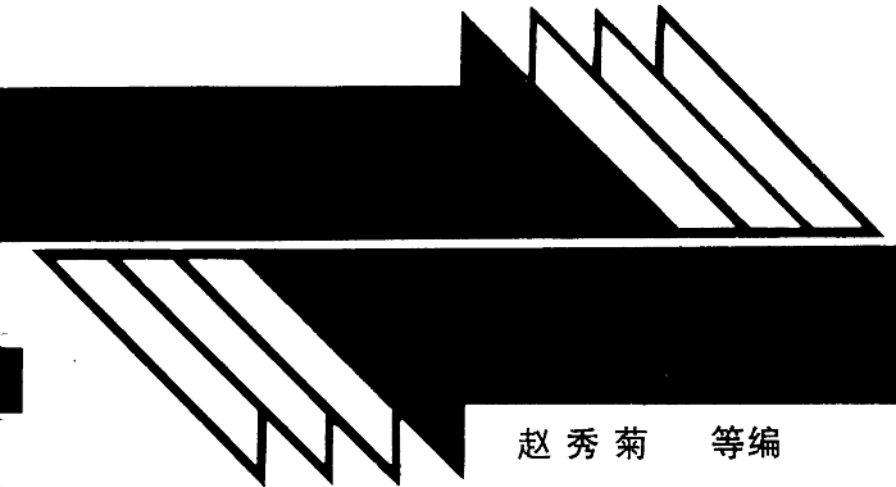


单片机与 测控技术



赵秀菊 等编

东南大学出版社

前 言

单片微机是超大规模集成电路技术的产物。美国 INTEL 公司 70 年代末推出第一片单片微机,在一片单晶硅片上集成了 CPU、ROM、RAM、I/O 口、晶振等,其集成度高、功耗小、价格低等优点使之倍受科技界的青睐。从此世界各大客商,如荷兰的飞利浦、美国 MOTOROLA、ZILLOG、日本的 NEC 等公司也相继推出各自的单片微机,从 4 位机到 8 位机、16 位机、32 位机等,功能愈来愈强,有的把一些外围芯片 A/D、D/A 转换、显示、键盘、驱动等也集成在一片硅片上,且功耗不断降低。这样芯片体积就大大缩小,单片机不仅自身发展快,同时应用也愈来愈广;不仅应用于工业自动控制、自动测量中,还深入到家庭生活中,如彩电、冰箱、自动洗衣机、儿童玩具等,可以说单片机已渗透到各个领域。

我国对单片微机的开发及应用也给予了高度重视,在广大科技工作者的努力下,成果不断涌现。

本书将对 MCS-51 系列 8 位机进行较系统的论述,并在此基础上讲述 MCS-96 系列 16 位机和近年最新推出的 MCS-196MC 系列 16 位机,介绍它们的特殊指令、特殊功能,如高速输入输出、EPT 和“窗口”工艺等。

单片机的发展推动了自动测量与控制技术的进一步发展,例如对温度、压力、流量的检测和控制、对交流电机的调速与控制、对步进电机步数的控制等。因此,本书还介绍了近几年来发展起来的,诸如数字 PID、模糊控制、变频调速、数控技术等新技术的原理和实现方法。

本书共分两篇 12 章,其中第 1、2、3、4、5、7、8、11 章由赵秀菊

2/5/12/65

编写,第6、10章由屈冀平编写、第9章由胡晓峰编写、第12章由刘江彬编写。

由于作者的水平有限,时间仓促,难免有错误或不当之处,敬请读者批评指教。

第一篇 单片机原理

1 微型计算机的基础知识	(2)
1.1 微型计算机的诞生及其发展	(2)
1.2 MCS-51 系统的结构	(3)
1.3 8051 系列芯片外部引脚说明	(11)
1.4 指令、程序、流程图	(13)
1.5 微型计算机的数制	(16)
2 MCS-51 指令系统分析	(22)
2.1 寻址方式	(23)
2.2 指令分析	(28)
3 定时器/计数器及中断系统	(63)
3.1 定时器/计数器特殊功能寄存器	(63)
3.2 定时器/计数器的工作方式	(65)
3.3 中断系统	(68)
3.4 中断请求源及控制寄存器	(69)
3.5 中断响应过程	(72)
3.6 外部中断方式选择	(73)
3.7 程序举例	(74)
4 串行口及多机通信	(78)
4.1 串行口工作原理	(78)
4.2 串行口工作寄存器	(79)
4.3 串行口工作方式	(81)
4.4 波特率制订方法	(83)
4.5 多级通信	(84)
5 外部扩展电路的设计	(95)
5.1 程序存储器扩展电路设计	(95)

