

孙和平 杨宁 白晶 编著

23053

单片机

原理与接口技术

DANPIAN WEIJI YUANLI YU JIEKOU JISHU

冶金工业出版社

MCS-51/96 系列

单片机原理与接口技术

孙和平 杨 宁 白 晶 编著

孙德辉 宋 宏 主审

北 京

冶金工业出版社

2003

内 容 提 要

本书通过介绍单片机主流系列化芯片,突出新技术的应用,着重体现对读者工程开发、设计和创新能力的培养。

全书分上、下两篇,共十四章。上篇介绍 MCS-51 系列及增强型单片机的硬件编程结构、软件设计、中断系统、存储器配置等,对带有共性的接口芯片及技术也做了详细介绍,使读者能够掌握设计一个实用的单片机应用或开发系统所需的全部知识结构。下篇介绍 MCS-96 系列单片机硬件、软件、PTS、EPA 和人-机联系设备,最后对主流新产品 80C196KX 的应用结构做了介绍,使用户在工程应用中对该系列的单片机有更多的选择空间。

本书可作为高等院校电气工程、自动化、电子信息、通信工程、计算机应用和仪器仪表等专业的教材,也可作为从事相关工作科技人员的培训教材或参考书。

图书在版编目(CIP)数据

单片微机原理与接口技术/孙和平等编著. —北京:
冶金工业出版社,2003.1
ISBN 7-5024-3138-1

I. 单… II. 孙… III. ①单片微型计算机—基础
理论 ②单片微型计算机—接口 IV. TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 086952 号

出 版 人 曹胜利(北京沙滩嵩祝院北巷 39 号,邮编 100009)
责任编辑 俞跃春 美术编辑 李 心 责任校对 刘 倩 责任印制 李玉山
北京百善印刷厂印刷;冶金工业出版社发行;各地新华书店经销
2003 年 1 月第 1 版,2003 年 1 月第 1 次印刷
787mm×1092mm 1/16; 29.75 印张; 721 千字; 462 页; 1-4000 册
48.00 元

冶金工业出版社发行部 电话:(010)64044283 传真:(010)64027893
冶金书店 地址:北京东四西大街 46 号(100711) 电话:(010)65289081

(本社图书如有印装质量问题,本社发行部负责退换)

前 言

本书是在《单片微机原理与接口技术》(冶金工业版,1998)一书基础上,重新编写的。作者根据读者的反馈信息及教学总结,对原书内容进行了适度增减,增加了工程应用、开发设计及第3代单片机80C196KX系列的内容,以单片机主流系列化产品为主,着重讲述系列化新芯片、新技术的应用,力求体现当前单片机发展的科学技术水平,使本书具备了先进性、新颖性和实用性特点。

在内容的编排上,除保留原书深入浅出、循序渐进、突出重点、掌握方法和易于自学的原则外,着重体现出对读者工程开发、设计和创新能力的培养。

全书共分两篇14章,上篇7章介绍Intel公司的8位单片机MCS-51系列的硬件结构、软件设计和中断系统、存储器配置,对带有共性的单片机接口技术和专用接口芯片做了详细介绍,使之具备了构成单片机最小应用系统设计的全部基础。下篇7章介绍了MCS-96系列16位单片机,对HSO、HSI、PWM、A/D、中断系统、PTS、EPA及人-机联系设备做了详细介绍,同时对MCS-96系列的主流新产品80C196KX系列的结构、功能、应用做了介绍,使读者对单片机的发展趋势、跟踪新技术有一个详细了解,从而使读者在工程应用中对该系列的单片机有更多的选择空间。

本书可作为高等院校电气工程、自动化、电子信息、通信工程、计算机应用和测控技术等专业的本科教材,也可作为从事单片机产品开发、研究设计和工程技术人员参考书。

本书由北华大学电气工程学院白晶教授执笔第十、十一、十二、十三、十四章及附录三;信息工程学院杨宁教授执笔第一、三和四章;电气工程学院孙和平教授执笔第二、五、六、七、八、九章及附录一、二。全书由孙和平规划并统稿,由北华大学电气工程学院孙德辉教授、宋宏副教授主审。

