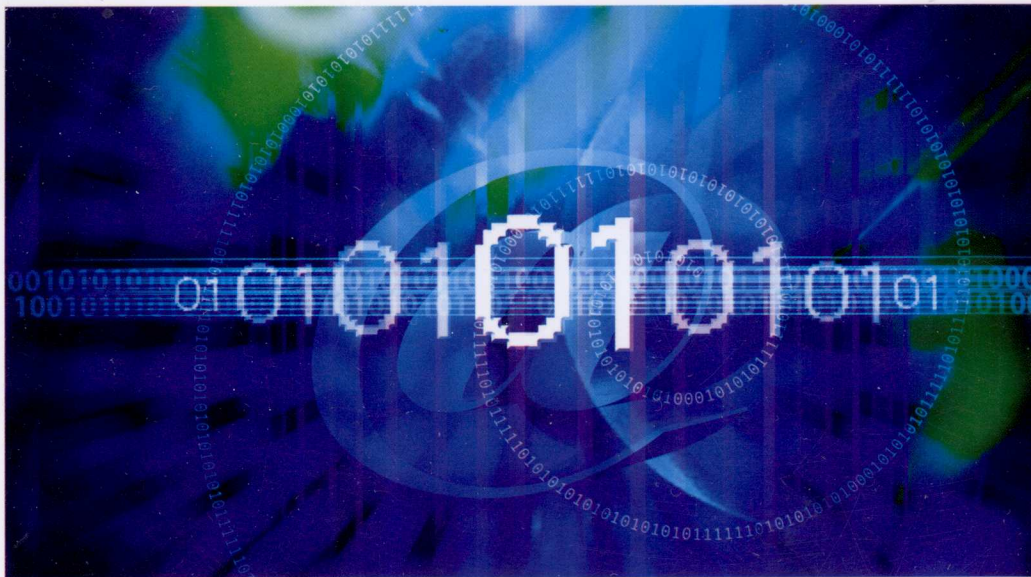


赵成 主编

# DSP 原理 及应用技术

——基于TMS320F2812  
的仿真与实例设计



国防工业出版社

National Defense Industry Press

# DSP 原理及应用技术

## ——基于 TMS320F2812 的仿真与实例设计

赵 成 主编

国防工业出版社

·北京·

## 内 容 简 介

本书介绍了 TMS320F2812 DSP 微处理器的硬件结构、程序设计方法、片内外设的仿真与应用、经典数字信号处理算法的实现以及数字语音信号处理系统的实例设计。全书内容包括 TMS320F2812 DSP 微处理器的硬件结构、程序框架与设计方法、系统控制模块的应用设计、GPIO 接口的仿真与应用设计、PIE 模块的仿真与应用设计、CPU 定时器的仿真与实例设计、SPI 接口的原理与实例设计、McBSP 接口的原理与应用设计、EV 定时器的原理与应用设计、AD 转换器的原理与应用设计、FFT 及数字滤波器的设计、实时数字语音信号处理系统的设计。

本书可作为电子信息、自动化、通信工程、机电一体化、计算机等专业高年级本科生及研究生的教材,也可供从事 DSP 应用系统开发的工程技术人员参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

DSP 原理及应用技术:基于 TMS320F2812 的仿真与实例设计/赵成主编. —北京:国防工业出版社,2012. 1

ISBN 978-7-118-07963-0

I. ①D... II. ①赵... III. ①数字信号处理 - 信息处理系统 IV. ①TN911. 72

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 005661 号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

腾飞印务有限公司印刷

新华书店经售

\*

开本 787 × 1092 1/16 印张 19 $\frac{3}{4}$  字数 440 千字

2012 年 1 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 40.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)88540777

发行邮购:(010)88540776

发行传真:(010)88540755

发行业务:(010)88540717

# 前 言

目前,DSP 微处理器作为一类具有突出数字信号处理及控制能力的高性能微处理器,其应用正在迅速普及。作为学习 DSP 微处理器的入门基础,书中选择 TI 公司的 C2000 系列 DSP 微处理器中的 TMS320F2812 来讲解,TMS320F2812 在电力控制、航空仪器仪表、数字语音信号处理等领域都有广泛的应用。

据了解,众多准备从事或者已经从事 DSP 应用系统设计与开发的工程技术人员,都反映学习 DSP 时感觉入门困难,与其他微控制器或微处理器的开发方法有很大的不同,进一步讲,在掌握了 DSP 在控制方面的开发以后不知道如何将其应用在数字信号处理领域。为了使广大读者能够简单快速地掌握 DSP 的设计与开发,本书以“面向基础、配合图例、注重引导、应用全面”为原则,通过一系列完整的设计与开发过程,包括应用程序设计、软件模拟仿真、经典数字信号处理算法的实现及具体的应用系统实例设计等,使读者能够边学习边练习,将理论与实践相结合。

