



教育部高等学校电子信息类专业教学指导委员会规划教材  
高等学校电子信息类专业系列教材

嵌入式与工业控制技术

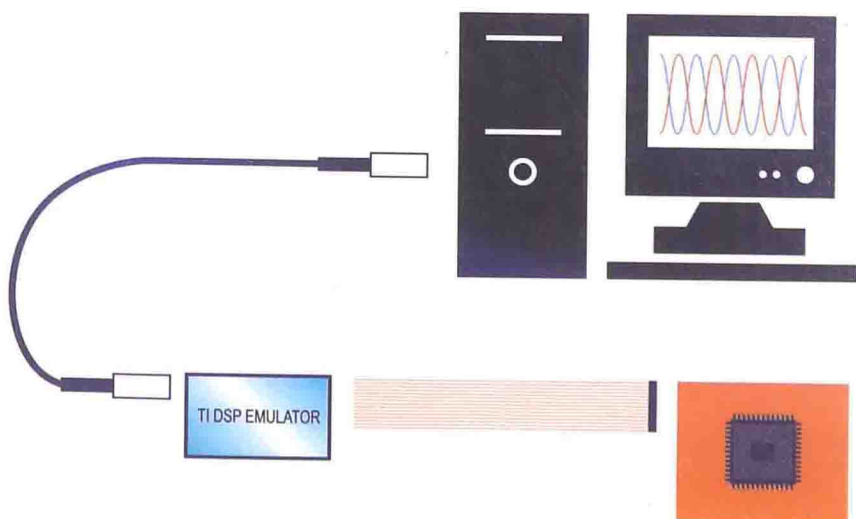
Principles and Applications of TMS320F281x DSP

# TMS320F281x DSP

## 原理及应用技术 (第2版)

韩丰田 李海霞 编著

Han Fengtian Li Haixia



清华大学出版社





教育部高等学校电子信息类专业教学指导委员会规划教材  
高等学校电子信息类专业系列教材

---

Principles and Applications of TMS320F281x DSP

# TMS320F281x DSP

## 原理及应用技术

(第2版)

---

韩丰田 李海霞 编著

Han Fengtian

Li Haixia

清华大学出版社

## 内 容 简 介

本书以 TMS320F281x 系列数字信号处理器为主线,结合丰富的实例系统论述了 DSP 的工作原理及应用开发技术。主要内容涵盖 DSP 的硬件结构、外设模块、C 语言编程、系统设计与开发方法、综合项目案例等。全书各章均提供了经过验证的应用开发实例以方便读者实践,每章配有练习题以巩固学习和教学。本书适合作为高年级本科生和研究生的“DSP 原理与应用”相关课程的教材,也可作为从事电气控制、自动控制的相关工程技术人员的参考用书。

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

TMS320F281x DSP 原理及应用技术/韩丰田,李海霞编著.--2 版.--北京:清华大学出版社,2014  
高等学校电子信息类专业系列教材  
ISBN 978-7-302-36684-3

I. ①T… II. ①韩… ②李… III. ①数字信号处理—高等学校—教材 IV. ①TN911.72

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 117281 号

责任编辑:盛东亮

封面设计:李召霞

责任校对:时翠兰

责任印制:沈 露

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 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](mailto:c-service@tup.tsinghua.edu.cn)

质量反馈:010-62772015, [zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn)

印 刷 者:清华大学印刷厂

装 订 者:三河市新茂装订有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:24.25 字 数:588 千字

版 次:2009 年 4 月第 1 版 2014 年 9 月第 2 版 印 次:2014 年 9 月第 1 次印刷

印 数:9001~11500

定 价:45.00 元

产品编号:056318-01

# 高等学校电子信息类专业系列教材

## 一 顾问委员会

谈振辉	北京交通大学 (教指委高级顾问)	郁道银	天津大学 (教指委高级顾问)
廖延彪	清华大学 (特约高级顾问)	胡广书	清华大学 (特约高级顾问)
华成英	清华大学 (国家级教学名师)	于洪珍	中国矿业大学 (国家级教学名师)
彭启琮	电子科技大学 (国家级教学名师)	孙肖子	西安电子科技大学 (国家级教学名师)
邹逢兴	国防科技大学 (国家级教学名师)	严国萍	华中科技大学 (国家级教学名师)

