



零点起步系列丛书



零点起步 · TMS320C6000 系列 DSP 原理与应用系统设计

◎ 韦金辰 李刚 王臣业 等编著

- ▣ 从零开始，轻松入门
- ▣ 图解案例，清晰直观
- ▣ 图文并茂，操作简单
- ▣ 实例引导，专业经典
- ▣ 学以致用，注重实践



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

零点起步系列丛书

零点起步——TMS320C6000 系列 DSP 原理与应用系统设计

韦金辰 李刚 王臣业 等编著



机械工业出版社

本书面向应用 TMS320C6000 系列数字信号处理器(DSP)的初学者,以 TMS320DM642 芯片为主线,系统讲解了 DSP 的基础知识、硬件结构、片内资源、外设接口、软件开发环境及程序优化方法,并详细介绍了 TMS320DM642 芯片在视频处理、语音处理及网络通信 3 个典型应用环境的开发实例。

本书注重理论与实践相结合,强调对重点知识的理解和实际应用系统的设计。本书可作为高等学校电子信息工程、通信工程及自动化控制等专业的高年级本科生和研究生教材,也适合作为 DSP 开发和应用行业的科技人员的参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

零点起步:TMS320C6000 系列 DSP 原理与应用系统设计/韦金辰等编著.

—北京:机械工业出版社,2012.2

(零点起步系列丛书)

ISBN 978-7-111-37346-9

I. ①零… II. ①韦… III. ①数字信号处理 ②数字信号-微处理器 IV. ①TN911.72 ②TP332

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 016190 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:郝建伟 马超

责任印制:李妍

高等教育出版社印刷厂印刷

2012 年 4 月第 1 版·第 1 次印刷

184mm×260mm·24 印张·590 千字

0001-3500 册

标准书号:ISBN 978-7-111-37346-9

定价:56.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010)88361066

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010)68326294

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010)88379649

读者购书热线:(010)88379203

封面无防伪标均为盗版

前 言

基本内容

随着计算机技术、集成电路设计技术和数字信号处理理论的发展，数字化时代已经到来。数字信号处理器（Digital Signal Processor, DSP）有力地推动了相关技术的进步，DSP技术的应用已遍布科学研究、工业生产甚至日常生活的各个领域，使得数字信号处理的理论与应用具有更广泛、更深入的影响。自20世纪80年代初DSP芯片诞生以来，经过几十年的发展，DSP芯片的性能不断提高，随着价格迅速下降，使其在信号处理、语音合成与识别、数字通信、图像处理、多媒体、自动控制、仪器仪表及家用电器等诸多领域得到了广泛的应用。DSP技术已成为科学研究、工业生产和消费电子等领域的重要技术手段。

美国德州仪器公司（TI公司）是目前世界上最大的DSP芯片供应商，其推出的TMS320系列DSP是世界上最具影响力的主流DSP产品之一。TMS320DM642数字信号处理器是TI公司推出的高性能定点DSP芯片，主要面向数字多媒体应用领域。为了使读者迅速掌握DSP应用系统设计的要点与难点，本书根据作者多年教学及科研的实践经验，循序渐进、图文并茂地向读者介绍了DSP的相关知识。本书内容丰富，理论与实践相结合，可帮助读者将所学知识运用到DSP应用系统的设计中。

全书分为3大部分共11章，各章具体内容如下。

- 第1章：介绍DSP的基础知识，包括DSP技术的发展历程、DSP的特点、发展趋势和应用范围。
- 第2章：以TMS320DM642为例介绍TMS320C64x系列DSP的硬件结构、指令和中断系统，包括CPU内核构架、数据通路、公共指令集以及中断的控制与响应过程等。
- 第3章：介绍TMS320DM642的存储器扩展，包括外部存储器接口（EMIF）的基础知识以及增强的直接存储器访问（EDMA）的启动、链接、中断、优先级等，并列举了SDRAM扩展应用实例、Flash扩展应用实例。
- 第4章：介绍TMS320DM642的主机接口（HPI）与多通道缓冲串口（McBSP）的结构、信号引脚与功能、寄存器、初始化、操作流程。
- 第5章：介绍TMS320DM642的通用目的输入/输出接口（GPIO）与32位定时器的结构、信号引脚与功能、寄存器、初始化、操作流程。
- 第6章：介绍TMS320DM642的多媒体高级片内外设，包括以太网媒体存取控制器（EMAC）、视频接口（VP）及多声道音频串行端口（McASP）的特性、寄存器等，为其多媒体应用设计打下基础。
- 第7章：介绍DSP最小系统设计。首先介绍DSP系统的设计过程；其次介绍DSP系统的基本设计，包括电源电路、复位和时钟电路的设计及JTAG仿真口的设计；最后介绍硬件设计与调试技巧。



