



高等院校电子信息与电气学科特色教材

# DSP控制器原理及应用

张小鸣 主编

清华大学出版社





高等院校电子信息与电气学科特色教材

# DSP控制器原理及应用

张小鸣 主编

清华大学出版社  
北京

## 内 容 简 介

本文以 TI 公司(Texas Instruments, 美国德州仪器公司)生产的 TMS320C2000 系列 DSP 芯片为主线、TMS320LF2407A 芯片为例, 全面介绍了 TI 2000 系列 DSP 的硬件结构、接口技术、数值运算基础、指令系统、程序结构与设计方法、CC(Code Composer, 代码生成器)集成开发环境、C 编译器、DSP 汇编语言与 C 语言混合编程规则、常用 C 语言函数库、典型数字信号处理算法——快速傅里叶变换 FFT、FIR 数字滤波器、IIR 数字滤波器的 DSP 实现方法等。详细介绍了 TMS320C2xx 及 TMS320LF2407A 芯片的 CPU 结构、TMS320LF2407A 的中断系统、事件管理器、ADC、SCI、SPI、CAN、通用 I/O 器、WD、PLL 等丰富 DSP 集成外设模块的软硬件资源与编程方法, 对选用 DSP 芯片完成智能控制与电机控制有较好的参考价值。

全书共分 12 章, 章节安排符合 DSP 开发流程、结构合理、重点突出、内容翔实、通俗易懂, 工程应用实例丰富。前 10 章附有习题与思考题, 有助于教学与自学。

本文可作为普通高等院校自动化、通信工程、电子信息、计算机应用等专业本科或专科学生的“DSP 控制器原理及应用”课程教材, 也可供广大科技人员与研究生自学参考。

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

DSP 控制器原理及应用/张小鸣主编. —北京: 清华大学出版社, 2009. 2  
(高等院校电子信息与电气学科特色教材)

ISBN 978-7-302-18574-1

I. D… II. 张… III. 数字信号—信号处理—高等学校—教材 IV. TN911.72

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 142521 号

责任编辑: 王敏稚

责任校对: 李建庄

责任印制: 何 芊

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](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: 北京密云胶印厂

装 订 者: 北京市密云县京文制本装订厂

经 销: 全国新华书店

开 本: 185×260 印 张: 36.5 字 数: 884 千字

版 次: 2009 年 2 月第 1 版 印 次: 2009 年 2 月第 1 次印刷

印 数: 1~3000

定 价: 53.00 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: 028011-01

# 出版说明

随着我国高等教育逐步实现大众化以及产业结构的进一步调整,社会对人才的需求出现了层次化和多样化的变化,这反映到高等学校的定位与教学要求中,必然带来教学内容的差异化和教学方式的多样性。而电子信息与电气学科作为当今发展最快的学科之一,突出办学特色,培养有竞争力、有适应性的人才是很多高等院校的迫切任务。高等教育如何不断适应现代电子信息与电气技术的发展,培养合格的电子信息与电气学科人才,已成为教育改革中的热点问题之一。

目前我国电类学科高等教育的教学中仍然存在很多问题,例如在课程设置和教学实践中,学科分立,缺乏和谐与连通;局部知识过深、过细、过难,缺乏整体性、前沿性和发展性;教学内容与学生的背景知识相比显得过于陈旧;教学与实践环节脱节,知识型教学多于研究型教学,所培养的电子信息与电气学科人才还不能很好地满足社会的需求等。为了适应 21 世纪人才培养的需要,很多高校在电子信息与电气学科专业建设和课程建设方面都做了大量工作,包括国家级、省级、校级精品课的建设等,充分体现了各个高校重点专业的特色,也同时体现了地域差异对人才培养所产生的影响,从而形成各校自身的特色。许多一线教师在多年教学与科研方面已经积累了大量的经验,将他们的成果转化为教材的形式,向全国其他院校推广,对于深化我国高等学校的教学改革是一件非常有意义的事。

为了配合全国高校培育有特色的精品课程和教材,清华大学出版社在大量调查研究的基础之上,在教育部相关教学指导委员会的指导下,决定规划、出版一套“高等院校电子信息与电气学科特色教材”,系列教材将涵盖通信工程、电子信息工程、电子科学与技术、自动化、电气工程、光电信息工程、微电子学、信息安全等电子信息与电气学科,包括基础课程、专业主干课程、专业课程、实验实践类课程等多个方面。本套教材注重立体化配套,除主教材之外,还将配套教师用 CAI 课件、习题及习题解答、实验指导等辅助教学资源。

