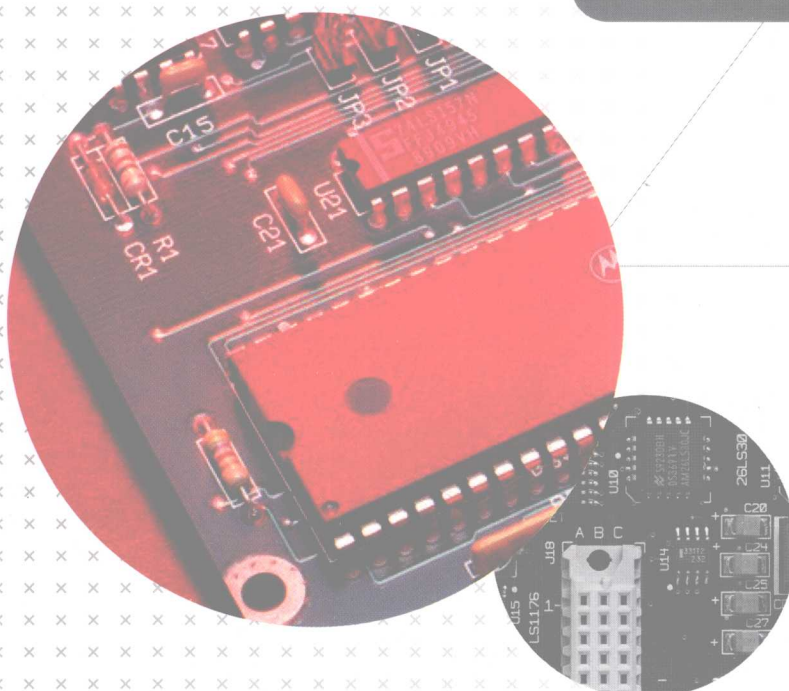


DSP嵌入式 无线通信系统开发 实例精讲

陶伟 编著



实例丰富
即学即用



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

电子工程应用
精讲系列

DSP嵌入式 无线通信系统开发 实例精讲

陶伟 编著

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书针对目前热门的无线通信领域,通过专业技术与实例精讲的形式,详细介绍了 DSP 嵌入式无线通信技术开发的方法与流程。全书共分为两篇 10 章,第 1 篇为 DSP 基础知识篇,其中简要介绍了 DSP 处理器内部结构、指令系统、线性汇编及代码优化、CCS 开发工具,以及 BOOT 加载与软硬件调试等;第 2 篇为 DSP 无线通信系统开发实例篇,其中介绍了 5 个实际的无线通信实例,包括实时红外成像系统开发实例、RS 码的 DSP 开发实例、无线宽带接收机开发实例、正交频分多址 OFDM 系统实例,以及 LDPC 码的 DSP 设计实现。

本书语言通俗,结构清晰,内容循序渐进、深入浅出,工程案例典型丰富。其中的内容涵盖了无线通信开发的诸多前沿与核心技术,实战和商业价值高。利于读者举一反三,快速掌握 DSP 通信系统设计的技术并学会实际设计。

本书配有随附光盘一张,其中包含全书所有实例的硬件原理图和程序源代码,方便读者学习和使用。本书适合计算机、自动化、电子及通信等相关专业的大中专学生,以及从事 DSP 通信开发的科研人员使用。

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 嵌入式无线通信系统开发实例精讲 / 陶伟编著. —北京:电子工业出版社, 2009.3

(电子工程应用精讲系列)

ISBN 978-7-121-08001-2

I. D… II. 陶… III. 数字信号—无线电通信—通信系统—系统开发 IV. TN92

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 199777 号

责任编辑:孙学瑛

印 刷:北京智力达印刷有限公司

装 订:北京中新伟业印刷有限公司

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:20.75 字数:426 千字

印 次:2009 年 3 月第 1 次印刷

印 数:4000 册 定价:49.00 元(含光盘 1 张)

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 zlts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010) 88258888。

丛书说明

工程技术的电子化、集成化和系统化促进了电子工程技术的发展，同时也促进了电子工程技术在社会各行业中的广泛应用，从近年的人才招聘市场来看，电子工程师的人才需求更是一路走高。

