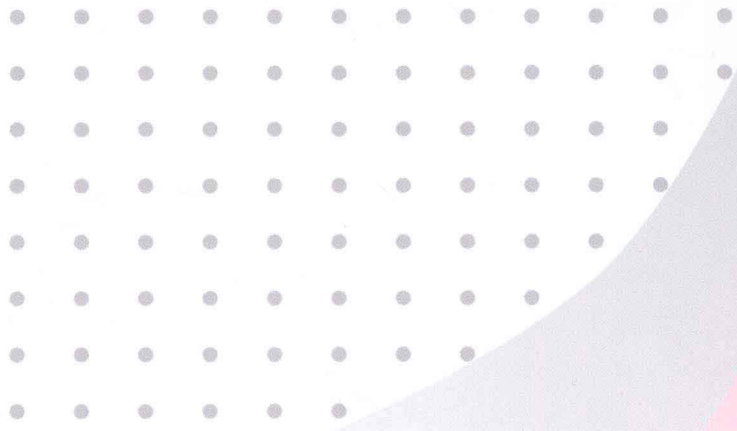


“十二五”高等院校规划教材



# TMS320C55x DSP

## 应用系统设计 (第3版)

赵洪亮 卜凡亮 黄鹤松 张仁彦 编著



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

“十二五”高等院校规划教材

# TMS320C55x DSP 应用系统设计 (第3版)

赵洪亮 卜凡亮 黄鹤松 张仁彦 编著

北京航空航天大学出版社

## 内 容 简 介

本书以 TI 公司的 TMS320C55x 系列芯片为对象,系统地介绍了 DSP 芯片的基础知识和 DSP 应用系统的开发设计方法。全书共分 10 章,主要内容是:C55x 的硬件结构和指令系统;采用汇编语言、C/C++ 语言进行 C55x 软件开发的基础知识和方法,包括 CCS5.4 在内的软件开发工具的使用方法;典型应用程序设计,包括数据定标与溢出处理,多字整数、小数的加法、减法、乘法和除法,FIR、IIR 滤波器,FFT,DSPLIB 库的使用等;常用 C55x 片上外设和 CSL 库的使用;C55x 应用系统的硬件扩展方法;典型应用系统设计实例。

本书选材新、内容丰富、通俗易懂、实用性强,可作为电气信息类专业及其他相近专业的高年级本科生和研究生学习 DSP 课程的教材或参考书,也可供从事 DSP 应用系统开发的科技工作者或工程技术人员参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

TMS320C55x DSP 应用系统设计 / 赵洪亮等编著. —  
3 版. —北京:北京航空航天大学出版社,2014.3  
ISBN 978-7-5124-1474-7

I. ①T… II. ①赵… III. ①数字信号—信息处理系  
统一系统设计 IV. ①TN911.72

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 026740 号

版权所有,侵权必究。

### TMS320C55x DSP 应用系统设计(第 3 版)

赵洪亮 卜凡亮 黄鹤松 张仁彦 编著  
责任编辑 张楠 王松

\*

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

涿州市新华印刷有限公司印装 各地书店经销

\*

开本:710×1 000 1/16 印张:26.25 字数:559 千字

2014 年 3 月第 3 版 2014 年 3 月第 1 次印刷 印数:5 000 册

ISBN 978-7-5124-1474-7 定价:49.00 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

# 第 3 版前言

---

数字化已成为现代信息技术的重要标志,是电子产品高品质的象征。数字信号处理具有灵活、精确、重复性好等优良特性,这些都是模拟信号处理方法所无法比拟的,它在电子信息、通信、计算机、仪器设备、自动控制、医学、消费类电子和军事等领域起着越来越重要的作用。DSP 芯片将越来越多地渗透到各种电子产品当中,成为各种电子产品尤其是通信、音视频、娱乐类产品的技术核心。因此,DSP 技术已成为高校学生和科技人员必须掌握的一门重要技术。