5.2	输入输出扩展电路设计	(102)
6	A/D、D/A 接口技术及应用举例设计	(107)
6.1	D/A 转换器与 MCS-51 单片机的接口设计	(107)
6.2	A/D 转换器与 MCS-51 接口设计	(119)
6.3	应用举例	(133)
7	MCS-96 单片机	(143)
7.1	总体结构及特点	(143)
7.2	MCS-96 输入/输出(I/O)口	(153)
7.3	存储器和存储器控制器	(166)
7.4	中断机构	(172)
7.5	指令系统	(175)
8	8XC196MC 单片机	(191)
8.1	8XC196MC 基本结构	(191)
8.2	8XC196MC 指令	(193)
8.3	事件处理阵列(EPA)	(194)
8.4	波形发生器(WAVEFORM GENERATOR)	(206)
8.5	外设处理服务功能(PTS)	(216)
8.6	软件开窗口(WINDOWING)	(244)

第二篇 测控技术

9	单片机 PID 调节器	(252)
9.1	模拟 PID 调节器	(252)
9.2	数字 PID 控制算法和程序设计	(254)
9.3	自整定 PID 调节器	(267)
10	模糊控制	(277)
10.1	模糊数学的基本概念及常用术语	(277)
10.2	模糊控制的基本原理	(281)

10.3	模糊控制器的设计·····	(284)
10.4	单片机模糊控制的工程实现·····	(287)
10.5	微机模糊控制系统设计实例·····	(290)
11	单片微机数控车床·····	(296)
11.1	工作原理·····	(296)
11.2	斜线、圆弧、抛物线切削程序算法·····	(311)
12	单片微机变频调速·····	(325)
12.1	变频调速原理·····	(325)
12.2	脉宽调制 PWM 技术·····	(343)
12.3	PWM 单片微机波形控制器·····	(355)
附录 A	MCS—96 指令系统·····	(365)
附录 B	MCS—51 指令速查表·····	(411)

第 一 篇

单 片 机 原 理

1 微型计算机的基础知识

1.1 微型计算机的诞生及其发展

微型计算机的诞生是大规模集成电路技术发展的结果。计算机的出现,促进了新技术的革命,把人类推进了信息社会。

1946 年美国研制出世界上第一台计算机,当时的计算机用了 18000 个电子管,其重量为 30 吨,占地面积 1350 平方米,显然这是一个庞然大物。

1947 出现了晶体管。晶体管比起电子管具有功率损耗小、可靠性高、寿命长等优点,从此半导体技术得到了惊人的发展。

1956 年出现了以晶体管为基础元件的计算机,使得计算机体积大大缩小,重量大大减轻。

1958 年世界上出现第一片集成电路(IC),集成电路是在边长为数平方毫米的面积上,用半导体工艺制作由晶体管、电阻和电容组成的电子电路组件。随着工艺的发展,集成度越来越高。超大规模电路的出现,集成了 10 万个以上的晶体管,这导致了微型计算机的诞生。微型计算机发展也相当迅猛,从 1971 年出现第一台 4 位计算机到 80 年代后期相继研制出 8 位机、16 位机、32 位机,其功能都相当强。80 年代初又研制出单片微型机,它在一个芯片上集成了 CPU、RAM、I/O 口、晶振等电路,它的功耗小、集成度高、价格低廉,更受到社会各界的青睐。它的应用已深入到各个领域,不仅应用于工业自动控制、自动测量等,还深入到家庭生活中,如自动洗衣机、电视、玩具等,它的应用范围非常之广,可用图 1.1 表

