

高等院校通用教材·单片机系列教程



主编 何立民

# 单片机初级教程

## ——单片机基础

(第2版)



张迎新 等编著

本书配套教学课件

高等院校通用教材·单片机系列教程

主编 何立民

TP368.1  
288

# 单片机初级教程

——单片机基础

(第2版)

张迎新 等编著

北京航空航天大学出版社

## 内 容 简 介

以 80C51 系列单片机为主线,系统地介绍了单片机的硬件结构、工作原理、指令系统、汇编语言程序设计、接口技术、中断系统及单片机应用等内容。各章中对关键性内容都结合丰富的实例予以说明。并介绍了数字电路及单片机的入门知识,以有助于单片机先修课基础较差的学生掌握单片机原理与基本应用技术。较之第 1 版,修订了单片机结构及原理章节的内容,增加了定时器 2、液晶显示屏、SPI 串行接口和 I2C 串行总线的扩展方法以及一些通用实例。

本书特点:深入浅出的引导性叙述;关键内容的典型实例;配以数字电路及单片机入门知识的阶梯,使初学者很容易掌握单片机的基础知识。

本书可作为专科、工程应用类本科单片机基础类课程的教材,以及单片机培训教材;也可作为单片机自学人员,以及从事单片机应用开发的工程技术人员的参考用书。

### 图书在版编目(CIP)数据

单片机初级教程:单片机基础/张迎新等编著. —2  
版. —北京:北京航空航天大学出版社,2006. 8  
ISBN 7-81077-841-2

I. 单… II. 张… III. 单片微型计算机-教材  
IV. TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 063233 号

© 2006,北京航空航天大学出版社,版权所有。

未经本书出版者书面许可,任何单位和个人不得以任何形式或手段复制或传播本书内容。侵权必究。

### 单片机初级教程——单片机基础(第 2 版)

张迎新 等编著

责任编辑 冯 颖

\*

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: bhp@263.net

北京市松源印刷有限公司印装 各地书店经销

\*

开本:787×960 1/16 印张:21.25 字数:476 千字

2006 年 8 月第 2 版 2006 年 8 月第 1 次印刷 印数:5 000 册

ISBN 7-81077-841-2 定价:26.00 元

# 单片机系列教程

## 编委会

主 编:何立民

编 委:(按姓氏笔划)

万光毅	马广云	王 瑛	王幸之
乔少杰	沈德金	邢春香	何立民
张俊谟	张迎新	严 义	陆延丰
周立功	夏继强		

## 第 2 版序

在我国,单片机已不是一个陌生的名词,它的出现是近代计算机技术的里程碑事件,因为单片机的诞生标志着计算机正式形成了通用计算机系统和嵌入式计算机系统(简称嵌入式系统)两大分支。在单片机诞生之前,为了满足工控对象的嵌入式应用要求,只能将通用计算机进行机械加固、电气加固后嵌入到对象体系(如舰船)中构成自动驾驶仪、轮机监控系统等。由于通用计算机的巨大体积和高成本,无法嵌入到大多数对象体系(如家用电器、汽车、机器人、仪器仪表等)中,单片机则应嵌入式应用而生。单片机单芯片的微小体积和极低的成本,可广泛地嵌入到如玩具、家用电器、机器人、仪器仪表、汽车电子系统、工业控制单元、办公自动化设备、金融电子系统、舰船、个人信息终端及通信产品中,成为现代电子系统中最重要的智能化工具。

计算机两大分支的产生,大大促进了现代计算机技术的飞速发展。通用计算机系统以发展海量、高速数值计算为己任,不必兼顾控制功能,其数据总线宽度不断更新,迅速从 8 位、16 位过渡到 32 位、64 位,不断完善其通用操作系统,突出发展海量、高速数值计算能力,并在数据处理、模拟仿真、人工智能、图像处理、多媒体、网络通信中得到了广泛的应用。单片机则以面向对象图像控制为己任,不断增强控制能力,降低成本,减小体积,改善开发环境,以空前的速度迅速而广泛地取代了经典电子系统。

