

单片机与DSP应用丛书

# TMS320F2812

## DSP原理与应用实例

三恒星科技 编著



电子工业出版社  
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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

单片机与 DSP 应用丛书

**TMS320 F2812**  
**DSP原理与应用实例**

三恒星科技 编著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

## 内 容 简 介

本书主要介绍 TI 公司的 TMS320F2812 DSP 芯片原理和应用实例。包括系列 2812 DSP 的结构、中断系统、指令系统、事件管理器、编程方法及其使用方法和应用实例。本书的最大特点是用大量来自工程一线的实例代码，深理解，强化应用。

本书内容全面、架构清晰、实用性强，特别适合 DSP 工程技术开发人员、数字电路设计人员以及大中专院校相关专业的师生阅读。

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

TMS320 F2812 DSP 原理与应用实例 / 三恒星科技编著. 北京: 电子工业出版社, 2009.2

(单片机与 DSP 应用丛书)

ISBN 978-7-121-08193-4

I. T… II. 三… III. 数字信号—信息处理系统 IV. TN911.72

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 011291 号

责任编辑: 竺南直

印 刷: 北京京师印务有限公司

装 订:

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

开 本: 787×1092 1/16 印张: 30 字数: 768 千字

印 次: 2009 年 2 月第 1 次印刷

印 数: 4 000 册 定价: 49.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 [zlt@phei.com.cn](mailto:zlt@phei.com.cn), 盗版侵权举报请发邮件至 [dbqq@phei.com.cn](mailto:dbqq@phei.com.cn)。

服务热线: (010) 88258888。

# 前 言

数字信号处理 (Digital Signal Processing, 简称 DSP) 是利用 CPU 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。

数字信号处理是以众多学科为理论基础的, 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。近来新兴的一些学科, 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。

TI 公司的 TMS320F2812 属于 TI 的 C2000 系列产品。在目前过程控制领域中, 它是 TMS320 系列中的第二代产品, 与传统的单片机相比, 它具有功能强、资源丰富、功耗低等突出的性能。具有完美的性能并综合最佳的外设接口, 它集成了闪存、高速 A/D 转换器、高性能的 CAN 模块等。具有较高的性价比, 利用它可以降低开发难度, 缩短面市时间, 有效地降低了开发成本。

本书主要以 TI 公司的 TMS320F2812 芯片为核心, 通过对多个功能模块的开发的实际过程的介绍, 来讲解 TI 的 DSP2000 系列开发的原理和实践。

本书内容包括:

第 1 章 DSP 概述, 主要介绍 DSP 构成及设计方法。

第 2 章 F2812 结构, 主要介绍 TMS320F2812 硬件结构。

第 3 章 中断系统, 主要介绍引入中断的目的是解决主机与外设的并行工作问题, 实现实时控制。

第 4 章 指令系统, 主要以助记符形式来介绍 DSP 的指令系统。

第 5 章 汇编语言程序设计实例, 主要介绍了 DSP 芯片的汇编语言程序设计的一些基本知识和编写汇编语言的基本算法等。

第 6 章 汇编语言与 C 语言的混合编程, 主要介绍用汇编语言或 C 语言开发 DSP 芯片。

第 7 章 DSP 系统开发实例, 通过实例主要介绍 DSP CCS 开发软件 CCS(Code Composer Studio)是一个完整的 DSP 集成开发环境, 也是目前最优秀的 DSP 开发软件之一。

第 8 章 事件管理器, 主要介绍 F2812 片内外设事件管理器。

第 9 章 引导 ROM 及引导装载器功能, 本章主要介绍适用于存储在 TMS320F28x 系列处理器的片上引导 ROM 中的代码和数据。

第 10 章 数字输入/输出端口, 本章主要介绍 F2812 芯片处理器数字输入输出端口。

第 11 章 模/数转换, 本章主要介绍 TMS320F2812 ADC 模块的应用。

第 12 章 SCI 串行通信接口，本章主要介绍 TMS320F2812 串行通信接口的应用。

第 13 章 SPI 串行外设接口，本章主要介绍在 DSP 控制器的片内集成 SPI 接口模块。

第 14 章 控制器局域网，本章主要介绍 CAN 模块的使用。

第 15 章 工业控制中的应用实例，本章通过具体的实例主要介绍了基于 TI 公司生产的 DSPTMS320F2812 芯片的特性和使用方法，以 TMS320F2812 DSP 为核心，实现三相正弦 SPWM 波形发生器、PWM 电机控制和音频测试的功能。