电子工程师如此紧俏，除需求不断走高，人才供不应求外，另一重要原因则是电子工程师的门槛相对而言比较高，这个高门槛则来自于工程师的“经验”和“实践”！

因此，为了满足读者学习和工作需要，解决各种工作中的专业问题，我们紧紧围绕“经验”和“实践”，精心策划组织了此套丛书。

1. 丛书范围

现代电子科学技术的一个特点是多学科交叉，因此，工程师应当了解、掌握两门以上的相关学科，知识既精深又广博是优秀的工程师成长为某领域专家的重要标志。本丛书内容涉及软件开发、研发电子以及嵌入式项目开发等，包括单片机、USB 接口、ARM、CPLD/FPGA、DSP 和移动通信系统等。

2. 读者对象

本套书面向各领域的初、中级用户，具体为高校计算机、电子信息、通信工程、自动化控制专业在校大学生，以及从事电子开发和应用行业的科研人员。

3. 内容组织形式

本套书紧紧围绕“经验”和“实践”，首先介绍一些相关的基础知识，然后根据不同

的模块或应用领域，分篇安排应用程序实例的精讲。基础知识用来为一些初级读者打下一定的知识功底；基础好一点的读者则可以跳过这一部分，直接进入实例的学习。

4. 实例特色

在应用实例的安排上，着重突出“应用”和“实用”两个基本原则，安排具有代表性、技术领先性，以及应用广泛的典型实例，让读者学习借鉴。这些实例是从作者多年程序开发项目中挑选出的，也是经验的归纳与总结。

在应用实例的讲解上，既介绍了设计原理、基本步骤和流程，也穿插了一些经验、技巧与注意事项。特别在程序设计思路上，在决定项目开发的质量和成功与否的细节上，尽可能地用简洁的语言来清晰阐述大众易于理解的概念和思想；同时，对程序代码部分做了很详细的中文注释，有利于读者举一反三，快速应用和提高。

5. 光盘内容

本套书的光盘中包含了丰富的实例原图文件和程序源代码，读者稍加修改便可应用于自己的工作中或者完成自己的课题（毕业设计），物超所值。读者使用之前，最好先将光盘内容全部复制到电脑硬盘中，以便于以后可以直接调用，而不需要反复使用光盘，提高操作速度和学习效率。

6. 学习指南

对于有一定基础的读者，建议直接从实例部分入手，边看边上机练习，这样印象会比较深，效果更好。基础差一点的读者请先详细学习书中基础部分的理论知识，然后再进行应用实例的学习。在学习中，尽量做到反复理解和演练，以达到融会贯通、举一反三的能效；特别希望尽量和自己的工作设计联系起来，以达到“即学即会，学以致用”的最大化境界。

本套丛书主要偏重于实用性，具有很强的工程实践指导性。期望读者在学习中顺利、如意！

前言

无线电通信是指利用电磁波的辐射和传播,经过空间传送的通信方式,也称为“无线通信”(Wireless Communication)。目前无线通信技术已经得到了广泛的应用,利用该技术可以实现电话、电报、传真、数据、图像、电视,以及广播等通信业务。随着微电子技术和计算机技术的进步,无线电新技术、新业务和新设备层出不穷,无线电技术以其在信息传播、经济生产和军事上无可替代的独特作用受到国际上的普遍重视。

DSP 是目前应用最热门的嵌入式处理器之一,在无线通信领域应用很广。但目前市场上关于 DSP 通信系统开发的书主要以原理介绍为主,实例内容比较缺乏,本书出版旨在弥补这种不足。

本书内容

本书从专业和实用的角度出发,通过实例精讲的形式,由浅入深地详细介绍 DSP 嵌入式无线通信技术开发的方法与流程。全书分为两篇 9 章,主要内容如下。

第 1 篇为 DSP 基础知识篇,其中简要介绍了 DSP 处理器内部结构、指令系统、线性汇编及代码优化、CCS 开发工具,以及 BIOS 系统与外设接口设计。通过本篇学习,读者可熟悉 DSP 开发的基础知识。已经具有了 DSP 基础知识的读者可以跳过此部分,直接进入后面实例的学习。