- 第8章：介绍 DSP 应用系统软件开发环境及程序优化。首先介绍 DSP 开发环境的软件版本、安装及仿真器的配置；其次介绍 CCS 集成开发环境的仿真操作步骤；最后介绍 DSP 的 C/C++ 语言程序设计、编写和优化。
- 第9章：视频处理开发实例，介绍视频编码解码电路的设计及视频高速 PCB 的设计要点，并介绍视频驱动设计、视频采集显示程序设计及相关数字图像处理算法，使读者能够深入理解 DSP 视频处理开发过程。
- 第10章：语音处理开发实例，介绍语音信号处理基础知识、语音采集与处理系统的硬件电路设计及相关的软件设计，使读者能够深入理解 DSP 语音处理开发过程。
- 第11章：网络通信开发实例，首先介绍网络通信基础知识，然后以嵌入式网络摄像机系统语音采集及处理系统为例介绍硬件电路设计及相关的软件设计，使读者能够深入理解 DSP 网络通信的开发过程。

主要特点

本书作者都是长期从事 DSP 技术的教学、科研和实际生产工作的教师和工程师，有着丰富的教学经验和实践经验。在内容编排上，按照读者认知的一般规律，结合大量实例讲解操作步骤，能使读者快速掌握 DSP 的原理和应用系统的设计技能。

具体来讲，本书具有以下鲜明的特点：

- 从零开始，轻松入门；
- 图解案例，清晰直观；
- 图文并茂，操作简单；
- 实例引导，专业经典；
- 学以致用，注重实践。

读者对象

- 学习 DSP 设计的初学者。
- 具有一定 DSP 基础知识、希望进一步深入掌握其应用系统设计的读者。
- 大中专院校信息通信及自动化相关专业的学生。
- 从事 DSP 应用产品设计的工程技术人员。

本书由韦金辰、李刚、王臣业等编著，其中第3、6、7、9章由韦金辰编写，第4、8、11章由李刚编写，第1、2、5、10章由王臣业编写，参加本书编著工作的还有管殿柱、宋一兵、李晶、李玉兵、郑志、赵金龙、王欣。

本书配套的实例代码、教学课件、芯片资料等，可以从机械工业出版社网站（<http://www.cmpbook.com>）和零点工作室网站（<http://www.zerobook.net>）下载。

由于编者水平有限书中错误和不妥之处在所难免，敬请广大读者指正。

编者

目 录

前言

第 1 章 DSP 概述	1
1.1 DSP 的发展历程与特点	1
1.1.1 DSP 的发展历程	1
1.1.2 DSP 的特点	2
1.2 DSP 的分类及主要厂商系列	3
1.2.1 DSP 的分类	3
1.2.2 DSP 的主要厂商系列	4
1.3 DSP 的应用领域和芯片选型	5
1.3.1 DSP 的应用领域	5
1.3.2 DSP 应用系统的芯片选择	6
1.4 DSP 的发展趋势	7
1.5 思考与练习	8
第 2 章 硬件结构、指令和中断系统	9
2.1 硬件结构	9
2.1.1 CPU 内核构架	9
2.1.2 CPU 数据通路	11
2.1.3 控制寄存器组	16
2.2 流水线	19
2.2.1 流水线概述	19
2.2.2 流水线操作	21
2.2.3 指令对流水线性能的影响	24
2.2.4 存储器对流水线性能的影响	26
2.3 公共指令集	29
2.3.1 寻址方式	29
2.3.2 指令的分类	31
2.3.3 指令编码	33
2.3.4 条件操作	35
2.3.5 并行操作	35
2.3.6 资源限制	37



