TMS320C5000 DSP 的汇编语言指令格式、寻址方式、汇编语言编程、汇编语言与 C 语言混合编程;以 TMS320C54x 为例,给出在片外电路单元的初始化设置及硬件接口电路设计;对 DSP 的集成开发环境 CCS 在调试中的应用进行了详尽的描述;为配合教学,还结合 EL-DSP-EXPIV 实验系统详细介绍了有关外围接口、基本操作和算法实现等应用实例。本书旨在从教学和应用的角度,使读者了解以 TMS320C5000 为代表的 DSP 的体系结构和基本原理,熟悉 DSP 的开发工具和使用方法,初步掌握 DSP 应用系统设计和软件开发方法。

本书内容结构合理,实用性强,适合作为高等院校电子信息类专业本科生和研究生的教材,也可以作为从事 DSP 开发工作的科技人员的参考书。

### 图书在版编目(CIP)数据

DSP 技术与应用 / 许立群,周玉坤,修丽梅编著. —

北京:北京航空航天大学出版社,2015.2

ISBN 978-7-5124-1675-8

I. ①D… II. ①许… ②周… ③修… III. ①数字信号处理 IV. ①TN911.72

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 017540 号

版权所有,侵权必究。

### DSP 技术与应用

许立群 周玉坤 修丽梅 编著

责任编辑 刘晓明

\*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路 37 号(邮编 100191) <http://www.buaapress.com.cn>

发行部电话:(010)82317024 传真:(010)82328026

读者信箱:emsbook@gmail.com 邮购电话:(010)82316936

北京市同江印刷有限公司印装 各地书店经销

\*

开本:710×1 000 1/16 印张:33 字数:703 千字

2015 年 3 月第 1 版 2015 年 3 月第 1 次印刷 印数:3 000 册

ISBN 978-7-5124-1675-8 定价:69.00 元

---

若本书有倒页、脱页、缺页等印装质量问题,请与本社发行部联系调换。联系电话:(010)82317024

# 前 言

DSP 技术是目前电子技术和 IT 领域中的一项核心技术。在 20 世纪末, DSP 技术已经深入到了各个行业的应用技术中; 进入 21 世纪以来, DSP 技术已经成为各种新技术的一个共同基础。

学习 DSP 技术包括两大部分内容, 一部分内容是相应的基本分析和计算理论, 另一部分内容则是 DSP 系统的实现技术。

本书作为初学 DSP 技术的入门教材, 向读者提供有关 DSP 技术的基本原理和 DSP 应用系统的基本硬件技术, 并通过提供一些基本实验, 帮助读者迅速学会如何设计一个 DSP 应用系统。为此, 本书突出 DSP 应用技术基本概念和方法, 着重于通过练习达到学习 DSP 应用开发技术的目的。

TMS320C5000 系列的结构、性能特点是目前数字信号处理器的典型代表, 其集成开发环境 CCS 为 DSP 应用系统的开发提供了方便、快捷的手段。

本书以 TMS320C5000 系列 DSP 为例介绍了数字信号处理器的基本概念、DSP 应用系统的软硬件设计和应用开发, 配合教学安排, 结合 DSP 实验系统详细介绍了有关各种外围接口、基本操作和算法实现等应用实例。读者通过本书的学习, 可以初步掌握 DSP 应用系统设计和软硬件开发方法。

本书共 10 章。第 1 章介绍了数字信号处理的基本概念、数字信号处理器的基本结构和特性、设计 DSP 系统时选择 DSP 芯片考虑的因素以及数字信号处理器的发展过程和应用领域。第 2 章详细介绍了 TMS320C54x DSP 的结构原理和片内资源。第 3 章介绍了 TMS320C55x DSP 的结构和在片外围电路单元。第 4 章介绍了 TMS320C5xx 系列的指令系统, 包括汇编语言指令格式、寻址方式、汇编和链接伪指令、链接命令文件的编写。第 5 章是程序设计及在片外设应用, 包括以 TMS320C54x 为例的汇编语言编程、C 语言编程以及汇编语言与 C 语言混合编程、在片外设的初始化设置和应用举例。第 6 章介绍了 DSP 应用系统开发中有关硬件接口电路的设计。第 7 章介绍了集成开发环境 CCS 在 DSP 系统开发中的应用方法。第 8 章介绍了 EL-DSP-EXPIV 教学实验系统, 包括教学实验系统的硬件组成和安装设置方法。第 9 章是在教学实验系统上的应用实例, 实例的内容包括 DSP 应用开发中涉及的许多方面。第 10 章是在教学实验系统上的基础实验和算法实验。附录 A 是 TMS320C54x 指令表。附录 B 是 TMS320C55x 指令表。第 9 章的实例程

