



21世纪电气信息学科立体化系列教材

单片机原理及应用

● 主编 汪 文 陈 林

华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>



21世纪电气信息学科立体化系列教材

单片机原理及应用

主 编 汪 文 陈 林
副主编 王金庭 闻兆海 冯正华



华中科技大学出版社
<http://www.hustp.com>

图书在版编目(CIP)数据

单片机原理及应用/汪文 陈林 主编. —武汉:华中科技大学出版社,2007年3月
ISBN 978-7-5609-3958-2

I. 单… II. ①汪… ②陈… III. 单片微型计算机-高等学校-教材 IV. TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 020519 号

单片机原理及应用

汪 文 陈 林 主 编

策划编辑:王红梅 孙基寿

责任编辑:余 涛

责任校对:刘 竣

封面设计:秦 茹

责任监印:张正林

出版发行:华中科技大学出版社

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)87557437

录 排:华中科技大学惠友文印中心

印 刷:湖北金海印务有限公司

开本:787×960 1/16

印张:14 插页:2

字数:276 000

版次:2007年3月第1版

印次:2007年3月第1次印刷

定价:26.80元(含1CD)

ISBN 978-7-5609-3958-2/TP·628

(本书若有印装质量问题,请向出版社发行部调换)



21世纪电气信息学科立体化系列教材

编审委员会

顾问：

潘 垣（中国工程院院士，华中科技大学）

主任：

吴麟章（湖北工业大学）

委员：（按姓氏笔画排列）

王 斌（三峡大学电气信息学院）

余厚全（长江大学电子信息学院）

陈铁军（郑州大学电气工程学院）

吴怀宇（武汉科技大学信息科学与工程学院）

陈少平（中南民族大学电子信息工程学院）

罗忠文（中国地质大学信息工程学院）

周清雷（郑州大学信息工程学院）

谈宏华（武汉工程大学电气信息学院）

钱同惠（江汉大学物理与信息工程学院）

普杰信（河南科技大学电子信息工程学院）

廖家平（湖北工业大学电气与电子工程学院）

内容简介

本书着重介绍 MCS-51 单片机的原理及其应用系统的设计方法。主要包括：MCS-51 单片机的原理结构和指令系统，MCS-51 单片机内部的定时器/计数器、中断系统和串行口等功能部件，存储器扩展技术，键盘、显示器、打印机、A/D 转换器和 D/A 转换器等接口技术，给出了应用系统设计的基本方法和应用实例。

本书每一章都安排了一定数量的思考练习题，可作为大专院校相关专业的教材或教学参考书。

中国地质大学“十一五”教材建设项目资助

前 言

单片机作为微型计算机的一个分支,具有功能强、体积小、应用灵活等诸多优点,在工业控制、仪器仪表、通信、家用电器和国防科技等各个领域得到广泛的应用。随着集成电路技术的不断发展,单片机的性能也在不断地提高,其应用的范围必将越来越宽广。

MCS-51 单片机在我国具有广泛的应用基础,其中,8051 单片机的技术开放,世界上众多的电子公司都开发和生产与 8051 单片机兼容的系列产品,以及增加了各种各样功能模块的派生产品。这些产品与 8051 单片机具有相同的内核和指令系统,只要了解了 MCS-51 单片机,就可以灵活地选择和使用各种兼容 51 单片机芯片。

本书着重介绍 MCS-51 单片机的原理及其应用系统的设计方法。主要包括:MCS-51 单片机的原理结构和指令系统,MCS-51 单片机内部的定时器/计数器、中断系统和串行口等功能部件,存储器扩展技术,键盘、显示器、A/D 转换器和 D/A 转换器等接口技术,给出了应用系统设计的基本方法和应用实例。

编者具有多年的单片机原理及其应用课程教学经验,在长期的教学、科研和产品开发的基础上,经过精心组织编写了此教材。在内容编排上采用先易后难、先原理后应用的顺序。书中有大量的图表和例题,并附有思考练习题,以帮助读者掌握单片机的原理和应用技术。另外,为满足本门课程的实验和课程设计的要求,本书还有配套教材《单片机课程设计》,由蔡明文主编。

