



10101010101010101

10101010101010101

010101010101

凌阳

8位单片机

——提高篇

101010101010101

10101010101010101

10101010101010101

10101010101010101

李学海 著



CD-ROM INCLUDED



北京航空航天大学出版社

凌阳 8 位单片机 ——提高篇

李学海 著

北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

本书以讲解采用冯·诺依曼架构和65B02CPU内核的SPMC65P2408A单片机为主,并适当兼顾对SPMC65系列单片机的共性和特性进行介绍。本书共分两册:《凌阳8位单片机——基础篇》和《凌阳8位单片机——提高篇》。

提高篇共分9章,内容主要包括:常用人机界面、性能优化措施、定时器/计数器、输入捕捉器、输出比较器、脉宽调制器、ADC、UART、SPI、程序烧写器等。本书附免费光盘1张,包含SPMC65系列数据手册、编程指南、应用笔记等,以及集成开发环境(Fortis IDE),并附有丰富的范例程序和应用方案。

突出特点:通俗易懂,语言流畅,循序渐进,内容细致,系统全面,学用并重,学练结合,注重实效。

本书是作者在几年间应邀为《电子世界》、《电子制作》和《无线电》撰写的单片机连载讲座,以及面授教学中积累了许多成功经验的基础上,再精心推敲讲解顺序和精选教学内容后写成的。适合用作高校相关专业专科、本科或研究生的教材或参考书,也可供科研和生产技术人员的培训使用。

图书在版编目(CIP)数据

凌阳8位单片机.提高篇/李学海著. — 北京:北京航空航天大学出版社,2006.3

ISBN 7-81077-753-X

I. 凌… II. 李… III. 单片微型计算机,凌阳8位—基本知识 IV. TP368.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第013183号

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!

凌阳8位单片机

——提高篇

李学海 著

责任编辑 冯 颖 王 鸿

*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路37号(100083) 发行部电话:(010)82317024 传真:(010)82328026

http://www.buaapress.com.cn E-mail:bhpress@263.net

涿州市新华印刷有限公司印装 各地书店经销

*

开本:787×960 1/16 印张:30.75 字数:689千字

2006年3月第1版 2006年3月第1次印刷 印数:5 000册

ISBN 7-81077-753-X 定价:45.00元

前言

在学习、工作节奏日益加快的今天,选择一本好书,对于读者不仅可以学习到新知识和新技术,而且还能提高学习效率,培养创新意识,并激发求知欲望;对于教师则不仅可以得心应手、轻松自如,而且还能提高教学效率,达到事半功倍的效果。

早期多种流行的微机系统中广泛应用的 CPU 就是影响深远的 6502,例如著名的美国苹果公司研制的苹果系列微机、我国南京生产的紫金系列微机、当年电子工业部主持定型的中华学习机等。另外,还有一些电视游戏机(例如任天堂系列)当中应用的 CPU 也是 6502 的兼容型号。有资料显示,就连驰名的“文曲星”也应用了这种 CPU 内核器件。目前,在我国大陆和台湾地区已经出现了 10 余家生产以 6502 为 CPU 内核(或兼容 6502CPU)的单片机的微电子公司,凌阳公司就是其中的典型代表。尽管已经在我国大陆和台湾地区发现有越来越多的微电子公司陆续推出兼容 6502CPU 的单片机,但迄今为止,在国内尚未发现一本系统、全面地介绍基于 6502CPU 芯核单片机的专著。本套专著力图填补这一国内空白。

本书是作者应凌阳公司之邀,在其新产品 SPMC65 系列 8 位单片机发布前夕,着手撰写的一套教学用书、培训教材和自学读本,广泛适用于初步具备电子技术和计算机知识基础的电子、电信、电脑、电器、机电、电力、电气、自动化等涉电专业的在校学生和教师,以及单片机爱好者、电子爱好者、电子产品开发者、电器维修人员、工程技术人员的阅读与参考。

本书的特点:① 内容叙述循序渐进,通俗、易懂,系统完整;② 难点分散,适合于自学或教学;③ 注重激发读者兴趣,知识与技能并举;④ 容易上手,开发方法经济、实用,兼顾了技能实训、电子制作、课程设计、毕业设计和项目开发;⑤ 强调学用结合,边学边练,理论与实践无缝对接,改变了单片机学习的传统模式;⑥ 突出新颖性、实用性、资料性、启发性和创新性,以及经验总结与方法传授;⑦ 以读者的求知需要、认识规律和市场需求为写作主线;⑧ 专门为本书设计的实验范例丰富多彩,并均被调试成功;⑨ 在大幅降低入门难度的前提下,又适当增加了学习内容的深度和广度;⑩ 将理论教科书和实验指导书的双重功能有机地融为一体。

