



教育部高等职业教育示范专业规划教材
(电气工程及自动化类专业)

单片机应用技术

主编 谢 敏



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

赠 电子 课件 等

教育部高等职业教育示范专业规划教材
(电气工程及自动化类专业)

单片机应用技术

主 编 谢 敏
副主编 陈敏毓 王 琰
参 编 秦培亮
主 审 楼佩煌



机械工业出版社

本书以 MCS-51 系列的 8 位单片机为教学对象,介绍了单片机的结构、原理、接口技术及应用。全书共分 9 章,内容包括:单片机基础知识、MCS-51 单片机的硬件结构、单片机指令系统、汇编语言程序设计、单片机的中断与定时系统、串行通信、系统扩展技术、应用系统接口技术和 51 系列单片机 C 语言程序设计。

本书在编写过程中,根据高职高专的教学特点,既做到内容全面、叙述清楚,又注意内容的“必须、够用”原则。

为方便教学,本书备有免费电子课件等,凡选用本书作为授课教材的学校,均可来电索取,咨询电话:010-88379375。

本书可作为高职高专院校的机电一体化、自动化、电气信息类专业的教材,也可作为各类业余大学、函授大学及中职院校相关专业的参考书,并可作单片机汇编语言程序设计师培训用书,还可供工程技术人员和科技工作者参考。

图书在版编目(CIP)数据

单片机应用技术/谢敏主编. —北京:机械工业出版社,
2008. 8

教育部高等职业教育示范专业规划教材. 电气工程及自动化类专业

ISBN 978-7-111-24235-2

I. 单… II. 谢… III. 单片微型计算机—高等学校:技
术学校—教材 IV. TP368. 1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 088400 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:于 宁 责任编辑:王宗锋 版式设计:霍永明

责任校对:张玉琴 封面设计:鞠 杨 责任印制:洪汉军

北京铭成印刷有限公司印刷

2008 年 8 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·12.25 印张·300 千字

0001—4000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-24235-2

定价:20.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换
销售服务热线电话:(010)68326294

购书热线电话:(010)88379639 88379641 88379643

编辑热线电话:(010)88379375

封面无防伪标均为盗版

前 言

为了适应高等职业教育事业的不断发展,针对高职高专自动化类、机电类专业学生的培养目标和岗位技能要求,在充分体现理论内容“必须、够用”的原则及突出应用能力和综合素质的培养的前提下,本书综合了编者多年的教学经念,对单片机的抽象理论知识进行了有侧重的选择和精简,循序渐进、由浅入深、由简到繁地进行了陈述。

随着科学技术的迅猛发展,单片机技术也在不断的发展,各种品牌、各种系列的机型及升级版层出不穷,它们都有各自的特点,所以在本书的编写过程中充分考虑了单片机的共性技术以及机电、自动化类专业的特点。本书以 MCS-51 系列单片机为主,全面系统地介绍了单片机的基本原理、结构、汇编语言程序设计、中断系统、定时/计数器以及系统扩展与接口技术。

本书力求做到内容正确、完整,叙述条理清晰,章节安排、示例选择等也充分考虑了实际教学的特点。全书共有 9 章,第 1 章介绍了单片机的发展过程、主要产品、单片机的特点及应用、计算机的数制及码制;第 2、5、6 章详细介绍了 MCS-51 单片机的基本配置、系统结构;第 3、4 章介绍了单片机的指令系统、程序设计的步骤、汇编语言基本编程方法以及单片机汇编语言源程序的编辑和汇编;第 7、8 章介绍了单片机应用系统的总线扩展方法和可编程并行接口的扩展应用,并讨论了显示器、键盘、D/A 转换器和 A/D 转换器等接口技术;第 9 章主要介绍了 C51 语言的语法规则、数据类型、运算、函数、程序结构和编译预处理等内容,结合实例进行讲解,使初学者对 C51 语言及其程序设计有一个全面的认识。

本书由南京化工职业技术学院谢敏老师任主编,陈敏毓、王琰老师任副主编。第 6、8 章由谢敏编写,第 1、5、7 章由王琰编写,第 2、3、4 章由陈敏毓编写,第 9 章由秦培亮编写。南京航空航天大学楼佩煌教授认真审阅了全书,提出了很多宝贵意见。