## 一 编审委员会

主任	吕志伟	哈尔滨工业大学		
副主任	刘旭	浙江大学	王志军	北京大学
	隆克平	北京科技大学	葛宝臻	天津大学
	秦石乔	国防科学技术大学	何伟明	哈尔滨工业大学
	刘向东	浙江大学		
委员	王志华	清华大学	宋梅	北京邮电大学
	韩焱	中北大学	张雪英	太原理工大学
	殷福亮	大连理工大学	赵晓晖	吉林大学
	张朝柱	哈尔滨工程大学	刘兴钊	上海交通大学
	洪伟	东南大学	陈鹤鸣	南京邮电大学
	杨明武	合肥工业大学	袁东风	山东大学
	王忠勇	郑州大学	程文青	华中科技大学
	曾云	湖南大学	李思敏	桂林电子科技大学
	陈前斌	重庆邮电大学	张怀武	电子科技大学
	谢泉	贵州大学	卞树檀	第二炮兵工程大学
	吴瑛	解放军信息工程大学	刘纯亮	西安交通大学
	金伟其	北京理工大学	毕卫红	燕山大学
	胡秀珍	内蒙古工业大学	付跃刚	长春理工大学
	贾宏志	上海理工大学	顾济华	苏州大学
	李振华	南京理工大学	韩正甫	中国科学技术大学
	李晖	福建师范大学	何兴道	南昌航空大学
	何平安	武汉大学	张新亮	华中科技大学
	郭永彩	重庆大学	曹益平	四川大学
	刘缠牢	西安工业大学	李儒新	中科院上海光学精密机械研究所
	赵尚弘	空军工程大学	董友梅	京东方科技集团
	蒋晓瑜	装甲兵工程学院	蔡毅	中国兵器科学研究院
	仲顺安	北京理工大学	冯其波	北京交通大学
	黄翊东	清华大学	张有光	北京航空航天大学
	李勇朝	西安电子科技大学	江毅	北京理工大学
	章毓晋	清华大学	谢凯年	赛灵思公司
	刘铁根	天津大学	张伟刚	南开大学
	王艳芬	中国矿业大学	宋峰	南开大学
	苑立波	哈尔滨工程大学	靳伟	香港理工大学
丛书责任编辑	盛东亮	清华大学出版社		

# 序

## FOREWORD

我国电子信息产业销售收入总规模在 2013 年已经突破 12 万亿元,行业收入占工业总体比重已经超过 9%。电子信息产业在工业经济中的支撑作用凸显,更加促进了信息化和工业化的高层次深度融合。随着移动互联网、云计算、物联网、大数据和石墨烯等新兴产业的爆发式增长,电子信息产业的发展呈现了新的特点,电子信息产业的人才培养面临着新的挑战。

(1) 随着控制、通信、人机交互和网络互联等新兴电子信息技术不断发展,传统工业设备融合了大量最新的电子信息技术,它们一起构成了庞大而复杂的系统,派生出大量新兴的电子信息技术应用需求。这些“系统级”的应用需求,迫切要求具有系统级设计能力的电子信息技术人才。

(2) 电子信息系统设备的功能越来越复杂,系统的集成度越来越高。因此,要求未来的设计者应该具备更扎实的理论基础知识和更宽广的专业视野。未来电子信息系统的设计越来越要求软件和硬件的协同规划、协同设计和协同调试。

