

集成电路应用技术

(上)

微型计算机



中国电子器件工业总公司

前 言

为扩大集成电路的应用领域，满足广大用户的迫切需要，中国电子器件工业总公司组织编写了“集成电路应用技术”一书，本书分上、下两册；上册：微计算机；下册：数字和线性集成电路。该书系在我公司历次举办的技术讲座的讲稿基础上写就的，书稿既有理论分析，又有实际经验介绍。内容包括各系列电路基本原理、特性分析、使用方法和应用实例，可供电子电气工程技术人员和高等院校教学参考。

· 因 TTL、和常规 MOS 电路书稿资料较多，故本书未选入。

我公司组织了多年从事实际工作的工程师进行审校，但时间仓促，仍难免有不妥之处，请读者不吝指教。

本书出版过程中，得到四川固体电路研究所和重庆市科学技术情报研究所的大力协助，在此表示感谢。

中国电子器件工业总公司

一九八一年八月

目 录

(上)

- 一、M6800微机系统及汇编语言程序设计基础.....于朝荣(1)
- 二、DJS-060ADS 1.0 开发系统和应用.....贺仁体(159)
- 三、INTEL8080 微机电路(189)
- 四、四位微计算机.....王昌纯(287)

M6800 微 计 算 机 及汇编语言程序设计基础

于 朝 荣

目 录

微机发展动态述评	(3)
一、微机的发展	(3)
二、微机的应用简介	(6)
三、 $\mu P/\mu c$ 的结构	(7)
四、微程序设计	(10)
五、分类概述	(13)
六、接口技术	(16)
七、有关 LSI、VLSI 的几个问题	(17)
八、软件	(18)
M6800微机系统	(19)
一、M6800系统的基本电路	(19)
二、系统概述	(26)
三、微处理机 (MPU)	(27)
四、半导体存贮器	(55)
五、接口电路	(58)
六、微机系统	(75)
汇编语言程序设计基础	(82)
一、数字系统和编码	(82)
二、基本规则及有关的概念	(90)
三、简单程序和循环	(92)
四、字符代码数据	(104)
五、代码变换	(110)
六、算术运算	(117)
七、表格和清单	(126)
八、子程序	(131)
九、输入/输出问题	(139)
十、中断	(148)
十一、软件的研制	(155)
后 记	(158)

微机发展动态述评

一、微机的发展

微机是计算技术与集成电路技术相结合的产物，而微处理机是在高级台式机的基础上发展而来的，但是，它与台式机却有着本质的差异，它是程序存贮，程序控制式计算机。微机的诞生与发展，不仅填补了台式机与小型机之间的空挡，而且为整个计算机系统的体系结构带来了深刻的影响。

为了论证上述命题，我们有必要回顾一下1971年第一个微处理机诞生以前的集成电路与计算机的发展状况。

我们知道，60年代主要是半导体晶体管发展到大规模集成电路（LSI）的年代。以中、小规模集成的DTL，TTL电路为主，应用于计算机的逻辑功能部分，而存贮器，主要应用磁心存贮器。1964年，GME公司研制成功第一个MOS集成电路（IC）。同年，美籍华人C.T.Sah发表了其巨著“MOS晶体管的特性”这篇论文奠定了MOS电路设计理论的基础。因此，MOS电路的发展只是集成技术问题。1968年，斯坦福大学首创了离子注入技术，使MOS大规模集成化有了可能。与此同时，不仅TTL电路更加成熟，ECL电路有了发展，而且具有并合结构的I²L电路登上了集成电路的历史舞台。

至此，在集成电路技术上，由于解决了净化，计算机辅助设计，辅助制版和测试，LSI发展并走向成熟。

与此同时，60年代的计算机，主要是由中、小规模集成的标准TTL电路构成的第三代计算机，而其存贮器仍然沿用慢速的磁心体。但是，如果我们综观早期计算机，电子管计算机，晶体管计算机和集成电路计算机，可以发现计算机发展的一条基本规律，就是小型化，微型化。它主要包括三个方面，即（1）高性能；（2）低功耗；（3）体系结构的简化。

而半导体集成电路，从1948年巴丁，布拉坦发明的晶体管到今天的超大规模集成电路（VLSI），其基本发展规律亦是小型化，微型化。它也主要包括三个方面，即（1）器件工艺结构的简化；（2）微功耗化；（3）高速化。

因此，在我们认识到上述两个基本规律之后，自然会想到，微型计算机必然是上述两个基本发展规律相结合的产物。

事实上，1970年时，MOS电路有50%以上用于制作台式机，（主要因为其速度较慢而没有象TTL电路那样用于小型机），由于MOS电路的发展促进了台式机的进步，为提高台式机的性能，进一步降低成本，当时提出了台式机体系结构的划分问题，（在电路上为逻辑划分问题），用几个芯片构成完整的台式机。但是“分久必合”，因此，单片机的出现只是时间问题了。

1969年8月，美国加利福尼亚州的英特尔（INTEL）公司为日本Busicom公司设计了台式机用的集成电路，这就是现代微处理机的始祖。Intel公司的E. Hoff承担了这项任务，E. Hoff回忆当时时说：“由于日本人把它作为个别的制品，要想使用ROM程序设计，但我认为它已能象通用计算机那样工作。”

1971年6月，INTEL公司发表了I4004系列微处理机，这是由现在担任Zilog公司总经理的Federie, Faggin设计的。

I4004芯片：PMOS工艺，面积 $3.8 \times 2.8\text{mm}^2$ ，组成：ROM，256字节；RAM320位；寄存器10位，通道4位。

其后，Intel公司为Datapoint公司研制了CRT的控制芯片，但后者以其速度慢为借口而拒绝接受，Intel公司不得已，在1972年，以200美元出售了I8008，亦为PMOS工艺，面积 $3.2 \times 4.3\text{mm}^2$ ，有45种基本指令，PID封装。

