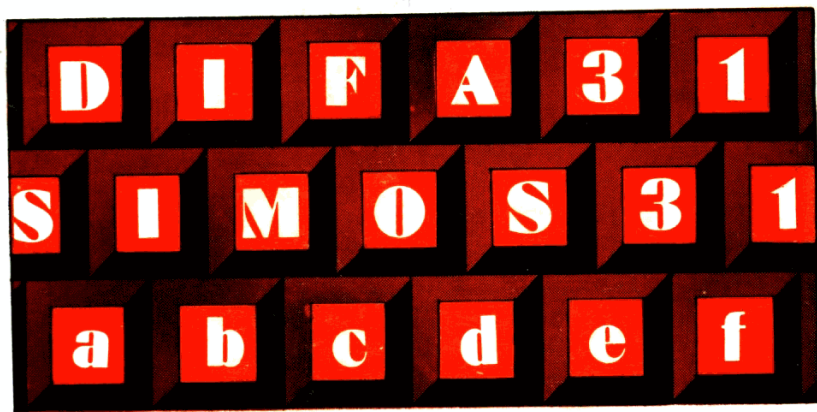


主机遥控和集中监视的 微型计算机系统



上海远洋运输公司船技处

第五节 存储器 Memory

存储器是由若干个寄存器组成，每个寄存器存放一个二进制字（在微型计算机中，通常是8位称做一个字节）存储器用来存放程序和数据。有多种介质可以用来制作存储器，如半导体、磁芯、磁盘、磁带等等。微型计算机的内存储器（简称内存）主要使用半导体存储器。本节内容仅限于这种半导体存储器。

存储器可以分为下列两大类：

1、只读存储器—ROM 它用来存放程序、表和常数。它的内容只有被微处理器读出，而不能被微处理改变，也不会因断开电源而丢失。ROM通常又分为下列三种：

1) ROM 它的内容由芯片制造厂使用掩模编程而被永久性地固定下来。由于其工作可靠，在大量生产时价格低廉，在产品已被定型而大量生产时，常常使用ROM。

2) PROM (可编程序只读存储器) A8508860 用户利用PROM写入器(或称编程器)而被固定下来，一旦被编定，就不能再被改变，只允许对未曾编程的位进行编程。在小批量生产时，常使用PROM。

3) EPROM (可擦除的可编程序只读存储器) 它的内容被用户编定后，可以用紫外线擦掉而再次被编程。虽然EPROM的可靠性不如前两者，但是由于它的灵活性，常被使用于产品的研制阶段。

近年来，又出现一些其他类型的ROM，如EAROM, EEPROM，此处不作介绍。

2、读写存储器—RAM 它的内容可以由微处理器写入和读出。RAM可分为两种：

1) 静态RAM 每位信息存放在一个触发器中, 只要电源有电, 其信息能一直被保持。

2) 动态RAM 它利用门—基片电容上的电荷来存放信息。这种电荷将在几毫秒内耗散, 因而每隔两毫秒需对动态RAM的内容刷新一次。

动态RAM的优点是器件密度高, 价格低, 待机功耗低。它的缺点是必须有刷新电路, 每个动态RAM芯片的字长仅为一位, 因而8位微型计算机(即使内存容量很小)要求最少使用八个芯片。

一、只读存储器 ROM

只读存储器的原理图如图3-17(a)所示。每一行可以看作一个存储单元。用来存放一个二进制字。图中共有四行。即这一存储器有四个单元, 可以存放四个二进制字。图中共有四列。表示每个字字长为4位。

如果图中的地址线 $A_1=0$ 、 $A_0=1$ 、 $E=1$, 则第二条线 R_1 为高电平, 从而通过二极管而使 D_0 为高电平, D_1 、 D_2 、 D_3 相应的列中没有插入二极管, 故为低电平, 即

$$D = D_3 D_2 D_1 D_0 = 0001$$

其他线 R_0 , R_2 , R_3 都为低电平, 故对输出 D 没有影响。同理, A_1 , A_0 呈不同值时选中不同的水平线呈高电平, 从而使数据线上呈现不同单元的内容。有二极管的位, 相应于逻辑1; 反之, 没有二极管的位, 相应于逻辑0。