本书内容丰富，讲解细致。实例中的代码全部编译通过，并配有相应的电路图。

参与本书编写的还有赵光、王烁、兰婵丽、王波波、赵辉、刘文涛、刘群、吴丽等，在此表示感谢！

限于我们的水平，书中难免有错误和缺点，敬望读者批评指正！

编著者

## 反侵权盗版声明

电子工业出版社依法对本作品享有专有出版权。任何未经权利人书面许可，复制、销售或通过信息网络传播本作品的行为；歪曲、篡改、剽窃本作品的行为，均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人应承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。

为了维护市场秩序，保护权利人的合法权益，我社将依法查处和打击侵权盗版的单位和个人。欢迎社会各界人士积极举报侵权盗版行为，本社将奖励举报有功人员，并保证举报人的信息不被泄露。

举报电话：(010) 88254396；(010) 88258888

传 真：(010) 88254397

E-mail: dbqq@phei.com.cn

通信地址：北京市万寿路 173 信箱

电子工业出版社总编办公室

邮 编：100036

# 目 录

第 1 章 DSP 概述	1
1.1 DSP 简介	1
1.1.1 DSP 的发展	1
1.1.2 DSP 的特点	3
1.1.3 DSP 的技术应用	5
1.2 DSP 系统的构成和设计方法	8
1.2.1 DSP 应用系统的构成	8
1.2.2 DSP 应用系统的设计方法	10
1.3 DSP 应用系统的开发流程和开发工具	12
1.3.1 DSP 应用系统的开发流程	12
1.3.2 DSP 应用系统的开发工具	15
1.3.3 SHX-DSP2812 开发系统简介	17
1.4 TMS320C2000 系列 DSP 简介	19
第 2 章 F2812 结构	21
2.1 F2812 硬件结构	21
2.1.1 概述	23
2.1.2 F2812 引脚功能介绍	24
2.1.3 F2812 功能模块	32
2.1.4 F2812 系统配置	33
2.2 中央处理单元 (CPU)	35
2.2.1 F2812 内核	35
2.2.2 乘法器模块	35
2.2.3 中央算术逻辑模块	36
2.2.4 辅助寄存器算术单元 (ARAU)	37
2.2.5 状态寄存器 (ST0 和 ST1)	38
2.2.6 F2812 的读/写时序	44
2.3 存储器	45
2.3.1 F2812 存储空间	46
2.3.2 片上存储器接口	48
2.3.3 片上 Flash 和 OTP 存储器	50
2.4 时钟及其低功耗模式	52

2.4.1	工作时钟及系统控制	52
2.4.2	低功耗模式	57
2.5	Watchdog (WD) 以及应用	59
2.5.1	F2812 的 WD 概述	59
2.5.2	F2812 的 WD 相关寄存器	61
2.6	CPU 定时器	63
2.6.1	CPU 定时器概述	63
2.6.2	CPU 定时器寄存器	64
<b>第 3 章</b>	<b>中断系统</b>	<b>68</b>
3.1	F2812 的 CPU 中断	68
3.1.1	F2812 中断概述	68
3.1.2	可屏蔽中断	69
3.1.3	非屏蔽中断	77
3.1.4	CPU 中断向量和优先级	79
3.2	外设中断扩展	81
3.2.1	PIE 控制器概述	81
3.2.2	矢量表映射	83
3.2.3	中断源	85
3.2.4	外设中断扩展 (PIE) 寄存器	95
3.3	外部中断控制寄存器	98
3.4	应用实例	102
<b>第 4 章</b>	<b>指令系统</b>	<b>111</b>
4.1	概述	111
4.2	寻址方式	117
4.2.1	寻址方式选择位 (AMODE)	117
4.2.2	4 种基本寻址方式	119
4.3	F2812 汇编指令系统	123
<b>第 5 章</b>	<b>汇编语言程序设计实例</b>	<b>133</b>
5.1	数制转换	133
5.2	通用算术运算	138
5.2.1	乘法运算	138
5.2.2	除法运算	139
5.3	常用处理算法	141
5.3.1	无限长单位脉冲响应数字滤波器 (IIR)	142
5.3.2	有限长单位脉冲响应数字滤波器 (FIR)	148
5.3.3	快速傅里叶变换 (FFT)	155
5.4	指示符列表	176



