

增 刊

微型计算机的性能 及其使用

《舰船无线电通信》编辑部

1978年3月

微型计算机的性能及其使用

目 录

第一章 微型计算机简介	(1)
1.1 什么是微型计算机	(1)
1.2 微型机的种类	(1)
1.3 微型机的特点	(3)
1.4 微型机的应用	(5)
第二章 微型机的硬件	(5)
2.1 CPU	(5)
2.2 存储器	(9)
2.3 I/O (输入输出)	(15)
2.4 总线	(17)
第三章 微型机的软件	(18)
3.1 存储程序方式	(18)
3.2 地址方式	(18)
3.3 指令	(19)
3.4 栈	(21)
第四章 微程序设计	(23)
第五章 微处理机的构造	(25)
5.1 微处理机的构造	(25)
5.2 寄存器	(26)
5.2.1 通用寄存器	(26)
5.2.2 暂存器	(27)
5.3 累加器	(27)
5.4 程序计数器	(27)
5.5 栈指示器	(27)
5.6 指令寄存器	(28)

5.7 指令译码器	(29)
5.8 逻辑运算装置	(29)
5.9 标志 F/F	(29)
5.9.1 进位标志	(29)
5.9.2 奇偶标志	(29)
5.9.3 符号标志	(31)
5.9.4 0 标志	(31)
5.9.5 辅助进位标志	(31)
第六章 微处理机的功能	(32)
6.1 控制信号	(32)
6.2 基本动作	(33)
6.3 中断	(34)
6.3.1 中断的概念	(34)
6.3.2 中断要求的处理	(35)
6.3.3 对于中断的微型机应答	(35)
6.4 DMA (直接存储地址)	(36)
6.4.1 DMA 的跳级、中止和执行	(37)
第七章 微处理机的指令	(37)
7.1 数据表示法	(37)
7.2 指令系统	(39)
7.3 地址指定方式	(40)
7.3.1 取数指令	(41)
7.3.2 存储指令	(44)
7.3.3 运算逻辑指令	(44)
7.3.4 转移指令(跳步指令)	(46)
7.3.5 输入输出指令	(51)
7.3.6 其他指令	(51)
第八章 微处理机的使用	(52)
8.1 制定程序的顺序	(52)
8.2 程序语言	(54)
8.3 程序的执行	(55)
8.4 支持程序	(56)
8.5 交叉汇编程序	(57)

8.6 微处理机研制用的系统.....	(58)
第九章 基本程序设计.....	(59)
9.1 单纯加法运算的程序设计	(59)
9.2 电传打字机输出输入的程序设计	(63)
9.3 主程序与子程序.....	(69)
9.4 判定条件与跳步语句	(74)
9.5 图表的处理	(78)
第十章 应用程序设计.....	(85)
10.1 把 BCD 代码变换成 ASCII 代码的子程序	(85)
10.2 十进制10位加法的程序	(87)
10.3 脉冲马达的控制	(91)
10.4 语言处理程序	(93)

第一章 微型计算机简介

1.1 什么是微型计算机

半导体技术从晶体管发展到集成电路(IC), 现在又从集成电路发展到了大规模集成电路(LSI), 在双极型晶体管技术发展的同时, 以结构简单、可以大规模集成、价格低廉为特点的金属氧化物半导体场效应晶体管(MOSFET), 随着台式计算机的批量生产, 已用来制作计算机的大规模集成芯片, 从而使 MOSFET 技术大大提高。由于在这些台式计算机中使用的大规模集成电路制造工艺的发展, 因此产生了微型计算机(以下略称为微型机)。

一般计算机的构造如图1.1所示。将图中所示的控制器和运算器的功能合在一起的单片、数片大规模集成电路, 就叫做微处理-MPU 或 CPU。

以微处理机为中心, 由存储器芯片、I/O芯片、时钟脉冲发生器等大规模集成电路元件构成的超小型计算机就叫做微型计算机。但是微型机定义并不严格, 一般将以微处理机作为中心而制作的计算机称为微型机。微型机的基本结构大体可以分为如图1.2所示的三个部份: 即 CPU、存储器、I/O。

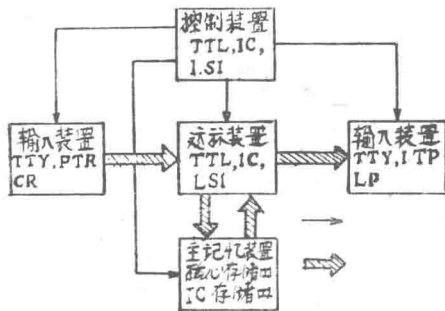
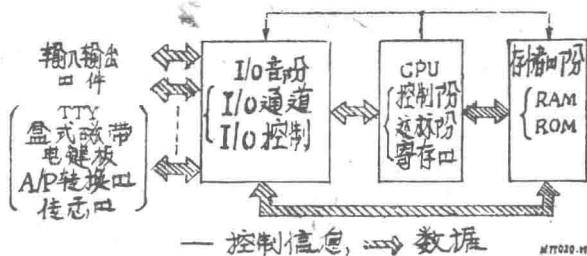


