



高等院校电子信息与电气学科特色教材

高速DSP原理、应用 与实验教程

李海森 李思纯 周 天 编著

清华大学出版社





高等院校电子信息与电气学科特色教材

高速DSP原理、应用 与实验教程

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

美国德州仪器(TI)公司的数字信号处理器(DSP)自从20世纪80年代初问世以来,以其独特的体系结构、灵活的资源配置方式、快速实现各种数字信号处理和精密控制算法的突出优点成为全球市场占有率最高的主流产品。本书以TI公司三个主推DSP系列产品之一的C2XXX定点芯片为核心,系统地论述其结构组成原理、工程应用和验证实验,并配合一定的思考与练习题。

本书适合于从事TI DSP研究和开发的电气工程和电子信息类学科等的高年级本科生或研究生,以及业界的工程师和其他专业相关人员参考。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

高速DSP原理、应用与实验教程/李海森,李思纯,周天编著. —北京:清华大学出版社,2009.5
(高等院校电子信息与电气学科特色教材)

ISBN 978-7-302-19753-9

I. 高… II. ①李… ②李… ③周… III. 数字信号—信息处理—高等学校—教材
IV. TN911.72

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第039480号

责任编辑:王敏稚

责任校对:时翠兰

责任印制:王秀菊

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦A座

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

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者:北京国马印刷厂

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:20.5 字 数:501千字

版 次:2009年5月第1版 印 次:2009年5月第1次印刷

印 数:1~3000

定 价:32.00元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话:(010)62770177 转 3103 产品编号:028574-01

出版说明

为特色鲜明、质量上乘的优秀教材,同时,我们也欢迎有丰富教学和创新实践经验的优秀教师能够加入到本丛书的编写工作中来!

清华大学出版社

高等院校电子信息与电气学科特色教材编委会

联系人: 陈志辉 chenzhihui@tup.tsinghua.edu.cn

前言

数字信号处理器(DSP)自从20世纪70年代末问世以来,以其独特的性能在通信、雷达、声纳、语音合成和识别、图像处理、影视、高速控制、仪器仪表、医疗设备、家用电器等众多领域获得了广泛的应用。随着计算机技术和超大规模集成电路工艺的不断发展,新款DSP芯片的性能价格比将不断提高,开发环境将更加完善,应用也将更加深化。在此过程中,一本系统、全面、承前启后的专业书籍对开发者来说是至关重要的。

由于DSP技术发展迅速,生产DSP芯片的厂家又多,产品更新换代的周期越来越短。早期,每一种芯片都有其独特的硬件结构,而且还有一套专门的指令系统和开发工具。这给DSP技术学习、开发与应用带来了不少困难和时间的花费。近年来,DSP芯片呈现系列化的趋势,其体系结构和基本构成大致相同或者相似,通过对该系列核心芯片的学习、开发与应用,就可以触类旁通,因此系列化DSP芯片对知识的继承和拓展、提高具有极大的优势。作者通过十几年的研究生和本科生教学经验体会到:选择一种性能先进的、系列化的主流DSP芯片,深入了解和掌握其结构、原理和应用,再通过专门的实验训练,对于DSP入门或者举一反三地学习和掌握其他DSP芯片,不能不说是一种较为行之有效的方法。据此,作者以美国德州仪器(TI)公司系列化新一代定点DSP芯片——TMS320C2XXX(以下简称C2XXX)为核心芯片编写了本书。

本书的初稿曾作为TI—中国大学计划培训教材,并先后多次用作我校电类本科生教材。本书也可以作为全日制本科高等院校信息与信号处理、通信与信息系统、自动控制、仪器科学与技术、计算机应用等专业的高年级本科生或者研究生学习时参考,书中很多应用实例来自工程项目,对读者有参考价值。