由于单片机技术日新月异,加之编写时间仓促,作者水平有限,书中难免存在不足,甚至错误之处,恳请读者指正,以便再版修正,不胜感激。

编 者

目 录

前言

第1章 单片机基础知识	1
1.1 单片机的基本概念	1
1.1.1 单片机的概念	1
1.1.2 单片机技术发展历程和趋势	1
1.1.3 MCS-51 系列单片机	2
1.1.4 单片机的应用	3
1.2 计算机中的数制与码制	3
1.2.1 数制	3
1.2.2 数制的转换	5
1.2.3 常用码制	6
本章小结	8
思考与练习	8
第2章 MCS-51 单片机的硬件结构	9
2.1 MCS-51 单片机的结构和信号引脚	9
2.1.1 MCS-51 单片机内部结构框图	9
2.1.2 MCS-51 单片机芯片内部逻辑结构	10
2.1.3 MCS-51 单片机的引脚及功能	11
2.1.4 MCS-51 单片机的并行口结构和功能	12
2.2 单片机的存储器	14
2.2.1 MCS-51 单片机存储器配置	14
2.2.2 程序存储器(ROM)	15
2.2.3 数据存储器(RAM)	15
2.2.4 特殊功能寄存器(SFR)	17
2.3 时钟电路与时序	20
2.3.1 CPU 时序	20
2.3.2 时钟电路	20
2.4 复位电路	22
2.4.1 复位的概念	22
2.4.2 复位电路设计	22
本章小结	24
思考与练习	24

第3章 单片机指令系统	26
3.1 指令系统概述	26
3.1.1 指令系统分类	26
3.1.2 指令格式	27
3.1.3 寻址方式	28
3.1.4 寻址空间与符号注释	30
3.2 数据传送类指令	31
3.2.1 内部 RAM 数据传送指令	31
3.2.2 外部 RAM 数据传送指令	32
3.2.3 查表指令	33
3.2.4 交换指令	33
3.2.5 堆栈操作指令	34
3.3 算术运算类指令	34
3.3.1 加法、减法指令	35
3.3.2 乘法、除法指令	36
3.3.3 加1、减1指令	37
3.4 逻辑运算类指令	38
3.4.1 逻辑与、或、异或指令	38
3.4.2 清零、取反指令	39
3.4.3 循环移位指令	39
3.5 控制转移类指令	40
3.5.1 无条件转移指令	40
3.5.2 条件转移指令	41
3.5.3 程序调用和返回指令	42
3.5.4 空操作指令	44
3.6 位操作类指令	44
3.6.1 位数据传送指令	44
3.6.2 位逻辑运算指令	45
3.6.3 位清零、置1指令	45
3.6.4 位控制转移指令	45
本章小结	46
思考与练习	46
第4章 汇编语言程序设计	50
4.1 汇编语言程序设计概念	50

4.1.1 源程序的编辑和汇编	50	6.1.3 串并转换和串行接口	87
4.1.2 伪指令	51	6.2 MCS-51 单片机的串行口结构与控制	88
4.1.3 程序设计方法	54	6.2.1 串行口结构	88
4.2 三种程序结构	55	6.2.2 串行口控制	89
4.2.1 顺序程序结构及设计方法	55	6.3 MCS-51 单片机串行口通信工作方式	91
4.2.2 分支程序结构及设计方法	56	6.3.1 串行口的工作方式	91
4.2.3 循环程序结构及设计方法	60	6.3.2 串行口波特率设计	93
4.3 子程序设计	61	6.4 串行接口异步通信应用举例	94
4.3.1 子程序的概念	61	6.4.1 单片机双机通信应用	94
4.3.2 子程序模块的划分原则	62	6.4.2 多机通信简介	97
4.3.3 子程序设计举例	62	本章小结	98
本章小结	66	思考与练习	98
思考与练习	66	第7章 系统扩展技术	100
第5章 单片机的中断与定时系统	67	7.1 系统扩展的概念及外部总线的实现	100
5.1 中断系统结构与控制	67	7.1.1 系统扩展的概念	100
5.1.1 中断的概念	67	7.1.2 扩展总线的实现	100
5.1.2 中断系统结构	67	7.2 存储器的扩展	102
5.1.3 中断系统控制	68	7.2.1 存储器扩展概述	102
5.2 中断处理过程	71	7.2.2 程序存储器扩展	104
5.2.1 中断响应	71	7.2.3 数据存储器扩展	107
5.2.2 中断处理	72	7.3 并行 I/O 接口扩展	110
5.3 定时/计数器的结构与控制	73	7.3.1 利用三总线直接扩展 I/O 口	111
5.3.1 定时/计数器的结构	73	7.3.2 利用可编程并行接口芯片 (8255A) 扩展 I/O 口	111
5.3.2 定时/计数器的控制	74	本章小结	116
5.4 定时/计数器的四种工作方式及应用	75	思考与练习	116
5.4.1 定时/计数器的初始化	75	第8章 应用系统接口技术	117
5.4.2 工作方式 0 及应用	76	8.1 键盘接口	117
5.4.3 工作方式 1 及应用	77	8.1.1 键盘的结构及其原理	117
5.4.4 工作方式 2 及应用	78	8.1.2 独立式键盘设计	118
5.4.5 工作方式 3	80	8.1.3 矩阵式键盘设计	119
5.5 中断应用实例	81	8.1.4 BCD 码拨盘接口	124
5.5.1 中断源扩展方法	81	8.1.5 串行键盘接口	125
5.5.2 中断应用实例	83	8.2 显示接口技术	125
本章小结	84	8.2.1 LED 显示器的结构与原理	126
思考与练习	84	8.2.2 LED 显示器接口设计	126
第6章 串行通信	85	8.2.3 LCD 显示技术	129
6.1 串行通信基本知识	85	8.2.4 典型键盘显示器接口芯片 8279 的应用	130
6.1.1 串行通信的基本通信方式	85		
6.1.2 串行通信的数据通路形式	87		