这就是微机的早期探索时代，这一时期大约经历了三年，人们叫做第一代。

第二代则是以NMOS技术为主，辅之以双极型位片机的发展时期，可以说是8位机发展的极盛时期。其代表产品有Intel的8080系列，Motorola的M6800系列，以及Ti的SBP0400IL系列，Intel的T²L3000系列，Motorol的ECL10800系列等。这一时期的特点是出现了大量的 $\mu\text{P}/\mu\text{C}$ 机种。并且，人们也注意到，要使 $\mu\text{P}/\mu\text{C}$ 进一步发展，在市场竞争中有立脚之地，必须与应用相结合，因而着手研制接口技术和软件，并且逐渐建立起渗入社会各个方面的低挡四位机系列，而8位机在相互的市场角逐中形成了以8080，6800系列为骨干的微机系统，其它的系统在竞争中渐渐地退缩，估计今后也不会出现其它的新通用系统，只能是在这些系统上的进一步发展和提高（理由后述）。

由于NMOS工艺为微机的发展奠定了技术基础，而微机的低成本特性又为其应用提供了广阔的可能性，所以，第二代微机占领了相当大的市场，如1975年达5000万美元，79年达3亿3100万美元。

第三代机以提高性能为主要特性，这一方面是提高通用和专用8位机的性能，（使8位机具有了16位机的功能）；另一方面是与小型机竞争，今天这一倾向仍在发展，甚至向中型机渗透。如高性能的16位机，M68000，Z80000，以及I8086；和小型机直接集成化的微NOVA机和PDP11。

这里有必要指出，对上述微机发展划分的代，只是根据 $\mu\text{P}/\mu\text{C}$ 的性能来规定的，虽然也考虑了集成电路的发展，但并不作为划代的主要依据。因此，这种划代有其不合理性。有人认为，微机划分的代应以工艺为主，PMOS为第一代，NMOS为第二代，HMOS为第三代等等，以工艺来划代亦有其困难，如同一系列的四位机，采用了PMOS、NMOS、CMOS技术，但它们是属于同一代的产品，又如双极位片机更无法纳入这种划代的方法中去。

此外，有人认为，应以机器的字长划代，四位机为第一代，八位机为第二代，十六位机为第三代，三十二位机为第四代……。应该说字长只是性能的一个方面，并不能全面地反映机器的性能，如8008只能算作第一代机，而1600十六位机也只能看作是

第二代机。

上述三种划代方法，各有其优劣，但粗略地看，大体上还是一致的。我们认为，过去对 $\mu P/\mu C$ 的划代已成历史和习惯，没有必要去纠缠它，但对划代的物理意义应该有清楚地认识。

此外，70年代的国内外许多文章认为， $\mu P/\mu C$ 是比小型机性能更低的一种机器，它充其量只能覆盖小型机的低挡，而不能代替小型机。其主要论据是：（1）目前的小型机几乎都采用TTL电路，而 $\mu P/\mu C$ 多采用低速的MOS电路，后者的性能（主要是速度）不及前者；（2）计算机工作者习惯于TTL的小型机，而对MOS电路的微机，尤其是尚不十分成熟时的微机缺乏应有的认识。

事实上，这种观点在今天已经被铁的事实证明是大错特错了。其错误的根本原因就在于没有从计算技术与集成电路技术相结合的观点去研究问题。

第三就是关于“型”，过去对计算机的“型”似乎有一个数值指标，其依据是：（1）CPU的门数，（2）主存容量，（3）指令执行速度，（4）传输能力，（5）体积，等等。

如：	CPU门数	体积 m^3
超大机：	100K以上	100以上
大 机：	50K~100K	10
中 机：	30K~50K	1
小 机：	5K~10K	10^{-3}
微 机：	~5K	10^{-4}

事实上，目前的微计算机，小的4位机其CPU不足5K门；而大的16位机，如M68000中CPU有近7万个器件。那么，这种“型”的概念在微机已失去了原意，而仅仅表明体积微小。因此建议：micro processor和micro computer ($\mu P/\mu C$) 干净利索地叫微机，即微处理机和微计算机，而由多微处理机，位片机组成的大型系统则称微系统。

对微机的发展，之所以出现上述各种混乱的认识，其原因来自两个方面，一是搞机器的人，往往单纯地将微机看作是一种机器；二是搞器件的人，往往单纯地将其看作是一种电路芯片。因此，“仁者见仁，智者见智”是不足怪的。

现在，再回到我们前述的两个小型化，微型化基本规律上，我们知道，计算机中所能直接解决的是二进制的计算，甚至它的功能部件只能进行二进制的加法运算，要提高计算机的性能，主要靠两种手段，其一是改革算法和体系结构；其二是提高半导体器件的开关速度，也就是说，只有器件和电路的高速化才能带来计算机的高性能。半导体器件的开关速度目前是1毫微秒，光速为 $3 \times 10^{10} \text{cm/sec}$ ，所以在1毫微秒内，光可达距离为30厘米，电子计算机是靠电子的漂移运动来传递信息的，如果使半导体开关时间与电子流过导线的时间相同，那么布线长度应在10cm以内，要进一步提高计算机的速度，布线必须缩短。因此，高性能大型，巨型机都必须微型化。

1976年，在美国计算机协会年会上，体系功能组主席 Liporski 说：“所有未来的

计算机将由智能外围设备, 分布功能, 微型网络和阵列结构中的微处理机组成……还用目前的方式来建造计算机的唯一原因, 就是为了使用现有的软件。”