2.4 DSP 的中断系统	38
2.4.1 中断的基础知识	38
2.4.2 中断控制寄存器	42
2.4.3 中断响应过程	46
2.4.4 中断嵌套	47
2.4.5 中断向量程序	48
2.5 思考与练习	49
第3章 TMS320DM642 的存储器扩展	50
3.1 TMS320DM642 的 EMIF	50
3.1.1 EMIF 概述	50
3.1.2 EMIF 信号	51
3.1.3 EMIF 寄存器	52
3.1.4 存储器宽度和字节定位	60
3.1.5 EMIF 与 SDRAM 接口	61
3.1.6 EMIF 与 SBSRAM 接口	64
3.1.7 可编程同步接口	67
3.1.8 SDRAM 扩展应用实例	67
3.1.9 Flash 扩展应用实例	70
3.2 增强的直接存储器访问 (EDMA)	73
3.2.1 直接存储器访问 (DMA) 概述	73
3.2.2 增强的直接存储器访问 (EDMA) 概述	74
3.2.3 EDMA 的启动	76
3.2.4 传输计数和地址的更新	78
3.2.5 EDMA 的链接	81
3.2.6 EDMA 的中断	82
3.2.7 EDMA 的优先级	84
3.2.8 EDMA 的性能	85
3.2.9 快速 DMA (QDMA)	85
3.2.10 EDMA 传输请求递交	86
3.2.11 EDMA 控制器	89
3.2.12 EDMA 的应用实例	92
3.3 思考与练习	93
第4章 主机接口与多通道缓冲串口	95
4.1 主机接口 (HPI)	95
4.1.1 HPI 概述	95
4.1.2 HPI 的结构	96
4.1.3 HPI 信号引脚与功能	97



4.1.4	HPI 的读/写时序	100
4.1.5	HPI 的操作	102
4.1.6	HPI 寄存器	109
4.1.7	HPI 的中断申请	112
4.1.8	HPI 应用实例	113
4.2	多通道缓冲串口 (McBSP)	116
4.2.1	McBSP 概述	116
4.2.2	McBSP 结构与对外接口	116
4.2.3	McBSP 寄存器	117
4.2.4	McBSP 的操作	128
4.2.5	μ 律和 A 律数据压缩和解压	132
4.2.6	McBSP 的 SPI 协议	134
4.2.7	McBSP 作为通用 I/O 口	136
4.2.8	McBSP 的应用	137
4.3	思考与练习	138
第 5 章	通用目的输入/输出接口与定时器	140
5.1	通用目的输入/输出接口 (GPIO)	140
5.1.1	GPIO 接口概述	140
5.1.2	GPIO 功能	141
5.1.3	中断和事件产生	142
5.1.4	GPIO 寄存器	146
5.1.5	GPIO 应用例程	151
5.2	32 位定时器	154
5.2.1	定时器结构	154
5.2.2	定时器寄存器	155
5.2.3	定时器的工作模式控制	158
5.2.4	定时器例程	160
5.3	思考与练习	163
第 6 章	TMS320DM642 的多媒体片内外围设备	164
6.1	以太网接口	164
6.1.1	以太网媒体存取控制器 (EMAC)	165
6.1.2	EMAC 控制寄存器	165
6.1.3	EMAC 统计寄存器	167
6.1.4	网络通信应用举例	168
6.2	视频接口 (VPO ~ VP2)	169
6.2.1	视频捕获模式	170
6.2.2	视频显示模式	171



6.2.3	视频端口寄存器	174
6.2.4	视频端口的控制寄存器	174
6.2.5	视频捕获寄存器	176
6.2.6	视频显示模式	183
6.2.7	视频显示寄存器	184
6.2.8	视频引脚控制寄存器	195
6.2.9	视频应用举例	196
6.3	多声道音频串行端口 (McASP)	198
6.3.1	McASP 框图	199
6.3.2	McASP 控制寄存器	200
6.3.3	McASP 数据寄存器	201
6.3.4	音频应用举例	201
6.4	思考与练习	203
第 7 章	TMS320DM642 最小系统设计	204
7.1	DSP 应用系统的设计过程	204
7.2	最小系统构成	205
7.3	电源设计	206
7.3.1	供电系统设计	206
7.3.2	上电次序设计	209
7.4	系统复位电路设计	210
7.4.1	复位与电源监控电路设计	210
7.4.2	“看门狗”电路设计	211
7.5	时钟电路设计	212
7.5.1	外部晶振输入电路	212
7.5.2	锁相环 (PLL) 倍频	212
7.6	JTAG 仿真接口的设计	214
7.7	硬件设计与调试技巧	216
7.7.1	提高系统可调试性能的技巧	217
7.7.2	最小系统的调试	217
7.8	思考与练习	218
第 8 章	软件开发环境及程序优化	219
8.1	DSP 集成开发环境	219
8.1.1	CCS 简介	219
8.1.2	CCS 的版本选择	220
8.1.3	CCS 软件安装	221
8.1.4	仿真器的安装与配置	222
8.2	CCS 集成开发环境	223



