

可下载教学资料

<http://www.tup.tsinghua.edu.cn>



高等学校教材
电子信息

单片机原理及接口技术

段晨东 主编
爨莹 张文革 李斌 编著

清华大学出版社



TP368.1/437

2008

高等学校教材
电子信息

单片机原理及接口技术

段晨东 主编
爨莹 张文革 李斌 编著

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书系统地介绍了 MCS-51 单片机原理及接口技术,全书分为 11 章。第 1 章为单片机概述和基础知识;第 2 章介绍单片机的内部结构和工作原理;第 3 章采用以实例解释指令功能的方法,详细地介绍 MCS-51 单片机指令系统;第 4 章~第 6 章介绍单片机中断系统、定时/计数器和串行口的工作原理和应用;第 7 章~第 10 章为单片机的应用技术,包括汇编程序设计、存储器扩展、基于并行口的接口扩展、基于串行总线的接口扩展等内容;第 11 章简要介绍基于 80C51 内核的第三代单片机 C8051F000。为了达到强化基础、突出应用和便于自学的目的,书中提供了大量例程和应用实例,并对其进行详细的说明和论述,在每章最后设计了针对性较强的训练题目。

本书可以作为普通高等学校和高等职业学校的电气工程及其自动化、自动化和其他相关专业的教材或教学参考书,也可作为单片机技术的培训教材或工程技术人员的参考书。

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

单片机原理及接口技术/段晨东主编. —北京:清华大学出版社,2008.7

(高等学校教材·电子信息)

ISBN 978-7-302-16992-5

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 017155 号

责任编辑:郑寅堃 李 晔

责任校对:李建庄

责任印制:李红英

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

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 刷 者:北京市世界知识印刷厂

装 订 者:三河市李旗庄少明装订厂

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:28 字 数:678 千字

版 次:2008 年 7 月第 1 版 印 次:2008 年 7 月第 1 次印刷

印 数:1~4000

定 价:39.00 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:025558-01

编审委员会成员

东南大学
南京大学
南京航空航天大学
解放军理工大学

上海大学
上海交通大学

华中科技大学

武汉理工大学

宁波大学
天津大学

中国科学技术大学

苏州大学
山东大学
山东科技大学
东北师范大学
沈阳工业学院
长春大学
吉林大学
湖南大学
长沙理工大学
华南理工大学
西南交通大学

重庆工学院
重庆通信学院

王志功 教授
王新龙 教授
王成华 教授
邓元庆 教授
刘景夏 副教授
方 勇 教授
朱 杰 教授
何 晨 教授
严国萍 教授
朱定华 教授
刘复华 教授
李中年 教授
蒋刚毅 教授
王成山 教授
郭维廉 教授
王煦法 教授
郭从良 教授
徐佩霞 教授
赵鹤鸣 教授
刘志军 教授
郑永果 教授
朱守正 教授
张秉权 教授
张丽英 教授
林 君 教授
何怡刚 教授
曾喆昭 教授
冯久超 教授
冯全源 教授
金炜东 教授
余成波 教授
曾凡鑫 教授

重庆大学
重庆邮电学院

西安电子科技大学

西北工业大学

集美大学

云南大学

东华大学

曾孝平 教授

谢显中 教授

张德民 教授

彭启琮 教授

樊昌信 教授

何明一 教授

迟 岩 教授

刘惟一 教授

方建安 教授

改革开放以来,特别是党的十五大以来,我国教育事业取得了举世瞩目的辉煌成就,高等教育实现了历史性的跨越,已由精英教育阶段进入国际公认的大众化教育阶段。在质量不断提高的基础上,高等教育规模取得如此快速的发展,创造了世界教育发展史上的奇迹。当前,教育工作既面临着千载难逢的良好机遇,同时也面临着前所未有的严峻挑战。社会不断增长的高等教育需求同教育供给特别是优质教育供给不足的矛盾,是现阶段教育发展面临的基本矛盾。

教育部一直十分重视高等教育质量工作。2001年8月,教育部下发了《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》,提出了十二条加强本科教学工作提高教学质量的措施和意见。2003年6月和2004年2月,教育部分别下发了《关于启动高等学校教学质量与教学改革工程精品课程建设工作的通知》和《教育部实施精品课程建设提高高校教学质量和人才培养质量》文件,指出“高等学校教学质量和教学改革工程”是教育部正在制定的《2003—2007年教育振兴行动计划》的重要组成部分,精品课程建设是“质量工程”的重要内容之一。教育部计划用五年时间(2003—2007年)建设1500门国家级精品课程,利用现代化的教育信息技术手段将精品课程的相关内容上网并免费开放,以实现优质教学资源共享,提高高等学校教学质量和人才培养质量。