目前, 计算机规模的发展, 明显地走向两个极端, 这就是微型化和大型化, 而大型化又是以微型结构的组织, 管理为基础的。

已经成熟的例子是美国格鲁曼航空公司的空战模拟系统, 其组成是:

NOVA	800	1台
Intel	3000	10~20片
ALU		16位
RAM		256M字节
微程序控制器		1个
ROM	512 × 128	1个

其处理周期为145ns, IBM370/168算上百小时的题目, 在该系统上只用2~20小时, 前者造价400万美元, 而该系统为8万美元。

又如, 美国IMS的超立方体结构, 该结构以点阵方式连接, 每个结点上都有子系统, 由二个8080A, 存储器 and 接口组成, 其速度为100万条指令/秒。

此外, 法国的Micral-M系统, 英国国际计算机公司的DAP(分布式阵列处理机)均采用了多处理机构成大系统的结构。

综上所述, 可以看出, 微机的出现确实是一场革命, 它的发展之所以如此迅速, 最根本的原因有两个方面: 一个是作为微机本身, 它集中地体现了LSI, VLSI与计算技术相结合的特征和优点, 有其自身发展的规律; 另一个就是它的适用性(灵活性, 小型微型化, 价格便宜, 可靠性高等)

微机的优点集中地体现在“微”字上, “微”自然意味着微小可靠, 价格低廉, 但它并不意味着低能和简单, 而是意味着更高的性能和更复杂的系统结构。整机, 系统的微型化, LSI, VLSI内部的电子学现象和物理原理的研究, 构成今天的“微电子学”, 它是 $\mu P/\mu C$ 研制的基础, 可以说, 从来也没有今天这样, 能够把器件, 电路系统, 硬件和软件熔为一体加以分析和研究, 上述几方面问题的相互联系和制约, 以及在一定的科学技术发展阶段, 它们之间各种矛盾的发展和转化, 就是微机发展的内部规律的所在, 只有这样, 微机才能具备使用上的灵活性, 可靠性和适应性。

二、微机应用简介

微机的应用, 可以说已渗透到社会生活的各个方面, 普通计算机(不管小型、大型)所涉及的领域, 微机均已占领或正在渗透; 普通计算机无法涉及的领域, 微机也无孔不入。这里略举一、二, 以示其社会化的特征。

1. 工业控制

工业控制是微机的“用武之地”; 如半导体工业中的扩散炉, 外延炉的温控, 质量流量计的流量控制, 工艺过程中的实时闭环控制。

机床组由数控转入微机控制, 效率提高。

2. 仪器仪表

国外曾预计，80年世界上将有2/3的仪器设备采用微机控制，如6809 8048，并且由于微机用于仪器仪表，正在引起仪器仪表的“换代”，这已是公认的事实，西欧在这方向尤为典型。