由于作者水平所限,书中不妥之处,敬请广大读者批评指正。

作者

2002年8月于北华大学

目 录

上 篇 8 位单片微机

第一章 微型计算机的基础知识.....	3
第一节 单片微型计算机.....	3
一、单片机的特点.....	3
二、单片机的分类.....	4
三、单片机的主要品种.....	4
四、单片机的发展趋势.....	6
第二节 计算机中的数制、码制和二进制的运算方法.....	8
一、进位计数制.....	8
二、不同进位计数制的转换.....	9
三、算术运算与逻辑运算.....	11
四、BCD 码及十进制调整.....	12
五、ASCII 码.....	12
第三节 带符号数表示方法及运算方法.....	13
一、机器数与真值.....	13
二、带符号数的三种表示.....	13
三、带符号数的运算方法.....	16
四、定点数与浮点数.....	17
第四节 微型计算机的存储器.....	18
一、半导体存储器的分类.....	18
二、随机存储器 RAM.....	19
三、只读存储器 ROM.....	21
习题与思考题.....	22
第二章 MCS-51 系列单片机的硬件结构和原理.....	25
第一节 单片机的硬件编程结构及特性.....	25
一、MCS-51 系列单片机分类.....	25
二、内部结构组成.....	25
三、单片机的算术逻辑单元 ALU.....	26
四、程序状态字 PSW.....	27
五、堆栈指针 SP.....	28
六、16 位程序计数器 PC.....	29

七、并行接口 $P_0 \sim P_3$	29
八、8031 单片机的引脚及其功能	31
九、8031 外部扩展总线的产生	33
第二节 单片机存储器组织结构	33
一、片内、外存储器配置及编址方法	34
二、单片机内部 RAM 区	35
三、片内 RAM 位寻址单元	36
四、特殊功能寄存器 SFR	37
第三节 单片机的定时器/计数器 T/C	38
一、T/C 的编程结构	38
二、片内定时器的运行控制	39
三、定时器 T_0 和 T_1 的工作方式	41
四、T/C 的初始化设计	43
第四节 单片机的串行接口	45
一、数据通信的基本概念	45
二、串行通信中的数据传送方向	46
三、串行通信的两种基本形式	46
四、单片机的串行通信接口及功能	48
五、MCS-51 串行通信的波特率选择	51
第五节 MCS-51 单片机的工作方式	52
一、复位方式	52
二、编程和校验方式	53
三、节电方式、掉电处理	54
第六节 单片机工作的基本时序	55
一、机器周期和指令周期	55
二、MCS-51 指令的取指/执行时序	56
三、CPU 访问外部 ROM 和 RAM 的时序	56
习题与思考题	57
第三章 MCS-51 系列单片机指令系统	58
第一节 概述	58
一、计算机语言	58
二、MCS-51 指令系统符号及其含义说明	59
三、寻址方式	59
第二节 数据传送类指令	60
一、传送数据的通路	60
二、一般传送指令	61
三、栈操作指令	63
四、累加器交换指令	64
五、累加器与外部 RAM 传送指令	64

六、累加器与程序存储器传送指令	65
七、目标地址传送指令	65
第三节 算术操作类指令	65
一、不带进位加法指令	65
二、带进位加法指令	67
三、加 1 指令	67
四、带借位减法指令	68
五、减 1 指令	69
六、乘除法指令	69
第四节 逻辑操作类指令	71
一、单操作数指令	71
二、逻辑“与”指令	72
三、逻辑“或”指令	73
四、逻辑“异或”指令	73
第五节 控制转移类指令	74
一、无条件转移指令	74
二、条件转移指令	76
三、循环转移指令	78
第六节 位处理类指令	78
一、位数据传送指令	79
二、位状态控制指令	80
三、位逻辑操作指令	80
四、位条件转移指令	81
习题与思考题	82
第四章 汇编语言程序设计	85
第一节 预备知识	85
一、汇编语言语句格式	85
二、汇编语言伪指令	86
三、流程图	88
第二节 简单程序与分支程序	89
一、简单程序	89
二、分支程序	90
第三节 循环程序	93
一、循环程序的结构	93
二、循环嵌套与多重循环	93
三、循环程序举例	94
第四节 子程序	97
一、子程序的概念	97
二、子程序的调用与返回	98