由于各地区、各学校的办学特色、培养目标和教学要求均有不同,所以对特色教材的理解也不尽一致,我们恳切希望大家在使用本套教材的过程中,及时给我们提出批评和改进意见,以便我们做好教材的修订改版工作,使其日趋完善。相信经过大家的共同努力,这套教材一定能成

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:王敏稚 wangmz@tup.tsinghua.edu.cn

# 前言

数字处理信号技术(Digital Signal Processing, DSP 技术)和数字信号处理器(Digital Signal Processor, DSP 芯片)是一门涉及数字信号处理、线性系统与信号、微机原理与汇编语言、接口技术、计算机高级语言程序设计、计算机仿真等多学科的技术。自从 20 世纪 80 年代 DSP 芯片在电子信息领域广泛应用以来,已经成为数字信号处理理论研究成果最重要的应用工具,并不断推动数字信号处理理论研究的深入和应用领域的拓展。

本书以 TMS320LF2407A 芯片作为内容主线,详细介绍 TI 公司的 C2000 系列 DSP 芯片的 CPU 结构、指令系统、汇编语言程序设计与 C 语言软件设计方法、常用数字信号处理算法 FFT、FIR、IIR 的 DSP 实现。TMS320LF2407A 是目前国内 TI 公司 C2000 系列中,性价比较高的一种控制类 DSP 芯片,与 TMS320C/F24x 系列 DSP 指令完全兼容,但是硬件资源更丰富,功能更强,因此,本书中有大量章节介绍 TMS320LF2407A 的片内可编程外设结构与使用方法,以便读者能深入了解该芯片的硬件性能并开发应用到实际嵌入式系统中去。

全书共分 12 章,第 1 章全面系统地介绍了数字信号处理的定点定标、数值运算基础、DSP 芯片发展、应用、分类等(推荐 4 学时,下同);第 2 章详细介绍 C2xx DSP 硬件结构和存储器配置、存储器扩展技术、程序控制技术等(4 学时);第 3 章详细介绍 C2xx 的寻址方式和指令系统、指令语法、伪指令、宏指令、链接器、命令文件结构等(6 学时);第 4 章详细介绍 C2xx 的程序结构和编程方法,开发工具,开发步骤,汇编语言与 C 语言混合编程方法,常用 C 语言库函数等(6 学时);第 5 章详细介绍 TMS320LF2407A 的初始化程序和中断向量、中断系统(4 学时);第 6 章详细介绍 TMS320LF2407A 的通用数字 I/O 引脚与配置寄存器(2 学时);第 7 章详细介绍 TMS320LF2407A 的事件管理器 A 与 B,读者可以掌握通用定时器、捕获单元等常用外设的事件管理与编程(4 学时);第 8 章详细介绍 TMS320LF2407A 的内嵌 ADC 模块、异步串口 SCI,同步串口 SPI 的结构与编程方法(6 学时);第 9 章详细介绍 TMS320LF2407A 内嵌 CAN 控制器的网络分层结构与 CAN 帧结构以及应用方法(4 学时);第 10 章详细介绍 FIR、IIR、FFT 的 DSP 实现原理与编程方法。读者可以进一步了解 DSP 芯片特有的专用数字信号处理指令在实现数字信号处理方法中发挥的快速处理的作用,例如位反转、循环寻址等(8 学时)。第 11 章是在作者已完成的 DSP 科研项目基础上编写的,介绍 DSP 技术在

矿用高爆开关微机保护系统中的应用,重点介绍电力系统参数测量算法及 DSP 实现、DSP 的 SPI 与 ZLG7289 接口设计技术、DSP+CPLD 在继电保护控制接口的抗干扰设计、DSP 与幻影实时时钟 DS13125 的接口设计(自学学时);第 12 章介绍 TMS320LF2407A 通过 SPI 或 SCI 将 Flash ROM 中的程序代码引导装载到 SARAM 中运行(自学学时)。

