



21 世纪高职高专信息技术教材

单片机原理 及应用教程

北京希望电子出版社 总策划
袁启昌 主 编
严皖丽 副主编
曹冬梅 赵永波 编 著

 科学出版社
www.sciencep.com



11 单片机原理及应用教程

单片机原理

应用教程





21 世纪高职高专信息技术教材

单片机原理 及应用教程

北京希望电子出版社 总策划
袁启昌 主 编
严皖丽 副主编
曹冬梅 赵永波 编 著



科学出版社

www.sciencep.com

内 容 简 介

本书主要介绍 Intel 公司 MCS-51 单片机的原理与应用和 TI 公司 MSP430 系列 Flash 型超低功耗单片机的原理与应用, 内容丰富, 实用性强, 便于教学。全书包括 13 章正文和 4 个附录。正文部分介绍了 MCS-51 单片机的结构、功能部件及其应用; MSP430 系列 Flash 型单片机的各个功能模块及应用实例; 单片机应用系统开发、设计及实例分析。

本书注重理论联系实际, 书中安排了大量实例, 附有相应的习题。本书既可作为高职高专院校应用电子技术、自动化、机电一体化、计算机应用等相关专业的教材, 也可供从事机电控制和相关专业工作的技术人员学习单片机技术时参考与使用。

需要本书或需要得到技术支持的读者, 请与北京中关村 083 信箱(邮编: 100080)发行部联系, 电话: 010-82702660, 010-82702658, 010-62978181 转 103 或 238, 传真: 010-82702698, E-mail: tbd@bhp.com.cn

图书在版编目(CIP)数据

单片机原理及应用教程 / 袁启昌主编. —北京: 科学出版社, 2005.3

(21 世纪高职高专信息技术教材)

ISBN 7-03-014769-3

I. 单... II. 袁... 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 (2004) 第 134129 号

责任编辑: 邓 伟 刘 芯 / 责任校对: 一 凡

责任印刷: 双 青 / 封面设计: 梁运丽

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

北京市媛明印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2005 年 3 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2005 年 3 月第一次印刷 印张: 16 1/2

印数: 1-5 000 字数: 376 000

定价: 23.00 元

21世纪高职高专信息技术教材编委会名单

(排名不分先后)

主 任 高 林

副主任 谢玉声

袁启昌

胡伏湘

陆卫民

委 员

阮东波

龙 超

杨丽群

王东红

罗映峰

侯晓华

连晋平

冯矢勇

杨章静

唐伟奇

徐 萍

尹 静

慕东周

李 淼

田 更

朱作付

李超燕

吴 军

杨旭东

景鹏森

杨金龙

米 昶

陈孟建

崔俊杰

孙 杰

宗小翀

陈翠娥

唐燕青

韦 伟

陈 春

刘 毅

袁海宁

徐建华

邱建国

曹冬梅

郑明红

蒋建强

陈彦许

韩素华

王趾成

崔会军

张光瑞

总 序

高等职业教育目前已成为我国高等教育的重要组成部分,对于推动我国社会主义现代化建设起着不可忽视的作用。计算机教育在整个高职教育中有着举足轻重的地位,因为计算机的普及已经涉及到各个行业。对于传统的学习计算机知识的方法即理论为主、应用为辅的教学模式,相对高职教育来说有些不太适合,针对这种情况,就需要一些符合高职教育特点的教材来满足这种需求。

为解决教材供需不平衡的矛盾,北京希望电子出版社与全国高等学校计算机基础教育研究会高职高专专业委员会联合组织国内十几所高职院校,聘请“双师”型教师共同编写针对高职特点的教材30多种,以及实训类教材10多种,并请专家论证了本套教材的体系、风格、结构、内容等方面的可行性与可操作性。该系列教材体现“重在能力素质培养”的目标,结合教育部的教学大纲要求,在实用性、新颖性、可读性几个方面都有所突破。