第 2 篇为 DSP 无线通信系统开发实例篇,其中首先讲解无线通信系统的相关专业知识,然后重点介绍了 5 个实际的无线通信实例,包括实时红外成像系统开发实例、RS 码的 DSP 开发实例、无线宽带接收机开发实例、正交频分多址 OFDM 系统实例,以及 LDPC 码的 DSP 设计实现。通过学习,读者可以熟悉和掌握 DSP 无线系统设计的流程和主要技术,实现从入门到提高的效果。

光盘说明

本书配有随附光盘一张，其中包含全书所有实例的硬件原理图和程序源代码，方便读者学习和使用。本书适合计算机、自动化、电子及通信等相关专业的大中专学生，以及从事 DSP 通信开发的科研人员使用。

本书特色

与同类型书相比，本书具有以下特色。

- (1) 语言通俗，结构清晰，内容循序渐进，深入浅出。
- (2) 本书 DSP 通信系统实例典型丰富，好学易懂。其中涉及无线通信开发的大量前沿与核心技术，专业性强，并且实战和商业价值高。
- (3) 讲解通信系统设计的详细思路与流程，并且详细注释实例的程序代码，利于读者理解和巩固知识点，举一反三。
- (4) 读者稍加修改随书光盘中实例的硬件电路图和程序源代码，即可应用于读者的工作中，物超所值。

本书主要由陶伟编写，参加编写的还有唐清善、邱宝良、周克足、刘斌、李亚捷、李永怀、李宁宇、刘伟捷、黄小欢、严剑忠、黄小宽、李彦超、付军鹏、张广安、贾素龙、王艳波、金平、徐春林、谢正义、郑贞平及张小红等。他们在资料收集、整理和技术支持方面做了大量的工作，在此一并表示感谢！

由于时间仓促，再加之作者的水平有限，书中难免存在一些不足之处，欢迎广大读者批评指正，联系 E-mail: jsj@phei.com.cn。

目 录

第一篇 DSP 基础知识

第 1 章 DSP 基本结构与指令系统	2
1.1 DSP 处理器的特点与分类	2
1.2 DSP 应用领域及选型	4
1.2.1 DSP 应用领域	4
1.2.2 DSP 芯片选型	4
1.3 DSP 的硬件结构	6
1.4 DSP 指令	21
1.5 本章小结	30
第 2 章 CCS 集成开发工具	31
2.1 CCS 的特点及其安装	31
2.1.1 CCS 功能简介	31
2.1.2 CCS 的组成单元	32
2.1.3 为 CCS 安装设备驱动程序	33
2.2 CCS 基本功能及其使用方法	37
2.2.1 查看与修改存储器/变量	37
2.2.2 使用断点工具	42
2.2.3 使用探针点工具	44
2.2.4 使用图形工具	46
2.3 本章小结	52
第 3 章 线性汇编与代码优化	53
3.1 线性汇编	53
3.1.1 线性汇编语句的基本结构	53
3.1.2 线性汇编中的伪指令	54
3.1.3 汇编优化器选项	56

3.2 代码优化	56
3.3 通过线性汇编优化汇编代码	63
3.3.1 编写并行代码	63
例 3-1 定点点积 C 代码	63
例 3-2 定点点积的线性汇编指令代码	64
例 3-3 定点点积的非并行汇编代码	66
例 3-4 定点点积的并行汇编代码	66
3.3.2 数据打包处理技术	67
例 3-5 展开的定点点积 C 代码	68
例 3-6 使用 LDW 的定点点积内核循环的线性汇编程序	68
例 3-7 使用 LDW 和给出功能单元的定点点积内核循环的线性汇编	69
例 3-8 使用 LDW 的定点点积的最后汇编代码	70
3.3.3 软件流水	70
例 3-9 具有条件 SUB 指令的定点点积线性汇编	70
例 3-10 完整的定点点积线性汇编	72
例 3-11 采用软件流水技术后的定点点积汇编代码	73
例 3-12 消除额外取指令的软件流水定点点积汇编代码	74