<b>第 6 章 汇编语言与 C 语言的混合编程</b> .....	180
6.1 概述 .....	180
6.2 混合编程 .....	182
6.2.1 C 语言主程序的编写 .....	189
6.2.2 汇编语言子程序的编写 .....	191
6.2.3 C 语言中的帧指针和堆栈指针 .....	204
6.2.4 现场保护 .....	205
<b>第 7 章 DSP 系统开发实例</b> .....	207
7.1 CCS 集成开发环境 .....	207
7.1.1 主菜单 .....	208
7.1.2 常用工具条 .....	213
7.1.3 常用工具 .....	215
7.2 系统开发实例 .....	218
7.2.1 工程的建立 .....	218
7.2.2 工程的编译及调试 .....	222
7.2.3 工程的调试 .....	226
<b>第 8 章 事件管理器</b> .....	228
8.1 事件管理器的结构 .....	228
8.1.1 事件管理器的构成 .....	229
8.1.2 中断 .....	230
8.2 通用定时器 .....	232
8.2.1 基本结构 .....	232
8.2.2 寄存器 .....	233
8.2.3 使用 .....	240
8.2.4 应用实例 .....	245
8.3 比较单元 .....	247
8.3.1 比较单元寄存器 .....	248
8.3.2 比较单元的使用 .....	254
8.4 脉宽调制电路 .....	255
8.4.1 PWM 概述 .....	255
8.4.2 可编程死区单元 .....	256
8.4.3 PWM 波形的生成 .....	261
8.4.4 空间矢量 PWM .....	263
8.4.5 事件管理器产生 PWM 波的应用 (一) .....	264
8.4.6 事件管理器产生 PWM 波的应用 (二) .....	266
8.5 捕获单元 .....	275
8.5.1 概述 .....	275
8.5.2 寄存器 .....	276

8.5.3	捕获单元的使用	281
8.6	正交编码脉冲电路	282
8.6.1	概述	282
8.6.2	QEP 电路的使用	283
8.6.3	正交编码脉冲电路的寄存器设置	283
<b>第 9 章</b>	<b>引导 ROM 及引导装载器功能</b>	<b>284</b>
9.1	引导 ROM 概述	284
9.1.1	片上引导 ROM 的 IQMath 表	284
9.1.2	引导 ROM 的版本及校验和信息	285
9.2	引导装载器特性	286
9.2.1	引导装载器模式	286
9.2.2	引导装载器数据流结构	288
9.2.3	引导装载器设置	292
9.2.4	引导装载器操作过程	293
9.2.5	初始化引导汇编程序	294
9.2.6	退出引导汇编程序	294
9.2.7	引导函数说明	296
<b>第 10 章</b>	<b>数字输入/输出端口</b>	<b>303</b>
10.1	数字输入/输出端口概述	303
10.2	I/O 口控制寄存器	306
10.2.1	GPIO A 寄存器	306
10.2.2	GPIO B 寄存器	307
10.2.3	GPIO D 寄存器	308
10.2.4	GPIO E 寄存器	310
10.2.5	GPIO F 寄存器	311
10.2.6	GPIO G 寄存器	311
10.3	I/O 口应用实例	312
10.3.1	硬件设计	312
10.3.2	芯片介绍	313
10.3.3	软件设计	314
<b>第 11 章</b>	<b>模/数转换</b>	<b>317</b>
11.1	概述	317
11.2	ADC 的结构与操作	318
11.2.1	寄存器	319
11.2.2	转换序列发生器	329
11.2.3	时钟设置	333
11.2.4	ADC 电气特性	333