3. 军事工业

电子对抗，用雷达和微机组成的探测，搜索，跟踪，反探、干扰系统是战术武器中急需解决的题目之一，微机可快速而准确地处理收集的讯号，它是电子对抗中必不可少的“武备”。

鱼雷系统，既可做飞机，舰艇的鱼雷发射控制系统，又可直接安装在鱼雷上，价格便宜、可靠。如美海军MK-46V型深水反潜鱼雷已用8080，6800系统进行研制。

高炮、野炮的炮瞄系统。

火箭系统中，火箭本身的控制和导航。

4. 计算机系统本身和智能终端设备

计算机系统本身已如Liporski所述，作为系统智能终端的实例颇多。

5. 商业、办公、教学和民生

如用于办公室的事物系统，销售终端，（日本的自动售票终端），电子秤，银行业务，汽车防撞和自动架驶，家庭主妇的个人计算机，学校和实验室的教学机，以及玩具机。

三、 $\mu P/\mu C$ 的结构

Intel公司曾经就微处理机，微计算机的划分给出过一个标准，如图1所示：

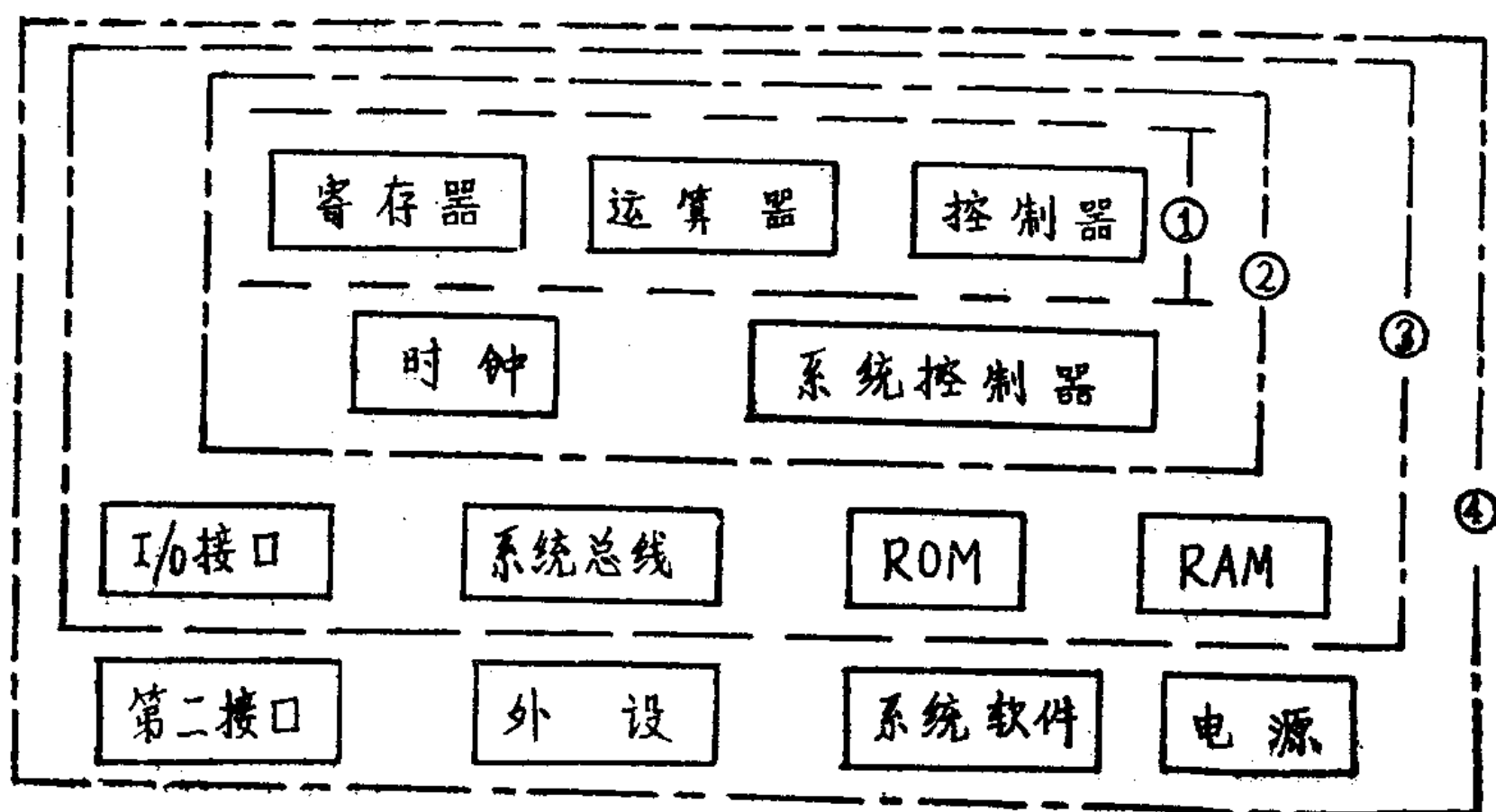


图 1

- ① 为CPU（中央处理机）
- ② 微信息处理机，即微处理机 μP
- ③ 微计算机 μC

④ 微系统 μS

事实上，这是一个极严格的定义。通常所用的微处理机概念并不那么严格，而是把计算机中的控制部分，运算部分统称中央处理机，由单片或几片大规模集成电路（LSI或VLSI）芯片构成的中央处理机称之为微处理机，不一定包括时钟电路。

微计算机是由微处理机，再配以存贮器（ROM，RAM），接口电路，系统总线及时钟等其它辅助电路构成的。

微机的结构就是构成微机的元件，部件，电路的设计及它们之间的相互关系。微机的结构对集成电路的发展是很敏感的，它是微机设计思想和逻辑关系的表现。从硬件方面看，微机的系统结构明确地表示出机器的字长，寄存器和存贮器的寻址方式，系统总线的构成方式，输入输出通道的结构，运控方式、中断方式等基本逻辑关系。

此外，概念结构（System architecture）又称系统结构或程序模型，是指程序人员所知道的系统属性，描述系统的功能，亦即程序人员可以调用的结构，简言之，就是程序人员眼中的计算机。如CPU中的寄存器，ALU，以及存贮器和接口等。而机器本身的微操作信息，译码逻辑等，对程序人员来说是无关紧要的。

单片通用微机的结构特点是“功能集中”，这与小型机是相同的。我们知道，大型机为了提高机器的工作速度和吞吐能力，合理分配机器的负担，采用了分散处理结构，如前述的阵列式和网络式结构。但是微机却集中了作为计算机的主要功能，如计算、判断、比较，对外设的监视和控制等。可以说，正是大型系统的分散处理结构，提供了为微机独立占据各个分散单元（或结点）的可能性和现实性。相反，正是由于微机（不管是单片机还是位片机），功能集中的特点，才使其本身具备了组成大型系统的条件。当然，“功能集中”的特点是以LSI，VLSI技术的成熟与发展为前题的，即LSI，VLSI集成度和性能的提高，必然使微机具备越来越强的功能。

这就是说，在微机及其构成的系统结构中，充分发挥了“正交化”这一特点，“正交化”是指构成系统的各具特征的不同组合体间彼此是独立的。而且在微机内部的各部分之间亦明显地体现出“正交化”的特色。

目前，微计算机的组成，主要采用了传统的 Von Neumann 结构，这种结构的建立主要考虑到控制器和存贮器之间的关系，即典型的存贮程序和程序控制结构，其框图示于图 2：