本书的写作手法:力求循序渐进,通俗、易懂,分散难点,趣味性强,将枯燥乏味的学习过程变得更加轻松有趣,力图引导读者享受到学习单片机的乐趣,在学习和实践过程中获得更多的成就感,而尽量避免产生挫折感。希望读者在通过阅读本书学习单片机的过程中,能花费尽可能少的时间和精力,掌握和了解尽可能全面的单片机理论知识和开发技术。本书采用以读者为中心的写作手法,并努力排除以产品手册为中心,或者以作者知识结构或兴趣范围为中心的传统写作模式给读者带来的种种不适和困惑。

本书的编写思路:充分发挥作者在为《无线电》、《电子制作》和《电子世界》等科技期刊所撰写的单片机技术连载讲座,以及在面授教学过程中积累的现成经验,再通过精心编排讲述顺序和精选教学内容,来尽量减少对读者背景知识的要求,从而尽可能降低初学者通过了解 SPMC65 单片机而进入单片机世界的门槛。书中以讲解 SPMC65P2408A 单片机为主,并且酌情兼顾 SPMC65 单片机家族中其他成员的个性以及全体成员的共性,以使读者达到举一反三、触类旁通的效果。

本书的编写目标:努力追求“从入门到提高,从知识到技能”平滑上升的学习效果;不仅能“授人以鱼”,而且更能“授人以渔”;不仅传授单片机知识,而且更注重教会开发方法和应用技巧;不仅可以提高理论水平,而且更侧重强化将所学知识转化为实际工作的能力;力图实现将每一位有志于迈进单片机王国的外行人,培养成既懂单片机知识,又能掌握基于单片机的智能电子产品开发技能的内行人。为了达到这一目标,除了恰当的引导和正确的学习方法之外,当然也离不开读者的自身努力。“兴趣是最好的老师”,作者坚信这个道理。培养读者的学习兴趣比传授知识更重要。一旦帮助读者树立起浓厚的学习兴趣和强烈的求知欲望,就很可能达到令人受益终生的特殊效果,这也是每一位教育工作者追求的最高境界。

本书的内容安排:充分注意了先进性、层次性、可读性、系统性和完整

性,力求覆盖从单片机理论学习到开发应用的各个阶段,以及所有必不可少的硬件和软件知识、开发环境和开发工具的使用方法与技巧,并尽可能做到使读者不需要翻阅其他书籍就可以学习到从单片机入门到单片机开发制作的全程知识。书中讲出了其他同类书籍中没有讲出或者没有讲透的一些技术细节和背景知识,从而让读者不仅知其然,而且知其所以然。作者对于原文数据手册中的多处文字差错进行了考证,还对多处欠缺的示意图进行了补充,以方便于教学和自学。对于一名初步具备电子技术和微机应用基础的初学者成长为一位单片机应用工程师,其所需要学习的核心知识主要有:单片机内核、系统模块、外设模块等硬件系统;指令系统;汇编程序设计基础;编辑器、汇编器、连接器、调试器等软件工具链的用法;仿真器、烧写器、目标板等硬件工具链的用法。这些内容在书中都有详尽的介绍。此外,为了突出实践性,在每个需要演练的章节后面,作者都精心设计了几个针对性很强的实验范例,并且都已成功地通过了调试。

作者曾经应几家国际著名微电子公司之邀,为几种不同流派的新型单片机系列撰写了如下6本大学教程和技术专著:《PIC单片机实用教程——基础篇》;《PIC单片机实用教程——提高篇》;《EM78单片机实用教程——基础篇》;《EM78单片机实用教程——扩展篇》;《PIC单片机原理》;《PIC单片机实践》。其中,有的在短短两年时间里被重印了5次;有的被出版社推荐参评优秀畅销教材奖项;有4本被重点大学选定为研究生教学用书;有的被多家教学和研发单位选定为教学用书和培训教材,得到了许多师生和技术人员的肯定和好评。例如,山东建工学院的于复生博士来函说:“对于《PIC单片机实用教程——基础篇》,大家反映很好,都说老师选了一本好教材;下半年我们的‘单片机综合技术’课选用的是《PIC单片机实用教程——提高篇》”。一位资深的期刊编辑来函这样说:“从近一段时间我的了解看,作为高校教材,讲究语言的严谨与准确是必须的,我想您的书籍被选入高校教材肯定具有这样的优势。”