本套书由中国地质大学、武汉科技大学、长江大学、武汉工程大学、三峡大学、湖北经济学院、江汉大学的老师共同编写。全书由中国地质大学汪文主编和统稿,第 1 章由汪文编写;第 2 章由王巍编写;第 3 章和第 5 章由闻兆海编写;第 4 章由陈林编写;第 6 章由冯正华编写;第 7 章由王金庭编写。《单片机课程设计》由长江大学蔡明文主编和统稿,参加编写的老师有蔡明文、冯先成、张建军、顾益民。

为满足课堂教学和学生自学的需要,本教材还有配套的教学光盘。光盘内容包括本书的主要知识点(电子课堂)、习题解答和常用芯片手册。

在本书的编写和出版过程中得到了中国地质大学教务处、信息工程学院、地球物理与空间信息学院、机械与电子工程学院,武汉科技大学,长江大学,武汉工程大学,三峡大学,湖北经济学院,江汉大学以及华中科技大学出版社的大力支持,在此深表感谢!

受学识水平所限,书中难免有错误与不当之处,恳请广大读者批评指正。

21 世纪电气信息学科立体化系列教材编委会

《单片机原理及应用》编写组

2007 年 1 月

目 录

1 概述	(1)
1.1 微型计算机系统的组成	(1)
1.2 单片机的概念	(1)
1.3 单片机的发展历史和发展趋势	(2)
1.3.1 单片机的发展历史	(2)
1.3.2 单片机的发展趋势	(3)
1.4 单片机的特点及应用	(3)
1.4.1 单片机的特点	(3)
1.4.2 单片机的应用	(3)
本章小结	(4)
思考练习题	(5)
2 MCS-51 单片机的基本结构	(7)
2.1 MCS-51 单片机的基本结构	(7)
2.1.1 MCS-51 单片机的基本组成	(7)
2.1.2 MCS-51 单片机的内部硬件结构特点	(8)
2.2 单片机的总线结构	(9)
2.2.1 单片机的引脚	(9)
2.2.2 单片机的总线结构	(12)
2.3 MCS-51 单片机的存储器结构	(13)
2.3.1 程序 ROM	(13)
2.3.2 内部数据 RAM	(14)
2.3.3 内部特殊功能寄存器	(17)
2.3.4 外部数据存储器	(20)
2.4 并行 I/O 口	(21)
2.4.1 P0 口	(21)
2.4.2 P1 口	(23)
2.4.3 P2 口	(24)

2.4.4	P3 口	(24)
2.4.5	P0~P3 口的功能总结	(25)
2.5	单片机的复位电路和复位状态	(25)
2.5.1	单片机的复位电路	(25)
2.5.2	单片机的复位状态	(26)
2.6	MCS-51 单片机的时钟电路和时序	(27)
2.6.1	时钟电路	(27)
2.6.2	基本时序	(28)
2.6.3	工作模式	(29)
2.7	单片机最小系统	(30)
	本章小结	(31)
	思考练习题	(31)
3	MCS-51 单片机指令系统及汇编语言程序设计	(33)
3.1	MCS-51 单片机的寻址方式	(33)
3.2	分类指令	(35)
3.2.1	数据传送指令	(36)
3.2.2	算术操作指令	(40)
3.2.3	逻辑操作指令	(42)
3.2.4	控制转移指令	(44)
3.2.5	布尔变量操作指令	(48)
3.3	MCS-51 单片机汇编语言程序设计基础	(50)
3.3.1	汇编语言概述	(50)
3.3.2	顺序程序	(53)
3.3.3	分支程序	(54)
3.3.4	循环程序	(56)
3.3.5	子程序	(57)
	本章小结	(59)
	思考练习题	(59)
4	输入/输出、中断、定时与串行通信	(61)
4.1	I/O 概述	(61)
4.1.1	I/O 的概念	(61)
4.1.2	输入/输出的传递方式	(62)
4.2	MCS-51 单片机的中断系统	(63)
4.2.1	单片机中断系统的结构	(64)
4.2.2	中断系统的初始化与中断控制寄存器的设置	(67)