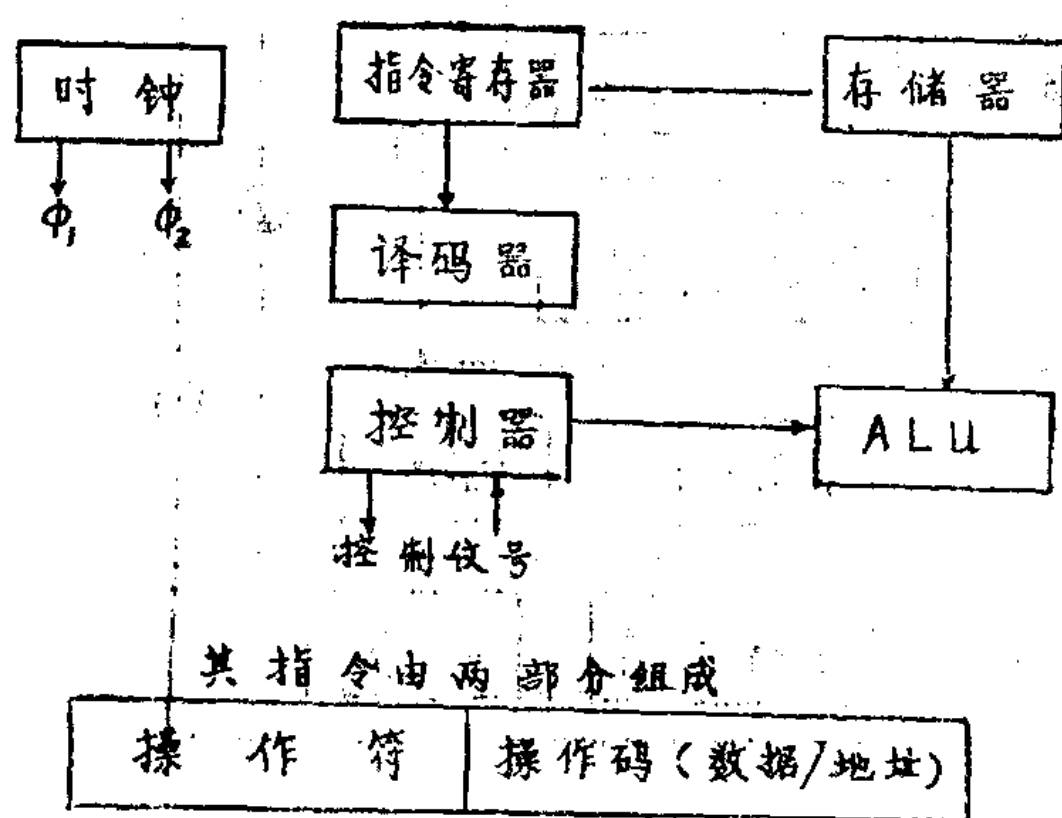


图 2

这里，指令译码器本身就是一个典型的内部只读存贮器，它把机器指令码变换成微操作信息，经过控制部分同步后送机器各部。

其次是 Stack 结构。其基本思想是按照用户使用的程序语言特点来组织，直接通过堆栈来提高计算机的效率。因此，这种结构的关键部件是“堆栈指示器”，在堆栈结构中，指令是在基本指令上附以辍合符号，指令可分为三部分：

操作符字节（算术、逻辑操作）

调用值字节（参与运算数的存贮地址）

文字字节

虽然在 Von Neumann 结构中也设有堆栈指示器，但在 Stack 结构中，整个存贮器均可视为栈区，就象一部字典，可按使用者的习惯和语言特点来编辑，这样寻找所用的程序段，可按“字典”的先后顺序直接取出，或在“字典”中的某一段里查出，因而大大地提高了程序的利用率。而且，多年来，在半导体存贮器的研制中一直在设法突破“联想存贮器”这一大关，看来“联想寻址”有可能在 Stack 结构的基础上发展起来。

最近报导的用于科学计算的数据处理结构，也叫非诺曼结构引起了人们的重视。

在微机系统中重要的一类结构——可编结构留在后面讨论。

微机中，存贮器比较规整，I/O 部分在采用了通道和标准接口技术之后，设计也较为系统。运算部分，一般采用多累加器结构，其设计也比较规整。但是微机的控制器却比较复杂，目前主要采用了三种型式：

1. 连线逻辑控制

其设计步骤是：

A. 确定机器的总体结构和机器中的操作时间分配

这就是在运算器，存贮器，输入输出设备等的逻辑结构大体确定的基础上，根据总体设计的要求决定机器的总体结构，即决定机器的主要组成部分，它们之间的信息关系，在每条指令的执行过程中，各部分之间的操作时间分配和相互配合。

B. 编制各条指令的操作时间表

根据操作时间分配和基本操作的执行方法，设计出各条指令的操作实现过程。

C. 设计操作控制部件

把所有指令的操作时间表进行综合，得出操作控制逻辑方程，并用逻辑线路实现之，确定操作控制部件。

D. 设计节拍信号发生器，指令部件和控制台

按照这种方式设计出来的计算机的控制逻辑是通过执行控制逻辑方程的固定连接的线路实现的。要产生这种为机器所用的时序控制信号，其设计和结构是很繁杂的。

2. 微程序控制

鉴于微程序控制结构在微机中的重要性，我们在后面单独列为一节讨论。

3. PLA（可编程逻辑阵列）

原则上说，PLA 是 ROM 技术与连线逻辑的结合，亦是微程序控制方式的一种。

PLA 最本质的特点就是可编，其意义是，阵列本身的信息是可编的，阵列的地址亦是可编的。PLA 由“与”阵列和“或”阵列组成，输出是输入信息的任意的“与

或”组合，这就比输出只是输入或函数的ROM灵活得多。

PLA在微机中主要应用是作编码器和微程序存贮器。

如前所述，要说出品种繁多的微机在体系结构方面的差异，实际上是不可能的。那么怎样比较各种微机的优劣呢？——吉布森法和基准程序法。

吉布森法：也叫混合法，是以每条指令在微机程序中所出现的频度为基础的。如果指令 i 的执行时间为 T_i ，它在程序中出现的频度为 $\sum \omega_i T_i$ ，其中权重 ω_i 因程序而异，如取 $\omega_i T_i$ 的不同组合，可分析微机的优劣。但这种方法不够准确，相反却比较简单。

基准程序法 (Bench marking)：其基本思想是选择大家公认的有意义的任务，让被评的微机去编程序，看其完成该任务时动用的内存容量和执行时间。

1970年国际固体电路会议上曾用基准程序法评价了微型机，选择的任务与评价结果如下：

1. 数据传输	8080	6800
2. 数据加工	6800	PPS8 8080
3. 中断保护和返回	6800	8080 1802
4. 查字符串	Cosmac	6800 8080
5. 监视外设及 信息交换	6800 Cosmac	8080

