

DSP原理及应用



教育部高等学校自动化专业
教学指导分委员会规划
工程应用型自动化专业系列教材

艾红 樊生文 编著



教育部高等学校自动化专业
教学指导分委员会规划
工程应用型自动化专业系列教材

DSP原理及应用

DSP Yuanli ji Yingyong

艾红 樊生文 编著



内容简介

本书是教育部高等学校自动化专业教学指导分委员会立项的“工程应用型自动化专业课程体系研究与教材建设”项目的成果。本书以 TI 公司的 TMS320F2812 为主线,介绍了数字信号处理器 DSP (Digital Signal Processor) 的基本原理与应用。全书共分 13 章:第 1~2 章介绍 DSP 技术的基本结构、主要特征和时钟电路;第 3 章介绍中断系统与应用;第 4 章介绍通用输入输出 GPIO 与 CPU 定时器;第 5 章介绍存储器映射和外部接口 XINTF;第 6 章介绍 DSP 的事件管理器,事件管理器是控制电机的重要模块;第 7 章介绍串行通信接口 SCI 应用技术;第 8 章介绍 A/D 转换模块;第 9 章介绍 DSP 应用中的 C 语言以及程序结构;第 10 章介绍串行外设接口 SPI 和 D/A 转换功能的实现。第 11~13 章介绍无刷直流电机、异步感应电机和数字信号处理的具体应用案例。

本书通过每章综合举例或者对重点内容的总结,力求使读者深入了解 DSP 各个模块,并具备应用 DSP 技术解决工程应用型问题的基础。本书通过实例分析掌握重要模块的核心内容、特点和应用方法,重点介绍 DSP 原理涉及的新技术、新方法以及无刷直流电机、异步感应电机和数字信号处理的典型应用案例。

本书既可作为大专院校自动化、计算机、电气工程、测控等相关专业的教材,也可供从事测量、运动控制系统、智能仪表设计和开发的科研与工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

DSP 原理及应用/艾红,樊生文编著. —北京:高等教育出版社, 2012. 12

ISBN 978 - 7 - 04 - 036602 - 0

I. ①D… II. ①艾… ②樊… 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 (2012) 第 299978 号

策划编辑 王耀锋
责任校对 刁丽丽

责任编辑 王耀锋
责任印制 朱学忠

封面设计 张雨微

版式设计 杜微言

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100120
印 刷 涿州市京南印刷厂
开 本 787mm × 1092mm 1/16
印 张 43.5
字 数 960 千字
购书热线 010 - 58581118

咨询电话 400 - 810 - 0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landracom.com>
<http://www.landracom.com.cn>
版 次 2012 年 12 月第 1 版
印 次 2012 年 12 月第 1 次印刷
定 价 67.00 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究
物 料 号 36602 - 00

工程应用型自动化专业 课程体系研究与教材建设委员会

主任委员： 吴 澄(清华大学)

副主任委员： 韩九强(西安交通大学)

萧德云(清华大学)

薛安克(杭州电子科技大学)

专家委员(按姓氏笔画)：

王 普(北京工业大学)

刘小河(北京信息科技大学)

吴晓蓓(南京理工大学)

赵光宙(浙江大学)

彭 瑜(上海工业自动化仪表研究院)

韩力群(北京工商大学)

任德祥(上海宝钢集团)

吴重光(北京化工大学)

张德江(长春工业大学)

凌志浩(华东理工大学)

谢克明(太原理工大学)

戴先中(东南大学)

委 员(按姓氏笔画)：

于微波(长春工业大学)

王 俊(合肥学院)

王再英(西安科技大学)

王建华(上海应用技术学院)

艾 红(北京信息科技大学)

张丽香(山西大学工程学院)

李现明(山东大学)

陈在平(天津理工大学)

周亚军(杭州电子科技大学)

胡向东(重庆邮电大学)

聂诗良(西南科技大学)

黄 坚(南京工程学院)

韩 颖(高等教育出版社)

孔亚广(杭州电子科技大学)

王万良(浙江工业大学)

王存旭(沈阳工程学院)

白 晶(北华大学)

许晓峰(沈阳工程学院)

李全利(哈尔滨理工大学)

汪贵平(长安大学)

陈桂友(山东大学)

罗 敏(湖北汽车工业学院)

徐昱琳(上海大学)

崔桂梅(内蒙古科技大学)

黄江平(华东交通大学)

薛为民(北京联合大学)

秘 书： 韩 颖(兼)(高等教育出版社)