现在世界上主要的 DSP 芯片厂家包括 TI、ADI、Freescale 及 AT&T 等公司,其中 TI 公司的 DSP 产品种类最多,应用面最广,对行业影响最大。TI 公司的 DSP 产品型号众多,其 TMS320C5000(简称 C5000)、TMS320C2000、TMS320C6000 等系列产品是当前和未来一段时期内 TI 公司的主流 DSP 产品。其中 C5000 系列为 16 位定点 DSP,由于其具有高性能、低功耗、体积小、价格低等显著优点,因此被广泛地应用在 IP 电话机、IP 电话网关、数字式助听器、便携式声音/数据/视频产品、调制解调器、手机/移动电话基站、语音服务器、数字收音机、小型办公室/家庭语音和数据系统中。

C5000 系列 DSP 芯片目前已有三代产品,即 C5x、C54x 和 C55x。C55x 是 C5000 系列的新一代产品,与 C54x 的源代码兼容。与 C54x 相比,C55x 处理速度明显提高,功耗也明显降低。如 300 MHz 的 C55x 与 120 MHz 的 C54x 相比,C55x 的处理速度比 C54x 提高了 5 倍,而功耗只有 C54x 的 1/6。

本书以 C55x 为描述对象,参考最新的 TI 公司系列资料以及其他有关教材和著作,结合作者多年来开发应用 DSP 系统的体会和心得,在近年来为本科生开设“DSP 应用系统设计”课程而编写的讲义基础上,进行充实、提高和改编而成。

全书共分 10 章,其内容如下:

第1章是绪论。介绍了DSP的基本概念,DSP芯片的发展、特点、分类及DSP产品概况。

第2章是TMS320C55x的硬件结构。介绍了C55x芯片的总体结构、引脚功能、CPU结构及相关寄存器、存储空间和I/O空间、中断和复位操作。

第3章:集成开发环境(CCS5.4)。以CCS5.4为基础,对DSP的集成开发环境(Code Composer Studio)进行了介绍。通过两种典型工程(汇编语言工程和C语言工程),介绍了CCS5.4的基本操作方法,主要包括工程的建立、构建和调试等。

第4章:TMS320C55x的指令系统。介绍了C55x的寻址方式,包括绝对寻址方式、直接寻址方式、间接寻址方式;C55x的指令系统包括算术运算指令、位操作指令、扩展辅助寄存器操作指令、逻辑运算指令、移动指令和程序控制指令。

第5章:TMS320C55x汇编语言编程。介绍了C55x软件开发的一般流程,COFF目标文件格式,汇编伪指令,汇编语言程序的编写,C55x汇编器和链接器的使用。

第6章:C/C++语言程序设计。介绍了C55x C/C++语言概况;C55x C/C++语言编程的基础知识,包括C55x C/C++语言的基本语法、编译工具和代码优化方法;C55x C语言与汇编语言的混合编程方法。

第7章:应用程序设计。介绍了数据的定标与溢出的处理方法;常用多字算术运算程序的设计,包括多字整数、小数的加法、减法、乘法和除法等;FIR、IIR滤波器和FFT的程序设计;DSPLIB函数库的基本使用方法。

第8章:C55x的片上外设。介绍了部分常用C55x片上外设,包括时钟发生器、通用定时器、通用I/O口(GPIO)、外部存储器接口(EMIF)、多通道缓冲串口McBSP、模数转换器(ADC)、看门狗定时器、I2C模块等。介绍了CSL库函数的基本使用方法。

第9章是C55x的硬件扩展。介绍了DSP应用系统硬件的一般设计过程;DSP硬件系统的基本设计,包括JTAG接口电路、电源电路、复位电路和时钟电路的设计;外扩程序存储器、数据存储器、ADC、DAC的方法。

第10章是C55x应用系统设计实例。介绍了一个基于TMS320VC5509A的通用数字信号处理板,包括硬件设计和一组调试程序。在此基础上,给出了2个典型DSP应用系统的设计方案:自适应系统辨识,数字有源抗噪声耳罩。