单片机作为最典型的嵌入式系统,它的成功应用推动了嵌入式系统的发展。20 年来,单片机经历了从单片微型计算机(Single Chip Microcomputer)到微控制器(Micro-Controller Unit)到片上系统(System on Chip)的发展,推动了嵌入式处理器的发展。目前,各种类型的嵌入式处理器逐渐形成了微控制器或片上系统的嵌入式应用系统的基础内核,演化出庞大的嵌入式系统家族。

作为典型嵌入式系统的单片机,在我国大规模应用已有 20 余年历史。在全国高等工科院校中,已普遍开设单片机及其相关课程。单片机已成为电子系统智能化的最普遍的应用手段。除了单独设课程外,在涉及的许多实践环节,如课程设计、毕业设计、研究生论文课题中,单片机系统都是最广泛的应用手段。近年来,在高校中大力推行的各种电子设计竞赛中,采用单片机系统来解决各类电子技术问题已成趋势。因此,解决好高等工科院校单片机及其相关课程的教材问题具有十分重要的意义。



目前,许多单片机类课程教材都是以 80C51 系列为基础来讲授单片机原理及其应用的。这是因为 MCS-51 系列单片机奠定了 8 位单片机的基础,形成了单片机的经典体系结构。MCS-51 系列中的 8051 成为许多半导体厂家、电气公司竞相选用的对象,并以其为基核,推出了许多兼容性的 CHMOS 单片机。这些单片机都具有极好的兼容性,并有很强的生命力,统称为 80C51 系列。本系列教程以 80C51 系列为基础即缘于此。

单片机是现代计算机、电子技术的新兴领域,无论是单片机本身,还是单片机应用系统设计方法都会随时代不断发生变化。作为单片机类课程的教材,则要突出单片机技术典型性和教学化的特点。因此,单片机教程只提供单片机典型结构体系的基本原理与应用设计的基本方法。教程中的所有应用实例只是为了加深理解单片机基本原理及应用系统设计方法的需要而设置的,并不提供、也不可能提供单片机应用系统设计的最新、最优电路。通过本教程的学习,掌握基本原理和方法后,在未来的工作实践中,需要通过各种渠道,如公司产品技术手册和网上查询,以获得最新器件、最佳技术来设计自己的产品系统。

目前,以及未来相当长的一段时间内,单片机应用技术发展趋势为:

① 全盘 CMOS 化。CMOS 电路具有众多的优点,如极宽的工作电压范围、极佳的本质低功耗及功耗管理特性,形成了嵌入式系统独特的低功耗及功耗管理应用技术。

② 最大化的 SoC 设计。目前单片机已逐渐向片上系统发展,原有的单片机逐渐发展成通用型 SoC 单片机(如 C8051F 系列)或 SoC 的标准 IP 内核(如 DW8051\_core<sup>®</sup>),以及各种专用的 SoC 单片机。

③ 以串行方式为主的外围扩展。目前单片机外围器件普遍提供了串行扩展方式。串行扩展具有简单、灵活、电路系统简单、占用 I/O 口资源少等优点,是一种流行的扩展方式。

④ 8 位机仍有巨大发展空间。这是由于大多数嵌入式应用对象有限响应时间要求所决定的。从诞生至今,乃至今后相当长的时期内,8 位机仍有巨大的发展空间。

参考上述技术趋势,以及 80C51 系列本身的新发展,选择 80C51 系列为基础的单片机体系结构,既符合教学特点的典型性,又不失内容的先进性。内容的典型性有利于触类旁通,迅速掌握与应用其他的单片机系列;内容的先进性则指 80C51 系列中仍有许多先进的产品型号可供选择。

本系列教程的筹划过程中,充分考虑到单片机的教学特点及先修课基础,根据不同对象、不同使用要求,组织了高校中多年从事单片机教学的老师,编写出这样一套适合于各类、各层次学习与应用的教程。