出版说明

为了适应高等工程教育改革,满足社会对工程应用型自动化专业人才的需要,在“教育部高等学校自动化专业教学指导分委员会”主任委员吴澄院士的领导下,设立了“工程应用型自动化专业课程体系研究与教材建设”专项研究课题,从全国高等院校遴选了既有工程研究实践背景、又有教材编写经验的专家教授,以及企业界知名特邀代表共 40 余人,对工程应用型自动化专业的课程体系、教学内容进行系统深入的调查、分析和研究,提出了工程应用型自动化专业课程体系和系列教材的三级目录。采用个人报名、专家推荐、“工程应用型自动化专业课程体系研究与教材建设委员会”匿名评审相结合的方式,组织编写出版一套工程应用特点明显、国内一流的工程应用型自动化专业系列教材。

工程应用型自动化专业系列教材力求达到理论与应用相统一、教学与实际相结合、工程应用特点明显、国内一流。通过对人才市场需求、专业培养定位、自动化技术发展动态的分析研究,提出从实际工程应用自动化系统出发,结合系统中涉及的单元技术与理论方法,聚类归纳工程应用型自动化专业的课程体系结构,凝练解决自动化应用系统问题的每门课程的内容与知识点,使学生能够学以致用,能够解决工程实际应用问题。经过 40 多位专家教授的辛勤劳作,第一批 19 本工程应用型自动化专业系列教材于 2010 年陆续出版。为了满足不同应用背景、不同应用层次的工程需要,部分应用面广的同类教材有两种版本可供选用。

本系列教材主要内容覆盖自动化应用系统涉及的实用技术、理论与方法、器件与工具等内容。第一批教材包括针对自动化系统数据获取部分的机器视觉技术及应用、现代检测技术及应用等;系统驱动部分的电机与拖动、电力电子技术、电力拖动自动控制系统等;系统控制方法部分的自动控制原理、过程控制、运动控制等;控制器硬件设计部分的单片机原理、嵌入式系统、DSP 原理、可编程控制器等;自动化系统部分的计算机控制、自动化系统集成、自动控制工程设计、自动化专业实践初步等;数据处理部分的控制工程数据库技术等。

本系列教材的主要特色在于注重课程体系的应用系统性和技术先进性,注重培养学生的自动化系统的集成组态设计能力和前瞻意识。课程体系按系统单元划分,教材章节按解决问题所需的知识安排,培养学生解决工程实际应用问题的针对性和有效性。在教材章节上尽可能引入相关新技术、新理论、新方法和新器件,培养学生利用新知识解决问题的思维方式和实际应用创新能力。

如何培养适应信息时代要求的工程师是我国高等工程教育改革的核心,也是本系列教材编写的主导思想。通过本系列教材的学习,使学生能够具备一个工程师进行自动化系统或相应系统设计开发以及选型集成的基本创新能力。本系列教材主要面向工程应用型自动化及相关专业的大学生和研究生。我们希望本套工程应用型系列教材的出版,能够有力促进我国高等院校工

程应用型自动化专业人才培养质量的提高,也能为广大科技工作者和工程技术人员提供参考和幫助。

感谢使用本系列教材的广大教师、学生和科技工作者的热情支持。欢迎提出宝贵批评意见和建议,请将您的建议反馈至 hanying@hep.com.cn。

工程应用型自动化专业课程体系研究与教材建设委员会

2009年12月

序 一

自动化技术在我国现代化建设进程中具有重要地位。五十多年来,自动化技术对我国社会主义现代化建设的众多领域发挥了重要作用,产生了深远影响。最具代表性的两弹一星的成功发射,载人飞船的顺利返回、嫦娥探月的环绕飞行等充分体现了自动化技术在国家重大工程应用中的示范作用。自动化技术也有力地推动着我国整体工业的发展和改变着人们的生活方式,如集成制造系统的普及推广使机械加工制造自动化程度达到了更高的水平,服务机器人代替家政进入了家庭、改善了人们的生活环境,如此等等。

我国正在全面建设小康社会,走新型工业化道路,促进信息化与工业化的“两化”融合,实现工业、农业、国防和科学技术现代化。在此进程中,自动化技术起着不可替代的桥梁作用。这就迫切需要高等学校自动化专业办学机构和广大教师进行深入研究和探索,如何能够为各行各业输送大量具有工程实践能力和应用创新能力的工程应用型自动化专业高级技术人才。在“教育部高等学校自动化专业教学指导分委员会”主任委员吴澄院士领导下,针对我国高等教育发展快、规模大、社会各行各业对工程应用型自动化专业人才需求量大特点,按照大众化高等教育阶段分类指导的思想和原则,抓住有利时机,成立了“工程应用型自动化专业课程体系研究与教材建设委员会”,对工程应用型自动化专业的知识体系、课程体系、能力培养等进行了有益的探索,为工程应用型自动化专业人才培养、教材建设奠定了基础。