本书是在“DSP 控制器原理及应用”课程教学对象已达 5 届本科生的基础上编写完成的,书中许多实例和例程均在教学、实验过程中经过实践检验,有一定参考价值,第 1~10 章结尾都附有习题与思考题。第 1、3、4、5、9、10、11 章由张小鸣编写,第 2 章由梁向红编写,第 6 章由杨长春编写,第 7 章由朱正伟编写,第 8、12 章由马正华编写。全书由张小鸣统稿。

本书编程过程中,参考了国内外有关书籍和 TI 公司的产品手册,在此一并向所有参考文献的作者表示衷心的感谢。

本课程先修课程是数字电子技术、微机原理与接口技术、C 程序设计、数字信号处理,教学参考学时为 40~48,教学与自学比为 6:1 左右。

由于作者水平有限,书中难免存在错误与不足,恳请读者批评指正。

作者 E-mail 地址: xm0298@163.com。

作者

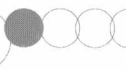
2008 年 11 月

# 目 录

第 1 章 DSP 概述 .....	1
1.1 DSP 概述 .....	1
1.1.1 DSP 的两种含义 .....	1
1.1.2 DSP 芯片组成的数字信号处理系统结构 .....	2
1.2 DSP 芯片的发展历程 .....	2
1.3 DSP 芯片的主要应用领域 .....	3
1.4 DSP 芯片的分类 .....	3
1.4.1 按数据格式分类 .....	3
1.4.2 按用途分类 .....	4
1.5 DSP 芯片的主要特点 .....	4
1.5.1 高集成度 .....	5
1.5.2 低功耗 .....	5
1.5.3 高速度 .....	5
1.5.4 开发工具更加完善 .....	6
1.6 DSP 芯片与单片机的关系 .....	6
1.6.1 DSP 与 MCU .....	6
1.6.2 冯·诺伊曼结构与哈佛结构 .....	6
1.6.3 CISC 与 RISC .....	6
1.6.4 DSP 与单片机融合技术 .....	7
1.6.5 DSP 与 FPGA 融合技术 .....	7
1.6.6 JTAG 仿真接口 .....	7
1.7 数值运算基础 .....	8
1.7.1 二进制补码的定义 .....	8
1.7.2 二进制补码运算规则 .....	9
1.7.3 二进制补码运算溢出问题 .....	9
1.7.4 小数点定标与 Q 表示法 .....	12
1.7.5 二进制补码的真值 .....	13
1.7.6 二进制浮点数表示法 .....	13
1.7.7 二进制定点数位长扩展与符号扩展 .....	15
1.7.8 二进制定点数与十进制实数的转换公式 .....	15
1.7.9 16 位二进制定点数与 C 语言 int 型变量之间的 转换 .....	16
习题与思考题 .....	17



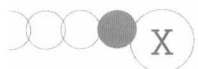
<b>第 2 章 CPU 结构和存储器配置</b> .....	20
2.1 TMS320LF2407A DSP 结构 .....	20
2.1.1 TMS320LF2407A 结构框图 .....	20
2.1.2 TMS320LF2407A 引脚图 .....	22
2.1.3 TMS320LF2407A 引脚功能 .....	23
2.2 TMS320LF2407A 总线结构框图 .....	29
2.2.1 哈佛总线框图 .....	29
2.2.2 多存储器存取与双存取 RAM .....	31
2.3 TMS320LF2407A 内部结构 .....	31
2.3.1 TMS320LF2407A CPU 功能模块结构 .....	31
2.3.2 C2xx DSP 内核结构图 .....	34
2.3.3 中央算术逻辑单元 CALU 及累加器 ACC .....	35
2.3.4 输入定标移位器 .....	36
2.3.5 输出定标移位器 .....	37
2.3.6 乘法器 .....	37
2.3.7 辅助寄存器算术单元 ARAU 与当前 AR .....	37
2.3.8 状态寄存器 ST0 和 ST1 .....	37
2.4 TMS320LF2407A 存储器与 I/O 空间 .....	40
2.4.1 存储器映射图 .....	40
2.4.2 数据存储器与外设寄存器映射图 .....	44
2.4.3 I/O 空间映射图 .....	47
2.4.4 外部程序存储器扩展技术 .....	47
2.4.5 数据存储器扩展技术 .....	50
2.4.6 I/O 空间扩展技术 .....	50
2.5 程序地址控制 .....	51
2.5.1 程序地址生成器 .....	51
2.5.2 硬堆栈与微堆栈 .....	53
习题与思考题 .....	54
<b>第 3 章 寻址方式与指令系统</b> .....	56
3.1 寻址方式 .....	56
3.1.1 立即寻址方式 .....	56
3.1.2 直接寻址方式 .....	57
3.1.3 间接寻址方式 .....	61
3.2 指令系统 .....	66
3.2.1 指令集分类与列表 .....	66
3.2.2 汇编指令详解 .....	72
3.2.3 汇编指令语法 .....	106



