

21世纪高等学校规划教材 | 计算机应用

# 单片机原理、接口及应用 ——嵌入式系统技术基础（第2版）

肖 看 李群芳 编著



清华大学出版社

21世纪高等学校规划教材 | 计算机应用

# 单片机原理、接口及应用

## ——嵌入式系统技术基础（第2版）

肖 看 李群芳 编著

清华大学出版社  
北京

## 内 容 简 介

本书以目前使用最为广泛的 MCS-51 系列单片机为背景,介绍嵌入式系统应用的基本技术。全书分为 4 篇共 13 章,系统地介绍了 MCS-51 系列单片机的硬件结构、指令系统、功能特点、功能扩展、典型外围接口技术、C51 及其应用、系统开发设计、单片机实验等内容。本书覆盖了单片机与嵌入式系统课程教学的基本内容,同时结合了当前新技术、新器件的发展,具有很强的实用性。

本书融入了 Proteus 最新的单片机系统仿真技术,开辟了一条单片机教学的新思路。无需硬件“参与”,为单片机的教与学提供了极好的实践性与操作性。与此同时,本书每章均带有思考题与习题,本书结尾给出了实验指导,附录还提供了部分习题参考答案。本书内容由浅入深,条理清晰,通俗易懂。

本书可作为高等学校计算机、电气信息类相关专业“单片机与嵌入式系统基础”课程的教材,也可供从事单片机嵌入式系统应用的工程技术人员参考,同时还可以作为全国大学生电子设计竞赛的培训教材。

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

单片机原理、接口及应用——嵌入式系统技术基础/肖看,李群芳编著. —2版. —北京:清华大学出版社,2010.9

(21世纪高等学校规划教材·计算机应用)

ISBN 978-7-302-23124-0

I. ①单… II. ①肖… ②李… III. ①单片微型计算机—理论—高等学校—教材  
②单片微型计算机—接口—高等学校—教材 IV. ①TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 114238 号

责任编辑: 闫红梅 顾 冰

责任校对: 梁 毅

责任印制: 李红英

出版发行: 清华大学出版社

<http://www.tup.com.cn>

社 总 机: 010-62770175

·投稿与读者服务: 010-62795954, [jsjic@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:jsjic@tup.tsinghua.edu.cn)

质 量 反 馈: 010-62772015, [zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn)

地 址: 北京清华大学学研大厦 A 座

邮 编: 100084

邮 购: 010-62786544

印 装 者: 北京国马印刷厂

经 销: 全国新华书店

开 本: 185×260 印 张: 23.25

字 数: 565 千字

版 次: 2010 年 9 月第 2 版

印 次: 2010 年 9 月第 1 次印刷

印 数: 1~4000

定 价: 35.00 元

# 编审委员会成员

(按地区排序)

清华大学	周立柱	教授
	覃征	教授
	王建民	教授
	冯建华	教授
	刘强	副教授
北京大学	杨冬青	教授
	陈钟	教授
	陈立军	副教授
北京航空航天大学	马殿富	教授
	吴超英	副教授
	姚淑珍	教授
中国人民大学	王珊	教授
	孟小峰	教授
	陈红	教授
北京师范大学	周明全	教授
北京交通大学	阮秋琦	教授
	赵宏	教授
北京信息工程学院	孟庆昌	教授
北京科技大学	杨炳儒	教授
石油大学	陈明	教授
天津大学	艾德才	教授
复旦大学	吴立德	教授
	吴百锋	教授
	杨卫东	副教授
同济大学	苗夺谦	教授
	徐安	教授
华东理工大学	邵志清	教授
华东师范大学	杨宗源	教授
	应吉康	教授
上海大学	陆铭	副教授
东华大学	乐嘉锦	教授
	孙莉	副教授

浙江大学	吴朝晖	教授
	李善平	教授
扬州大学	李 云	教授
南京大学	骆 斌	教授
	黄 强	副教授
南京航空航天大学	黄志球	教授
	秦小麟	教授
南京理工大学	张功萱	教授
南京邮电学院	朱秀昌	教授
苏州大学	王宜怀	教授
	陈建明	副教授
江苏大学	鲍可进	教授
武汉大学	何炎祥	教授
华中科技大学	刘乐善	教授
中南财经政法大学	刘腾红	教授
华中师范大学	叶俊民	教授
	郑世珏	教授
	陈 利	教授
江汉大学	颜 彬	教授
国防科技大学	赵克佳	教授
中南大学	刘卫国	教授
湖南大学	林亚平	教授
	邹北骥	教授
西安交通大学	沈钧毅	教授
	齐 勇	教授
长安大学	巨永峰	教授
哈尔滨工业大学	郭茂祖	教授
吉林大学	徐一平	教授
	毕 强	教授
山东大学	孟祥旭	教授
	郝兴伟	教授
中山大学	潘小轰	教授
厦门大学	冯少荣	教授
仰恩大学	张思民	教授
云南大学	刘惟一	教授
电子科技大学	刘乃琦	教授
	罗 蕾	教授
成都理工大学	蔡 淮	教授
	于 春	讲师
西南交通大学	曾华燊	教授