8.2.1	CCS 仿真操作步骤	224
8.2.2	建立工程文件	224
8.2.3	工程中编写、添加/删除文件	225
8.2.4	编译并运行程序	227
8.2.5	程序运行控制	227
8.2.6	使用断点及变量观察窗口	229
8.2.7	为文件 I/O 添加探针	229
8.2.8	图形窗口分析显示数据	231
8.2.9	使用观察窗口观察 structure 变量	232
8.2.10	评估代码性能	232
8.3	DSP 的 C/C++ 语言程序设计	234
8.3.1	面向 DSP 的 C/C++ 语言程序设计流程	235
8.3.2	DSP 的 C/C++ 语言程序说明	235
8.3.3	直接嵌入汇编指令	237
8.3.4	C/C++ 语言与汇编语言的混合编程方法	237
8.3.5	C/C++ 语言程序使用内联的汇编语言函数	241
8.4	C/C++ 语言程序的编写和优化	241
8.4.1	软件流水	242
8.4.2	使用内联函数 (intrinsic)	246
8.4.3	调整数据类型	247
8.4.4	条件分支语句的优化	248
8.4.5	线性汇编	248
8.4.6	删除冗余代码	250
8.5	思考与练习	250
第 9 章	视频处理应用实例	252
9.1	DSP 视频处理开发系统概述	252
9.2	硬件电路设计	253
9.2.1	视频解码芯片 SAA7115 介绍	253
9.2.2	视频编码芯片 SAA7121 介绍	255
9.2.3	视频输入解码电路设计	258
9.2.4	视频输出编码电路设计	259
9.3	视频高速 PCB 的设计要点	259
9.3.1	电源设计	259
9.3.2	地线设计	261
9.3.3	时钟信号设计	261
9.4	视频驱动设计	262
9.4.1	类/微驱动模型	262
9.4.2	TMS320DM642 芯片视频端口的视频采集驱动程序	262



9.4.3	基于双 EDMA 通道的视频数据传输	264
9.4.4	EDMA 链表在场合成中的使用	264
9.4.5	视频采集驱动程序的调用实例	264
9.4.6	视频驱动程序使用方法	266
9.5	视频输入采集、输出显示程序设计	266
9.5.1	视频输入采集程序设计	266
9.5.2	视频输出显示程序设计	267
9.6	数字图像处理算法	268
9.6.1	图像边缘检测	269
9.6.2	图像中值滤波	272
9.6.3	图像傅里叶变换	275
9.6.4	H.264 编码器的移植和优化	280
9.7	实践应用	284
9.8	思考与练习	285
第 10 章	语音处理开发实例	286
10.1	语音信号处理概述	286
10.1.1	音频采样	286
10.1.2	语音编码	286
10.1.3	语音识别	288
10.1.4	数字回声	288
10.2	语音采集及处理系统设计要求	288
10.3	硬件电路设计	289
10.3.1	音频编/解码芯片 TLV320 AIC23B 介绍	289
10.3.2	AIC23B 的控制模式	291
10.3.3	AIC23B 的内部控制寄存器	292
10.3.4	AIC23B 的音频接口与采样率控制	296
10.3.5	音频编/解码模块电路设计	297
10.4	语音处理的软件实现	299
10.4.1	音频采集功能的实现	300
10.4.2	AIC23B 参数设置子程序	303
10.4.3	McASP 的配置及使用	304
10.4.4	数字回声的产生	305
10.4.5	语音信号的 FIR 滤波	308
10.4.6	驱动程序设计	309
10.5	实践应用	309
10.6	思考与练习	310