本书可作为电气信息类专业及其他相关专业的高年级本科生和研究生的DSP课程教材或参考书,也可作为从事DSP应用系统开发的科技工作者或工程技术人员参考用书。

本书由赵洪亮、卜凡亮、张仁彦、黄鹤松、崔然、李岩合作编写。其中赵洪亮编写了第1章、第4章、第7章、第9章、第10章,卜凡亮编写了第2章、第4章,黄鹤松编写了第3章,张仁彦编写了第8章,崔然、李岩编写了第6章。全书由赵洪亮统稿和定稿。

另外,李晓刚、刘建新、郑卫华、尹唱唱、夏广红、姬强、李佳参加了本书第4、5、6、7章中部分例题的编写。研究生庞玉帛、孙国华、冯国金、岳莎莎、田祥娥、郑庆东、甄冬、杜晓辉、王亮参与了部分程序的调试和插图绘制工作。

本书由俞一彪教授主审。俞教授付出了大量的时间和精力,认真阅读全文,并提出了很多修改意见。在本书编写的过程中,还得到了曹茂永教授的大力支持和帮助。在此,谨向他们表示衷心的感谢。

本书在北京航空航天大学出版社的大力支持下得以出版,在此表示由衷的感谢。

为了赶上技术进步的步伐、尽量贴近实际,本书选择了较新的 DSP 芯片 C55x 为对象进行讲述。但由于作者水平有限,加之编写时间仓促,若书中有错误和不妥之处,敬请广大读者批评指正。

作者

2014年1月

#### 说 明:

本书作者已开发了功能较为完善的配套 TMS320C55x 实验教学系统。该系统由 VC5509A 主板、模拟信号输入板、模拟信号输出板、键盘显示、电机控制、功放与扬声器、电源、仿真器(100 仿真器或 510 仿真器可选)、虚拟信号分析仪(可以产生 2 路任意波形信号,对 2 路信号进行显示、记录、频谱分析、时频分析)等部分组成。

有需要该实验系统的读者可与作者直接联系,赵洪亮邮箱为:zh16401@126.com。

本书配有教学课件及源程序,有需要的教师,请联系 [emsbook@gmail.com](mailto:emsbook@gmail.com) 索取。



---

<b>第 1 章 绪 论</b> .....	1
1.1 DSP 的基本概念 .....	1
1.2 DSP 芯片简介 .....	2
1.2.1 DSP 芯片的发展历史、现状和趋势 .....	2
1.2.2 DSP 芯片的特点 .....	5
1.2.3 DSP 芯片的分类 .....	5
1.2.4 DSP 芯片的应用领域 .....	6
1.2.5 选择 DSP 芯片考虑的因素 .....	6
1.3 DSP 芯片产品简介 .....	7
1.3.1 TI 公司的 DSP 芯片概况 .....	7
1.3.2 其他公司的 DSP 芯片概况 .....	8
1.3.3 TMS320C5000 概况 .....	9
思考题与习题 .....	10
<b>第 2 章 TMS320C55x 的硬件结构</b> .....	12
2.1 TMS320C55x 的总体结构 .....	12
2.1.1 C55x CPU 内部总线结构 .....	12
2.1.2 C55x 的 CPU 组成 .....	12
2.1.3 C55x 存储器配置 .....	14
2.1.4 C55x 外设配置 .....	14
2.2 C55x 的封装和引脚功能 .....	15
2.2.1 引脚属性 .....	15
2.2.2 引脚信号定义与描述 .....	16
2.3 C55x 的 CPU 结构 .....	20