11.3	F2812 ADC 的高级功能	335
11.3.1	ADC 输入校准	335
11.3.2	过采样	336
11.4	应用实例	337
11.4.1	硬件设计	337
11.4.2	软件设计	338
<b>第 12 章</b>	<b>SCI 串行通信接口</b>	<b>344</b>
12.1	概述	344
12.1.1	SCI 的结构特征	344
12.1.2	SCI 操作格式	346
12.1.3	串口特征	348
12.2	串行接口的使用	352
12.2.1	SCI 外设寄存器	352
12.2.2	多处理器通信模式	363
12.3	SCI 应用实例	366
12.3.1	硬件设计	366
12.3.2	软件设计	366
<b>第 13 章</b>	<b>SPI 串行外设接口</b>	<b>376</b>
13.1	SPI 模块概述	376
13.2	串行外设接口结构及使用	377
13.2.1	SPI 模块结构	377
13.2.2	SPI 的工作原理	378
13.2.3	SPI 波特率和时钟方式	380
13.2.4	SPI 的使用	382
13.3	SPI 寄存器	385
13.4	SPI 应用实例	397
13.4.1	硬件设计	397
13.4.2	实验步骤	400
13.4.3	软件设计	400
<b>第 14 章</b>	<b>控制器局域网</b>	<b>404</b>
14.1	概述	404
14.2	F2812 CAN 模块的使用	409
14.2.1	F2812 内嵌 CAN 模块概述	409
14.2.2	CAN 帧结构	410
14.2.3	CAN 控制器相关寄存器	411
14.2.4	CAN 模块初始化	431
14.2.5	信息的发送	434

14.2.6	信息的接收	435
14.3	CAN 控制器应用实例	436
14.3.1	硬件设计	436
14.3.2	软件设计	436
第 15 章	工业控制中的应用实例	442
15.1	三相正弦 SPWM 波形发生器	442
15.1.1	实例详述	442
15.1.2	正弦 SPWM 波产生器的程序设计	445
15.2	PWM 电动机控制	448
15.2.1	实例详述	448
15.2.2	PWM 电动机控制 DSP 电路设计	451
15.2.2	PWM 电动机控制的程序设计	452
15.3	音频测试实例	455
15.3.1	实例详述	455
15.3.2	芯片介绍	459
15.3.3	硬件设计	461
15.3.4	软件设计	463

# 第 1 章 DSP 概述

数字信号处理 (Digital Signal Processing, 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。自 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。在过去的几十年里, 数字信号处理已经在通信等很多领域得到极为广泛的应用。

## 1.1 DSP 简介

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。

顾名思义, DSP 主要应用在数字信号处理中, 其目的主要是为了能够满足实时信号处理的要求, 因此需要将数字信号处理中的常用运算执行的尽可能快, 这就决定了 DSP 的特点和关键技术。适合数字信号处理的关键技术主要有: DSP 包含乘法器、累加器、特殊地址产生器、零开销循环等; 提高处理速度的关键技术主要有: 流水线技术、并行处理技术、超常指令 (VLIW)、超标量技术、DMA 等。

从广义上来讲, DSP、微处理器和微控制器 (单片机) 等都属于处理器, 可以说 DSP 是一种 CPU。DSP 和一般的 CPU 又不同, 最大的区别在于: CPU 是冯·诺伊曼结构; 而 DSP 是数据和地址空间分开的哈佛结构。

数字信号处理是以众多学科为理论基础的, 它所涉及的范围非常广。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、控制理论、通信理论、故障诊断等也密切相关。近年来新兴的一些学科, 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。

### 1.1.1 DSP 的发展

下面主要从 DSP 芯片的发展概况、DSP 国内的发展概况以及 DSP 技术的发展概况三个方面来介绍 DSP 的发展。

#### 1. DSP 芯片的发展概况

世界上第一个单片 DSP 芯片是 1978 年 AMI 公司发布的 S2811, 1979 年美国 Intel 公司发布的商用可编程器件 2920 是 DSP 芯片的一个主要里程碑。这两种芯片内部都没有现代 DSP