图1.1 电子计算机的构成



【图1.2】

图1.2 微电子计算机的基本构造

第一台微型机是1971年美国半导体厂商英特尔公司研制的 MCS-4 微处理机。此机是英特尔公司用4004生产的(4004是日本台式计算机厂生产的供一般用户使用的 LSI 制成的 4 位并行微处理机)。此后, 各半导体厂商开始制造微处理机, 现在, 以美国为主, 在日本也有好几家公司开始制造微处理机。目前在市场上已经出现了四位、八位、十二位、十六位的并行微处理机。

1.2 微型机的种类

各厂商提供用户使用的微型机一般有下列四种, 即: 单片微处理机、单板微处理机、微型计算机组和微型计算机组合。单板微型机是在一块衬底上连接CPU、存储器、外围大规模集成电路等, 可作为计算机使用的部件。微型计算机组, 除此单板外, 还包括控制台、电源

等等。微型计算机组合是一种由用户将微型机、插件板、外围 LSI、存储器基片、电阻、电容等组合起来，作为单板微型计算机使用的部件。用户可根据使用目的、价格等情况选用不同的微型机。

因微型机的功能、特点是由其中心部份—微处理机的结构决定的，因此，也有按微处理机构造进行分类的，即：按 PMOS 型、NMOS 型、CMOS 型、双极型等不同制作工艺以及 4、6、8、12、16 等不同位数进行分类。后一种分类较为普遍。此种微处理机的分类见表 1.1。

表1.1 微 处 理 机 的 分 类

CPU 分 类	基片制造 工	微处理机名 称 (厂 家)	引脚	指令 数	寄存器数	寄存器加 算速度(μ s)	时 钟 [MHz/相位]	电 源 电压[V]	DMA
4 位	PMOS	4004 (英特尔)	16	46	17	10.8	740/2	-15	不可能
		4040 (英特尔)	24	60	25	10.8	740/2	-15	不可能
		TMS1000(T.I.)	28	43	2 ²⁵⁶ 位RAM	15	内藏(400KHz)	15	不可能
		PPS-41 (R.W.)	42	50	11	2.5	0.214	-17	不可能
	NMOS	μ PD751D (日电)	28	55	17	5	1	+12, $\pm$ 5	不可能
8 位	PMOS	8008-1(英特尔)	18	48	10	12.5	1.25/2	-9, +5	可 能
		PPS-8(R. W.)	42	109	9	2.0	0.25/4	-17	可 能
		SC/MP(N. S.)	40	46	7	14	1/内部振荡	+10~+14	可 能
	NMOS	8080 A (英特尔)	40	78	10	2	2/2	+12, $\pm$ 5	可 能
		M6800 (M. S.)	40	72	6	2	1/2	+5	可 能
		F-8(F. C.)	40	76	67	2	2/时钟脉冲振 荡器内藏	+12, +5	可 能
		SY6502 (SYN)	40	55	3	2	1	+5	可 能
	CMOS	CDP1802D(RCA)	40	91	16	2.5	6.4/内藏	3—12	
12位	PMOS	TLCS12-A (东芝) T 3190	36	19	8	10	时钟脉冲内藏	$\pm$ 5	可 能
16位	PMOS	IMP-16(N. S.)	24	60	7	4.2	5.713/4	+5, -12	可 能
		PACE(N. S.)	40	45	8	8	4/2	+5, +8, -12	可 能
	NMOS	TMS-9900(T.I.)	64	69	16/1模块	4.7	3/4	+12, $\pm$ 5	可 能
		MN1610(パナ)	40	33	7	3	2/2	$\pm$ 12, +5, -3	可 能
2 位位 片 式	双极型	3000 (英特尔)	28	24	14	100ns	10	+5	
4 位位 片 式	双极型	AM2901(AMD)	40	203	17	200ns	5MHz(16位)	+5	可 能
		SBP0400A(T.I.)	40	459	10	500ns	2/1	+0.85 以上	可 能
		M10800(M. S.)	48	—	16	40ns	100/4	-5.2	可 能

注: RW (洛克威尔), NS (国际半导体), MS (莫托罗拉公司)

TI(Texas. Instruments)F、C (仙童半导体) SYN (Synertex) パナ(パナファコム)

作为各种代表性微处理机，4 位的有英特尔公司的4040，8 位的有英特尔公司的8080 A，M6800（摩托罗拉公司），F-8（仙童公司），12 位的有 TLCS-12A（东芝），16 位的有 IMP-16（美国国家半导体公司），MN 1610（日本），位片式的有英特尔3001等。

