

DSP应用丛书

DSP 应用系统设计

朱铭皓 赵 勇 甘 泉 编著



電子工業出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

DSP 应用丛书

DSP 应用系统设计

朱铭皓 赵 勇 甘 泉 编著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书系统地讲述了 DSP 系统设计的流程,包括 DSP 系统设计基础知识、DSP 常用算法、DSP 系统硬件设计和软件设计、DSP 系统联调和项目管理、DSP 最新典型应用等内容,并且还附有大量的 DSP 系统硬件设计原理图,很有使用价值。更重要的是,本书论述的“DSP 系统方案设计”思想能促使广大研发工程师在实际工作中思考和创新。

本书可作为电子和通信专业本科生、研究生的参考教材,也可供从事 DSP 研发的技术人员阅读参考。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

DSP 应用系统设计/朱铭皓,赵勇,甘泉编著. —北京:电子工业出版社,2002.10

(DSP 应用丛书)

ISBN 7-5053-8039-7

I. D … II. ①朱…②赵…③甘… III. 数字信号—信号处理—微处理器—程序设计 IV. TN911.72

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 075380 号

责任编辑:沈艳波

印 刷:北京李史山胶印厂

出版发行:电子工业出版社 <http://www.phei.com.cn>

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

经 销:各地新华书店

开 本:787×1092 1/16 印张:24.25 字数:620 千字

版 次:2002 年 10 月第 1 版 2002 年 10 月第 1 次印刷

印 数:6 000 册 定价:34.00 元

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系。
联系电话:(010)68279077

前 言

数字信号处理器,也称 DSP 芯片,是美国 TI 公司 20 世纪 80 年代的划时代产品。在短短的几十年里,随着信息技术革命的深入和计算机技术的飞速发展,数字信号处理技术已逐渐发展为一门主流技术,在数字式程控交换机、数字式移动电话、多媒体计算机、计算机网络、数字电视、数字音响、智能化家电、语音、雷达、声呐、地震等领域得到了极其广泛的应用。

在这个过程中,DSP 的功能日益强大,技术不断升级,系统不断完善,已由最初的芯片“贵族”转变为“平民”化的大众技术。可以说,DSP 技术的普及与应用,已成为不可逆转的潮流。遗憾的是,我国目前有关 DSP 的技术资料大都是关于 DSP 技术本身的介绍,理论堆砌过多,实际应用太少,对技术开发人员尤其是产品开发人员帮助不大。所以,业界亟待实用性强、借鉴性强的工具书出现。

为适应这一需要,我们特地联合业内专家、教授编写了这本书。本书以 DSP 系统应用开发为核心,讲述了 DSP 系统设计的流程。第 1 章和第 2 章以 DSP 系统设计概论和基础知识作为铺垫;第 3 章到第 6 章根据编著者多年从事 DSP 项目开发和管理的经验,重点讲解了 DSP 系统开发过程中几个不可缺少的环节,包括算法设计、硬件设计、软件设计、系统联调和项目管理等;第 7 章为 DSP 最新典型应用,提供了一些经验成果以资借鉴;附录 A 和附录 B 为 DSP 系统硬件设计原理图和系统设计参考文献索引,对读者来说,有很大的使用价值。

本书的特点在于将 DSP 技术的系统性、开发的实用性以及深浅适宜的普及性相结合。无论是对 DSP 技术教育者,DSP 理论研究者,还是前沿技术人员,都具有很好的参考价值。另外,对于广大电子与通信类专业的本科生及研究生,也是一本通俗易懂的工具书。

本书在出版过程中得到北京颶风中天科技发展有限公司的技术支持,读者如有技术疑问,可与他们联系。

电话:010-62036404

传真:010-62054462

<http://www.DSPTech.com.cn>

编著者

2002 年 8 月于北京

目 录

第 1 章 DSP 系统设计概论	(1)
1.1 DSP 技术的产生	(1)
1.2 DSP 的基本概念	(1)
1.3 数字信号处理理论的主要内容	(2)
1.4 DSP 的特点	(2)
1.5 DSP 系统的构成	(5)
1.6 数字信号处理的实现方法	(5)
1.7 DSP 系统设计思想概述	(7)
1.8 DSP 系统设计的七层结构	(7)
1.9 DSP 系统设计的实现过程	(8)
第 2 章 DSP 系统设计基础知识	(10)
2.1 概论	(10)
2.2 认识 DSP	(10)
2.2.1 DSP 的数据类型	(10)
2.2.2 DSP 体系结构	(16)
2.2.3 DSP 指令系统	(31)
2.2.4 DSP 算法函数库	(68)
第 3 章 DSP 常用算法	(74)
3.1 离散信号和系统	(74)
3.1.1 离散时间信号	(74)
3.1.2 离散时间系统	(78)
3.1.3 Z 变换	(82)
3.1.4 模拟信号与数字信号之间的转换	(87)
3.1.5 采样定理及实验	(90)
3.2 IIR 滤波器的设计	(94)
3.2.1 IIR 滤波器的基本原理和 design 方法	(94)
3.2.2 IIR 滤波器在 MATLAB 上的实现	(96)
3.2.3 IIR 滤波器在 DSP 上的实现	(98)
3.2.4 IIR 带通滤波器的设计实验	(101)
3.3 FIR 滤波器的设计	(104)
3.3.1 FIR 滤波器的基本原理和 design 方法	(104)
3.3.2 FIR 滤波器在 MATLAB 上的实现	(106)
3.3.3 FIR 滤波器在 DSP 上的实现	(108)
3.3.4 FIR 滤波器的设计实验	(110)