高职教材建设是教学改革重要的环节,高等职业技术教育专业设置要与劳动力市场需求相结合,教学内容与国家职业标准相衔接。采取“订单教学”的校企合作培养模式,实行学业文凭和职业资格两种证书制度,使一线技术人才培养实现教学与市场“零距离”、毕业生上岗“零适应期”。这种以市场为导向实行的订单教学,能够直接为用人单位培养实用型人才,是一条富有特色的职教之路,可以保证同学们将来在就业和升学两条渠道上有最大的发展空间。所以,高校就要突出应用技能培养的办学特色,按照人才市场供求信号进行学科、专业和教学内容的调整,以适应社会需要。在培养学生的知识、能力、技能方面都要与其他综合性本科院校有所区别。

本系列教材就是遵循这种订单式教学的需要,一方面是设定系统理论知识的教材,这种教材的内容按照“必需、够用”的原则,构筑坚实的具有高职特色的理论体系基础;另一方面是训练职业动手能力的实训教材,按照“切实、实用”的原则,培养动手能力强的人才。以上两种教材相互配合,既可以单独使用,也可以配套使用。

高职教材建设还在探索中,如何能满足企业对人才的需求,跟上时代发展的步伐,这些都是亟需解决的问题。本丛书旨在抛砖引玉,希望更多的优秀教师参与到教材建设中来,真诚希望广大教师、学生与读者朋友在使用本丛书过程中提出宝贵意见和建议,为下一次的修订与改版做准备,使本丛书日臻完美。

若有投稿或建议,请发至本丛书出版者电子邮件: textbook@bhp.com.cn。

前 言

随着电子技术和计算机技术的不断发展，单片机技术已成为电子技术领域中的一个亮点，因此单片机技术已成为计算机应用专业和电子技术专业人员必须掌握的专业技术之一。

单片机技术是一门综合应用技术，因而在各高校学生的课程设计、毕业设计、电子设计比赛中都普遍使用。本书以“淡化理论、重在应用”为原则，深入浅出地介绍了单片机的结构原理和应用技术。

全书包括 13 章正文和 4 个附录。正文部分介绍了 MCS-51 系列单片机的内部结构及原理、指令系统及其应用、汇编语言程序设计、中断系统和定时/计数器、串行通信和输入输出、应用系统扩展、常用外部设备的接口技术、MSP430 系列 Flash 型单片机的各个功能模块、用 C 语言进行各个功能模块控制的实例、用单片机进行应用系统开发时的软/硬件设计和实例。4 个附录的内容分别为 ASCII 代码对照表、MCS-51 指令集、MSP430F149 管脚图和常用芯片管脚图。

本书注重理论联系实际，书中安排了大量的实例，附有相应的习题，并配套出版了《单片机应用实训教程》，体现了高职、高专的教育特色。本书既可作为高职高专院校应用电子技术、自动化、机电一体化、计算机应用等相关专业的教材，也可供从事机电控制和相关专业工作的技术人员学习单片机技术时参考与使用。

本书由袁启昌教授主编，严皖丽副主编，曹冬梅、赵永波编著。其中第 5 章，第 6 章的第 3、4 节，第 7 章的第 4 节，第 8 章，第 12 章和第 13 章的第 1 节由赵永波编写。编写过程中得到张琦教授的大力帮助。