例 3-13	无填充和无排空的软件流水定点点积汇编代码	76
例 3-14	最小代码尺寸的软件流水定点点积汇编代码	77
3.3.4	多周期循环的模编排	78
例 3-15	加权矢量和的 C 代码	78
例 3-16	加权矢量和内核循环的线性汇编代码	78
例 3-17	展开的加权矢量和 C 代码	78
例 3-18	使用 LDW 的加权矢量和程序的线性汇编	79
例 3-19	确定了功能单元的加权矢量和的线性汇编程序	80
例 3-20	加权矢量和的线性汇编	87
例 3-21	加权矢量和汇编代码	87
3.3.5	循环传递路径	88
例 3-22	IIR 滤波器 C 代码	88
例 3-23	IIR 滤波器内核循环的线性汇编	89
例 3-24	短循环传递路径的 IIR 滤波器内核循环的线性汇编	91
例 3-25	IIR 滤波器线性汇编	92
例 3-26	IIR 滤波器汇编代码	93
3.3.6	循环中的 If-Then-Else 语句	93
例 3-27	If-Then-Else 语句的 C 代码	93
例 3-28	If-Then-Else 内核循环的线性汇编	94
例 3-29	If-Then-Else 代码的线性汇编	95
例 3-30	If-Then-Else 汇编代码	96
例 3-31	循环次数大于 3 的 If-Then-Else 汇编代码	96
3.3.7	循环展开	97
例 3-32	If-Then-Else C 代码的展开形式	97
例 3-33	展开的 If-Then-Else 内核线性汇编	97
例 3-34	展开的 If-Then-Else 代码的线性汇编	99
例 3-35	展开的 If-Then-Else 汇编代码	100
3.3.8	生命太长问题	101
例 3-36	一个具有生命太长问题的 C 代码	101
例 3-37	生命太长内核循环的线性汇编	102
例 3-38	解决例 3-37 生命太长问题后的线性汇编	104
例 3-39	有 MT 指令的解决生命太长问题的最后汇编代码	104
3.3.9	消除冗余取	105
例 3-40	FIR 滤波器的 C 代码	105
例 3-41	消除冗余取的 FIR 滤波器 C 代码	106
例 3-42	FIR 滤波器内核循环的线性汇编	107
例 3-43	FIR 滤波器线性汇编, 给定了功能单元	108
例 3-44	消除冗余取指令的 FIR 滤波器汇编代码	109
3.3.10	避免存储器访问冲突	110
例 3-45	FIR 滤波器内核循环	111
例 3-46	展开内核循环后的 FIR 滤波器 C 代码	113
例 3-47	展开的 FIR 滤波器内核循环线性汇编	113

例 3-48	展开的 FIR 滤波器线性 汇编	115
例 3-49	消除冗余取和无存储器冲突 的 FIR 滤波器汇编代码	116
3.3.11	软件流水外环	118
例 3-50	消除冗余取, 无存储器 冲突和软件流水外环的 FIR 滤波器汇编代码	118
3.3.12	与内环一起有条件地 执行外环	120
例 3-51	FIR 滤波器外环线性 汇编	121
例 3-52	展开的 FIR 滤波器 C 代码	121
例 3-53	有条件地执行外环的 FIR 滤波器线性汇编	122
例 3-54	FIR 滤波器汇编代码	124
3.4	本章小结	127
第 4 章	DSP/BIOS 系统与外设接口 设计	128
4.1	DSP/BIOS 实时操作系统	128
4.1.1	DSP/BIOS 概述	128
4.1.2	DSP/BIOS GUI 配置	129
4.1.3	DSP/BIOS 编程实例	131
4.2	DSP 集成外设概述	133
4.3	DSP 的 HPI 接口设计	135
4.3.1	HPI 硬件介绍	136
4.3.2	HPI 接口及其应用	137
4.3.3	BIOS 中 HPI 设置实例	143
4.4	DSP 的 McBSP 接口设计	144
4.4.1	McBSP 硬件介绍	144
4.4.2	McBSP 接口及应用	145
4.4.3	BIOS 中 McBSP 设置实例	151
4.5	DSP 的 DMA 控制器设计	154