8.3 数/模转换接口	136	9.6.1 函数的分类	162
8.3.1 D/A 转换器件的主要性能指标	136	9.6.2 函数的定义	162
8.3.2 8 位 D/A 转换芯片 DAC0832	136	9.6.3 函数的调用	163
8.3.3 DAC0832 与单片机的接口电路	138	9.7 变量的作用域	165
8.4 模/数转换接口	140	9.7.1 局部变量	165
8.4.1 A/D 转换器的主要性能指标	140	9.7.2 全局变量	165
8.4.2 A/D 转换器件的分类	141	9.7.3 变量的存储方式	166
8.4.3 A/D 转换器的接口设计	141	9.8 指针	168
8.4.4 8 位 A/D 转换芯片 ADC0809	143	9.8.1 指针变量的类型说明	168
本章小结	146	9.8.2 指针变量的引用	168
思考与练习	146	9.8.3 指针运算	169
第 9 章 51 系列单片机 C 语言		9.8.4 数组指针变量的使用	170
程序设计	147	9.9 结构体与联合体	172
9.1 概述	147	9.9.1 结构体	172
9.2 数据类型、运算符及表达式	148	9.9.2 联合体	174
9.2.1 基本数据类型	148	9.10 枚举和位运算	174
9.2.2 基本运算符及表达式	148	9.10.1 枚举类型	174
9.3 C51 的数据类型	151	9.10.2 位运算	175
9.4 C 语言程序设计	153	9.11 自定义符号	176
9.4.1 分支程序	154	9.12 预处理	177
9.4.2 循环语句	156	9.12.1 宏定义	177
9.4.3 循环控制	159	9.12.2 文件的包含	178
9.5 数组	160	9.12.3 条件编译	179
9.5.1 数组元素的表示方法	160	本章小结	179
9.5.2 数组的初始化	160	思考与练习	180
9.5.3 二维数组	161	附录 MCS-51 指令表	181
9.5.4 字符数组	161	参考文献	188
9.6 函数	162		

第 1 章 单片机基础知识

1.1 单片机的基本概念

1.1.1 单片机的概念

1. 单片机的基本概念

单片机是在一块集成电路芯片上集中了控制器、存储器、运算器和输入输出端口的单片微型计算机，它体积小，耗电省，主要用于构成工业控制单元，在过程控制、智能仪表、机电一体化产品和家用电器等领域起着重要的控制作用，所以准确反映单片机本质的叫法应是微控制器(Micro Controller Unit,MCU)。

2. 单片机的特点

一块单片机芯片就是一台计算机。由于单片机这种特殊的结构形式，使其具有很多显著的优点和特点。

(1) 体积小，结构简单 单片机是把所需要的存储器、各种功能的 I/O 口都集中在一块芯片内，包含了计算机最基本的功能部件，不用扩展或者稍加扩展就可以满足很多领域对计算机控制功能的要求，所以单片机系统的体积可以做得比普通微机小的多，结构也简单的多。

(2) 控制功能强 单片机具有较多的 I/O 口，中央处理器(CPU)可以直接对 I/O 口进行 I/O 操作、算术、逻辑操作和位操作，指令简单而丰富。所以单片机是“面向控制”的计算机。

(3) 集成度高、可靠性高 单片机是把各功能部件集成在一块芯片上，内部采用总线结构，减少了各芯片之间的连线，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，在强磁场环境易于采取屏蔽措施，因此适合工作在恶劣环境下。

(4) 低电压、低功耗 单片机广泛应用于便携式产品和家用电器产品，低电压、低功耗的特性尤为重要。目前，单片机的功耗已经从 mA 级降到 μA 级，甚至降到 $1\mu\text{A}$ 以下，电压在 2.1~6.0V 之间均能正常工作。

1.1.2 单片机技术发展历程和趋势

1. 单片机的发展历程

单片机自 1976 年由美国 Intel 公司推出 MCS-48 系列产品以来，从技术到应用都有了相当大的发展。如果以 8 位单片机的推出作为起点，单片机的发展大致可分为四个阶段。

第一阶段(1976~1978)：初级单片机阶段。以 Intel 公司的 MCS-48 系列为代表，该系列的单片机片内集成有 8 位 CPU、并行 I/O 口、8 位定时/计数器，寻址范围不大于 4K，且无串行口。

第二阶段(1978~1982):高性能单片机阶段。在这一阶段推出的单片机普遍带有串行 I/O 口,有多级中断处理系统、16 位定时/计数器。片内 RAM、ROM 容量加大,且寻址范围可达 64K 字节,有的片内还带有 A/D 转换接口。可以说,这是 8 位单片机技术的成熟时期。这类单片机有 Intel 公司的 MCS-51 系列、Motorola 公司的 6801 系列和 Zilog 公司的 Z8 系列等。