3.4	自适应滤波器的设计	(117)
3.4.1	自适应滤波器的基本原理	(117)
3.4.2	自适应滤波器的结构体系	(118)
3.4.3	LMS 自适应算法	(121)
3.4.4	自适应滤波器的设计实验	(125)
3.5	FFT 实信号的变换	(128)
3.5.1	基-2 按时间抽取 FFT 算法	(129)
3.5.2	基-2 按频率抽取 FFT 算法	(132)
3.5.3	实信号 FFT 变换实验	(134)
3.6	数字信号处理其他算法在 DSP 上的实现	(136)
3.6.1	自相关实验	(136)
3.6.2	低频频谱分析与窗函数	(139)
3.6.3	离散余弦变换(DCT)实验	(143)
3.6.4	Wigner-Ville 分布	(145)
3.6.5	A 律压缩/解压实验	(150)
3.6.6	数字录音实验	(154)
第 4 章	DSP 系统硬件设计	(160)
4.1	DSP 硬件平台设计流程	(160)
4.1.1	电路原理图设计	(160)
4.1.2	产生网络表	(168)
4.1.3	印刷电路板的设计	(168)
4.2	DSP 硬件平台设计	(176)
4.2.1	DSP 最小系统电路设计	(176)
4.2.2	总线接口设计	(182)
4.2.3	串口设计	(183)
4.2.4	HPI 接口的设计	(188)
4.2.5	中断与定时设计	(190)
4.2.6	EPROM 与 DSP 的连接	(198)
4.2.7	A/D, D/A 与 DSP 的连接	(202)
4.3	高速实时数字信号处理技术	(207)
4.3.1	高速实时数据采集	(207)
4.3.2	高速实时数据存储	(208)
4.3.3	高速实时周边器件	(208)
4.3.4	高速实时电路集成	(210)
4.3.5	高速实时信号生成	(211)
4.3.6	高速实时 DSP 与并行体系结构	(212)
4.3.7	高速实时总线技术	(215)
4.3.8	高速实时系统设计中常用的 EDA 软件使用	(217)
第 5 章	DSP 系统软件设计	(219)
5.1	DSP 软件设计流程	(219)

5.1.1	代码的生成	(220)
5.1.2	系统集成与调试	(222)
5.1.3	系统调试和评估	(226)
5.2	DSP 集成开发环境(CCS)	(228)
5.2.1	CCS 的功能	(228)
5.2.2	CCS 的安装及设置	(229)
5.2.3	CCS 的窗口、主菜单和工具条	(231)
5.2.4	创建新项目	(233)
5.2.5	项目调试	(236)
5.2.6	CCS 的图形功能	(238)
5.2.7	CCS 对数据的文件处理	(241)
第 6 章	DSP 系统联调和项目管理	(242)
6.1	DSP 系统联调	(242)
6.2	项目文档建设	(243)
6.2.1	项目文档的作用与类型	(243)
6.2.2	项目文档的内容和管理机制	(245)
6.3	项目管理软件	(250)
6.3.1	项目管理软件包的分类和发展	(251)
6.3.2	项目管理软件的功能	(254)
6.4	Microsoft Project 应用程序介绍	(256)
6.4.1	Microsoft Project 的功能与特点	(256)
6.4.2	Microsoft Project 的跟踪管理	(257)
6.4.3	项目交流	(260)
6.5	应用 Project Workbench-PMW 分析项目	(262)
第 7 章	DSP 最新典型应用	(265)
7.1	语音识别系统	(265)
7.1.1	语音数字信号处理的应用	(265)
7.1.2	嵌入式语音识别模块的技术说明	(265)
7.1.3	系统的技术指标	(266)
7.2	图像采集系统	(267)
7.3	TMS320C6201 通用信号处理板	(268)
7.4	网络摄像机	(269)
7.5	数字声音广播	(272)
7.6	软件无线电台	(277)
7.7	控制系统解决方案	(280)
7.8	电力系统解决方案	(282)
7.9	DSP 教学实验系统	(283)
附录 A	DSP 系统硬件设计原理图	(285)
A.1	TMS320C24x 系列 DSP 典型系统原理图	(285)
A.2	TMS320C3x 系列 DSP 典型系统原理图	(285)