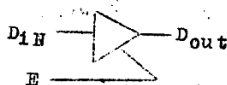


图3-14 三态开关

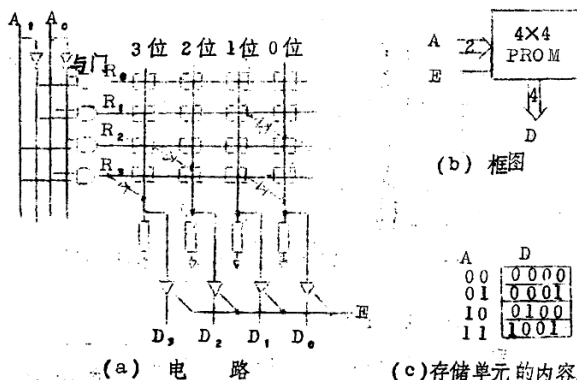


图 3-17 只读存储器的原理图

如果图中矩阵中二级管的有无可由用户来决定，而且可以再次被改变，则可以认为这是一种 EPROM 的模型。

图 3-17 (b) 示出它的方框图。数据输出线 D 的位数表示字长，通常是 8 位；地址输入线 A 的位数 N 决定存储字数，字数 = 2^N 。

图 3-17 (c) 用表格来表示 ROM。在该图中，ROM 的内容 $R = (A_1A_0)$ 的平方。可见，这样的 ROM 可以用作平方的表格。推广之，ROM 还可以存放各种函数（包括逻辑运算函数）以及其他的常数等。

图 3-18 示出了目前常用的 2716 型 EPROM ($2K \times 8$) 的引脚图。在 28 根引脚中，有 11 根地址线 $A_0 \sim A_{10}$ ，8 根数据输出线 $D_0 \sim D_7$ ，以及电源 V_{cc} 和地线。这些引脚易于理解，不再进一步解释。现介绍其余三根引脚的作用，如表 3-9 所示。当 $V_{pp} = +5V$ 时，为读数方式；当 $V_{pp} = +25V$ 时，为编程（即写入—Programming）

方式

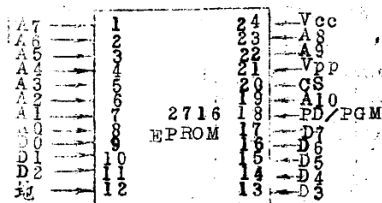


图 3-18 2716 型 EPROM (2Kx8) 的引脚图

表 3-9 工作方式选择

方 式 \ 引 脚	PD/PGM (18)	$\overline{CS}$ (20)	V _{PP} (21)	数据线状态
读	0	0	+ 5 V	D _{OUT}
未选中	X	1	+ 5 V	高 阻 抗
待机	1	X	+ 5 V	高 阻 抗
编程		1	+ 2.5 V	D _{IN}
校验编程内容	0	0	+ 2.5 V	D _{OUT}
禁止编程	0	1	+ 2.5 V	高 阻 抗

下面扼要介绍这几种工作方式:

1、读——此时可将其中某一个单元的内容读至数据线上。

2、未选中——当 $\overline{CS} = 1$ 时, 数据输出线呈高阻抗。即该芯片不起任何作用。

3、待机 (Power Down) ——当 PD/PGM = 1 时, 芯片处于待机方式。这种方式与不选中相似, 唯一的差别在于: 待机方式的功耗仅为最大运行功耗的四分之一。

4、编程——若要对 EPROM 某个单元进行写入，则应对 PD/PGM 引脚输入一个正脉冲，脉冲宽度为 50 毫秒左右，对 2K 个单元的写入编程总共需要 100 秒左右。由于施加的脉冲电平与 TTL 兼容，不需要施加高电压脉冲，因而不必使用专门装置，而用单板机这样的简单系统即能编程。

5、校验编程内容——在编程完毕后，将其中的内容读出并进行比较，以决定编程的内容是否有误。此方式与读方式相似。

6、禁止编程——此时禁止将数据线上内容写入 EPROM。

二、读写存储器 RAM

图 3-19 示出了 2114 型静态 RAM (1K×4) 的引脚图。在 18 根引脚中，有 10 根地址线，4 根数据 ($\bar{A}/O$) 线，2 根为 V_{CC} 和地线。这些引脚的作用易于理解，不再进一步解释。表 3-10 说明 $\overline{CS}$ 和 $\overline{WE}$ 的作用。