凌阳科技股份有限公司(Sunplus Technology Co., Ltd.)创建于1990年,专门致力于研究、开发、设计、测试和销售高品质、高附加值的消费性集成电路。凌阳公司是全球知名的集成电路(IC)设计公司(世界排名位次分别是:集成电路设计能力排名第12位;单片机芯片销售排名第6位;消费集成电路销售排名第1位),一直在开发高品质的集成电路,并且把“科技落实生活”作为公司追求的目标,以强大的IC设计与系统应用能力为用户提供满意的产品与服务。凌阳公司运用多媒体影音、单片微控制器、数字信号处理器(DSP)等核心技术,开发出多样化的产品线,包括液晶显示器驱动芯

片、微控制器芯片、多媒体芯片、语音处理芯片、音乐集成电路以及多种专用集成电路(ASIC),并且仍一直保持着强劲的增长势头,2004年总产值为189亿新台币(NTS)。

凌阳公司从2000年开始为回馈教育,改善大专院校单片机教学条件,增进高校师生接触新技术、新器件的机会,而推出具有长远战略意义的“凌阳科技大学计划”,并且为此专门开设了中文网站(<http://www.unsp.com.cn>)。据说这是目前第一家在大陆开设大学计划专门网站的公司。截止到2004年,与凌阳科技大学计划进行合作的大学在中国大陆已有300多所,并且建立了100多所凌阳16位单片机实验室,取得了令人瞩目的成就。

凌阳公司在单片微处理器的核心技术上,发展了从8位微控制器、16位 $\mu'nSP$ 系列微控制器到32位微控制器,同时形成了完整的IC产品线,应用在电子词典、计算机外围设备、智能家用电器、数码相机、VCD播放器、DVD播放器、电话来电显示器等产品领域,在日常生活中几乎无所不在。凌阳公司秉承“为发展中国数字产业尽一份心力”的宗旨,最近特别推出8位通用微控制器系列产品——SPMC65系列单片机。该系列单片机具有高可靠性、高抗干扰性、高性价比、SOC单片机设计思想等特点,主要应用于家电产品以及工业控制领域。SPMC65系列8位单片机将作为本书的主要介绍对象。

全书共分两篇:基础篇和提高篇。两篇之间的内容相对独立又相互补充,以适应不同学习目标、不同专业背景、不同学时教学需求,也为读者和教师增加了一种可选方案。

▲ **基础篇**。通过本篇的学习和实践,读者可以掌握SPMC65系列单片机的基础硬件结构、指令系统、软件设计、开发工具及开发技术。可以利用SPMC65P2408A单片机内部的常规硬件资源(包含程序存储器、数据存储器、输入/输出端口、中断逻辑、时基信号和蜂鸣信号发生器等),来设计和研制一些功能不太复杂的小型电子产品。

▲ **提高篇**。通过本篇的学习和实践,读者可以掌握SPMC65P2408A单片机内部配置的功能比较复杂的各种硬件资源及其开发应用技术,以及更加灵活、高效的软/硬件资源开发技巧、节电设计措施、系统优化配置、烧写器用法和OTP单片机重复烧写技巧。利用这些资源和技术可以设计和研制智能性更强、功能更复杂的电子产品系统甚至网络产品。

在本书写作过程中,得到了山东建筑工程学院于复生博士、《今日电子》执行主编赵雪芹女士、《电子产品世界》执行总编王莹女士、《无线电》资深编辑房桦女士、石家庄师慧公司宋庆国工程师、计科能源新技术公司叶东嵘总