3.3	伪指令 .....	109
3.3.1	段定义伪指令 .....	109
3.3.2	初始化常数伪指令 .....	111
3.3.3	设置段程序计数器伪指令 .....	112
3.3.4	引用文件伪指令 .....	112
3.3.5	符号定义伪指令 .....	113
3.3.6	其他伪指令 .....	114
3.3.7	存储器分配伪指令 .....	114
3.3.8	段分配伪指令 .....	115
3.4	宏指令 .....	117
3.4.1	宏定义 .....	117
3.4.2	宏调用 .....	118
	习题与思考题 .....	119
<b>第 4 章</b>	<b>DSP 程序结构与设计方法 .....</b>	<b>122</b>
4.1	CC 集成开发环境 .....	122
4.1.1	CC4.10 的安装与配置 .....	122
4.1.2	主要菜单及功能介绍 .....	124
4.1.3	CC 建立工程文件的步骤 .....	127
4.1.4	CC 下工程文件设计结构 .....	129
4.2	DSP 汇编源程序设计方法 .....	129
4.2.1	COFF 公共目标文件格式 .....	129
4.2.2	链接器命令文件 .....	131
4.2.3	头文件 .....	132
4.2.4	模块化设计举例 .....	139
4.3	DSP C 源程序设计方法 .....	147
4.3.1	C 编译器运行支持库 .....	147
4.3.2	C 编译器创建的段 .....	148
4.3.3	C 源程序使用的链接器命令文件 .....	152
4.3.4	C 标识符及数据类型 .....	153
4.3.5	C 存储器模式 .....	153
4.3.6	C 编译器寄存器使用约定 .....	157
4.3.7	函数结构和调用约定 .....	159
4.3.8	汇编语言与 C 语言接口规则 .....	161
4.3.9	中断服务 C 程序设计 .....	164
4.3.10	I/O 变量 C 声明语句 .....	165
4.3.11	避免编译器优化 volatile 关键字 .....	166
4.4	C2xx 常用 C 库函数 .....	176
4.4.1	通用实用程序库函数 .....	176

4.4.2	浮点数学运算库函数 .....	180
4.4.3	输入输出宏库函数 .....	186
4.4.4	字符功能库函数 .....	186
4.4.5	C库函数应用举例 .....	194
	习题与思考题 .....	198
<b>第5章</b>	<b>初始化配置与中断系统 .....</b>	<b>200</b>
5.1	系统硬件配置结构 .....	200
5.2	系统配置寄存器 .....	201
5.2.1	系统控制与状态寄存器 1 .....	201
5.2.2	系统控制与状态寄存器 2 .....	203
5.2.3	器件标识号寄存器 .....	204
5.3	看门狗定时器控制寄存器 .....	205
5.3.1	看门狗定时器概述 .....	205
5.3.2	看门狗定时器工作原理 .....	205
5.3.3	看门狗控制寄存器 .....	208
5.3.4	WCDR 初始化 .....	211
5.4	低功耗模式 .....	211
5.4.1	时钟域 .....	211
5.4.2	唤醒低功耗模式 .....	212
5.4.3	FLASH 断电 .....	214
5.5	等待状态发生器控制寄存器 .....	214
5.5.1	用 READY 信号产生等待状态 .....	214
5.5.2	用等待状态发生器产生等待状态 .....	215
5.5.3	WSGR 初始化 .....	216
5.6	中断源优先级和中断向量表 .....	216
5.7	外设中断扩展控制器 .....	219
5.7.1	中断层次 .....	220
5.7.2	中断请求结构 .....	221
5.7.3	中断应答 .....	221
5.8	中断向量 .....	221
5.8.1	假中断向量 .....	222
5.8.2	中断服务程序软件层次 .....	223
5.8.3	不可屏蔽中断 .....	223
5.8.4	全局中断使能位 .....	223
5.9	中断响应流程 .....	224
5.10	中断等待时间 .....	225
5.11	ISR 代码实例 .....	225
5.12	CPU 中断控制寄存器 .....	227