示。

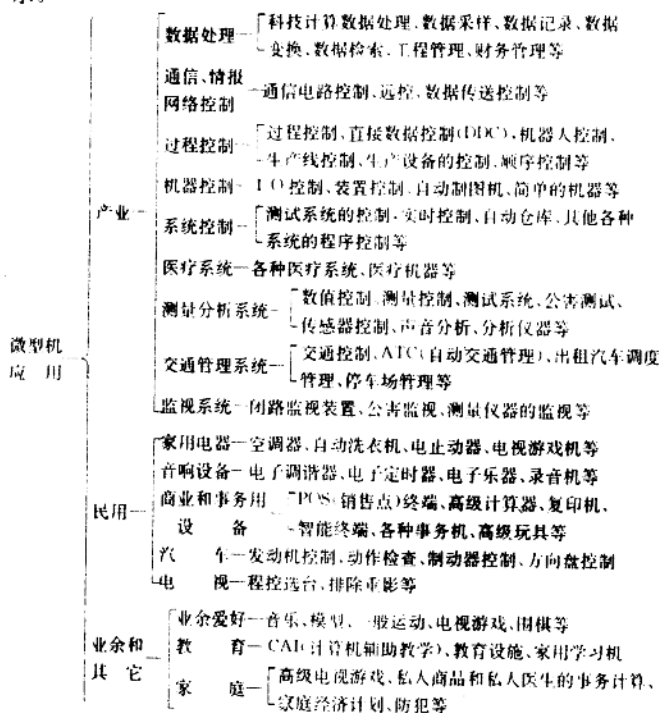


图 1.1 微型计算机的应用领域

1.2 MCS-51 系统的结构

微型计算机大体由三部分构成：微处理器、存储器、I/O口，如图 1.2 虚框内所示。虚框外的两部分，电源和外设与他们配合使用。下面分别介绍三部分的组成与功能

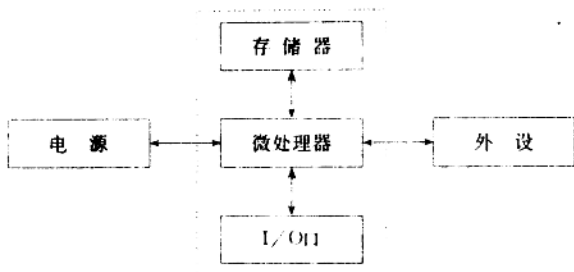


图 1.2 微型计算机系统框图

1.2.1 微处理器(CPU)

它的英文全名为 Central Processing Unit, 意思是中央处理装置。它是微型计算机的核心部分, 起着类似人脑的作用, 有控制整个系统的作用。它由两大部分组成: 运算器和控制器。

(1) 运算器: 它是实现数据的算术、逻辑运算和位操作——布尔处理的功能部件, 如图 1.3 所示。

运算器包括 ALU、累加器 ACC、寄存器 B、暂存寄存器、程序状态字寄存器(标志寄存器)及位处理机等。

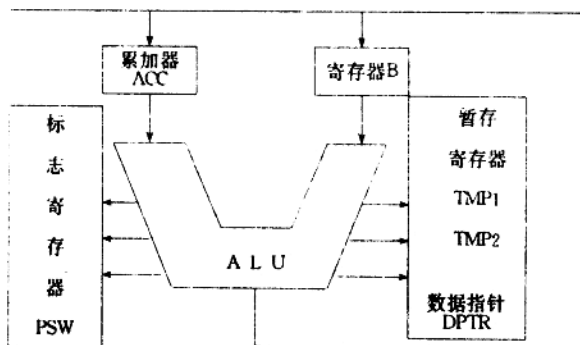


图 1.3 运算器原理结构图

① ALU(Arithmetic Logic Unit), 通常称算逻单元, 是计算机的核心, 是对传送到微处理器的数据进行算术运算或逻辑运算的电路, 可做加、减、乘、除。它的核心为加法器、移位器、逻辑门电路(与或非门电路)、十进制调整电路等。它有独特的功能——位处理功能, 即按位求反、清零等。

② 累加器 ACC(Accumulator)。它是一个特殊功能寄存器, 是 8 位寄存器。它是 CPU 中工作最频繁的寄存器。因为在进行算术、逻辑操作中, 运算器的输入多为 A 的输出, 而运算的结果都又要送回到 A 累加器中, 许多操作指令都是针对 A 累加器的, 有些输入指令都通过 A 作为转口。

③ 寄存器 B(Register)。它也是一个 8 位的寄存器, 暂放运算的数, 一般在作乘法和除法时才用。

④ 标志寄存器 PSW(Flag)。它是 8 位的寄存器, 有时也称为状态寄存器, 它是用来存放运算结果的状态或特征, 它的每位含义如图 1.4 所示。其中

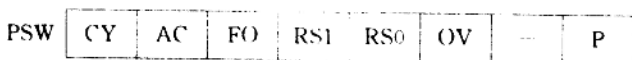


图 1.4 标志寄存器的标志位

CY: 高位进位标志位。在作加法或减法运算时的高位进位标志位, 即反映第 7 位向高位进位或借位否(加法是进位, 减法为借位)。

若 $CY=1$, 则表示有进位或有借位。

$CY=0$, 则表示无进位或无借位。

另外在逻辑操作中起着位累加器的作用。

AC: 辅助进位标志位。在作加法或减法运算时, 低 4 位向高 4 位有进位或有借位的标志位。

若 $AC=1$, 则表示有进位或有借位。

AC=0,则表示无进位或无借位。

一般都用作BCD码操作。

FO:用户标志位。是用户定义的一个标志位,可通过编程对它置“1”或清“零”。可通过程序检测或查讯。

RS1,RS0:工作寄存器组选择标志位,单片微机有4组工作寄存器R0~R7,在编程时用哪一组通过改变这两位的状态而定。

OV:溢出标志位。在作带符号数加减法时,看是否有溢出。

若OV=1,则表示在两个数相加或相减时,其结果中第6位向第7位有进位(或借位),而第7位不产生进位(或借位);或者第6位向第7位无进位(或借位),而第7位产生进位(或借位)。