第三阶段(1982~1990):8 位单片机巩固发展及 16 位单片机推出阶段。此阶段主要特征是一方面发展 16 位单片机及专用单片机;另一方面同时不断完善高档 8 位单片机,改善其结构,以满足不同的用户需要。代表产品有 Intel 公司的 MCS-96 系列, Motorola 公司的 M68HC16 系列等。

第四阶段(1990 年至今):微控制器的全面发展阶段。各公司的产品在尽量兼容的同时,向高速、强运算能力、寻址范围大以及小型廉价方面发展。具体表现在电气商、半导体商广泛加入;大力发展专用型单片机;致力于提高单片机的综合品质。

与通用微处理器不同,单片机的应用主要面向工业控制。单片机的发展是为了满足被控制对象的要求,构成各种专用控制器与多机控制系统。因此 8 位单片机仍是当前市场的主流,由于单片机在多媒体、汽车、航空航天、高级机器人及军事装备等方面应用的需要,16/32 位的单片机得到发展。在单片机应用过程中,不应刻意追求其位数的多少,而应讲究“好用、够用”,充分发挥其内在资源的功能。

2. 单片机的发展趋势

单片机的发展趋势是向大容量、高性能化、外围电路内装化等方面发展。

1) CPU 的改进:采用双 CPU 结构,以提高处理能力;增加数据总线宽度;开发串行总线结构。

2) 存储器的发展:加大存储容量;片内存储器采用电擦除可改写 ROM(E²PROM)或闪存(Flash)存储器。

3) 片内 I/O 的改进:增加并行口的驱动能力;增加 I/O 口的逻辑控制功能;有些单片机设置了一些特殊的串行接口功能,为构成分布式、网络化系统提供了方便条件。

4) 外围电路内装化:随着集成度的不断提高,有可能把众多的外围功能器件集成在片内,这也是单片机发展的重要趋势。

5) 低功耗化:8 位单片机中有二分之一的产品已 CMOS(Complementary Metal Oxide Semiconductor,即互补金属氧化物半导体)化,采用 CMOS 芯片的单片机具有功耗小的优点。

1.1.3 MCS-51 系列单片机

单片机的种类很多,目前生产单片机的主要厂家有 Intel、Philips、Atmel、Motorola、Zilog 等,其中 Intel 公司的 MCS-51 系列单片机是一种高性能的单片机,具有结构功能优化、易扩展、可靠性高、功耗低等优点,在许多领域都得到了广泛的应用。表 1-1 列出了 MCS-51 系列单片机的功能特性。

按资源的配置数量,MCS-51 系列单片机分为 51 和 52 两个子系列,表中型号的最末位数字为“1”的芯片属于 51 子系列,51 子系列是基本型。最末位数字为“2”的芯片属于 52 子系列,52 子系列是增强型子系列,由于资源数量的增加,使其芯片的功能也有所增强。

表 1-1 中型号带有字母 C 的芯片为 CHMOS(Complementary High Performance Metal Oxide

Semiconductor,即互补高密度金属氧化物半导体)芯片,其余的为 HMOS(High Performance Metal Oxide Semiconductor,即高密度金属氧化物半导体)芯片。CHMOS 芯片是 CMOS 和 HMOS 工艺的结合。CHMOS 工艺比较先进,它具有 HMOS 的高速和 CMOS 的低功耗的特点。

表 1-1 MCS-51 系列单片机的功能特性

型号	片内存储器		I/O 口		工艺	中断源	定时/ 计数器(16 位)	晶振/MHz
	ROM/EPROM/KB	RAM/B	并行	串行				
8051	4/	128	4×8	1	HMOS	5	2	2~12
8751	/4	128	4×8	1	HMOS	5	2	2~12
8031	—	128	4×8	1	HMOS	5	2	2~12
8052	8/	256	4×8	1	HMOS	6	3	2~12
8752	/8	256	4×8	1	HMOS	6	3	2~12
8032	—	256	4×8	1	HMOS	6	3	2~12
80C31	—	128	4×8	1	CHMOS	5	2	2~12
80C51	4/	128	4×8	1	CHMOS	5	2	2~12
87C51	/4	128	4×8	1	CHMOS	5	2	2~12

1.1.4 单片机的应用

(1) 在智能仪表中的应用 用单片机改造原有的测量、控制仪表,可以提高其测量速度和精度,加强控制功能,简化仪器仪表的硬件结构,便于使用、维修和改进。由单片机构成的智能仪表集测量、处理和控制功能于一体,赋予测量仪表以新的面貌。

(2) 在机电一体化中的应用 机电一体化产品是指集机械技术、微电子技术、计算机技术于一体,具有智能化特征的机电产品。单片机作为机电产品中的控制器,由于它具有体积小、重量轻、可靠性高、功能强和安装方便等优点,所以大大优化了机电产品的功能,提高了产品的自动化、智能化程度。

