

DSP应用丛书

DSP芯片 的原理与开发应用 (第3版)

张雄伟 陈 亮 徐光辉 编著



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

www.phei.com.cn

DSP 应用丛书

DSP 芯片的原理与开发应用

(第 3 版)

张雄伟 陈 亮 徐光辉 编著

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书由浅入深、全面系统地介绍了 DSP 芯片的基本原理、开发和应用。首先介绍了目前广泛应用的 DSP 芯片的基本结构和特征,以及定点和浮点 DSP 处理中的一些关键问题;其次介绍了目前应用最广的 TI DSP 芯片中的 TMS320C5000 系列及其硬件结构、汇编指令和寻址方式;然后介绍了基于 C 和汇编语言的开发方法、DSP 芯片的开发工具及使用,重点介绍了 CCS 集成开发环境;较为详细地介绍了 DSP 系统的软硬件设计方法,通过三个应用系统介绍了定点和浮点 DSP 芯片的开发过程,并介绍了数字滤波器和 FFT 等常用数字信号处理算法的 DSP 实现;最后,为便于教学之用,提供了 DSP 实验指导。

本书的目的是使读者了解 DSP 芯片的基本原理和常用 DSP 芯片的应用,熟悉 DSP 芯片开发工具及使用,掌握 DSP 系统的软硬件设计 and 应用系统开发方法,具备独立从事 DSP 应用开发的能力。

本书内容全面、举例丰富、实用性强,可作为通信和电子专业研究生和高年级大学生的教材以及 DSP 芯片应用人员的培训教材,对于从事 DSP 芯片开发应用的科技人员和高校教师也具重要的参考价值。

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 芯片的原理与开发应用 / 张雄伟, 陈亮, 徐光辉编著. —3 版. —北京: 电子工业出版社, 2003.2

(DSP 应用丛书)

ISBN 7-5053-8428-7

I. D… II. ①张… ②陈… ③徐… III. ①数字信号—信号处理 ②数字信号—微处理器
IV. TN911.72②TP332

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 110653 号

责任编辑: 张来盛 许 楷

印 刷: 北京兴华印刷厂

出版发行: 电子工业出版社

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: 29.75 字数: 760 千字

印 次: 2004 年 2 月第 3 次印刷

印 数: 4000 册 定价: 39.00 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。质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn,盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

第 3 版说明

本书第 1 版（1997 年）和第 2 版（2000 年）深得广大读者的厚爱，受到了广泛的欢迎，广大 DSP 开发人员将本书作为 DSP 应用开发的重要参考书，很多开设 DSP 芯片应用的高校将本书作为教材。2001 年，本书第 2 版获得全国优秀科技图书畅销奖。在此，对广大读者对本书的热情支持表示深深的谢意。

自本书第 2 版出版发行以来，又有许多高性能的 DSP 芯片和开发工具出现，很多高校也相继开设 DSP 芯片应用的课程。因此，在重新出版本书时，作者根据 DSP 的发展，特别是为了便于利用本书实施课程教学，对本书的结构和内容作了较大的修订和补充，调整补充了有关章节的内容，增加了应用很广的 TMS320C5000 系列 DSP 芯片的硬件结构和指令系统、集成开发环境（CCS）等内容的介绍，在有关章节中增加了 TMS320C54x 的实例，并增加了实验指导，补充了常用 DSP 芯片引脚图等附录内容，每章还附加了习题与思考题。

希望读者在使用本书的过程中提出宝贵的建议和意见，以便在今后的修订过程中参考。

前 言

DSP 芯片,也称数字信号处理器,是一种具有特殊结构的微处理器。DSP 芯片的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。

自 20 世纪 80 年代初 DSP 芯片诞生以来,DSP 芯片在 20 多年时间里得到了飞速的发展,DSP 芯片的性能价格比不断提高,开发手段越来越完善。DSP 芯片已经在通信与电子系统、信号与信息处理、自动控制、雷达、军事、航空航天、医疗、家用电器等许多领域得到广泛的应用。

DSP 芯片可分为通用型和专用型两大类。通用型 DSP 芯片是一种软件可编程的 DSP 芯片,可适用于各种 DSP 应用。专用型 DSP 芯片则将 DSP 处理的算法集成到 DSP 芯片内部,一般适用于某些专用的场合。本书主要讨论通用型的可编程 DSP 芯片。