第 11 章 网络通信开发实例	311
11.1 网络通信基础知识	311
11.1.1 TCP/IP	311
11.1.2 套接字	314
11.2 系统总体设计方案	314
11.3 硬件电路设计	315
11.3.1 TMS320DM642 的 EMAC 网络模块	316
11.3.2 以太网控制器 Intel LXT971A 介绍	316
11.3.3 网络传输模块设计	318
11.3.4 高速网络设备 PCB 的设计要点	319
11.4 网络开发工具包	320
11.4.1 通信接口的软件框架	320
11.4.2 NDK 的初始化	321
11.5 相关软件设计	322
11.5.1 网络协议栈的主线程	322
11.5.2 基于 TCP 的控制命令接收程序	325
11.5.3 基于 UDP 的传输视频网络发送程序	327
11.5.4 PC 服务器端程序	330
11.6 实践应用	330
11.7 思考与练习	332
附录	333
附录 A TMS320DM642 存储器映像	333
附录 B TMS320DM642 寄存器映像	335
附录 C TMS320C6000 指令集	352
附录 D 基于 DaVinci™ 技术的 DSP 芯片主要技术参数	366
参考文献	369

第 1 章

DSP 概述

DSP 是数字信号处理技术 (Digital Signal Processing) 的英文缩写词;也是数字信号处理器 (Digital Signal Processor) 的英文缩写词,指的是实现数字信号处理的通用或专用可编程微处理器芯片。如无特别说明,本书中的 DSP 均指数字信号处理器。

本章要点:

- DSP 的发展历程与特点。
- DSP 的分类及主要厂商系列。
- DSP 的典型应用领域和芯片选型原则。
- DSP 的发展趋势。

1.1 DSP 的发展历程与特点

在 DSP 出现之前,数字信号处理只能由通用的微处理器来完成,但其处理速度无法满足高速性和实时性的要求。DSP 芯片是随着数字信号处理技术的发展而诞生并发展的。

1.1.1 DSP 的发展历程

数字信号处理器 (DSP) 是一种特别适合进行数字信号处理运算的微处理器, DSP 芯片的诞生与发展有力地推动了通信、计算机与控制领域的发展。DSP 技术已广泛应用于科学研究、工业生产甚至日常生活的各个领域。

DSP 的发展历史大致可以分成 3 个阶段: 雏形阶段、成熟阶段和完善阶段。

1. 雏形阶段 (20 世纪 80 年代前后)。为解决冯·诺依曼 (Von Neumann) 结构在进行数字信号处理时总线和存储器之间的瓶颈效应,许多公司投入大量人力和物力开展了很多探索性的工作,研制出了一些 DSP 的雏形。1978 年,美国 AMI 公司发布了 S2811 处理器;1979 年,美国 Intel 公司推出了 Intel2920 芯片;1980 年,日本 NEC 公司生产出了 μ PD7720 芯片。但这些产品的运算速度都太慢,而且开发工具严重不足,无法进行大规模的开发工作,还不能称为真正意义上的 DSP。1982 年,美国 TI 公司成功推出了第一代 DSP 芯片 TMS32010,该芯片为 16 位的定点 DSP,采用了哈佛 (Harvard) 结构,允许数据在程序存储空间与数据存储空间之间传输,大大地提高了运行速度和编程的灵活性,在语音合成和编码解码器中得到了广泛应用。



2. 成熟阶段 (20 世纪 90 年代)。许多著名的集成电路公司相继研制出了自己的 DSP 产品。例如, TI 公司的 TMS320C20、TMS320C30、TMS320C40、TMS320C50 系列; Motorola 公司的 DSP5600、DSP9600 系列, AT&T 公司的 DSP32 等。这个时期的 DSP 器件在硬件结构上更适用于数字信号处理的要求, 能进行硬件乘法、硬件 FFT 变换和单指令滤波处理, 其单指令周期为 80 ~ 100 ns。如 TI 公司的 TMS320C20, 采用了 CMOS 制造工艺, 其存储容量和运算速度成倍提高, 为语音处理、图像硬件处理技术的发展奠定了基础。20 世纪 80 年代后期, 以 TI 公司的 TMS320C30 为代表的第三代 DSP 芯片问世, 伴随着运算速度的进一步提高, 其应用范围逐步扩大到通信、计算机领域。