A.3	TMS320C54x 系列 DSP 典型系统原理图	(285)
A.4	TMS320C6x 系列 DSP 典型系统原理图	(285)
附录 B	DSP 系统设计参考文献索引	(352)
B.1	TMS320 系列 DSP 使用手册目录	(352)
B.2	TMS320C2000™平台应用手册	(361)
B.3	TMS320C5000™平台应用手册	(366)
B.4	TMS320C6000™平台应用手册	(370)
参考文献		(377)

第 1 章 DSP 系统设计概论

1.1 DSP 技术的产生

数字信号处理(Digital Signal Processing,简称 DSP)是一门涉及许多学科而又广泛应用于许多领域的新兴学科。20 世纪 60 年代以来,随着计算机和信息技术的飞速发展,数字信号处理技术应运而生并得到迅速的发展。在过去的二十多年时间里,数字信号处理已经在通信等领域得到极为广泛的应用。

数字信号处理是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,以得到符合人们需要的信号形式。

早期的信号处理主要是采用模拟的处理方法,包括运算放大电路、声表面滤波器(SAW)以及电耦合器件(CCD)等。例如运算放大电路通过不同的电阻组配可以实现算术运算,通过电阻、电容的组配可以实现滤波处理等。模拟处理最大的问题是不灵活、不稳定。其不灵活体现在参数修改困难,需要采用多种阻值、容值的电阻、电容,并通过电子开关选通才能修改处理参数。其不稳定主要体现为对周围环境变化的敏感性,例如温度、电路噪声等都会造成处理结果的改变。

解决以上问题最好的方法就是采用数字信号处理技术。数字信号处理可以通过软件修改处理参数,因此具有很大的灵活性。由于数字电路采用了二值逻辑,只要环境温度、电路噪声的变化不造成电路逻辑的翻转,数字电路都可以不受影响地完成工作,因此具有很好的稳定性。目前,数字信号处理已经成为信号处理技术的主流。

数字信号处理的主要缺点是处理量随处理精度、信息量的增加而成倍增长,解决这一问题的方法是研究高速运行的数字信号处理系统。从信号的数字处理技术的发展历程可以看出数字信号处理技术所涉及的范围是相当广泛的。在数字领域中,微积分、概率统计、随机过程、高等代数、数值分析、复变函数、线性代数、泛函分析等都是数字信号处理技术的分析工具。网络理论、图论、信号与系统均是数字信号处理技术的理论基础。在学科发展上,数字信号分析处理又是现代控制理论(包括最优控制、人工智能、模式识别、神经网络、模糊控制)、现代通信理论、故障理论和现代测量等的理论基础。在算法的实现上(无论是硬件还是软件),数字信号处理技术和计算机科学及微电子技术密不可分。因此可以说,数字信号处理是把经典的理论(如数字、系统)作为自己的理论基础,把现代计算机技术、微电子技术作为技术支撑的一门新兴学科。同时它又是许多新兴学科的理论基础,并与它们相互交叉、相辅相成、相互促进。

1.2 DSP 的基本概念

在阐述数字信号处理系统设计之前,有必要先明确信号、系统与信号处理的定义,弄清它们之间的关系。

信号是信息的载体。所谓信息是指人类对外界事物的感知。人类在不断地进步,对信息的

表达、获取、传递的能力也在不断发展。从远古时代的手势、烽火、击鼓、旗语到今天的电报、电话、广播、传真、电视、多媒体网络,人们对信息的表达越来越准确,获取手段越来越广泛,获取方式越来越先进,信息的传递也越来越有效、可靠和迅速。

人们对信息的处理是通过对信号的处理来实现的。通常把对信号进行处理的整个设备称为系统。如果对信号的处理是通过模拟部件来进行的,则设备被称为模拟系统;如果对信号的处理是通过数字部件进行的,则设备被称为数字系统。

信号处理的本质是信息的变换和提取,是将信息从各种噪声、干扰的环境中提取出来,并变换为一种便于人或机器使用的形式。从某种意义上说,信号处理类似于“沙里淘金”的过程:它并不能增加信息量(即不能增加金子的含量),但是可以把信息(即金子)从各种噪声、干扰的环境中(即散落的沙子中)提取出来,变换成可以利用的形式(如金条等)。如果不进行这样的变换,信息虽然存在,但却是无法利用的,正如散落在沙子中的金子无法直接利用一样。

由信号、系统和信号处理的定义,可以清晰地看出它们之间的关系,即信号是基础,系统分析是桥梁,信号处理是手段。假如把世界本身视为一个大系统,那么对世界的认识能力在某种意义上无非是信号获取与分析能力、系统分析与综合能力、信号处理能力的综合。

1.3 数字信号处理理论的主要内容

数字信号处理理论经过 30 年的发展已经形成了比较完善的理论体系。主要内容有:

- 离散信号的分析(时域及频率分析、多种变换技术、信号特征的描述等);
- 离散系统分析(系统的描述、系统的单位抽样响应、转移函数及频率特性等);
- 信号的采集(A/D 技术、抽样定理、多抽样率、量化噪声分析等);
- 滤波技术(各种数字滤波器的设计与实现);
- 信号处理中的快速算法(快速傅里叶变换、快速卷积等);
- 信号的估值(各种估值理论、相关函数与功率谱估计等);
- 信号的建模(最常用的是 AR,MA,ARMA,PRONY 等各种模型);
- 信号处理中的特殊算法(如抽取、插值、奇异值分解、反卷积、信号重建等)。

现在,信号处理进入了一个新的发展时期。信号处理在优化、自适应、高分辨率、多维多通道等一些主要领域内的理论和方法日趋系统化。对系统的分析已不再限于理想模型,而是考虑到各种实际因素,研究其鲁棒性;对性能的描述也不仅仅停留在定性的水平,而是要作出系统的统计性能评价。

以前通常假设信号及其背景是高的、平稳的,而对信号的分析只是基于它的二阶矩阵和傅氏谱,其对象系统也限于时不变(准时变)的线性因果最小相位系统。随着数字信号处理应用领域的不断扩大,人们开始研究非平稳、非高斯的信号与背景噪声,研究时变、非因果、非最小相位、非线性的系统。这些都是现代信号处理的热点问题。

总之,随着基础理论的不完善、交叉学科的不断发展和微电子技术与计算机技术的不断进步,可以预见在 21 世纪将是数字信号处理理论与算法的大发展时期。

1.4 DSP 的特点

DSP 的特点如下。首先,DSP 芯片采用改进的哈佛结构(havard structure)。

计算机的总线结构可分为两种。一种是冯·诺依曼结构,其特点是程序和数据共用一个存储空间。统一编址依靠指令计数器提供的地址来区分是指令数据还是地址。由于对数据和程序进行分时读写,执行速度慢,数据吞吐量低,随着半导体工艺的飞速发展逐步克服了这一缺陷。同时,由于冯·诺依曼结构使计算机结构得到简化,它成为了计算机发展的一个标准。但由于原理上的特点,这一结构并不适合于进行具有高度实时要求的数字信号处理。另外一种结构为哈佛结构(如图 1-4-1 所示),与冯·诺依曼结构相比,其主要特点是程序和数据具有独立的存储空间,有着各自独立的程序总线 and 数据总线,显然这使计算机的结构变得复杂。但是由于可以同时 对数据和程序进行寻址,大大地提高了数据处理能力,非常适合于实时的数字信号处理。TI 公司的 DSP 芯片结构是基本哈佛结构的改进类型。改进之处是在数据总线和程序总线之间进行局部的交叉连接(如图 1-4-2 所示)。这一改进允许数据存放在程序存储器中,并被算术运算指令直接使用,增强了芯片的灵活性。只要调度好两个独立的总线就可使处理能力达到最高,以实现全速运行。改进的哈佛结构还可使指令存储在高速缓存器中(Cache),省去了从存储器中读取指令的时间,大大提高了运行速度,如 TMS320C3x 具有 64 个字的 Cache。

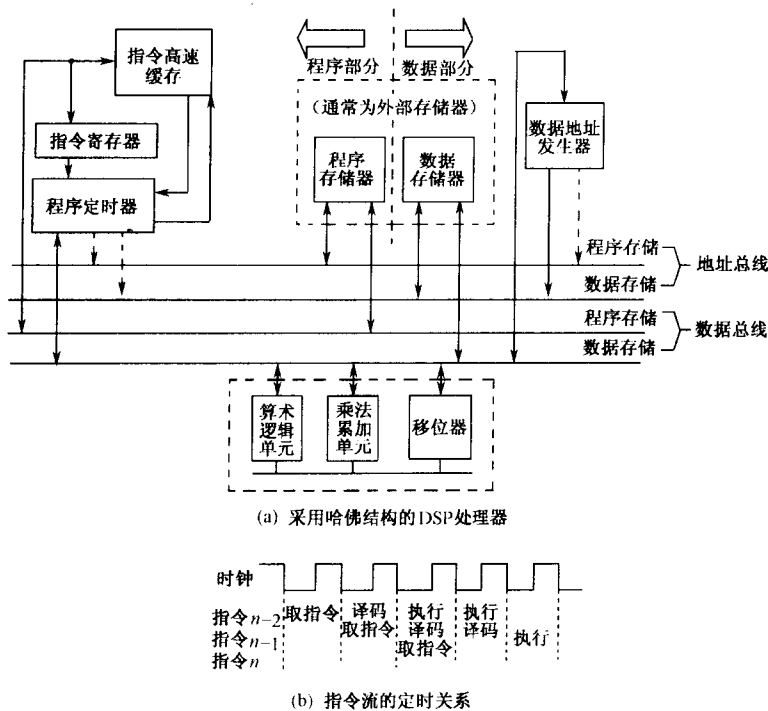


图 1-4-1 哈佛结构

其次,DSP 指令系统是流水线操作。

在流水线操作中,一个任务被分解为若干个子任务,各个任务可以在执行时相互重叠。DSP 指令系统的流水线操作是与哈佛结构相配合的,增加了处理器的处理能力,把指令周期减小到最小值,同时也就增加了信号处理器的吞吐量。以 TI 公司的 TMS320 系列产品为例,第一代 TMS320 处理器(例如 TMS320C10)采用了二级流水线操作;第二代产品(例如 TMS320C25)采用了三级流水线操作;第三代 DSP 芯片(例如 TMS320C30)采用了四级流水线操作。四级流水线操作的例子如图 1-4-3 所示。