本系列教程于 2000 年推出第 1 版,包括“单片机初级、中级、高级教程”、“单片机实验与实践教程(一)、(二)”以及作为教学参考的《单片机教程习题与解答》。此套教材先

后被许多高校选作单片机教学用书,受到广泛好评,并被评为第5届全国高校出版社优秀畅销书一等奖。

此次的第2版,删去了一些陈旧的内容,增加了对嵌入式系统的描述,使教学内容更加贴近实际要求。增加了C语言的能力训练,但不削弱原有的汇编语言内容,因为汇编语言仍然是嵌入式系统的硬件基础。并补充了满足后续实践环节的《单片机实验与实践教程(三)》。

《单片机初级教程——单片机基础》系统地介绍了单片机的硬件结构、工作原理、指令系统、汇编语言程序设计、接口技术、中断系统及单片机应用等内容。各章中对关键性内容都结合丰富的实例如以说明。并介绍了数字电路及单片机的入门知识,以有助于单片机先修课基础较差的学生掌握单片机原理与基本应用技术。较之第1版,修订了单片机结构及原理章节的内容,增加了定时器2、液晶显示屏、SPI串行接口和I2C串行总线的扩展方法以及一些通用实例。

本书特点:深入浅出的引导性叙述;关键内容的典型实例;配以数字电路及单片机入门知识的阶梯,使初学者很容易掌握单片机的基础知识。

本书适用于大专及工程应用类本科单片机基础类课程教学材。

《单片机中级教程——原理与应用》系统地介绍了单片机的组成、工作原理和应用技术。内容包括:单片机的意义和发展,单片机的CPU和特殊功能寄存器等硬件配置,指令系统和使用汇编语言和C语言的软件设计,系统扩展和外围接口技术,单片机应用系统实例等。较之第1版,重新改写了绪论,增加了C语言的介绍,并改写了相关章节和实例。

本书特点:原理与应用紧密结合;突出单片机的基本原理、体系结构、典型功能单元的完整性;重点配以系统扩展与配置方法;以构建单片机应用系统为目标。

本书适用于本科电类专业单片机原理及应用类课程的教学。

《单片机高级教程——应用与设计》在介绍单片机原理、典型结构、基本功能单元的基础之上,重点讲解了单片机应用系统设计的软、硬件技术。内容包括:单片机基本结构与工作原理,80C51单片机的指令系统,80C51单片机基本功能单元与操作原理,最小应用系统设计,并行扩展技术,串行扩展技术,应用程序设计技术,最小功耗系统设计,可靠性设计等。较之第1版,重写了单片机的体系结构以及基本练习中的C语言程序对照,并针对原有的错误进行了修订。

本书特点:突出嵌入式应用设计内容;与当前实际应用紧密结合;提供嵌入式系统最小功耗设计与可靠性设计的基础内容;理清了嵌入式系统的发展史,以及单片机与嵌入式系统的基本概念。

本书适用于本科电类专业、研究生单片机应用系统设计类课程的教学。

“单片机初级、中级、高级教程”不是三个台阶体系,而是针对不同基础的学生的三



种教材选择。在教程内容的编写上,除了注意教学内容的典型性外,还注意了其实践性与实用性。

“单片机实验与实践教程(一)、(二)、(三)”是颇具特色的实验与实践教程。在编写时,并不强调与“单片机初级、中级、高级教程”的从属性,而是要求尽可能保持多年来单片机实验及综合实践的教学成果。每个实验与实践教程都有大量的实验与实践内容,在组织教学时,可根据具体情况选用。这套实验与实践教程也可作为学生课外科技活动、电子设计竞赛、课程设计、毕业设计 & 研究生综合实践的参考用书。

《单片机实验与实践教程(一)》的实验系统为模块化实验仪 TMD-1。突出串行扩展内容;以汇编语言编程为主,部分实验题目增加了 C 语言编程,使内容更加完整;有实时操作系统实验。