本教材由李海森教授(主编)、李思纯副教授(副主编)、周天副教授(副主编)合作编著。李海森教授负责全书的规划并制定编写原则。其中,第1、2、3、4、5章由李海森教授编写,第6、8、10章由李思纯副教授编写,第7、9、11章由周天副教授编写。李海森教授对全书进行了统稿和审核。在本书编著过程中,我们得到了美国TI公司亚洲大学计划项目负责人沈洁经理、王春容助理和潘亚涛工程师的指点和大力帮助,哈尔滨工程大学(HEU)—美国德州仪器(TI)DSP联合实验室原主任桑恩方教授对本书的编写给予了积极支持和热情关注,并提出了很多宝贵建议。DSP实验室的孟宇高级工程师在实验平台维护与保障方面发挥了重要作用。刘晓博士和田晓东硕士参与了本书文字编排、整理以及全部图片的绘制工作,田晓东硕士还制作了电子课件初稿,张淑娟硕士制作

了电子课件的第二稿,哈尔滨工程大学水声工程学院 DSP 创新基地的李阳硕士、杜伟东硕士、朱瑞龙硕士上机验证了全部实验内容。没有这些研究生的辛勤劳动,本书就不可能这么快地付梓出版。水声工程学院 2001、2002、2003、2004、2005 级本科生,以及理学院 2002、2003、2004、2005 级本科生在本书稿的使用中也提出了许多有益的建议。清华大学出版社王敏雅编辑及其同事对本书的出版工作给予了具体指导和大力支持,并对书稿提出了许多合理的建议,在此向他(她)们一并表示由衷的感谢。

由于作者水平有限,书中错误之处在所难免,敬请读者批评指正。

作者

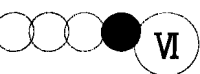
2009 年 2 月

于哈尔滨工程大学水声工程学院

目录

原理篇

第 1 章 绪论	3
1.1 数字信号处理系统概述	3
1.2 数字信号处理实现技术途径	4
1.2.1 什么是 DSP	4
1.2.2 数字信号处理的实现方法	4
1.3 DSP 芯片的发展现状与趋势	5
1.3.1 什么是 DSP 芯片	5
1.3.2 DSP、DSP 芯片与 DSPS	5
1.3.3 DSP 芯片的产生与主要生产厂商	6
1.3.4 DSP 芯片的发展趋势	7



3.2	输入定标部分	25
3.3	乘法部分	26
3.3.1	乘法器	27
3.3.2	乘积定标移位器	27
3.4	中央算术逻辑部分	28
3.4.1	中央算术逻辑单元(CALU)	29
3.4.2	累加器	29
3.4.3	输出数据定标移位器	30
3.5	辅助寄存器与状态寄存器	31
3.5.1	ARAU 和辅助寄存器功能	32
3.5.2	状态寄存器 ST ₀ 和 ST ₁	32
3.6	程序地址生成与流水线	34
3.6.1	程序计数器(PC)	35
3.6.2	堆栈(STACK)	36
3.6.3	微堆栈(MSTACK)	37
3.6.4	流水线操作	37
3.7	转移、调用和返回	38
3.7.1	无条件转移、调用及返回	38
3.7.2	有条件转移、调用和返回	39
3.8	重复指令	41
3.9	中断与中断管理	41
3.9.1	中断操作的三个阶段	42
3.9.2	中断表	42
3.9.3	可屏蔽中断	43
3.9.4	中断标志寄存器(IFR)	44
3.9.5	中断屏蔽寄存器(IMR)	46
3.9.6	中断控制寄存器(ICR)	47
3.9.7	非屏蔽中断	49
3.9.8	中断服务程序(ISR)	50
3.9.9	中断等待时间	50
3.10	复位操作	51
3.11	节能方式	53
	本章思考题	54
第4章	C2XX 存储空间与 I/O 空间	55
4.1	概述	55
4.2	存储器和 I/O 空间概况	55
4.3	程序存储器	57
4.4	数据存储器	58