三、子程序的结构与设计	98
四、子程序举例	99
第五节 查表程序	101
习题与思考题	103
第五章 中断概念及 MCS-51 的中断系统	105
第一节 中断概念	105
一、CPU 与外设交换信息的四种控制方式	105
二、中断处理方式	107
三、对中断系统功能的要求	108
四、中断优先级排队实现方法	110
五、CPU 响应中断的条件	111
六、矢量中断	112
七、中断处理及返回过程	112
第二节 MCS-51 单片机的中断系统及控制	113
一、MCS-51 中断源及中断结构	113
二、中断允许寄存器 IE	114
三、中断优先级寄存器 IP	115
四、中断响应过程和中断请求的撤除	115
五、中断初始化设定	117
六、中断系统应用实例	117
第三节 MCS-51 单片机外部中断源的扩展	122
一、MCS-51 中断系统的局限性	122
二、用查询法扩展外部中断源	122
三、用 8259A 可编程中断控制器扩展外部中断源	124
四、8259A 的初始化命令字	126
五、8259A 的工作方式分析	129
六、8259A 与 8031 的硬件接口及中断初始化设定	129
习题与思考题	132
第六章 MCS-51 单片机扩展接口技术及最小应用系统设计	134
第一节 单片机扩展方案及程序存储器扩展	134
一、单片机扩展总线的产生	134
二、用作地址锁存器的常用芯片	134
三、程序存储器 ROM 的扩展方法	136
四、数据存储器 RAM 的扩展	140
五、同时扩展 RAM 和 EPROM	141
六、多片存储器芯片的扩展	142
第二节 MCS-51 并行 I/O 接口及定时器的扩展	146
一、8255A 通用可编程并行 I/O 接口	146
二、8155 可编程并行 I/O 接口	151

三、8253 可编程定时器/计数器扩展应用	159
第三节 用 USART 器件扩展单片机串行接口	166
一、8251A 通用同步/异步接口芯片功能	166
二、8251A 的编程结构、引脚功能和工作方式	167
三、8251A 的控制字、命令字的格式	169
四、8251A 和 8031 单片机的硬件接口及应用	172
第四节 单片机与 A/D 和 D/A 转换器的接口及应用	175
一、关于 A/D、D/A 转换器的技术指标	175
二、A/D 转换的基本原理	176
三、ADC0809 模数转换器和单片机接口应用	178
四、12 位 A/D 转换器与单片机的接口应用	182
五、8031 和 5G14433A/D 转换器接口	184
六、DAC0832 数、模转换器与 8031 的接口应用	189
七、12 位 D/A 转换器和 8031 的接口	193
第五节 人-机联系接口技术	195
一、LED 数码显示器原理与控制方法	196
二、非编码键盘的工作原理与接口控制方法	203
三、8279 可编程键盘/显示器通用接口芯片	207
四、8279 与单片机的接口及应用程序设计	213
第六节 8031 单片机最小应用系统设计	218
一、组成应用系统的基本方法	218
二、最小应用系统的硬件结构	219
习题与思考题	220
第七章 8 位增强型单片机简介	222
第一节 概述	222
第二节 Intel 公司增强型单片机	222
一、8XC51GB 的主要性能	223
二、片内 RAM 及 SFR	223
三、8XC51GB 端口及其复用功能	224
四、8XC51GB 的 A/D 转换器	225
五、8XC51GB 的中断系统	226
六、看门狗定时器 WDT	230
第三节 飞利浦(PHILIPS)公司增强型单片机	230
一、8XC552 主要性能	230
二、特殊功能寄存器 SFR	231
三、8XC552 并行 I/O 端口及复用功能	233
四、脉冲宽度调制器 PWM	234
五、A/D 转换器功能	235
六、定时器 T ₂ 和捕捉比较逻辑	238