作 者

目 录

第 1 章 MCS-51 单片机概述1	
1.1 单片机的特点及发展.....1	
1.2 其他系列单片机简介.....3	
习题.....4	
第 2 章 MCS-51 单片机内部结构及原理5	
2.1 MCS-51 单片机内部结构和功能.....5	
2.1.1 内部结构框图.....5	
2.1.2 引脚及功能介绍.....8	
2.2 存储器结构.....10	
2.2.1 程序存储器.....11	
2.2.2 数据存储器.....11	
2.3 MCS-51 单片机的工作方式.....14	
2.3.1 复位方式.....14	
2.3.2 程序执行方式.....15	
2.3.3 低功耗方式.....15	
2.4 MCS-51 单片机的时序.....16	
2.4.1 振荡器及时钟电路.....16	
2.4.2 CPU 时序.....16	
2.5 构建 MCS-51 单片机的最小系统.....16	
习题.....17	
第 3 章 MCS-51 单片机指令系统及其应用19	
3.1 MCS-51 单片机指令系统概述.....19	
3.1.1 指令概念.....19	
3.1.2 寻址方式.....20	
3.2 指令系统及其应用.....23	
3.2.1 数据传送指令.....23	
3.2.2 算术运算指令.....29	
3.2.3 逻辑运算指令.....33	
3.2.4 控制转移指令.....35	
3.2.5 位操作指令.....40	
习题.....41	
第 4 章 汇编语言程序设计44	
4.1 单片机程序设计概述.....44	
4.1.1 程序设计步骤.....44	
4.1.2 编制流程图.....44	
4.2 伪指令.....45	
4.3 单片机程序设计初步.....47	
4.3.1 顺序结构程序设计.....47	
4.3.2 分支结构程序设计.....48	
4.3.3 循环结构程序设计.....49	
4.3.4 子程序设计.....52	
4.3.5 查表程序设计.....53	
4.3.6 散转程序设计.....54	
习题.....54	
第 5 章 中断系统和定时/计数器56	
5.1 中断系统概述.....56	
5.1.1 中断概念及作用.....56	
5.1.2 中断类型及优先权.....57	
5.1.3 中断处理过程.....58	
5.2 MCS-51 单片机中断系统.....59	
5.2.1 MCS-51 中断系统的基本组成.....59	
5.2.2 中断管理寄存器 SFR.....60	
5.2.3 MCS-51 单片机的中断响应过程.....62	
5.2.4 MCS-51 中断系统的使用.....62	
5.3 定时/计数器及应用.....63	
5.3.1 MCS-51 单片机定时/计数器的结构功能.....63	
5.3.2 定时/计数器的应用.....66	
5.4 中断系统和定时/计数器综合应用实例.....67	
习 题.....71	
第 6 章 输入/输出和串行通信72	
6.1 输入/输出接口.....72	
6.1.1 输入/输出接口作用及编址方式.....72	
6.1.2 数据传送方式.....73	
6.1.3 输入/输出接口应用举例.....74	
6.2 单片机常用外设及其接口.....77	
6.2.1 LED 显示器及接口.....77	
6.2.2 LCD 液晶显示器及其接口.....80	
6.2.3 键盘及接口.....82	
6.3 串行通信基础.....85	
6.3.1 通信概念.....85	

6.3.2 串行通信方式	86	9.2.5 特殊功能寄存器 SFR.....	130
6.3.3 串行通信中的数据传输方式.....	87	9.2.6 Flash 存储器	130
6.3.4 串行通信的接口标准	87	9.3 基础时钟模块与低功耗	133
6.4 MCS-51 单片机的串行口	88	9.3.1 低速晶体振荡器 LFXT1.....	135
6.4.1 串行口结构功能	88	9.3.2 高速晶体振荡器 XT2	135
6.4.2 串行口的工作方式	90	9.3.3 数控振荡器 DCO	136
6.4.3 波特率的产生	91	9.3.4 基础时钟模块与低功耗.....	138
6.4.4 串行口应用与编程	92	9.4 中断系统.....	139
习题	96	9.4.1 系统复位	139
第 7 章 MCS-51 单片机的扩展	99	9.4.2 中断系统结构.....	140
7.1 扩展系统三总线.....	99	9.4.3 中断控制位 SFR.....	142
7.2 存储器的扩展.....	100	9.4.4 中断向量地址及中断优先级 ..	144
7.2.1 程序存储器的扩展	100	9.5 端口	144
7.2.2 数据存储器的扩展	102	9.5.1 概述	144
7.2.3 存储器的综合扩展	103	9.5.2 端口 P1、P2	145
7.3 I/O 口扩展	105	9.5.3 端口 P3、P4、P5 和 P6	146
7.4 A/D、D/A 转换及应用	111	9.6 定时器.....	147
7.4.1 A/D 及 D/A 转换器的		9.6.1 看门狗 WDT	147
主要技术指标	111	9.6.2 定时器 Timer_A3	149
7.4.2 D/A 转换器及应用	112	9.6.3 定时器 Timer_B7	156
7.4.3 A/D 转换器及应用.....	115	9.7 模拟比较器 Comparator_A.....	166
7.4.4 模拟量与数字量转换的		9.8 12 位 A/D 转换模块.....	168
应用技术	119	9.9 串行通信模块.....	176
习题	120	9.9.1 USART 模块结构功能.....	176
第 8 章 MSP430 系列单片机简介	122	9.9.2 异步通信	183
8.1 概述	122	9.9.3 同步通信	186
8.2 MSP430F11X 系列.....	124	9.10 硬件乘法器.....	188
8.3 MSP430F11X1 系列.....	124	习题	190
8.4 MSP430F12X 系列	125	第 10 章 C430	191
8.5 MSP430F13X 系列	125	10.1 C430 概述	191
8.6 MSP430F14X 系列	125	10.2 C430 数据类型	191
习题	126	10.3 控制语句.....	193
第 9 章 MSP430 系列 Flash 型单片机结构	127	10.4 函数.....	196
9.1 16 位 CPU 寄存器.....	127	习题	197
9.2 存储器组织结构.....	129	第 11 章 C430 应用实例	198
9.2.1 概述	129	11.1 端口	198
9.2.2 程序存储器	129	11.2 WDT 控制.....	199
9.2.3 数据存储器	130	11.3 定时器控制.....	200
9.2.4 外围模块	130	11.4 Flash 存储器控制	200