在流水线操作中,DSP 处理器可以同时并行处理 2~4 条指令,每条指令处于其执行过程

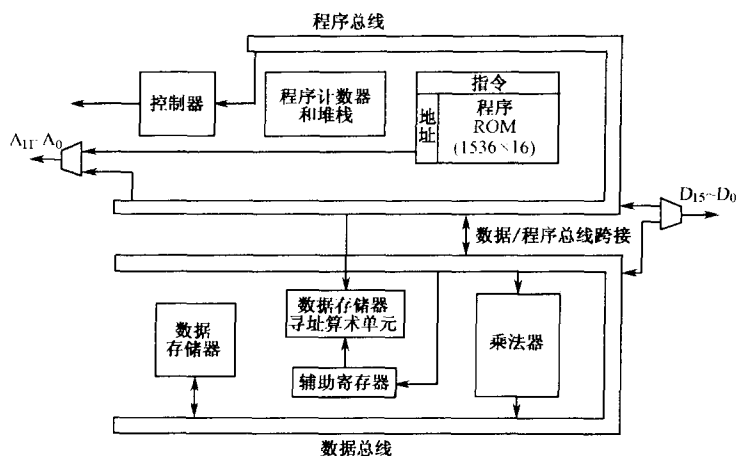


图 1-4-2 改进的哈佛结构

指令周期	F	D	R	E	中的不同状态。
$m-3$	W	-	-	-	第三,采用专用的硬件乘法器。
$m-2$	X	W	-	-	在一般的计算机上,算术逻辑单元(ALU)只
$m-1$	Y	X	W	-	能完成两个操作数的加、减及逻辑运算,而乘法
m	Z	Y	X	W	(或除法)则由加法和移位来实现。因此,在这样的
$m+1$	-	Z	Y	X	计算机的汇编语言中虽然有乘法指令,但在机器
$m+2$	-	-	Z	Y	内部,实际上还是由加法和移位来实现的。因此它
$m+3$	-	-	-	Z	们实现乘法运算就比较慢,但在数字信号处理运

F——取指令; D——译码; R——读指令; E——执行

图 1-4-3 四级流水线操作

运算中,无论是滤波器,还是 DFT,FFT 运算,一般的算法中都有大量的乘法运算存在。乘法运算的速度是数字信号处理实现中的一个瓶颈问题,因此 Colley 和 Tukey 将 DFT 的乘法运算量由 N^2 次降为 $\frac{N}{2} \log_2 N$ 次,被公认为是数字信号处理发展史上的一个转折点。并以此作为数字信号处理这一学科的开端,而各种算法的改进也将降低算法中的乘法运算次数作为一项最主要的目标。在算法上减少乘法运算次数的同时,与一般的计算机不同,数字信号处理器都有硬件乘法器,使得乘法运算可以在一个指令周期内完成。在 TMS320C3x 系列 DSP 芯片中,有一个硬件乘法器,在 TMS320C6000 系列中则有两个硬件乘法器。

第四,特殊的 DSP 指令。

DSP 芯片的另一个重要特征是有一套专门为数字信号处理而设计的指令系统。

第五,快速的指令周期。

CMOS 技术、先进的工艺、集成电路的优化设计及工作电压的下降由 (5 V 到 3.3 V,再到 1.5 V),使得 DSP 芯片的主频不断提高。目前 TMS320C6000 系列及 TMS320C5000 系列的芯片的最高工作主频已经达到 200 MHz,指令周期已经降到了 5 ns。可以预见,随着微电子技术的发展,工作频率还将继续提高,指令周期将进一步缩短。

第六,良好的多机并行运行特性。

TI 公司一直在追求卓越的单机处理能力。但在一定的技术条件下,DSP 芯片的单机处理能力是有限的,系统的数据处理容量还是经常会超出单个 DSP 的处理能力。随着数字信号处理器 DSP 芯片的广泛使用和 DSP 芯片价格的不断降低,多个 DSP 芯片的并行处理已经成为

近年来的研究热点,并逐渐在应用中崭露头角。多机并行类似于高性能的 MPU 巨型机。TI 公司的 TMS320C4x 系列还提供了专门用于多个 DSP 并行运行的硬件通信接口。