4.2.3 中断响应过程	(68)
4.3 定时器/计数器	(70)
4.3.1 工作方式	(70)
4.3.2 定时器/计数器控制寄存器	(73)
4.4 单片机串行通信	(75)
4.4.1 串行通信基础	(75)
4.4.2 EIA-232-D 接口标准	(77)
4.4.3 MCS-51 单片机串行口	(79)
4.5 PC 机与单片机的通信	(91)
本章小结	(101)
思考练习题	(101)
5 MCS-51 单片机的系统扩展	(103)
5.1 程序 ROM 的扩展	(103)
5.1.1 外部程序 ROM 的扩展原理及时序	(103)
5.1.2 地址锁存器	(104)
5.1.3 EPROM 扩展电路	(105)
5.1.4 EEPROM 扩展电路	(109)
5.2 外部数据 RAM 的扩展	(109)
5.2.1 外部数据 RAM 的扩展方法及时序	(110)
5.2.2 静态 RAM6264 扩展	(112)
5.3 外部 I/O 口的扩展	(113)
5.3.1 I/O 口地址译码技术	(114)
5.3.2 用缓冲器和锁存器扩展 I/O 口	(116)
5.3.3 用串行口扩展 I/O 口	(117)
5.3.4 并口扩展芯片 8255A 的原理与应用	(118)
本章小结	(125)
思考练习题	(125)
6 MCS-51 单片机接口技术	(127)
6.1 单片机应用系统的键盘和显示接口设计	(127)
6.1.1 LED 显示接口结构	(127)
6.1.2 LED 数码管的显示原理	(127)
6.2 液晶显示器(LCD)的原理与应用	(132)
6.2.1 LCD 原理综述	(132)
6.2.2 T6963C 液晶控制器的引脚及指令介绍	(133)
6.2.3 读/写操作时序	(142)

6.2.4 T6963C 应用举例	(142)
6.3 键盘接口设计	(148)
6.3.1 键盘接口原理	(148)
6.3.2 单片机与键盘接口	(150)
6.4 单片机应用系统中的 A/D、D/A 接口	(152)
6.4.1 ADC 和 DAC 芯片的性能参数	(152)
6.4.2 ADC0809 芯片的原理与应用	(154)
6.4.3 DAC0832 芯片的原理与应用	(158)
6.5 单片机 I/O 实现 I ² C 总线	(161)
6.5.1 I ² C 总线的结构与原理	(161)
6.5.2 I ² C 总线的时序分析	(163)
6.5.3 I ² C 总线的传输	(165)
6.6 单片机与实时时钟芯片接口	(167)
6.6.1 PCF8563 引脚介绍	(168)
6.6.2 PCF8563 功能介绍	(168)
6.6.3 PCF8563 应用举例	(172)
本章小结	(173)
思考练习题	(173)
7 单片机应用系统设计与开发	(175)
7.1 单片机应用系统的开发过程	(175)
7.1.1 总体设计	(175)
7.1.2 硬件设计	(177)
7.1.3 资源分配	(181)
7.2 单片机开发工具及选择	(182)
7.2.1 仿真器	(182)
7.2.2 其他工具	(185)
7.3 系统可靠性设计	(186)
7.3.1 硬件可靠性设计	(186)
7.3.2 系统自诊断技术	(188)
7.3.3 系统抗干扰性能	(189)
7.4 单片机应用系统的调试方法	(193)
7.4.1 开发系统简介	(193)
7.4.2 应用系统硬件的调试方法	(194)
7.4.3 应用系统软件的调试方法	(196)
7.4.4 应用系统的现场综合调试	(196)

7.5 MCS-51 单片机应用实例	(197)
7.5.1 单片机频率测量仪	(197)
7.5.2 电热箱单片机温控系统	(201)
本章小结	(208)
思考练习题	(208)
附录 分类指令表	(209)
参考文献	(214)

1

概 述

本章主要介绍微型计算机系统的组成;单片机的概念;单片机的发展历程和发展趋势以及单片机的特点和应用。

1.1 微型计算机系统的组成

一个完整的微型计算机系统由硬件系统和软件系统两大部分组成。硬件系统是指那些看得见、摸得着的电子或机械设备,它是组成微机系统的物质基础,通常由运算器、控制器、存储器、输入/输出(I/O)接口电路、系统总线以及 I/O 设备等组成。其中,运算器和控制器集成在一个芯片上,称为中央处理器(Central Processing Unit),即 CPU。CPU 是微型计算机的核心部件,也称为微处理器。存储器分为内存储器和外存储器两类,其中内存储器又分为随机存取存储器(RAM)和只读存储器(ROM)。CPU 与内存储器构成主机。而外存储器和 I/O 设备统称为外部设备。