11.5	ADC12 模块控制	202
	习题	203
第 12 章	单片机应用系统设计	204
12.1	系统总体设计	204
12.1.1	用户需求分析	204
12.1.2	构建系统总体架构	204
12.2	硬件设计	205
12.2.1	硬件原理设计	205
12.2.2	资源分配	206
12.2.3	线路板图绘制	206
12.2.4	可靠性设计	207
12.2.5	保密性设计	207
12.2.6	硬件线路板的焊接与测试	208
12.3	软件设计	208
12.3.1	系统监控程序设计	209
12.3.2	中断与子程序调用	209
12.3.3	软件抗干扰措施	210
12.3.4	程序测试	211
12.4	产品调试	211

12.4.1	单片机开发装置	211
12.4.2	系统联调	211
12.4.3	程序固化与系统装配	211
12.5	产品验收与交付使用	212
第 13 章	单片机应用系统实例	213
13.1	单片机温度控制系统	213
13.1.1	系统要求	213
13.1.2	系统硬件设计	215
13.1.3	系统软件设计	218
13.1.4	系统调试	221
13.1.5	部分程序清单	224
13.2	无磁带录音机的设计	230
13.2.1	系统硬件设计	230
13.2.2	系统软件设计	234
附录 A	ASCII 代码对照表	239
附录 B	MCS-51 指令集	240
附录 C	MSP430F149 管脚图	244
附录 D	常用芯片管脚图	247
	部分参考答案	249

第 1 章

本章重点内容:

- 单片机的特点及发展
- 其他系列单片机简介

MCS-51 单片机概述

自 1970~1975 年美国多家公司开发出单片微型计算机以来,单片机技术已成为计算机技术的一个独特分支。本章主要介绍单片机的概念、特点、发展概况及其应用。

1.1 单片机的特点及发展

1. 单片机概念

随着大规模集成电路技术和计算机技术的飞速发展,将计算机的 CPU、存储器、定时/计数器和多种 I/O 接口集成在一块芯片上,称为微处理器 (Microprocessor),也叫微控制器 (Microcontroller),习惯上称为单片机。

2. 单片机的特点

基于单片机这种特殊的结构,在某些应用领域中,它承担了大中型计算机和通用计算机无法完成的一些工作,因此在家电,仪器仪表,航空、工业过程控制、智能武器、汽车等领域被广泛应用。它主要具有以下几个特点:

(1) 性能价格比高

性价比是单片机最显著的一个特点。单片机把应用所需要的存储器,各种功能 I/O 口都尽可能的集成在一块芯片内,使之成为“真正”的单片机。有的单片机寻址已突破 64KB 的限制,8 位,16 位单片机寻址可达 1MB 和 16MB。目前,世界上各大公司在提高单片机性能的同时,又进一步降低其价格。

(2) 体积小,可靠性高

单片机是将各功能部件集成在一块芯片上,内部采用总线结构,从而减少了各个芯片之间连线,大大提高了单片机的可靠性和抗干扰能力。另外,由于其体积小,在强磁场环境下易于屏蔽,因而在恶劣环境下也能正常工作。