工程应用型自动化专业涉及面广、行业多,其人才培养模式与课程体系涉及的因素众多复杂,包括如何结合通识教育,拓宽应用口径、突出专业重心、强化实践教学、理论联系实际、提高应用创新能力等,其中构建既不照搬研究型、也不雷同技能训练型的工程应用型自动化专业课程体系,编写一套有利于促进面向不同行业、应对不同层次问题的工程应用型学生个性发展的一流教材尤为重要,着力培养学生由解决工程实际问题到提出新问题的探索思维方式,即运用知识的创新能力。“教育部高等学校自动化专业教学指导分委员会”在对工程应用型自动化专业课程体系研究的基础上,从全国遴选有工程应用背景、有教材编写经验的教授与专家,组织编写了这套工程应用型自动化专业系列教材,这对工程应用型自动化专业人才的创新能力培养具有重要意义。作为长期从事自动化专业高等教育和研究队伍中的一员,在本系列教材即将付印之际,我谨向参与本系列教材规划、组织、编写工作的各位老师致以崇高的敬意!

希望广大教师、学生和科技人员积极使用这套教材,并提出宝贵意见。



2009年12月于北京

序 二

工程应用型自动化专业系列教材是“教育部高等学校自动化专业教学指导分委员会”在组织实施全国高等学校自动化专业系列教材之后,按照《自动化学科专业发展战略研究报告》分层次、多模式、多规格培养的指导思想 and 原则,结合《高等学校本科自动化指导性专业规范》实施的又一套工程应用特点明显、国内一流的自动化专业系列教材。该系列教材力求达到教学与实际相结合、理论与应用相统一、案例教学与知识传授并举,培养学生解决实际问题的能力和运用新知识的集成创新能力,使工程应用型自动化专业的学生能够真正成为解决实际工程应用问题的工程师。

我国工程应用型自动化专业以往的课程体系与知识体系基本照搬研究型自动化专业课程体系,带有浓厚的“理论的应用、应用的理论”内容,工程应用特点不明显。这也正是规划工程应用型自动化专业系列教材所面临的主要问题。为此,设立了“工程应用型自动化专业课程体系研究与教材建设”的专项研究课题,成立了以西安交通大学韩九强教授、杭州电子科技大学薛安克教授、清华大学萧德云教授负责的联合研究小组,介入的高校达 40 多所,从全国遴选出 40 多名有工程实际背景和教材编写经历的教授和企业界知名代表。通过对工程应用型自动化专业的课程体系的深入研究,提出从实际工程应用自动化系统涉及的技术与理论方法出发,按自动化系统的组成,归纳分类工程应用型自动化专业的课程体系结构;分应用层次和对象功能凝练解决自动化应用系统中工程问题的知识内容与教材体系,建立知识传授与创新能力培养相结合的课程体系结构。以此为基础,组织规划了涵盖自动化应用系统涉及的数据获取、系统驱动、控制方法、数据处理、控制器设计、系统集成等 20 多门课程内容的系列教材。从数据获取到数据处理,从控制方法到控制器设计,从系统集成到组态工具,从课程体系到三级目录起草,先后经过了 6 次全国会议的认真研讨,凝聚着 40 多位专家教授的辛劳。教材主编采取个人申请,“工程应用型自动化专业课程体系研究与教材建设委员会”匿名评审确定,至此,第一批审定通过的 19 本工程应用型自动化专业系列教材于 2010 年陆续出版问世。

工程应用型自动化专业系列教材的出版,对工程应用型自动化专业知识体系的更新、教学方式的改变、工程实践的强化将起到积极的推动作用。但本系列教材从体系结构到每本教材的三级目录组成,以至每本教材的具体内容都可能存在许多不当之处,恳请使用本系列教材的老师、学生及各界人士不吝批评指正。

教育部高等学校自动化专业教学指导分委员会主任委员



2009 年 12 月于清华大学

前 言

随着技术的进步,DSP(数字信号处理器)已广泛应用于机器人控制、自动测试诊断设备、数字信号处理和直流电机与交流电机控制等方面。在采用直接转矩控制、矢量控制等先进算法时也可以考虑采用 DSP 为中心组成控制系统。对电子信息和自动化等专业的学生来讲,在 DSP 技术方面的深入应用,对今后从事自动化专业、计算机专业以及交叉学科的研究起着积极作用。针对各高校陆续开出的 DSP 原理及应用课程,选择具有先进性的 2000 系列 DSP 作为教材主线,是比较容易入门的学习方法。教材的出版为培养应用型人才具备硬件设计、软件编程与系统设计能力奠定基础。