## 前 言

序和第 10 章的实验参考程序可在北京航空航天大学出版社网站的下载专区下载。

本书的 1~5 章和附录由许立群编写,第 6 章、第 8~10 章由周玉坤编写,第 7 章由修丽梅编写,全书由许立群统稿。

北京精信达盛科技有限公司对本书的编写工作给予了大力支持,提供了大量的实验素材;北京航空航天大学出版社对本书的编写出版工作给予了大力支持,作者在此一并致谢。

由于编者水平有限,书中难免存在错误,希望读者批评指正。

作 者

2015 年 1 月 20 日

## 目 录

第 1 章 数字信号处理及 DSP 器件特性 .....	1
1.1 数字信号处理 .....	1
1.1.1 模拟信号与数字信号 .....	1
1.1.2 数字信号处理系统 .....	4
1.2 数字信号处理器的基本结构 .....	8
1.2.1 数字信号处理器的基本结构和特性 .....	8
1.2.2 选择 DSP 芯片考虑的因素 .....	12
1.3 数字信号处理器的发展和应用 .....	13
1.3.1 DSP 芯片的发展 .....	13
1.3.2 DSP 芯片的应用领域 .....	15
习 题 .....	15
第 2 章 TMS320C54x 概述 .....	16
2.1 TMS320C54x 的结构 .....	16
2.2 TMS320C54x 的总线 .....	18
2.3 TMS320C54x 存储器的结构和 I/O 寻址 .....	21
2.3.1 TMS320C54x 的寻址空间 .....	21
2.3.2 TMS320C54x 的存储器配置 .....	22
2.3.3 程序存储器地址映射及片上 ROM 的内容 .....	27
2.3.4 片内 ROM 分块结构 .....	28
2.3.5 片内 RAM 分块结构 .....	29
2.3.6 I/O 寻址空间 .....	30
2.4 TMS320C54x 寄存器 .....	30
2.4.1 TMS320C54x 器件的 CPU 寄存器 .....	30
2.4.2 TMS320C54x 器件外围电路寄存器 .....	37
2.5 TMS320C54x 器件的 CPU .....	39
2.5.1 TMS320C54x CPU 的基本组成 .....	39

2.5.2	算术逻辑单元(ALU)	39
2.5.3	累加器 A 和 B	42
2.5.4	桶形移位器	44
2.5.5	乘法/加法单元	45
2.5.6	比较、选择和存储单元(CSSU)	47
2.5.7	指数编码器	48
2.6	TMS320C54x 在片外围电路	49
2.6.1	通用 I/O 口	49
2.6.2	定时器	50
2.6.3	时钟发生器	52
2.6.4	多通道缓冲串行口 McBSP	54
2.6.5	等待状态发生器	72
2.6.6	存储器边界转换开关	73
2.6.7	HPI 接口	74
2.7	TMS320C54x 中断系统	77
2.7.1	中断概述	77
2.7.2	中断相关寄存器	78
2.7.3	中断请求及处理	79
2.7.4	中断向量地址重新映射	81
2.7.5	中断向量地址	81
	习 题	82
<b>第 3 章</b>	<b>TMS320C55x 概述</b>	<b>83</b>
3.1	TMS320C55x 整体结构	83
3.1.1	内部总线及存储器接口	83
3.1.2	TMS320C55x 芯片 CPU	85
3.2	TMS320C55x 存储器空间和 I/O 空间	89
3.3	堆栈操作	91
3.3.1	堆栈指针	91
3.3.2	堆栈配置	92
3.4	TMS320C55x 器件的 CPU 寄存器	93
3.5	TMS320C55x 外围电路	117
3.5.1	通用 I/O 引脚	118
3.5.2	通用定时器/计数器	119
3.5.3	时钟发生器	122
3.5.4	多通道缓冲串行口 McBSP	124
3.5.5	外部存储器接口	135