(3) 易扩展

单片机片内具有计算机正常运行所必需的部件。芯片外部有许多供扩展用三总线及并行、串行输入、输出管脚,很容易构成各种规模的计算机应用系统。

(4) 控制功能强

为了满足工业控制要求,一般单片机的指令系统中均有极丰富的条件分支转移指令、I/O 口的逻辑操作以及位处理能力。一般说来,单片机的逻辑控制功能及运行速度均高于同一档次的微处理器。

(5) 低电压、低功耗

单片机大量应用于便携式产品和家用消费类产品,低电压和低功耗的特性尤为重要。

有些单片机已可在 1.2V 或 0.9V 的电压下工作，一粒纽扣电池就可以长期使用。

3. 单片机的发展

从最初的单片机到如今的新一代单片机，其发展历史大致可以分为 4 个阶段。

(1) 第一阶段（1974 年～1976 年） 单片机的初级阶段

因受工艺技术水平限制，单片机结构和功能都很简单。例如仙童公司生产的 F8 单片机，内部仅有 8 位 CPU，64 字节 RAM 和两个并行口，还需一些其他芯片才能组成一台完整的微型机。

(2) 第二阶段（1976 年～1978 年） 低性能单片机阶段

以美国 Intel 公司的 MCS-48 为代表。该系列单片机内集成有 8 位 CPU、并行 I/O 接口、一个 8 位的定时/计数器、片内 RAM 为 64B 或 128B，ROM 空间最大 4KB，但无串行通信口，不宜多机应用。

(3) 第三阶段（1978 年～1983 年）高性能单片机阶段

这一阶段推出的单片机虽然仍采用 8 位 CPU，但均有多级中断功能、串行通信接口、16 位的定时/计数器，而且片内 ROM、RAM 容量加大，寻址空间范围可达 64KB，有的片内还带有 A/D 转换器接口。这一阶段单片机的生产厂家众多，产品系列也特别多，主要的有 Intel 公司的 MCS-51，Motorola 公司的 6801 和 Zilog 公司的 Z8 等。这类产品由于具有优异的性能价格比，因而获得了极其广泛的应用。尤其是 MCS-51 系列单片机，特别适合于控制应用，在我国教育和经济建设等各个领域大显身手，经久不衰，是我国单片机应用的主流系列。

(4) 第四阶段（1983 年～现在） 新一代单片机阶段

这一阶段单片机的最重要标志是“单片机”的含义已发生了根本改变。目前大家仍然保留单片机这一习惯叫法，但大家也都明白它是指 Single-Chip Microcontroller。新一代单片机有如下特点：

- 内部 CPU 仍然以 8 位机为主流，并不断完善。另一方面发展了 16 位、32 位的单片机。
- 片内程序存储器有无 ROM (Romless) 型、ROM 型、EPROM 型、低成本的 OTP（一次性烧入 ROM）型和 Flash ROM。
- 芯片日趋复杂化、多样化、产品专用化。例如有些单片机在原来微型机的结构基础上，集成嵌入了一些外设与一些外设驱动电路单元，如通用接口、看门狗 (Watchdog)、A/D 和 D/A、LCD 驱动单元、遥控键盘、语音接口、串行总线 I2C，甚至通用串行总线 USB (Universal Serial BUS)、控制局域网 CAN (Controller Area Network) 等。
- 多采用 CMOS 工艺，出现双时钟、低电压单片机，大大降低了系统功耗。

综观单片机的发展历程，单片机已经由纯粹的单片微型机到增加一定接口以适用于一般控制场合的单片微控制器。为了适应不同用户的专门应用，通常在 CPU 内核之外又增加了相应的特有功能的外设驱动器，使单片机进一步发展成了嵌入式微控制器。

4. 单片机的分类

按位可以将单片机分为：4 位机、8 位机、16 位机。

按其存储器配置状态可以将单片机分为：片内无 ROM 型和有 ROM 型。其中，片内有 ROM 型又包含 3 种：即片内 ROM 型，如 Intel—MCS8051；片内 EPROM 型，如 Intel—MCS8751；片内 E²PROM 型，如 Intel—MCS89C51。而 Intel—MCS8031 其片内则无 ROM。