第七,大电流。

高速信号处理芯片全速运行时电流经常在 1 A 以上。

第八,低电压。

为了在大电流下减少系统功耗,系统的工作电压从标准的 5 V 降到 3.3 V,2.5 V,1.8 V,甚至是 0.9 V。

第九,高度集成。

芯片的集成度在数十到数百万门量级。

第十,为了提高运行速度而采用了多种并行的体系结构。

1.5 DSP 系统的构成

如图 1-5-1 所示为典型实时数字信号处理系统功能框图。

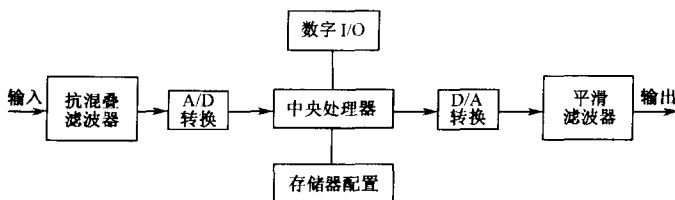


图 1-5-1 典型实时数字信号处理系统功能框图

一般来说,一个高速实时数字信号处理系统的构成包括以下几个方面。

- (1) 高速实时数据采集(ADC)。
- (2) 高速实时数据存储(MEM)。
- (3) 高速实时周边器件(中小规模器件)。
- (4) 高速实时电路集成(EPLD/FPGA/ASIC)。
- (5) 高速实时信号生成(DAC/DDS)。
- (6) 高速实时 DSP 与并行体系结构。
- (7) 高速实时总线技术(VME/VXI/PCI)。
- (8) 高速实时系统设计(EDA),等等。

本书 DSP 系统硬件设计一章将对部分内容进行详细讨论。

1.6 数字信号处理的实现方法

数字信号处理的实现方法有如下几种。

(1) 在通用的微型计算机上用软件实现。软件可以是自己编写的,也可使用现成的软件包。这种方法的缺点是速度太慢,不能用于实时系统,只能用于教学与仿真研究。如近年发展迅速的 MATLAB,就几乎可以实现所有数字信号处理的仿真。而且 MATLAB 下的部分仿真程序还可以转化为 C 语言,再通过 DSP 的 C 编译器直接在 DSP 硬件上运行。这对非实时系统或准实时系统来说是很有吸引力的。

(2) 用单片机来实现。单片机一直在不断地发展,如 Intel 96000 的运算速度就非常可观,而且单片机的接口性能比较好,容易实现人机接口。但由于单片机采用的是冯·诺依曼总线结构,所以单片机系统复杂,尤其是乘法运算速度慢,在运算量大的实时控制系统中很难有所作为。

(3) 利用专门用于信号处理的可编程 DSP 芯片来实现。与单片机相比,DSP 有着更适合于数字信号处理的优点。如采用改进的哈佛总线结构,内部有硬件乘法器和累加器,使用流水线结构,具有良好的并行特性,并有专门设计的适于数字信号处理的指令系统等。DSP 芯片的这些特点对不允许延迟的实时应用领域,如蜂窝电话、计算机驱动器等非常理想。因此,可以说,DSP 芯片的问世及飞速发展,为信号处理技术应用于工程实际提供了可能。

目前市场上的 DSP 芯片以美国得州仪器公司(TI)的 TMS320 系列为主流。其他的公司,如 AT&T, Motorola, AD 公司也都推出了各具特色的 DSP 产品。TI 公司的 TMS320 系列从 TMS320C10 至 TMS320C20, TMS320C30, TMS320C40, TMS320C50, TMS320C80, TMS320C2000, TMS320C5000, TMS320C6000, 已经形成了一个门类齐全的大家族。近些年,DSP 芯片在我国的应用已越来越广泛。在这些 DSP 芯片中,TI 公司的产品占 70%,而且随着 DSP 产品性能价格比的不断上升,DSP 将在我国得到更广泛的应用。DSP 芯片在我国已经逐渐成为一个具有较大潜力的产业与市场。

(4) 利用特殊用途的 DSP 芯片实现。现在国际上已推出了不少专门用于 FFT、FIR 滤波、卷积等的专用芯片,如 TDC1028 可以实现 FIR 滤波器和相关运算。美国 INMOS 公司推出的 IMSA100 芯片,可以完成 FIR、FFT、相关、卷积等运算,可以在 2 ms 内完成 1 024 点复数 FFT 运算。美国 TKW 公司 1990 年推出的超快速单片 FFT 处理芯片 TMC2350,可在 514 μ s 内完成基 2 时间抽取法的 1 024 点复数 FFT 运算。其他如 Motorola 公司的 DSP56200, Zoron 公司的 ZR34881,都属于专用型的 DSP 芯片。在这些 DSP 芯片中,其软件算法已在芯片内部用硬件实现。使用者给出输入数据,经过简单的组合即可在输出端得到结果,这一般用于对速度要求很高的场合。这种方案的缺点是灵活性差,而且开发工具尚不完善。