位片式是一种 可将分割成 2 位、4 位的 CPU 片进行并联，实现任意位数 CPU 装置的器件。例如，16位并行微处理机构造如图 1.3 所示。

在此种位片式微处理机中，双极型方式的较多，能够满足快速处理、系统的灵活性等方面的要求。4 位微处理机用于制作台式计算机以及结构简单的系统，8 位微处理机用于 1 字节（1 字节＝8 位）处理，即用于文字处理，12、16位微处理机，具备近似小型机功能，使用范围很广。现在，主要是 8 位微型机，其中 8080 A、M6800 所占比率相当大。在表1.1 列出的微处理机中，可与 8080 A 及 M6800 兼容、指令兼容、增加若干功能的机种也很多。表1.2是 8080 A、M6800 的兼容机种分类表。

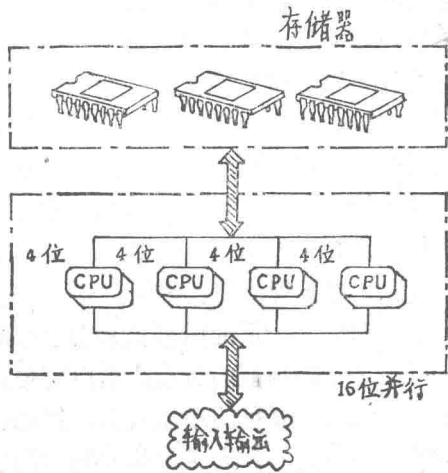


图1.3 位片式微处理机

现在，正在研制新的单片器件式微型计算机。这种新式微型计算机将微型机的所有部份，即 CPU、存储器（ROM、RAM）、时钟脉冲、I / O 控制、中断控制等，全部集成在单块基片上。例如，仙童公司生产的3859包括1K字节 ROM，64字节 RAM，8 位的 ALU、4 I / O 通道等。东芝的 T 3444包括768字节 ROM，16 字节 RAM 等。除以上几种外，单片微型机还有英特尔公司的 8048，莫托洛拉公司的 MC-6802等。

表1.2 兼容机种分类表

	名称(公司名)
英 特 尔 8080	Z80-CPU
	TMS 8080 (TI公司)
	μPO 8080 (日电)
	AM 9080(AMD公司)
莫 托 洛 拉 M6800	S 6800 (AMI公司)
	MCS 6500
	MB 8861 (富士通)
	HMCS-6800 (日立)

1.3 微型机的特点

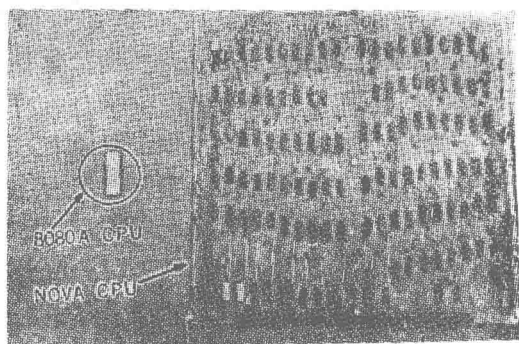
微型机可列举出下述三种主要特点：

- (1) 因是由 CPU 和外围 LSI 构成的，故可实现超小型化；
- (2) 不需要加外围 I / O 的微型机系统与一般的小型机相比，价格低廉；

(3) 与一般的计算机相同, 因是程序控制, 故可组合成通用性强的系统。

关于特点(1)可举例比较。小型计算机“诺瓦”01的 CPU 部份是在 380×380 毫米的插件板(两本杂志大小)上用 IC、LSI 组成的, 而微型机的 CPU 是由约 1.5×5.3 毫米的微处理机(英特尔8080A)和2、3块 LSI 芯片构成的。其大小比较如照片1.1所示。

单板微型机和微型机组合是在期刊杂志大小的基板上组合微处理机、存储器、I/O 芯片等。在微型机组合中, 特别是东芝 TLCS-12AEX-O 的 CPU 和存储器的外围控制也已基本实现 LSI 化, 它是由11个 LSI (包括 CPU、存储器)、2个 TTL、电阻、电容、开关、LED (发光二极管) 等构成的。最近, 已公布了单片微型机, 今后的微型机将会越来越小。因微型机具有超小型的特点, 所以可使用在至今没有安装过计算机的小型机器、终端、家庭电器设备等方面, 扩大了计算机的使用范围。



照片1.1 CPU 的比较

有关价格问题(2), 8位微处理机二、三年前需要数万日元, 而现在是1万日元左右。微型机部件的价格约在10万日元左右。但是, 与微型机的价钱相比, 外围 I/O 的价钱仍然很高, 经常使用的标准输入输出装置 TTY 价钱从60万日元到大约100万日元。从这一点看, 今后可望出现低价钱的 I/O。

关于(3), 可将晶体管、IC 的中规模以上的布线逻辑置换成微型程序, 可望降低价格。但是, 对于小规模机器, 也有价格反而提高的情况。程序一般收藏在 ROM 中, 象磁心存储器那样, 不会因程序易失而破坏记忆内容, 即使电源中断后, 记忆内容也不会消失。

用复制此 ROM (一般由公司复制, 但也有可能由用户进行复制的 ROM) 的方法, 比起大量制作逻辑来容易。

微型机的缺点也可列出下面几种:

- (1) 速度比小型机慢;
- (2) 由微型机本身研制软件不容易;
- (3) 因微型机构造复杂, 故研制时需要软、硬两方面的技术。

微型机的寄存器加法运算速度为2微秒(英特尔8080A), 小型机为1.35微秒(16位诺瓦01), 现在的小型机速度多是毫微秒。虽然速度多取决于 CPU 构造(MOS 和双极型不同), 指令系统、位数等, 但, 可以预言, 随着今后 LSI 技术的发展, 微型机的速度一定能够接近小型机。

有关软件问题, 如由微型机本身研究程序, 则会使机器外围 I/O、存储器增加, 需要配备各种软件(自汇编程序、输入程序、诊断程序), 需要花费相当的资金。因此, 在一般程序研制方面, 利用小型机、大型计算机的母型机种产生的交叉汇编程序、模拟器、交叉编译程序的方法较多。

因此, 也可以把微型机看成是结构、指令系统复杂的独特机种。例如, 即使将 CPU 和存储器连接在一起, 也还是需要相当的接口电路。而且会出现1字节、2字节、3字节指令, 这对于初学者来说是费解的。

因微型机具有上述性质, 所以使用数量急速增长, 正在广泛地应用于各种电气公司、汽

车、医疗、商业、业余爱好等各方面。

1.4 微型机的应用

如果说晶体管的出现是使计算机迅速增长的转折点，那么，随台式计算机的发展而来的微型机的出现，可以说是使计算机离我们更近的又一个转折点。计算机的超小型化和低价格等特点，使计算机进入过去不可能想像到的许多领域。

微型机的使用范围如图1.4所示。

用微型机代替各种外围装置，进一步实现灵活性，可更增强计算机使用功能。各种程序控制、收集数据的运算、记忆、显示等依靠微型机实现自动化。

通信处理机作为远距离终端、多路转换装置、进行通讯控制、信息处理、检测错误等。

游戏机器用于控制电视游戏装置以及其它高级玩具。电视游戏装置是一种将游戏装置发出的电波显示在一般电视空频道上，观看曲棍球、网球等的玩具。

汽车电子设备可用于控制排气、监视燃料、油，控制安全装置。

在家庭应用方面正在研制可根据取料质量、嗜好、温度控制等实现最佳烹调的装置。微型机还可用于家庭其它电器设备。

袖珍计算机是在台式计算机基础上进一步发展起来的，能进行高精度计算和程序设计的计算机。因利用1个单片CPU，所以可以更加小型化。

除以上几方面外，微型机还用于电子乐器、福利机器（车椅控制、盲文输出等）、教育用机器等许多方面，微型计算机的使用范围正在迅速扩大。

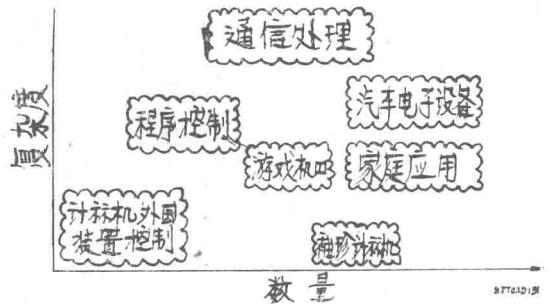


图1.4 微型机的应用范围

第二章 微型机的硬件

这一章中例举的微型机是英特尔公司的微型机组件 SDK-80，这是一台以英特尔8080 A微处理器为中心的单插件板微型计算机。在单块底板（约170×300毫米）上装配有时钟脉冲发生器、存储器、系统控制、外围接口、TTY 接口等部件。在这一章中，以此组件为中心，介绍微型机的构造。