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,顺应并符合新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”。首批推出的特色精品教材包括:

(1) 高等学校教材·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) 高等学校教材·计算机科学与技术——高等学校计算机相关专业的教材。

(3) 高等学校教材·电子信息——高等学校电子信息相关专业的教材。

(4) 高等学校教材·软件工程——高等学校软件工程相关专业的教材。

(5) 高等学校教材·信息管理与信息系统。

(6) 高等学校教材·财经管理与计算机应用。

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

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

20世纪80年代初期, Intel公司推出了MCS-51系列单片机, 在开放了8051内核技术之后, 世界各大半导体公司各自依靠自己的优势, 与Intel公司技术互补, 开发了大量的80C51兼容单片机产品, 把MCS-51系列单片机推进到80C51的MCU时代。另外, Flash ROM的使用, 加速了单片机技术的发展, 基于Flash ROM的ISP/IAP技术改变了MCS-51单片机应用系统的结构模式以及开发和运行条件。其次, 单片机不断地增强外围部件的功能, 外围接口以及模拟、数字混合集成。进入21世纪, 基于8051内核的SoC单片机问世。MCS-51单片机的发展经历了从单片微型计算机到微控制器(MCU)再到片上系统(SoC)内核的过程, 在嵌入式系统SoC体系中, MCS-51单片机将以8051处理器内核的形式延续下去。虽然MCS-51系列单片机已经问世30多年, 但其兼容产品现在仍然是单片机低端应用的主流, 它们被广泛地应用在各个领域。

本书分为11章。第1章为单片机概述和基础知识; 第2章介绍单片机的内部结构和工作原理; 第3章采用以实例解释指令功能的方法, 详细地介绍MCS-51单片机指令系统; 第4章~第6章介绍单片机中断系统、定时/计数器和串行口的工作原理和应用; 第7章~第10章为单片机的应用技术, 包括汇编程序设计、存储器扩展、基于并行口的接口扩展、基于串行总线的接口扩展等内容; 第11章简要介绍基于80C51内核的第三代单片机C8051F000。书中提供了大量的例程和应用实例, 在每章最后设计了针对性较强的训练题目。

本书在组织内容时, 力求循序渐进、深入浅出、强调应用, 具体有以下几个方面的特点:

- (1) 在介绍指令系统时, 用实例解释指令功能, 使指令功能融合在程序中。
- (2) 提供大量的软件例程和应用实例, 强调软件和硬件的配合机制, 并用流程图和注释详细说明设计思路, 以便自学。在每章最后设计了针对性较强的训练题目。
- (3) 对于不易掌握的应用程序设计方法进行了归类。
- (4) 在兼顾传统的扩展方法前提下, 系统介绍了目前新的接口技术和系统设计方法。

本书适用课时为36~72学时, 并在授课的同时安排适当学时的上机实验。

本书由长安大学电子与控制工程学院段晨东主编。第1章~第4章、第6章、第7章由段晨东编写, 第5章、第10章、第11章由西安石油大学计算机工程学院樊莹编写,

第9章由长安大学电子与控制工程学院张文革编写,第8章和附录部分由长安大学电子与控制工程学院李斌编写,全书由段晨东统稿。研究生王红格、鲁维、陈建群、董鹏辉、冒嫣蓉、甄亚兵绘制了部分插图,参与了文稿的初查工作,在此表示感谢。另外,在编写教材的过程中,作者吸收并采纳了部分网络论坛上的思想和方法,由于难以在文献中注出,在此对它们的作者表示诚挚的感谢。

“单片机原理及接口技术”是实践性、应用性较强的课程,单片机及其应用技术不断发展,由于作者的理论水平、实践经验和涉及的领域有局限性,书中难免存在错误或不足,恳请读者指正。