表 3-10 RAM 的操作

$\overline{CS}^*$	$\overline{WE}$	操 作	数据线状态
1	X	保持原状	高 阻 抗
0	1	读	读出单元的内容
0	0	写	需要写入的内容

* $\overline{CS}$ 或称选片信号， $\overline{CS}=0$ 时选中这一芯片， $\overline{CS}=1$ 不选中这一芯片。

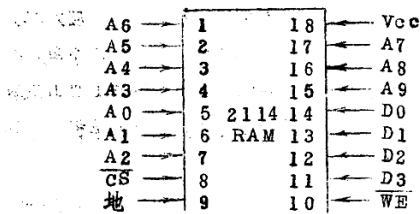


图 3-19 2114 型静态 RAM (1K×4) 的引脚图

第六节 微型计算机的基本原理及其特性

微型计算机是在小型电子计算机的基础上，吸取中、大型电子计算机某些新技术，借助于集成技术而发展起来的一种新型电子数字计算机。它在原理结构上同一般电子计算机有许多共性，但并非简单的“压缩”，它有许多特点。

一、微型计算机的组成

微型计算机系统是由硬件和软件两个大部分组成的。

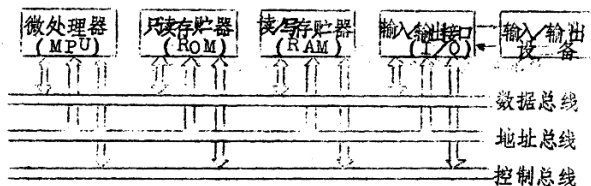


图 3-20 微型计算机硬件方块图

微型计算机硬件部份如图 3-20 所示，主要有：

1、数据总线

数据总线主要用于传送数据的指令，有的微型计算机还能用它传送低 8 位地址码。数据总线由几根导线组成，线数与位数是一一对应的，例如 8 位微型计算机，数据由 $D_0 \sim D_7$ 组成，数据总线也应有 8 根导线。

2、地址总线

地址总线用于传送地址码。地址码类似于自动电话的号码，微型计算机总线上各器件之间的通讯，主要依靠地址码准确地沟通两者之间的联系。例如需要对内存某个单元进行存贮或读出数据，必须首先将该单元的地址码送到地址总线上，然后发出写或读的命令才能完成上述操作。

地址总线的线数不仅与地址码的位数有关，而且同地址码的传输方式有关。例如大多数的 8 位微型计算机，地址码是采用二进制 16 位 ($A_0 \sim A_{15}$) 一次传送方式，这样就需要 16 根地址线。但是也有 8 位微型计算机采用分时传送方式，地址线只有 $A_0 \sim A_7$ 8 根， $A_8 \sim A_{15}$ 是由数据总线进行传送的，INTEL 8085 微处理器就是采用这种方式。

3、控制总线

由图 3-20 可见，微处理器从与总线连接上看，似乎同总线上的其它器件并无多大区别，但是实际上它总是处于“指挥”地位，微处理器通过控制总线随时掌握各器件的状态，并根据需要随时向有关器件发出控制命令。

4、微型计算机芯片

连接在系统总线上的器件，诸如微处理器 (MPU)、内存贮器 (ROM、RAM) 和输入/输出接口 (I/O 接口) 等，通常均采用大规模集成电路芯片，每一种型号的微处理器都有与之配套的芯片系列。

例如Intel 8085微处理器，同它配套的ROM有8355/8755，RAM有8155/8156等。这些芯片有塑料、陶瓷两种封装，均为双列直插式，如图3-21所示。

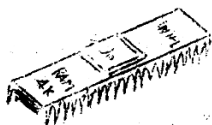


图3-21 微型计算机芯片外型

此外，为了沟通计算机与使用者以及应用对象的联系，还必须通过I/O接口连接必要的外部设备（显示器、打字机等）和外围设备（如模—数、数—模转换等）。

二、微型计算机的算题过程

电子计算机是一种能够自动高速进行运算的机器，在结构和原理上虽然比较复杂，但是在许多功能上模拟了人们的运算方法。

如果让电子计算机进行算题，通常按以下步骤进行。

1. 编写程序

图1-3所示的微型计算机，其中的微处理器在整个算题过程中，始终按照使用者的意图对总线上其它的器件进行操作。例如，我们需要它将存储器地址为4001单元中的数（设此数为5）和地址为002单元中的数（设此数为3）相加，并将结果（此数为8）用打印机打出来。微处理器就会按照我们的要求，先从4001单元将5取出来，然后再从4002单元取出3来进行加法运算，最后把结果8送到打印机。怎样使计算机能够“领会”我们的意图？这里主要是依靠指令实