《单片机实验与实践教程(二)》的实验系统为 DP-51PROA,汇编语言与 C 语言编程并重;串行扩展为主,兼顾并行扩展;基础训练与实际应用相结合;介绍基于 C 语言的编程方法与 Keil C51 的集成开发环境,提供操作系统的多种用法。

《单片机实验与实践教程(三)》的实验系统为 DP-51PROC。突出工程实践及 Keil C51 的集成开发环境与实时操作系统的应用。除基础实验外,还可满足后续实践性教学环节的需要。

《单片机教程习题与解答》是针对初级、中级、高级教程每一章后的“思考与练习”作出的习题解答,有利于自学与检查教学效果。

本系列的初级、中级、高级教程都配有课堂教学课件,可供教师选用。

本系列教程可作为高等工科院校从大专、本科到研究生的讲课用书或综合实践教学用书,还可作为各类单片机技术培训或各类技术人员自学用书。

北京航空航天大学出版社在我国单片机界享有崇高的威望,有素质较高的单片机专业编辑队伍,与许多单片机学术团体、单片机专业人士有着密切的联系。使用本系列教程还可以得到从师资培训、实验设备建设到应用设计的咨询服务。热切希望本系列教程对推动我国单片机技术教育作出有益的贡献。

《单片机系列教程》主编

2006年3月



## 第 2 版前言

为适应社会发展的需要,计算机技术迅速发展,也使单片机产品不断更新换代,例如 Intel 公司的 MCS-51 系列单片机早已停产;Atmel 公司畅销多年的 AT89C51/C52 在 2003 年也已经停产。这些产品目前价格较高,现在市场上已很难找到。为使单片机教学内容及时跟上单片机的发展,需要更新第 1 版教材的内容。在第 1 版中所介绍的 80C51 系列单片机基本上还是 Intel 公司的 MCS-51 系列单片机的内容,取而代之的单片机在存储器和功能方面的很多特色在教材中没有反映出来。此外,串行扩展技术是当前集成电路器件发展的一个重要方向,应在教材中有所反映。为此,作者对原书内容作了多处改进与补充。

本书在介绍单片机时,是以 80C51 系列为例进行讲解的;而在介绍具体型号时,则选用了美国 Atmel 公司的 AT89 系列产品。由于其所具有的显著特点(详见第 1 章),使得它很快在单片机市场中脱颖而出,并占有较大的市场份额。AT89 系列单片机的成功使得几个著名的半导体厂家也相继生产了类似的产品,例如 Philips 公司的 P89 系列、美国 SST 公司的 SST89 系列等。后来人们就简称此类产品为“89 系列单片机”,实际上它仍属于 80C51 系列,简称“51 系列”。89 系列单片机虽然并不是功能最强、技术最先进的单片机,但它源于经典的 MCS-51 系列。考虑到教学的连续性及 89 系列单片机和所用开发装置的普及性,书中单片机芯片实例将采用 Atmel 公司的 AT89S51/S52 单片机——AT89C51/C52 的替代产品。不过,Philips 等其他公司仍然有 89C51/C52 的兼容产品,因此,在作一般共性介绍时,仍采用 80C51 符号来表示。

本教材在章节的安排和内容上都有不同程度的改进。

第 1 章为单片机概述。

第 2 章为计算机基础知识。

第 3 章以 89 系列单片机为基础介绍单片机的结构与原理。

第 4 章和第 5 章分别为指令系统和汇编语言程序设计。

第 6 章为定时/计数器的原理与应用。

第 7 章为 UART 串行接口。

第 8 章为中断系统。定时器和串行接口分别是单片机的 2 个主要功能模块,其内



容是各自独立的,并且它们均可以在查询情况和中断情况下使用。在介绍中断之前,可以用查询情况下的使用来举例,这并不影响读者对其功能的理解。在这2个模块之后介绍中断系统,一方面可以突出中断概念的重要性和独立性,另一方面通过中断在定时器与串行接口中的应用,可以使读者进一步加深对中断作用的理解。