(5) 用 FPGA 等可编程阵列产品开发 ASIC 芯片实现数字信号处理算法。由于 FPGA 产品的发展,人们可以利用 Altera (Altera 公司的 FPGA 产品为 FLEX6000, FLEX8000 以及 FLEX10K,我们习惯上把它们称为 FPGA,其实产品结构与 FPGA 有一定的差别)和 Xilinx 等公司提供的产品。使用这些公司提供的软件或 VHDL 等开发语言,通过软件编程用硬件实现特定的数字信号处理算法,如 FFT、FIR 等。由于这一方法具有通用性特点并可以实现算法的并行运算,无论作为独立的数字信号处理器,还是作为 DSP 芯片的协处理器,目前都是比较活跃的研究领域。这些产品如果能和 DSP 有机地结合起来,充分利用它们各自的优点,将会发挥出更大的威力。

(6) 在通用的计算机系统中加上加速卡来实现。加速卡可以是通用的加速处理机,也可以是由 DSP 开发的用户加速卡。如果是 DSP 开发的用户加速卡,那么在日益复杂的控制系统中,在 DSP 芯片价格不断下降的条件下,这一方法是很常用的。当然,通常在系统中,通用计算机仅充当没有实时要求方法管理者的角色,而不再参与实时的数字信号处理。

比较上述各种方案的优缺点可见:第一种方法是 DSP 芯片提供厂家目前大力研究的方向,即如何实现高级语言(如 C 语言)的编译效率。如 TMS320C6000 系列的 C 编译器的效率已经比 TMS320C3x 系列的效率提高了约 3 倍。第二种方法由于不适合复杂的数字信号处理系统,所以应用场合受到限制。第五种方法专用性过强,研发工作也不由一般用户来完成。第三

种方法非常适合于通用的数字信号处理的开发。第四种方法是数字信号处理实现的一个分支方向。第六种方法核心还是用 DSP 芯片开发用户加速卡,如 AD 卡、DSP 扩展卡等,一方面由于这一方法在性能上的优势和通用性的特点,使其成为真正使 DSP 技术实用化的方法。另一方面,由于 DSP 芯片价格的下降,使其应用领域不断扩展。本书要讲述的 DSP 系统的设计与开发主要围绕这个方法进行。

1.7 DSP 系统设计思想概述

本书所述的 DSP 系统的主要设计思想是在数字信号处理理论的基础上,在知识库、专家库、模型库和工具库的支持下完成的,其框图如图 1-7-1 所示。

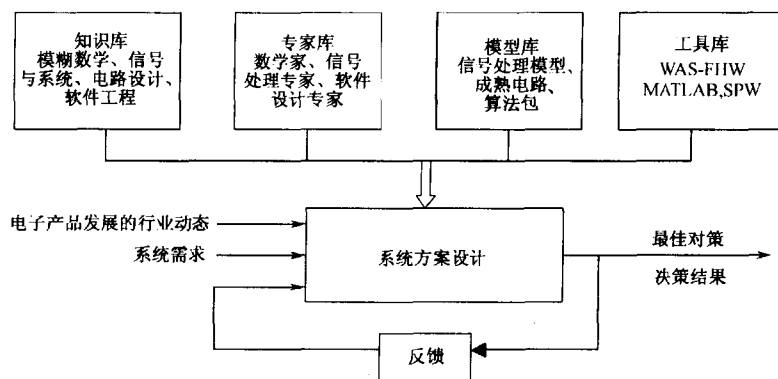


图 1-7-1 DSP 系统方案设计思想框图

可以看出,该系统是一个可拓展的系统,可以根据开发队伍的知识储备和电子行业的发展动态不断地注入新的内容,而且可以动态地实现最优决策。

这种思路可以用计算机上的软件来实现,目前比较成熟的软件有 SPW, MATLAB 等。

这种思想体系中带有丰富的知识储备、专家系统、处理器模型、验证环境以及专用工具箱,这为从系统的概念到最后的实现提供了一种最为有效和可信的途径。

构造一个复杂的算法设计时,只要从任意的库里选一些函数块,然后在屏幕上用线将它们连接起来,所得到的图像就是设计系统的一个可执行的定义,与定义一个电路的原理线路图类似,然后经过仿真和测试就可以建立系统。

已设计好的并经过验证的系统可以将方框图设计转换成 C 代码,供单个或多个浮点处理器使用,或者转换为可有效综合的 HDL(VHDL/Verilog)。所有的代码对在目标处理器和工具上的有效运行都进行了优化。

1.8 DSP 系统设计的七层结构

DSP 系统设计思想是研发人员在多年的设计中,伴随着 DSP 产业的发展而不断总结出的一套思路,像计算机的设计过程一样,DSP 系统设计分为七层:

IC→Hard Ware Platform→BIOS→OS→Function→API→System

可见,用户在做自己的项目时,其实是在做一件“系统集成”的工作,可以使用现有开发成功的硬件平台及算法去实现特殊的应用,而且在设计中可以利用很多先进的设计工具,如

Code Composer Studio(包含 BIOS 和 RTDX)及 Enoic 公司的 ATLASTM SystemDSP 操作系统,从而使我们的设计降低风险且提高效率。