5.12.1	CPU 中断标志寄存器 .....	227
5.12.2	CPU 中断屏蔽寄存器 .....	228
5.13	外设中断寄存器 .....	229
5.13.1	外设中断向量寄存器 .....	229
5.13.2	外设中断请求寄存器 0 .....	230
5.13.3	外设中断请求寄存器 1 .....	231
5.13.4	外设中段请求寄存器 2 .....	232
5.13.5	外设中断应答寄存器 0 .....	232
5.13.6	外设中断应答寄存器 1 .....	233
5.13.7	外设中断应答寄存器 2 .....	234
5.14	复位和无效地址检测 .....	235
5.14.1	复位信号源 .....	235
5.14.2	上电复位电路 .....	235
5.14.3	无效地址检测 .....	236
5.15	外引脚中断控制寄存器 .....	236
5.15.1	外引脚中断 1 控制寄存器 .....	236
5.15.2	外引脚中断 2 控制寄存器 .....	237
5.16	锁相环时钟电路 .....	238
5.16.1	锁相环时钟模块电路 .....	238
5.16.2	外部滤波器电路 .....	239
5.16.3	外部参考晶振时钟 .....	240
5.16.4	外部参考振荡器时钟 .....	241
5.16.5	PLL 旁路方式 .....	241
5.17	TMS320LF2407A 公共初始化程序举例 .....	241
5.17.1	汇编源程序开头公共初始化程序 .....	241
5.17.2	C 语言源程序开头公共初始化程序 .....	242
	习题与思考题 .....	242
<b>第 6 章</b>	<b>通用数字输入输出引脚</b> .....	<b>244</b>
6.1	通用 I/O 引脚寄存器概述 .....	244
6.2	I/O 引脚复用控制寄存器 .....	245
6.2.1	I/O 端口复用控制寄存器 A .....	245
6.2.2	I/O 端口复用控制寄存器 B .....	246
6.2.3	I/O 端口复用控制寄存器 C .....	247
6.3	数据和方向控制寄存器 .....	248
6.3.1	I/O 端口 A 数据和方向控制寄存器 .....	248
6.3.2	I/O 端口 B 数据和方向控制寄存器 .....	249
6.3.3	I/O 端口 C 数据和方向控制寄存器 .....	250
6.3.4	I/O 端口 D 数据和方向控制寄存器 .....	251



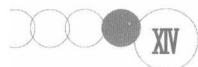
6.3.5	I/O 端口 E 数据和方向控制寄存器 .....	252
6.3.6	I/O 端口 F 数据和方向控制寄存器 .....	252
6.4	通用 I/O 端口配置实例 .....	253
6.5	通用 I/O 引脚应用举例 .....	255
6.5.1	通用 I/O 查询输入 .....	255
6.5.2	通用 I/O 引脚输出 .....	257
	习题与思考题 .....	259
<b>第 7 章</b>	<b>事件管理器</b> .....	<b>260</b>
7.1	事件管理器模块概述 .....	260
7.1.1	事件管理器结构 .....	261
7.1.2	事件管理器引脚 .....	262
7.1.3	功率驱动保护中断 .....	263
7.1.4	EV 寄存器 .....	264
7.1.5	EV 中断 .....	264
7.2	事件管理寄存器 .....	265
7.3	通用定时器 .....	267
7.3.1	通用定时器概述 .....	267
7.3.2	通用定时器计数操作 .....	273
7.3.3	通用定时器比较操作 .....	277
7.3.4	定时器控制寄存器 .....	280
7.3.5	通用定时器的 PWM 输出 .....	284
7.3.6	通用定时器复位 .....	285
7.4	比较单元 .....	285
7.4.1	比较单元概述 .....	285
7.4.2	比较单元寄存器 .....	287
7.4.3	比较单元中断 .....	292
7.4.4	比较单元复位 .....	292
7.5	比较单元与脉宽调制电路 .....	292
7.5.1	脉宽调制电路概述 .....	292
7.5.2	PWM 波形发生器特征 .....	293
7.5.3	可编程死区单元 .....	293
7.6	用比较单元和 PWM 电路产生 PWM 波形 .....	297
7.6.1	PWM 信号 .....	297
7.6.2	用事件管理器产生 PWM 输出 .....	298
7.6.3	PWM 产生的寄存器设置 .....	298
7.6.4	非对称和对称 PWM 的产生 .....	298
7.7	空间向量 PWM .....	300
7.7.1	空间向量 PWM 理论概述 .....	300