工、凌阳公司的孙立饶和张新强工程师等专家学者们以及北京航空航天大学出版社的大力支持和热情鼓励,并将他们在长期实践中积累的经验体会和开发技巧无私地奉献出来,与广大读者分享。另外,为本书撰写工作尽力的还有王友才、张拥军、王国联、孙群中、杨金祥、朱永芳、贡雪梅、任志刚、张自宾、韩家民、任胜利、赵鹏、池俭、王树生、李学英、范俊海、石玉林、丁永再、孙桂良、李学峰、王友发、蔡永泽、张磊、范忠义、聂国良、蔡永岗、李学凤、范淑玲、李青石、李伟、李建良、蒙洋、董丹、高笑飞、芦小菊、曹艳、李治存、邓振宾、马秀丽、曹玉珍、王孝莉、刘艳敏、张建春、杨阳、解帅、裴新华、杜太琢、杨瑞琢、邓军、杜雪梅、杨琳、李晗羽、李子杨等。在此一并深表由衷的谢意!还要特别声明的是,十分感谢凌阳公司的诚挚邀请和积极鼓励,以及在技术资料 and 实验物品等方面的鼎力支持。

单片机的学习、应用与开发是一个环节很多、实践性很强的循序渐进的过程,在整个学习和实践过程中所用到的各种软件和硬件辅助工具种类也较多。如果读者在学习和实践过程中遇到什么困难,可以与我们联系(E-mail:lixuehai@tom.com 或 yanglin...@163.com),作者愿意在自己的能力范围之内帮助解决或者协调解决。由于凌阳8位单片机刚刚推出,可查阅的中文资料远不如8051丰富,需要撰写的内容不仅量大而且新颖,加之作者的水平有限,书中不妥之处在所难免,敬请广大读者不吝赐教。

作者

2006年1月1日

目 录

第1章 常用人机界面、器件及其接口技术

1.1 常用人机界面器件类型	1
1.1.1 静态类输入器件	2
1.1.1.1 拨码开关	2
1.1.1.2 跳线开关	2
1.1.2 动态类输入器件	3
1.1.2.1 按钮开关	3
1.1.2.2 一体化红外遥控信号接收头	4
1.1.3 视觉类输出器件	5
1.1.3.1 分立式发光二极管	5
1.1.3.2 LED 数码管	6
1.1.4 听觉类输出器件	7
1.1.4.1 压电蜂鸣器	8
1.1.4.2 电磁蜂鸣器	8
1.2 开关输入接口方法和设计技巧	9
1.2.1 拨码开关	9
1.2.2 跳线开关	11
1.2.3 单列式按键开关	12
1.2.3.1 周期扫描法	12
1.2.3.2 中断法	15
1.2.4 阵列式按键开关	17
1.2.4.1 周期扫描法	17

目 录

1.2.4.2	中断法	18
1.2.4.3	键盘扩充法之一:半矩阵键盘构造方案	19
1.2.4.4	键盘扩充法之二:全矩阵键盘构造方案	21
1.3	LED 输出接口方法和设计技巧	23
1.3.1	分立 LED 的驱动	23
1.3.1.1	驱动阳极	23
1.3.1.2	驱动阴极	23
1.3.2	LED 数码管静态驱动方式	24
1.3.2.1	直接驱动	24
1.3.2.2	并行驱动	24
1.3.2.3	串行驱动	25
1.3.3	LED 数码管动态驱动方式	26
1.3.3.1	直接驱动	26
1.3.3.2	并行驱动	28
1.3.3.3	串行驱动	29
1.3.3.4	专用驱动芯片	30
1.3.4	LED 点阵模块动态驱动方式	32
1.3.4.1	直接驱动	32
1.3.4.2	串行驱动	33
1.4	LED 数码管和按键开关组合接口方法和设计技巧	36
1.4.1	利用通用器件	36
1.4.2	利用专用器件	37
1.5	音响输出接口方法和设计技巧	39
1.5.1	压电蜂鸣器	39
1.5.1.1	单端单极驱动	39
1.5.1.2	单端双极驱动	39
1.5.1.3	双端双极驱动	40
1.5.1.4	单端双极扩压驱动	40
1.5.2	自带音源电磁蜂鸣器	41
1.5.3	无音源电磁蜂鸣器	42
1.6	应用举例	42
	【实验范例 1.1】单键触发 1 位十六进制计数器	43
	【实验范例 1.2】4 位拨码式开关输入接口方法	48
	【实验范例 1.3】4×4 阵列式按键输入开关接口方法	51
	【实验范例 1.4】4 位 LED 数码管构建的分秒计时器	58