现的。每一种微处理器都具有识别指令的能力，这是电子数字计算机同其它数字逻辑装置的根本差别。每一条指令都代表一定的操作内容，譬如：ADD代表加法指令，LD代表取数指令，OUT代表输出指令……，这些指令都有自己的二进制代码。这样，我们想使微处理器进行什么操作，只要给它送去相应的指令就可以自动完成指定的操作。上述例子只需要三条指令就能完成，即取数指令、加法指令和输出指令。这种用指令写成的解题步骤，通常称为程序。因此，若用电子计算机进行解题，首先必须用它的指令编写程序。

2、贮存程序

微处理器在进行解题时，它必须从存储器中逐条读出程序中的指令，所以还需将已经编好的程序，通过输入设备（如键盘）送进存储器（RAM）中。这些指令是按顺序连续存放在某些单元中的。上述例子如果编写成程序，它的格式应该是：

指令序号	单元地址	指令名称	操作内容说明
1	3001	取数	将4001单元中的数（5）送到微处理器的累加器A。 采用立即寻址方式，取数指令是3个字节，则占用内存三个单元，即3001~3003。 将4002单元中的数（3）与累加器A中的数（5）相加，其结果仍保留在A中， 加法指令如果采用变址寻址，是三字节指令，则占用3004~3006单元。
2	3004	加法	
3	3007	输出	

输出指令若为双字节指令,则占用3007~3008单元。

这条指令告诉微处理器将A的内容送到打印机。

这个程序共有3条指令,程序本身共占用存储器的8个单元,参加运算的操作数共占用了2个单元。

3、执行程序

程序输入到存储器以后,只要告诉微处理器程序的起始地址(如上例中的3001),然后给它送一个启动命令,微处理器就能按顺序从存储器取一条指令,执行一条指令,直到程序的全部指令执行完为止。显然,电子计算机的解题过程,完全是在程序的控制下进行的,而程序必须事先存放在存储器的连续单元中,所以又称它为程序式或者存储程序式电子计算机。

现在,我们将图3-20略加展开,初步介绍一下总线上主要器件的基本工作原理,并画出图3-22。

三、存储器

存储器是电子计算机存放信息的地方,这些信息在存储器单元中是用二进制表示的。存储器的主要技术指标有两个:一个是写或者读(即存或者取)一条信息所需要的时间,它反映了存储器的工作速度,是影响计算机速度的主要因素之一;另一个是存储器的容量,即最多能够存储多少个单位信息。二进制信息的单位可以用位(Bit)或者字节(Byte,八位二进制数为一个字节)来表示。通常称1024位为1K Bit,1024个字节称为1K Byte。

1、内存、外存

从存储器同微处理器的关系上来划分,通常将直接同微处理器进行信息交换的称为主存储器或者内存存储器(简称内存)。它的特点是存取速度快,但容量较小。例如16根地址线的微型计算机,内存的

最大容量不会超过 65 K。其余的大容量的存贮器（如磁带、磁盘等）统称为外存贮器（简称为外存）。它的特点是容量大，速度较慢。例如一个双密度双面磁盘其容量可达 100 万字节。从用途上来区分，内存通常用于贮存一些经常使用的和当前要用的程序和数据，其余的放在外存，根据需要可以随时调到内存。因内存可以直接与 CPU 打交道，存放的都是计算机当前运行的数据和程序，所以有时又称它为主存，将外存称为辅助存贮器，简称为付存。

2、RAM、ROM

有一种内存既可存入（写）又可取出（读）信息，称它为随机存贮器或读/写存贮器，简称 RAM。所谓信息由外存调至内存，实际上就是调到 RAM 中。还有一种内存需要事先把信息用专门的设备一次写好，连到总线上后，CPU 只能读不能写，称它为只读存贮器，简称 ROM。这种存贮器通常用于存放一些机器本身最常用的程序和不变的数据。