OV=0,正好相反。

— 无意义。

P:奇偶校验标志位。表示A累加器中1的个数。

P=1 则表示A中1的个数为奇数。

P=0 则表示A中1的个数为偶数。

用下式求出:

$$P = A_0 \oplus A_1 \oplus A_2 \oplus A_3 \oplus A_4 \oplus A_5 \oplus A_6 \oplus A_7$$

⑤ 暂存寄存器。它包括定时器/计数器的控制寄存器、时间常数寄存器、中断方式控制寄存器、数据指针DPTR等。

(2) 控制器:它包括三部分:

① 定时控制器。它是产生CPU操作时序的,它有内部振荡器和外部振荡器两种,8031芯片是外部晶振电路,晶振频率一般为6MHz,有时也用12MHz。

② 指令寄存器译码器。CPU从程序存储器取出的指令存放在指令寄存器中进行译码后去控制指令的执行。

③ 数据指针DPTR。它是8031芯片微机访问外部存储器和外扩I/O的口的地址指针。

1.2.2 存储器(Memory)

存放数的单元或空间称为存储器单元。这些单元的整体称为存储器,用它来存放计算机的程序和数据。由于有了它,计算可以脱离人的直接干预而自动工作,因此它有记忆作用,存储器由寄存器组成,可以把它看成一个寄存器堆,可用图 1.5 表示

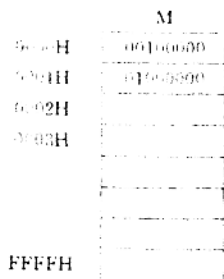


图 1.5 存储器示意

其中图的外左侧的数字为存储单元的编号,H 表示十六进制,图内的每一个方格表示一个存储单元。每个单元存放二进制的代码,若二进制代码为 8 位,则称一个字节(Byte)。

存储单元很重要的指标是容量,它的单元数就决定它的容量。一般都以“K”为单位,有 2K、4K、8K…等。

计算机工作时,CPU 将数据存入存储器的过程为“写”操作,通常用 WR 表示;CPU 从存储器中取数码的过程称为“读”操作,用 RD 表示。“写”入存储器的代码,取代了原有的代码,且保持到下次再“写”入之前不会丢失,在进行“读”操作时,原有的内容也保持不变。

为了便于“读”“写”方便,要对存储器按顺序编号,这编号就是存储单元的地址,如图中存储单元外的代码,0000H、0001H、0002H、0003H、…FFFFH 等。

地址用二进制数表示,二进制的位数 n 与存储器的容量 Q 的关系为

$$Q = 2^n$$

存储器根据它的使用不同可分两大类:

(1) 程序存储器:ROM(Read Only Memory)它是存放程序的存储器,一旦程序存放进去之后,就不可改变,不能再“写”入新的程序,只能“读”出程序,因此也称为只读存储器。

只读存储器可分三类:

① 掩模 ROM。在半导体生产时,厂家已经将程序存放进去,不能修改。

② 可擦除可编程存储器 EPROM。这种芯片,将程序“写”入后,如果需要修改程序,可用专用的紫外线擦除器将程序擦除掉,还可重新“写”入新的程序。

③ 电可擦除可编程存储器 EEPROM。这种芯片,将程序“写”入后,如果需要修改程序,不必用紫外线擦除器,用电擦除即可,使用极为方便,是近几年发展起来的,用的愈来愈多。

(2) 随机存储器 RAM(Random Access Memory)。这种存储器又称读/写存储器,它与 ROM 的不同,在于不但能“读”出其数据,而且可以随时“写”入或者修改新的数据,有时也称数据存储器,也可做为缓冲器用。8031 芯片内部有 128 个 RAM 单元,它的地址分配如图 1.6 所示。



图 1.6 存储单元区域分配图

单片机很重要的特点是工作寄存器以 RAM 的形式出现, 工作寄存器有 R0~R7 的四组, 分别放在 RAM 的 00H~1FH 单元中, 它们的选择, 只要改变 PSW 中的 RS1、RS0 即可, 如表 1.1 所示。