一、教材特点

1. 容易入门

DSP 的寄存器多,内容跨度较大。本书讲解思路清楚,力争使学生容易入门

2. 突出重点,与实例相结合

针对重要知识点结合实例讲解,结合应用程序讲解。如中断、定时器、通用输入输出 GPIO、A/D 和串行通信接口 SCI。阐述事件管理器产生 PWM 控制电机,捕获单元和正交编码脉冲电路应用,利用串行外设接口 SPI 实现 D/A 转换等。通过课内学时的教学,基本掌握 2000 系列 DSP 主要应用内容。

二、主要案例

书中程序举例已全部通过调试。通过 CCS 软件应用,可以将书中例题通过仿真调试或者与实验设备结合起来。

1. 定时器定时功能和定时循环控制小灯闪烁,按键产生外部中断实现小灯亮灭功能。非屏蔽中断应用。按下不同键,记录不同按键按下的次数。

2. 应用外部接口 XINTF 对 DSP 核心电路外扩存储器。DSP 与 IS61LV51216 静态 RAM 芯片的连接与程序设计。

3. 分别采用 CPU 定时器和事件管理器两种方法产生 PWM,并与按键配合控制直流电机的转速,控制步进电机正转与反转。利用事件管理器产生可变脉冲宽度实现舵机角度在 $-60^{\circ} \sim +60^{\circ}$ 之间改变。

4. 应用正交编码脉冲(QEP)电路计算电机转速。利用捕获功能获得输入到 DSP 引脚波形的周期。事件管理器通用定时器比较逻辑产生 PWM,全比较单元输出带有死区功能的多路 PWM 波形。

5. 串行通信接口 SCI 硬件连接电路和 SCI 发送数据与接收数据程序设计。SCI 增强功能有 16 级 FIFO。举例说明 SCIFIFO 发送和接收数据。SCI 自动波特率检测功能。

6. A/D 数据采集波形显示与多通道数据采集。顺序采样与同步采样、级联模式和双排序器模式。序列转换的中断操作应用举例。D/A 输出到一阶环节再进行 A/D 采样的应用案例。

7. 采用串行外设接口 SPI 实现 D/A 转换功能。SPI 发送和接收数据。SPI FIFO 模式增加了两个 16×16 位的 FIFO, 举例说明 SPI FIFO 应用。

8. DSP 控制无刷直流电机的主控系统、键盘显示电路和驱动电路设计。无刷直流电机换相、电机启停、计算电机转速、电流电压采样和功能设定等程序设计。采用 ZLG7290B 实现键盘与显示。

9. 数字信号处理如卷积、FFT、FIR 数字滤波器和离散余弦变换 DCT 等。双音多频 DTMF 信号编解码算法实现。

10. DSP 控制异步感应电机的控制电路设计, SVPWM 的 DSP 程序实现。

三、教材涵盖内容

TI 公司推出的 TMS320F2812 是具有影响力的定点 DSP 主流产品。片内集成众多资源, 方便使用者开发与应用。全书共分 13 章。

第 1 章介绍 DSP 技术的基本结构及主要特征, 理解 DSP 的基本单元和基本功能。第 2 章介绍 TMS320F2812 的 CPU 功能、内部资源、引脚和时钟电路, 阐述低功耗模式和看门狗功能。第 3 章介绍中断系统与应用。DSP 的中断技术较为复杂, 通过图示说明中断的分类和多级管理机制; 通过中断应用举例, 理解中断寄存器和中断响应过程。第 4 章介绍通用输入输出 GPIO 功能与 CPU 定时器, 梳理寄存器分类和特点, 针对 GPIO 功能进行数字 I/O 端口配置, 利用 CPU 定时器实现定时功能。第 5 章介绍存储器映射和外部接口 XINTF, 描述了片内存储器与外部接口映射, 通过外部接口 XINTF 扩展存储器构成 DSP 控制系统。第 6 章事件管理器产生 PWM 输出控制电机是 2000 系列 DSP 应用的核心内容, 举例阐述事件管理器通用定时器、全比较单元、产生 PWM、捕获单元和正交编码脉冲电路等功能, 阐述了控制直流电机、步进电机和舵机的实例。第 7 章介绍串行通信接口 SCI 应用技术, 结合实际应用阐述 SCI 标准模式和 SCI FIFO 具体使用, 实现串行数据通信发送数据和接收数据。第 8 章介绍 TMS320F2812 的 A/D 转换模块, 阐述多通道数据采集的硬件设计与软件编程。第 9 章介绍 DSP 软件开发与 C 语言编程等, 说明 DSP 应用中采用的 C 语言以及结构体、复位引导与 Bootloader 等, 理解 DSP 技术的程序架构。第 10 章介绍串行外设接口 SPI 和 D/A 转换功能实现, SPI FIFO 中断标志和使能逻辑。第 11 章介绍基于 DSP 的无刷直流电机控制系统, 详细介绍了无刷直流电机控制系统的主控系统、驱动电路的硬件设计和实现电机闭环控制的应用软件。第 12 章介绍数字信号处理算法在 DSP 中的实现, 将数字信号处理如 FFT、FIR 数字滤波器和双音多频 DTMF 信号编解码算法应用于 DSP 中。第 13 章介绍基于 DSP 的异步感应电机矢量控制系统, 主回路、电源设计、控制电路和驱动电路等硬件设计, 异步感应电机空间矢量调制技术。

