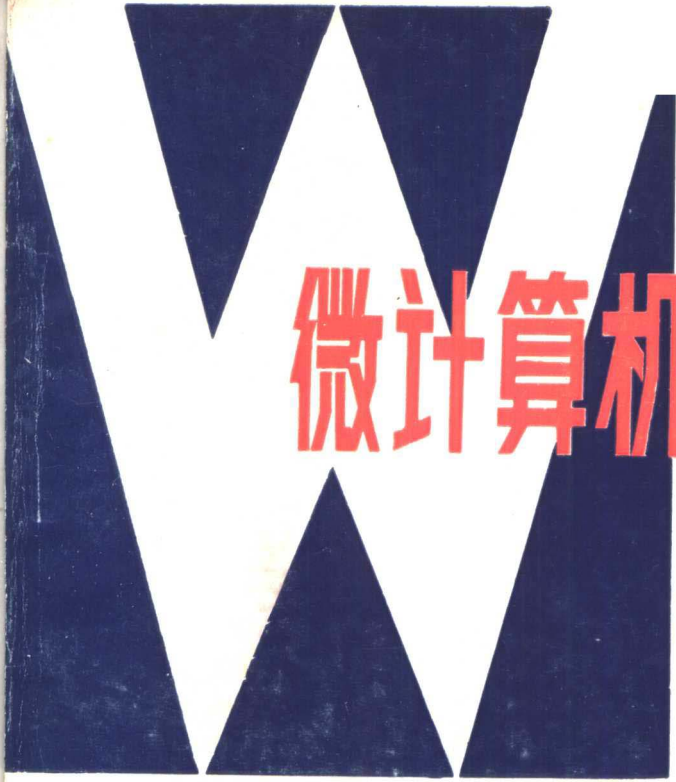




微计算机讲座

WANG
JIANGZUO

北京市半导体四件二厂情报室

译 者 的 话

由于LSI技术的发展,微处理机自1971年问世以来在短短的七八年时间里得到了飞速的发展。在我国向四个现代化进军的新长征中,电子计算机正日益深入国民经济各个部门,而微计算机的研制也得到了蓬勃的发展。为了适应这种要求,试译了“微计算机讲座”

本讲座自1976年4月到1978年6月连载在日刊“电子技术”上,它以第二代微计算机的典型代表——东芝TLCS-12A、英特尔8080A和摩托罗拉M6800为例,介绍了它们的系统结构、寻址方式及指令系统,而且进行了一些比较。作者在内容安排上,从数的表示、变换、运算讲起,做到了由浅入深,因此很适合初次接触微计算机的读者。

王景尧、辛培庚同志对本讲座的译稿进行了详细的校阅,北京半导体器件二厂的嵇光大及情报室的同志也给予很大帮助,谨此致谢。

在译校过程中,译者对原讲座的个别地方进行了删改,在内容的编排上也作了一些更动。由于译者业务知识浅薄,缺点错误在所难免,诚恳地希望批评指正。

七机部五〇二所瞿海良

目 录

1	计算机的基本动作.....	(1)
2	微计算机和微处理机.....	(5)
3	RAM、ROM、PROM.....	(6)
4	微处理机中使用的半导体器件.....	(9)
5	2进制数和2进制数中使用的术语.....	(13)
6	2进制数到10进制数的变换.....	(16)
7	10进制数到2进制数的变换.....	(21)
8	各种2进制数的运算.....	(26)
9	关于16进制数.....	(28)
10	16进制数和8进制数表示方法.....	(32)
11	关于ASCII和EBCDIC代码.....	(33)
12	补码.....	(42)
13	利用“1的补码”的减法运算.....	(45)
14	利用“2的补码”的减法运算.....	(48)
15	计算机内正数和负数的表示方法.....	(50)
16	“2的补码”和“1的补码”的比较.....	(51)
17	关于计算机的溢出.....	(52)
18	TLCS—12A的定点表示及溢出检测.....	(55)
19	数的2进制浮点表示.....	(57)
20	数的BCD表示法.....	(58)