第9章介绍并行和串行总线接口的扩展方法和详细的应用实例。

第10章为接口技术的介绍。

第11章为应用系统的设计与开发。

本书是作者多年教学和科研经验的积累。为了使内容更加丰富、完整,书中还引用了部分国内外的文献资料,其主要来源见参考文献。在此,对有关作者表示衷心感谢。

张迎新担任本书主编。姚静波编写了3.3和3.4节,王盛军编写了10.4节,迟明华编写了10.3节,其余由张迎新编写。参加本教材编写的还有雷道振、樊桂花、杜小平。

在本书的编写中,清华大学的陆延丰老师、浙江大学城市学院的万光毅老师、周立功单片机公司的周立功、北京航空航天大学邢春香老师等都提出了很好的建议,并提供了部分素材。另外,姚静波、迟明华画了部分插图,吴永罡帮助审阅了部分章节,在此一并表示衷心感谢。

由于作者水平有限,书中的错误与不妥之处在所难免,恳请广大读者批评指正。

本教材还配有教学课件。需要用于教学的教师,请与北京航空航天大学出版社联系。北京航空航天大学出版社联系方式如下:

通信地址:北京海淀区学院路37号北京航空航天大学出版社教材推广部

邮 编:100083

电 话:010-82317027

传 真:010-82328026

E-mail: zhujunwei\_218@163.com

作 者

2006年3月



# 目 录

---

## 第 1 章 概 述

1.1 计算机的发展 .....	1
1.2 单片机概述 .....	2
1.2.1 单片机的发展历史 .....	2
1.2.2 单片机的组成及特点 .....	3
1.2.3 单片机的发展趋势 .....	5
1.2.4 单片机与嵌入式系统 .....	6
1.3 80C51 系列单片机 .....	7
1.3.1 80C51 系列单片机的发展 .....	7
1.3.2 89 系列单片机的特点及分类 .....	8

## 第 2 章 计算机基础知识

2.1 数制与编码 .....	10
2.1.1 数 制 .....	10
2.1.2 计算机中数的表示及运算 .....	12
2.1.3 二进制编码 .....	14
2.2 计算机的基本组成电路 .....	16
2.2.1 常用逻辑电路 .....	16
2.2.2 触发器 .....	18
2.2.3 寄存器 .....	19
2.2.4 常用数据锁存/缓冲/驱动器 .....	22
2.3 存储器概述 .....	25
2.3.1 存储器的分类 .....	26
2.3.2 半导体存储器的分类 .....	26
2.3.3 存储单元和存储单元地址 .....	28
2.3.4 存储器的主要指标 .....	28



2.3.5 存储器的寻址原理	29
思考与练习	29

### 第3章 单片机的结构及原理

3.1 单片机的结构	31
3.1.1 标准型单片机的组成与结构	31
3.1.2 引脚定义及功能	33
3.2 单片机的工作原理	36
3.2.1 指令与程序概述	36
3.2.2 CPU的工作原理	36
3.2.3 单片机执行程序的过程	38
3.3 80C51的存储器	41
3.3.1 存储器结构和地址空间	41
3.3.2 程序存储器	42
3.3.3 数据存储器	43
3.3.4 特殊功能寄存器	46
3.4 输入/输出端口	52
3.4.1 P0口	52
3.4.2 P1口	54
3.4.3 P2口	55
3.4.4 P3口	56
3.4.5 读引脚与读端口操作	57
3.4.6 4个I/O端口的的主要异同点	58
3.5 CPU时序及时钟电路	59
3.5.1 CPU时序及有关概念	59
3.5.2 振荡器和时钟电路	60
3.5.3 80C51的指令时序	62
3.6 复位和复位电路	63
3.6.1 内部复位信号的产生	64
3.6.2 复位状态	64
3.6.3 外部复位电路设计	65
3.7 80C51系列单片机的低功耗方式	66
3.7.1 电源控制寄存器PCON	66
3.7.2 待机方式	67