7.7.2	用 EV 产生空间向量 PWM 波形 .....	302
7.8	捕获单元 .....	304
7.8.1	捕获单元特性 .....	304
7.8.2	捕获单元操作 .....	306
7.8.3	捕获控制寄存器 .....	306
7.8.4	捕获单元 FIFO 堆栈 .....	311
7.8.5	捕获中断 .....	311
7.9	正交编码器脉冲电路 .....	312
7.9.1	正交编码器脉冲引脚 .....	312
7.9.2	正交编码器脉冲电路时间基准 .....	312
7.9.3	正交编码器脉冲电路的解码 .....	313
7.9.4	正交编码器脉冲电路的计数 .....	314
7.9.5	正交编码器脉冲电路的寄存器设置 .....	314
7.10	事件管理器中断 .....	314
7.10.1	EV 中断请求和服务 .....	315
7.10.2	事件管理器中断寄存器 .....	316
7.11	事件管理器应用实例 .....	326
7.11.1	事件管理器 EVA 的定时器 1 操作 .....	326
7.11.2	事件管理器的捕获单元操作 .....	328
7.11.3	事件管理器的 QEP 功能应用 .....	335
	习题与思考题 .....	336
<b>第 8 章</b>	<b>ADC、SCI、SPI 外设模块 .....</b>	<b>338</b>
8.1	ADC 模块 .....	338
8.1.1	ADC 特性与结构框图 .....	338
8.1.2	AD 通道排序连续自动转换工作原理 .....	341
8.1.3	ADC 控制寄存器与工作模式 .....	345
8.1.4	ADC 工作管理 .....	356
8.1.5	排序转换期间的中断操作 .....	359
8.1.6	ADC 时钟预定标 .....	360
8.1.7	ADC 校准 .....	361
8.1.8	ADC 转换时钟周期 .....	361
8.1.9	ADC 模块初始化实例 .....	362
8.1.10	A/D 转换 C 实验程序设计 .....	364
8.2	串行通信接口 .....	367
8.2.1	串行通信接口的结构 .....	367
8.2.2	可编程的数据格式 .....	370
8.2.3	SCI 多处理器通信 .....	371
8.2.4	SCI 通信模式 .....	374

8.2.5	串行通信接口中断	376
8.2.6	SCI 波特率计算	377
8.2.7	SCI 模块寄存器	378
8.2.8	串行通信实例程序	386
8.3	串行外设接口	390
8.3.1	串行外设接口的物理描述	390
8.3.2	SPI 模块寄存器概述	392
8.3.3	SPI 操作	393
8.3.4	SPI 中断	395
8.3.5	数据格式	396
8.3.6	SPI 波特率和时钟模式	397
8.3.7	SPI 复位初始化	399
8.3.8	SPI 数据传送实例	399
8.3.9	SPI 控制寄存器	400
8.3.10	SPI 串行通信实例	407
	习题与思考题	409
<b>第9章</b>	<b>CAN 控制器</b>	<b>411</b>
9.1	CAN 总线技术概述	411
9.2	CAN 总线 ISO/OSI 参考模型	412
9.2.1	数据链路层	413
9.2.2	物理层	413
9.3	CAN 控制器模块	414
9.3.1	CAN 控制器模块结构框图	414
9.3.2	CAN 控制器模块内存映射	415
9.4	邮箱和信息对象	417
9.4.1	信息对象	417
9.4.2	邮箱布局	417
9.4.3	信息缓冲器	419
9.4.4	写访问邮箱 RAM	419
9.4.5	发送邮箱	420
9.4.6	接收邮箱	420
9.4.7	远程帧处理	420
9.4.8	邮箱配置	422
9.4.9	CAN 接收滤波器	422
9.5	CAN 控制寄存器	423
9.5.1	邮箱方向/使能寄存器	423
9.5.2	发送控制寄存器	424
9.5.3	接收控制寄存器	425