21	BCD加法的算法和加 6 修正	(61)
22	BCD减法的算法和减 6 修正	(64)
23	利用“2 的补码”的BCD减法算法	(66)
24	立即形式的加法指令	(71)
25	1个操作数方式和2个操作数方式	(74)
26	简单的程序方法	(76)
27	使用机器语言的程序	(82)
28	利用汇编语言编制的程序	(86)
29	汇编语言~机器语言变换的汇编程序	(88)
30	流程图方法	(90)
31	子程序	(95)
32	子程序库	(98)
33	平方根的算法	(100)
34	开方算法的流程图和子程序的嵌套	(104)
35	中断	(106)
36	计算机的结构	(110)
37	TOSBAC—10的结构	(111)
38	英特尔8080CPU的结构	(118)
39	莫托洛拉M6800和英特尔8080的系统结构	(126)
40	莫托洛拉M6800的状态码	(129)
41	BCD加法时状态码H和C的动作以及加6修正	(134)
42	东芝 TLCS—12A 的系统结构	(141)
43	TLCS—12A 的程序状态字	(143)
44	关于TLCS—12A 的中断	(146)
45	中断屏蔽位的用法	(149)
46	TLCS—12A 微计算机系统	(151)

47	CPU——T3190 的结构	(154)
48	指令的分类	(156)
49	寻址方式	(159)
50	TLCs—12A 的寻址方式	(161)
51	间接相对寻址方式的用法	(171)
52	TLCs—12A 寻址方式的例题	(173)
53	TLCs—12A 的基本指令	(177)
54	类型 I 和类型 II 指令	(180)
55	基本指令的分类	(180)
56	交换 (Swap) 和存贮 (Stora) 指令	(188)
57	TLCs—12A 的中断处理	(189)
58	中断处理中数据传送指令的使用方法	(193)
59	算术运算指令	(198)
	(1) 加法指令 (记忆符号: AR, A)	(198)
	(2) 减法指令 (记忆符号: SR, S)	(200)
	(3) 乘法指令 (记忆符号: MR, M)	(202)
	(4) 除法指令 (记忆符号: DR, D)	(211)
	(5) 比较指令 (记忆符号: CR, C)	(214)
	(6) 增/减指令 (记忆符号: IM/DM)	(217)
60	左循环移位/右循环移位指令 (记忆符号: RL/RR)	(220)
61	逻辑运算的与、或指令 (记忆符号: NR, N, OR, O)	(222)
62	测试或操作以及位处理指令 (记忆符号: TS, SB, CB, IB, TB)	(224)
63	转移指令 (记忆符号: BS, BC)	(226)

64	循环和开方计算的程序.....	(228)
65	8080A和TLCS—12A的区别.....	(231)
66	英特尔8080A和日电 μ PD8080A 的标志	(232)
67	8080A的寻址方式.....	(237)
68	8080A指令使用的符号	(238)
69	8080A的指令	(243)
70	8080A的数据传送指令	(244)
71	8080A的寄存器增减指令	(255)
72	8080A的算术运算指令	(259)
73	累加器的修正指令.....	(266)
74	8080A的逻辑运算指令	(270)
75	进位操作指令.....	(272)
76	8080A的循环移位指令	(272)
77	CPU控制指令.....	(274)
78	8080A的分支指令	(275)
79	子程序调用指令和返回指令.....	(279)
80	堆栈操作指令.....	(283)
81	8080A的输入输出指令	(286)
82	中断控制指令.....	(287)
	〔参考文献〕	(290)

微 计 算 机 讲 座

1 计算机的基本动作

当我们谈到计算机的时候，一般情况下是指电子计算机，而不是指机械式计算机，可是电子计算机也有数字式和模拟式两种。模拟计算机十年前还在广泛使用，但是，随着电子计算机的集成电路化和大规模集成化，模拟计算机就逐渐被取代了，不过它的各个部件，例如积分器、加减运算器、乘除运算器、函数发生器等，作为部件或系统仍被广泛地应用。

近代，运算放大器这个词，若考证它的起源，也可以追溯到模拟计算机的运算放大器。模拟计算机和数字计算机的差别，若用一句话来说就是：数字计算机的计算方式与人的计算方式十分相似，而模拟计算机的计算方式则是模拟自然现象（例如力学中的落体、摆和天体运动等现象），所谓模拟，就是与现象相似的意思。