RAM 的基本组成与工作
原理可用图 1-6 略加说明。

假如微处理器要从 RAM 某个单元读信息，首先要把该单元的地址码送到地址总线，并经地址总线进入 RAM 的地址寄存器和译码器。此

时地址译码器对地址码进行译码，找到这个地址的单元。CPU 还向控制总线发出“读”命令，打开控制门 M_r ，于是该单元的信息进入数据总线，微处理机可以从数据总线上读取这个信息。向 RAM 存信息的

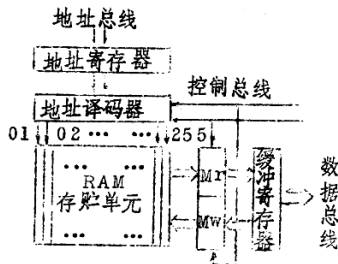


图 3-23 RAM 的基本组成

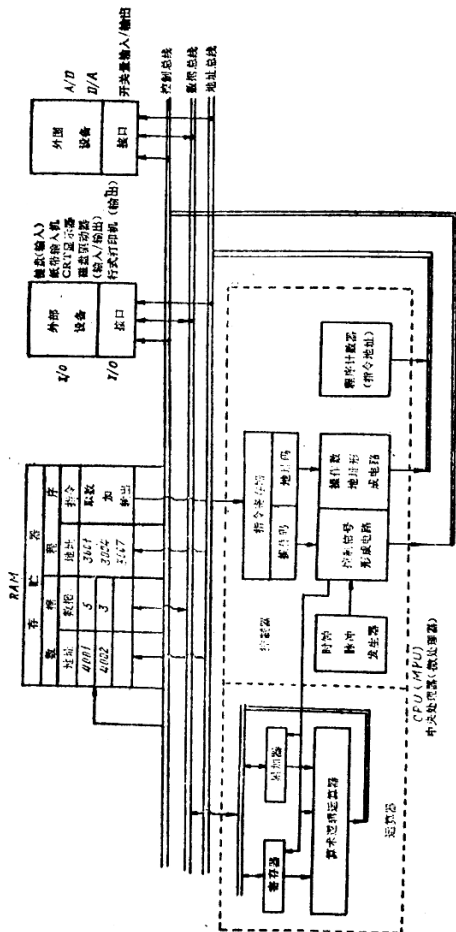


图2-2-1 微型计算机的基本工作原理

过程与上述情况类似。

四、中央处理器

微处理器在系统中处于主导地位，它的结构与工作原理和小型计算机的中央处理器相似，所以也称它为中央处理器（CPU）。它包括：

1、程序计数器（PC）

程序计数器的主要用途是自动地给出程序中的每条指令的地址，所以有时也称为指令计数器。微处理器在执行程序时，需要将该程序的起始地址送给程序计数器，并通过它把这个地址码送到地址总线。当这条指令取来之后，它能自动使其中的值增加为下一条指令的地址码。

2、指令寄存器、译码器

各种电子数字计算机都有自己的指令系统，或者说都有自己一套指令，譬如加法、减法、比较、移位……等指令，少则几十条指令，多则几百条指令。指令和通讯中的电报码类似，只有计算机才能翻译识别自己的指令。指令也是由代码表示的，其格式为操作码 地址码。例如某8位微处理器的加法指令操作码为5位，剩下的3位是操作数的地址码。例如若把累加器中的数与寄存器C中的数相加，则这条指令的代码可写为10000 001，其中10000是这种加法指令的操作码，001是C寄存器编号，也是操作数所在的地址。指令的操作码是标明进行何种操作，地址码是指明需要操作的数存在什么地方。

CPU在执行程序时，必须先把指令从内存单元取到指令寄存器，再由指令译码器对指令进行译码，将操作码转变成控制信号送控制总线；将地址码部份转变为操作数的真正地址。如果该地址属于总线上的器件，则该地址码送到地址总线。这样，CPU就能指挥总线上的

有关器件，完成指令规定的操作内容。

3、时钟脉冲发生器

CPU在执行程序时，要同许多部分配合起来按顺序进行操作，因此仅有CPU发出的控制信号还不能满足要求，还必须有一个统一的“指挥节拍”。无论何种电子数字计算机，都要配备一个时钟脉冲发生器，又称为主时钟。由它产生固定频率的节拍脉冲，各部分都按照统一的节拍操作，这样才能保证在同一个时间完成一定的操作。