芯片所必须有的单周期乘法器。1980年,日本 NEC 公司推出的  $\mu$ PD7720 是第一个具有乘法器的商用 DSP 芯片。在此之后最成功的 DSP 芯片当数美国德州仪器公司 (Texas Instruments, TI) 的一系列产品。

TI 公司在 1982 年成功推出其第一代 DSP 芯片 TMS32010 及其系列产品 TMS32011、TMS320C10/C14/C15/C16/C17 等。这类芯片采用微米工艺、NMOS 技术制作,运算速度非常快。在语音合成和编码器中得到广泛的应用。

之后相继推出了第二代 DSP 芯片 TMS32020、TMS320C25/C26/C28,第三代 DSP 芯片 TMS320C30/C31/C32,第四代 DSP 芯片 TMS320C40/C44,第五代 DSP 芯片 TMS320C5x/C54x,第二代 DSP 芯片的改进型 TMS320C2xx,集多片 DSP 芯片于一体的高性能 DSP 芯片 TMS320C8x 以及目前速度最快的第六代 DSP 芯片 TMS320C62x/C67x 等。

TI 将常用的 DSP 芯片归纳为三大系列,即 TMS320C2000 系列(包括 TMS320C2x/C2xx)、TMS320C5000 系列(包括 TMS320C5x/C54x/C55x)和 TMS320C6000 系列(TMS320C62x/C67x)。

如今,世界上 DSP 芯片有 300 多种,生产公司 80 多家。TI 公司的一系列 DSP 产品已经成为当今世界上最具影响力的 DSP 芯片。TI 公司也成为世界上最大的 DSP 芯片供应商,其 DSP 市场份额占全世界份额近 50%。通过几十年的发展,DSP 产品的应用已经扩大到各个领域,并逐渐成为电子产品更新换代的决定因素,目前 DSP 市场的前景十分广阔。

## 2. DSP 国内的发展概况

国内发展 DSP 的厂商并不多,我国 DSP 的产品主要来源于海外。而主要的应用产品是 DVD 与无线电话等,因此国内 DSP 的产值并不高;在产品应用方面,目前主要的 DSP 应用产品有行动电话、调制解调器、HDD 等个人计算机与通信领域应用产品,都是采用国际公司的 DSP 芯片。

对于 DSP 的发展,与国外相比,中国在软件、硬件的水平上有很大的差距,还有很长的一段路程要走。近年来,在国内一些专业 DSP 用户的推动下,中国 DSP 市场增长迅速。在 DSP 应用方面,中国一直保持着与国际上 DSP 技术同步的态势,从 DSP 芯片面世开始,中国就有单位应用、销售 DSP 芯片。随着中国社会数字化、信息化的进展和中国经济的持续稳定增长,刺激了电子信息产业和市场的快速发展,推动了 DSP 的广泛应用。DSP 技术已日渐应用到我们生活中的每一个角落,从军用到民用,从航空航天到生产生活,DSP 的应用越来越普及。

在未来的发展上,国内的业者如欲进入 DSP 领域,在目前这个垄断市场情况相当明显的形式下,应避免与国际公司在其擅长的领域正面交锋,若能另辟市场,选择有利于自己的产品进行发展,例如消费性电子产品市场,前景非常广阔,目前国内已有相当不错成绩的 DVD 产品即为一成功的例子。

## 3. DSP 技术的发展概况

DSP 技术的发展根据其内涵主要分为两个领域:即数字信号处理的理论和方法的发展;DSP 处理器性能的提高。

### (1) 数字信号处理的理论和方法的发展

数字信号处理是以众多学科为理论基础的,所涉及的范围比较广。在数学领域,概论统计、随机过程、数值分析等都是数字信号处理的基本工具,数字信号处理与网络理论、信号

与系统、控制理论、通信理论等也都有着很重要的联系。在近些年的新兴学科里，例如人工智能、神经网络、模式识别等都与数字信号处理密不可分。

在算法的研究方面，数字信号处理主要研究如何以最小的运算量和存储器使用量来完成特定的任务。对于数字信号处理来说，其最核心的部分就是算法的实现。即采用软件、硬件或者软件与硬件结合的方法来实现各种算法。目前各种快速算法的实现已经成为研究的热点之一。