# 目 录

2.3.1	存储器接口单元(M单元)	20
2.3.2	指令缓冲单元(I单元)	21
2.3.3	程序流单元(P单元)	22
2.3.4	地址数据流单元(A单元)	22
2.3.5	数据计算单元(D单元)	23
2.3.6	地址总线与数据总线	25
2.3.7	指令流水线	26
2.4	CPU 寄存器	28
2.4.1	概 况	28
2.4.2	累加器(AC0~AC3)	33
2.4.3	变换寄存器(TRN0、TRN1)	34
2.4.4	T寄存器(T0~T3)	34
2.4.5	用作数据地址空间和 I/O 空间的寄存器	34
2.4.6	程序流寄存器(PC、RETA、CFCT)	40
2.4.7	中断管理寄存器	41
2.4.8	循环控制寄存器	44
2.4.9	状态寄存器 ST0_55	45
2.4.10	状态寄存器 ST1_55	48
2.4.11	状态寄存器 ST2_55	52
2.4.12	状态寄存器 ST3_55	54
2.5	存储空间和 I/O 空间	57
2.5.1	存储器映射	57
2.5.2	程序空间	59
2.5.3	数据空间	60
2.5.4	I/O 空间	61
2.6	堆栈操作	62
2.6.1	数据堆栈和系统堆栈	62
2.6.2	堆栈配置	63
2.6.3	快返回与慢返回	63
2.7	中断和复位操作	64
2.7.1	中断概述	64
2.7.2	中断向量与优先级	65
2.7.3	可屏蔽中断	67
2.7.4	不可屏蔽中断	70
2.7.5	硬件复位	71
2.7.6	软件复位	74



思考题与习题 .....	75
<b>第3章 集成开发环境(CCS5.4)</b> .....	<b>76</b>
3.1 CCS 概述 .....	76
3.1.1 集成开发环境 CCS 概述 .....	76
3.1.2 CCS5.4 软件的安装 .....	77
3.2 汇编语言工程的建立和调试 .....	78
3.2.1 进入 CCS 主界面 .....	78
3.2.2 汇编语言工程的创建 .....	79
3.2.3 汇编源文件和命令文件的创建 .....	81
3.2.4 工程的构建(Build) .....	84
3.2.5 构建操作的参数设置 .....	84
3.2.6 汇编工程的调试 .....	86
3.2.7 寄存器的观察和修改 .....	89
3.2.8 存储器的观察和修改 .....	89
3.3 C 语言工程的建立和调试 .....	90
3.3.1 进入 CCS 主界面 .....	90
3.3.2 C 语言工程的创建 .....	90
3.3.3 C 源文件和命令文件的创建、添加和编辑 .....	91
3.3.4 C 语言工程的构建 .....	93
3.3.5 C 语言工程的调试 .....	94
3.3.6 寄存器、存储器的观察和修改 .....	95
3.3.7 表达式窗口和变量窗口的使用 .....	95
3.3.8 反汇编窗口的使用 .....	96
3.3.9 图形显示工具 .....	96
思考题与习题 .....	98
<b>第4章 TMS320C55x 的指令系统</b> .....	<b>99</b>
4.1 寻址方式 .....	99
4.1.1 绝对寻址方式 .....	99
4.1.2 直接寻址方式 .....	101
4.1.3 间接寻址方式 .....	104
4.1.4 数据存储器的寻址 .....	112
4.1.5 存储器映射寄存器(MMR)的寻址 .....	114
4.1.6 寄存器位的寻址 .....	114
4.1.7 I/O 空间的寻址 .....	115