(3) 新兴电子信息技术的发展依赖于半导体产业的不断推动,半导体厂商为设计者提供了越来越丰富的生态资源,系统集成厂商的全方位配合又加速了这种生态资源的进一步完善。半导体厂商和系统集成厂商所建立的这种生态系统,为未来的设计者提供了更加便捷却又必须依赖的设计资源。

教育部 2012 年颁布了新版《高等学校本科专业目录》,将电子信息类专业进行了整合,为各高校建立系统化的人才培养体系,培养具有扎实理论基础和宽广专业技能的、兼顾“基础”和“系统”的高层次电子信息人才给出了指引。

传统的电子信息学科专业课程体系呈现“自底向上”的特点,这种课程体系偏重对底层元器件的分析与设计,较少涉及系统级的集成与设计。近年来,国内很多高校对电子信息类专业课程体系进行了大力度的改革,这些改革顺应时代潮流,从系统集成的角度,更加科学合理地构建了课程体系。

为了进一步提高普通高校电子信息类专业教育与教学质量,贯彻落实《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010—2020 年)》和《教育部关于全面提高高等教育质量若干意见》(教高【2012】4 号)的精神,教育部高等学校电子信息类专业教学指导委员会开展了“高等学校电子信息类专业课程体系”的立项研究工作,并于 2014 年 5 月启动了《高等学校电子信息类专业系列教材》(教育部高等学校电子信息类专业教学指导委员会规划教材)的建设工作。其目的是为推进高等教育内涵式发展,提高教学水平,满足高等学校对电子信息类专业人才培养、教学改革与课程改革的需要。

本系列教材定位于高等学校电子信息类专业的专业课程,适用于电子信息类的电子信

息工程、电子科学与技术、通信工程、微电子科学与工程、光电信息科学与工程、信息工程及其相近专业。经过编审委员会与众多高校多次沟通,初步拟定分批次(2014—2017年)建设约100门课程教材。本系列教材将力求在保证基础的前提下,突出技术的先进性和科学的前沿性,体现创新教学和工程实践教学;将重视系统集成思想在教学中的体现,鼓励推陈出新,采用“自顶向下”的方法编写教材;将注重反映优秀的教学改革成果,推广优秀的教学经验与理念。

为了保证本系列教材的科学性、系统性及编写质量,本系列教材设立顾问委员会及编审委员会。顾问委员会由教指委高级顾问、特约高级顾问和国家级教学名师担任,编审委员会由教育部高等学校电子信息类专业教学指导委员会委员和一线教学名师组成。同时,清华大学出版社为本系列教材配置优秀的编辑团队,力求高水准出版。本系列教材的建设,不仅有众多高校教师参与,也有大量知名的电子信息类企业支持。在此,谨向参与本系列教材策划、组织、编写与出版的广大教师、企业代表及出版人员致以诚挚的感谢,并殷切希望本系列教材在我国高等学校电子信息类专业人才培养与课程体系建设中发挥切实的作用。

吕志伟 教授

# 前言

## PREFACE

数字信号处理器(DSP)是当今嵌入式系统开发的热点之一,随着 DSP 芯片运算能力与外设功能的大幅度提升,其应用领域日益广泛。美国德州仪器(TI)的 TMS320F281x 系列 DSP 芯片是一款面向实时控制优化的高性能 32 位定点数字信号处理器,片内集成了高速 DSP 内核及大容量 Flash 存储器、高速 RAM 存储器、面向电机控制的事件管理器、多通道高速 A/D 转换模块、增强型 CAN 总线通信接口、SCI 异步串行通信接口、SPI 串行外设接口、多通道缓冲接口、PLL 时钟控制模块、看门狗、32 位定时器、丰富的外设中断及多达 56 个通用数字 I/O 等外设模块,为设计功能复杂的数字控制系统提供了高性能的单芯片解决方案,广泛应用于精密运动控制、数字电源、可再生能源、电力线通信、LED 照明、汽车电子、家用电器、医疗设备等领域。