本书以 TMS320F2812 为主线,在阐述 TMS320F2812 各个模块内容基础上,强调 DSP 技术的应用,重在与实际案例结合。书中涉及作者教学科研的 DSP 应用系统案例,内容具有工程应用项目研究的实际背景,是科研项目完成的实际内容。第 11、12、13 三章的典型示例均经过实际验证。

本书参考学时为 48 学时。可根据需要和学时限制,自行组合选择内容讲解。

本书的前言、第 1 章~第 10 章由艾红编写,第 11 章由艾红、成钊松编写,第 12 章由艾红、常青编写,第 13 章由樊生文编写。王捷绘制了书中部分插图。全书由艾红负责统稿和定稿。

限于编者的水平和经验,书中难免存在缺点、遗漏和不足之处,敬请广大读者批评指正。

编 者

2012 年 11 月于北京信息科技大学

目 录

第 1 章 DSP 技术概述	1
1.1 什么是 DSP	1
1.2 DSP 技术的分类与主要技术指标	1
1.2.1 DSP 的分类	2
1.2.2 DSP 的主要技术指标	2
1.3 DSP 的应用	3
1.4 DSP 的基本结构及主要特征	4
1.5 TMS320F28x DSP 芯片硬件特征	6
思考题与习题	9
第 2 章 TMS320F2812 CPU 和时钟	10
2.1 TMS320F281x CPU	10
2.1.1 CPU 功能块和寄存器	10
2.1.2 状态寄存器(ST0,ST1)	15
2.1.3 乘法操作	16
2.2 CPU 中断向量与优先级	18
2.3 可屏蔽中断与非屏蔽中断	19
2.3.1 可屏蔽中断	19
2.3.2 非屏蔽中断	20
2.4 流水线	20
2.5 TMS320F2812 引脚功能	22
2.6 时钟电路	38
2.6.1 时钟单元	38
2.6.2 振荡器和锁相环 PLL 时钟模块	40
2.7 锁相环与时钟控制寄存器	42
2.7.1 PLL 控制寄存器 PLLCR	42
2.7.2 外设时钟控制寄存器 PCLKCR	44
2.7.3 高速外设时钟预定标寄存器 HISPCP	45
2.7.4 低速外设时钟预定标寄存器 LOSPCP	45
2.8 三种低功耗模式	47
2.9 低功耗模式控制寄存器	48
2.9.1 低功耗模式控制寄存器 0 (LPMCR0)	48
2.9.2 低功耗模式控制寄存器 1 (LPMCR1)	48
2.10 看门狗	50
2.10.1 看门狗工作原理	50
2.10.2 看门狗复位和中断模式	51
2.10.3 低功耗模式下看门狗操作	52
2.11 看门狗相关寄存器	52
2.11.1 系统控制和状态寄存器 SCSR	52
2.11.2 看门狗计数器寄存器 WDCNTR	53
2.11.3 看门狗复位密钥寄存器 WDKEY	54
2.11.4 看门狗控制寄存器 WDCR	55
思考题与习题	57
第 3 章 中断系统与应用	58
3.1 PIE 中断控制概述	58
3.2 中断向量表的映射	60