其中,特别要指出的是,为了便于课堂讲授及练习,本书给出了对片内功能模块的软件模拟仿真方法,使读者在没有评估板与仿真调试器等硬件设备的情况下也能够学习 DSP 的应用开发设计。

作者结合 TMS320F2812 DSP 微处理器相关工程项目的开发经验、教学实例及课程设计实例编写此书,书中主要描述了 TMS320F2812 的硬件体系结构、给出了基于 TI 公司 SPRC097 软件包的程序设计框架、介绍了应用 CSSI 的接口驱动程序的仿真方法、实现了部分经典的数字信号处理算法、提供了片内各功能模块的设计实例。书中讲解的所有程序及实例都在 Code Composer Studio 2('C2000)集成开发环境及 F2812 评估板上作为实践项目得到了实际应用,书中大量的图例可以为用户的学习与开发提供导引及技术参考。如果读者需要相关的硬件及相关的技术咨询可以发送邮件到 [ziapc@yahoo.cn](mailto:ziapc@yahoo.cn)。

全书共 12 章。第 1 章介绍 DSP 微处理器的基础知识;第 2 章介绍 TMS320F2812 的硬件结构;第 3 章介绍 TMS320F2812 的驱动程序设计;第 4 章介绍系统控制模块的设置;第 5 章介绍通用输入/输出接口的应用;第 6 章介绍外设中断扩展模块的应用;第 7 章介绍定时器及其应用;第 8 章介绍串行外设接口(SPI);第 9 章介绍多通道缓冲串行口;第 10 章介绍 EV 定时器与 AD 转换器;第 11 章介绍 FFT 及数字滤波器的设计;第 12 章介绍实时数字语音信号处理系统的设计实例,综合阐述 DSP 应用系统的开发过程。本书每章均配有习题,便于读者掌握和巩固知识,书后附有附录供读者查阅。使用本教材的参考学时为 40 ~ 50 学时。

本书由赵成主编。第1、7章由华红艳编写;第2、9章由马鹏阁编写;第3、6、11、12章由赵成编写;第4、10章由梁明亮编写;第5、8章由张臻编写。全书由赵成统稿。

在本书的撰写过程中,参考了大量的文献资料,在此谨向其作者表示衷心的感谢。

限于编者水平,书中难免存在错误和不当之处,恳请读者批评指正。

编者  
2011年10月

# 目 录

<b>第 1 章 绪论</b> .....	1
1.1 DSP 的概念 .....	1
1.1.1 DSP 的概念 .....	1
1.1.2 数字信号处理系统 .....	1
1.2 DSP 微处理器 .....	2
1.2.1 DSP 微处理器的特点 .....	2
1.2.2 DSP 微处理器的优缺点 .....	2
1.2.3 DSP 微处理器的分类及选型 .....	3
1.2.4 DSP 微处理器的应用及发展 .....	4
1.3 TMS320F2812 DSP 微处理器 .....	6
1.3.1 TMS320F2812 微处理器命名的含义 .....	6
1.3.2 TMS320F2812 微处理器的主要性能 .....	6
1.3.3 TMS320F2812 的外部引脚信号 .....	7
1.4 本教程的主要内容及实践要点 .....	17
本章小结 .....	18
习题 .....	18
<b>第 2 章 TMS320F2812 的硬件结构</b> .....	19
2.1 TMS320F2812 内部的功能结构 .....	19
2.1.1 TMS320F2812 内部的功能结构.....	19
2.1.2 片内外设.....	20
2.2 TMS320F2812 中央处理器的结构 .....	21
2.2.1 中央处理器(CPU).....	21
2.2.2 CPU 寄存器.....	24
2.3 存储器.....	28
2.3.1 存储器简介.....	28
2.3.2 片上程序/数据存储器映像 .....	28
2.3.3 外设帧 PF .....	31
2.3.4 32 位数据访问的地址分配 .....	31
2.3.5 外部扩展接口.....	31
本章小结 .....	31
习题 .....	32
<b>第 3 章 TMS320F2812 驱动程序设计</b> .....	33
3.1 TMS320F2812 处理器驱动程序开发简介 .....	33