目前,DSP 芯片的主要供应商包括美国的德州仪器(TI)公司、AD 公司、AT&T 公司和 Motorola 公司等。其中,TI 公司的 DSP 芯片占世界 DSP 芯片市场的近 50%,在国内也被广泛采用。因此,本书在开发应用部分主要以 TI 公司的 DSP 芯片为例进行介绍。

本书共 18 章,可分为 5 部分。

第一部分是 DSP 芯片基础,包括第 1~4 章。第 1 章概述了 DSP 芯片的发展、分类、选择和应用;第 2 章介绍 DSP 芯片的基本结构和 TI 等公司 DSP 芯片的主要特征;第 3 章介绍了定点 DSP 处理中的定标和浮点到定点的转换方法;第 4 章介绍了浮点 DSP 处理中的浮点数据格式和快速浮点运算的方法等内容。

第二部分是 TMS320C5000 芯片介绍,包括第 5,6 章。第 5 章比较详细地介绍了 TMS320C5000 系列 DSP 芯片的硬件结构;第 6 章详解了该系列芯片的汇编语言指令和寻址方式。

第三部分是 DSP 芯片开发,包括第 7~11 章。第 7 章介绍了广泛采用的公共目标文件格式(COFF)和编程方法;第 8 章介绍了 DSP 芯片的开发工具,包括代码生成工具和代码调试工具,着重介绍了 C 编译器和 C/汇编源码调试器等工具的使用方法;第 9 章介绍了 TI 公司推出的集成开发环境——CCS 的基本原理和使用方法;第 10 章介绍了用 C 语言开发 DSP 芯片的方法;第 11 章介绍了基于 C 和汇编混合编程开发 DSP 芯片的方法。

第四部分是 DSP 系统的设计及应用,包括第 12~17 章。第 12 章介绍了最小 DSP 系统的硬件设计;第 13 章是 DSP 硬件设计的扩展,主要介绍了模数接口电路、通信电路和主从式系统的一般设计方法;第 14 章介绍 DSP 系统软件设计中的一些基本方法,包括芯片初始化、编程技巧以及程序自引导的实现方法等;第 15 章以 TMS320C203、TMS320C31、TMS320VC5409 为例介绍了三个应用系统的设计方法及开发过程;第 16 章介绍了数字滤波器的 DSP 实现,介绍了 FIR、IIR 和自适应滤波器的定点和浮点 DSP 实现方法;第 17 章介绍了 FFT 的定点和浮点 DSP 实现。

第五部分(第 18 章)是实验指导。

本书由张雄伟策划,是编著者十多年来从事 DSP 芯片应用开发与教学的总结。张雄伟编

写了第 1~4, 7~8, 10~18 章及部分附录, 陈亮编写了第 5, 6 章和附录 B, 徐光辉编写了第 9 章及第 18 章部分内容, 曹铁勇编写了第 2, 14 章的部分内容。在本书的编写过程中, 黄忠虎、曹铁勇提供了十分有益的建议, 邹霞、贾冲为本书做了许多工作, 在此一并向他们表示衷心的感谢。

由于 DSP 芯片发展十分迅速, 加上编著者水平所限, 书中错误之处在所难免, 恳请广大读者予以批评指正。电子信箱: xwzhang@public1.ptt.js.cn