七、监视定时器 WDT	240
八、8XC552 中断系统	241
九、I ² C 串行扩展总线简介	244
习题与思考题	245

下 篇 16 位单片机

第八章 MCS-96 系列的 8098 单片机硬件结构	249
第一节 MCS-96 系列单片机概述	249
一、MCS-96 系列单片机产品发展概述	249
二、8×98 单片机的主要特点	249
三、8098 单片机的应用范围	251
第二节 MCS-96 单片机的硬件结构	251
一、8098 芯片硬件编程结构	251
二、8098 芯片引脚及功能	253
三、寄存器算术逻辑单元 RALU	254
四、寄存器阵列与特殊功能寄存器 SFR	255
五、8098 的时钟及系统复位状态	258
六、掉电保护	259
第三节 MCS-96 单片机存储器空间配置	260
一、8098 单片机的存储器地址空间	260
二、芯片配置寄存器 CCR	261
三、8098 外部扩展总线的产生	264
习题与思考题	264
第九章 MCS-96 单片机的指令系统及程序设计	266
第一节 概述	266
一、操作数类型	266
二、8098 通用寄存器的定义方法	267
三、寻址方式	267
四、程序状态字 PSW	269
第二节 MCS-96 单片机指令系统	270
一、数据传送类指令	270
二、算术运算指令	272
三、逻辑运算指令	276
四、栈区操作指令	277
五、转移与调用指令	278
六、条件转移指令	279
七、位测试转移指令	280
八、循环控制指令	280
九、单寄存器指令	280

十、移位指令	281
十一、专用控制指令	283
十二、规格化指令	284
第三节 MCS-96 汇编语言程序应用举例	284
一、8098 汇编语言语句格式	284
二、汇编语言程序设计	284
三、典型程序举例	285
习题与思考题	289
第十章 MCS-96 中断系统与硬件定时器	291
第一节 MCS-96 中断系统	291
一、8098 中断源	291
二、中断控制	293
三、中断响应及中断优先级的改变	295
四、8098 单片机中断系统的局限性	297
第二节 中断服务程序设计举例	297
一、中断服务程序设计要点	297
二、中断服务程序设计举例	297
三、8098 扩展外部中断控制器 8259A 的应用设计	301
第三节 MCS-96 硬件定时/计数器	307
一、I/O 控制与状态寄存器	307
二、定时器 1	308
三、定时器 2	309
四、监视定时器	311
五、定时器的应用举例	311
习题与思考题	316
第十一章 MCS-96 的 HSI、HSO 及软件定时器	317
第一节 高速输入单元 HSI	317
一、HSI 的功能	317
二、HSI 的硬件结构	317
三、HSI 的控制	319
四、HSI 的中断	320
五、HSI 的使用要点及使用方法	321
六、HSI 的应用举例	324
第二节 高速输出单元 HSO	326
一、HSO 的功能	326
二、HSO 的硬件结构	327
三、HSO 的控制	328
四、软件定时器	330
五、HSO 的中断	330

六、HSO 的使用要求	330
七、HSO 的应用举例	331
习题与思考题	339
第十二章 MCS-96 单片机 A/D、D/A 转换器及串行口	340
第一节 MCS-96 的模/数转换器	340
一、A/D 转换器的结构	340
二、A/D 转换器的控制	341
三、A/D 转换器的使用方法及使用要点	342
四、A/D 转换器的程序控制设计	342
五、提高 8098 单片机双极性模拟输入 A/D 转换器分辨率的设计方法	345
第二节 脉冲宽度调制输出	349
一、PWM 单元的结构和工作原理	349
二、与 PWM 波有关的寄存器和 PWM 单元的启动	350
三、用 PWM 实现 D/A 转换	350
四、PWM 单元的应用举例	351
第三节 串行口及其应用	355
一、串行口的工作方式	355
二、串行口的控制	357
三、多机串行通信	359
四、串行口的使用要点及使用方法	360
五、串行口的应用举例	360
六、IBM-PC/XT 与 8098 串行数据通信系统硬件设计	365
习题与思考题	366
第十三章 MCS-96 单片机最小应用系统设计	368
第一节 概述	368
第二节 MCS-96 最小系统硬件设计	368
一、扩展外部存储器	368
第三节 用 8279 接口芯片扩展键盘、显示器	372
一、8279 功能概述	372
二、8279 键盘接口设计	373
三、8279 显示控制部分接口设计	379
四、8279 与键盘/显示器的接口设计	382
习题与思考题	389
第十四章 16 位增强型单片机 80C196 简介	390
第一节 高性能 16 位单片机 8XC196 概述	390
第二节 80C196KB	392
一、基本功能结构框图	392
二、引脚	393