本书以 TMS320F281x 系列数字信号处理器为主线,结合丰富的实例讲述了 DSP 的工作原理及应用开发技术,各章节配有经过验证的应用开发例程以方便读者实践,每章后配有习题以配合课程教学需要。本书在 2009 年 4 月出版了第 1 版,已被国内多家高校选为 DSP 课程教材。在第 1 版的基础上,第 2 版主要对以下内容进行了增补和修订:

- (1) 更新了第 1 章绪论部分,介绍了 TI 各个系列 DSP 芯片的最新进展;
- (2) 新增了第 12 章,介绍了 DSP 芯片在陀螺稳定平台控制系统中的应用;
- (3) 在第 4、6 章增补了部分接口应用实例;
- (4) 结合第 1 版教材使用情况,对全书文字进行了修订。

全书可分为 3 个部分,共 12 章。第一部分包括第 1~8 章,主要介绍 TMS320F281x 系列 DSP 芯片的特点、内核结构及片内集成的外设模块。第二部分包括第 9~10 章,结合 DSP 实验装置讲述了 DSP 应用系统的硬件设计和软件开发基础知识。第三部分包括第 11~12 章,结合作者的科研工作介绍了 DSP 在无刷直流电动机控制和陀螺稳定平台控制系统中的应用。书中提供了较多的应用实例原理图和程序代码,附录还提供了 DSP 实验装置的电路原理图,以方便读者参考。

本书第 1~11 章由韩丰田编写,第 12 章由李海霞编写。在本书编写过程中,介绍的一些应用实例是作者与清华大学导航技术工程中心的同事、研究生共同合作的成果。本书在出版过程中得到清华大学出版社的大力支持,在此一并表示感谢。

限于编者水平有限,书中存在的错误和不当之处,敬请读者批评指正。

编著者

2014 年 3 月于清华大学

# 第1版前言

## PREFACE

为了适应数字信号处理技术的发展需求,近年来出现了许多高性能的数字信号处理器(digital signal processor, DSP)。伴随着超大规模集成电路技术水平和工艺的飞速进步, DSP 芯片的处理速度越来越快,功能越来越丰富,应用领域越来越广泛。

TMS320C2000 系列 DSP 芯片是 TI 面向工业控制推出的数字信号处理器,既具备数字信号器的强大运算能力,又像单片机一样在片内集成了丰富的外设与控制模块,因此又被称作数字信号控制器。新一代的 TMS320C28xx 系列与 TMS320C24x 的指令和大部分功能模块兼容,但运算能力提高了 20 倍,主要应用于大存储设备管理、高性能的数字控制等场合,如多轴运动控制、电机驱动、机器人控制、数字电源、汽车电子、光通信网络、智能传感器等应用领域。

TMS320F281x 系列 DSP 芯片包括 TMS320F2810、TMS320F2811 和 TMS320F2812, 采用高性能的 32 位 CPU,指令执行速率达到 150MIPS。片内集成了大容量 Flash 存储器、高速 SRAM 存储器、功能强大的事件管理器、高速 A/D 转换模块、增强型 CAN 总线通信模块、SCI 串行通信接口、SPI 串行外设接口、多通道缓冲接口、PLL 时钟模块、看门狗、定时器以及多达 56 个通用 I/O 等外设单元,为用户提供了单芯片实现高性能数字控制系统的解决方案。