(3) 在实时控制中的应用 单片机广泛应用于各种实时控制系统中,例如工业过程控制、过程监测、航空航天、尖端武器和机器人系统等各种实时控制系统,用单片机实时进行数据处理和控制,使系统保持最佳工作状态,提高系统的工作效率和产品质量。

(4) 在日常生活用电器产品中的应用 具有计价、结算功能的电子秤,超市收款机,条形码识别仪器,全自动洗衣机、电冰箱、空调器、微波炉、音响设备、手机及许多高级电子玩具等均使用了单片机进行控制。

1.2 计算机中的数制与码制

1.2.1 数制

计数体制简称为数制,是人们对数量计数的一种统计规律。使用有限个基本数码来表示

数据，按进位的原则进行计数的方法称为进位计数制，日常生活中最常用的是十进制数，计算机中采用的是二进制数，为了书写和阅读方便，还使用十六进制数。

数制包括“基”和“权”两个概念。基是某种数制所使用的数码的个数，例如十进制数使用的数码有0~9十个计数数字，显然十进制数的基是10。权则表示多位数中每一位所具有的值的大小，例如在333.3这个数中，从左到右每一位的值大小是： 3×10^2 、 3×10^1 、 3×10^0 、 3×10^{-1} ，那么 10^2 、 10^1 、 10^0 、 10^{-1} 称为各位数的权。

1. 十进制数

十进制数(Decimal Number)的特点为：基为10；各位的权是以10为底的幂次，即 10^i ($i=0,1,2,\cdots$)；遵守“逢十进一”的进位规则。

一个任意的十进制数D(n位整数)可以表示为

$$D = D_{n-1} \times 10^{n-1} + D_{n-2} \times 10^{n-2} + \cdots + D_1 \times 10^1 + D_0 \times 10^0 = \sum_{i=0}^{n-1} D_i \times 10^i$$

这个式子称为十进制数的按权展开式。例如，数1234可以展开为

$$1234 = 1 \times 10^3 + 2 \times 10^2 + 3 \times 10^1 + 4 \times 10^0$$

2. 二进制数

二进制数(Binary Number)只有0和1两个计数数字，基是2，遵守“逢二进一”的计数规律，二进制数从小到大的计数顺序为：0,1,10,11,100,...

二进制数的位权是 2^i ，一个任意二进制数B(n位整数)的按权展开式是

$$B = B_{n-1} \times 2^{n-1} + B_{n-2} \times 2^{n-2} + \cdots + B_1 \times 2^1 + B_0 \times 2^0 = \sum_{i=0}^{n-1} B_i \times 2^i$$

例如，数101110B可以展开为

$$101110B = 1 \times 2^5 + 0 \times 2^4 + 1 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 0 \times 2^0 = 46D$$

3. 十六进制数

十六进制数(Hexadecimal Number)有16个计数数字，它们分别是：0~9、A、B、C、D、E和F。这里的A~F对应着十进制中的10~15。表1-2列出了与十进制数0~15相对应的二进制数和十六进制数。

表 1-2 十进制、二进制和十六进制对应表

十 进 制	二 进 制	十 六 进 制	十 进 制	二 进 制	十 六 进 制
0	0000	0	8	1000	8
1	0001	1	9	1001	9
2	0010	2	10	1010	A
3	0011	3	11	1011	B
4	0100	4	12	1100	C
5	0101	5	13	1101	D
6	0110	6	14	1110	E
7	0111	7	15	1111	F

十六进制数如果是字母打头，则需在前面加一个0，如0C4H。十六进制数每一位的权

值是 $16^i (i=0、1、2、\cdots)$ ，如 0C4H 按权展开式是： $0C4H = 0 \times 16^2 + 12 \times 16^1 + 4 \times 16^0 = 196D$

通常在一个数的后面加上一个英文字母来表明它的数制形式，二进制数后跟 B，十进制数后跟 D，十六进制数后跟 H。十进制数的标志经常省略。

4. 无符号数和有符号数

根据计算机中的二进制数是否有符号位，可以分为无符号数和有符号数。无符号数比较简单，它的每一位均有相应的权值，8 位无符号二进制数的范围是 0~255。

当计算机处理的数据有负数时，就必须使用有符号数。有符号数是将最高位作为符号位，符号位是 0 表示正数，没有权值的，并规定正数的最高位是 0，负数的最高位是 1。例如，8 位有符号数 10001100B 的大小是 -12。

在计算机中，对有符号数而言，有原码、反码、补码之分，计算机内一般使用补码。负数的原码最高位即符号位，为 1，其余位为数值本身。负数的反码是原码求反（符号位不变）。负数的补码等于原码求反再加 1（符号位不变）。例如，-12 的原码是 10001100B，反码是 11110011B，补码是 11110100B。正数的原码、反码以及补码都是一样的。8 位二进制数的原码、反码以及补码的对应关系，如表 1-3 所示。