编 著 者

2002 年 9 月于南京解放军理工大学通信工程学院

目 录

第 1 章 概述	(1)
1.1 引言	(1)
1.2 DSP 应用系统	(2)
1.2.1 DSP 应用系统的构成	(2)
1.2.2 DSP 应用系统的特点	(2)
1.3 DSP 应用系统的设计过程	(3)
1.4 DSP 应用系统的开发工具	(4)
1.5 可编程 DSP 芯片	(5)
1.5.1 什么是 DSP 芯片	(5)
1.5.2 DSP 芯片的发展	(5)
1.5.3 DSP 芯片的分类	(6)
1.5.4 DSP 芯片的选择	(8)
1.5.5 DSP 芯片的典型应用	(10)
习题与思考题	(10)
第 2 章 DSP 芯片的基本结构和特征	(12)
2.1 引言	(12)
2.2 DSP 芯片的基本结构	(12)
2.2.1 哈佛结构	(12)
2.2.2 流水线	(12)
2.2.3 专用的硬件乘法器	(13)
2.2.4 特殊的 DSP 指令	(13)
2.2.5 快速的指令周期	(14)
2.3 TI 定点 DSP 芯片	(14)
2.3.1 早期的定点 DSP 芯片	(14)
2.3.2 TMS320C2000 系列	(21)
2.3.3 TMS320C5000 系列	(23)
2.3.4 TMS320C62x/C64x 系列	(26)
2.4 TI 浮点 DSP 芯片	(27)
2.4.1 TMS320C3x	(27)
2.4.2 TMS320C67x	(31)
2.5 其他 DSP 芯片简介	(32)
2.5.1 AD 公司的 DSP 芯片	(32)
2.5.2 AT&T 公司的 DSP 芯片	(33)
2.5.3 Motorola 公司的 DSP 芯片	(34)

2.6 小结	(34)
习题与思考题	(35)
第3章 DSP 芯片的定点运算	(36)
3.1 定点的基本概念	(36)
3.1.1 数的定标	(36)
3.1.2 溢出及处理方法	(37)
3.1.3 舍入 (rounding) 及截尾 (truncation)	(38)
3.2 定点运算实现的基本原理	(38)
3.2.1 加法/减法运算的 C 语言定点模拟	(39)
3.2.2 乘法运算的 C 语言定点模拟	(40)
3.2.3 除法运算的 C 语言定点模拟	(41)
3.2.4 程序变量的 Q 值确定	(41)
3.2.5 浮点至定点变换的 C 程序举例	(42)
3.3 DSP 定点算术运算实现的基本原理	(44)
3.3.1 定点乘法	(45)
3.3.2 定点加法	(46)
3.3.3 定点除法	(46)
3.4 非线性运算定点快速实现的基本方法	(48)
3.5 小结	(52)
习题与思考题	(52)
第4章 DSP 芯片的浮点运算	(54)
4.1 引言	(54)
4.2 浮点数的格式	(54)
4.2.1 IEEE 浮点数格式	(54)
4.2.2 TMS320C3x 浮点数格式	(55)
4.2.3 IEEE 浮点格式与 TMS320 浮点格式的转换	(56)
4.3 基本的浮点运算	(58)
4.3.1 浮点乘法和加减法	(58)
4.3.2 浮点除法	(58)
4.4 非线性浮点运算的快速实现	(59)
4.5 小结	(61)
习题与思考题	(61)
第5章 TMS320C5000 系列 DSP 芯片的硬件结构	(62)
5.1 概述	(62)
5.2 基本结构	(62)
5.3 中央处理单元 (CPU)	(64)
5.3.1 算术逻辑单元	(64)
5.3.2 累加器	(65)
5.3.3 移位寄存器	(65)

5.3.4 乘累加单元	(65)
5.3.5 寻址单元	(66)
5.4 存储器	(66)
5.4.1 内部存储器	(66)
5.4.2 存储器空间组织	(68)
5.5 流水线	(70)
5.6 片内外设	(73)
5.6.1 通用 I/O 引脚	(73)
5.6.2 定时器	(74)
5.6.3 主机接口 (HPI)	(76)
5.6.4 串行口	(80)
5.6.5 软件可编程等待状态产生器	(84)
5.6.6 可编程块开关模块	(84)
5.7 外部总线操作	(84)
5.8 小结	(86)
习题与思考题	(86)
第 6 章 TMS320C5000 DSP 芯片的汇编语言	(87)
6.1 汇编语言源程序格式	(87)
6.2 符号与缩写	(88)
6.3 汇编指令介绍	(89)
6.4 寻址方式	(136)
6.4.1 数据寻址	(136)
6.4.2 程序寻址	(145)
6.5 小结	(147)
习题与思考题	(147)
第 7 章 公共目标文件格式——COFF	(149)
7.1 引言	(149)
7.2 COFF 目标文件格式	(149)
7.2.1 块(section)	(149)
7.2.2 汇编器对块的处理	(150)
7.2.3 链接器对块的处理	(151)
7.2.4 程序重定位	(153)
7.2.5 COFF 文件中的符号	(153)
7.3 COFF 格式编程举例	(154)
7.4 小结	(155)
习题与思考题	(155)
第 8 章 DSP 芯片的开发工具及应用	(156)
8.1 引言	(156)
8.2 代码生成工具	(156)