SDK-80 插件板如照片2.1所示（照片略）。整个结构分为 CPU、存储器、I/O 部分。下面分别详细介绍各部分。

2.1 CPU

CPU 如图1.1所示，是将运算器和控制器合为一体的运算控制部分。它是计算机的中心。

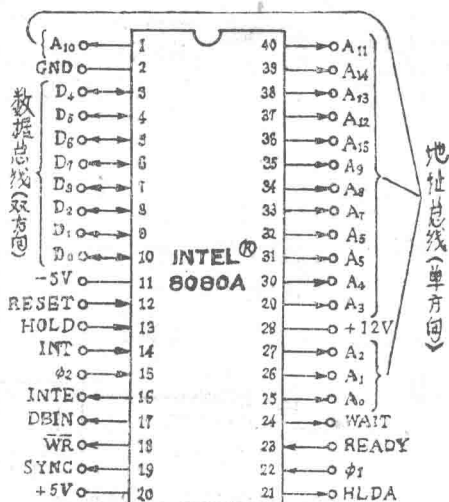


图2.2 8080 A 的引脚配置

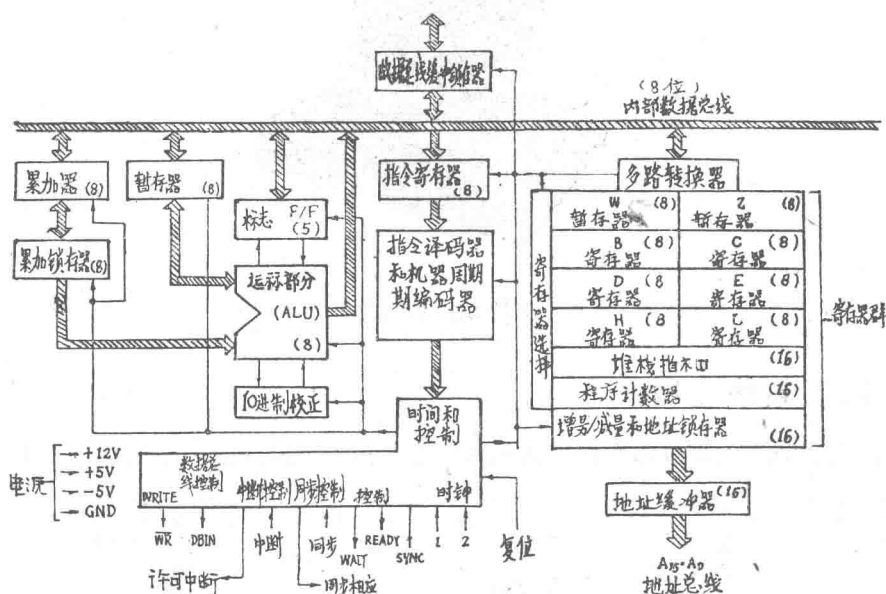


图2.3 8080 A 的内部构造方框图

2.1.2 时钟脉冲发生器 (clock generator)

时钟脉冲发生器产生使 CPU 动作同步的 ϕ_1 、 ϕ_2 信号，供给串行输入输出传送速度控制用 OSC (振荡) 信号、产生复位信号及 CPU 外围 LSI 时钟信号等。晶体振子使用 18.432 兆赫，将此频率进行 9 分频后的 2.048 兆赫 ($18.432 \div 9$) 时钟信号 ϕ_1 、 ϕ_2 供给 CPU。SDK-80 使用的时钟脉冲发生器 8224 的引脚配置和内部方框图如图 2.4 所示。8224 产生的 OSC (振荡) ϕ_1 、 ϕ_2 信号如照片 2.2 所示。

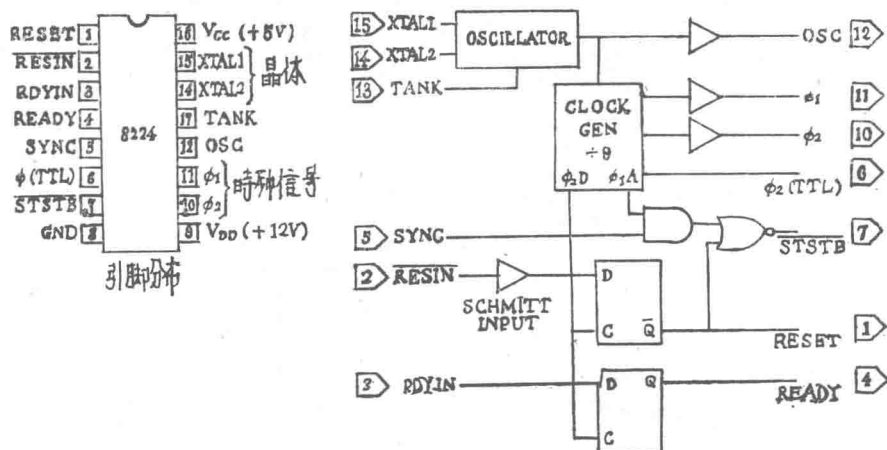
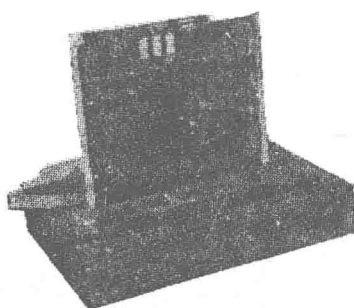