4.4.1	本地数据存储器	58
4.4.2	全局数据存储器	60
4.5	I/O 空间分配	62
4.5.1	对 I/O 空间的访问	63
4.6	使用 HOLD 操作直接访问存储器	64
4.6.1	复位期的 HOLD	66
4.7	程序加载与运行	67
4.7.1	EPROM 的选择	67
4.7.2	EPROM 与处理器的连接	67
4.7.3	对 EPROM 编程	68
4.7.4	启动引导装载程序	69
4.7.5	执行引导装载程序	69
4.7.6	引导装载程序	70
4.8	特别器件信息	72
4.8.1	TMS320C2XX 地址分配和存储器配置	72
4.8.2	TMS320C204 地址分配和存储器配置	74
4.8.3	TMS320F206 存储器地址映射图	75
	本章思考题	76
第 5 章 C2XX 片内外设接口		77
5.1	概述	77
5.2	片内外设的控制	77
5.3	时钟发生器	78
5.3.1	时钟发生器选择	79
5.3.2	CLKOUT ₁ 引脚控制(CLK)寄存器	80
5.4	定时器	80
5.4.1	定时器操作	81
5.4.2	定时控制寄存器(TCR)	82
5.4.3	定时计数寄存器(TIM)和定时周期寄存器(PRD)	83
5.4.4	设置定时器中断频率	83
5.4.5	硬件复位时的定时器	84
5.5	等待状态发生器	84
5.5.1	通过 READY 信号产生等待状态	84
5.5.2	通过 TMS320C2XX 等待状态发生器产生等待状态	85
5.6	通用 I/O 引脚	86
5.6.1	输入引脚 $\overline{\text{BIO}}$	86
5.6.2	输出引脚 XF	87
5.6.3	输入/输出引脚 IO0、IO1、IO2 和 IO3	87
5.7	同步串行口	87

5.7.1	同步串行口概述	87
5.7.2	同步串行口的组成及基本操作	88
5.7.3	控制和端口复位	91
5.7.4	FIFO 缓冲器内容的管理	94
5.7.5	发送操作	94
5.7.6	接收操作	98
5.7.7	故障检查	100
5.8	异步串行口	102
5.8.1	异步串行口概况	103
5.8.2	异步串行口的组成和基本操作	103
5.8.3	控制与端口复位	105
	本章思考题	112
第 6 章	C2XX 寻址方式和指令系统	113
6.1	概述	113
6.2	寻址方式	113
6.2.1	立即寻址方式	113
6.2.2	直接寻址方式	114
6.2.3	间接寻址方式	117
6.3	汇编指令格式	122
6.4	常用助记符与缩写	122
6.5	汇编指令说明与指令介绍	127
6.5.1	累加器、算术和逻辑运算指令	128
6.5.2	辅助寄存器指令	137
6.5.3	暂时存储器(TREG)、乘积存储器(PREG)和乘法指令	139
6.5.4	转移指令	146
6.5.5	控制指令	150
6.5.6	输入/输出和存储器指令	155
	本章思考题	159

应用篇

第 7 章	系统硬件应用	163
7.1	概述	163
7.2	DSP 系统构成及其特点	163
7.3	DSP 基本硬件设计	164
7.3.1	电源设计	165