表 1.1 寄存器区域位

RS1	RS0	R0~R7
0	0	0 区
0	1	1 区
1	0	2 区
1	1	3 区

RAM 中 20H~2FH 为位地址区, CPU 能对这选些地址直接操作。

RAM 中 30H~7FH 为用户使用区, 为用户提供的区域, 可以是数据缓冲区、堆栈区和工作单元等。

1.2.3 输入输出口(I/O 口)

微型计算机需要与外部设备之间的数据传送, 实现这些功能的电路, 称为输入输出口。芯片内部有四个 8 位并行口: P0、P1、P2、P3 和一个串行口。

其中 P0、P2 口两个 8 位并行口, 仅用来作为扩展口使用。相当于总线口, 一般不作为输入输出口使用(对 8031 而言)。如图 1.7 所示。

P1 口是 8 位并行口, 准双向口。它可以直接与外部设备相联接, 通过编程实现 CPU 与外部设备的信息交换。它的每一位也可以单独操作。注意: 当由输出方式改为输入方式时, 必须由软件置 1。

P3 口是 8 位并行口, 准双向口。它有两种功能, 可以按位操

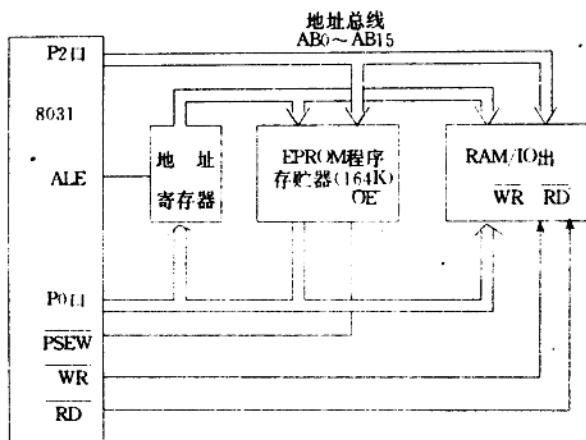


图 1.7 P0、P2口外扩原理框图

作,第一功能只作为输入输出使用与P1口相同,第二功能是特殊的功能,每位的定义都有所不同,具体定义如下:

- P3.0 RXD 串行输入口。
- P3.1 TXD 串行输出口。
- P3.2 外部中断0 请求输入线。
- P3.3 外部中断1 请求输入线。
- P3.4 定时器/计数器 T0 外部计数脉冲输入线。
- P3.5 定时器/计数器 T1 外部计数脉冲输入线。
- P3.6 WR 外部数据存储器“写”入脉冲输出线。
- P3.7 RD 外部数据存储器“读”入脉冲输出线。

这两种功能在转换时必须置1。以上这些概念和应用,将在后几章中介绍。在此不再解释。

1.2.4 总线

在CPU、存储器、I/O口这三大部分之间,需要传递信息(数据和地址),这必须有“通道”,这种传递通道称为总线。总线可分为

数据总线、地址总线和控制总线。如图 1.8 所示。

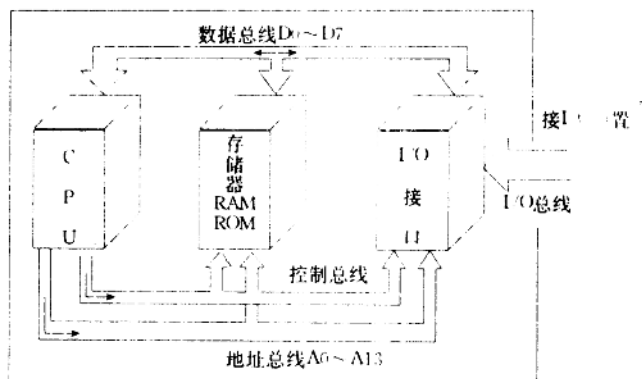


图 1.8 微型计算机总线示意图

(1) 数据总线 DB(Data Bus)。它是 8 根双向的总线，标号为 D0~D7，它是负责 CPU 与存储器、I/O 口之间的数据传送。

(2) 地址总线 AB(Address Bus)。它负责 CPU 与存储器、I/O 口之间的地址传送，标号为 A，地址线有 11 位、13 位、16 位等，MCS-51 为 13 位地址线，可写为 A0~A13。

(3) 控制总线 CB(Control Bus)。它负责 CPU 与存储器、I/O 口之间的联络。例如 RD、WR 线等。

在单片机中，数据总线与地址总线（低 8 位）是一组线，但分时控制，即某时刻作为数据线，另外时刻作为地址线，由 P0、P2 口完成。

1.3 8051 系列芯片外部引脚说明

MCS-51 系列芯片 8031 有 40 个引脚，用 HMOS 工艺制成，