3.3 中断源	62	4.5 GPIO 与按键应用实例	106
3.4 PIE 中断向量表	64	4.6 CPU 定时器结构与工作 原理	111
3.5 PIE 中断寄存器	73	4.7 CPU 定时器寄存器	113
3.5.1 PIE 控制寄存器 PIECTRL	73	4.7.1 CPU 定时器控制寄存器 TIMERxTCR	114
3.5.2 PIE 中断应答寄存器 PIEACK	74	4.7.2 CPU 定时器计数器寄存器 TIMERxTIM	116
3.5.3 PIE 中断标志寄存器 PIEIFRx	74	4.7.3 CPU 定时器计数器寄存器高位 TIMERxTIMH	116
3.5.4 PIE 中断使能寄存器 PIEIERx	75	4.7.4 CPU 定时器周期寄存器 TIMERxPRD	117
3.6 CPU 中断寄存器	75	4.7.5 CPU 定时器周期寄存器高位 TIMERxPRDH	117
3.6.1 CPU 中断标志寄存器 IFR ..	75	4.7.6 CPU 定时器预定标寄存器 TIMERxTPR	117
3.6.2 CPU 中断使能寄存器 IER ..	76	4.7.7 CPU 定时器预定标寄存器高位 TIMERxTPRH	118
3.7 外部中断控制寄存器	77	4.8 CPU 定时器中断应用举例	119
3.7.1 外部中断 1 控制寄存器 XINT1CR	78	4.9 外部中断 XINT13 应用举例 ..	123
3.7.2 外部中断 2 控制寄存器 XINT2CR	78	4.10 非屏蔽中断应用举例	127
3.7.3 外部 NMI 中断控制寄存器 XNMICR	79	思考题与习题	129
3.7.4 外部中断 1 计数器 XINT1CTR	79	第 5 章 存储器与外部接口 XINTF	130
3.7.5 外部中断 2 计数器 XINT2CTR	80	5.1 总线	130
3.8 LED 显示与按键中断应用 举例	80	5.2 存储器映射	132
思考题与习题	93	5.2.1 存储器映射图	132
第 4 章 GPIO 功能与 CPU 定时器	95	5.2.2 存储器映射图中各部分 功能	134
4.1 GPIO 功能框图	95	5.2.3 片内存储器与外部接口 映射	136
4.2 TMS320F2812 GPIO 寄存器	96	5.2.4 CSM 影响的片内资源	137
4.3 I/O 映射	100	5.2.5 寄存器映射	138
4.4 输入量化与 I/O 引脚	104	5.3 存储器和寄存器的等待 状态	141
4.4.1 输入量化控制寄存器	104	5.4 Flash 存储器	142
4.4.2 两种类型输入量化	105		

5.4.1	Flash 选择寄存器 FOPT	144	6.2	通用定时器概述	182
5.4.2	Flash 等待状态寄存器 FBANKWAIT	144	6.3	通用定时器寄存器	183
5.5	外部接口 XINTF	145	6.3.1	通用定时器控制寄存器 TxCON	183
5.5.1	XINTF 功能说明	145	6.3.2	全局通用定时器控制寄存器 GPTCONA/B	186
5.5.2	XINTF 各个区域地址 范围	147	6.3.3	事件管理器扩展控制寄存器 EXTCONA 和 EXTCONB	189
5.5.3	XINTF 配置	148	6.3.4	16 位定时器计数寄存器 TxCNT	190
5.6	XINTF 寄存器	150	6.3.5	16 位定时器比较寄存器 TxCMPR	191
5.6.1	XINTF 时序寄存器 XTIMING0/1/2/6/7	150	6.3.6	16 位定时器周期寄存器 TxPR	192
5.6.2	XINTF 配置寄存器 XINTCNF2	154	6.3.7	比较寄存器和周期寄存器的 两级缓存	193
5.6.3	XBANK 寄存器	156	6.4	通用定时器时钟和输入/ 输出	194
5.7	XINTF 访问时序	157	6.4.1	通用定时器时钟	194
5.7.1	读周期时序图	158	6.4.2	通用定时器输入/输出	194
5.7.2	写周期时序图	158	6.5	通用定时器中断与同步	194
5.7.3	对每一个区域的 XREADY 采样	158	6.5.1	通用定时器中断	194
5.7.4	XMP/MC 信号对 XINTF 的 影响	160	6.5.2	事件管理器中断事件 启动 ADC	195
5.8	DSP 与外部存储器连接	160	6.5.3	通用定时器同步	195
5.9	XINTF 应用举例	162	6.5.4	通用定时器复位	195
5.9.1	IS61LV51216 芯片概述	163	6.6	通用定时器计数操作与比较 操作	196
5.9.2	DSP 与 IS61LV51216 芯片 连接	164	6.6.1	停止/保持模式	196
5.10	存储器程序设计举例	166	6.6.2	通用定时器连续递增计数 模式	196
5.10.1	DSP 外扩 SRAM 程序	166	6.6.3	通用定时器定向增/减计数 模式	198
5.10.2	访问存储器程序设计	171	6.6.4	通用定时器连续增/减计数 模式	200
	思考题与习题	172	6.6.5	通用定时器比较操作	202
第 6 章	事件管理器	174			
6.1	事件管理器功能概述	174			
6.1.1	事件管理器模块功能	174			
6.1.2	事件管理器寄存器	179			