3. 完善阶段 (进入 21 世纪以后)。经不断改进这一时期的 DSP 不仅信号处理能力更加完善, 而且系统开发更加方便、程序编辑调试更加灵活、功耗进一步降低、成本不断下降, 尤其是将各种通用外设集成到片上, 大大地提高了数字信号处理能力。这一时期的 DSP 运算速度可达到单指令周期 10ns 左右, 可在 Windows 环境下直接用 C 语言编程, 使用方便灵活, DSP 芯片不仅在通信、计算机领域得到了广泛的应用, 而且逐渐渗透到了人们日常消费领域。

目前, DSP 芯片发展非常迅速: 硬件结构方面主要是向多处理器的并行处理结构、大容量片上 RAM 和 ROM、提高外部数据交换速度、增加 I/O 驱动能力、自带外围电路、低功耗等方面发展; 软件方面主要是综合开发平台的完善, 使 DSP 的应用开发更加灵活、方便。

1.1.2 DSP 的特点

虽然应用于不同领域的 DSP 有不同的型号, 但数字信号处理不同于普通的科学计算与分析, 它强调运算的实时性。因此, DSP 除了具备普通微处理器所强调的高速运算和控制能力外, 针对实时数字信号处理的特点, 在处理器的结构、指令系统、指令流程上做了很大的改进, 其主要特点如下。

1) 采用改进的哈佛总线结构, 内部有两条总线, 即数据总线和程序总线。采用程序与数据空间分开的结构, 分别有各自的地址总线和数据总线, 可以同时完成获取指令和读取数据操作, 目前运行速度已经达到每秒 1G 次定点运算。

2) 采用流水操作, 每条指令的执行划分为取指令、译码、取数、执行等若干步骤, 由片内多个功能单元分别完成, 支持任务的并行处理。

3) 配有专用的硬件乘法—累加器, 可在一个周期内完成一次乘法和累加操作, 以适应矩阵运算、FFT 变换以及 FIR 和 IIR 滤波等专用数字信号处理的需求。

4) 具有快速的指令周期, 由于采用哈佛结构、流水线操作、专用的硬件乘法器、特殊的指令及集成电路的优化设计, 使指令周期可在 20 ns 以下。例如, TMS320C54x 的运算速度为 100 MI/S, (百万条/秒); TMS320DM642 的时钟频率达到 500 MHz, 运算速度为 4000 MI/S。

5) 具有特殊的 DSP 指令, 为了满足数字信号处理的需要, 在 DSP 的指令系统中, 设计了一些完成特殊功能的指令。例如, TMS320C54x 中的 FIRS 和 LMS 指令, 专门用于完成系数对称的 FIR 滤波器和 LMS 算法。为了实现 FFT、卷积等运算, 当前的 DSP 大多在指令系统中设置了“循环寻址”(Circular Addressing) 及“位码倒置”(bit-reversed) 指令和其他特殊指令, 使得在进行这些运算时, 其寻址、排序及计算速度大大提升。



6) 具有强大的硬件配置, 新一代的 DSP 芯片具有较强的接口功能, 除了具有串行口、定时器、主机接口 (HPI)、DMA 控制器、软件可编程序等待状态发生器等片内外设外, 还配有中断处理器、PLL、片内存储器、测试接口等单元电路, 便于完成系统设计与调试。

7) 运算精度高, DSP 芯片的字长从 16 位、24 位、32 位发展到 40 位甚至更高, 可有效防止运算过程中的溢出, 为数字信号处理提供了更大的动态范围, 极大地提高了运算精度。

1.2 DSP 的分类及主要厂商系列

DSP 既可按数据格式、指令类型或用途分类, 又可按其生产厂家分为不同系列, 下面介绍 DSP 的分类方法、主要厂商的不同系列 DSP 及其各自的特点。

1.2.1 DSP 的分类

DSP 一般按以下 3 种方法分类。

1. 按数据格式分类

DSP 按数据格式可分为定点 DSP 芯片和浮点 DSP 芯片。

定点 DSP 芯片按定点的数据格式进行工作, 其数据长度通常为 16 位、24 位、32 位。定点 DSP 的特点: 体积小、成本低、功耗小、对存储器的要求不高, 但数值表示范围较窄, 必须使用定点定标的方法, 并要防止结果的溢出。