1.2 其他系列单片机简介

1. 常用系列单片机产品简介

自 1976 年 9 月 Intel 公司推出 MCS-48 系列单片机以来，在这短短的 20 多年中，单片机的发展非常迅猛，品种繁多。现将国际上较有名气、影响较大的公司及他们的产品作简单的介绍。

Intel 公司的 MCS-48、MCS-51、MCS-96 系列产品为主流型单片机。除了 Intel 公司外，还有 Philips、Siemens、AND、OKI、MATRA-MHS、ATMEL、Dallas 公司都生产各种 8051 及其派生型单片机。由于 Intel 公司的单片机问世早、产品系列齐全、兼容性强，因此得到了广泛的应用，目前我国主要使用的单片机为 MCS-51 系列产品。该系列主要包括 51 和 52 两个子系列，51 子系列有 8031、8051 和 8751，52 子系列有 8032 和 8052。52 子系列与 51 子系列的不同之处在于它在 51 子系列的基础上将片内的 RAM 和 ROM 增大 2 倍，同时把定时/计数器增为 3 个。在本篇中，主要介绍 Intel 公司的 MCS-51 系列单片机。

由于 Motorola 公司的 6801、6802、6803、6805、68HCII 系列产品在家用消费及通信类产品中成功的应用，该系列单片机在单片机市场占有率高达 30% 以上。

Zilog 公司的 Z8 系列与 NEC 公司的 78KB 系列和 μ com-87 系列产品的发展没有上述两个发展那么快，但它们的应用范围介于上述两者之间。

TI 公司的 MSP430 系列单片机是一种低功耗的微控制器，是目前所有内部集成 Flash 存储器产品中能耗最低的一种。MSP430 系列单片机在超低功耗和功能集成等方面有显著的特点。该单片机自问世以来，颇受用户关注。尤其是 FLASH 型单片机，除了具备适合应用在电池供电便携式装置、超长时间连续工作的设备等领域的特点外，更具有开发方便、可以现场编程等优点。

其次还有 Super8 系列产品；Fairchild（仙童）公司和 Mostek 公司的 F8、3870 系列产品；Rockwell 公司的 6500、6501 系列产品等。

2. 单片机的应用

由于单片机自身的特点决定了其应用非常广泛，单片机的应用可以分为单机应用和多机应用。

（1）单机应用

所谓单机应用是指在一个应用系统中只使用一块单片机，这是目前应用最多的方式。主要领域有：

1) 智能产品。单片机与传统的机械结合，使传统的机械产品结构简化、控制智能化，构成了新一代的机电一体化产品。例如，在电传打字机的设计中，由于采用单片机而取代了近千个机械部件。

2) 智能仪表。用单片机改造原有的测量、控制仪表, 能促使仪表向数字化、智能化、多功能化、综合化及柔性化的方向发展, 并使长期以来测量仪表中的误差修正和线性化处理等难题迎刃而解。由单片机构成的智能仪表, 使传统的仪器、仪表发生了根本的变革。

3) 测控系统。用单片机可以构成各种工业控制系统、自适应控制系统以及数据采集系统等。

4) 数控控制机。采用单片机作为机床数控系统的控制机, 可以提高机床数控系统的可靠性、增强功能、降低控制机成本, 并有可能改变数控控制机的结构模式。

5) 智能接口。在计算机系统, 特别是在较大型的工业测控系统中, 除通用外部设备(打印机、键盘、磁盘驱动器、CRT)外, 还有许多外部通信、采集、多路分配管理以及驱动控制等接口。这些外部设备与接口完全由主机进行管理, 势必造成主机负担过重, 降低系统的运行速度, 接口的管理水平也不可能提高。如果用单片机进行接口的控制与管理, 单片机与主机就可以并行工作, 使系统的运行速度大大提高。另一方面, 由于单片机可对接口信息进行加工处理, 也就可以大量减少接口信息进行加工处理, 也就可以大量减少界面的通信密度, 极大地提高接口的管理水平。例如在一些通用计算机的外部设备上, 已经实现了单片机的键盘管理以及对打印机、绘图仪、硬盘驱动器的控制。

(2) 多机应用

多机应用是高科技领域应用的主要模式。单片机的高可靠性、控制性能以及高运行速度, 必然使未来的高科技工程系统采用单片机多机系统成为主要的发展方向。单片机的多机应用系统可分为功能弥散系统、并行多机处理系统以及局部网络系统。