4.1.8 循环寻址 .....	115
4.2 TMS320C55x 的指令系统 .....	117
4.2.1 算术运算指令 .....	120
4.2.2 位操作指令 .....	147
4.2.3 扩展辅助寄存器操作指令 .....	150
4.2.4 逻辑运算指令 .....	151
4.2.5 移动指令 .....	154
4.2.6 程序控制指令 .....	164
思考题与习题 .....	167
<b>第 5 章 TMS320C55x 汇编语言编程 .....</b>	<b>169</b>
5.1 TMS320C55x 软件开发流程 .....	169
5.1.1 软件开发流程 .....	169
5.1.2 软件开发工具 .....	169
5.2 TMS320C55x 目标文件格式 .....	171
5.2.1 COFF 文件的基本单元——段 .....	171
5.2.2 汇编器对段的处理 .....	172
5.2.3 链接器对段的处理 .....	176
5.2.4 链接器对程序的重新定位 .....	177
5.2.5 COFF 文件中的符号 .....	178
5.3 TMS320C55x 汇编器 .....	179
5.3.1 汇编器概述 .....	179
5.3.2 汇编程序的运行 .....	179
5.3.3 C55x 汇编器的特点 .....	181
5.4 TMS320C55x 汇编伪指令 .....	183
5.4.1 汇编伪指令 .....	183
5.4.2 宏指令 .....	185
5.5 TMS320C55x 汇编语言源文件的书写格式 .....	190
5.5.1 汇编语言源文件格式 .....	190
5.5.2 汇编语言中的常数与字符串 .....	192
5.5.3 汇编源程序中的符号 .....	192
5.5.4 汇编源程序中的表达式 .....	195
5.5.5 内建数学函数 .....	196
5.6 TMS320C55x 链接器 .....	197
5.6.1 概 述 .....	197
5.6.2 链接器的运行 .....	198

5.6.3	链接器命令文件的编写与使用 .....	200
5.6.4	MEMORY 指令 .....	200
5.6.5	SECTIONS 指令 .....	201
5.7	一个完整的 TMS320C55x 汇编程序 .....	202
	思考题与习题 .....	204
<b>第 6 章</b>	<b>C/C++ 语言程序设计 .....</b>	<b>205</b>
6.1	C55x C/C++ 语言概述 .....	205
6.1.1	C/C++ 语言概况 .....	205
6.1.2	C55x C/C++ 语言概况 .....	205
6.2	C55x C/C++ 语言编程基础 .....	206
6.2.1	数据类型 .....	206
6.2.2	关键字 .....	207
6.2.3	寄存器变量和参数 .....	208
6.2.4	asm 指令 .....	208
6.2.5	Pragma 指令 .....	209
6.2.6	标准 ANSIC 语言模式的改变(-pk、-pr 和-ps 选项) .....	210
6.2.7	存储器模式 .....	210
6.2.8	存储器分配 .....	211
6.2.9	中断处理 .....	213
6.2.10	运行时间支持算法及转换程序 .....	214
6.2.11	系统初始化 .....	214
6.3	C55x C/C++ 编译器的使用 .....	218
6.3.1	编译器外壳程序 cl55 简介 .....	218
6.3.2	cl55 程序的选项 .....	219
6.3.3	编译器和 CCS .....	220
6.4	C55x 的 C 代码优化 .....	220
6.4.1	编译器的优化选项 .....	221
6.4.2	嵌入函数(Inline Function) .....	222
6.4.3	优化 C 代码的主要方法 .....	223
6.5	C55x C 和汇编语言混合编程 .....	229
6.5.1	C 和汇编语言混合编程概述 .....	229
6.5.2	寄存器规则 .....	229
6.5.3	函数结构和调用规则 .....	232
6.5.4	C 和汇编语言的接口 .....	235
	思考题与习题 .....	238