数字计算机的数字运算采用计数方式，它与人的关系很密切。幼儿在计算时，是扳着手指头数一个、两个的，而手指只有屈、伸两种状态。这就是从两个状态中选择某一个的双值或2进制数的概念。手指的半屈并不表示0.5，而弯曲也不表示0.3，这样的状态是很难表示的。进一步，若把人看做一部计算机，分析他的动作，并和数字计算机相比，那么，我们就会看到这两者之间十分相似的事实。

请看图1，纸上写着 $5 \times 3 =$ 的符号和数字，通过人的眼

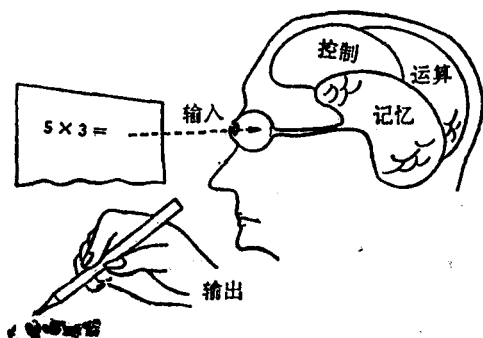


图1 分析人的计算

睛记入大脑。若已经记住，就可以把纸扔掉了。这种情况，实际上就是光学的信息传递，眼睛起到了类似于数字计算机光电写入器的作用。

对于盲人，则盲文成为信息传递的手段。手触摸盲文，通过触觉读取符号和文字，因此它相当于机械式的写入器。不管怎样， $5 \times 3 =$ 的信息是由人的输入装置（眼或手）的作用记入大脑的。

注意这里的 $5 \times 3 =$ 这些符号和数字表示：

①相乘（而后记下答案）

②被乘数是5，乘数是3

其中①在数字计算机的程序中叫做操作码，在汇编语言中操作码用英语Multiply的第一个字母M表示（乘法运算）。汇编语言也称为符号语言（Symbolic language或Mnemonic language）Mnemonic具有记忆或帮助记忆的意思。总之，汇编语言只用一个简单的字母M就能把乘法指令明显地表示出来。

其次，②的被乘数5和乘数3是接受乘法操作的对象，因

此在计算机中叫做操作数 (Operand)。

但是在计算机中所谓的操作数，不仅是指数字或数据本身，而且还指存放这些数字或数据的存贮器地址。

综合①和②，用汇编语言可把 5×3 写成：

M	5	3
用汇编语言表示	第 1 操作数	第 2 操作数
操 作 码	操作数 (所有数)	

再看一下图1。仅仅记忆 5×3 是无用的，还要用小学生时代掌握的九九表进行运算。这样，必须注意下面事实：

★记忆 5×3 是暂时的记忆细胞，忘性大的人几分钟就忘光了。这称为临时记忆。

★乘法运算的九九表在人的一生中都不会忘掉，只要没有严重的脑损伤，忘掉是不可能的。

数字计算机也有上面那样临时存贮的电路和半永久性存贮的装置，前者称为寄存器 (Register)，后者称为存贮器 (Memory)。寄存器好像备忘用的纸、黑板；而存贮器就像书、杂志或者笔记。

利用大脑里的寄存器、存贮器 (它记着九九表) 进行 5×3 的运算。承担运算的部分取名为运算装置。

$5 \times 3 = 15$ 的答案记在大脑的寄存器内。人用手和手指拿铅笔，把答案写在纸上，或者用嘴讲答案是 15。手、手指 (包括铅笔) 和嘴就是人这台计算机的输出装置。

严格地说，数字计算机为使输入输出装置动作，必须有

输入输出指令，但在这儿省略了。

上面的一系列操作之所以能够无误地执行，是因为人这个控制装置控制了整个过程。例如，在答案得出之前，必须使5、3进行乘法运算，并记住答案15，但把答案写下之后（或讲出之后），即使忘记也没关系了……这样，人的这种控制作用好像是在无意识中进行着。