### (2) DSP 处理器性能的提高

为了满足广大消费者和市场的需求，随着微电子科学技术的进步，DSP 处理器的性能也正在迅速的提高，目前的时钟频率已经达到 1.1GHz，处理速度已经达到 90 亿次/秒，32 位浮点运算，数据吞吐量已经达到 2Gbit/s。而且在性能提高的同时，体积、成本和功耗大幅度的下降。

DSP 的发展在如上的两方面是相互促进的，理论和算法的研究推动着应用，而应用的需求又促进了理论的发展。

## 1.1.2 DSP 的特点

本节主要从硬件、软件及系统三个方面来分别介绍 DSP 的特点。

### 1. 硬件特点

#### (1) 改进的哈佛 (Modified Harvard) 架构 (见图 1-1)

具有两条内部总线：数据总线、程序总线。程序与数据存储空间分开，各有独立的地址总线和数据总线，取指和读数可以同时进行，目前已达到 90 亿次浮点运算/秒(9000MFLOPS)。

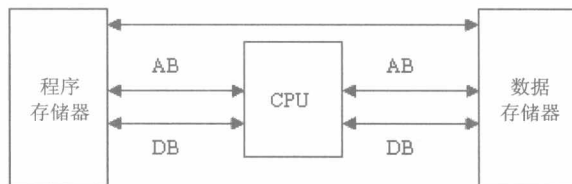


图 1-1 改进的哈佛结构

#### (2) 采用流水线技术

计算机对于每一条指令的执行划分为取指令、译码、取数、执行运算等步骤，需要若干指令周期、由片内多个功能单元分别完成。流水线技术是将各个步骤重叠起来执行(见图 1-2)，相当于多条指令并行执行，从而大大提高了运算速度。



图 1-2 流水线技术示意图

### (3) 独立的硬件乘法器

乘法指令在单周期内完成数字滤波、优化卷积、FFT、相关、矩阵运算等算法中的大量重复乘法。

### (4) 循环寻址 (Circular addressing), 位倒序 (bit-reversed) 等特殊指令

循环寻址 (Circular addressing), 位倒序 (bit-reversed) 等特殊指令使 FFT、卷积等运算中的寻址、排序及计算速度大大提高。1024 点 FFT 的时间已小于 1 $\mu$ s。

### (5) 独立的 DMA 总线和控制器

有一组或多组独立的 DMA 总线, 与 CPU 的程序、数据总线并行工作, 在不影响 CPU 工作的条件下, TI 公司 C6000 系列的某些 DSP, 其 DMA 速度已达 800Mbyte/s 以上。

### (6) 多处理器接口

多个处理器的使用, 可以很方便的并行或串行工作以提高处理速度。

### (7) JTAG 标准测试接口 (IEEE 1149 标准接口)

便于对 DSP 片上系统的在线调试, 支持多个 DSP 同时进行调试。

### (8) 低功耗

采用低功耗技术的 DSP 芯片功耗仅有 0.1W, 可以用电池供电。一般芯片的功耗大约为 0.5~4W。

### (9) 运算精度高

以前的 DSP 字长位 8 位, 后来逐步提高到 16 位、24 位、32 位。有的为了防止计算过程中的溢出更高至 40 位。

## 2. 软件特点

### (1) 立即寻址

操作数为立即数, 可直接从指令中获取。例: MOV A, @0x16; 将常数 0x16 送给寄存器 A。

### (2) 直接寻址

比如, TI 公司的 TMS320 系列芯片将数据存储器分为 512 页, 每页 128 字。设置一个数据页指针 DP (Data Pointer), 用 9bit 指向一个数据页, 再加上一个 7bit 的页内偏移地址, 形成 16bit 的数据地址。这样有利于加快寻址速度。