<b>第 7 章 应用程序设计</b> .....	239
7.1 定标与溢出处理 .....	239
7.1.1 数的定标 .....	239
7.1.2 溢出的处理方法 .....	241
7.1.3 常用信号处理算法中的定标方法 .....	242
7.2 基础算术运算 .....	243
7.2.1 加减运算 .....	243
7.2.2 乘法运算 .....	244
7.2.3 除法运算 .....	245
7.2.4 小数乘法 .....	249
7.3 FIR 滤波器 .....	250
7.3.1 FIR 滤波器的基本结构 .....	250
7.3.2 FIR 滤波器的 C 语言编程实现 .....	251
7.3.3 FIR 滤波器的汇编语言编程实现 .....	252
7.4 IIR 滤波器 .....	255
7.4.1 二阶 IIR 滤波器的结构 .....	255
7.4.2 高阶 IIR 滤波器的结构 .....	257
7.4.3 IIR 滤波器的 C 语言实现 .....	258
7.4.4 IIR 滤波器的汇编语言实现 .....	259
7.5 快速傅里叶变换 FFT .....	261
7.5.1 FFT 算法原理 .....	261
7.5.2 库利-图基算法 .....	262
7.5.3 FFT 算法的实现 .....	264
7.6 DSPLIB 的使用 .....	268
7.6.1 DSPLIB 简介 .....	268
7.6.2 CCS 下 DSPLIB 的安装 .....	268
7.6.3 DSPLIB 的数据类型 .....	268
7.6.4 DSPLIB 的参量 .....	269
7.6.5 DSPLIB 的函数简介 .....	269
7.6.6 DSPLIB 函数的调用 .....	272
思考题与习题 .....	274
<b>第 8 章 C55x 的片上外设</b> .....	276
8.1 时钟发生器 .....	276
8.1.1 时钟发生器概况 .....	276

8.1.2	时钟工作模式 .....	276
8.1.3	CLKOUT 输出 .....	277
8.1.4	使用方法 .....	277
8.2	通用定时器 .....	279
8.2.1	通用定时器概况 .....	279
8.2.2	工作原理 .....	279
8.2.3	定时器使用要点 .....	282
8.2.4	通用定时器应用实例 .....	283
8.3	通用 I/O 口(GPIO) .....	285
8.4	外部存储器接口(EMIF) .....	286
8.4.1	EMIF 概况 .....	287
8.4.2	EMIF 请求的优先级 .....	289
8.4.3	对存储器的考虑 .....	289
8.4.4	程序和数据访问 .....	290
8.4.5	EMIF 中的控制寄存器 .....	294
8.5	多通道缓冲串口 McBSP .....	300
8.5.1	McBSP 概述 .....	300
8.5.2	McBSP 组成框图 .....	300
8.5.3	采样率发生器 .....	301
8.5.4	多通道模式选择 .....	303
8.5.5	异常处理 .....	304
8.5.6	McBSP 寄存器 .....	305
8.6	模/数转换器(ADC) .....	312
8.6.1	ADC 的结构和时序 .....	312
8.6.2	ADC 的寄存器 .....	313
8.6.3	实 例 .....	315
8.7	看门狗定时器(Watchdog) .....	315
8.7.1	看门狗定时器概述 .....	315
8.7.2	看门狗定时器的配置 .....	317
8.7.3	看门狗定时器的寄存器 .....	318
8.8	I <sup>2</sup> C 模块 .....	320
8.8.1	I <sup>2</sup> C 模块简介 .....	320
8.8.2	I <sup>2</sup> C 模块工作原理 .....	320
8.8.3	I <sup>2</sup> C 寄存器 .....	324
8.9	片上支持库(CSL) .....	324
8.9.1	CSL 概况 .....	325