浮点 DSP 芯片按浮点的数据格式进行工作, 其数据长度通常为 32 位、40 位。由于浮点数的数据表示动态范围宽, 运算中不必顾及小数点的位置, 因此开发较容易。但它的硬件结构相对复杂、功耗较大, 且比定点 DSP 芯片的价格高。通常, 浮点 DSP 芯片使用在对数据动态范围和精度要求较高的系统中。不同的 DSP 的浮点格式不一定完全一样, 如 IEEE 的标准浮点格式 (如 Motorola 公司的 MC96002)、自定义的浮点格式 (如 TI 公司的 TMS320C3X)。

2. 按用途分类

DSP 按用途可分为通用型和专用型。

通用型 DSP 适用于普通的数字信号处理应用, TI 公司的系列 DSP 芯片属于通用型 DSP 芯片。专用型 DSP 是为特定的 DSP 运算而设计的, 适用于不同的数字信号处理运算或特定的应用场合, 如数字卷积、数字滤波、FFT 等。Motorola 公司的 DSP56200、Zoran 公司的 ZR34881、Inmos 公司的 IMSA100 等就属于专业型 DSP 芯片。此类型芯片的相应专用算法是通过内部硬件完成的, 因而运算速度快, 但可编程序能力有限, 使用灵活性较差。

3. 按工作时钟和指令类型分类

DSP 按工作时钟和指令类型可分为静态 DSP 芯片和一致性 DSP 芯片两类。

如果 DSP 芯片在某时钟频率范围内的任何频率上都能正常工作, 除计算速度有变化外, 没有性能的下降, 这类 DSP 芯片一般称为静态 DSP 芯片。例如, TI 公司的 TMS320C2x 系列 DSP、日本 OKI 电气公司的 DSP 都属于这一类芯片。如果有两种或两种以上的 DSP 芯片, 它们的指令集和相应的机器代码及引脚结构相互兼容, 则这类 DSP 芯片被称为一致性 DSP 芯片, 如 TI 公司的 TMS320C54x 系列。



1.2.2 DSP 的主要厂商系列

面对 DSP 的巨大市场和广阔的发展前景,各大半导体公司均在全力开发和生产自己的 DSP 芯片。目前,全球 DSP 市场中的主要厂商有 TI、AD、Motorola、NEC、Zilog 等公司。

1. TI 公司的 DSP 系列

TI 公司已先后推出多代 DSP 产品。近年来,它在原有产品的基础上,发展出了三大系列的 DSP 芯片:TMS320C2000、TMS320C5000 及 TMS320C6000 系列,它们的使用领域分别如下。

(1) TMS320C2000 系列

该系列是在数字控制领域应用的 16 位/32 位定点 DSP,执行速度最高达 400 MI/S。除了具有信号处理能力很强的 CPU 之外,片内还集成有功能强大的事件管理器和多种片内外设,并配置了方便齐全的接口,非常适合信号处理算法复杂的控制应用场合。其主流产品为两个系列:TMS320C24x 和 TMS320C28x。它主要用于电动机控制、数字电源、机器人、工业自动化和智能传感器等嵌入式应用领域。

(2) TMS320C5000 系列

该系列是低功耗的 16 位定点 DSP,处理速度最高可达 600 MI/S,功耗低至 0.12mW。主流产品为两个系列:TMS320C54x 和 TMS320C55x。该系列适用于个人和便携式产品,如数字音乐播放器、数码相机、VoIP、2G 和 3G 手机和基站、GPS 接收器、便携式医疗设备、PDA、网络电话、服务器、寻呼机、多种便携式信息系统以及消费类电子产品等。

(3) TMS320C6000 系列

该系列是高性能的 32 位 DSP,具有独特的超长指令字(VLIW)和 8 个功能单元的特殊结构,具有强大的运算能力和并行处理能力。TMS320C6000 又分为 3 个系列:TMS320C62xx、TMS320C64xx 和 TMS320C67xx,其中 TMS320C62xx 和 TMS320C64xx 是定点 DSP 芯片,典型芯片如 TMS320C6414T/15T/16T 采用 90 nm 工艺,工作主频高达 1.1GHz,可用于无线基站、Modem、网络系统、中心局交换机、数字音频和视频等;TMS320C67xx 是浮点 DSP 芯片,可用于基站数字波束形成、语音识别、医学图像处理 and 3D 图形以及混频器、音频合成器、音频会议和广播等。