第 2 章 定时器/计数器及其应用技术

2.1 定时器/计数器模块的基本用途	66
2.2 SPMC65P2408A 中定时器/计数器模块的特点	67
2.3 8 位定时器/计数器 TMR0 和 TMR2	70
2.3.1 时钟源选择和启/停控制电路	71
2.3.2 自动重装载累加计数寄存器	72
2.3.3 定时器/计数器 TMR0 相关寄存器	73
2.3.4 定时器/计数器 TMR2 相关寄存器	75
2.4 16 位定时器/计数器 TMR1 和 TMR3	78
2.4.1 时钟源选择和启/停控制电路	79
2.4.2 自动重装载累加计数寄存器	79
2.4.3 16 位宽定时器/计数器的特有特性	81
2.4.4 定时器/计数器 TMR1 相关寄存器	83
2.4.5 定时器/计数器 TMR3 相关寄存器	86
2.5 定时器/计数器模块的初始化编程方法和举例	89
2.5.1 定时器/计数器模块的中断编程步骤	89
2.5.2 8 位定时器/计数器的初始化编程举例	90
【编程举例 2.1】利用 TMR0 产生 1 ms 周期性定时中断	90
2.5.3 16 位定时器/计数器的初始化编程举例	90
【编程举例 2.2】利用 TMR1 产生 10 ms 周期性定时中断	90
2.6 定时器/计数器模块的应用举例	91
2.6.1 TMRx 模块用作硬件定时器	92
【实验范例 2.1】寻呼机叫声模拟实验	92
【实验范例 2.2】步进马达驱动方法	97
2.6.2 TMRx 模块用作硬件计数器	104
【实验范例 2.3】简易车辆里程表	104

第 3 章 输入捕捉器及其应用技术

3.1 SPMC65P2408A 中输入捕捉器的功能特点	110
3.2 8 位输入捕捉器 IC0 和 IC2	112
3.2.1 时钟源/触发源/中断源设置电路	113
3.2.2 计数器捕捉控制电路	114
3.2.3 捕捉 8 位脉宽的工作原理	115
3.2.4 与输入捕捉器 IC0 相关的寄存器	116
3.2.5 与输入捕捉器 IC2 相关的寄存器	119

目 录

3.3	16 位输入捕捉器 IC1 和 IC3	122
3.3.1	16 位脉宽捕捉器方式	123
3.3.2	8 位周期捕捉器方式	125
3.3.3	与输入捕捉器 IC1 相关的寄存器	127
3.3.4	与输入捕捉器 IC3 相关的寄存器	130
3.4	输入捕捉器的性能分析和编程方法	134
3.4.1	8 位捕捉器的性能分析及编程方法和步骤	134
3.4.1.1	性能分析	134
3.4.1.2	常规编程方法	135
3.4.1.3	扩展编程方法	135
3.4.1.4	编程步骤	136
3.4.2	16 位捕捉器的性能分析及编程方法	137
3.4.2.1	性能分析	137
3.4.2.2	常规编程方法	137
3.4.3	与其他模块的引脚复用关系	139
3.5	输入捕捉器的应用举例	140
3.5.1	8 位捕捉器 IC0 的应用举例	140
	【实验范例 3.1】利用 IC0 制作 8 位脉宽测量仪	140
3.5.2	16 位捕捉器 IC1 的应用举例	145
	【实验范例 3.2】利用 IC1 制作 8 位周期测量仪	145

第 4 章 输出比较器及其应用技术

4.1	输出比较器的典型结构	150
4.2	SPMC65P2408A 中输出比较器的功能特点	152
4.3	8 位输出比较器 OC0 和 OC2	153
4.3.1	输出比较器 OC0 的电路结构	153
4.3.2	输出比较器 OC0 的工作原理	154
4.3.3	输出比较器 OC0 的信号时序	155
4.3.4	与输出比较器 OC0 相关的寄存器	156
4.3.5	与输出比较器 OC2 相关的寄存器	158
4.4	16 位输出比较器 OC1 和 OC3	160
4.4.1	输出比较器 OC1 的电路结构	161
4.4.2	输出比较器 OC1 的信号时序	161
4.4.3	与输出比较器 OC1 相关的寄存器	162
4.4.4	与输出比较器 OC3 相关的寄存器	164
4.5	输出比较器的性能分析和编程方法	167