自 2006 年春开学以来,作者面向仪器科学与技术、光学工程、机械工程、电气工程、工业自动化等专业的研究生开设了“DSP 原理及应用技术”课程,开发了基于 TMS320F2812 的教学实验装置。作者根据多年从事 DSP 教学和科研工作的实践,对教学讲义进行修订后编写了这本教材,其目的是介绍 TMS320C28xx 系列 DSP 的原理与应用系统开发技术。书中以目前广泛应用的 TMS320F2812 为主线,详细介绍了 DSP 芯片的硬件结构、外设模块的原理及应用、C 语言编程、应用系统设计与开发技术。结合作者开发的 DSP 实验装置,在介绍各个功能单元的同时提供了相应的应用实例,给出了硬件电路原理图和 C 语言程序。考虑到与多通道缓冲串口兼容的外设芯片较少,本书没有专门介绍 TMS320F281x 的多通道缓冲串口,感兴趣的读者可参考 TI 的参考文献。有关实验装置及本书内容方面的问题欢迎与作者及时沟通,邮箱地址: hanft99@mails. tsinghua. edu. cn。

本书的内容可分为两大部分,前 8 章介绍 TMS320F281x 的原理和片内外设模块,并给出了较多的接口应用和编程实例;后 3 章面向 DSP 系统设计,介绍 DSP 应用系统的硬件设计基础和 C 语言编程,并结合工程应用实例和开发的实验装置介绍 DSP 系统的硬件和软件开发技术。此外,在每章后附有习题以配合课程教学的需要。

在本书的编写过程中,王芃参加了部分资料的整理和实验开发工作,研究生陈景春、付真斌、张冲等对书稿进行了阅读并提出了许多中肯的建议,杨俊霞参与了本书的文字录入工



作。本书在选题和出版过程中得到了清华大学出版社的大力支持,在此一并表示感谢。  
限于编者水平,书中存在的错误和不当之处,恳请读者批评指正。

韩丰田

2008年12月

# 目录

## CONTENTS

<b>第 1 章 绪论</b> .....	1
1.1 TMS320 系列 DSP 芯片 .....	2
1.2 TMS320C28x 系列 DSP 芯片简介 .....	3
1.3 TMS320F281x 系列 DSP 芯片 .....	7
1.3.1 TMS320F281x 的功能和特点 .....	7
1.3.2 TMS320F281x 的主要外设模块 .....	9
1.3.3 TMS320F281x 芯片的封装 .....	11
1.4 基于 DSP 的运动控制系统 .....	12
1.4.1 数字控制系统 .....	12
1.4.2 运动控制技术 .....	13
1.4.3 基于 TMS320F281x 的运动控制系统 .....	14
习题与思考题 .....	15
<b>第 2 章 系统控制及中断</b> .....	16
2.1 时钟及系统控制 .....	16
2.1.1 时钟概述 .....	16
2.1.2 振荡器与基于锁相环的时钟模块 .....	17
2.1.3 外设时钟的配置 .....	20
2.1.4 低功耗模式 .....	21
2.1.5 看门狗 .....	23
2.2 CPU 定时器 .....	26
2.3 通用数字 I/O .....	30
2.3.1 GPIO 概述 .....	30
2.3.2 GPIO 寄存器 .....	33
2.4 外设中断扩展模块 .....	34
2.4.1 PIE 控制器概述 .....	35
2.4.2 中断向量表的映射 .....	37
2.4.3 中断源及其响应过程 .....	38
2.4.4 PIE 中断向量表 .....	40