4.5.1	DMA 硬件介绍	155
4.5.2	DMA 控制器设计及应用	156
4.5.3	BIOS 中 DMA 设置实例	163
4.6	本章小结	168

第二篇 DSP 无线通信 开发技术与实例

第 5 章	无线通信系统设计专业知识	170
5.1	无线通信系统简介	170
5.1.1	无线电频谱资源管理	170
5.1.2	无线通信系统组成	172
5.1.3	无线通信系统分类	173
5.1.4	无线通信系统应用领域	173
5.2	无线通信系统的硬件实现 技术	174
5.2.1	传输距离设计	174
5.2.2	输入端口设计分析	175
5.2.3	硬件设计的注意事项	176
5.3	无线通信系统的软件设计 技术	177
5.3.1	无线通信流程设计	177
5.3.2	系统的低功耗时序设计	178
5.3.3	微控制器的抗干扰编程	180
5.4	无线通信系统软硬件协同 设计	182
第 6 章	DSP 红外成像系统设计 实例	185
6.1	系统说明	185
6.2	硬件电路设计	186
6.2.1	硬件总体结构	186
6.2.2	电源模块	187
6.2.3	复位电路	188
6.2.4	时钟电路	189
6.2.5	DSP 及其外围电路	190

6.2.6	FPGA 及其外围电路	190	8.1.2	宽带通信的特点	240
6.2.7	通用串行接口电路	191	8.1.3	宽带通信的关键技术	240
6.2.8	视频编码器电路	191	8.2	常见的无线宽带系统	240
6.2.9	A/D 模块	192	8.2.1	基于 IEEE 802.11 协议的 宽带通信系统 (WiFi)	240
6.3	系统软件设计	192	8.2.2	基于 IEEE 802.16 协议的 宽带通信系统 (WiMax)	241
6.3.1	软件总体结构	192	8.2.3	其他宽带通信系统	242
6.3.2	软件工作流程	192	8.3	宽带系统组成及 DSP 实现	242
6.3.3	图像处理算法	194	8.3.1	Ti 公司 TMS320C6416DSP 性能分析	242
6.4	程序代码与分析	198	8.3.2	信号到达检测	243
6.4.1	EDMA 配置代码	198	8.3.3	频偏估计	245
6.4.2	Emif 口配置代码	200	8.3.4	信号同步	246
6.4.3	主程序与注释	201	8.3.5	信道估计模块	248
6.4.4	主要红外图像处理算法函数 代码	204	8.4	无线宽带通信系统硬件平台	249
6.5	系统调试	211	8.4.1	硬件总体结构	249
第 7 章	RS 码的 DSP 设计实现	212	8.4.2	电源模块	250
7.1	RS 码概述	212	8.4.3	DSP 内核电路	250
7.2	RS 码算法原理及 DSP 实现	213	8.4.4	DSP EMIFA 口及 SDRAM 电路	250
7.2.1	RS 码的编码算法	213	8.4.5	DSP EMIFB 口及 Flash 电路	254
例 7-1	基于乘法形式的 RS 编码器	213	8.4.6	DSP MCBSP 串行口	255
例 7-2	根据生成多项式 $g(x)$ 构造的除法编码器	214	8.5	程序代码	256
例 7-3	根据校验码多项式 $h(x)$ 构造的除法编码器	214	8.5.1	信号到达检测模块	256
例 7-4	RS 的时域编码实例	215	8.5.2	频偏估计模块	257
7.2.2	RS 码的译码算法	221	8.5.3	信号同步模块	259
7.3	RS 码程序代码与注释	227	8.5.4	信道估计模块	261
7.3.1	RS 码编码	227	8.6	实例总结	263
7.3.2	RS 码译码	229	第 9 章	OFDM 通信系统设计实例	264
7.4	代码说明及优化	236	9.1	OFDM 技术概述	264
7.5	实例总结	238	9.1.1	OFDM 系统的发展现状	264
第 8 章	无线宽带通信接收机设计		9.1.2	OFDM 系统的优缺点	265
实例		239	9.1.3	OFDM 系统的关键技术	265
8.1	宽带通信技术概述	239	9.2	OFDM 系统组成	266
8.1.1	宽带通信的定义	239			