# 出版说明

---

随着我国改革开放的进一步深化,高等教育也得到了快速发展,各地高校紧密结合地方经济建设发展需要,科学运用市场调节机制,加大了使用信息科学等现代科学技术提升、改造传统学科专业的投入力度,通过教育改革合理调整和配置了教育资源,优化了传统学科专业,积极为地方经济建设输送人才,为我国经济社会的快速、健康和可持续发展以及高等教育自身的改革发展做出了巨大贡献。但是,高等教育质量还需要进一步提高以适应经济社会发展的需要,不少高校的专业设置和结构不尽合理,教师队伍整体素质亟待提高,人才培养模式、教学内容和方法需要进一步转变,学生的实践能力和创新精神亟待加强。

教育部一直十分重视高等教育质量工作。2007年1月,教育部下发了《关于实施高等学校本科教学质量与教学改革工程的意见》,计划实施“高等学校本科教学质量与教学改革工程(简称‘质量工程’)”,通过专业结构调整、课程教材建设、实践教学改革、教学团队建设等多项内容,进一步深化高等学校教学改革,提高人才培养的能力和水平,更好地满足经济社会发展对高素质人才的需要。在贯彻和落实教育部“质量工程”的过程中,各地高校发挥师资力量强、办学经验丰富、教学资源充裕等优势,对其特色专业及特色课程(群)加以规划、整理和总结,更新教学内容、改革课程体系,建设了一大批内容新、体系新、方法新、手段新的特色课程。在此基础上,经教育部相关教学指导委员会专家的指导和建议,清华大学出版社在多个领域精选各高校的特色课程,分别规划出版系列教材,以配合“质量工程”的实施,满足各高校教学质量和教学改革的需要。

为了深入贯彻落实教育部《关于加强高等学校本科教学工作,提高教学质量的若干意见》精神,紧密配合教育部已经启动的“高等学校教学质量与教学改革工程精品课程建设工作”,在有关专家、教授的倡议和有关部门的大力支持下,我们组织并成立了“清华大学出版社教材编审委员会”(以下简称“编委会”),旨在配合教育部制定精品课程教材的出版规划,讨论并实施精品课程教材的编写与出版工作。“编委会”成员皆来自全国各类高等学校教学与科研第一线的骨干教师,其中许多教师为各校相关院、系主管教学的院长或系主任。

按照教育部的要求,“编委会”一致认为,精品课程的建设工作从开始就要坚持高标准、严要求,处于一个比较高的起点上;精品课程教材应该能够反映各高校教学改革与课程建设的需要,要有特色风格、有创新性(新体系、新内容、新手段、新思路,教材的内容体系有较高的科学创新、技术创新和理念创新的含量)、先进性(对原有的学科体系有实质性的改革和发展,顺应并符合21世纪教学发展的规律,代表并引领课程发展的趋势和方向)、示范性(教材所体现的课程体系具有较广泛的辐射性和示范性)和一定的前瞻性。教材由个人申报或各校推荐(通过所在高校的“编委会”成员推荐),经“编委会”认真评审,最后由清华大学出版

社审定出版。

目前,针对计算机类和电子信息类相关专业成立了两个“编委会”,即“清华大学出版社计算机教材编审委员会”和“清华大学出版社电子信息教材编审委员会”。推出的特色精品教材包括:

(1) 21世纪高等学校规划教材·计算机应用——高等学校各类专业,特别是非计算机专业的计算机应用类教材。

(2) 21世纪高等学校规划教材·计算机科学与技术——高等学校计算机相关专业的教材。

(3) 21世纪高等学校规划教材·电子信息——高等学校电子信息相关专业的教材。

(4) 21世纪高等学校规划教材·软件工程——高等学校软件工程相关专业的教材。

(5) 21世纪高等学校规划教材·信息管理与信息系统。

(6) 21世纪高等学校规划教材·财经管理与计算机应用。

(7) 21世纪高等学校规划教材·电子商务。

清华大学出版社经过二十多年的努力,在教材尤其是计算机和电子信息类专业教材出版方面树立了权威品牌,为我国的高等教育事业做出了重要贡献。清华版教材形成了技术准确、内容严谨的独特风格,这种风格将延续并反映在特色精品教材的建设中。

清华大学出版社教材编审委员会

联系人:魏江江

E-mail: weijj@tup.tsinghua.edu.cn

单片机(又称为微控制器)的出现是计算机发展史上的一个重要里程碑,它以体积小、功能全、性价比高等诸多优点而独具特色,在工业控制、尖端武器、通信设备、信息处理、家用电器等嵌入式应用领域中独占鳌头。51 系列单片机是国内目前应用最广泛的一种 8 位单片机之一,经过二十多年的推广与发展,51 系列单片机形成了一个规模庞大、功能齐全、资源丰富的产品群。当前,随着嵌入式系统、片上系统等概念的提出并普遍被人们接受,而且也被应用到实际工作中,51 单片机的发展又进入了一个新的阶段。许多专用功能芯片中集成了 51 核,51 兼容的微控制器不断地以 IP 核的方式在以 FPGA 为基础的片上系统中出现,国内目前众多高校也大量以 51 单片机作为单片机原理与接口技术课程的基本内容。可谓是“众人拾柴火焰高”,特别是近年来,基于 51 单片机的嵌入式实时操作系统不断出现并且被人们加以推广。这都表明了 51 系列单片机在今后的许多年中依然会活跃如故,而且在很长一段时间中将占据嵌入式系统产品的低端市场。

本书选择 51 系列单片机作为背景,介绍嵌入式系统应用软硬件设计的基本技术。其主要特点如下所示。

(1) 系统性强。本书主要分为基础篇、接口篇和应用篇三大部分。基础篇重点介绍了 51 单片机的基本知识;接口篇较全面地介绍了单片机的外围接口硬件设计,这种设计具有普遍的意义;应用篇则突出了以 C51 为主的嵌入式单片机系统的开发设计。本书还在预备篇中补充了计算机的基础知识,这样本书既可以作为单片机与嵌入式系统或类似课程的教材,也可以直接作为微机原理课程的学习教材。

(2) 可读性强。本书在内容的编排上注意由浅入深,方便读者自学。以“必须”、“够用”、“适用”、“会用”为过渡,通过典型例题,使学生重点掌握基本原理、基本分析方法和软硬件设计方法。全书将表、图与文字描述相结合,使基本理论的表述一目了然,便于记忆。

(3) 操作性强。为便于教学,我们将教学大纲中要求的基本内容尽量集中且靠前安排,其中标有“\*”的内容为任选或作为毕业设计、竞赛、应用时的参考资料。本书可为任课教师在授课时提供一个操作性很强的组织形式。

(4) 融入 Proteus 仿真技术,实践性强。本书部分例题或习题将采用 Proteus 软件绘制而成,读者只需一台能运行 Proteus 仿真软件的计算机,即可在实验室或家中完成对实验的验证。本书结尾部分还编有基于 Proteus 的实验指导一章,可以作为独立的实验教程使用。Proteus 的引入,使得实验不再受到实验场地与设备的限制,极大地方便了学习者,同时又不失其一般性。离开 Proteus 或者在真实的实验板上进行,本书介绍的这些实验同样具有指导意义。在教材选材的过程中,本书还兼顾到全国大学生电子设计竞赛和 PAEE 认证,因此本书也适合电子竞技培训和 PAEE 认证培训使用。

(5) 力图反映新技术的发展。当前非并行总线结构的单片机及其应用方式日趋增多,本书顺应这一发展趋势,将串行接口扩展集中到一章讲解。C51 的普遍应用,使得 51 单片



机的软件开发效率大幅度提高,本书在应用篇中以较大的篇幅介绍了 C51 的使用。

(6) 力图体现新器件的应用。本书介绍了一些实用的新型器件,如双口 RAM、铁电存储器、串行 A/D(D/A), $\mu$ P 监控器等,并用一定的篇幅介绍了增强型单片机中的定时器/计数器及其应用,同时还提到一些新型 51 单片机所具有的一些新的开发技术,如在系统编程 ISP 技术、在应用编程 IAP 技术、JTAG 非侵入式调试技术等。