ms565/04

8.2.1	代码生成工具程序	(156)
8.2.2	宏汇编器和链接器	(158)
8.2.3	C 编译器	(159)
8.2.4	文档管理器和库生成器	(160)
8.2.5	代码格式转换器	(161)
8.2.6	编译汇编链接应用举例	(162)
8.3	代码调试工具	(163)
8.3.1	C/汇编源码调试器	(163)
8.3.2	初学者工具 DSK	(168)
8.3.3	软件模拟器	(169)
8.3.4	评价模块 (EVM)	(171)
8.3.5	软件开发系统 (SWDS)	(171)
8.3.6	仿真器 (XDS)	(171)
8.4	小结	(172)
	习题与思考题	(172)
第 9 章	CCS 集成开发环境的特征及使用	(173)
9.1	CCS 的基本特征与安装设置	(173)
9.1.1	概述	(173)
9.1.2	CCS 软件安装与设置	(174)
9.1.3	CCS 组件及其特征	(178)
9.2	CCS 集成环境的使用	(185)
9.2.1	引言	(185)
9.2.2	菜单	(186)
9.2.3	工具栏	(194)
9.3	GEL 语言的使用	(196)
9.3.1	引言	(196)
9.3.2	GEL 函数定义	(197)
9.3.3	GEL 函数参数	(197)
9.3.4	调用 GEL 函数	(199)
9.3.5	加载/卸载 GEL 函数	(200)
9.3.6	将 GEL 函数添加到 GEL 菜单中	(200)
9.3.7	在 CCS 启动时自动执行 GEL 函数	(203)
9.3.8	GEL 函数求值	(204)
9.3.9	输出窗口	(204)
9.3.10	嵌入 GEL 函数	(204)
9.4	一个简单 DSP 程序的调试实例	(211)
9.5	从文件中读取数据并测试算法的调试实例	(218)
	习题与思考题	(227)

第 10 章 基于 C 语言的 DSP 芯片开发	(228)
10.1 引言	(228)
10.2 优化 ANSI C 编译器	(228)
10.3 TMS320C3x/C4x 的 C 语言开发	(232)
10.3.1 存储器模式	(232)
10.3.2 寄存器规则	(234)
10.3.3 函数结构与调用规则	(237)
10.3.4 中断处理	(239)
10.3.5 系统初始化	(240)
10.3.6 TMS320C3x C 程序开发举例	(242)
10.4 TMS320C2x/C5x/C54x 的 C 语言开发	(245)
10.4.1 存储器模式	(245)
10.4.2 寄存器规则	(246)
10.4.3 函数调用规则	(247)
10.4.4 中断函数	(249)
10.4.5 表达式分析	(250)
10.4.6 TMS320C2x/C5x C 语言程序开发举例	(251)
10.5 小结	(253)
习题与思考题	(253)
第 11 章 基于 C 和汇编语言混合编程的 DSP 芯片开发	(254)
11.1 引言	(254)
11.2 C 语言和汇编语言的混合编程方法	(254)
11.2.1 独立的 C 和汇编模块接口	(254)
11.2.2 从 C 程序中访问汇编程序变量	(256)
11.2.3 在汇编程序中访问 C 程序变量	(257)
11.2.4 在 C 程序中直接嵌入汇编语句	(258)
11.2.5 修改编译器的输出	(260)
11.3 TMS320C3x/C4x 混合编程举例	(261)
11.4 TMS320C2x/C5x 混合编程举例	(262)
11.5 TMS320C54x 混合编程举例	(263)
11.6 小结	(264)
习题与思考题	(264)
第 12 章 DSP 最小硬件系统的设计	(265)
12.1 引言	(265)
12.2 DSP 系统的基本硬件设计	(265)
12.2.1 复位电路	(265)
12.2.2 时钟电路	(266)
12.2.3 电源设计	(267)
12.2.4 等待状态发生器	(269)