四、微 程 序 设 计

在今天的微机中，微程序设计主要有两个用途：

(1) 使用微程序执行机器指令的传统方法。

(2) 具有特定结构的微机系统，主要是由位片结构构成的微机系统。

微程序设计大体上可以说是把传统的程序设计方法引用到逻辑设计中。1951年，英国剑桥大学的Wilkes的论文是现代微程序设计的基础，该论文说：“试研究机器的控制部分，即供给运算，控制寄存器操作脉冲的部分，设计这部分的人……通常是凭经验而划出框图。我想提议，能够把控制部分建立一个系统，有组织地进行设计……由机器的机器语言程序中的命令读出的各种各样的操作，是下述一些操作，即从主存向控制寄存器或运算寄存器的数据的传送，或相反的传送，以及从一个寄存器向另一个寄存器的传送等的分步程序。这些步骤中的每一步都是由与之相连的信号线供给的，我们将这些步骤叫作微操作。每个机器操作的序列叫微程序。……机器执行的操作与必需的微命令一一对应。”

1964年，IBM/360才在其模型机上采用了微程序设计方法。70年代初，由于半导体存贮器的发展，微程序设计已经在商业小型机上实用。

据Fynn和 Alexandridis 的看法，微程序设计技术已跨入了第四代——采用可编微程序的半导体芯片，微程序可对处理器组合进行并行操作，加上字长可变的功

极大地提高了有效处理速度和灵活性。

我们把同时进行的几个微操作的控制信息归结为一条指令的形式，这种指令叫微指令；即微指令中包含着当前控制计算机的各种硬件资源进行操作所需的全部信息。执行计算机的一条指令的操作可以用一组相应的微指令序列来表示，我们称之为微程序，每条机器指令可以看成是由微指令构成的闭子程序，机器指令的操作符与相应的闭子程序入口地址相对应。这些微程序事先存放在计算机中，该硬件叫作控制存储器或微存储器。执行一条微指令需要由几步才能完成，最常用的是两步，即取指和执指，这小步叫微步，与前述微命令相对应。

使用微程序执行机器指令的微程序结构图示于图3：

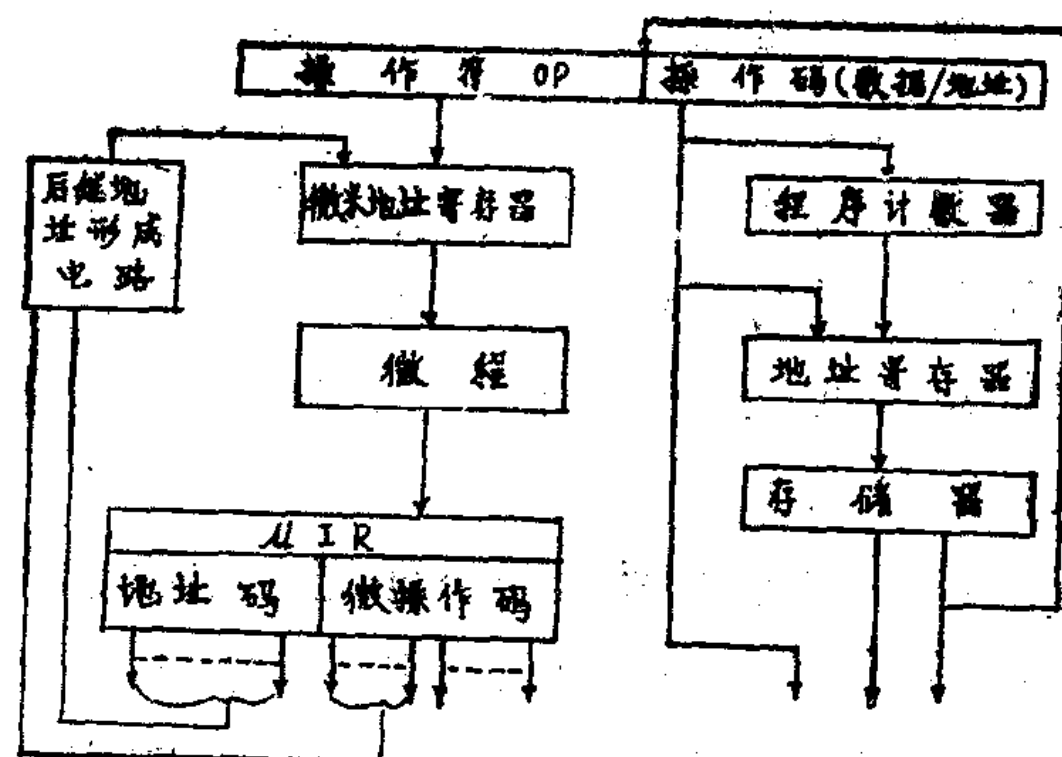


图 3

工作过程：

- (1) 从控制存储器的地址寄存器所指示的控制存储器单元内读出微指令，送入微指令寄存器。
- (2) 把进入微指令寄存器的微指令译码成微操作，分解控制信息。
- (3) 生成控制信号，执行机器的基本操作。
- (4) 由程序与运算结果决定后面要执行的微指令的地址。

反复执行上述过程，即实现微程序控制。可见微程序包含控制硬件的基本信息，它们存放在控制存储器（ROM、PLA）中，象程序一样执行，这种具有软件功能的硬件叫作固件，即固件就是软件的硬化或固化。