表 1-3 原码、反码、补码对照表

二进制数	十六进制数	十 进 制			二进制数	十六进制数	十 进 制		
		原码	反码	补码			原码	反码	补码
00000000B	00H	+0	+0	+0	10000001B	81H	-1	-126	-127
00000001B	01H	+1	+1	+1	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	11111110B	FEH	-126	-1	-2
01111111B	7FH	+127	+127	+127	11111111B	FFH	-127	-0	-1
10000000B	80H	-0	-127	-128					

1.2.2 数制的转换

1. 二进制、十六进制转换成十进制

根据各进制的定义表示方式，按权展开相加，即可转换为十进制数。

【例 1-1】 将 10101B，49H 转换为十进制数。

解： $10101B = 1 \times 2^4 + 0 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 = 21D$

$49H = 4 \times 16^1 + 9 \times 16^0 = 73D$

2. 十进制转换成二进制、十六进制

(1) 整数部分的转换 把十进制的整数不断除以所需要的基数(2 或 16)，直至商为零，取其余数，就能转换成二进制或十六进制数，称为除基取余法。

(2) 小数部分的转换 要将一个十进制小数转换成二进制或十六进制小数时，可不断将十进制小数部分乘以 2 或 16，并取整，直至小数部分为零为止。称为乘基取整法。

【例 1-2】 把 25.625D 转化为二进制数。

解：过程如下：

整数部分			小数部分		
2	2	5	0.625		
2	1	2	×	2	
2		6		1.250	1
2		3	×	2	
2		1		0.5	0
		0	×	2	
		1		1.0	1
		1			
		0			

所以, $25.625D = 11001.101B$ 。

3. 二进制与十六进制的相互转换

(1) 二进制数转换为十六进制数 转换的基本准则是 4 位二进制数对应着 1 位十六进制数。以小数点为界, 朝左右划分, 整数部分不足 4 位高位加 0, 小数部分不足 4 位低位加 0。然后将每一组用对应的十六进制数代替即可。

【例 1-3】 将二进制数 $101011000101011.011B$ 转换成十六进制数。

解: 按每 4 位进行分组

$$\begin{array}{ccccccc} 0101 & 0110 & 0010 & 1011 & . & 011 & 0 \\ 5 & 6 & 2 & B & & 6 & \end{array}$$

结果为 $101011000101011B = 562B.6H$

(2) 十六进制数转换为二进制数 将十六进制数转换为对应的二进制数时, 只要把十六进制的每一位用相应的 4 位二进制数代替即可。

【例 1-4】 将 $(79BD.6C)H$ 转换为二进制数。

解:

$$\begin{array}{ccccccc} 7 & 9 & B & D & . & 6 & C \\ 0111 & 1001 & 1011 & 1101 & . & 0110 & 1100 \\ \text{即 } (79BD.6C)H = & (111100110111101.011011)B \end{array}$$

1.2.3 常用码制

在计算机中要用二进制代码来表示各种信息(如数字、字母和标点符号等), 我们把将这些信息转换成二进制代码的过程叫做编码。编码有多种不同的方案, 即有多种码制, 下面介绍常用的 8421BCD 码和 ASCII 码。

1. 8421BCD 码

计算机只能识别二进制数, 但是人们却习惯用十进制数, 为便于人机联系, 通常采用具有二进制形式的代码来表示十进制数。这种编码方法就是将十进制数的每一位用四位二进制代码表示, 通常称为二-十进制编码, 简称 BCD(Binary Coded Decimal)码。

BCD 码有多种编码方案, 最常用的是 8421BCD 码。表 1-4 列出了 8421BCD 码与十进制数 0~9 之间的对应关系。BCD 码是比较直观的, 只要熟悉了它的 10 个编码, 可以很方便地实现十进制数与 BCD 码之间的转换。例如

$$27 = (0010\ 0111)_{8421} \quad (0101\ 1001\ 0111\ 0110)_{8421} = 5976$$

表 1-4 8421BCD 编码表

十 进 制 数	8421BCD 码	十 进 制 数	8421BCD 码
0	0000	5	0101
1	0001	6	0110
2	0010	7	0111
3	0011	8	1000
4	0100	9	1001

2. ASCII 码

ASCII(American Standard Code for Information Interchange)码，即美国标准信息交换码的简称，是计算机中应用最广泛的一种字符编码，用来识别数字、字母、通用符号和控制符等字符信息。

ASCII 码用 7 位二进制编码，能表示 128 个字符，ASCII 码字符表见表 1-5。ASCII 码的每个字符用 7 位二进制数表示，其排列次序为 $d_6d_5d_4d_3d_2d_1d_0$ ， d_6 为高位， d_0 为低位。一个字符在计算机内实际是用 8 位表示，正常情况下，最高一位 d_7 为“0”。表中有数字 10 个、大小写英文字母 52 个、其他字符 32 个和控制字符 34 个。