3.1.1	TMS320F2812 处理器驱动程序开发	33
3.1.2	TMS320F2812 处理器驱动软件包	34
3.2	驱动程序的开发方法	37
3.2.1	位字段定义及头文件	38
3.2.2	片内功能模块的程序设计	38
3.2.3	驱动程序应用的框架结构	39
3.3	CCS 集成开发环境的应用	39
3.3.1	CCS 集成开发环境简介	39
3.3.2	CCS 集成开发环境的安装	41
3.3.3	CCS 集成开发环境的设置	46
3.3.4	CCS 的启动与退出	50
3.4	一个简单驱动程序的开发	51
3.4.1	创建工程文件	51
3.4.2	向工程添加文件	52
3.4.3	查看源代码	53
3.4.4	编译和运行程序	55
3.4.5	修改程序选项和纠正语法错误	55
3.4.6	使用观察窗口观察 structure 变量	56
3.4.7	为 I/O 文件增加探针(测试点)	57
3.4.8	显示图形	58
3.4.9	执行程序 and 绘制图形	59
	本章小结	60
	习题	60
<b>第 4 章</b>	<b>系统控制模块的设置</b>	<b>62</b>
4.1	时钟及复位信号	62
4.1.1	时钟信号的类型	62
4.1.2	复位信号	63
4.2	晶体振荡器及锁相环	64
4.2.1	晶体振荡器	64
4.2.2	锁相环 PLL	64
4.3	看门狗定时器	65
4.3.1	看门狗的概念	65
4.3.2	看门狗时钟	65
4.3.3	看门狗的使能与信号输出	66
4.4	系统控制模块的设置	67
4.4.1	寄存器的位字段描述及头文件	67
4.4.2	驱动程序源代码设计	71
4.4.3	看门狗应用程序设计	73
	本章小结	74
	习题	75

7.4.2	ISD2560 语音录放的硬件电路设计 .....	140
7.4.3	ISD2560 语音定时播报系统应用程序设计 .....	142
	本章小结 .....	144
	习题 .....	145
<b>第 8 章</b>	<b>串行外设接口(SPI)</b> .....	<b>146</b>
8.1	串行外设接口概述 .....	146
8.1.1	串行外设接口(SPI)通信原理 .....	146
8.1.2	TMS320F2812 的 SPI 接口特点 .....	147
8.1.3	SPI 接口的寄存器资源 .....	148
8.2	SPI 的功能结构与主从通信 .....	152
8.2.1	SPI 的功能结构 .....	152
8.2.2	SPI 的主从通信 .....	153
8.3	基于 SPI 接口的乐音发生器设计 .....	155
8.3.1	乐音发生器原理 .....	155
8.3.2	AD7303 芯片简介 .....	155
8.3.3	AD7303 正弦信号发生器硬件电路设计 .....	157
8.3.4	SPI 接口的乐音发生器应用程序设计 .....	158
	本章小结 .....	172
	习题 .....	173
<b>第 9 章</b>	<b>多通道缓冲串行口</b> .....	<b>174</b>
9.1	McBSP 模块介绍 .....	174
9.1.1	McBSP 的主要特点 .....	174
9.1.2	McBSP 的信号通道与外部引脚 .....	175
9.1.3	McBSP 的数据传输 .....	176
9.1.4	McBSP 的中断及 FIFO 事件 .....	177
9.2	McBSP 的寄存器 .....	177
9.2.1	McBSP 的寄存器资源 .....	177
9.2.2	McBSP 寄存器的位描述 .....	179
9.3	McBSP 的回环自测试应用 .....	189
	本章小结 .....	194
	习题 .....	194
<b>第 10 章</b>	<b>EV 定时器与 AD 转换器</b> .....	<b>195</b>
10.1	EV 定时器 .....	195
10.1.1	EV 简介 .....	195
10.1.2	EV 定时器的功能 .....	196
10.1.3	通用目的(GP)定时器的工作模式 .....	201
10.1.4	事件管理器的中断 .....	210
10.1.5	GP 定时器相关寄存器及定时设置 .....	212
10.1.6	GP 定时器应用示例 .....	218
10.2	AD 转换器 .....	221



7.4.2	ISD2560 语音录放的硬件电路设计 .....	140
7.4.3	ISD2560 语音定时播报系统应用程序设计 .....	142
	本章小结 .....	144
	习题 .....	145
<b>第 8 章</b>	<b>串行外设接口(SPI)</b> .....	<b>146</b>
8.1	串行外设接口概述 .....	146
8.1.1	串行外设接口(SPI)通信原理 .....	146
8.1.2	TMS320F2812 的 SPI 接口特点 .....	147
8.1.3	SPI 接口的寄存器资源 .....	148
8.2	SPI 的功能结构与主从通信 .....	152
8.2.1	SPI 的功能结构 .....	152
8.2.2	SPI 的主从通信 .....	153
8.3	基于 SPI 接口的乐音发生器设计 .....	155
8.3.1	乐音发生器原理 .....	155
8.3.2	AD7303 芯片简介 .....	155
8.3.3	AD7303 正弦信号发生器硬件电路设计 .....	157
8.3.4	SPI 接口的乐音发生器应用程序设计 .....	158
	本章小结 .....	172
	习题 .....	173
<b>第 9 章</b>	<b>多通道缓冲串行口</b> .....	<b>174</b>
9.1	McBSP 模块介绍 .....	174
9.1.1	McBSP 的主要特点 .....	174
9.1.2	McBSP 的信号通道与外部引脚 .....	175
9.1.3	McBSP 的数据传输 .....	176
9.1.4	McBSP 的中断及 FIFO 事件 .....	177
9.2	McBSP 的寄存器 .....	177
9.2.1	McBSP 的寄存器资源 .....	177
9.2.2	McBSP 寄存器的位描述 .....	179
9.3	McBSP 的回环自测试应用 .....	189
	本章小结 .....	194
	习题 .....	194
<b>第 10 章</b>	<b>EV 定时器与 AD 转换器</b> .....	<b>195</b>
10.1	EV 定时器 .....	195
10.1.1	EV 简介 .....	195
10.1.2	EV 定时器的功能 .....	196
10.1.3	通用目的(GP)定时器的工作模式 .....	201
10.1.4	事件管理器的中断 .....	210
10.1.5	GP 定时器相关寄存器及定时设置 .....	212
10.1.6	GP 定时器应用示例 .....	218
10.2	AD 转换器 .....	221