1.9 DSP 系统设计的实现过程

DSP 系统设计的过程如图 1-9-1 所示。

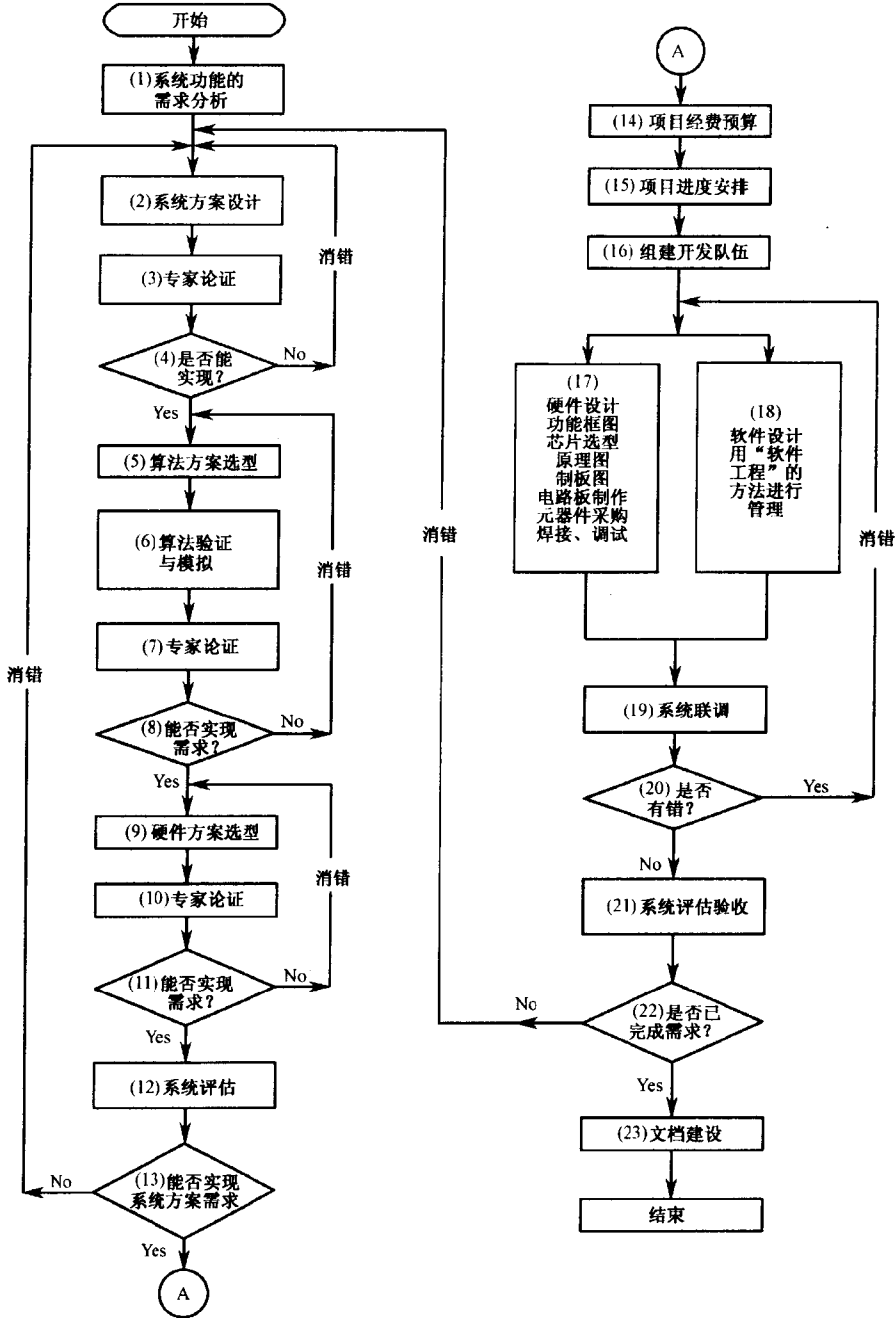


图 1-9-1 DSP 系统设计流程框图

设计过程共分为以下几个阶段。

- 系统功能需求分析阶段:步骤(1)。
- 系统方案设计阶段:包括算法方案设计(步骤(5),(6),(7),(8)),硬件方案设计(步骤(9),(10),(11))和系统评估(步骤(12),(13))。
- 目的实施阶段:包括项目预算(步骤(14),(15),(16)),硬件设计(步骤(17)),软件设计(步骤(18))和系统联调(步骤(19),(20))。
- 项目验收阶段:步骤(21),(22),(23)。

其中,系统设计思想和系统设计的七层结构贯穿于 DSP 系统实现过程的始终。下面各章节中我们将详细讲述该实现过程。

另外,本书给大家提供了 TI 公司全系列 DSP 的算法设计参考和实验、硬件原理图参考设计及常用参考文献索引。希望能为大家进行 DSP 系统设计起到一定的借鉴作用。