4.5.1 输出比较器的性能分析	167
4.5.2 输出比较器的编程步骤和举例	167
4.6 输出比较器的应用举例	169
4.6.1 8位比较器 OC0 的应用举例	169
【实验范例 4.1】利用比较器 OC0 模拟消防车叫声	169
4.6.2 16位比较器 OC1 的应用举例	174
【实验范例 4.2】利用比较器 OC1 输出 10 个正脉冲	175

第5章 脉宽调制器及其应用技术

5.1 脉宽调制器的典型结构	181
5.2 SPMC65P2408A 中脉宽调制器的功能特点	183
5.3 12位脉宽调制器的结构原理	184
5.3.1 脉宽调制器 PWM1 的电路结构	184
5.3.2 脉宽调制器 PWM1 的工作原理	186
5.3.3 脉宽调制器 PWM1 的信号时序	188
5.4 脉宽调制器相关的寄存器	189
5.4.1 与 PWM1 相关的寄存器	189
5.4.2 与 PWM3 相关的寄存器	192
5.5 脉宽调制器的性能分析和编程方法	195
5.5.1 脉宽调制器的性能分析	196
5.5.2 脉宽调制器的编程步骤和举例	197
5.6 脉宽调制器的应用举例	198
【实验范例 5.1】单键控制灯具调光器/直流电机调速器	198
【实验范例 5.2】利用 PWM1 构建锯齿波发生器	205
【实验范例 5.3】模拟 12 位分辨率数/模转换器 DAC	209

第6章 模/数转换器 ADC 及其模拟接口技术

6.1 背景知识简介	214
6.1.1 ADC 种类与特点	215
6.1.2 ADC 器件的工作原理	215
6.2 SPMC65 片内 ADC 模块的性能特点	219
6.3 SPMC65 片内 ADC 模块的结构原理	221
6.4 ADC 模块相关的寄存器	223
6.5 ADC 模块的编程方法	227
6.5.1 ADC 应用的特有问题的	227
6.5.2 ADC 的编程步骤	228

目 录

6.5.3	ADC 的编程举例	230
6.6	ADC 模块的应用举例	232
	【实验范例 6.1】单通道模拟量实时采集和 LED 显示	233
	【实验范例 6.2】光控照明系统电脑控制器	237
	【实验范例 6.3】单线扫描实现多键输入的解决方案	243
6.7	ADC 功能虚拟技术	249
6.7.1	RC 充放电法	249
6.7.1.1	双端 RC 充放电法	249
6.7.1.2	单端 RC 充放电法	250
6.7.2	RC 振荡器法	251
6.7.2.1	双端 RC 振荡器法	251
6.7.2.2	单端 RC 振荡器法	252
6.7.3	电压比较器法	253
6.7.3.1	R-2R 电压比较器法	253
6.7.3.2	PWM 电压比较器法	254

第 7 章 通用异步收发器 UART 及其应用技术

7.1	串行通信的基本概念	257
7.1.1	串行通信的两种基本方式	257
7.1.1.1	异步传送方式	257
7.1.1.2	同步传送方式	259
7.1.2	串行通信中数据传送方向	259
7.1.2.1	单工传送方式	259
7.1.2.2	半双工传送方式	259
7.1.2.3	全双工传送方式	260
7.1.3	串行通信中的控制方式	260
7.1.3.1	主控器方式	260
7.1.3.2	被控器方式	261
7.1.4	串行通信中的码型、编码方式和帧结构	261
7.1.5	串行通信中的检错和纠错方式	262
7.1.5.1	奇偶校验	262
7.1.5.2	累加和校验	262
7.1.5.3	循环冗余校验 CRC	263
7.1.5.4	通信中的纠错	263
7.1.6	串行通信组网方式	265
7.1.6.1	双机通信方式	266

7.1.6.2 多机通信方式	266
7.1.6.3 多主机通信方式	267
7.1.7 串行通信接口电路和参数	267
7.1.8 串行通信的传输速率	270
7.1.8.1 信息传输速率 R	270
7.1.8.2 符号传输速率 N	271
7.1.9 串行通信协议	271
7.2 SPMC65 片内 UART 模块的特点	272
7.3 SPMC65 片内 UART 模块的结构原理	274
7.3.1 波特率发生器	275
7.3.2 发送通道	277
7.3.3 接收通道	278
7.4 UART 相关寄存器	280
7.5 UART 模块的编程	285
7.5.1 UART 应用的灵活性	285
7.5.2 UART 的编程步骤	285
7.5.3 UART 的编程举例	286
7.6 UART 模块的应用举例	288
【实验范例 7.1】UART 全双工异步通信的自环实验	289
【实验范例 7.2】单片机与 PC 微机对话实验	293