12.2.5 仿真接口	(271)
12.3 3.3V 和 5V 混合逻辑系统设计	(271)
12.4 DSP 芯片的存储器接口设计	(274)
12.4.1 TMS320C2x 存储器接口设计	(274)
12.4.2 TMS320C54x 存储器接口设计	(276)
12.4.3 TMS320C3x 存储器接口设计	(284)
12.5 小结	(287)
习题与思考题	(287)
第 13 章 DSP 硬件系统的接口设计	(288)
13.1 引言	(288)
13.2 模数接口电路的设计	(288)
13.2.1 TMS320C2xx/C5x 的模数接口电路	(288)
13.2.2 TMS320C3x 模数转换接口电路	(288)
13.2.3 二/四线转换电路	(298)
13.3 通信接口的设计	(299)
13.3.1 异步通信接口电路设计	(299)
13.3.2 同步通信接口电路设计	(300)
13.4 主从式系统的设计	(301)
13.4.1 并行通信实现双机通信	(301)
13.4.2 DMA 实现双机通信	(302)
13.4.3 TMS320C3x 主从式系统硬件设计	(304)
13.5 利用 HPI 实现主机与 TMS320C54x 的通信	(306)
13.6 小结	(313)
习题与思考题	(313)
第 14 章 DSP 系统的软件设计	(314)
14.1 引言	(314)
14.2 DSP 芯片的初始化	(314)
14.2.1 寄存器初始化	(314)
14.2.2 矢量表初始化	(317)
14.2.3 串行口初始化	(319)
14.3 TMS320C2x/C5x 的软件应用	(324)
14.3.1 TMS320C2x 软件编程技巧	(324)
14.3.2 提高 TMS320C5x 软件效率	(324)
14.3.3 软件应用	(327)
14.4 TMS320C54x 的软件应用	(331)
14.4.1 编程注意事项	(331)
14.4.2 软件编程技巧	(332)
14.5 TMS320C3x 的软件应用	(334)
14.5.1 编程技巧	(334)

14.5.2	TMS320C3x 软件应用	(336)
14.6	DSP 系统的 BOOT 设计	(338)
14.6.1	TMS320C50 的 BOOT 设计	(338)
14.6.2	TMS320C54x 的 BOOT 设计	(340)
14.6.3	TMS320C31 的 BOOT 设计	(342)
14.7	小结	(346)
	习题与思考题	(346)
第 15 章	DSP 芯片应用开发实例	(347)
15.1	引言	(347)
15.2	一个基于 TMS320C203 DSP 应用系统的开发	(347)
15.2.1	系统简介	(347)
15.2.2	系统硬件设计	(348)
15.2.3	系统软件设计	(350)
15.2.4	硬件调试	(351)
15.2.5	软件调试	(353)
15.2.6	独立系统实现	(353)
15.3	一个基于 TMS320C31 DSP 系统的开发	(354)
15.3.1	系统简介	(354)
15.3.2	系统构成	(354)
15.3.3	系统软硬件设计	(355)
15.3.4	软硬件调试	(357)
15.3.5	独立系统实现	(359)
15.4	一个基于 TMS320VC5409 DSP 应用系统的开发	(361)
15.4.1	G.729A 及系统简介	(361)
15.4.2	系统构成	(361)
15.4.3	系统软硬件设计	(362)
15.4.4	系统调试	(363)
15.4.5	独立系统形成	(365)
15.5	小结	(367)
	习题与思考题	(367)
第 16 章	数字滤波器的 DSP 实现	(368)
16.1	引言	(368)
16.2	FIR 滤波器的 DSP 实现	(368)
16.2.1	FIR 滤波器的基本原理和设计方法	(368)
16.2.2	FIR 滤波器的定点 DSP 实现	(371)
16.2.3	FIR 滤波器的浮点 DSP 实现	(374)
16.3	IIR 滤波器的 DSP 实现	(376)
16.3.1	IIR 滤波器的基本原理和设计方法	(376)
16.3.2	IIR 滤波器的定点 DSP 实现	(379)