9.2.1 Turbo 码模块	267	9.6 实例总结	296
9.2.2 QPSK 数字调制	269	第 10 章 LDPC 码的 DSP 设计	
9.2.3 频偏估计	270	实现	297
9.2.4 多载波调制	271	10.1 信道编码与 LDPC 码	297
9.2.5 降峰均比	272	10.1.1 信道编码理论	297
9.3 OFDM 系统硬件平台	273	10.1.2 LDPC 码的提出与发展	299
9.3.1 硬件总体结构	273	10.2 LDPC 码的基础原理	299
9.3.2 电源模块	274	10.2.1 LDPC 码定义及其描述	299
9.3.3 DSP 内核电路	274	10.2.2 Tanner 图表示及非正则	
9.3.4 DSP EMIFA 口及 SDRAM		LDPC 码	300
电路	274	10.2.3 LDPC 码的译码	301
9.3.5 DSP EMIFB 口及 FLASH		10.2.4 AWGN 信道下的译码算法	
电路	274	描述	304
9.3.6 DSP MCBSP 电路	278	10.3 LDPC 码的 DSP 快速实现	
9.4 OFDM 系统的软件设计	280	算法	304
9.4.1 软件总体框架设计	280	10.3.1 LDPC 码的快速译码算法	304
9.4.2 数据 IO 模块设计	280	10.3.2 LDPC 码的快速编码算法	306
9.4.3 BIOS 设计	281	10.3.3 DSP 实现时考虑的问题	307
9.4.4 算法模块设计	281	10.4 LDPC 码的 DSP 程序代码	
9.5 程序代码与分析	282	设计	308
9.5.1 EDMA 配置代码	282	10.4.1 LDPC 码编码程序代码	308
9.5.2 EMIF 口配置代码	283	10.4.2 LDPC 码译码程序代码	311
9.5.3 主流程代码	284	10.5 实例总结	317
9.5.4 主要算法函数代码	288		

第一篇

DSP 基础知识

- ◆ 第 1 章 DSP 基本结构与指令系统
- ◆ 第 2 章 CCS 集成开发工具
- ◆ 第 3 章 线性汇编与代码优化
- ◆ 第 4 章 DSP/BIOS 系统与外设接口设计

第 1 章

DSP 基本结构与指令系统

本章简要介绍 DSP 的特点与分类，以及应用领域与选型，重点介绍 DSP 硬件结构与指令系统，引导读者入门。

1.1 DSP 处理器的特点与分类

DSP 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。并且广泛采用流水线操作，提供的特殊 DSP 指令可以用来快速地实现各种数字信号处理算法。根据数字信号处理的要求，DSP 芯片一般具有如下主要特点。

- (1) 在一个指令周期内可完成一次乘法和一次加法。
- (2) 程序和数据空间分开，可以同时访问指令和数据。
- (3) 片内具有快速 RAM，通常可通过独立的数据总线在两块芯片中同时访问。
- (4) 具有低开销或无开销循环及跳转的硬件支持。
- (5) 快速的中断处理和硬件 I/O 支持。
- (6) 具有在单周期内操作的多个硬件地址产生器。
- (7) 可以并行执行多个操作。
- (8) 支持流水线操作，使取指、译码和执行等操作可以重叠执行。
- (9) 通用功能相对较弱。

DSP 最突出的两大特色是强大的数据处理能力和高运行速度，加上具有可编程性，实时运行速度可达每秒数以千万条复杂指令，远远超过通用微处理器。有业内人士预言，DSP 将是未来集成电路中发展最快的电子产品，并成为电子产品更新换代的决定因素。

在 DSP 出现之前, MPU (微处理器) 承担着数字信号处理的任务。但其处理速度较低, 无法满足高速实时的要求。20 世纪 70 年代, DSP 的理论和算法基础被提出。但当时仅仅局限于教科书, 即使是研制出来的 DSP 系统也是由分立组件组成的, 其应用领域仅限于军事及航空航天部门。