三、CPU 结构	393
四、存储器空间	393
五、中断系统	396
六、定时器	397
七、HSI/HSO	399
八、A/D 转换器及脉宽调制输出 PWM	399
九、串行口	400
十、输入/输出	400
十一、特殊工作方式	401
十二、软件概述	402
十三、80C196KB 的封装	402
第三节 80C196KC	402
一、存储器空间	402
二、外设事务服务器 PTS	405
三、定时器	414
四、高速输入 HSI	415
五、高速输出 HSO	415
六、A/D 转换器	415
七、脉冲宽度调制输出 PWM	416
八、串行口	417
九、特殊工作方式	417
十、软件概述	417
十一、80C196KC 的封装	418
第四节 80C196MC	419
一、存储器空间	419
二、事件处理器阵列 EPA	421
三、波形发生器	427
四、脉宽调制器	435
五、模拟/数字转换器 A/D	437
六、中断和外设事务服务器 PTS	439
七、80C196MC 的封装	444
习题与思考题	444
附录一 MCS-51 系列单片机指令表	446
附录二 MCS-96 系列单片机指令表	449
附录三 单片机开发系统简介	457
参考文献	462

上 篇 8 位单片机

概 述

微处理器问世不过 20 多年,在这短短的时间内,它已对人类社会产生了巨大的影响。单片微机作为微机家族中的一员,在 20 世纪 70 年代中期,由 Intel 公司等推出的 8 位单片机,以其诸多的独特优点而成为微机的一个重要分支,应用广泛,发展迅速。目前,整个单片机的产量占全部微机产量的 70% 以上,其中 8 位单片机的产量又占整个单片机产量的 60% 以上,而 Intel 公司推出的 MCS-51 系列单片机的产量已占 8 位单片机的 50% 以上。单片机具有集成度高,处理功能强,可靠性高,系统结构简单,价格低廉等优点,在目前乃至若干年以后,在智能仪器仪表、信号的检测及处理、工业自动控制、机-电一体化等方面的应用中占有重要地位。Intel 公司的单片机应用广泛的另一个原因,是 Intel 公司的外围配套接口芯片品种齐全,单片机可根据不同的需要,选择不同的外围接口芯片凭借简单接口电路,很容易地组成各种不同的应用系统。

本篇先介绍微机一般组成原理,再介绍 MCS-51 系列单片机硬件结构、指令及汇编语言程序设计,然后介绍中断系统及其功能,并且着重讲述了单片机扩展接口技术和人机联系设备,最后介绍了 Intel 公司和 PHILIPS 公司推出的 8 位高性能增强型单片机系列品种(8XC51GA/GB 和 8XC552 等),使读者对 8 位单片机的发展、应用有一个全面的了解,为工程设计打下良好的基础。

微型计算机的基础知识

本章主要介绍单片微型计算机、计算机中的数制和码制及二进制数的运算方法、微型计算机的组成及简单的工作过程、存储器的结构、分类及 RAM、EPROM 芯片功能及使用,使读者掌握二进制数,尤其是带符号数的表示和运算,初步了解并熟悉微型计算机的组成、基本原理和硬件结构。

第一节 单片微型计算机

单片微型计算机,英文传统的叫法为 Single-chip Microcomputer,也称微控制器 Microcontroller,一般作为嵌入式系统(Embedded Systems)应用较多,是为了适应工业现场和较为广泛的应用场所而设计的芯片,是大规模集成电路技术发展的产物,属第四代电子计算机。单片微型计算机以集成度高、功能强、体积小、省电、应用灵活、价格低廉等优点,在工业自动化、过程控制、数字仪器仪表、通信系统以及家用电器产品中有着不可替代的作用。

用软件取代硬件的高性能控制技术,一般称为微控制技术。在微控制系统的设计中,系统设计和软件设计起着关键作用。以往采用模拟电路、数字电路实现的电路系统,大部分功能单元都可以通过对单片机硬件功能的扩展及专用程序的开发来实现系统提出的要求,这意味着许多电路设计问题将转化为程序设计问题。单片机深入而又广泛地应用,改变了传统的设计方法,是对控制技术的一场变革。单片机是微控制技术最基本的研究对象,了解它,学习并掌握它的主要技术,是电类与测控方面的工程技术人员必不可少的基本功。