3.5.6	模/数转换器	142
3.5.7	看门狗定时器	144
3.5.8	I <sup>2</sup> C 模块	147
3.6	TMS320C55x 中断和复位操作	152
3.6.1	中断概述	152
3.6.2	中断向量与优先级	152
3.6.3	可屏蔽中断	155
3.6.4	不可屏蔽中断	158
3.6.5	硬件复位	159
3.6.6	软件复位	161
	习 题	163
<b>第 4 章</b>	<b>TMS320C5000 指令系统</b>	<b>164</b>
4.1	软件开发环境和编程语言	164
4.2	汇编语言语句格式	166
4.2.1	汇编语言源语句格式	166
4.2.2	常 量	168
4.2.3	符 号	168
4.2.4	表达式	171
4.3	汇编语言源指令系统中的符号和缩写	172
4.4	寻址方式	176
4.4.1	TMS320C54x 寻址方式	176
4.4.2	TMS320C55x 寻址方式	183
4.5	TMS320C5000 的汇编伪指令	198
4.5.1	段定义伪指令	198
4.5.2	常数初始化伪指令	200
4.5.3	段程序计数器定位指令. align	200
4.5.4	输出列表格式指令	201
4.5.5	引用其他文件和符号的伪指令	201
4.5.6	条件汇编指令	202
4.5.7	汇编时的符号定义伪指令	202
4.5.8	其他汇编伪指令	203
4.5.9	宏语言	203
4.5.10	链接伪指令	205
4.6	汇编链接和链接命令文件	208
4.6.1	通用目标文件(COFF)的基本单元——段	209
4.6.2	汇编器对段的处理	210



4.6.3	链接器对段的处理	212
4.6.4	链接器对程序的重新定位	212
4.6.5	COFF 文件中的符号	213
4.6.6	链接命令文件	214
	习 题	217
	<b>第 5 章 程序设计及在片外设应用</b>	218
5.1	TMS320C54x 汇编语言程序设计	218
5.1.1	程序流程控制	218
5.1.2	数据块传送	221
5.1.3	定点数的基本算术运算	222
5.1.4	长字运算和并行运算	224
5.1.5	缓冲区的使用	225
5.2	TMS320C54x C 语言编程	234
5.2.1	C 语言的特征	235
5.2.2	C 语言的数据类型	236
5.2.3	寄存器变量	236
5.2.4	pragma 伪指令	237
5.2.5	asm 语句	237
5.2.6	访问 I/O 空间	238
5.2.7	访问数据空间	238
5.2.8	中断服务函数	239
5.2.9	动态分配内存	240
5.2.10	系统初始化	240
5.2.11	C 语言程序实例	241
5.3	DSP 的 C 语言与汇编语言混合编程	241
5.3.1	程序运行环境	242
5.3.2	独立的 C 和汇编模块接口	246
5.3.3	C 程序访问汇编程序变量	247
5.3.4	C 程序访问汇编程序中定义的常量符号	248
5.3.5	C 程序内嵌汇编语句	249
5.3.6	汇编模块调用 C 函数	250
5.3.7	C 语言的运行支持函数	250
5.3.8	混合编程实例	251
5.4	在片外设应用	253
5.4.1	初始化设置	253
5.4.2	定时器应用编程举例	255