8.9.2	CSL 的安装和使用 .....	327
8.9.3	PLL 模型简介 .....	327
8.9.4	定时器模型简介 .....	329
8.9.5	IRQ 模型简介 .....	331
8.9.6	综合实例 .....	335
	思考题与习题 .....	342
<b>第 9 章</b>	<b>C55x 的硬件扩展 .....</b>	<b>343</b>
9.1	硬件设计概述 .....	343
9.1.1	C55x DSP 系统的组成 .....	343
9.1.2	DSP 硬件系统设计流程 .....	344
9.2	DSP 系统的基本电路设计 .....	345
9.2.1	JTAG 接口 .....	345
9.2.2	电源电路 .....	346
9.2.3	复位电路 .....	349
9.2.4	时钟电路 .....	350
9.3	外部程序存储器的扩展 .....	350
9.3.1	EMIF 和异步存储器的连接 .....	350
9.3.2	闪存 S29AL008D 简介 .....	351
9.3.3	VC5509A 与 S29AL008D 的接口 .....	355
9.4	外部数据存储器的扩展 .....	356
9.4.1	同步动态随机存取存储器(SDRAM) .....	356
9.4.2	C55x EMIF 的 SDRAM 接口信号 .....	358
9.4.3	C55x EMIF 与 SDRAM 的接口 .....	359
9.5	C55x 与 A/D 和 D/A 转换器的接口 .....	362
9.5.1	TLV320AIC23B 简介 .....	363
9.5.2	AIC23B 的控制寄存器 .....	366
9.5.3	AIC23B 与 C55x 的控制接口 .....	370
9.5.4	AIC23B 与 C55x 的数据接口 .....	372
9.5.5	AIC23B 的模拟接口 .....	373
	思考题与习题 .....	374
<b>第 10 章</b>	<b>C55x 应用系统设计实例 .....</b>	<b>375</b>
10.1	典型 DSP 板的硬件设计 .....	375
10.1.1	概 述 .....	375
10.1.2	基本电路模块 .....	376

10.1.3	FLASH 电路模块 .....	377
10.1.4	SDRAM 电路模块 .....	377
10.1.5	数/模转换电路 .....	378
10.1.6	SD 卡接口电路 .....	378
10.1.7	USB 接口电路 .....	380
10.1.8	自启动电路模块 .....	381
10.2	CPLD 电路模块设计 .....	382
10.2.1	概 述 .....	382
10.2.2	复位逻辑 .....	383
10.2.3	控制寄存器的地址生成 .....	383
10.2.4	用户寄存器 .....	384
10.2.5	FLASH 高位地址寄存器 .....	384
10.2.6	控制寄存器数据的输出 .....	385
10.3	DSP 板测试程序 .....	385
10.3.1	LED 灯和拨码开关测试程序 .....	385
10.3.2	GPIO 测试程序 .....	386
10.3.3	SDRAM 测试程序 .....	387
10.3.4	FLASH 测试程序 .....	388
10.3.5	AIC23B 测试程序 .....	388
10.4	综合设计实例 1:自适应系统辨识 .....	390
10.4.1	基于 LMS 算法的自适应滤波器 .....	390
10.4.2	自适应系统辨识算法 .....	390
10.4.3	辨识系统硬件设计 .....	391
10.4.4	辨识系统软件设计 .....	392
10.5	综合设计实例 2:数字式有源抗噪声耳罩 .....	395
10.5.1	概 述 .....	395
10.5.2	系统工作原理和控制算法 .....	396
10.5.3	硬件设计 .....	398
10.5.4	软件设计 .....	400
	参考文献 .....	404

# 第 1 章

## 绪 论

**内容提要：**本章主要对数字信号处理器(DSP)进行简要介绍。首先介绍了 DSP 的基本概念；接着介绍了 DSP 芯片，并对 DSP 芯片的发展、特点和分类作了论述；最后对 DSP 产品作了简要介绍。

### 1.1 DSP 的基本概念

数字化已成为现代信息技术的重要标志，是电子产品高品质的象征。数字相机、数字电视、数字收音机、数字电话、数字学习机、数字游戏机已逐渐进入人们日常工作和生活中。在我国数字电话已拥有数亿用户，MP3 成为上亿青年学生的宠儿，数字电视也开始进入千家万户，这些产品均采用了数字信号处理技术对信号进行处理。

图 1-1 给出了一个典型的数字信号处理系统，它由抗混叠滤波器、A/D 转换器、微处理器、D/A 转换器和平滑滤波器等部分组成。首先，由抗混叠滤波器和 A/D 转换器把来自现实世界的模拟信号  $x(t)$  转化成数字信号  $x(n)$ ，再由微处理器对  $x(n)$  进行数字化处理，得到数字化的输出信号  $y(n)$ ，最后将  $y(n)$  经 D/A 转换器和平滑滤波器转化成模拟信号  $y(t)$  送回现实世界。这里，抗混叠滤波器、A/D 转换器和 D/A 转换器、平滑滤波器是微处理器与现实模拟世界的桥梁。微处理器是数字信号处理系统的核心部件。