通常，将上述的1、2部分统称为控制器。它是CPU的主要部分之一。CPU的另一个重要组成部分是运算器。由图3-22可知，它主要由累加器、寄存器和算术逻辑运算器(ALU)组成。运算器的主要作用是：在程序的控制下进行加、减、与、或、比较和移位等操作。

4、累加器

累加器用于存放算术和逻辑运算的结果。例如有A、B两个数需要加算，可先将A放在累加器中，再将B取来在ALU中相加，并把结果存放在累加器中。为了判别运算结果是否有进位(或借位)、是否为零等，在ALU中还设置了标志寄存器，如有上述情况，可使相应的标志位变为“1”。

5、寄存器

在微处理器中，有许多寄存器。这些寄存器与存储器不同，它的存取速度较快，而且不需要通过外部总线。它的容量很少，只有几十个字节。根据它的用途，通常可分为两种。一种是通用寄存器，一般用于存放参加运算的数据或者运算的中间结果。有的微处理器，通用寄存器兼有其它功能。还有一种专用寄存器，它不能用于寄存数据，只具有某些特殊功能。这种寄存器有专门用于堆栈寻址的堆栈指

示器 (SP)，有的专门用于间接寻址的间址寄存器，有些人把上述的程序计数器 (PC) 也算作专用寄存器。

6、算术逻辑运算器 (ALU)

ALU 的主要用途是实现算术逻辑运算。通常，ALU 的主要组成部分是加法器和控制门。

五、输入输出设备

输入输出设备可分为两类。

1、外部设备

外部设备简称为外设，它是构成使用者与计算机之间联系的输入输出设备。微型计算机常用的外设：

(1) 现在常用磁带机 (即录音机) 把事先录在磁带上的信息送入计算机，或把计算机中的信息存入磁带上。

(2) 电传打字机

电传打字机既可以作为输入设备也可以作为输出设备。比如，使用者的程序可以用打字机送进计算机，计算机也可以把使用者所要求的信息打印出来。

(3) 行式打印机

行式打印机是电子计算机的输出设备，计算机根据使用者的要求，随时输出打印。打印机同打字机在结构上有很大差别。前者是几个字符在一行上同时打印，所以打印速度较快。后者只能一次打一个字，每行按顺序逐字打印，所以打印速度较慢。

(4) 阴极射线管显示装置 (CRT)

CRT 是一种比较先进的输入/输出设备。它的特点是速度快、显示的信息量大、直观性强和使用方便等。近年来，在大中小型计算机中使用很多，成为微型计算机的主要外部设备。许多微型计算机配

备专用接口和程序，可用一般民用电视机构成C.R.T.。有的C.R.T.可利用光笔在屏幕上修改数据或图形，使用更加便利。

2、外围设备

外围设备是沟通应用对象与计算机之间联系的输入/输出设备。常见的外围设备有：

(1) 模—数转换器 (A / D)

来自应用对象的信息多数为模拟量，例如温度、压力等，经测量仪表转换成相应的电压或电流，通常它是变化缓慢的连续信号。这些信号必须事先转换为数字量才能由计算机处理，如图3-2.4所示。这是一个4位A/D转换器工作过程的示意图。当输入端的模拟量为0~15伏电压时，经变换后的数字量为二进制数0000~1111。例如，当输入端为5伏时，经过A/D转换后，输出端 D_3 、 D_2 为高电位（代表二进制数1）， D_1 、 D_0 应为低电位（低电位代表二进制数0），由此得到(0101)二进制=(5)十进制，这样把模拟量5伏变成了数字量0101，完成了模—数转换。

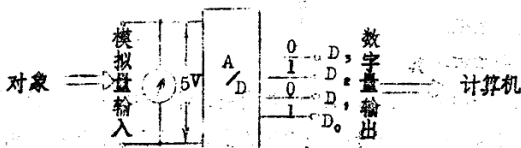


图3-2.4 A/D转换工作过程示意

(2) 数—模转换器 (D / A)

数—模转换是A/D的反变换，它用于将数字量转换为模拟量。电子计算机用于生产过程控制，经常需要控制电动执行器进行连续调节，如利用电动调节阀去控制锅炉的水位等。由于计算机输出的是数