习 题	259
<b>第 6 章 硬件接口设计</b>	260
6.1 DSP 系统的组成	260
6.2 电源电路	261
6.3 JTAG 接口	263
6.4 参考时钟和复位电路	266
6.4.1 参考时钟	266
6.4.2 复位电路	268
6.5 存储器接口	268
6.5.1 程序存储器扩展	269
6.5.2 数据存储器扩展	270
6.6 I/O 接口	272
6.6.1 显示接口	272
6.6.2 按键接口	274
6.7 A/D 和 D/A 接口	276
6.7.1 与 D/A 转换芯片的连接	276
6.7.2 与 A/D 转换芯片的连接	278
6.7.3 与集成音频 AD/DA 芯片的连接	279
6.8 混合逻辑电平电路	284
6.9 引导加载	286
习 题	292
<b>第 7 章 DSP 集成开发环境 CCS 及使用</b>	293
7.1 C5000 Code Composer Studio 简介	293
7.2 CCS 安装与配置	293
7.2.1 系统配置要求	293
7.2.2 安装 CCS	294
7.2.3 安装 CCS 配置程序	294
7.3 CCS 基本使用	295
7.3.1 概 述	295
7.3.2 CCS 的窗口、关联菜单、主菜单和常用工具栏	295
7.3.3 建立工程和源文件编辑	306
7.3.4 构建工程及生成可执行文件	309
7.3.5 调试方法和步骤	310
7.3.6 断点的使用	312
7.3.7 存储器窗口和寄存器窗口的使用	314
7.3.8 探针的使用与数据输入和结果分析	317

## 目 录

7.3.9	程序代码性能测试	323
7.3.10	内存映射定义和使用	325
7.4	Simulator 仿真应用	327
7.4.1	中断的仿真	327
7.4.2	I/O口的仿真	330
	习 题	334
<b>第 8 章</b>	<b>实验系统</b>	<b>335</b>
8.1	实验系统介绍	335
8.1.1	概 述	335
8.1.2	硬件的组成	336
8.2	实验系统的安装及设置	360
8.2.1	CCS 的安装	360
8.2.2	USB 驱动程序的安装	361
8.2.3	USB 2.0 XDS510 仿真器驱动程序的安装	364
8.2.4	CCS 2 (C5000)的设置(以 USB 接口仿真器设置为例)	365
8.2.5	连接计算机、仿真器和实验箱并上电	370
<b>第 9 章</b>	<b>应用实例</b>	<b>371</b>
实例一	常用汇编指令使用	371
实例二	数字量 I/O	382
实例三	定时器实验	393
实例四	外部中断实验	396
实例五	A/D 转换实验	399
实例六	语音处理实验	406
实例七	键盘接口及七段数码管显示	423
实例八	LCD 输出显示	433
实例九	有限冲击响应滤波器(FIR)算法实现	441
实例十	DTMF 信号的产生和检测	449
实例十一	语音编码/解码的实现(G. 711 编码/解码器)	458
<b>第 10 章</b>	<b>DSP 实验</b>	<b>476</b>
10.1	基础实验	476
实验一	D/A 转换及数字波形的产生	476
实验二	GPIO 扩展实验	477
实验三	二维图形的生成	477
实验四	数字图像处理实验	479
实验五	以太网通信实验	479
10.2	算法实验	480

实验一 语音信号 FFT 分析的实现 .....	480
实验二 无限冲击响应滤波算法的实时实现 .....	480
实验三 卷积(Convolve)算法的实现 .....	481
实验四 离散余弦变换(DCT)算法的实现 .....	482
实验五 相关(Correlation)算法的实现 .....	483
实验六 $\mu$ -LAW 算法的实现 .....	484
附录 A TMS320C54x 指令表 .....	485
附表 B TMS320C55x 指令表 .....	494
参考文献 .....	515

# 第 1 章

## 数字信号处理及 DSP 器件特性

### 1.1 数字信号处理

数字信号处理顾名思义就是对数字信号按照预定任务的要求进行相应的处理,以完成预定的任务,即利用计算机或专用处理设备,以数字形式对信号进行采集、变换、滤波、估值、增强、压缩、识别等处理,得到符合需要的信号形式。

#### 1.1.1 模拟信号与数字信号

信号是信号处理系统的对象,而为了实现能处理某类信号的信号处理系统,就必须对信号有清晰的认识,因此信号分析是信号处理系统应用的基础。在设计信号处理系统时,必须先了解要处理的对象——信号。