2.4.5 定时器 0 中断举例 .....	44
习题与思考题 .....	46
<b>第 3 章 存储器及外部接口 .....</b>	<b>47</b>
3.1 片内存储器接口 .....	47
3.1.1 CPU 内部总线 .....	47
3.1.2 32 位数据访问的地址分配 .....	49
3.2 存储器映射 .....	49
3.3 片内 Flash 存储器 .....	53
3.3.1 Flash 存储器概述 .....	53
3.3.2 Flash 存储器空间分配 .....	53
3.4 外部扩展接口 .....	55
3.4.1 外部接口功能描述 .....	55
3.4.2 XINTF 的配置 .....	57
3.4.3 配置建立、有效和保持阶段的等待状态 .....	62
3.4.4 XINTF 的寄存器 .....	64
3.4.5 外部接口的 DMA 访问 .....	67
3.5 外部接口的应用 .....	68
3.5.1 扩展外部存储器 .....	68
3.5.2 扩展 D/A 转换器 .....	69
习题与思考题 .....	70
<b>第 4 章 串行通信接口 .....</b>	<b>72</b>
4.1 SCI 模块 .....	73
4.1.1 SCI 模块概述 .....	73
4.1.2 SCI 模块的结构 .....	74
4.1.3 SCI 的通信格式 .....	75
4.1.4 波特率设置 .....	77
4.1.5 SCI 的中断 .....	78
4.1.6 SCI 的 FIFO 操作 .....	79
4.2 SCI 模块的多处理器通信 .....	80
4.2.1 多处理器通信概述 .....	80
4.2.2 空闲线多处理器模式 .....	82
4.2.3 地址位多处理器模式 .....	83
4.3 SCI 的寄存器 .....	84
4.4 SCI 应用举例 .....	91
4.4.1 标准串行总线接口 .....	91
4.4.2 通信接口电路 .....	94
4.4.3 SCI 接口编程举例 .....	95

4.4.4	SCI 通信软件设计 .....	98
	习题与思考题 .....	100
<b>第 5 章</b>	<b>串行外设接口 .....</b>	<b>101</b>
5.1	SPI 模块概述 .....	101
5.2	SPI 的操作模式 .....	104
5.2.1	SPI 的数据发送和接收 .....	104
5.2.2	SPI 的主/从操作模式 .....	105
5.3	SPI 模块的设置 .....	106
5.3.1	SPI 的数据格式 .....	106
5.3.2	设置波特率和时钟模式 .....	107
5.3.3	SPI 的中断控制 .....	109
5.3.4	SPI 的初始化 .....	109
5.3.5	数据传输举例 .....	110
5.4	SPI 的 FIFO 操作 .....	111
5.5	SPI 模块的寄存器 .....	113
5.6	SPI 模块应用举例 .....	119
5.6.1	与温度传感器芯片 ADT7301 的接口 .....	119
5.6.2	与 D/A 转换器 MAX5253 的接口 .....	122
5.6.3	扩展多个 SPI 接口外设芯片 .....	126
	习题与思考题 .....	127
<b>第 6 章</b>	<b>增强型 CAN 控制器 .....</b>	<b>128</b>
6.1	eCAN 模块概述 .....	129
6.2	eCAN 网络与功能模块 .....	130
6.2.1	CAN 协议概述 .....	130
6.2.2	eCAN 控制器 .....	131
6.2.3	消息邮箱 .....	134
6.3	eCAN 模块的寄存器 .....	137
6.4	eCAN 模块的配置与操作 .....	159
6.4.1	CAN 模块的初始化 .....	159
6.4.2	eCAN 模块的配置步骤 .....	162
6.4.3	远程帧邮箱的处理 .....	165
6.4.4	CAN 模块的中断操作 .....	166
6.4.5	CAN 模块的掉电模式 .....	171
6.5	eCAN 模块的应用 .....	172
6.5.1	CAN 网络接口 .....	172
6.5.2	eCAN 模块应用举例 .....	173
6.5.3	eCAN 模块点对点通信举例 .....	178