段晨东

cdduan@chd.edu.cn

2008年4月于朱雀苑

第 1 章 基础知识	1
1.1 计算机的一些概念	1
1.2 单片机	3
1.2.1 单片机的概念及特点	3
1.2.2 单片机的发展	3
1.2.3 MCS-51 系列单片机及其兼容单片机	5
1.2.4 单片机的应用	6
1.3 计算机的数学基础	7
1.3.1 数制及转换	7
1.3.2 计算机中数的表示方法	10
1.3.3 编码	13
1.3.4 计算机中信息的存储和处理	15
1.4 总结	15
复习思考题	16
第 2 章 MCS-51 单片机结构及原理	17
2.1 MCS-51 单片机的组成与结构	17
2.1.1 MCS-51 的基本组成	17
2.1.2 MCS-51 单片机的引脚与功能	18
2.1.3 MCS-51 单片机的内部结构	21
2.2 MCS-51 单片机的存储器	25
2.2.1 程序存储器	25
2.2.2 片内数据存储器	27
2.2.3 特殊功能寄存器	30
2.2.4 位寻址空间	33
2.2.5 外部数据存储器	33
2.3 MCS-51 单片机的 I/O 口	34
2.3.1 I/O 口的结构	34

2.3.2	I/O 口的负载能力和接口要求	38
2.4	MCS-51 单片机的时钟电路与时序	39
2.4.1	MCS-51 单片机的时钟电路	39
2.4.2	MCS-51 单片机的时序	40
2.5	MCS-51 单片机的复位电路	44
2.5.1	单片机复位及复位状态	44
2.5.2	单片机的复位电路	45
2.6	总结	46
	复习思考题	47
第 3 章	MCS-51 单片机的指令系统	48
3.1	指令格式	48
3.2	MCS-51 单片机的寻址方式	49
3.3	指令系统分析	53
3.3.1	指令的分类	53
3.3.2	数据传送类指令	54
3.3.3	算术运算指令	67
3.3.4	逻辑运算指令	76
3.3.5	位操作指令	82
3.3.6	控制转移指令	85
3.4	总结	107
	复习思考题	109
第 4 章	MCS-51 单片机中断系统	114
4.1	中断系统概述	114
4.1.1	中断的概念	114
4.1.2	CPU 响应和处理中断的机制	115
4.1.3	中断技术的作用	118
4.2	MCS-51 单片机的中断系统	119
4.2.1	MCS-51 单片机的中断标志	120
4.2.2	MCS-51 单片机的中断控制	121
4.2.3	MCS-51 单片机的中断优先级	123
4.2.4	MCS-51 中断响应及处理过程	124
4.3	外部事件中断及应用	126
4.3.1	外部事件中断	126
4.3.2	外部事件中断源的应用	128
4.3.3	外部事件中断源的扩展	136
4.4	总结	139
	复习思考题	139

第 5 章 MCS-51 单片机定时器/计数器	142
5.1 概述	142
5.2 定时器/计数器的工作方式选择及控制	143
5.3 定时器/计数器的工作方式及工作原理	145
5.3.1 方式 0	145
5.3.2 方式 1	146
5.3.3 方式 2	147
5.3.4 方式 3	148
5.4 定时器/计数器的编程应用举例	149
5.4.1 定时器/计数器初始化	149
5.4.2 定时器/计数器应用	149
5.5 总结	165
复习思考题	165
第 6 章 MCS-51 单片机串行口及应用	167
6.1 串行通信的基本概念	167
6.1.1 并行通信和串行通信	167
6.1.2 串行通信方式	167
6.1.3 数据通信的同步方式	169
6.2 MCS-51 单片机的串行口	170
6.2.1 MCS-51 单片机的串行口结构	170
6.2.2 串行口的控制	171
6.2.3 串行口的工作方式	173
6.3 串行口的应用	177
6.3.1 并行 I/O 口扩展	177
6.3.2 串行口异步通信	180
6.3.3 多机通信	191
6.4 总结	197
复习思考题	197
第 7 章 汇编语言程序设计	198
7.1 伪指令	198
7.2 算术运算程序的设计	200
7.3 循环程序的设计	206
7.4 查表程序的设计	210
7.5 检索程序的设计	214
7.6 分支程序的设计	215
7.7 码制转换程序的设计	218