7.3.2	时钟电路和复位电路	166
7.3.3	基本存储器及 I/O 扩展	167
7.3.4	JTAG 测试接口设计	173
7.4	DSP 外围接口设计	175
7.4.1	复用地址空间技术	175
7.4.2	A/D 与 D/A 转换电路设计	176
7.4.3	串行接口设计	180
7.5	典型 DSP 应用系统设计	186
7.5.1	TMS320F206 主从系统设计	186
7.5.2	基于双 TMS320F206 的信号采集与处理系统的设计	188
7.6	TMS320C2XX 系列新成员 TMS320F281X	190
7.6.1	TMS320F281X 硬件特点综述	191
7.6.2	TMS320F281X 新特色	192
7.7	TMS320F281X 应用实例	192
7.7.1	基于 CAN 总线通信系统设计	192
7.7.2	基于 PWM 及 A/D 电路的电机控制系统设计	195
7.7.3	基于 GPIO 的液晶显示模块接口设计	198
7.7.4	基于 USB 2.0 的数据采集系统设计	201
本章思考题		204
第 8 章 系统软件应用		205
8.1	概述	205
8.2	初始化程序	205
8.3	定时器管理与控制	207
8.4	中断管理与控制	208
8.5	数字振荡器程序设计	210
8.5.1	数字振荡器原理	210
8.5.2	数字振荡器程序设计	211
8.5.3	数字振荡器程序及其说明	212
8.6	FIR/IIR 数字滤波器程序设计	215
8.6.1	FIR 滤波器的 DSP 实现	215
8.6.2	IIR 滤波器的 DSP 实现	219
8.7	数字相关器程序设计	224
8.7.1	数字相关器基本原理	224
8.7.2	DSP 数字相关器实现过程	224
8.7.3	数字相关器程序及其说明	225
8.8	快速傅里叶变换(FFT)程序设计	226
8.8.1	FFT 原理	227
8.8.2	FFT 算法程序设计	228

8.8.3 FFT 程序 DSP 实现	229
本章思考题	234
第 9 章 定点 DSP 数据格式及定标技术	235
9.1 概述	235
9.2 DSP 中的数据表示	235
9.3 归一化与定标	236
9.3.1 数的定标	236
9.3.2 Q_x 值的确定	238
9.3.3 变量绝对值的最大值 $ \max $ 的确定	238
9.4 定点 DSP 浮点运算处理方法	239
9.4.1 DSP 定点乘法运算	239
9.4.2 DSP 的定点加法运算	241
9.4.3 DSP 的定点除法运算	242
9.4.4 非线性运算的定点快速实现	243
本章思考题	243
第 10 章 C2XX DSP 开发工具与实验平台	244
10.1 概述	244
10.2 DSP 芯片的开发工具	245
10.2.1 C/汇编源码调试器	246
10.2.2 初学者工具 DSK	246
10.2.3 软件仿真器(Simulator)	247
10.2.4 硬件开发模板(EVM)	247
10.2.5 仿真器(XDS)	247
10.2.6 CCS	247
10.3 汇编语言程序设计与调试	247
10.3.1 COFF 文件概述	247
10.3.2 程序汇编	253
10.3.3 程序链接	253
10.3.4 编写链接器命令文件(.cmd 文件)	254
10.4 集成开发环境 CCS	261
10.4.1 运行 CCS	261
10.4.2 建立工程文件	262
10.4.3 设置工程项目选项	262
10.4.4 编译和创建输出目标文件	262
10.4.5 仿真运行输出目标文件	262
10.4.6 查看存储器信息	263
10.4.7 查看寄存器信息	263

10.4.8 修改存储器和寄存器内容	263
10.4.9 设置断点和探测点	264
本章思考题	265
第 11 章 DSP 专门实验	266
11.1 概述	266
11.2 CCS 开发调试环境实验	266
11.3 寻址方式与数据存取实验	270
11.4 有限冲击响应滤波器(FIR)算法实验	271
11.5 定时器实验	273
11.6 模/数转换实验	276
11.7 数/模转换实验	278
11.8 参考实验程序	280
11.9 目标板介绍	297
11.9.1 ICETEK-LF2407-A 板概述	297
11.9.2 板上器件功能与使用方法	298
附录 习题参考答案	301
参考文献	310



原理篇

第1章 绪论

第2章 C2XX 硬件组成与体系结构

第3章 C2XX 中央处理单元与程序控制

第4章 C2XX 存储空间与 I/O 空间

第5章 C2XX 片内外设接口

第6章 C2XX 寻址方式和指令系统

第1章

绪 论

高等院校电子信息与电气学科特色教材