16.3.3	IIR 滤波器的浮点 DSP 实现	(381)
16.4	自适应滤波器的 DSP 实现	(384)
16.4.1	自适应滤波器的基本原理	(384)
16.4.2	自适应滤波器的 TMS320C2xx 定点实现	(385)
16.4.3	自适应滤波器的 TMS320C54x 定点实现	(388)
16.4.4	自适应滤波器的 TMS320C3x 浮点实现	(391)
16.5	小结	(393)
	习题与思考题	(393)
第 17 章	FFT 算法的 DSP 实现	(394)
17.1	引言	(394)
17.2	FFT 的基本原理	(394)
17.2.1	DFT 的基本原理	(394)
17.2.2	FFT 算法的导出	(395)
17.3	FFT 算法的 C 语言实现	(399)
17.4	FFT 的定点 DSP 实现	(401)
17.4.1	运算溢出及避免方法	(401)
17.4.2	FFT 的 TMS320C2xx 实现	(402)
17.4.3	FFT 的 TMS320C54x 实现	(408)
17.5	FFT 的浮点 DSP 实现	(414)
17.6	小结	(422)
	习题与思考题	(422)
第 18 章	DSP 应用实验指导	(423)
18.1	DSP 演示性实验	(423)
18.2	DSP 基本实验	(424)
18.3	DSP 高级实验	(428)
附录 A	常用 DSP 芯片的引脚图	(434)
附录 B	TMS320C54x 汇编语言指令集	(437)
附录 C	SEED 系列 DSP 开发系统简介	(446)
附录 D	NTG-DSP 系列实验系统	(449)
附录 E	TI 格式文件转化为二进制文件	(450)
附录 F	8 位 μ 律/16 位线性互换的 C 语言子程序	(454)
附录 G	μ 律到线性变换表	(456)
附录 H	缩写词的英文对照	(457)
参考文献		(459)

第 1 章 概 述

1.1 引言

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, 数字信号处理技术已经在通信等领域里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。

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。

数字信号处理是以众多的学科为理论基础的, 它所涉及的范围极其广泛。例如, 在数学领域, 微积分、概率统计、随机过程、数值分析等都是数字信号处理的基本工具, 与网络理论、信号与系统、控制论、通信理论、故障诊断等也密切相关。一些新兴的学科, 如人工智能、模式识别、神经网络等, 都与数字信号处理密不可分。可以说, 数字信号处理是把许多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。

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 PC) 上用软件 (如 C 语言) 实现;

(2) 在通用计算机系统中加上专用的加速处理机实现;

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

(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和硬件资源, 可用于复杂的数字信号处理算法。

(5) 用专用的 DSP 芯片实现。在一些特殊的场合, 要求的信号处理速度极高, 用通用 DSP 芯片很难实现, 例如专用于 FFT、数字滤波、卷积、相关等算法的 DSP 芯片, 这种芯片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。

在上述几种方法中, 第 1 种方法的缺点是速度较慢, 一般可用于 DSP 算法的模拟与仿真; 第 2 种和第 5 种方法专用性强, 应用受到很大的限制, 第 2 种方法也不便于系统的独立运行; 第 3 种方法只适用于实现简单的 DSP 算法; 只有第 4 种方法才使数字信号处理的应用打开了新的局面。

虽然数字信号处理的理论发展迅速, 但在 20 世纪 80 年代以前, 由于实现方法的限制, 数字信号处理的理论还得不到广泛的应用。直到 20 世纪 80 年代初世界上第一片单片可编程 DSP 芯片的诞生, 才将理论研究结果广泛应用到低成本的实际系统中, 并且推动了新的理论和应用领域的发展。可以毫不夸张地说, DSP 芯片的诞生及发展对二十多年来通信、计算机、控制等领域的发展起到十分重要的作用。

1.2 DSP 应用系统

1.2.1 DSP 应用系统的构成

图 1.1 示出了一个典型的 DSP 系统。图中，输入信号可以有各种各样的形式，例如，可以是麦克风输出的语音信号或是电话线来的已调数据信号，也可以是编码后在数字链路上传输或在计算机中存储的摄像机图像信号。

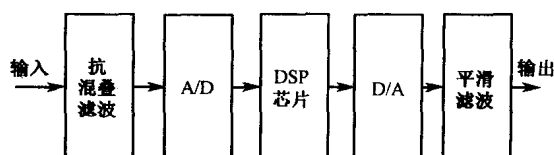


图 1.1 典型的 DSP 应用系统

一般输入信号首先进行带限滤波和抽样，然后进行模/数（A/D，Analog to Digital）变换，将信号变换成数字比特流。根据奈奎斯特抽样定理，对低通模拟信号，为保持信息的不丢失，抽样频率必须至少是输入带限信号最高频率的 2 倍。