7.8 逻辑操作程序	221
7.9 总结	222
复习思考题	222
第8章 单片机的存储器的扩展	225
8.1 单片机系统的三总线的构造	226
8.2 半导体存储器	228
8.2.1 随机存取存储器	228
8.2.2 只读存储器	228
8.3 程序存储器扩展	229
8.3.1 27××系列芯片	229
8.3.2 外部程序存储器扩展原理及时序	232
8.3.3 EPROM 扩展电路	234
8.4 数据存储器扩展	241
8.4.1 常用静态数据存储器芯片	241
8.4.2 外部数据存储器的扩展方法及时序	242
8.4.3 静态 RAM 扩展电路	244
8.5 E ² PROM 的使用	248
8.5.1 E ² PROM 芯片	248
8.5.2 E ² PROM 扩展电路	251
8.6 程序存储器和数据存储器的同时扩展	254
8.7 总结	255
复习思考题	256
第9章 单片机 I/O 接口技术	258
9.1 概述	258
9.2 简单芯片扩展 I/O 接口	260
9.2.1 输出口的设计	260
9.2.2 输入口的设计	263
9.2.3 多个芯片扩展 I/O 口	266
9.3 可编程接口芯片的扩展	268
9.3.1 8255 可编程并行接口芯片及其使用	268
9.3.2 8155 可编程接口芯片及其使用	280
9.4 键盘及显示器接口设计	288
9.4.1 键盘接口设计	288
9.4.2 单片机与显示器接口	303
9.5 A/D 和 D/A 转换接口技术	328
9.5.1 A/D 转换接口技术	328
9.5.2 D/A 转换接口技术	334

9.6 I/O接口的综合扩展	341
9.7 总结	341
复习思考题	342
第10章 串行总线扩展技术	344
10.1 I ² C总线扩展技术	344
10.1.1 I ² C总线	344
10.1.2 I ² C总线的数据传输	345
10.1.3 I ² C总线的寻址	349
10.1.4 MCS-51单片机主从系统I ² C总线模拟程序	350
10.1.5 I ² C总线应用	355
10.2 SPI总线扩展技术	359
10.2.1 SPI总线	359
10.2.2 SPI总线键盘显示器芯片HD 7279A	360
10.2.3 SPI总线多通道串行输出A/D芯片TLC2543及接口	371
10.2.4 串行输入D/A芯片TLC5615接口技术	378
10.2.5 SPI串行编程E ² PROM——X5045	381
10.3 总结	390
复习思考题	391
第11章 C8051Fxxx系列单片机	392
11.1 系统概述	392
11.2 CPU	396
11.3 电源管理方式	397
11.3.1 空闲方式	397
11.3.2 停机方式	398
11.4 复位	398
11.5 振荡器	399
11.6 存储器组织	401
11.6.1 程序存储器	402
11.6.2 数据存储器	402
11.6.3 通用寄存器	403
11.6.4 位寻址空间	403
11.6.5 堆栈	403
11.6.6 特殊功能寄存器	403
11.7 可编程I/O口	407
11.7.1 交叉开关优先级译码	407
11.7.2 I/O口的初始化	409
11.8 中断系统	410

11.8.1	MCU 中断源和中断向量	410
11.8.2	外部中断	411
11.8.3	中断优先级	411
11.9	计数器/定时器	411
11.9.1	定时器 0 和定时器 1	412
11.9.2	定时器 2	412
11.10	可编程定时/计数器阵列	413
11.10.1	捕捉/比较模块	413
11.10.2	PCA 计数器/定时器	417
11.11	串行口	418
11.11.1	通用串行通信接口 UART	418
11.11.2	串行外设接口总线 SPI	418
11.11.3	SMBus/I ² C 总线	420
11.12	模数转换器	422
11.13	DAC 和比较器	423
11.14	总结	424
复习思考题		424
附录		426
参考文献		430

基础知识

1.1 计算机的一些概念

计算机由运算器、控制器、存储器、输入设备和输出设备 5 个部分组成,如图 1.1 所示。迄今为止,计算机的发展经历了电子管、晶体管、集成电路、大规模及超大规模集成电路等几个阶段。随着微电子技术的发展,运算器和控制器被集成到一块芯片上,形成了微处理器(Microprocessor)或称为 CPU,20 世纪 70 年代出现了以 CPU 为核心的微型计算机(Microcomputer),它是大规模及超大规模集成电路的产物。目前,计算机正在向巨型化、单片化、网络化 3 个方向发展。巨型化的目的在于不断提高计算机的运算速度和处理能力,以解决复杂系统计算和高速数据处理的问题,比如系统仿真和模拟、实时运算和处理。单片化就是把计算机系统尽可能集成在一块半导体芯片上,其目的在于计算机微型化和提高系统的可靠性,通常把这种单片计算机简称单片机。