综合上述说明得到图2，这个方块图和数字计算机的方块图完全相似。

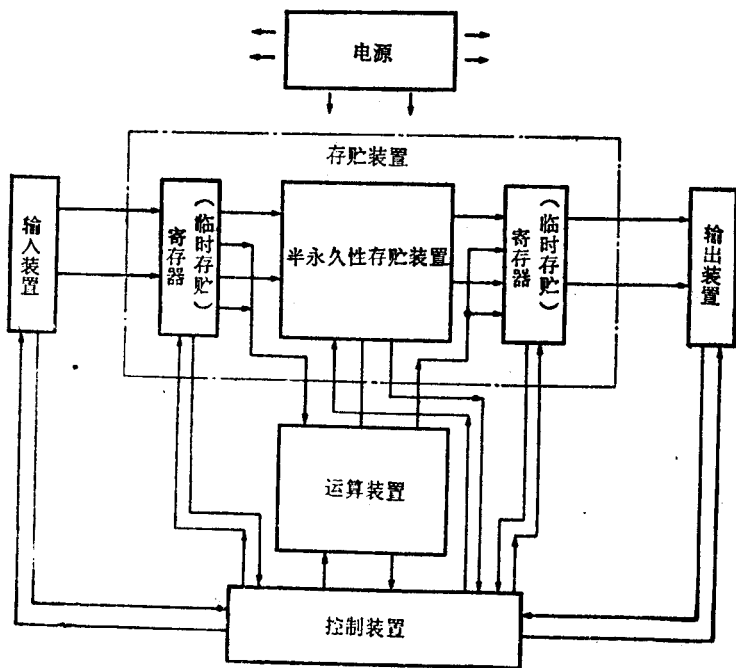


图2 数字计算机的方块图

2 微计算机和微处理机

在报纸和杂志上一般情况下都说微计算机，而当和生产厂家的人们谈起计算机时，一般都说微处理机。初学者一般都有这样的疑问：计算机和处理机有什么区别？……而这两者基本上是不同的。

计算机，它是一个笼统的定义，其结构大致如图2所示。就是说其中至少必须有光电写入器或电键等输入装置，指示灯显示的输出装置以及半永久性存贮器。

处理机的结构则是从图2去掉输入、输出装置、半永久性存贮器以及它们的控制部分、甚至于去掉电源。图3是处理机的方块图。

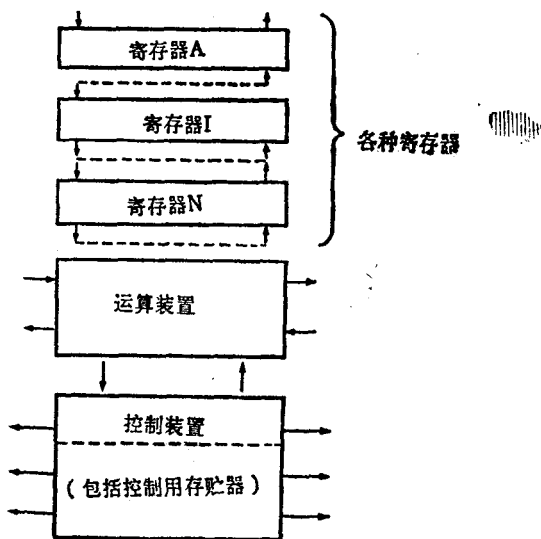


图3 处理机的构成

图3在以前的计算机和小型计算机中叫做CPU (Central Processing Unit)，即中央处理装置的那部分。也就是说，微计算机的CPU就是微处理机。

应该注意的是，由于集成电路的发展，在小型计算机中，由几片SSI和WSI构成CPU，而在微计算机中，只用一片LSI就可以构成CPU。单片CPU的名称就是由此而来的。图2的半永久性存储器一般也LSI化了，有的和存储器控制部分做在一起，有的则分别生产、出售。另外，输入、输出装置的控制部分也做成LSI出售了。

因此，以微计算机为中心，以及用于存储器、输入、输出设备的LSI和它的LSI构成了一个系列，用其中的一部分或者全部就能组成灵活微计算机。图4是日本东芝公司LSI微处理机T3190的接线图。有36个引线。T3190内部，有8个通用寄存器、有时序控制电路、4个运算用的寄存器、运算电路以及控制电路（包括控制存储器）。