图2.4 时钟脉冲发生器 8224



照片2.2 时钟信号

2.1.3 系统控制

系统控制8228的引脚分布和内部结构如图 2.5 所示。8228是由系统控制和 8 位数据总线

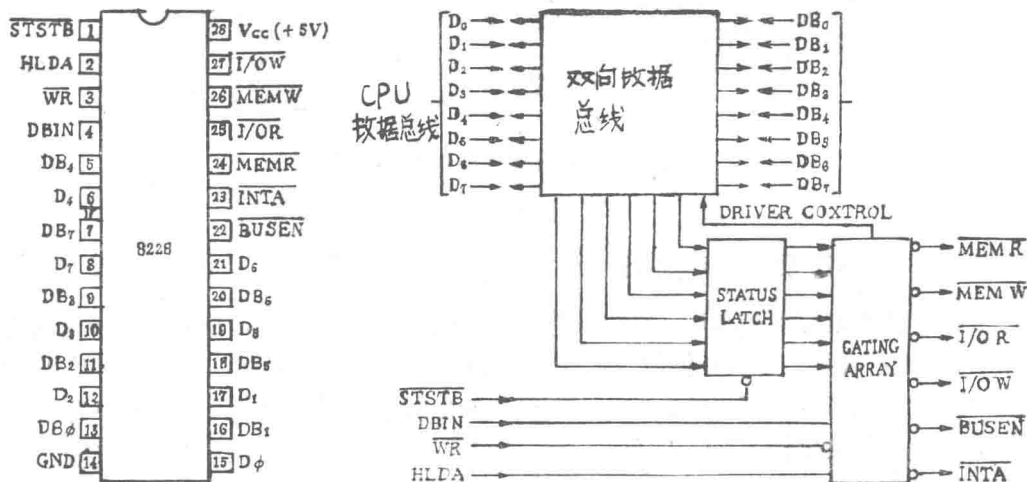


图2.5 系统控制8228

驱动线路构成的。系统控制产生 RAM、ROM、I/O 的控制信号，总线驱动线路将 8080 A 数据总线的 $I_{OL}=1.9$ 毫安（可驱动 7—8 个 MOS 或 1 个 TTL（1.6 毫安））放大到 10 毫安。

2.2. 存储器

一谈到计算存储器，就会涉及到磁心存储器。至今为止的小型、大型计算机中的主存储器，一般都是磁心存储器。这是因为磁心存储器具有容易改变记忆内容，不易消失（切断电源后，记忆内容不消失）等特点，最适用于计算机。但是磁心存储器在小型化、速度、价格等方面，都不如采用大规模集成电路技术的半导体存储器。因此，大型计算机、小型机中也有使用半导体存储器的。微型机与小型机同大型计算机相比，多作为单功能专用机使用，故一般使用半导体存储器。但是，从程序编制方面出发，同时也生产微型机用磁心存储器 Ampex MCM（阿姆佩科斯公司）。半导体存储器通常大体分为切断电源后，记忆内容消失的易消失性存储器和切断电源后，记忆内容不消失的非易消失性存储器（图2.6）。

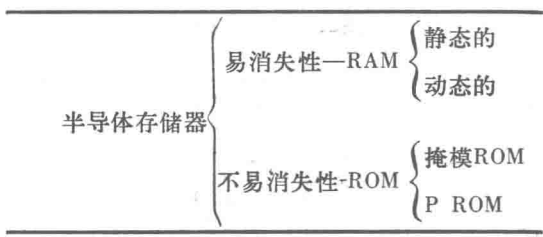


图2.6 半导体存储器的种类

其中有代表性的是 RAM（随机存取存储器），ROM（只读存储器）。或固定存储器。半导体存储器中，除图 2.6 所示的几种外，还有 SR（移位寄存器），FIFO（先进先出），PLA（程序控制逻辑序列）等，有关这几种存储器的情况请参看其他半导体资料。

2.2.1 RAM（随机存取存储器）

RAM 是一种在 1 个集成电路中，格子状地排列成百、成千个存储单元（触发电路等），可根据 X（列）、Y（行）的地址输入，选择某一个存储单元，将数据写入或读出的存储器。RAM 的结构如图2.7所示。

它能够选择 $A_0 \sim A_7$ ，即 $2^8=256$ 个地址，可根据地址码通过读写驱动线读写 256 个地址中的任一位。

CS（芯片选择或称为 CE：芯片启动）信号，作为扩充地址来考虑。也就是说，加在 $A_0 \sim A_7$ 的地址输入上，使 A_8 、 A_9 的地址输入通过译码器，加上 CS 信号，能够选择 $256 \times 2^2=1024$ 个地址。

图2.8是1K（ $K=1024$ ） $\times$ 8位的存储器系统。RAM 根据存储单元构造，可分为动态方式和静态方式两种。

动态随机存储器的结构如图2.9所示。积累在电容 C_1 中的电荷使充电电路开路，因此不能构成回路，直到缓慢放电为止。用数十毫秒。利用此种性能，将 C_1 中积累电荷和不积蓄电荷两种状况作为“0”和“1”存储在存储单元中。但是，单纯这样， C_1 的电荷就仅完成放电，而不能够存储数据。因此，需要每隔几毫秒将同样数据再写入。这叫做重写。动态