习 题

1. 什么叫单片机?它有哪些主要特点?
2. 单片机主要用在哪些方面?
3. 单片机是如何进行分类的, 并举例说明。

第 2 章

本章重点内容:

- MCS-51 单片机内部结构和功能
- 存储器结构
- MCS-51 单片机的工作方式
- MCS-51 型单片机的时序
- 构建 MCS-51 单片机的最小系统

MCS-51 单片机内部结构及原理

MCS-51 单片机是 Intel 公司在 1980 年继 MCS—48 系列 8 位单片机之后推出的高档 8 位单片机。该系列单片机在性能和片内功能方面都大大优于 MCS-48 系列单片机。在这个系列里,有多种机型,它们的性能特点也各不相同,但它们都具有 8051 型单片机的基本结构和功能。本章主要以 8051 型单片机为主线,介绍 MCS-51 型单片机的内部结构、引脚功能以及应用实例等。

2.1 MCS-51 单片机内部结构和功能

2.1.1 内部结构框图

MCS-51 单片机的基本组成主要包括以下部分:

- 中央处理器 CPU
- 程序存储器 ROM
- 数据存储器 RAM
- 定时器/计数器
- 并行 I/O 口
- 串行口
- 中断系统
- 时钟电路

图 2-1 所示为 8051 单片机组成;图 2-2 所示为 8051 单片机内部结构图。

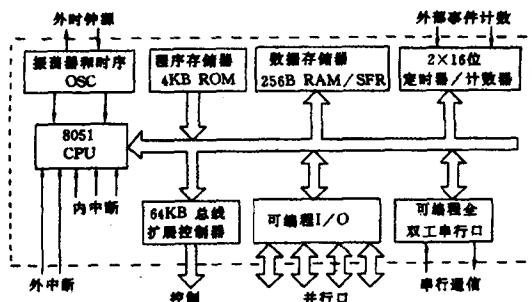


图 2-1 8051 单片机组成

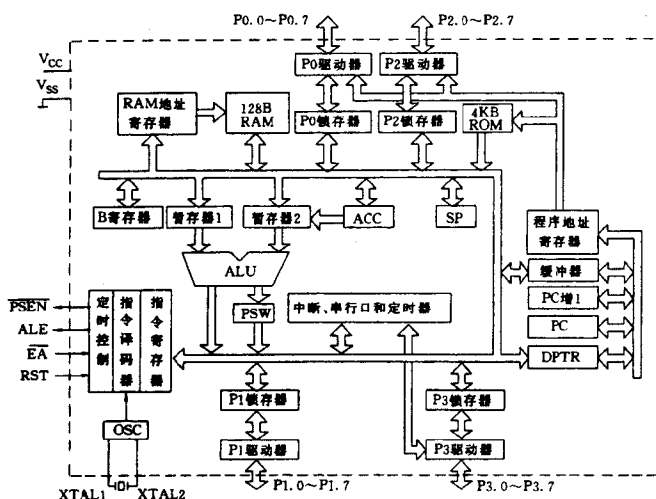


图 2-2 8051 单片机内部结构图

1. 中央处理器 CPU

8051 单片机内部有一个 8 位 CPU。8 位的意思是指 CPU 对数据的处理是按一个字节进行的。与通常的概念一样，8051 单片机内部 CPU 也是由运算器和控制器两部分组成，下面分别介绍这两部分的组成和功能。

运算器由算术逻辑部件 ALU、累加器 ACC、暂寄存器、程序状态字 PSW、BCD 码运算调整电路等组成。

(1) 算术逻辑部件 ALU

8051 的 ALU 具有极强的运算功能，不仅能进行加、减、乘、除；逻辑与、或、异或、取反和清零等运算，还具有多种形式的跳转、判断转移及数据传送功能。此外在 ALU 的入口处还设置了两个数据暂寄存器 TMP1 和 TMP2，提高了数据的处理能力。

(2) 累加器 ACC

ACC 是一个具有特殊用途的 8 位寄存器，可简称为 A。主要用来存放一个操作数，或存放运算结果。8051 指令系统中多数指令的执行都要通过累加器 ACC 进行。因此，在 CPU 中累加器的使用频率是很高的。