3.7.3 掉电方式·····	67
思考与练习·····	68

## 第4章 指令系统

4.1 指令系统简介·····	69
4.2 寻址方式·····	70
4.2.1 符号注释·····	70
4.2.2 寻址方式说明·····	71
4.3 指令系统分类介绍·····	75
4.3.1 数据传送类指令·····	75
4.3.2 算术运算类指令·····	82
4.3.3 逻辑操作类指令·····	87
4.3.4 控制转移类指令·····	90
4.3.5 位操作类指令·····	94
思考与练习·····	97

## 第5章 汇编语言程序设计

5.1 概 述·····	101
5.1.1 程序设计语言·····	101
5.1.2 汇编语言的规范·····	102
5.1.3 汇编语言程序设计步骤·····	105
5.2 顺序与循环程序设计·····	106
5.2.1 顺序程序设计·····	106
5.2.2 循环程序设计·····	107
5.3 分支程序设计·····	111
5.3.1 分支程序设计综述·····	111
5.3.2 无条件/条件转移程序设计·····	111
5.3.3 散转程序设计·····	112
5.4 查表程序设计·····	114
5.4.1 查表程序综述·····	114
5.4.2 规则变量的查表程序设计·····	115
5.4.3 非规则变量的查表程序设计·····	117
5.5 子程序设计·····	118
5.5.1 子程序结构与设计注意事项·····	119

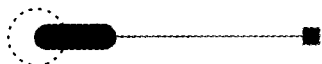




5.5.2	子程序调用与返回	119
5.5.3	子程序嵌套	120
5.5.4	子程序设计	121
5.6	综合编程举例	123
5.6.1	代码转换类程序	123
5.6.2	运算类程序	124
5.6.3	常用 I/O 端口程序	128
	思考与练习	129

## 第6章 定时/计数器

6.1	定时/计数器 T0、T1 概述	132
6.1.1	定时/计数器 T0、T1 的结构	132
6.1.2	定时/计数器的原理	133
6.2	定时/计数器的控制方法	134
6.2.1	定时/计数器寄存器	134
6.2.2	定时/计数器的初始化与启动	136
6.2.3	定时/计数器初值的确定方法	136
6.3	定时器 T0、T1 的工作方式	137
6.3.1	方式 0	137
6.3.2	方式 1	137
6.3.3	方式 2	138
6.3.4	方式 3	139
6.4	定时器 T0、T1 应用举例	140
6.4.1	方式 1 应用举例	140
6.4.2	方式 2 应用举例	141
6.4.3	方式 3 应用举例	143
6.4.4	门控位应用举例	144
6.5	定时/计数器 T2	146
6.5.1	T2 的寄存器	146
6.5.2	T2 的工作方式	148
6.5.3	应用例题	153
6.6	WDT 监视定时器	154
6.6.1	WDT 的功能及应用特点	154
6.6.2	辅助寄存器 AUXR	155
	思考与练习	155

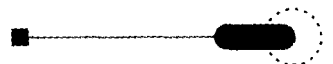


**第 7 章 UART 串行接口**

7.1 串行通信概述 .....	157
7.1.1 同步通信和异步通信方式 .....	157
7.1.2 串行通信的数据传送速率 .....	159
7.1.3 串行通信的方式 .....	159
7.1.4 通信协议 .....	160
7.2 80C51 串行口简介 .....	160
7.2.1 串行口结构与工作原理 .....	160
7.2.2 串行口寄存器 .....	161
7.2.3 80C51 的帧格式 .....	163
7.2.4 波特率的设置 .....	164
7.3 串行通信工作方式 .....	166
7.3.1 方式 0 .....	166
7.3.2 方式 1 .....	166
7.3.3 方式 2 和方式 3 .....	167
7.3.4 多机通信 .....	167
7.4 串行口应用举例 .....	169
7.4.1 利用串行口扩展 I/O 口 .....	169
7.4.2 利用串行口进行异步通信 .....	171
思考与练习 .....	175