本书由肖看和李群芳编写。谢瑞和教授提出了宝贵的指导意见。张志军、杨明、黄建、丁国荣、王贞炎等老师给予了我们大力帮助。梁国泓、齐晓莉、李熠、冷岩松、张祎然、陶云彬、姚方、姚园等人完成了书中部分例题和习题的实验验证、文字录入及电路绘制等工作。在此,对他们的辛勤劳动表示感谢。在本书编写过程中,我们获得了广州市风标电子技术有限公司的大力支持与帮助,在此也表示衷心的感谢。由于时间仓促,编者水平有限,书中难免有错误或不妥之处,敬请读者批评指正。

本书备有与教材实验配套的 Proteus 电路设计文档等资料,如果需要可到出版社相关网站下载或来信索取。

编 者

2010 年 3 月

# 目 录

## 预 备 篇

* 第 0 章 计算机的基础知识 .....	3
0.1 绪论 .....	3
0.1.1 计算机的新分类 .....	3
0.1.2 嵌入式系统 .....	3
0.1.3 单片机 .....	5
0.2 微型计算机的基本结构和工作原理 .....	10
0.2.1 微机的系统结构 .....	10
0.2.2 微机的基本工作原理 .....	10
0.2.3 微机的主要技术指标 .....	11
0.3 计算机中的数制与码制 .....	11
0.3.1 计算机中的数 .....	11
0.3.2 计算机中数的几个概念 .....	12
0.3.3 计算机中的有符号数的表示 .....	13
0.3.4 进位和溢出 .....	15
0.3.5 BCD 码 .....	16
0.3.6 BCD 码的运算 .....	17
0.3.7 ASCII 码 .....	17
0.4 小结 .....	17
思考题与习题 .....	18

## 基 础 篇

第 1 章 MCS-51 单片机结构 .....	21
1.1 MCS-51 单片机内部结构 .....	21
1.1.1 概述 .....	21
1.1.2 CPU .....	21
1.2 存储器 .....	22
1.2.1 程序存储器 .....	23
1.2.2 外部数据存储器 .....	25
1.2.3 内部数据存储器 .....	25
1.3 特殊功能寄存器 .....	27
1.4 时钟电路与复位电路 .....	29

1.4.1	时钟电路	29
1.4.2	单片机的时序单位	30
1.4.3	复位电路	30
1.5	引脚功能	31
1.6	小结	32
	思考题与习题	33
<b>第2章</b>	<b>MCS-51 单片机的指令系统</b>	<b>35</b>
2.1	寻址方式	36
2.1.1	立即寻址	36
2.1.2	直接寻址	36
2.1.3	寄存器寻址	36
2.1.4	寄存器间接寻址	37
2.1.5	变址寻址	38
2.1.6	位寻址	38
2.1.7	相对寻址	38
2.2	数据传送与交换指令	39
2.2.1	传送类指令	39
2.2.2	字节交换指令	41
2.3	算术运算和逻辑运算指令	42
2.3.1	算术运算和逻辑运算指令对标志位的影响	42
2.3.2	以 A 为目的操作数的算术运算和逻辑运算指令	43
2.3.3	以 dir 为目的操作数的逻辑运算指令	43
2.3.4	加 1、减 1 指令	44
2.3.5	十进制调整指令	44
2.3.6	专对 A 的指令	45
2.3.7	乘、除法指令	46
2.3.8	指令综合应用举例	46
2.4	控制转移指令	47
2.4.1	程序调用和返回类指令	47
2.4.2	转移指令	48
2.4.3	空操作指令	52
2.4.4	指令应用举例	52
2.5	位操作指令	53
2.6	小结	55
	思考题与习题	55
<b>第3章</b>	<b>MCS-51 单片机汇编语言程序设计</b>	<b>58</b>
3.1	概述	58