物理系统输出的信号反映了该系统全部或部分行为特征,因此信号是物理系统的表现形式。

所谓信号的性质,是指信号的物理特征和数学描述特征,信号性质是决定处理系统结构和特性的重要因素。因此,工程中对信号的描述主要是对信号性质的描述。

从数学上看,信号所代表的是有关变量之间的函数关系。对于目前所知物理系统的信号,都可以表示为所观测物理量与时间  $t$  的函数关系,也可以把信号表示为物理量与频率  $f$  之间的函数关系。在信号分析中,最基本的自变量就是时间和频率。

信号分析与信号处理系统的基本技术内容,就是对信号和信号处理系统的行为特性进行数学描述,这种描述的根据就是信号和系统的物理基础。对于工程师来说,用数学方法描述工程信号和信号处理系统,是必须具有的基本技术素质之一。

为了便于进行工程分析及信号处理系统的分析设计,工程中根据信号的行为特征对信号进行分类。有了信号的分类,就可以有目的地选择信号处理方法,就能正确地确定所用的信号处理技术或对信号进行正确分析,从而设计出工程技术所要求的信号处理系统。因此,信号分类是确定信号处理方法和技术的基本条件。

## 1. 确定性信号与随机信号

信号是物理系统行为特性和参数性质的表现,只有对信号的行为特性完全掌握后才能设计出正确的信号处理系统,因此,信号处理系统设计的第一步就是描述信号。

如果能够用确定的数学方式描述一个信号,则可以确切地给出任何时刻的信号值;也就是说,可以准确地指出任何时刻信号的确切数值。这种信号在工程上叫做确定性信号。如果无法给出信号在任意时刻的数值,则这种信号就叫做非确定性信号。

确定性是信号的一个重要性质。确定性信号是指在任意给定时刻,信号值能完全确定的信号。确定性信号的模型可以用一个时间  $t$  或频率  $f$  的函数来表示。从信号处理系统设计的角度看,如果信号是确定性的,就意味着设计者已经完全掌握了信号的特征,可以有针对性地设计出符合要求的信号处理系统。

与确定性信号相反,随机信号是一种无法确定任意给定时刻信号值的信号,无法用确切的数学模型描述,只能通过统计方法来表征其一般特点;也就是说,非确定性信号实际上就是一种未知信号。非确定信号的处理是数字信号处理的重要内容之一。

## 2. 连续时间信号与离散时间信号

根据物理学的基本原理,自然界和工程中的任何物理系统或物理信号,总可以用时间、频率和空间坐标作为自变量,即可以把信号或系统看成是时间、频率或空间坐标的函数。

世间万物总是随时间在变化,如果关心变化的速度,则可以使用频率作为基本坐标;如果还关心信号或系统的空间分布关系,则还可以加入空间坐标对信号或系统进行描述。

在信号处理理论与技术中,由于信号或系统的时间或频率特征是两个基本的特征,可以确定信号的基本性质,所以,总是选择时间和频率作为基本坐标。

### (1) 连续信号的基本数学定义与描述方法

在工程实际中总是用物理量  $x$  与时间  $t$  或频率  $f$  之间的函数关系描述信号,并把时间  $t$  或频率  $f$  作为自变量,所以,信号可以写成  $x(t)$  或  $x(f)$ 。

信号分析中连续信号的定义是:当信号关于自变量连续时,就叫做连续信号。

例如自变量为时间  $t$ ,信号  $x(t)$  是  $t$  的连续函数,则  $x(t)$  叫做连续时间信号。连续时间信号的定义,与物理学中对随时间变化物理量的描述方法一致。

连续时间信号的定义和描述方法在工程中具有重要的意义:

① 这种数学定义和描述方法是对信号性质的描述,代表了信号的基本特征,是对信号进行分析和信号处理系统设计的基本出发点。

② 它是对信号源的一种描述,信号的数学定义不仅是信号的数学模型,也表示了形成信号的基本要素。

## (2) 离散信号的基本数学定义与描述方法

如果只是在自变量的某些点上信号才有意义,则这种信号就叫做离散信号。

要注意,“某些点上才有意义”是说在两个点之间不存在信号,也就是说信号没有意义。

当自变量为时间  $t$ 、信号只是在某些时刻点上才有意义时,这种信号就叫做离散时间信号。离散时间信号一般用序列来表示,即  $x(n)$ 、 $[x_n]$  或  $x_n$  等,其中  $n$  为整数。