**第 8 章 中断系统**

8.1 概 述 .....	176
8.1.1 中断的概念 .....	176
8.1.2 引进中断技术的优点 .....	176
8.1.3 中断源 .....	177
8.1.4 中断系统的功能 .....	178
8.2 AT89S51 单片机的中断系统 .....	179
8.2.1 中断系统的结构 .....	179
8.2.2 中断源及中断入口 .....	179
8.2.3 与中断有关的寄存器 .....	181
8.3 中断处理过程 .....	185
8.3.1 中断响应 .....	186

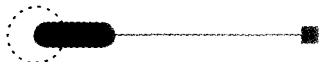




8.3.2	中断处理	187
8.3.3	中断返回	187
8.3.4	中断请求的撤消	188
8.3.5	中断响应时间	188
8.3.6	扩充外部中断源	189
8.4	中断程序的设计与应用	190
8.4.1	中断程序的一般设计方法	191
8.4.2	中断程序应用举例	194
	思考与练习	199

## 第9章 单片机的系统扩展

9.1	并行扩展概述	200
9.1.1	外部并行扩展总线	200
9.1.2	并行扩展的寻址方法	201
9.2	存储器的并行扩展	202
9.2.1	数据存储器扩展概述	203
9.2.2	访问片外RAM的操作时序	203
9.2.3	数据存储器扩展举例	204
9.3	并行I/O接口的扩展	205
9.3.1	简单并行I/O接口的扩展	206
9.3.2	可编程I/O接口的扩展	207
9.4	串行扩展概述	211
9.4.1	常用串行总线与串行接口简介	212
9.4.2	串行扩展的模拟技术	215
9.4.3	串行扩展的主要特点	216
9.5	I <sup>2</sup> C总线	216
9.5.1	I <sup>2</sup> C总线的特点	216
9.5.2	I <sup>2</sup> C总线的组成及基本工作原理	217
9.5.3	I <sup>2</sup> C总线的传输时序	217
9.5.4	I <sup>2</sup> C总线的通用模拟软件包	220
9.5.5	I <sup>2</sup> C总线应用举例	224
9.6	SPI串行接口	229
9.6.1	SPI串行接口的特点	230
9.6.2	SPI系统的组成及基本原理	230





9.6.3 SPI 串行接口的传输时序 .....	231
9.6.4 SPI 串行接口的通用软件包 .....	231
9.6.5 SPI 串行接口应用举例 .....	233
思考与练习 .....	236

## 第 10 章 接口技术

10.1 键盘接口 .....	237
10.1.1 键盘工作原理 .....	237
10.1.2 独立式按键 .....	239
10.1.3 行列式键盘 .....	240
10.2 显示器接口 .....	245
10.2.1 LED 显示器的结构与原理 .....	246
10.2.2 LED 静态显示方式 .....	248
10.2.3 LED 动态显示方式 .....	250
10.2.4 液晶显示器概述 .....	252
10.2.5 字符型液晶显示模块 LCM 的组成及原理 .....	253
10.2.6 字符型液晶显示模块 LCM 的引脚及说明 .....	256
10.2.7 LCM 的指令 .....	256
10.2.8 LCM 的复位及初始化 .....	260
10.2.9 LCM 的接口及应用举例 .....	261
10.3 数/模转换接口 .....	265
10.3.1 D/A 转换器原理 .....	265
10.3.2 D/A 转换器的主要技术指标 .....	267
10.3.3 并行 D/A 转换器 .....	267
10.3.4 串行 D/A 转换器 .....	271
10.4 模/数转换器 .....	275
10.4.1 A/D 转换器的主要技术指标 .....	276
10.4.2 逐次逼近式 A/D 转换器原理 .....	277
10.4.3 逐次逼近式并行 A/D 转换器 .....	278
10.4.4 逐次逼近式串行 A/D 转换器 .....	281
思考与练习 .....	284

## 第 11 章 单片机应用系统的设计与开发

11.1 应用系统的设计过程 .....	285
----------------------	-----