有了硬件系统,计算机只是具备了运算的可能,要想让计算机按人的意图自动地、高速地工作,还必须给它编制各种程序。为了运行、管理和维护计算机所编制的各种程序称为软件。根据用途的不同,软件分为系统软件和应用软件两类。系统软件是为了方便用户和充分发挥计算机效能,向用户提供的一系列软件;应用软件则是专门为解决某个应用领域中的具体任务而编制的程序。

1.2 单片机的概念

单片微型计算机(Single Chip Micro Computer)简称单片机(SCM)。它是将组成微型计算机的各部件:中央处理器(CPU)、存储器、I/O 接口电路、定时器/计数器等,集成在一块电路芯片上,构成一个完整的微型计算机。单片机无论从功能上还是从形态上来

说都是作为控制领域应用的计算机,因而准确反映单片机本质的称谓应该是微控制器(Micro Controller Unit),即 MCU。现在国际上已逐渐采用 MCU 来代替 SCM,而 MCU 也成了单片机领域公认的、最终统一的名词。在国内,因为“单片机”一词已约定俗成,故可将“单片机”与“MCU”对应翻译,本文统一采用“单片机”一词。

单片机(MCU)可以定义为:一种把微处理器(CPU)、随机存取存储器(RAM)、只读存储器(ROM)、输入/输出(I/O)接口电路、定时器/计数器、串行通信接口及中断系统等部件集成在同一块芯片上的,具有完整功能的微型计算机。这块芯片就是硬件,而软件程序则存放在片内的只读存储器中。

1.3 单片机的发展历史和发展趋势

1.3.1 单片机的发展历史

1974 年 12 月,美国著名的仙童(Fairchild)公司推出了世界上第一台单片机 F8。该机由两块集成电路芯片组成,结构新颖,并具有与众不同的指令系统,深受民用电器和仪器仪表领域的欢迎和重视。从此单片机开始迅速发展,应用范围也在不断扩大,现已成为微型计算机的重要分支。单片机的发展大致经历了外围集成、总线完善、功能集成、全方位发展等技术发展阶段,至今已走过了四代的历程。

1. 第一代单片机(1974—1976)

这是单片机的初级阶段,以 Fairchild 公司的 F8 为代表。该时期生产的单片机的特点是:字长为 4 位,内部结构简单,制造工艺落后,集成度低。

2. 第二代单片机(1976—1980)

这是单片机的技术成熟阶段。8 位单片机已经出现,以 Intel 公司的 MCS-48 为代表。该系列的单片机在片内已经集成了 8 位 CPU、并行 I/O 接口、8 位定时器/计数器、RAM 和 ROM 等功能部件,但无串行 I/O 接口,寻址范围不大于 4 KB。它性能低、品种少,应用范围也不广。

3. 第三代单片机(1980—1983)

这是单片机的推广阶段,8 位单片机技术走向成熟。其技术特点是完善了外部总线,确立了单片机的基本控制功能,以 Intel 公司的 MCS-51 为代表(MCS-51 是 Intel 公司在 MCS-48 基础上推出的更完善、更典型的单片机系列)。该阶段的单片机均带有串行 I/O 口,且具有多级中断处理系统,定时器/计数器为 16 位,片内的 RAM 和 ROM 容量相对较大,寻址范围可达 64 KB。这一代单片机结束了计算机单片集成的简单形式,真正开创了单片机作为微控制器的发展道路。而这个时期的单片机由于其优良的性价比和极其广泛的应用领域,特别适合我国的国情,故在我国得到广泛的应用。

4. 第四代单片机(1983—)

这是 8 位高性能单片机和 16 位单片机并行发展的阶段。16 位单片机除了 CPU 为 16 位以外,片内的 RAM 和 ROM 容量进一步增大。以 Intel 公司的 MCS-96 系列为代表,其片内的 RAM 增加为 232 B,ROM 为 8KB,且片内集成有高速 I/O 部件、多通道 10 位模/数(A/D)转换器等。

目前,将测控系统中使用的电路技术、接口技术、多通道模/数(A/D)转换部件等直接应用到单片机中,增强了外围电路功能,强化了智能控制特征的单片机不断涌现。同时,32 位单片机也已进入实用阶段。