3.2	伪指令	59
3.3	顺序程序设计	61
3.4	分支程序设计	63
3.5	循环程序设计	66
3.6	位操作程序设计	71
3.7	子程序	72
3.8	小结	74
	思考题与习题	74
<b>第4章</b>	<b>并行接口 P<sub>0</sub>~P<sub>3</sub> 和单片机的中断系统</b>	<b>76</b>
4.1	单片机的并行接口 P <sub>0</sub> ~P <sub>3</sub>	76
4.1.1	P <sub>0</sub> ~P <sub>3</sub> 接口的功能和内部结构	76
4.1.2	编程举例	79
4.1.3	用并行口设计 LED 数码显示器和键盘电路	82
4.1.4	并行接口小结	88
4.2	MCS-51 单片机的中断系统	88
4.2.1	8XX51 中断系统结构	89
4.2.2	中断响应过程	91
4.2.3	中断的程序设计	93
4.3	小结	96
	思考题与习题	97
<b>第5章</b>	<b>单片机的定时/计数器与串行接口</b>	<b>98</b>
5.1	定时/计数器 T <sub>0</sub> 和 T <sub>1</sub>	98
5.1.1	定时/计数器 T <sub>0</sub> 和 T <sub>1</sub> 的结构与工作原理	98
5.1.2	定时/计数器的寄存器	99
5.1.3	定时/计数器的工作方式	101
5.1.4	定时/计数器的应用程序设计	102
5.1.5	门控位的应用	107
* 5.2	定时/计数器 T <sub>2</sub>	109
5.2.1	定时/计数器 T <sub>2</sub> 的结构和外部引脚	109
5.2.2	定时/计数器 T <sub>2</sub> 的寄存器	109
5.2.3	定时/计数器 T <sub>2</sub> 的工作方式	110
5.2.4	定时/计数器小结	113
5.3	串行接口	114
5.3.1	概述	114
5.3.2	单片机串行接口的结构与工作原理	120
5.3.3	串行接口的控制寄存器	122
5.3.4	串行接口的工作方式	124

5.3.5 串行接口的应用编程 .....	125
5.3.6 利用串行接口方式 0 扩展 I/O 接口 .....	132
5.4 小结 .....	134
思考题与习题 .....	134

## 接 口 篇

<b>第 6 章 单片机总线与存储器的扩展</b> .....	139
6.1 单片机系统总线和系统扩展方法 .....	139
6.1.1 单片机系统总线信号 .....	139
6.1.2 系统扩展的方法 .....	139
6.1.3 地址译码器 .....	141
6.2 程序存储器的扩展 .....	143
6.2.1 EPROM 的扩展 .....	143
6.2.2 EEPROM 的扩展 .....	145
6.2.3 Flash 存储器(闪速存储器) .....	146
6.3 数据存储器的扩展 .....	149
6.3.1 SRAM 的扩展 .....	149
* 6.3.2 同时扩展 SRAM 和 Flash 存储器的例子 .....	151
* 6.4 新型存储器扩展(双口 RAM 和 FIFO) .....	153
6.4.1 双口 RAM 简介 .....	153
6.4.2 双口 RAM 与单片机的接口 .....	154
6.4.3 异步 FIFO 简介 .....	155
6.4.4 异步 FIFO 与单片机的接口 .....	156
6.5 小结 .....	157
思考题与习题 .....	157
<b>第 7 章 单片机系统功能扩展</b> .....	158
7.1 并行 I/O 接口的扩展 .....	158
7.1.1 通用锁存器、缓冲器的扩展 .....	158
7.1.2 可编程并行接口芯片的扩展 .....	159
* 7.2 中断扩展 .....	167
* 7.3 定时器的扩展 .....	168
7.3.1 8254 的结构和引脚 .....	168
7.3.2 8254 的工作方式控制字和读回命令字 .....	169
7.3.3 8254 的状态字 .....	170
7.3.4 8254 的应用举例 .....	170
7.4 小结 .....	172
思考题与习题 .....	173

<b>第 8 章 单片机典型外围接口技术</b> .....	174
8.1 A/D、D/A 接口技术 .....	174
8.1.1 A/D 接口技术 .....	174
8.1.2 D/A 接口技术 .....	180
* 8.2 V/F (电压-频率转换)接口 .....	184
8.2.1 电压-频率转换原理 .....	185
8.2.2 频率-电压转换原理 .....	186
8.2.3 V/F 转换器应用 .....	187
* 8.3 人机接口技术 .....	188
8.3.1 键盘接口扩展 .....	188
8.3.2 LED 显示器扩展 .....	191
8.3.3 用 8279 扩展键盘与 LED 显示器 .....	191
8.3.4 LCD 显示器扩展 .....	197
8.4 驱动电路 .....	209
8.5 小结 .....	211
思考题与习题 .....	212
<b>* 第 9 章 串行接口技术</b> .....	213
9.1 RS-485 总线扩展 .....	213
9.2 I <sup>2</sup> C 总线扩展接口及应用 .....	215
9.2.1 原理 .....	215
9.2.2 软件 I <sup>2</sup> C 总线 .....	217
9.2.3 典型 I <sup>2</sup> C 串行存储器的扩展 .....	220
9.2.4 I <sup>2</sup> C 总线接口的串行 A/D、D/A 扩展 .....	228
9.3 SPI 总线扩展接口及应用 .....	232
9.3.1 SPI 的原理 .....	232
9.3.2 SPI 总线的软件模拟及串并扩展应用 .....	232
9.3.3 10 位串行 D/A TLC5615 的扩展 .....	235
9.3.4 8 位串行 A/D TLC549 的扩展 .....	238
9.4 小结 .....	240
思考题与习题 .....	241
<b>应 用 篇</b>	
<b>* 第 10 章 单片机的 C 语言编程——C51</b> .....	245
10.1 C51 程序结构 .....	245
10.2 C51 的数据类型 .....	246
10.2.1 C51 变量的数据类型 .....	247