表 1-5 ASCII 码字符表

$d_3d_2d_1d_0$ 位	$0d_6d_5d_4$ 位							
	000	001	010	011	100	101	110	111
0000	NUL	DEL	SP	0	@	P	`	p
0001	SOH	DC1	!	1	A	Q	a	q
0010	STX	DC2	"	2	B	R	b	r
0011	ETX	DC3	#	3	C	S	c	s
0100	EOT	DC4	\$	4	D	T	d	t
0101	ENQ	NAK	%	5	E	U	e	u
0110	ACK	SYN	&	6	F	V	f	v
0111	BEL	ETB	'	7	G	W	g	w
1000	BS	CAN	(	8	H	X	h	x
1001	HT	EM	)	9	I	Y	i	y
1010	LF	SUB	*	:	J	Z	j	z
1011	VT	ESC	+	;	K	[	k	{
1100	FF	FS	,	<	L	\	l	
1101	CR	GS	-	=	M	]	m	}
1110	SO	RS	.	>	N	↑	n	~
1111	SI	HS	/	?	O	←	o	DEL

在 ASCII 编码中，数字 0~9 的 ASCII 码为 30H~39H；大写英文字母 A~Z 的 ASCII 码为 41H~5AH；小写英文字母 a~z 的 ASCII 码为 61H~7AH。对于 ASCII 码表中的 0、A、a

的 ASCII 码 30H、41H、61H 应尽量记住，其余的数字和字母的 ASCII 码可按数字和字母的顺序以十六进制的规律写出。

本章小结

1. 单片机就是把中央处理器、随机存储器、只读存储器、中断系统、定时/计数器以及 I/O 口电路等微机的主要部件，集成在一块芯片上的微型计算机。从组成和功能上看，单片机具有了计算机系统的属性。尽管目前单片机的品种很多，但是在我国使用最多的是 MCS-51 系列单片机。

2. 在计算机中，对有符号数而言，一个正数的原码、反码以及补码都是一样的。负数的原码最高位即符号位，为 1，其余位为数值本身。负数的反码等于其原码求反（符号位不变）。负数的补码等于其原码求反再加 1（符号位不变）。

3. 采用“按权展开相加”的方法，可将各进制数转换为十进制数。采用“除基取余法”可将十进制整数转换成二进制或十六进制数；采用“乘基取整法”可将十进制小数转换成二进制或十六进制数。二进制数转换为十六进制数，以小数点为界，朝左右划分，整数部分不足 4 位高位加 0，小数部分不足 4 位低位加 0。然后将每一组用对应的十六进制数代替即可。十六进制数转换为二进制数，只要把十六进制的每一位用相应的 4 位二进制数代替即可。

4. 使用计算机时，正确掌握和灵活运用各种数制之间存在的一定关系是十分必要的。计算机中最常用的编码方案是 8421BCD 码和 ASCII 码。

思考与练习

1. 什么是单片机？它有哪些主要特点？主要应用于哪些方面？

2. 计算下列十进制数对应的二进制、十六进制数。

78D, 90D, 366D, 2579D

3. 计算下列十六进制数对应的十进制、二进制数。

68H, 0F5H, 36AH, 1A7H

第2章 MCS-51 单片机的硬件结构

本章重点介绍单片机的一般结构组成，并以经典单片机 80C51 为例介绍其基本结构组成。单片机是微型机的一个分支，在原理和结构上与微型机没有根本性的差别，因此可用学习微型机的思路来学习。

2.1 MCS-51 单片机的结构和信号引脚

2.1.1 MCS-51 单片机内部结构框图

如图 2-1 所示，MCS-51 单片机把微型计算机的基本部件，包括中央处理器(CPU)、数据存储器(RAM)、程序存储器(ROM)、并行 I/O 接口、串行 I/O 接口、定时/计数器以及中断系统等集成在一块芯片上，并通过单一的内部总线连接起来。

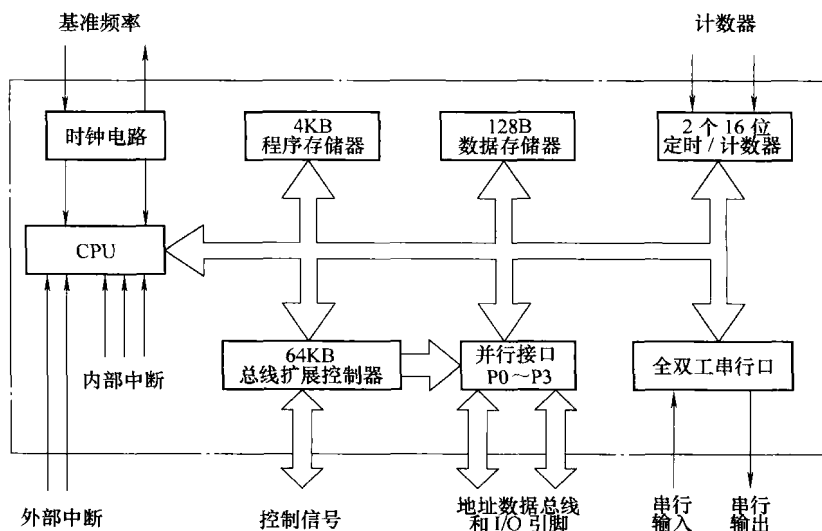


图 2-1 MCS-51 单片机内部结构框图

MCS-51 单片机的典型芯片是 8051，它主要包含以下功能部件：

- 1) 1 个 8 位的 CPU。
- 2) 128B 的内部数据存储器(RAM)。
- 3) 4KB 的内部程序存储器(ROM)。
- 4) 4 个 8 位的并行口 P0、P1、P2 和 P3。
- 5) 1 个全双工串行口。
- 6) 2 个 16 位的定时/计数器。
- 7) 5 个中断源。