1.3.2 单片机的发展趋势

当前,单片机正朝着高性能和多品种方向发展。预计,单片机将进一步向着 CMOS 化、低功耗、小体积、大容量、高性能、低价格和外围电路内装化等几个方向发展。

1.4 单片机的特点及应用

1.4.1 单片机的特点

根据其结构形式和所采用的半导体工艺,单片机具有以下主要特点。

- 1) 性能价格比高。
- 2) 集成度高、体积小、可靠性高。由于单片机将各功能部件集成在一块芯片上,且内部采用总线结构,减少了各芯片之间的连线,从而大大提高了单片机的可靠性与抗干扰能力。另外,因其体积小,对于强磁场环境易于采取屏蔽措施,适合在恶劣环境下工作。
- 3) 控制功能强。为满足工业控制的要求,一般单片机的指令系统中均有极丰富的转移指令、I/O 接口的逻辑操作及位处理功能。单片机的逻辑控制功能及运行速度均高于同一档次的微型计算机。
- 4) 低能耗、低电压,便于生产便携式产品。
- 5) 外部总线增加了 I²C 及 SPI 等串行总线方式,进一步缩小了体积,简化了结构。
- 6) 单片机的系统扩展和系统配置较典型、规范,易于构成各种规模的应用系统。

1.4.2 单片机的应用

因为单片机具有以上一些特点,因此,它的应用涉及各个领域,如今,它已是科技领域的有力工具,人类生活的得力助手。

1. 在智能仪器仪表中的应用

用单片机控制仪器仪表,第一,可以提高精度;第二,可以扩展测量范围;第三,可以

增加仪器仪表的功能,如可以对测量的结果直接进行处理等;第四,提高了可靠性,使集成电路的可靠性提高,同时仪器仪表的可靠性也随之提高;第五,具有通信能力,可以将众多仪器仪表联成网络,将检测到的数据传至远方,或进行互相配合,完成复杂的测控任务。总之,单片机广泛应用于各种仪器仪表中,使仪器仪表数字化、智能化、微型化,且功能大大提高。例如,精密数字温度计、智能电度表、智能流速仪等。

2. 在机电一体化中的应用

机电一体化是机械工业发展的方向。机电一体化产品是指集机械技术、微电子技术、计算机技术为一体,具有智能化特征的产品,如微机控制的车床、钻床等。将单片机作为产品中的控制器,能充分发挥其体积小、可靠性高、功能强的优点,可以使产品数字化、智能化,增加产品的附加值,提高产品的档次,甚至改变产品的组成与结构,实现产品的更新换代,大大提高机器的自动化、智能化的程度。

3. 在实时控制中的应用

单片机的实时数据处理能力和控制功能,可以使系统保持在最佳工作状态,从而提高系统的工作效率和产品质量。例如,在工业测控、航空航天、尖端武器等实时控制系统中,都可以用单片机作为控制器。

4. 在人类生活中的应用

将单片机应用在洗衣机、电冰箱、空调等家用电器的控制中,提高了家用电器的智能化程度,增加了其功能,使这种家用电器更受人们的喜爱。因此,单片机使人类生活更加舒适、方便、丰富多彩。

本章小结

微型计算机系统由硬件系统和软件系统两大部分组成。硬件是由有形的器件等构成,它包括运算器、控制器、存储器、I/O 接口电路、系统总线和 I/O 设备等。一般将运算器和控制器称为微处理器,即 CPU。并将 CPU 和内存储器称为主机。

计算机软件是计算机系统结构的重要组成部分,也是计算机不同于一般电子设备的本质所在。计算机软件主要包括系统软件和应用软件两类。系统软件用来简化程序设计,提高计算机的使用效率,发挥和扩大计算机的功能和用途;应用软件则是专门为解决某个应用领域的具体任务而开发的软件。

单片机是一种把 CPU、RAM、ROM、I/O 接口电路、定时器/计数器、串行通信接口及中断系统等部件集成在同一块芯片上,具有完整功能的微型计算机。单片机从 1974 年诞生至今已走过了四代发展历程。目前,单片机正朝着高性能和多品种方向发展。

由于单片机具有很高的性能价格比,集成度高、体积小、可靠性高,控制功能强,低能耗、低电压,便于生产便携式产品等特点,因而在智能仪器仪表、机电一体化、实时控制和人类生活等领域得到了广泛的应用。

思考练习题

1. 微型计算机系统由哪几部分组成？
2. 什么是单片机？单片机有哪些特点？
3. 单片机主要应用在哪些方面？
4. 简述单片机的发展历程和发展趋势。