(3) 程序状态字 PSW

PSW 是一个可编程的 8 位专用寄存器，用于寄存程序运行中的各种状态信息。8051 有些指令的执行结果会自动影响 PSW 有关位（称为标志位）的状态，在编程时要注意。同时 PSW 中各位的状态也可以通过指令设置。PSW 各标志位的定义如下：

	最高位				最低位			
PSW	CY	AC	F0	RS1	RS0	OV	—	P

- CY (PSW.7) 进位标志。在进行加、减运算时，如果操作结果最高位有进位或借位时，CY 由硬件置 1，否则清 0。在进行位操作时，CY 又可以被认为是位累加器，作用相当于 CPU 中的 ACC，可简写为 C。
- AC (PSW.6) 辅助进位标志。在进行加、减运算时，低四位向高四位产生进

位或借位时, 由硬件将 AC 置 1, 否则清 0。AC 位可用于 BCD 码调整时的判断位。

- F0 (PSW.5) 用户通用标志位。用户可以根据需要用指令将其置位或清零, 从而可通过测试 F0 的状态来控制程序的转向。
- RS1 RS0 (PSW.4 PSW.3) 工作寄存器组的选择位。用户可以用软件来改变 RS1、RS0 的组合, 以切换当前选用的工作寄存器组。其选择方式如下:

RS1	RS0	工作寄存器组	地 址
0	0	0	00H~07H
0	1	1	08H~0FH
1	0	2	10H~17H
1	1	3	18H~1FH

- OV (PSW.2) 溢出标志位。当带符号数运算 (加法或减法) 结果超出 (-128~+127) 范围时, 有溢出, OV=1; 否则 OV=0。溢出产生的逻辑条件是: $OV=C6\oplus C7$ 其中, C6 表示位 6 向位 7 的进位 (或借位), C7 表示位 7 向 CY 的进位 (或借位)。

如:

	0	1	0	1	1	1	1	1	(95)
+)	0	0	1	1	0	0	1	0	(50)
	C	1	0	0	1	0	0	0	1 (145)

$C_7=0$ $C_6=1$ $OV=C_6\oplus C_7=1\oplus 0=1$

另外, 在无符号数的乘法运算中, 当乘积超出 255 时, OV 由硬件自动置 1, 表示乘积超出了 8 位二进制数的允许范围, 运算结果要分别放在 B 寄存器和累加器 A 中; 否则, OV 由硬件清 0, 表示乘积未超过 255, 仅用 A 存放就可以了。在除法运算中, 当除数为 0 时, OV 由硬件自动置 1, 表示除法不能进行; 而当除数不为 0 时, 则 OV 由硬件清 0, 表示除法运算可正常进行。

- - (PSW.1) 用户定义标志位, 同 F0。
- P (PSW.0) 奇偶校验位。该位始终跟踪累加器 A 内容的奇偶性。如果累加器 A 中包含有奇数个 1, 则 P=1; 否则 P=0。此标志位对串行通信中的数据传输有重要意义。在串行通信中常采用奇偶校验的办法来校验数据传输的可靠性。

控制器由程序计数器 PC、指令寄存器、指令译码器、定时控制部件等组成。其功能是发出从取指令到执行指令的各种控制信号, 指挥和协调 8051 内部各个功能部件之间的动作, 并对片外器件进行控制等。现对控制器的主要功能部件简述如下:

(1) 程序计数器 PC (Program Counter)

PC 是一个 16 位的寄存器, 专门用来存放下一条需要执行的指令地址, 具有自动加 1 的功能。实际上它是指令地址寄存器。当 CPU 要取指令时, PC 的内容送地址总线上, 从存储器中取出指令后, PC 内容则自动加 1, 指向下一条指令, 以保证程序按顺序执行。

(2) 指令寄存器 IR (Instruction Register)

指令寄存器 IR 是一个 8 位的寄存器, 主要用来暂存待执行的指令, 等待译码。

(3) 指令译码器 ID (Instruction Decoder)

指令译码器 ID 是对指令寄存器中的指令进行译码, 将指令转变为执行此指令所需要的