离散时间信号与连续时间信号都代表信号的基本物理特征。

## (3) 连续时间信号与离散时间信号之间的转换

如果对连续时间信号  $x(t)$  在离散的时间点(不同的时刻)进行取样,即可获得离散时间信号  $[x_n]$ 。例如对连续时间信号  $x(t)$  在  $t_0, t_1, \dots, t_n$  时刻进行取样,就可以得到  $x(t_0), x(t_1), \dots, x(t_n)$ 。这些是信号  $x(t)$  在  $t_0, t_1, \dots, t_n$  时刻的信号幅度值,为了处理方便,习惯上写成  $x[0], x[1], \dots, x[n]$ , 或  $\{x_0, x_1, \dots, x_n\}$ , 其中  $x_n = x(t_n)$ ,  $n$  为取样点,  $x_n$  是取样点处的信号幅度值。

对连续时间信号进行取样时,取样点之间的时间间隔常用  $T_s$  表示,称为取样间隔。

当取样间隔相等时叫做均匀取样。对连续时间信号进行均匀取样得到的离散时间信号可以写成

$$x_n = [x_n] = x(nT_s)$$

式中,  $T_s$  为常数。

## 3. 模拟信号与数字信号

把信号分为模拟信号与数字信号,是现代电子技术中的重要概念。模拟信号处理系统与数字信号处理系统具有完全不同的特性。

### (1) 模拟信号

在工程实际中,不直接以数值方式给出的物理量就叫做模拟信号。

模拟信号分为连续时间模拟信号和离散时间模拟信号。只有经过量化处理后的信号,才是数字信号。

### (2) 数字信号

由于电子技术和计算机技术的飞速发展,数字信号已经成为目前信号处理中的主要处理对象。

数字信号:用数字序列描述的信号,就叫做数字信号。

与模拟信号不同,数字信号虽然仍代表相应的物理量,但已经直接给出了具体的数值。同时,对于数字信号处理系统来说,数字信号只是一组数据,可以通过运算对其进行任何处理,这是目前模拟信号处理系统无法实现的重要功能。

要说明的是,在数字电路中把只有高低两种逻辑电平组成的信号也叫做数字信号。显然,叫做数字信号是要强调这种信号只能由数字电路进行处理,而不是数字信号处理中所说的那种数字信号。因此,数字电路中又把高低逻辑电平组成的信号叫

## 第 1 章 数字信号处理及 DSP 器件特性

做数字逻辑信号。

工程中把模拟信号转换为数字信号的基本方法就是采用 A/D 转换电路。

数字信号处理中使用基本信号描述工程信号,基本数字信号包括单位阶跃序列、单位冲击序列、复数指数序列和正弦序列。这些基本数字信号可以用来形成各种工程数字信号,从而使分析得到简化。

### 1.1.2 数字信号处理系统

数字信号处理系统的核心,就是采用数字计算的方法实现各种工程信号处理系统,例如实现给定的控制系统、滤波器以及信息提取和分析的系统。

为了实现数字信号处理系统,必须完成以下几项工作。

#### (1) 设计数字信号处理系统的结构

所谓数字信号处理系统的结构,是指能实现所需信号处理功能的系统结构,其中包括硬件结构和软件结构。

① 硬件结构包括 A/D 和 D/A 转换、相应的模拟信号处理电路(例如放大器、滤波器、信号隔离器等)以及实现数字计算的核心系统等。数字信号系统的结构对完成数字信号处理任务有相当重大的影响,是实现相应算法的重要基础。特别是对实时性有要求的数字信号处理系统,硬件结构几乎就是决定系统是否成功的唯一因素。