近年来,TI 公司又推出了媒体处理器 TMS320DM64x 和最新的 DaVinci 芯片 TMS320DM644x 等,专门用于音频与视频处理,为数字媒体应用提供了集成处理器、软件和开发工具,从而简化了设计流程,加速了产品的创新过程。

2. AD 公司的 DSP 系列

AD (Analog Devices) 公司是世界上主要的 DSP 芯片生产商之一,在市场中占有较大份额,主要有下列 4 个系列。

(1) ADSP21xx 系列

该系列是代码和引脚兼容的定点 DSP 家族,具有高达 160 MHz 的工作频率和低至 184 μ A 的功耗。主要以 ADSP 218x 和 ADSP 219x 系列为代表,采用改进型哈佛结构,并行处理能力强,内部 RAM 较大,外围接口多,适合作为语音处理和语音频带调制解调以及实



时控制应用。

(2) SHARC 系列

该系列是 32 位浮点 DSP，具有卓越的 I/O 吞吐率的优异内核，有高水平的浮点处理性能，利用 AD 公司的片间互连技术（LINK 口）可以很方便地将几十片 SHARC 连接起来组成 DSP 阵列，主要应用于雷达、声纳信号、家庭和汽车音响以及医用、工业和仪器仪表产品处理等领域。

(3) TigerSHARC 系列

该系列是从 SHARC 系列发展而来的高端 DSP，比 SHARC 具有更高的浮点运算功能。它提供 GFLOPS 的操作能力，并具有 1 Gbit/s 吞吐率的多处理链路口，可以无缝连接多个 TigerSHARC 处理器。目前有 TS101、TS201 两个系列。TigerSHARC ADSP - TA201 主频高达 600 MHz，处理能力为 14.4GFLO/s，片内具有超大容量的 RAM，尤其适合通信和视频应用。

(4) Blackfin 系列

该系列是 AD 公司新近推出的低功耗高性能的 16/32 位 DSP，主要型号有 BFS531/BF532/BF533/BF535 等。它非常适合于多格式音频、视频、语音和图像处理、多模式基带和分组处理、控制处理和实时安全性等。由于它具有软件灵活性和可扩展性的独特结合，为 Blackfin DSP 赢得了广泛的应用领域。

3. Motorola 公司的 DSP 系列

Motorola 公司也是具有影响力的 DSP 芯片厂家，其 DSP 芯片可分为定点 DSP 和浮点 DSP 两类，其中定点 DSP 以 MC56000 系列为代表，数据字宽 24 bit、乘法器 48 bit、加法器 56 bit，能提供较大的动态范围和较高的处理精度；浮点 DSP 以 MC96002 为代表，具有 96 bit 加法器，性能较高。

4. NEC 公司的 DSP 系列

NEC 公司以生产定点 DSP 为主，包括 μ PD77Cxx 系列、 μ PD770xx 系列和 μ PD772xx 系列。

1.3 DSP 的应用领域和芯片选型

随着 DSP 技术的发展，DSP 芯片的应用领域也越来越广阔。在进行 DSP 应用系统设计的时候，需要依据技术指标的需要进行芯片选型。本节将介绍 DSP 的典型应用领域和芯片选型需要考虑的因素。

1.3.1 DSP 的应用领域

得益于集成电路技术的发展和巨大的应用市场，DSP 芯片得到了飞速的发展。早期的 DSP 主要应用于军事等高精尖领域，后来被成功应用于数字通信领域，如数字调制解调器、移动电话等，同时，DSP 在工业控制、汽车电子等测控领域也得到广泛的应用。随着 DSP 芯片价格的下降、性能价格比的提高，DSP 已经成为数字音频、数字视频、高速宽带和新一代无线通信等核心平台，在信息产业及其他许多领域中发挥着越来越大的作用。表 1-1 列出了 DSP 的一些典型应用。