习题与思考题 .....	180
<b>第 7 章 事件管理器 .....</b>	<b>181</b>
7.1 事件管理器概述 .....	181
7.2 通用定时器 .....	187
7.2.1 通用定时器概述 .....	187
7.2.2 通用定时器的功能模块 .....	187
7.2.3 通用定时器的计数操作 .....	194
7.2.4 通用定时器的比较操作 .....	197
7.2.5 应用通用定时器产生 PWM 信号 .....	201
7.3 比较单元及 PWM 电路 .....	203
7.3.1 全比较单元 .....	204
7.3.2 与比较单元相关的 PWM 电路 .....	207
7.3.3 PWM 波形的产生 .....	211
7.3.4 空间矢量 PWM 波形的产生 .....	214
7.3.5 应用事件管理器产生 PWM 波形 .....	216
7.4 捕获单元 .....	218
7.4.1 捕获单元的结构 .....	219
7.4.2 捕获单元的操作 .....	220
7.4.3 正交编码脉冲电路 .....	222
7.5 事件管理器的中断 .....	225
7.5.1 事件管理器的中断概述 .....	225
7.5.2 事件管理器的中断寄存器 .....	227
习题与思考题 .....	229
<b>第 8 章 A/D 转换模块 .....</b>	<b>230</b>
8.1 A/D 转换模块概述 .....	230
8.2 自动转换排序器的工作原理 .....	232
8.3 ADC 模块的转换操作 .....	236
8.3.1 排序器的连续排序模式 .....	236
8.3.2 排序器的启动-停止模式 .....	238
8.3.3 启动 A/D 转换的触发源 .....	239
8.3.4 排序转换时的中断操作 .....	240
8.4 ADC 时钟的预定标 .....	242
8.5 低功耗模式与上电次序 .....	242
8.6 ADC 模块的寄存器 .....	244
8.7 ADC 模块应用举例 .....	250
习题与思考题 .....	252

<b>第 9 章 DSP 系统硬件设计基础</b> .....	254
9.1 DSP 系统设计概述 .....	254
9.2 DSP 最小系统设计 .....	258
9.2.1 DSP 最小系统组成 .....	258
9.2.2 时钟电路 .....	259
9.2.3 电源与复位电路 .....	259
9.2.4 JTAG 仿真接口 .....	261
9.2.5 3.3V 与 5V 混合逻辑系统设计 .....	264
9.3 基于 TMS320F2812 的实验开发系统 .....	265
9.3.1 实验开发系统概述 .....	265
9.3.2 DSP 实验系统的硬件设置 .....	266
习题与思考题 .....	270
<b>第 10 章 TMS320C28x 的软件开发</b> .....	271
10.1 TMS320C28x 的 C 语言编程基础 .....	271
10.1.1 数据类型 .....	271
10.1.2 外设寄存器的位域结构定义 .....	272
10.1.3 编译预处理 .....	275
10.1.4 在 C 语言中嵌入汇编语言 .....	277
10.1.5 关键字 .....	278
10.1.6 pragma 伪指令 .....	280
10.1.7 如何分配段至存储器中 .....	281
10.1.8 链接命令文件 .....	283
10.2 典型的 C 工程文件 .....	284
10.2.1 典型的工程文件组成 .....	284
10.2.2 软件执行流程 .....	292
10.2.3 软件开发流程 .....	293
10.3 从片内 Flash 运行应用程序 .....	294
10.3.1 将段链接至存储器 .....	294
10.3.2 将段从 Flash 复制至 RAM .....	295
10.3.3 复位后如何从 Flash 中运行程序 .....	299
10.3.4 在引导过程中如何屏蔽看门狗定时器 .....	300
10.3.5 从 Flash 引导的链接命令文件实例 .....	301
10.3.6 设置引导模式 .....	303
习题与思考题 .....	304