实际上，微程序的执行过程仍然是读出——译码——执行这样一个序列。计算机直接读出，译码，执行的指令，如果与机器可能执行的基本操作一致，这个计算机就是微程序控制的。

微程序中，微指令直接控制基本的硬件，而机器程序中，它是操作者定义的端结构，二者是完全不同的概念。

下面概述微程序设计的特征。

A 控制存储器的设计

控存通常有下述几种方式：

(1) 最简单，最普通的是一般的存贮单元排列，即控存的每一字长容纳一条微指令，这种结构有几种变形。

(2) 增加控存字长的位数，容纳二条或多条微指令，这些微指令可同时读出，减少了访问控存的次数。

(3) 把控存分成几个区，现行微指令可与同一区域内的地址相对应；亦可与其它某一区域内的地址相对应。

(4) 分离型控存结构。由字长不同的两个存贮器构成, 字长短的存贮器中容纳的微指令把该指令中含有的文字, 数据送一个或几个机器寄存器, 并启动在长字节存贮器中的常驻微指令。而字长很长的控存可对机器资源实施更多的控制。可见短字长微指令的频度比较大, 因此比较经济。

(5) 2级控存结构, 低位存贮的是毫微指令, 它解释和执行高位存贮的微指令, 因此使微程序设计更为灵活。

B 微指令格式

(1) 微指令可分为垂直型和水平型:

垂直型: 每次执行一个操作, 有1个或几个地址码, 字长一般为12~24位。

水平型: 并行控制硬件资源, 一条微指令中含有控制ALU, 内存及条件生成等一系列信息, 使硬件资源同时独立作业。这在硬件使用率上有效, 但其研制困难, 字长一般在64位以上。

由于机器的体系结构并不能完全地确定微指令格式, 而逻辑设计技术和电路设计技术又在不断发展, 每个微指令的功能亦在加强, 因此, 所谓垂直型和水平型微指令并无明显的界限, 在一般的设计中是兼而用之。

(2) 控制方式

直接控制方式, 把微操作变换成控制信号, 这种控制信号直接地, 即时地控制机器资源。

间接或剩余控制方式, 在这种方式中, 为控制硬件资源而使用了几个内部寄存器。微操作不直接控制资源, 而是各种内部寄存器控制与之相应的特定资源。内部寄存器的内容表示由一个功能部件执行的微操作, 寄存器选择和内存的地址。由微指令改变内部寄存器的内容, 功能部件可反复地执行同一运算, 或使用同一存贮器。内部寄存器可由短微指令控制, 这种控制方式可节省控制信息。

(3) 微指令的执行

执行过程因具体机器而有很大差异, 与机器指令不同, 微程序中并不隐含有微指令的执行方式。

微指令亦分为串行和并行执行。

(4) 微程序不仅依赖于编制微程序的支持软件, 而且与硬件直接有关。目前采用的, 多为汇编语言, 亦有用高级语言的。

其优点是:

(1) 设计标准化, 缩短了机器研制周期, 简化了系统结构。

(2) 灵活性, 可以扩张和改变微程序, 适应不同的用途。

(3) 高性能, 容易实现多功能, 易于研制和保存。

(4) 仿效性强。

(5) 可靠性, 可维护性得到改善。

但要求使用高速的存贮器 (ROM、PLA)。为提高速度往往采用长微指令。

五、分 类 概 述

1. 四 位 机

目前，国际上的四位机绝大多数都是单片微机，除专用机外，很少有四位微处理机。四位机的重要任务是计算机社会化。其生产趋势是系列化发展，即在同一系列内，基本上根据指令多少，ROM，RAM的容量及I/O接口情况来区分品种。

四位机产品有上百种，如Ti的TMS1000系列，PPS-4系列，MNI400系列，MCOM-4系列等。所采用的工艺有三种：PMOS、NMOS、CMOS。

四位机是渗透到社会的最广泛机种，据1976年统计，四位机占微机市场的78%，八位机占17%，其它不满5%，可见其在推广和普及计算机中的地位和作用。

对微机功能，一直存在两种认识：

其一，把它归结为小型机，由于小型机性能的提高和LSI的发展，必然隐含有这样一个分支，就是硬件，软件与计算机合为一体，成为小型多功能的处理机。

其二，为解决简单的问题，小型机将向简单、低成本，专用性方向发展，以充作各种装置的有机组成部分，提高处理机的利用率。

其应用领域主要是商业上的销售终端，事务处理，办公室用电子设备，电讯电话控制与记录，简单工业控制等。

各四位机厂家均具备开发支持系统，开发软件及模拟电路块。

2. 八 位 机

至今，八位机仍然是微机中的主流机种，单片八位微计算机正在日益增多。其研制、生产特点是：

(1) 巩固和加强现有的主流机器，8080，6800系列。

(2) 单片八位微计算机，内存容量扩展到64K字节。

(3) 军用机和专用机的发展。

(4) 推广和应用，主要是接口的标准化，完善支持系统。

除典型的8080，6800外，还有Z80，其基本指令比8080多80多种（158种），主钟频2.5~4MC。F8，是I²L的单片八位微计算机，1802采用了CMOS结构。