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 的关键，这与其他系统（如电话交换系统）有很大的不同。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 应用系统模型只是一个典型模型，但并不是所有的 DSP 应用系统都必须包括模型中的所有部分。例如，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（Compact Disk），因此就不必进行 A/D 变换了。

1.2.2 DSP 应用系统的特点

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。

（1）接口方便。DSP 应用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，它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。

（2）编程方便。DSP 应用系统中的可编程 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 应用系统以数字处理为基础，受环境温度以及噪声的影响较小、可靠性高。

（4）精度高。16 位数字系统可以达到 10^{-5} 级的精度。

（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。

（6）集成方便。DSP 应用系统中的数字部件有高度的规范性，便于大规模集成。

当然，数字信号处理也存在一些缺点。例如，对于简单的信号处理任务（如与模拟交换线的电话接口），若采用 DSP 则使成本增加。DSP 系统中的高速时钟可能带来高频干扰和电磁泄漏等问题，而且 DSP 系统消耗的功率也较大。此外，DSP 技术更新的速度快，对数学知识要求高，开发和调试工具还有待于进一步完善。

虽然 DSP 应用系统存在着上述这些缺点，但其突出的优点已经使它在通信、语音、图像、雷达、生物医学、工业控制、仪器仪表等领域得到越来越多的应用。

1.3 DSP 应用系统的设计过程

图 1.2 是 DSP 应用系统设计的一般过程。

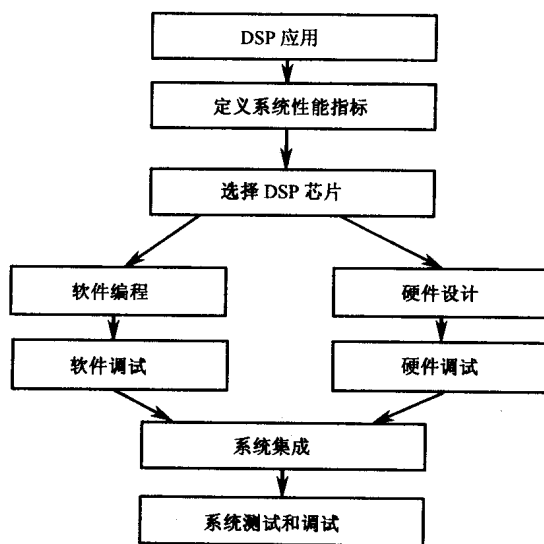


图 1.2 DSP 应用系统的设计流程

(1) 定义系统性能指标。在设计 DSP 系统之前，首先必须根据应用系统的目标确定系统的性能指标、信号处理的要求，这通常可用数据流程图、数学运算序列、正式的符号或自然语言来描述。

(2) 采用高级语言进行性能模拟。一般来说，为了实现系统的最终目标，需要对输入的信号进行适当的处理，而处理方法的不同会导致不同的系统性能，要得到最佳的系统性能必须在这一步确定最佳的处理方法，即数字信号处理的算法 (Algorithm)，因此这一步也称算法模拟或仿真阶段。例如，语音压缩编码算法就是要在确定的压缩比条件下，获得最佳的合成语音。算法模拟所用的输入数据是实际信号经采集而获得的，通常以计算机文件的形式存储为数据文件。语音压缩编码算法模拟时所用的语音信号就是经实际采集而获得并存储为计算机文件形式的语音数据文件。有些算法模拟时所用的输入数据并不一定要求是实际采集的信号数据，只要能够验证算法的可行性，输入假设的数据也是可以的。

(3) 设计实时的 DSP 应用系统。实时 DSP 应用系统的设计包括硬件设计和软件设计两个方面。硬件设计首先要根据系统运算量的大小、对运算精度的要求、系统成本限制以及体积、功耗等要求选择一合适的 DSP 芯片。然后设计 DSP 芯片的外围电路及其他电路。软件设计和编程主要根据系统要求和所选的 DSP 芯片编写相应的 DSP 汇编程序，若系统运算量