10.2.1	AD 转换器的特点 .....	221
10.2.2	AD 转换器的时钟 .....	223
10.2.3	AD 转换器的工作模式 .....	224
10.2.4	AD 转换器的配置 .....	225
10.2.5	AD 转换器的应用示例 .....	227
本章小结	.....	229
习题	.....	229
<b>第 11 章</b>	<b>FFT 及数字滤波器的设计 .....</b>	<b>230</b>
11.1	快速傅里叶变换(FFT) .....	230
11.1.1	快速傅里叶变换(FFT)的原理 .....	230
11.1.2	按时间抽选的 FFT 算法的特点 .....	232
11.1.3	FFT 程序的伪语言描述 .....	235
11.1.4	DSP 实现的 FFT 程序 .....	237
11.2	有限长单位冲激响应(FIR)数字滤波器 .....	242
11.2.1	FIR 数字滤波器的原理 .....	242
11.2.2	FIR 数字滤波器的窗函数设计法 .....	243
11.2.3	DSP 实现的 FIR 数字滤波器 .....	246
11.3	无限长单位冲激响应(IIR)数字滤波器 .....	255
11.3.1	IIR 数字滤波器的原理 .....	255
11.3.2	IIR 数字滤波器的设计 .....	258
11.3.3	DSP 实现的 IIR 数字滤波器 .....	261
本章小结	.....	266
习题	.....	266
<b>第 12 章</b>	<b>实时数字语音信号处理系统设计 .....</b>	<b>268</b>
12.1	TLV320AIC23 立体声音频编解码器 .....	268
12.1.1	TLV320AIC23 芯片简介 .....	268
12.1.2	TLV320AIC23 芯片的功能框图 .....	269
12.1.3	TLV320AIC23 的映射寄存器 .....	271
12.2	TLV320AIC23 语音系统方案设计 .....	274
12.2.1	TLV320AIC23 语音系统的设计目标 .....	274
12.2.2	TLV320AIC23 语音系统的主要性能 .....	276
12.3	TLV320AIC23 语音系统的硬件设计 .....	276
12.3.1	TLV320AIC23 语音系统的硬件结构框图 .....	276
12.3.2	TLV320AIC23 芯片的外围配置电路 .....	276
12.3.3	立体声音频线路输入接口 .....	279
12.3.4	话筒输入接口 .....	279
12.3.5	立体声音频线路输出接口 .....	280
12.3.6	耳机输出接口 .....	280
12.3.7	与 TMS320F2812 DSP 微处理器的接口 .....	280
12.4	TLV320AIC23 语音系统的软件设计 .....	281

12.4.1	TLV320AIC23 语音系统的软件结构框图	281
12.4.2	TLV320AIC23 芯片的初始化设置	282
12.4.3	TMS320F2812 的 SPI 接口初始化	287
12.4.4	TMS320F2812 的 McBSP 接口初始化	287
12.4.5	巴特沃斯低通滤波器设计	288
12.5	TLV320AIC23 语音系统在 CCS 环境下的实现	291
12.5.1	TLV320AIC23 语音系统的软件功能概述	291
12.5.2	CCS 环境下的工程配置	292
12.5.3	调试及运行结果	292
12.5.4	TLV320AIC23 语音系统应用程序源代码	293
	本章小结	299
	习题	299
<b>附录 A</b>	<b>DSP 最小系统微处理器模块原理图</b>	<b>301</b>
<b>附录 B</b>	<b>DSP 最小系统电源模块原理图</b>	<b>303</b>
<b>附录 C</b>	<b>CMD 文件</b>	<b>304</b>
	参考文献	306