第 8 章 串行外围接口 SPI 及其应用技术

8.1 背景知识	305
8.1.1 SPI 接口信号描述	305
8.1.2 基于 SPI 的系统构成方式	307
8.1.3 SPI 接口工作原理	309
8.1.4 兼容 SPI 的 MicroWire 接口	311
8.1.4.1 MicroWire 接口信号描述	311
8.1.4.2 基于 MicroWire 的系统构成方式	311
8.2 SPMC65 的 SPI 接口	313
8.2.1 SPMC65 片内 SPI 模块的特点	314
8.2.2 SPI 模块的结构和操作原理	314
8.2.3 SPI 接口的主机模式	317
8.2.4 SPI 接口的从机模式	319
8.2.5 SPI 接口相关的寄存器	321
8.2.6 SPI 接口的编程方法	325

8.2.7 SPI 接口的编程举例	327
8.3 SPI 接口的应用举例	329
【实验范例 8.1】SPI 接口自环通信实验(主机模式)	329
【实验范例 8.2】SPI 接口自环通信实验(从机模式)	333
【实验范例 8.3】SPI 接口与移位寄存器 74HC164 通信	337
【实验范例 8.4】SPI 接口连接串行存储器 93C46	342

第 9 章 单片机应用系统的性能优化设计

9.1 系统配置字节和用户信息字节	353
9.1.1 系统配置字节	354
9.1.2 产品串号	356
9.1.3 产品信息	357
9.2 系统时钟源	357
9.2.1 外接晶体振荡器/陶瓷谐振器	358
9.2.2 外接阻容器件	359
9.2.3 外引时钟源	360
9.3 复位管理系统	361
9.3.1 单片机的工作状态及其状态迁移	362
9.3.2 复位源及其复位操作	362
9.3.3 复位相关的寄存器	365
9.3.4 上电复位	366
9.3.5 外部引脚复位	367
9.3.6 电源欠压复位	369
9.3.7 看门狗复位	371
9.3.8 非法地址复位	372
9.3.9 软件复位	373
9.4 看门狗定时器 WDT	374
9.4.1 WDT 的主要作用	374
9.4.2 程序失控的回复	375
9.4.3 WDT 的电路结构	378
9.4.4 WDT 的工作原理	381
9.4.5 WDT 相关寄存器	382
9.4.6 使用 WDT 的注意事项	385
9.5 节电设计	386
9.5.1 节电技术背景和概念	386
9.5.2 STOP 模式	387

9.5.2.1 STOP模式的进入	388
9.5.2.2 STOP模式的退出	389
9.5.3 HALT模式	392
9.5.3.1 HALT模式的进入	393
9.5.3.2 HALT模式的退出	393
9.5.4 STOP模式下的引脚降耗安排	395
9.6 应用举例	397
【实验范例 9.1】带 WDT 监视功能的队列灯	397
【实验范例 9.2】应用 WDT 中断功能的队列灯	403
【实验范例 9.3】应用节电技术的队列灯	405
【实验范例 9.4】应用复位标志寄存器的队列灯	408

第 10 章 程序烧写器及其 OTP 单片机的重复烧写技巧

10.1 烧写器硬件和软件	411
10.1.1 硬件装置	411
10.1.2 支持软件 Q-Writer	412
10.2 Q-Writer 与烧写器配合应用	413
10.2.1 硬件如何安装	413
10.2.2 软件如何启用	414
10.3 Q-Writer 的功能和操作命令	417
10.3.1 “文件”类操作命令	419
10.3.2 “器件”类操作命令	420
10.3.3 “功能”类操作命令	420
10.3.4 “操作模式”类操作命令	421
10.3.5 “用户信息”类操作命令	422
10.3.6 “窗口”类操作命令	424
10.3.7 “设置”类操作命令	424
10.3.8 “帮助”类操作命令	427
10.3.9 “右击”类操作命令	428
10.4 如何进行一次虚拟演练	429
10.4.1 空白检查	429
10.4.2 内容读回	429
10.4.3 保存文件	430
10.4.4 打开文件	430
10.4.5 虚拟烧写	430
10.4.6 虚拟核对	431