如前所述，由于八位机填补了小型机与台式机间的空挡，同时又具备占据大系统结点或单元的能力。因此，不管今后微机怎样发展，在一定的历史时期内，它仍不失为有前途的机种。

3. 十六位机

十六位机是目前研制的重点课题之一，其系统研制的主导思想有两个：

(1) 在原有八位机基础上，增大集成度，扩充结构，新的十六位机可与原八位机兼容，亦可重新设计。

(2) 直接把典型的十六位小型机单片或几片集成，如日本的微NOVA机，4片集成的PDP11机等。

目前很多人认为，十六位微机与小型机已没有区别。可见十六位微机不仅仅是比

八位机增加了字长和容量，更重要的是机器性能的改善和提高。

4. 位片机

1974年，MMI公司介绍了第一个位片式微处理机，即采用ST²L的4位仿真NOVA1200/800的6701控制位片，但当时没有提供其它电路和辅助设计工具。1975年初，Intel公司和AMD公司分别生产了ST²L的4位系列3000和Am2900，创立了“双极位片微机”。其后，FSC、Ti、MOT等公司分别生产了ECL、ST²L、I²L位片系列；近年来，FSC公司生产了F100K系列，日本用ECL电路集成了1300余门的RALU。现在，位片系列已有十几种。

高速微机采用双极位片形式，并不完全取决于双极电路集成度的限制，还因为，位片结构具有灵活，微程序，用户程序可编，就地纠错，硬件易于实现并行算法。

“位片式微处理机之所以对系统设计产生影响，是因为在某些应用领域中，它们是一种代替硬连逻辑，提供获得所要求的专用功能和吞吐率的唯一可行手段和最佳途径。这些领域是，信号处理，联机系统，数据通讯，过程控制及外设的高速控制器”。

获得上述特点的代价是要求系统具备强有力的支持软件。这方面的研制费用高昂。并且，位片机对系统设计者和用户来说，是“硬件开放”的。即要求设计和使用者的除具备丰富的计算机实践经验外，还必须具备LSI、(VLSI)，甚至半导体器件物理知识，否则，就不可能组成一个理想的系统。

微程序设计在位片机结构中发挥了重要的作用。

(1) 微程序控制结构

处理部分 (micro processing element)

处理部分一般按功能垂直划分，等字长，要求每个RALU的控制线并行连接，其连接方式完全相同。

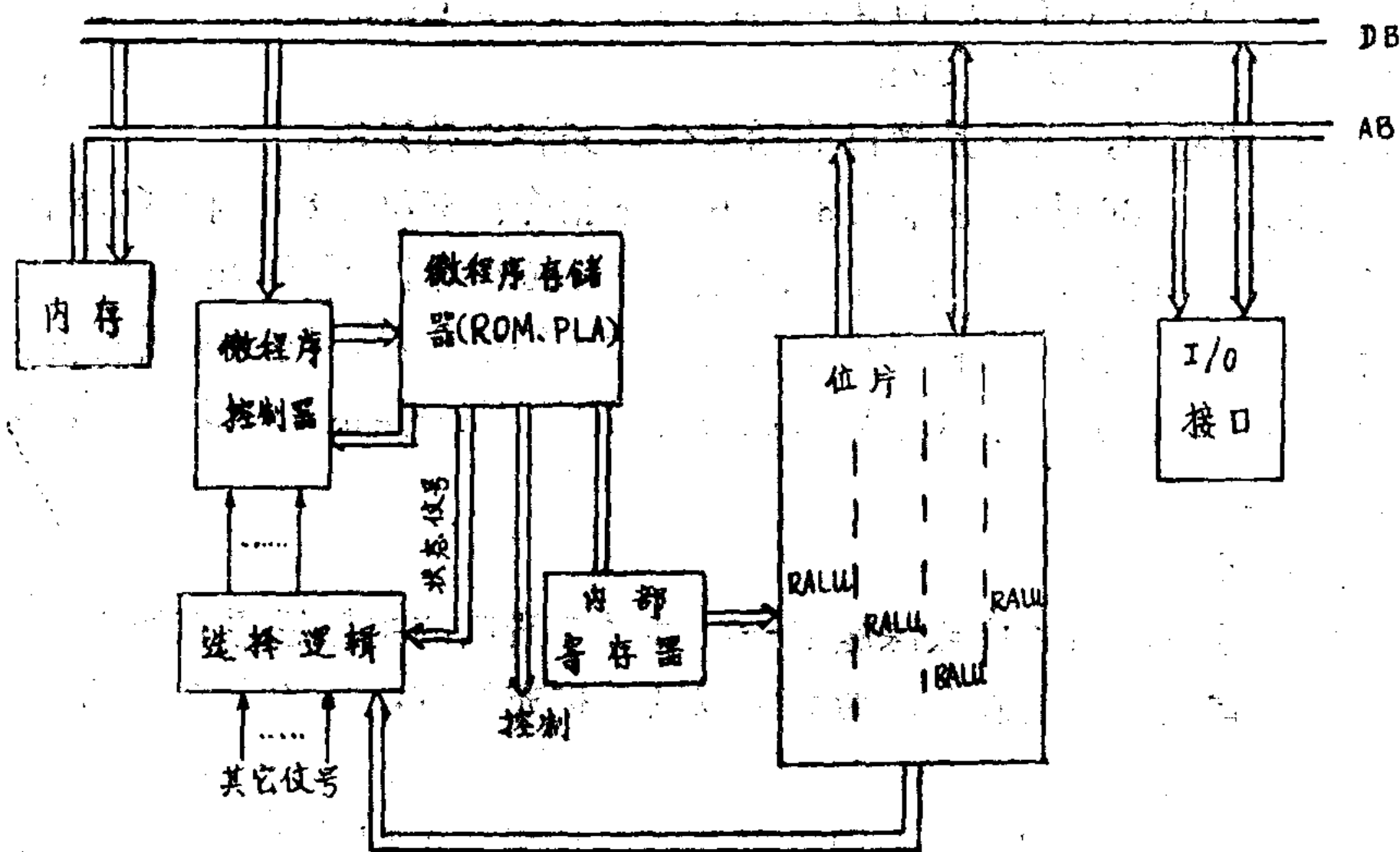


图4 微程可编的位片机结构