2.1.2 MCS-51 单片机芯片内部逻辑结构

MCS-51 单片机芯片内部逻辑结构如图 2-2 所示。

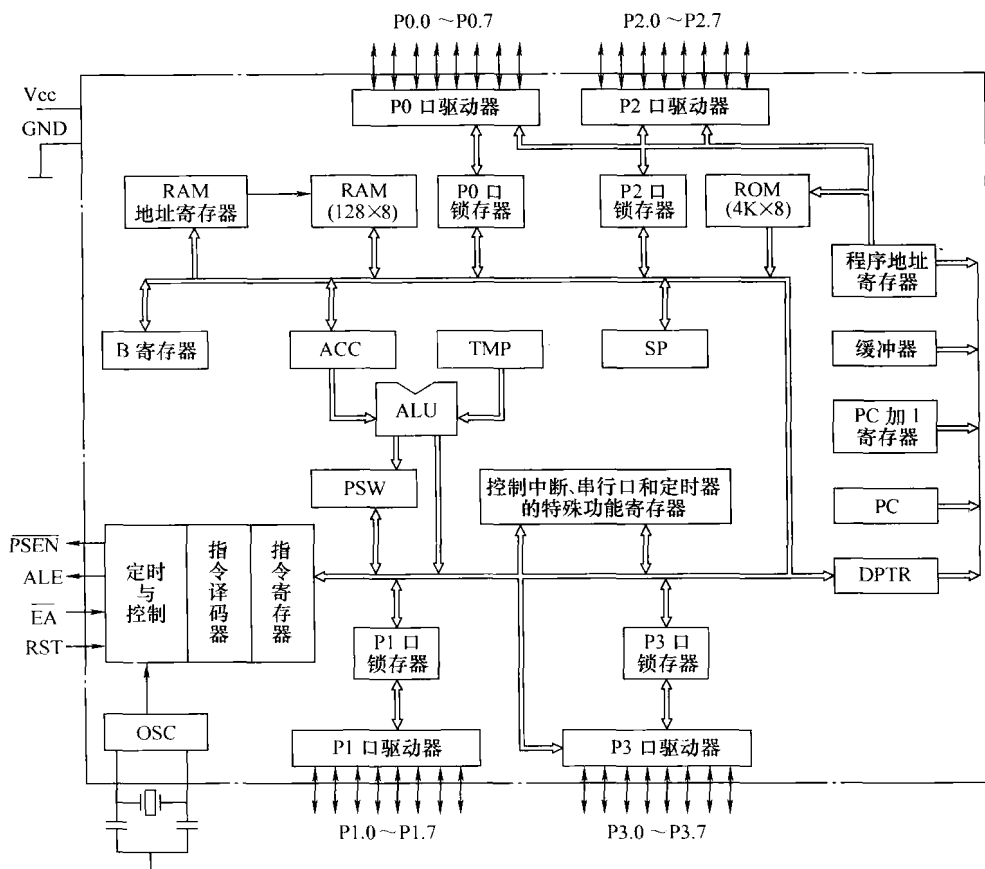


图 2-2 MCS-51 单片机芯片内部逻辑结构图

1. MCS-51 单片机的中央处理器

中央处理器 (CPU) 是单片机的核心部分，是指挥中心和执行机构。它的作用是读入和分析每条指令，根据指令的要求，完成运算和控制操作。CPU 包括运算器和控制器两部分。

(1) 运算器 运算器以算术逻辑单元 (ALU) 为核心，含有累加器 A、暂存器、程序状态字 PSW、B 寄存器等许多功能部件，可进行算术运算和逻辑运算，还有很强的位处理能力。

(2) 控制器 控制器是 CPU 的控制中心，主要任务是识别指令，并根据指令的性质控制单片机的各个功能部件，从而使单片机各个部分协调工作。控制器包括指令寄存器 IR、指令译码器、定时控制逻辑、数据指针 (DPTR)、程序计数器 (PC)、PC 加 1 寄存器、堆栈指针 (SP) 以及地址寄存器、地址缓冲器等。

程序计数器 (PC) 是一个物理上独立的 16 位计数器，可寻址 64KB 的程序存储空间，它总是指向 CPU 即将执行指令所在的存储单元地址。当 CPU 取走一个字节的指令代码时，它便自动加 1，指向下一个代码的地址。这就是执行一条指令的全过程，执行程序就是不断重