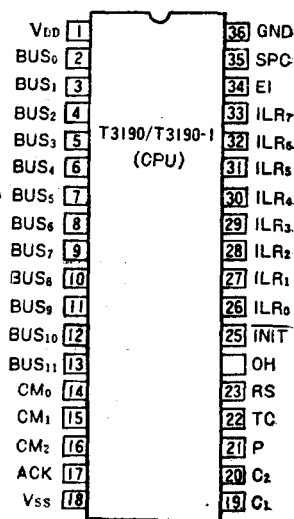


图4LSI化微处理机的接线图
(东芝T3190)

3 RAM, ROM, PROM

图2的半永久性存贮装置，通常可以分为RAM（Random Access Memory）和ROM（Read only Memoly）两种。PROM是ROM的一种。

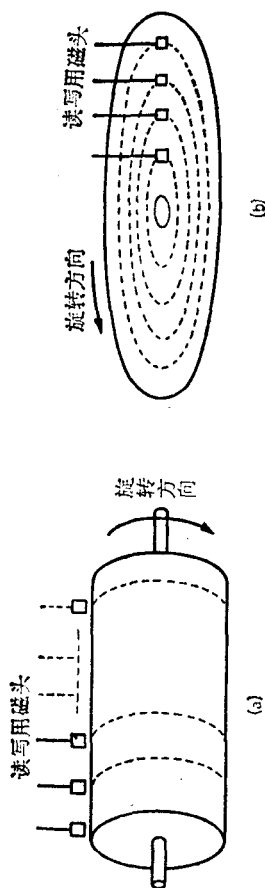


图5 磁鼓和磁盘是按序存取的存贮器

图5是按序存取的存贮器的例子。(a)是磁鼓，(b)是磁盘。由于都在旋转的圆柱或者圆盘的圆周上存贮信息，因此一定要在特定的地址（圆周上特定的位置）选取存贮间隔，所以按概率论统计，平均等待时间为旋转一周所需时间的一半。

RAM不需要上面所说的那样的存取时间间隔，在计算机的控制中，能以允许的最短时间选择地址，同时也不会由于地址的不同而使存取时间改变。半导体存储器、磁线存储器、磁芯存储器等属于RAM。

可是，这里所说的RAM和ROM的差别并不是存取时间不同的问题，根据上面的定义，RAM和ROM都是随机存取存贮器。但要注意，RAM表示读、写两用的随机存取

存贮器，ROM是读出专用的存贮器。

仍利用前面的例子，RAM相当于用铅笔在笔记本上写字，它可以涂去原来的信息，写入新的信息。而ROM是仅能读出的存贮器，即相当于印刷品。ROM是在计算机制造厂里写入信息后才出售的，因此用户只能把它作为读出信息使用，这看起来很不方便。但是，半导体存贮器RAM，一旦停电，其存贮的内容就混乱了，即使恢复供电也不能马上使用。可是ROM是一种半永久性存贮器，它能保存原来的信息而不受停电的影响，一般称它为“不挥发性”存贮器，磁芯存贮器和磁线存贮器都是不挥发性存贮器，可是把它放在强电磁场内就不一定能可靠地工作。另外，一旦读出，必须重新写入，这是不挥发性存贮器的一个缺点。

根据以上说明，ROM是由计算机生产厂家制作的，而用户不能按需要改变它的内容，因此使用起来不方便，于是出现了PROM（ProgrammableROM）。

若用图6所示的PROM写入装置，通过穿孔纸带或者键盘的操作，就能把用户自己编制的程序写入PROM。即把PROM嵌入IC管座，写入完毕后取下，就成为可供使用的PROM了。