# 第1章 绪论

数字信号处理是电路系统从模拟时代向数字时代前进的理论基础,为数字信号处理的应用而专门设计的可编程处理器,即数字信号处理器(DSP, Digital signal processor)也应运而生。数字信号处理器是体现现代微电子技术、数字信号处理和计算机集成芯片制造技术三个学科发展成果的高性能微处理器,在短时间内获得广泛应用。DSP 不仅快速实现了各种数字信号处理算法,而且扩展了数字信号处理的应用范围。DSP 在电子信息、通信、软件无线电、自动控制、仪器仪表、信息家电等科技领域获得了良好的应用效果。

本章从广泛的意义上介绍 DSP 的特点、发展历程、发展方向、DSP 的分类和选择方法。DSP 的品种很多,用途和性能也有很大差异,后续章节中只能通过具体的一种芯片对其从软件、硬件和开发应用方面进行详细地分析,本章内容涵盖的是全面了解 DSP 的性能、特点、应用领域及合理地选择 DSP 的基础知识。

## 1.1 DSP 的概念

### 1.1.1 DSP 的概念

数字信号处理(DSP)涉及的是数字形式信号的表示、信号及其所携带信息的处理。DSP 兴起于 20 世纪 60 年代,主要是提出和研究一些重要的数值算法,并不断地开发出相应的软、硬件处理技术。20 世纪 70 年代出现了世界上第一块 DSP 芯片,数字信号处理领域的内容更加丰富,算法理论的研究与应用技术的开发两方面相互促进,都得到了长足的发展。随着微电子技术的进步,DSP 微处理器不仅速度飞速提高,其精密性和计算能力也在不断增强,数字信号处理已成为许多商用产品和应用中不可或缺的一部分,并正逐渐成为一个常用术语。

因此,DSP 既是指数字信号处理(Digital Signal Processing)的理论与算法,又是指数字信号处理器(Digital Signal Processor)。

本教程中 DSP 是指后者,主要阐述数字信号处理器(Digital Signal Processor,简称 DSP)的相关内容,比如了解 DSP 芯片的基础知识,开发片内外设的驱动,能够使用 DSP 微处理器实现常用的数值计算及信号处理算法等。

### 1.1.2 数字信号处理系统

DSP 微处理器具有适合于信号处理应用的特殊结构和指令集,能提供高性能的数学运算能力,并且编程方便,软件和硬件开发所需成本较低,因此,现在的数字信号处理系统主要是以 DSP 微处理器为核心进行设计与实现。

数字信号处理系统的基本组成原理如图 1-1 所示。最基本的应用系统通常有一个模数转换器(ADC),用来采集模拟信号。当模拟信号转换成数字信号后,信号再经过 DSP 微处理器,DSP 微处理器以数值计算的方式对数字信号进行变换、滤波、分析及综合等处理,最后进入

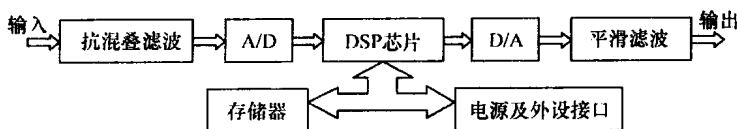


图 1-1 数字信号处理系统的基本组成原理

数模转换器(DAC),变成模拟信号进行输出。最基本的应用系统通常还含有一个输入抗混叠滤波器和一个输出滤波器,它们分别用来滤除不需要的带外信号或平滑、重构处理过的输出模拟信号。

DSP 微处理器主要应用于实时信号处理,实时信号处理意味着处理过程必须与外部事件保持同步,并且由于数字信号处理算法本身的特点,运行过程中的数据量可能会比较大,因此,系统中还会扩展存储器空间。外设接口提供人机交互的界面与数据通道。

## 1.2 DSP 微处理器

### 1.2.1 DSP 微处理器的特点

DSP 微处理器是为了满足数字信号处理而制造的一类微处理器,具有特殊的芯片架构与指令集,一般具有以下几个特点:

(1) 单周期指令。DSP 微处理器指令执行快,数据运算能力强,在单指令周期内就可以完成乘加运算。

(2) 哈佛结构,程序空间和数据空间分开,可同时取指令和操作数。为了进一步提高运行速率与灵活性,TMS320 系列 DSP 微处理器对基本的哈佛结构进行了改进,允许数据存放在程序存储器中,并可以被算术指令直接使用。

(3) 流水线结构。DSP 微处理器广泛采用流水线以减少指令执行时间,提高处理器的处理能力。TMS320 系列处理器的流水线深度从 2 级~8 级不等,处理器可以并行处理 2 条~8 条指令。

(4) 专用的硬件乘法器。改进哈佛结构允许在一个周期内同时读取一条指令和两个操作数,因此可以在单个周期内取两个操作数到乘法器中进行乘法运算,并将结果乘积加到累加器中。