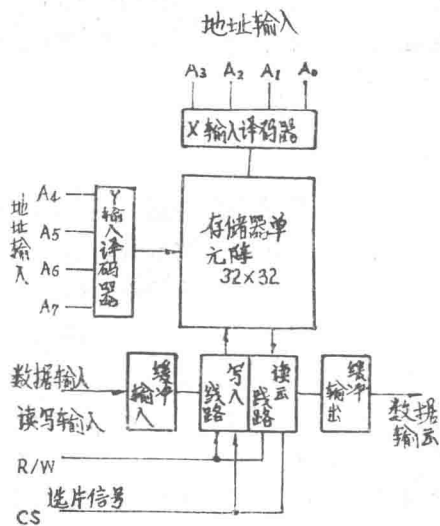


图2.7 RAM 的构造

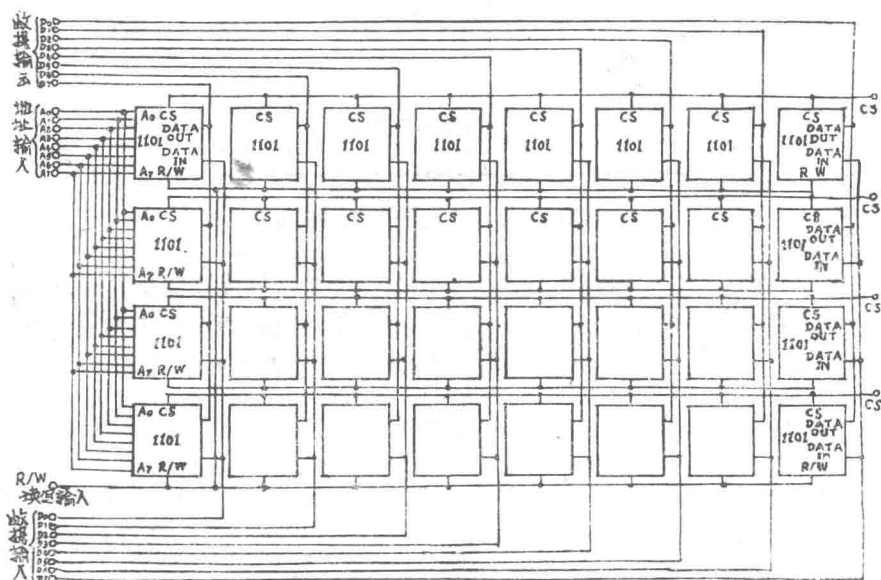


图2.8 使用 1101 的 1K x 8 位存储器系统

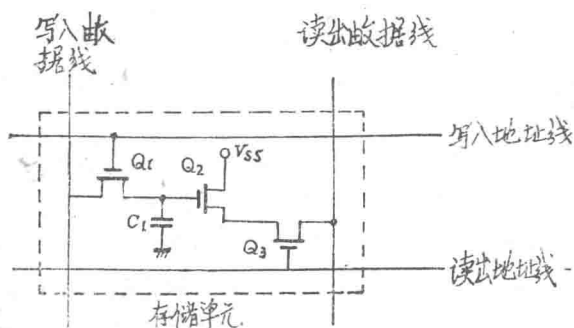


图2.9 动态 RAM 的结构

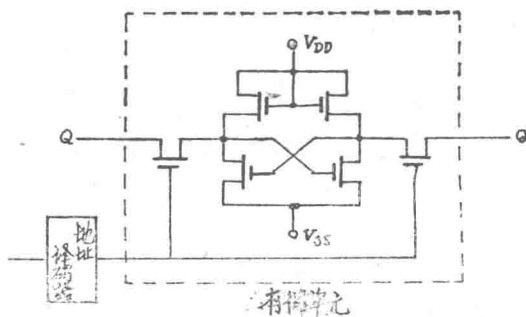


图2.10 静态 RAM 的结构

RAM 因耗电少、工作速度快、集成度高、价格便宜等特点，多用于大容量存储器系统。

静态 RAM 的结构如图2.10所示，是由 6—8 个 MOS FET 组成的触发电路存储单元构成的。其工作原理与一般的触发电路相同，当一侧为 0 时，另一侧是 1 状态，始终保持某一侧导通电流。因此，静态 RAM 的耗电量比动态 RAM 平均要大 2 倍左右。但是，不象动态 RAM 那样，它不需要重写，时钟脉冲等线路，与一般的 TTL 触发电路同样操作，多用于小容量存储器系统。

动态 RAM 1103 (1024×1位，英特尔)，静态 RAM 1101 (256×1位)、8111 (256×4 位，英特尔) 的引脚分布和内部结构参看图2.11，2.12，2.13。