一、单片机的特点

单片机在一块芯片上集成了一台具有一定规模的微型计算机,它在硬件结构、指令设置上均有其独到之处。其主要特点如下。

1. 单片机内的 ROM 和 RAM 各有分工

单片机内的存储器分为程序存储器 ROM 和数据存储器 RAM。程序存储器中只存放程序指令、常数及数据表格,而 RAM 则为随机的数据存储器。

2. 单片机的存储器有片内和片外之分

单片机内集成有存储器,存储器的容量和它所占用的芯片面积成比例。由于集成度的限制,单片机内存储器容量不会很大,但可以根据需要在片外扩展存储器。片内和片外的存储器的访问方式是有区别的。这是掌握单片机的一个重要关键。

3. 单片机多功能的引脚出线

8 位微处理器的引脚出线功能,一般都是固定的,如有的作为地址总线,有的则作为数据总线或控制总线。单片机芯片上带有接口电路,需要的引脚较多,但由于工艺和成品率的关系,芯片上的引脚不能太多,像 8 位单片机的芯片引脚为 40 条。为了解决实际引脚数和需要的出线数的矛盾,单片机的引脚出线一般都是多功能的。每条引线在一定时刻起什么作用,由指令及机器状态来区分。

4. 功能扩展方便

单片机有外接 ROM, 内部掩膜 ROM 和内部 EPROM 或 FLASH 存储器等供应状态, 便于从产品设计, 小批量生产到大批量生产定型产品的转化, 并可从外部对 ROM、RAM 及 I/O 接口进行扩充, 与许多微机通用接口芯片兼容。

5. 位处理功能强

由于单片机主要用于控制系统, 有很强的逻辑控制功能, 特别表现在有很强的位处理功能。其他的 CPU 逻辑控制功能, 在许多方面也都优于现在流行的 8 位微处理器, 单片机的运行速度也较高。

单片机把微型计算机的各个部分集成在一块芯片上, 大大缩短了系统内信号传送距离, 从而提高了系统的可靠性及运行速度。因而, 在工业测控领域中, 单片机系统是最理想的控制系统。

二、单片机的分类

目前单片机还没有具体的分类标准, 通常是根据通用性、总线类型、应用领域进行区分。

1. 通用型和专用型

我们通常所说的单片机即指通用型单片机, 早期大多数单片机都是通用型单片机。通用型单片机是把可开发资源(如 ROM, I/O 接口等)全部提供给应用者的微型控制器, 通过不同的外围扩展来满足不同的用户要求。例如, 80C51 是通用型单片机, 它不是为某种专门用途设计的。专用型单片机则是为过程控制、参数监测、信号处理等方面的特殊需要而设计的, 往往针对某一类或某一个特定产品。

2. 总线型和非总线型

总线型单片机是指配置有完整并行总线的单片机, 用以扩展并行外围器件。近年许多单片机把所需外围器件集成到片内或由串行口相连, 不需要并行总线, 大大减少封装成本和芯片体积, 这类单片机是非总线单片机型。89C51 单片机有总线型和非总线型两种。

3. 工控型、通信型和家电型

工控型、通信型和家电型是单片机厂家根据各应用领域用户不同要求而特殊设计的专用型单片机。工控型寻址范围大, 运算能力强。家电型通常是小封装、低价格, 外围器件和外设接口集成度高。

三、单片机的主要品种

目前世界上一些著名的半导体器件厂家已投放市场的产品至少有 50 个系列、300 多个品种。从基本操作处理的数据位数来看, 有 1 位单片机、4 位单片机、8 位单片机(如 Intel 公司的 MCS-48、MCS-51 系列, Zilog 公司的 Z8 系列, Motorola 公司的 6802 单片机等等)、16 位单片机(如 Intel 公司的 MCS-96 系列, TI 公司的 TMS-9900 系列等)以及 32 位单片机(如 Inmouss 公司的 IMST414 系列)。

各种系列的单片机由于其内部功能单元组成及指令系统的不尽相同, 表现出各种不同的特点。如有些单片机在片内固化了 BASIC 解释程序, 因而可以理解这种高级语言, 如 MCS-51 系列中的 8052, Z8 系列中的 28671 等型号单片机。英国 Inmouss 公司的单片机 IMST414 是一种 32 位单片机。

单片机的品种越来越多, 选择目前在我国使用较为普遍的 Intel 公司的 MCS 系列通用型单片机进行学习是必要的。学好了 MCS-51 单片机, 就可以很容易地掌握那些特性不同的单