到了 20 世纪 80 年代, 计算机和信息技术的飞速发展使 DSP 提供了长足发展的机会。1982 年美国德州仪器公司 (TI 公司) 生产出了第一代数字信号处理器 (DSP) TMS320C10, 这种 DSP 器件采用微米工艺 NMOS 技术制作。虽然功耗和尺寸稍大, 但运算速度却是 MPU 的几十倍, 这种数字信号处理器一面世就在语音合成和编解码器中得到了广泛应用。

随着 CMOS 技术的进步与发展, 第二代基于 CMOS 工艺的 DSP 芯片应运而生。其存储容量和运算速度成倍提高, 成为语音处理及图像硬件处理技术的基础。20 世纪 80 年代后期, 第三代 DSP 芯片问世。运算速度得到进一步提高, 使其应用范围逐步扩大到了通信和计算机领域。

20 世纪 90 年代是 DSP 发展的重要时期, 第四代和第五代 DSP 器件相继出现, 目前的 DSP 属于第五代产品。与第四代相比, 第五代 DSP 系统集成度更高, 它已经成功地将 DSP 芯核及外围组件综合集成在单一芯片上。这种高集成度的 DSP 芯片在通信和计算机领域中被广泛应用, 近年来已经逐渐渗透到人们的日常消费领域, 前景十分看好。

DSP 芯片可以按照下列 3 种方式分类。

1. 按基础特性分

这是根据 DSP 芯片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 芯片都能正常工作, 除计算速度有变化外, 性能没有下降, 则这类 DSP 芯片一般称为“静态 DSP 芯片”。例如, 日本 OKI 电气公司的 DSP 芯片及 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 芯片, 其指令集和相应的机器代码及管脚结构相互兼容, 则这类 DSP 芯片称为“一致性 DSP 芯片”。例如, 美国 TI 公司的 TMS320C54x 属于这一类。

2. 按数据格式分

这是根据 DSP 芯片工作的数据格式来分类的, 数据以定点格式工作的 DSP 芯片称为“定点 DSP 芯片”, 如 TI 公司的 TMS320C1x/C2x、TMS320C2xx/C5x 和 TMS320C54x/C62xx 系列, AD 公司的 ADSP21xx 系列, AT&T 公司的 DSP16/16A, 以及 Motorola 公司的 MC56000 等; 以浮点格式工作的称为“浮点 DSP 芯片”, 如 TI 公司的 TMS320C3x/C4x/C8x、AD 公司的 ADSP21xxx 系列、AT&T 公司的 DSP32/32C, 以及 Motorola 公司的 MC96002 等。

不同浮点 DSP 芯片所采用的浮点格式不完全一样, 有的 DSP 芯片采用自定义的浮点格式, 如 TMS320C3x; 有的 DSP 芯片则采用 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 芯片和专用型 DSP 芯片。通用型 DSP 芯片适合普通的 DSP 应用,如 TI 公司的系列 DSP 芯片属于通用型 DSP 芯片;专用 DSP 芯片是为特定的 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,以及 Inmos 公司的 IMSA100 等就属于专用型 DSP 芯片。

1.2 DSP 应用领域及选型

自从 20 世纪 70 年代末 80 年代初 DSP 芯片诞生以来,DSP 芯片得到了飞速的发展。DSP 芯片的高速发展,一方面得益于集成电路技术的发展;另一方面也得益于巨大的市场需求。在近 20 年的时间里,DSP 芯片已经在信号处理、通信及雷达等许多领域得到了广泛的应用。目前 DSP 芯片的价格越来越低,性价比日益提高,具有巨大的应用潜力。