10.2.2	关于指针型数据	248
10.3	数据的存储类型和存储模式	249
10.3.1	数据的存储类型	249
10.3.2	存储器模式	249
10.3.3	变量说明举例	250
10.3.4	指针变量说明举例	250
10.4	C51对SFR、可寻址位、存储器和I/O口的定义	251
10.4.1	对特殊功能寄存器SFR的定义	251
10.4.2	对位变量的定义	251
10.4.3	C51对存储器和外接I/O口的绝对地址访问	252
10.5	C51的运算符	252
10.6	函数	254
10.6.1	函数的分类	254
10.6.2	函数的定义	254
10.6.3	函数的调用	254
10.6.4	对被调用函数的说明	255
10.7	C语言编程实例	256
10.7.1	顺序程序的设计	256
10.7.2	循环程序的设计	257
10.7.3	分支程序的设计	258
10.8	单片机资源的C语言编程实例	260
10.8.1	C语言程序的反汇编程序(源代码)	261
10.8.2	并行口及键盘的C语言编程	262
10.8.3	C51中断程序的编制	266
10.8.4	定时/计数器的C语言编程	269
10.8.5	串行通信的C语言编程	270
10.8.6	外扩并行I/O口的C语言编程	271
10.8.7	D/A转换器的C语言编程	273
10.9	汇编语言和C语言的混合编程	273
10.9.1	C语言程序和汇编语言程序参数的传递	274
10.9.2	C语言程序调用汇编语言程序举例	274
10.9.3	C语言和汇编语言混合编程传递的参数多于3个的编程方法	277
10.10	C语言函数库的管理与使用	282
10.10.1	库函数的编写	282
10.10.2	函数库的管理	282
10.10.3	用户库函数的使用	284
10.11	小结	285

思考题与习题	285
<b>* 第 11 章 以 MCU 为核心的嵌入式系统的设计与调试</b>	<b>287</b>
11.1 嵌入式系统的开发与开发工具	287
11.1.1 以 MCU 为核心的嵌入式系统的构成	287
11.1.2 嵌入式应用系统的设计原则	288
11.1.3 嵌入式系统的开发工具	289
11.1.4 嵌入式系统的调试	289
11.2 嵌入式系统的抗干扰技术	291
11.2.1 软件抗干扰	291
11.2.2 硬件抗干扰	292
11.2.3 “看门狗”技术	293
11.3 单片机应用系统举例——电子显示屏	295
11.4 小结	299
思考题与习题	299
<b>第 12 章 基于 Proteus 的单片机实验指导</b>	<b>300</b>
12.1 Proteus 使用介绍	300
12.1.1 Proteus 概述	300
12.1.2 基于 Proteus 的单片机实验板	302
12.1.3 Proteus 中 51 单片机软件的开发	305
12.1.4 Proteus 中 51 单片机系统的调试与仿真	307
12.2 实验指导	310
12.2.1 实验一 程序设计	310
12.2.2 实验二 并行接口	311
12.2.3 实验三 中断实验	314
12.2.4 实验四 定时/计数器	315
12.2.5 实验五 串行通信实验	318
12.2.6 实验六 串行 EEPROM 实验(选做)	320
12.2.7 实验七 串行 D/A 实验(选做)	321
12.2.8 实验八 串行 A/D 实验(选做)	321
12.3 课程设计选题	322
<b>附录 A MCS-51 指令集</b>	<b>323</b>
<b>附录 B 部分习题答案</b>	<b>328</b>
<b>参考文献</b>	<b>356</b>



# 预 备 篇