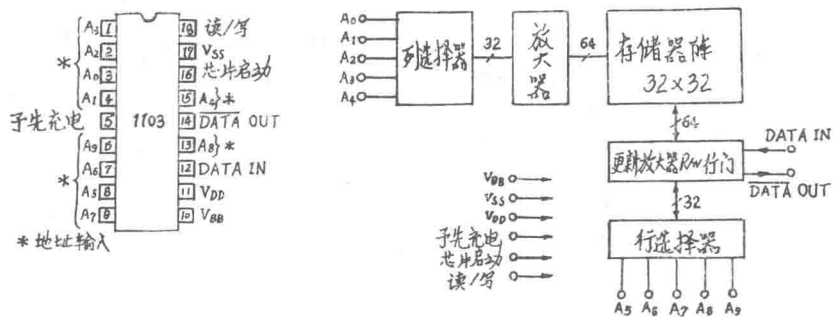


图2.11 1103

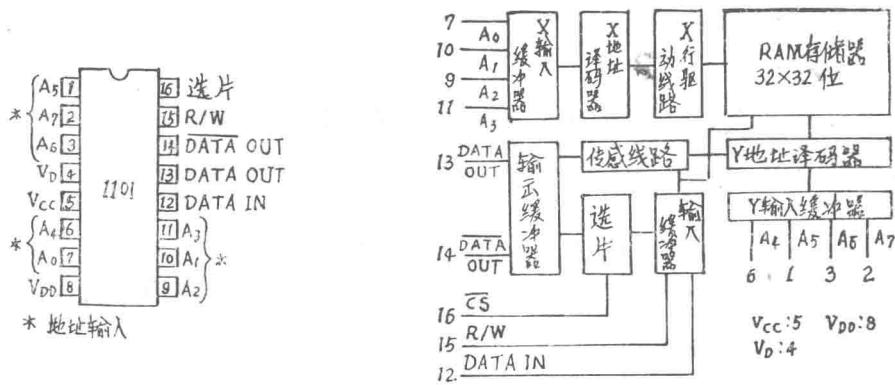


图2.12 1101

2.2.2 ROM（只读存储器）

ROM 是只读存储器。其构造和 RAM 相同，由存储单元的集合矩阵和地址译码器构成。因是只读，故线路简单。基本结构如图2.14所示。ROM 如图2.15 所示，可大致分为二种：其一、厂家在生产 ROM 时通过改变掩模（根据数据不同，而具有不同图案的薄膜）的方法制作的掩模ROM；其二、由用户写入存储数据的 PROM（可编程序只读存储器）。前一种是不能重新改变存储内容的 ROM。后一种中，有内容可变换和不可变换两种。可变换的一种称为 EAROM（电改写只读存储器）。而且，其中还可以分成双极型存储器和 MOS 存储器。

ROM 的最大特点是，电源切断后存储内容不消失。也就是说，当电源接通时，可马上

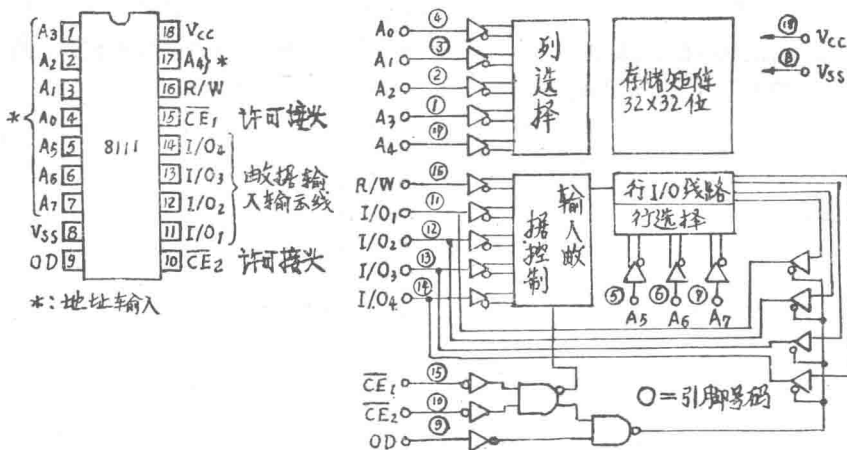


图 2.13

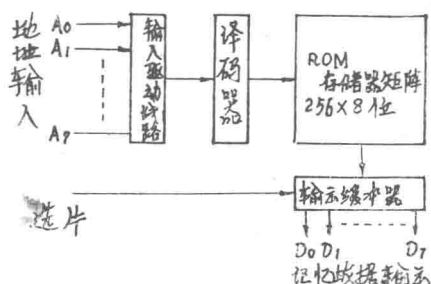


图2.14 ROM 的基本构造

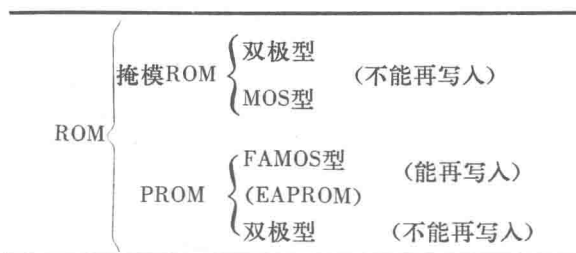


图2.15 ROM 的分类

使用。将 ROM 作为微型机的存储器使用时，不会因为程序被冲掉、溢出等破坏存储内容。因此非常适用于微型机的系统程序，处理程序等。ROM 除用于微型机存储器之外，还用于微程序方式的小型机、点式打印机的字符图案、编码变换表等。

掩模 ROM 因为可用单个晶体制做存储单元，所以可实现大规模集成，制做大容量的存储芯片。其价格，是由制做中数据的图案决定的，因此，至今为止的试制费用相当大，但如果能够实现批量生产，那末与 PROM 相比较就会便宜得多。少量生产时，因掩模费用大，故价格反而比 PROM 高。

在双极型情况下，掩模决定对晶体管发射极是否布线，在 MOS 情况时，利用改变栅极部分氧化膜厚度的方法，决定 MOS 晶体管有无的，故由此图案决定存储内容。双极型