(5) 处理器指令集具有满足数字信号算法的高效指令。如 TMS320F2812 中的 XMACD 指令,它在一个指令周期内完成乘法、累加和数据移动 3 项功能。

(6) 硬件配置强,具有多通道高速缓冲串口 McBSP、串行通信接口 SCI、串行外设接口 SPI、eCAN 总线控制器、锁相环 PLL 时钟发生器、以及实现在线仿真的调试口。

这些特点使得 DSP 微处理器可以实现快速的 DSP 运算,并使大部分运算(如乘法运算)能够在一个指令周期内完成。由于 DSP 微处理器是软件可编程器件,因此具有通用微处理器具有的方便灵活的特点。

### 1.2.2 DSP 微处理器的优缺点

#### 1. DSP 微处理器的优点

(1) 易于大规模集成。DSP 系统中的部件大部分都已经有了数字电路的实现形式,并且

随着微电子技术的发展,芯片单位面积上实现的功能越来越多,因此,将大规模的 DSP 系统完全“封装”在芯片内部已经是可行并且易行的技术手段。

(2) 稳定性好。由电阻等分立电子元件组成的模拟系统对温度变化特别敏感,但 DSP 系统受外界环境(如温度等)的影响却很小,比较稳定,可靠性高。

(3) 可重复性好。如果系统处理的目标发生变化,已有的模拟系统可能不再适用或者要经过大量软件、硬件的修改调整才能适应应用需求,而数字系统能在原有的软件、硬件平台下,仅仅依靠修改 DSP 微处理器的几个运行参数就能适应目标处理需求。

(4) 精确性高。16 位数字系统就可以达到  $10^{-5}$  的精确等级,而目前推出的 DSP 微处理器大多是 32 位或更高的,因此可以获得精确性很高的处理结果。

(5) 编程方便。DSP 微处理器都有配套的软件、硬件开发调试工具,并且现在很多 DSP 微处理器厂商都在提供处理器软件开发包,设计人员在开发过程中可以越来越灵活方便地对软件进行修改与升级。

(6) 接口方便。DSP 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,用这样的系统接口实现某种功能要比模拟系统与这些系统接口容易。

## 2. DSP 微处理器的缺点

(1) 成本较高。对于简单的信号处理任务,若采用 DSP 微处理器会使成本增加。

(2) 高频时钟的高频干扰。随着处理速率的提高,DSP 系统中的高速时钟也可能带来高频干扰和电磁泄漏等问题。

(3) 功率消耗较大。高速的运行时钟及内置的众多功能单元使得功耗相对比较大。

## 1.2.3 DSP 微处理器的分类及选型

### 1. DSP 微处理器的分类

DSP 微处理器可以按照下列三种方式进行分类。

#### 1) 按基础特性分

这是根据 DSP 微处理器的工作时钟和指令类型来分类的。如果在某时钟频率范围内的任何时钟频率上,DSP 微处理器都能正常工作,除计算速度有变化外,性能没有下降,这类 DSP 微处理器一般称为静态 DSP 芯片。例如,日本 OKI 电气公司的 DSP 微处理器、TI 公司的 TMS320C2XX 系列芯片属于这一类。如果有两种或两种以上的 DSP 微处理器,它们的指令集、相应的机器代码及管脚结构相互兼容,则这类 DSP 微处理器称为一致性 DSP 微处理器。例如,美国 TI 公司的 TMS320C54X 就属于这一类。

#### 2) 按数据格式分

这是根据 DSP 微处理器工作的数据格式来分类的。数据以定点格式工作的 DSP 微处理器称为定点 DSP 微处理器,如 TI 公司的 TMS320C1X/C2X、TMS320C2XX/C5X、TMS320C54X/C62XX 系列,AD 公司的 ADSP21XX 系列,AT&T 公司的 DSP16/16A, Motorola 公司的 MC56000 等。以浮点格式工作的称为浮点 DSP 微处理器,如 TI 公司的 TMS320C3X/C4X/C8X,AD 公司的 ADSP21XXX 系列,AT&T 公司的 DSP32/32C, Motorola 公司的 MC96002 等。

不同的浮点 DSP 微处理器所采用的浮点格式不完全一样,有的 DSP 微处理器采用自定义的浮点格式,如 TMS320C3X,而有的 DSP 微处理器则采用 IEEE 的标准浮点格式,如 Motorola 公司的 MC96002、FUJITSU 公司的 MB86232 和 ZORAN 公司的 ZR35325 等。

### 3) 按用途分

按照 DSP 的用途来分,可分为通用型 DSP 微处理器和专用型 DSP 微处理器。通用型 DSP 微处理器适合普通的 DSP 应用,如 TI 公司的一系列 DSP 微处理器属于通用型 DSP 微处理器。专用 DSP 微处理器是为特定的 DSP 运算而设计的,更适合特殊的运算,如数字滤波、卷积和 FFT,如 Motorola 公司的 DSP56200,Zoran 公司的 ZR34881,Inmos 公司的 IMSA100 等就属于专用型 DSP 微处理器。