<b>第 11 章 无刷直流电动机控制</b>	305
11.1 无刷直流电动机的工作原理	305
11.1.1 基本组成	305
11.1.2 工作原理	307
11.1.3 数学模型	309
11.2 基于 F281x 的无刷直流电动机控制系统	311
11.2.1 无刷直流电动机控制系统概述	311
11.2.2 硬件结构	312
11.2.3 软件设计	314
11.3 陀螺仪壳体翻滚装置设计	321
11.3.1 系统组成	321
11.3.2 轨迹规划	322
11.3.3 控制系统分析与仿真	323
11.3.4 实验结果及分析	325
习题与思考题	326
<b>第 12 章 陀螺稳定平台控制</b>	327
12.1 陀螺稳定平台控制概述	327
12.1.1 稳定平台工作原理	327
12.1.2 平台控制系统组成	328
12.1.3 四环平台系统动力学模型	331
12.2 感应同步器测角系统	332
12.2.1 感应同步器的工作原理	332
12.2.2 测角系统硬件电路	335
12.2.3 测角系统软件设计	337
12.2.4 测角系统实验结果	338
12.3 光纤通信系统	339
12.3.1 光纤通信系统硬件组成	340
12.3.2 光纤通信系统软件设计	343
12.3.3 光通信系统实验结果	345
12.4 平台伺服控制系统	345
12.4.1 两相永磁同步力矩电动机的矢量控制	345
12.4.2 位置控制系统分析与设计	347
12.4.3 位置环数字控制器实现	350
12.4.4 平台稳定回路实验结果	354
习题与思考题	355

附录 A F281x 系列 DSP 芯片的引脚信号 .....	356
附录 B DSP 实验装置电路原理图 .....	359
附录 C 部分英文缩写 .....	365
参考文献 .....	368



数字信号处理器(Digital Signal Processor, DSP)是一种专门用来实现各种数字信号处理算法的微处理器,通常可分为专用 DSP 和通用 DSP 两类。专用 DSP 用来实现某些特定的数字信号处理功能,如数字滤波、FFT 等。它不需要用户编程,使用方便,处理速度快,但缺乏灵活性。而通用 DSP 有完整的指令系统,可通过编程来实现各种数字信号处理功能,易于软件更新与系统升级。

自 20 世纪 80 年代以来, DSP 技术得到迅猛发展。随着 DSP 芯片的运算能力越来越强大,芯片内部集成的功能模块越来越丰富,在通信、雷达、数字电视、语音处理、计算机外设、工业自动化等领域的应用日益广泛。 DSP 的显著特点是适合于数学计算密集的应用场合,如典型的数字信号处理算法包括 FFT、数字滤波等。与其他微处理器相比,通过在 DSP 芯片的体系结构上采取一系列措施,使其在数学计算方面具有优越的性能。 DSP 的另一个特点是实时计算能力强,可用于通信领域的调制和解调、雷达信号检测与处理、运动控制系统的控制算法计算等,在若干微秒至毫秒内完成对输入数据的处理,并且给出运算结果。 DSP 具有快速的中断响应能力和硬件 I/O 接口,保证了关键任务的实时处理。

DSP 芯片主要用于实时、快速地实现各种复杂的数字信号处理算法,除具备通用微处理器的高速运算和控制功能外,针对高速数据传输、密集数据运算、实时数据处理等需求,在处理器结构、指令系统和指令流程设计等方面都作了专门设计。概括起来, DSP 芯片的主要特点如下:

- (1) 快速的指令周期,支持在一个指令周期内可完成一次乘法和一次加法运算;
- (2) 采用改进的哈佛总线结构,可以同时完成获取指令和数据读取操作;
- (3) 片内具有快速 RAM,可通过独立的总线对多个存储器块并行访问;
- (4) 硬件支持低开销或无开销的循环及跳转指令,使得 FFT、卷积等运算速度大大提高;
- (5) 快速的中断处理和硬件 I/O 支持,保证了实时响应能力;
- (6) 专用寻址单元,具有在单周期内操作的多个硬件地址产生器;
- (7) 采用流水线操作,使取指、译码、取操作数和执行指令等操作可以重叠执行;
- (8) 片内集成了丰富的外设模块,简化了系统硬件设计。

典型的数字信号处理系统如图 1.1 所示。其中,输入信号可以是语音、电流、电压、温度等模拟信号,输入信号经过模拟-数字转换(A/D)后,送入数字信号处理器进行处理,在对输入信号按照某种数字信号处理算法进行运算后,输出结果经过数字-模拟转换(D/A)、内插、平滑、滤波等处理后输出模拟信号。