6.6.6 通用定时器比较输出·····	202	CAPFIFOA 和 CAPFIFOB	
6.7 利用定时器比较寄存器产生 PWM 波形·····	203	·····	241
6.7.1 非对称 PWM 波形的产生·····	203	6.12.3 捕获单元 FIFO 堆栈·····	243
6.7.2 对称 PWM 波形的产生·····	205	6.13 捕获单元操作与捕获中断·····	243
6.7.3 输出逻辑·····	207	6.13.1 捕获单元操作·····	243
6.7.4 通用定时器应用举例·····	208	6.13.2 捕获中断·····	245
6.8 比较单元·····	212	6.13.3 捕获单元应用举例·····	246
6.8.1 全比较单元概述·····	212	6.14 正交编码脉冲(QEP)电路·····	247
6.8.2 比较单元的工作过程·····	213	6.14.1 增量式光电编码盘结构与工作原理·····	247
6.8.3 比较单元操作的寄存器设置·····	216	6.14.2 DSP 中正交编码脉冲电路实现·····	250
6.8.4 比较单元的中断和复位·····	216	6.14.3 正交编码脉冲解码·····	251
6.9 比较单元寄存器·····	218	6.14.4 正交编码脉冲电路寄存器设置·····	252
6.9.1 比较控制寄存器(COMCONA 和 COMCONB)·····	218	6.14.5 正交信号决定光电编码器旋转方向·····	252
6.9.2 比较方式控制寄存器(ACTRA 和 ACTRB)·····	220	6.14.6 光电编码器与正交编码脉冲(QEP)电路连接·····	253
6.10 比较单元 PWM 电路·····	222	6.14.7 正交编码脉冲(QEP)电路应用举例·····	254
6.10.1 比较单元 PWM 电路·····	222	6.15 事件管理器中断·····	256
6.10.2 比较单元死区产生电路·····	224	6.15.1 事件管理器中断概述·····	256
6.10.3 死区定时器控制寄存器 A 和 B(DBTCONA 和 DBTCONB)·····	225	6.15.2 事件管理器中断请求·····	256
6.10.4 死区单元输入和输出·····	227	6.15.3 事件管理器中断流程·····	258
6.10.5 比较单元输出逻辑·····	228	6.16 事件管理器中断寄存器·····	259
6.10.6 比较单元 PWM 波形发生器·····	229	6.16.1 EVA 中断标志寄存器 A (EVAIFRA)·····	260
6.10.7 比较单元应用举例·····	234	6.16.2 EVA 中断标志寄存器 B (EVAIFRB)·····	261
6.11 捕获单元结构·····	236	6.16.3 EVA 中断标志寄存器 C (EVAIFRC)·····	262
6.12 捕获单元寄存器与 FIFO 堆栈·····	240	6.16.4 EVA 中断屏蔽寄存器 A (EVAIMRA)·····	263
6.12.1 捕获控制寄存器 CAPCONx (x=A,B)·····	240	6.16.5 EVA 中断屏蔽寄存器 B (EVAIMRB)·····	264
6.12.2 捕获 FIFO 状态寄存器			