## 2. DSP 微处理器的选型

DSP 微处理器是数字信号处理系统的核心,在方案设计可实现性、软件硬件开发简易性、升级维护便捷性等各方面都是关键环节,起到非常重要的作用。总的来说,要充分考虑到 DSP 微处理器能良好地支持实际应用系统的运行。因此,在设计阶段要进行 DSP 微处理器的选型。

从设计要求的角度分析,DSP 微处理器的选型应分为两类来考虑:

第一类,应用领域为廉价的、大规模嵌入式应用系统,如手机、磁盘驱动(DSP 用做伺服电机控制)以及便携式数字音频播放器等。在这些应用中价格和集成度是最重要的考虑因素。对于便携式电池供电的设备,功耗也是一个关键的因素。尽管这些应用常常需要开发运行于 DSP 的客户应用软件和外围支持硬件,但易于开发的要求仍然是次要的因素,因为批量生产可以分摊开发成本,从而降低单位产品的开发成本。

另外一类是需要用复杂算法对大量数据进行处理的应用,例如声呐探测和地震探测等,也需要用 DSP 器件。该类设备的批量一般较小、算法要求苛刻、产品很大而且很复杂。所以设计工程师在选择处理器时会尽量选择性能最佳、易于开发并支持多处理器的 DSP 器件。有时,设计工程师更喜欢选用现成的开发板来开发系统而不是从零开始硬件和软件设计,同时可以采用现成的功能库文件开发应用软件。

在实际设计时还是应该根据具体的应用选择合适的 DSP。不同的 DSP 有不同的特点,适用于不同的应用,在选择时可以遵循以下要点:

- (1) 算法格式;
- (2) 数据宽度;
- (3) DSP 的速度;
- (4) 存储器管理;
- (5) 开发的简便性;
- (6) 支持多处理器;
- (7) 电源管理和功耗;
- (8) 成本因素。

除了上述因素外,还应该考虑 DSP 微处理器的封装形式,质量标准要求的是工业级还是军用级,如果需要长时间应用,就需要考虑所选的 DSP 微处理器芯片的供货情况,厂商是否有停产的计划等。

## 1.2.4 DSP 微处理器的应用及发展

### 1. DSP 微处理器的应用

DSP 技术应用的领域广泛,侧重各不相同,因此,DSP 微处理器的应用也涵盖了信号处理、通信、雷达、自动控制、生物医学等诸多领域,具体包括:

- 语音处理:如语音编码、语音合成、语音识别、语音增强、语音邮件、语音储存等。
- 图像图形:如二维和三维图形处理、图像压缩与传输、图像识别、动画、机器人视觉、多媒体、电子地图、图像增强等。
- 军事航天:如保密通信、雷达处理、声呐处理、导航、全球定位、跳频电台、搜索和反搜索等。
- 仪器仪表:如频谱分析、函数发生、数据采集、地震处理等。
- 自动控制:如控制、深空作业、自动驾驶、机器人控制、磁盘控制等。
- 医疗设备:如助听、超声设备、诊断工具、病人监护、心电图等。
- 家用电器:如数字音响、数字电视、可视电话、音乐合成、音调控制、玩具与游戏、高清晰电视(HDTV)、机顶盒(STB)、数字相机等。

## 2. DSP 微处理器的发展

### 1) DSP 微处理器的发展概况

1978 年美国 AMI 公司宣布开发出了世界上首个单片 DSP 微处理器:12 位字长的 S2811。

1979 年美国 INTEL 公司推出了其 16 位的 DSP 微处理器 2920。

这两款 DSP 微处理器都没有内置片内单周期乘法器,从而极大地限制了处理速度的提高,最后它们并没有被成功地应用到实际的工作中。

1980 年,美国贝尔实验室推出具有硬件乘加器的单片 DSP 微处理器 DSP-1。

1980 年,日本 NEC 公司推出具有硬件乘加器的单片 DSP 微处理器  $\mu$ PD7720。

这两款 DSP 微处理器内部具有并行的乘法-加法器硬件电路,是真正意义上的 DSP 微处理器。由于当时 DSP-1 仅限用于美国 AT&T 公司及西电公司的设备上,所以  $\mu$ PD7720 才是第一款面向商业推广的通用型 DSP 微处理器。

1982 年,美国 TI 公司发布了 DSP 微处理器 TMS32010,成为具有现代意义的 DSP 微处理器,它以低廉的成本、应用简单及功能强大等特点,在声学、语音及信号处理领域取得了巨大成功。随后又陆续推出了一系列产品,使得该公司产品目前占据一半以上的市场份额。