② 软件结构主要是指软件的算法结构。数字信号处理系统的应用十分广泛。软件结构具有极强的针对性,不仅与系统功能直接有关,还与实施软件的硬件系统直接有关。

#### (2) 设计实现系统功能的算法

当系统结构确定后,算法设计就有了针对性。算法是实现数字信号处理系统的灵魂,算法由数字信号处理系统的功能来确定。

① 算法设计与软件结构设计并不相同。算法具有的一个重要特点,就是算法的硬件和软件无关性。算法体现的是实现一种特殊功能所要求的数字信号处理系统原理,而与实现方法基本无关。

② 算法如何成为软件,只与系统的硬件结构和软件结构有关,而与算法的原理无关。所以,实现系统功能的算法一般属于理论设计工作,而实现算法的软件系统则属于相应的技术性工作。

#### (3) 选择系统的实现方法

当数字信号处理系统的结构和算法都确定后,重要的问题就是选择系统的实现方法。选择系统的实现,需要设计者具有比较丰富的硬件和软件知识与设计经验。

### 1. 数字信号处理硬件系统的基本结构

所谓数字信号处理系统,实际上就是利用计算的方法实现一个应用的系统。要使用计算的方法实现一个系统,就必须借助于具有计算能力的电子系统。从计算的角度看,一个数字信号处理系统可以用通用计算机实现,也可以用专用计算机实现。



因此, DSP 硬件技术的核心内容就是如何利用电子技术实现一个数字信号处理系统。

从工程技术的角度看,任何一个应用系统都属于一个对输入信号进行某种计算的系统。而从电子技术的角度看,对信号的计算(也就是处理)的基本电路就是能够实现数字运算和系统管理的 CPU。

DSP 的基本特征就在于数字信号处理,这是 DSP 系统硬件技术的基础。

数字信号处理系统的基本结构取决于系统的算法和所采用的计算技术,此外,还与所使用的硬件技术有关。例如采用纯软件的方法实现系统,其实时性就比较差。目前一般常用软件和硬件兼用的方法实现一个工程信号处理系统。例如信号发生器、开关电源、语音处理、图像处理等信号处理系统。

图 1-1 是一种用于语音处理的 DSP 系统结构框图。

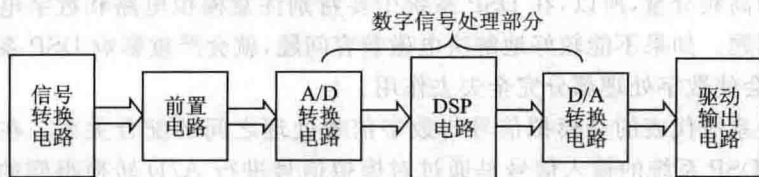


图 1-1 一种用于语音处理的 DSP 系统结构

在图 1-1 中,信号转换电路把语音形成的机械振动波转换成随时间变化的电压信号。前置电路的作用是对输入信号进行放大和滤波,使电压信号幅度达到 A/D 转换电路的输入要求,并用滤波器限制进入 A/D 转换电路信号的频带范围。A/D 转换把随时间连续变化的电压信号转换成为一个数字序列,序列中的每一个数据都对应于该转换时刻点时的信号电压值。A/D 转换电路输出的数字信号进入 DSP 电路中进行相应的处理。最后,经过处理的信号再通过 D/A 转换电路和驱动输出电路(包括滤波器在内)输出到相应的设备上(例如扬声器)。

在图 1-1 中,完成数字信号处理的部分只有 A/D 转换电路、数字信号处理电路和 D/A 转换电路三个部分,其他部分都属于模拟信号处理电路,这就对数字信号处理系统提出了整体适配要求。所谓整体适配,是指系统中各个部分能协调工作,各部分电路的衔接能满足系统整体要求。

在设计一个完整的 DSP 硬件系统时,应考虑到如下几个关系。

#### (1) 设计要求与数字信号处理电路之间的关系

设计要求是设计一个数字信号处理系统的基本出发点,所有的设计工作都是围绕设计要求进行的。在工程实际中, DSP 应用系统的设计要求可以归纳为实时性要求和基本电气特性两个部分。

实时性要求所代表的是系统基本技术指标。例如语音识别系统中,识别方法往往涉及复杂的数学计算,这会与实时性要求形成矛盾,因此必须注意如何确定具体的