PROM基本上有两种类型：

①非可逆型PROM（破坏）——当写入程序时，把构成PROM电路的一部分像烧熔丝那样烧断，因为已被破坏，所以不能重新写入。

②可逆型PROM（不破坏）——被写入的内容用紫外线照射就可以消失，因此可以重新写入。这种类型的PROM在IC上面有一个小的玻璃窗，可以看得见IC内部，因此能够立

即判断写入情况。除用紫外线外，也有用X射线或用外加电压的办法消除写入内容的PROM。

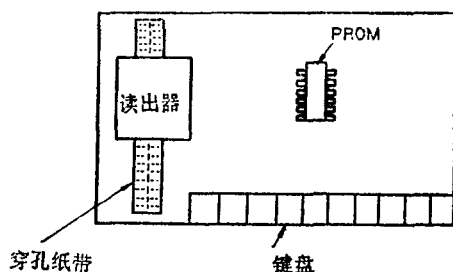


图6 PROM写入装置

4 微处理机中使用的半导体器件

用LSI制作的微处理机，现在主要使用P沟道MOS或者N沟道MOS，使用P沟道MOS的有英特尔公司的8080，东芝公司的TLCS12A，采用N沟道MOS的有英特尔公司的8080、莫托洛拉公司的M6800。而就逻辑而言，P沟道MOS适用于负逻辑，N沟道MOS适用于正逻辑，关于正逻辑、负逻辑，在后面将详细说明。

由P沟道MOS向N沟道MOS发展，这是一种必然趋势，但CMOS器件和新的双极性LSI也已开始出现。MOS是Metal oxide semiconductor的缩写。它属于场效应晶体管（Field Effect Transistor缩写为FET）。FET大致可分为两类：

- ①面结型FET（卧式FET和立式FET）。
- ②MOS型FET。

最近成为话题的V-FET (Vertical-FET)是立式FET，按分类它属于面结型FET。

图7所示为P沟道MOS (a) 和N沟道MOS (b) 的结构。P沟道MOS就是在称为沟道的P型半导体两端引出源极和漏极，并通过氧化硅 (SiO_2) 形成栅极。对于N沟道MOS,其沟道为N型半导体。

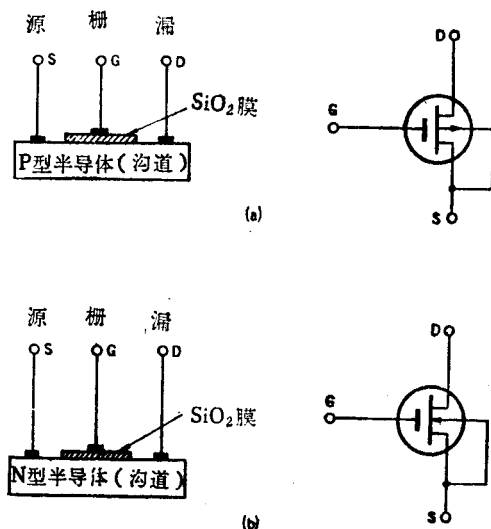


图7 P沟道MOS和N沟道MOS的结构及电路符号

电流在源漏之间的沟道内流动。P沟道MOS形成电流的载流子是空穴，而N沟道MOS形成电流的载流子是自由电子。FET之所以称为单极性载流子晶体管，是因为载流子不是取决于电子和空穴双方，而是取决于某一方。与此相对应

的是双极性晶体管，它同时有空穴和电子存在，因此叫双极性晶体管。沟道里流通的电流叫做漏电流，漏电流由外加在栅源之间的电压控制。

由于栅和沟道之间由氧化硅（ SiO_2 ）薄膜绝缘，栅源之间没有输入电流流通，因此漏电流完全受电压控制。把MOS—FET称为绝缘栅型FET的道理也正在此。

因为N沟道载流子是电子，所以，尽管它与用栅极、阴极之间电压控制热电子流（板极电流）的电子管结构不同，但原理十分相似。严格地说，MOS和电子管的性质有相当大的差别，但与双极性晶体管比起来，也可以说MOS与电子管有十分相近的特征。这就是：

①栅源间的输入阻抗可视为无穷大。

②都是电压控制元件。

③元件本身发热的影响小，没有像双极性晶体管那样的散热问题。

④具有三极管和五极管那样的特性，但并不严格相同。

⑤双极性晶体管是双结元件，集电极电流在集电极·基极、基极·发射极这两个PN结中流动，但MOS的漏电流通路是P型或N型半导体沟道，而不是PN结。

另外，MOS—FET还有它自己的优点：

⑥从图7可以看到，MOS的结构远比双极性晶体管简单，因此，集成度高，制造容易。

但MOS器件不只是有优点，也有缺点：

①与双极性晶体管电路相比，工作速度慢。

②制造和保存时，存在着栅极与沟道之间的 SiO_2 薄膜会由于静电而被破坏的危险，因此保存和制造时的管理麻烦。