1.2.1 DSP 应用领域

DSP 芯片的应用主要有如下方面。

(1) 信号处理:如数字滤波、自适应滤波、快速傅立叶变换、相关运算、谱分析、卷积、模式匹配、加窗,以及波形产生等。

(2) 通信:如调制解调器、自适应均衡、数据加密、数据压缩、回波抵消、多路复用、传真、扩频通信、纠错编码,以及可视电话等。

(3) 语音处理:如语音编码、语音合成、语音识别、语音增强、说话人辨认、说话人确认、语音邮件,以及语音存储等。

(4) 图形/图像:如二维和三维图形处理、图像压缩与传输、图像增强、动画,以及机器人视觉等。

(5) 军事:如保密通信、雷达处理、声纳处理、导航,以及导弹制导等。

(6) 仪器仪表:如频谱分析、函数发生、锁相环,以及地震分析等。

(7) 自动控制:如引擎控制、声控、自动驾驶、机器人控制,以及磁盘控制等。

(8) 医疗:如助听、超声设备、诊断工具,以及病人监护等。

(9) 家用电器:如高保真音响、音乐合成、音调控制、玩具与游戏,以及数字电话/电视等。

随着 DSP 芯片性价比的不断提高,可以预见它将会在更多的领域内得到更为广泛的应用。

1.2.2 DSP 芯片选型

设计 DSP 应用系统时选择 DSP 芯片是非常重要的一个环节,只有选定了 DSP 芯片才

能进一步设计外围电路及系统的其他电路。总的来说, DSP 芯片的选择应根据实际的应用系统需要而确定。一般来说, 选择 DSP 芯片时需要考虑如下诸多因素。

(1) 运算速度: 运算速度是 DSP 芯片的一个最重要的性能指标, 也是选择 DSP 芯片时所需要考虑的一个主要因素。DSP 芯片的运算速度可以用以下几种性能指标来衡量。

- 指令周期: 执行一条指令所需要的时间, 通常以 ns 为单位。
- MAC 时间: 一次乘法加上一次加法的时间。
- FFT 执行时间: 运行一个 N 点 FFT 程序所需的时间。
- MIPS: 每秒执行百万条指令。
- MOPS: 每秒执行百万次操作。
- MFLOPS: 每秒执行百万次浮点操作。
- BOPS: 每秒执行 10 亿次操作。

(2) 价格: 根据实际应用情况, 确定一种价格适中的 DSP 芯片。

(3) 硬件资源。

(4) 运算速度。

(5) 开发工具。

(6) 功耗。

(7) 其他因素: 如封装的形式、质量标准及生命周期等。

DSP 应用系统的运算量是确定选用处理能力多大的 DSP 芯片的基础, 确定 DSP 系统运算量的因素如下。

1. 按样点处理

按样点处理就是 DSP 算法对每一个输入样点循环一次。例如, 一个采用 LMS 算法的 256 抽头的自适应 FIR 滤波器假定每个抽头的计算需要 3 个 MAC 周期, 则 256 抽头计算需要 $256 \times 3 = 768$ 个 MAC 周期。如果采样频率为 8 kHz, 即样点之间的间隔为 125 μs 的时间, DSP 芯片的 MAC 周期为 200 μs , 则 768 个周期需要 153.6 μs 的时间。显然无法实时处理, 需要选用速度更快的芯片。

2. 按帧处理

有些数字信号处理算法不是每个输入样点循环一次, 而是每隔一定的时间间隔 (通常称为“帧”) 循环一次, 所以选择时应该比较一帧内 DSP 芯片的处理能力和 DSP 算法的运算量。假设 DSP 芯片的指令周期为 P (ns), 一帧的时间为 $\Delta\tau$ (ns), 则该 DSP 芯片在一帧内所提供的最大运算量为 $\Delta\tau/P$ 条指令。

目前世界上较为著名的 DSP 芯片生产厂家及其主要的芯片型号有以下几种。

(1) TI 公司为 TMS320 系列, 如 TMS320C1x 定点处理器, 型号有 TMS320C10、TMS320C11、TMS320C15 及 TMS320C17 等; TMS320C2x 定点处理器, 型号有 TMS320C20、TMS320C25、TMS320C26 及 TMS320C28 等; TMS320C5x 定点处理器, 型号有 TMS320C50 等。TMS320C2xx 定点处理器, 型号有 TMS320C203、TMS320C204、TMS320C205、