9.5.4	主控制寄存器 .....	427
9.5.5	位配置寄存器 .....	428
9.6	CAN 状态寄存器 .....	431
9.6.1	错误状态寄存器 .....	431
9.6.2	全局状态寄存器 .....	432
9.6.3	错误计数寄存器 .....	433
9.7	CAN 中断逻辑 .....	434
9.7.1	CAN 中断标志寄存器 .....	434
9.7.2	CAN 中断屏蔽寄存器 .....	435
9.8	CAN 初始化配置 .....	437
9.9	低功耗和挂起模式 .....	437
9.9.1	低功耗模式 .....	437
9.9.2	挂起模式 .....	438
9.10	CAN 模块扩展硬件接口 .....	439
9.10.1	接口驱动器件的选择 .....	439
9.10.2	CAN 物理接口 .....	440
9.11	CAN 通信实例 .....	440
	习题与思考题 .....	445
<b>第 10 章</b>	<b>数字信号处理算法的 DSP 实现 .....</b>	<b>447</b>
10.1	DIT-FFT 基本原理 .....	447
10.1.1	DIT-FFT 算法 .....	448
10.1.2	基 2 DIT-FFT 微机算法实现 .....	454
10.2	数字滤波器设计基础 .....	477
10.2.1	数字滤波器的正馈元件符号 .....	477
10.2.2	数字滤波器的反馈元件符号 .....	478
10.2.3	滤波器原理与分类 .....	478
10.2.4	FIR 滤波器的 DSP 实现 .....	482
10.2.5	IIR 滤波器的 DSP 实现 .....	497
10.2.6	FIR 滤波器与 IIR 滤波器比较 .....	506
	习题与思考题 .....	507
<b>第 11 章</b>	<b>DSP 在高爆开关微机保护系统中的应用 .....</b>	<b>508</b>
11.1	基于 DSP 高爆开关微机保护系统硬件结构 .....	508
11.1.1	交流采样层 .....	508
11.1.2	DSP 主控制层 .....	509
11.1.3	I/O 层 .....	509
11.2	基于 DSP 的电力参数测量算法 .....	510
11.2.1	交流采样电参量测量模型 .....	510





- 11.3 基于 DSP+CPLD 控制接口可靠性设计 ..... 516
  - 11.3.1 高爆开关微机保护系统可靠性分析 ..... 516
  - 11.3.2 基于 DSP+CPLD 状态机控制接口设计 ..... 518
- 11.4 SPI 接口与 ZLG7289 串行 LED 显示器接口设计 ..... 521
  - 11.4.1 串行 LED 控制器 ZLG7289A ..... 521
  - 11.4.2 ZLG7289A 与 DSP 的 SPI 硬件接口 ..... 529
  - 11.4.3 ZLG7289A 与 DSP 的 SPI 软件接口设计 ..... 530
- 11.5 DSP 与幻影实时时钟芯片 DS1315 的接口设计 ..... 538
  - 11.5.1 DS1315 引脚与特性 ..... 539
  - 11.5.2 DS1315 工作方式 ..... 540
  - 11.5.3 DS1315 存取时序分析 ..... 541
  - 11.5.4 DS1315 内部结构和 8 个模式字 ..... 542
  - 11.5.5 DS1315 时间寄存器 ..... 543
  - 11.5.6 DS1315 的 SRAM 掉电保护 ..... 544
  - 11.5.7 DS1315 读写子程序流程图设计 ..... 544
  - 11.5.8 DS1315 读写 DSP 例程 ..... 546
- 第 12 章 TMS320LF240xA 引导 ROM 程序——协议与接口 ..... 551**
  - 12.1 引导 ROM 程序概述 ..... 551
  - 12.2 协议定义 ..... 554
    - 12.2.1 SPI 同步传输协议和数据格式 ..... 554
    - 12.2.2 SCI 异步传输协议和数据格式 ..... 555
- 参考文献 ..... 564**