此后,众多公司推出了各自不同系列的 DSP 微处理器,例如美国的亚德诺半导体技术公司(ADI)、飞思卡尔半导体公司(Freescale)、欧洲的恩智浦公司(NXP)、意法半导体公司(ST)等都推出了各具特点的高性能 DSP 微处理器。

### 2) DSP 未来的发展方向

- 数字信号处理器的内核结构进一步改善,多通道结构和单指令多重数据(SIMD)、特大指令字组(VLIM)将在新的高性能处理器中将占主导地位,如亚德诺半导体公司(Analog Devices)的 DSP 微处理器 ADSP-2116x。

- DSP 和微处理器的融合。微处理器是低成本的,主要执行通用的控制任务,但是数字信号处理能力很差。而 DSP 的功能正好与之相反。在许多应用中均需要同时具有智能控制和数字信号处理两种功能,如数字蜂窝电话即需要控制键盘、显示屏,又需要进行声音处理。因此,把 DSP 和微处理器结合起来,用单一芯片的处理器实现这两种功能,将加速通信设备、智能电话、无线网络产品的开发,同时简化设计,减小 PCB 体积,降低功耗和整个系统的成本。

- DSP 和高档 CPU 的融合。大多数高档 GPP 如 Pentium 和 PowerPC 都是 SIMD 指令组的超标量结构,速度很快。LSI Logic 公司的 LSI401Z 采用高档 CPU 的分支预示和动态缓冲技术,结构规范,利于编程,不用担心指令排队,使得性能大幅度提高。

- DSP 和 FPGA 的融合。FPGA 是现场编程门阵列器件。它和 DSP 集成在一块芯片上,



可实现宽带信号处理,大大提高信号处理速度。Xilinx 公司的 Virtex - II FPGA 对快速傅里叶变换(FFT)的处理可提高 30 倍以上。设计者可以在 FPGA 中集成一个或多个内核,节省开发时间,使功能的增加或性能的改善非常容易。

### 1.3 TMS320F2812 DSP 微处理器

由于 DSP 品种繁多,本书后续章节中只能通过具体的一种芯片对其从软件、硬件和开发应用方面进行详细地分析,这里选择在控制领域得到广泛应用的 TI 公司的 TMS320F2812 DSP 微处理器。TMS320F2812 是 TI 公司 C2000 系列 DSP 微处理器中的一款。C2000 器件非常适合于实时控制应用,例如:数字电机控制、可再生能源系统、数字电源转换、自适应照明系统、汽车电子应用、电力线通信、精确传感和控制应用等。

#### 1.3.1 TMS320F2812 微处理器命名的含义

TI 公司的 DSP 微处理器型号众多,初学者往往对这一长串的编码比较迷惑,不理解其含义。实际上弄明白了 TI 对 DSP 微处理器型号的命名规则就清楚好记得多了。图 1-2 给出了 TI 公司 DSP 微处理器命名的含义。

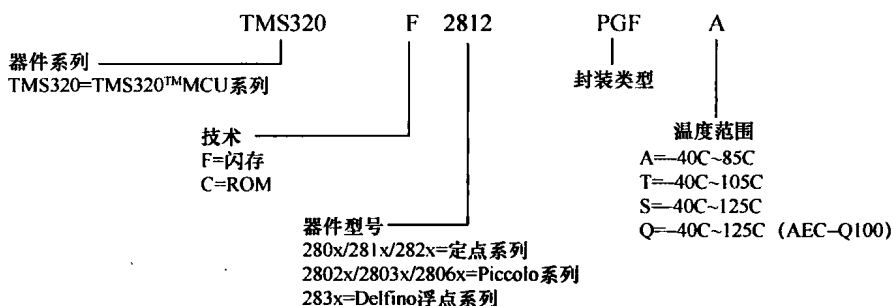


图 1-2 TMS320F2812 处理器命名的含义

#### 1.3.2 TMS320F2812 微处理器的主要性能

TMS320F2812 是 TI DSP 微处理器 C2000 系列中比较优秀的一款处理器,它采用 TMS320C28x 内核架构,具有同样内核的处理器还有其他型号,但是都没有 TMS320F2812 应用广泛,比如 TMS320F2810、TMS320F2811、TMS320C2810、TMS320C2811 等微处理器。TMS320F2812 在众多领域应用广泛,特别适用于控制领域,在满足控制应用需求方面表现出很高的性能。

为了对这一系列的微处理器的性能特点有一个了解,表 1-1 列出了 TMS320C28x 系列处理器的主要性能参数。

表 1-1 TMS320C28x 系列处理器的主要性能参数

TMS320	C2810	C2811	C2812	F2810	F2811	F2812
类型	28x 定点型	28x 定点型	28x 定点型	28x 定点型	28x 定点型	28x 定点型
CPU	C28x	C28x	C28x	C28x	C28x	C28x
Peak MMACS	150	150	150	150	150	150