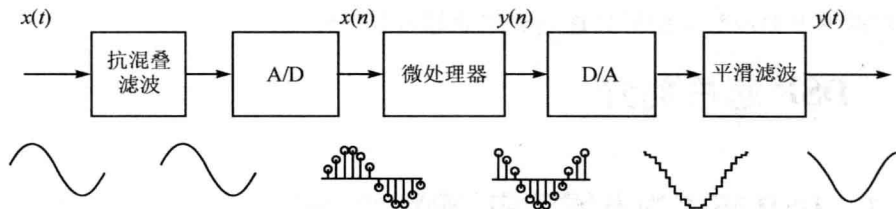


图 1-1 典型数字信号处理系统框图

微处理器可以对信号进行各种各样的处理，式(1-1)给出了一个典型的数字信号处理算法：



$$y(n) = \sum_{i=0}^{L-1} h_i x(n-i) \quad (1-1)$$

这是一个阶数为  $L$  的 FIR 滤波器,其中  $h_i (i=0,1,\dots,L-1)$  为滤波器系数。当  $h_i$  取不同的值时,该 FIR 滤波器就可以完成不同的信号处理任务。完成一个样值的处理,需要进行  $L$  次乘法和  $L-1$  次加法。

在数字信号处理系统中微处理器可有多种选择。例如:

(1) 通用微型计算机(PC机)。优点是软件编程容易,便于实现,缺点是速度慢、成本高、体积大,难以进行实时信号处理和嵌入式应用,通常用来进行算法仿真。如果在通用计算机上加入专用加速处理器,就可以弥补速度慢的缺点。

(2) 微控制器或单片机。优点是成本低廉、功耗低,缺点是速度慢。主要用于数据处理量不大的系统监控,也能完成一些简单的信号处理任务。近年来出现的新一代微控制器(如 MSP430、Cortex M0/M3/M4 等),其处理速度比老旧的单片机(如 MCS-51、MCS-96)有了显著提高。但与 DSP 处理器相比,其处理速度还是有明显差距。

(3) 专用集成电路 ASIC(Application Specific Integrated Circuit)。信号处理算法由硬件电路实现,无须编程。优点是速度快、大规模生产时成本低,缺点是开发成本高、通用性差。随着 ASIC 的广泛应用和技术进步,已经可以把 DSP 的功能集成到 ASIC 中。这种方法目前正在迅速发展,是 DSP 技术的重要发展方向。

(4) DSP 处理器。DSP 处理器是针对数字信号处理的要求而设计的一类特殊的计算机芯片,具有灵活、高速、便于嵌入式应用等优点,是数字信号处理系统中采用的主流芯片。

英文中 DSP 既可以代表数字信号处理(Digital Signal Processing),也可以代表数字信号处理器(Digital Signal Processor)。前者是指数字信号处理的理论和算法,后者是指实现数字信号处理算法的微处理器芯片。

数字信号处理具有灵活、精确和重复性好等诸多优良特性,这些都是模拟信号处理方法所无法比拟的。在电子信息、通信、计算机、仪器设备、自动控制、医学、消费类电子和军事等领域数字信号处理起着越来越重要的作用。

## 1.2 DSP 芯片简介

### 1.2.1 DSP 芯片的发展历史、现状和趋势

#### 1. DSP 芯片的发展历史

DSP 芯片诞生于 20 世纪 70 年代末。近 30 年来,DSP 芯片得到了迅猛发展,标志性产品简述如下:

1978 年,AMI 公司生产出第一个 DSP 芯片 S2811。1979 年,美国 Intel 公司推