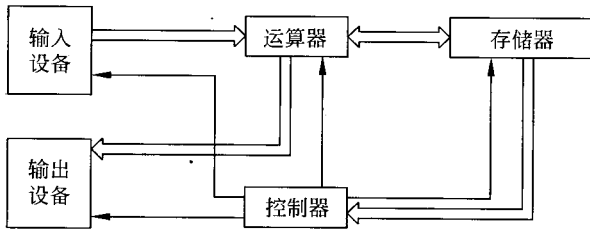


图 1.1 计算机的结构

计算机是如何工作的呢? 计算机是一台机器,它不可能主动地、自觉地完成某项指定的任务。当使用计算机解决某个具体问题时,并不是把问题直接交给计算机去解决,而是采用以下方法: 首先,根据解决问题的方案,用计算机可以“理解”的语言,编写出一系列解决这个问题的步骤(即程序);然后,将这些步骤输入到计算机中,命令计算机按照这些事先拟定的步骤顺序执行,从而使问题得以解决。编写解决问题步骤的工作就是程序设计或软件开发。

计算机是严格按照程序对各种数据或者输入信息进行自动加工处理的,因此,必须先把程序和数用“输入设备”(如键盘、鼠标、扫描仪、拾音器等)送到计算机内部的“存储器”中保存,待处理完毕,还要把结果通过“输出设备”(如显示器、打印机、绘图仪、音箱等)输出

来,以便人们识别。

在计算机中,“运算器”完成程序中规定的各种算术和逻辑运算操作。为了使计算机各部件有条不紊地工作,由“控制器”理解程序的意图,并指挥各部件协调完成规定的任务。在微型计算机中,控制器和运算器被制作在一块集成电路上,称之为中央处理器或中央处理单元(Central Processing Unit,CPU)。CPU 是计算机中最重要的部件,由它实现程序控制、操作控制、时序控制、数据加工、输入与输出控制、对异常情况和请求的处理等,它被比喻为计算机的大脑和心脏。

在计算机中,“存储器”是它的记忆部件,用来存储编写出的程序,以及存放程序所用的数据和产生的中间结果。计算机之所以能够脱离人的干预而高速自动地工作,其中一个必要条件就是在计算机中有能够存放程序 and 数据的存储器。计算机的存储器通常为半导体存储器。半导体存储器内部含有很多个存储单元,每个单元可存放若干位二进制数。例如,8 位计算机每个单元可存放一个 8 位二进制数,即一个字节,每一位的状态是 0 或 1。为了区分各个存储单元,对每个单元进行编号,通常赋予一个二进制代码,称为存储器的存储单元地址,简称地址,如图 1.2 所示。存储单元保存的 8 位二进制数称为单元的内容。为了便于描述,采用十六进制数来表示存储单元地址和内容。如图 1.2 中地址为 0110 单元的内容为 10101001,表示为(06H)=A9H。

	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	位
0111	0	0	1	0	1	1	1	0	
0110	1	0	1	0	1	0	0	1	
0101	0	1	1	1	0	1	0	1	
0100	1	0	1	0	0	0	1	1	
0011	1	1	0	0	1	0	1	0	
0010	1	0	0	0	1	0	0	0	
0001	0	1	1	0	0	0	1	1	
0000	0	1	1	1	0	1	1	0	
地址	存储单元								

图 1.2 存储单元示意图

半导体存储器按其存取方式可分为两大类,即随机存储器(Random Access Memory, RAM)和只读存储器(Read Only Memory, ROM)。在程序运行过程中,CPU 可以读取 RAM 的单元内容,也可以把数据写入 RAM 单元,但掉电后 RAM 单元的内容会丢失。RAM 常用来存放数据,因此也叫数据存储器。在程序运行过程中,ROM 存储单元内的内容只能读出而不能写入,但掉电后存储单元内的内容不丢失。ROM 常用来存放程序,因此也叫程序存储器。

微型计算机的存储器有两种结构形式:一种是将程序存储器和数据存储器采取统一的地址编码结构,即传统微型计算机的存储器结构,称为冯·诺依曼结构或普林斯顿结构;另一种是将程序存储器与数据存储器分开的地址编码结构,称为哈佛结构。例如,Intel 公司的 MCS-48 系列单片机以及 MCS-51 系列单片机采用哈佛结构,Intel 公司的 MCS-196、Atmel 的 Mega 系列单片机采用普林斯顿结构。