### (3) 间接寻址

① 8 个辅助寄存器, 由一个辅助寄存器指针指定一个辅助寄存器算术单元作 16bit 无符号数运算, 决定一个新的地址, 装入辅助寄存器中的一个。

② 8 个辅助寄存器的内容相当灵活, 可以装入、加上或减去立即数; 可以从数据存储器装入地址; 还可以作一些变址寻址。

③ 由于采用反向进位, 得以实现位倒序寻址。

### (4) 独特的乘法指令

例如: 乘加汇编指令

MAC X0, Y0, AX: (R0) +, X0Y: (R4) +N4, Y0 这条指令的意思是: 将寄存器 X0 和 Y0 中的数相乘, 结果加至累加寄存器 A 中; 将指针 R0 所指向的 X 存储器地址中的值装入寄存器 X0, 指针 R0 的值加 1, 即指针指向下一个数据; 将寄存器 R4 所指向的 Y 存储器地址中的值装入寄存器 Y0, 指针 R4 的值加 N4, 即指针位置从当前位置移动 R4 个指针类型长度。



### 3. 系统特点

基于 DSP 芯片的数字信号处理系统与传统的模拟信号处理系统相比具有以下几个优点:

(1) 精度高, 稳定性好, 抗干扰能力强

精度仅受到量化误差和有限字长的影响, 处理过程不引入其他噪声, 因此具有较高的信噪比。另外, 模拟系统的性能受到元器件参数性能的影响比较大, 而数字系统基本不变, 因此数字系统更便于测试、调试及批量生产。

(2) 编程方便, 容易实现复杂的算法 (含有自适应算法)

DSP 系统中, DSP 芯片提供了一个高速计算平台, 系统功能依赖于软件编程实现。当其与现代信号处理理论和计算数学相结合时, 可以实现复杂的数字信号处理能力。

(3) 接口简单、方便

由于数字信号的电气特性简单, 不同的 DSP 系统相互连接时, 在硬件接口上容易实现。在数据流接口上, 各系统间只要遵循特定的标准协议即可。

(4) 集成方便

现代 DSP 芯片都是将 DSP 芯核及其外围电路综合集成在单一的芯片上。这种结构便于设计便携式高集成度的数字产品。

(5) 可编程

当系统的性能和功能发生改变时, 不需要重新设计、装载和调试。如实现低通、高通、带通等不同的数字滤波; 虚拟仪器中的滤波器、频谱仪; 软件无线电中不同工作模式下的通信等。

另外, 现代 DSP 芯片作为可编程超大集成电路 (VLSI) 器件, 通过可下载的软件和固件来实现数字信号处理功能。DSP 芯片除具备普通微处理器的运算和控制功能外, 还针对高数据传输速率、数值运算密集的实时数字信号处理, 在处理器结构、指令系统和指令流程设计上进行了很大的改进。

当然, 数字信号处理也存在一定的缺点。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 技术更新的速度非常快, 数学知识要求多, 开发和调试工具还不尽完善。

虽然 DSP 系统存在着一些缺点, 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、仪器仪表等许多领域得到越来越广泛的应用。

### 1.1.3 DSP 的技术应用

DSP 最早是指一种信号处理技术, 直到 20 世纪 80 年代初第一个商用数字处理器问世, DSP 才逐步成为一种全新高速处理器的名称。最初 DSP 的应用在于专业数据通信和语音处理, 各种专用调制解调器、声码器、数据加密机等。其后 DSP 应用扩展到广泛的民用产品, 诸如硬盘驱动器、通用调制解调器、数字答录机、无线通信终端。20 世纪 90 年代中期, DSP 在数字 GSM 手机和无线基站应用中都获得了巨大的成功。与此同时, DSP 开始全面拓展到新兴应用, 并在宽带通信、数字控制、数字音频、数字视频等众多市场上捷报频传。

作为一种重要的处理器, DSP 已经处于数字信息产品核心引擎的地位, 面对中外如此巨大的市场空间, 更好的 DSP 应用有待我们去努力挖掘。