6.16.6	EVA 中断屏蔽寄存器 C (EVAIMRC)	264	SCIRXST	320	
6.16.7	EVB 中断标志寄存器 A (EVBIFRA)	265	7.4.5	SCI 仿真数据缓冲寄存器 SCIRXEMU	322
6.16.8	EVB 中断标志寄存器 B (EVBIFRB)	266	7.4.6	SCI 接收数据缓冲寄存器 SCIRXBUF	323
6.16.9	EVB 中断标志寄存器 C (EVBIFRC)	267	7.4.7	SCI 发送数据缓冲寄存器 SCITXBUF	324
6.16.10	EVB 中断屏蔽寄存器 A (EVBIMRA)	268	7.4.8	SCI 优先级控制寄存器 SCIPRI	324
6.16.11	EVB 中断屏蔽寄存器 B (EVBIMRB)	269	7.4.9	SCI 波特率选择寄存器 (SCIHBAUD, SCILBAUD)	325
6.16.12	EVB 中断屏蔽寄存器 C (EVBIMRC)	269	7.5	SCI 波特率计算	326
6.17	事件管理器模块应用举例	270	7.6	SCI 发送数据和接收数据 机制	327
6.18	事件管理器产生 PWM 控制 直流电机应用举例	271	7.6.1	SCI 查询方式	327
6.19	控制步进电机应用举例	285	7.6.2	SCI 中断方式	328
6.20	控制舵机应用举例	298	7.6.3	发送和接收独立的中断	331
	思考题与习题	304	7.7	SCI 多处理器通信	332
第 7 章	串行通信接口 SCI	306	7.7.1	多处理器通信概述	332
7.1	SCI 模块特点	306	7.7.2	空闲线多处理器模式	333
7.2	SCI 模块功能	307	7.7.3	地址位多处理器模式	335
7.3	SCI 工作原理	312	7.8	SCI 发送与接收数据应用 实例	336
7.3.1	SCI 通信格式	312	7.9	SCI FIFO 寄存器	343
7.3.2	数据接收与发送过程	314	7.9.1	SCI FIFO 发送寄存器 SCIFFTX	343
7.3.3	SCI 数据帧格式	316	7.9.2	SCI FIFO 接收寄存器 SCIFFRX	344
7.4	SCI 寄存器	318	7.9.3	SCI FIFO 控制寄存器 SCIFFCT	346
7.4.1	SCI 通信控制寄存器 SCICCR	318	7.10	SCI FIFO 功能描述	347
7.4.2	SCI 控制寄存器 1 (SCICTL1)	318	7.11	SCI FIFO 中断	348
7.4.3	SCI 控制寄存器 2 (SCICTL2)	319	7.11.1	SCI FIFO 可编程中断 级别	348
7.4.4	SCI 接收状态寄存器		7.11.2	SCI FIFO 中断标志和使能	

逻辑	349	8.7.6 自动排序状态寄存器	
7.12 SCI FIFO 应用举例	352	ADCASEQSR	389
7.13 SCI 自动波特率检测	357	8.7.7 ADC 状态和标志寄存器	
7.13.1 SCI 自动波特率检测		ADCST	391
步骤	357	8.7.8 ADC 寄存器应用举例	392
7.13.2 SCI 自动波特率检测		8.8 ADC 模块转换工作原理	394
举例	358	8.8.1 排序器的连续排序模式和	
思考题与习题	363	启动-停止模式	394
第 8 章 A/D 转换模块	368	8.8.2 触发源工作原理	397
8.1 ADC 模块结构和功能	368	8.8.3 序列转换中断操作	398
8.2 ADC 寄存器描述	369	8.8.4 序列转换中断操作应用	
8.3 自动排序器原理	371	举例	398
8.3.1 单排序器(级联)模式自动		8.9 ADC 模块应用举例	405
排序	372	思考题与习题	421
8.3.2 双排序器模式自动排序	372	第 9 章 DSP 软件开发与 C 语言	
8.3.3 触发源	372	编程	424
8.4 A/D 转换配置方法	374	9.1 CCS 简介	424
8.4.1 ADC 输入通道选择排序控制		9.1.1 CCS 功能	424
寄存器	374	9.1.2 CCS 开发应用程序步骤	425
8.4.2 顺序采样和同步采样	375	9.2 DSP C 工程文件	426
8.4.3 确定采样通道总数	376	9.2.1 工程与文件类型	426
8.5 顺序采样与同步采样应用		9.2.2 CCS 项目组成和 COFF	
举例	376	格式	428
8.6 ADC 时钟 ADCCLK	380	9.2.3 C 编译器产生的段	428
8.7 ADC 寄存器	382	9.2.4 链接命令文件	429
8.7.1 ADC 控制寄存器		9.3 DSP C 语言程序设计基础	433
ADCTRL1	382	9.3.1 数据类型	433
8.7.2 ADC 控制寄存器		9.3.2 按位域定义寄存器	434
ADCTRL2	383	9.3.3 结构与联合	436
8.7.3 ADC 控制寄存器		9.3.4 函数与指针	438
ADCTRL3	385	9.3.5 宏定义、文件包含与条件	
8.7.4 ADC 转换结果缓冲寄存器		编译	440
ADCRESULT0 ~ 15	387	9.3.6 pragma 命令	440
8.7.5 最大转换通道寄存器		9.3.7 C 语言与汇编语言混合	
ADCMAXCONV	388	编程	441