

计算机体系之变迁

【征询意见稿】

第四分册

张 修编

中国科学院计算技术服务社

一九八一年七月

第四分册 目 录

第五章 走向生活, 走向社会	{ 2 }
一、 微型计算机	{ 3 }
二、 数据流计算机	{ 16 }
三、 面向高级语言的计算机	{ 30 }
四、 数据库计算机	{ 44 }
五、 动态体系结构计算机	{ 54 }
六、 人工智能与计算机体系结构	{ 62 }
第六章 计算机与未来	{ 69 }
一、 为高性能、低成本而斗争	{ 89 }
二、 体系设计方法及其自动化	{ 75 }
三、 中国计算机发展的方向	{ 91 }

第五章 走向生活，走向社会

当第一代计算机放在大型科研机关之中，由少数专家使用时，可以说它是在象牙之塔内。第二、第三两代，计算机应用范围不断地扩大，它也就越来越普及。不仅如此，它还为进一步大普及准备了条件。这种条件分为两个方面：从计算机本身，硬件和软件都朝着便于使用的方向发展。提高运算速度只是一类计算机的发展方向。下一章将详细讨论这样一个问题：今天改善价格性能比的任務，与其说提高性能，不如说降低成本走主流。从使用人员方面，也做了准备。由于软件的发展使得使用人员的训练很容易。一、两个月的训练，就能初步使用一种高级语言编写程序。但是，第三代计算机主要还是在机关单位中使用。转入第四代计算机时，大量的个人用计算机，家庭用计算机，办公用计算机的出现，使计算机完全走出了象牙之塔，走上市井街头，走向生活，走向社会。

什么是第四代计算机的标志呢？近来比较普遍地认为是大规模和超大规模集成电路。它是用集成度区分的。通常把在一块基片上组装100个元件称为小规模集成电路，组装100到1000个元件称为中规模集成电路，组装一万个元件称为大规模集成电路，而组装一百万个元件称为超大规模集成电路。因此，小规模集成电路在一块基片上只是几个逻辑门，而大规模集成电路在一块基片上已能组装单个逻辑部件。从七十年代初，就出现了组装在一块单片的具有一定字长的处

理机，称为微处理机，而由微处理机组成的计算机，称为微型计算机。

由于微型机体积小，可靠性高，成本低，适于大批量生产，灵活性大，可组装成适合应用的结构。因此，它的问世引起使计算机走向生活和社会的潮流。而且，由于它的应用方向与通用计算机有别，它的制作技术也与小规模集成电路不同，从而它可以采用新的体系结构。它的主要特点是单个处理机结构简单，而用这种简单的处理机和逻辑部件构成复杂程度不同的计算机系统。

在新的体系结构方面还出现了一些有发展前途的设想：进一步提高性能改善并行处理的数据流计算机；更便于使用的高级语言计算机；发展大型数据处理的数据流计算机；将硬件和软件灵活地结合在一起的动态体系结构计算机和更全面模拟人的智能的人工智能计算机。这些研究，由于其体系结构设想与现有的通用机差别较大，当前还都停留在模型试验阶段。但它可能成为今后的发展方向。本章将顺序介绍这些体系设计的新思想，而在下章的第一节再讨论它们暂时将不到发展的原因。

一、微型计算机

计算机制造厂家一直致力于计算机的微型化。不时地宣布有微型机出现。但只是在1967年美国制成大规模集成电路计算机以后，才逐渐出现当前意义的微型计算机。而以前的微机，实际上只是小型或超小型计算机。因为它们只是规模缩小，体系结构并没有变化。

1971年Intel公司开始出售装有4位微处理机4004的微

型计算机MCS-4。以后又发展为由8位的微处理机8008构成的MCS-8。这一时期除微处理机外，其他部件都没有充分做到大规模集成化，是微型计算机的早期发展。

1973年Intel公司发表了装有新型八位的微处理机8080的微型计算机MCS-80。它的功能和性能都得到很大的充实。到1975年外围线路也实现了大规模集成化。这才使微型计算机真正初具规模。随后Motorola公司又发表了M6800，Fairchild公司发表了F-8。正式形成了微型计算机这样一种类别。

1976年8008和8080的主要设计人自己筹建公司生产了Z-80微处理机。它比8080在功能和性能上都有很大的提高。同时，8080也改进为8085。这时，只读存储器、随机访问存储器和输入输出接口与微处理机都组装在一块基片上的单片式微计算机也已出现。字长从8位发展到16位。现在正进一步朝着32位发展。

由于微处理机是微型计算机的核心，下面将着重讨论微处理机。首先说明微处理机设计方面的问题，其次介绍几种典型的微处理机的体系结构，最后讲讲有关微处理机的应用方向问题。

1. 微处理机设计方面的问题

微处理机设计方面的问题，主要反映了工程技术对体系结构的影响。

首先是集成度问题。若要把用户所需要的功能都集中在一块基片上，当前的技术还有一定的困难。若分散在几块基片上，不仅成本高，

而且由于走线延迟长，影响到速度慢。因此，一方面提高集成度，另一方面要尽量简化体系结构。在采取提高速度的措施时，要慎重考虑。因为由于结构复杂而分成两块集成电路，可能不如简单地布在一块上好。现在采用以四位、八位或十六位的划分结构，多位可以自由结合。它是处理机划分时普遍采用的方式。至于不能用这种办法划分的，可以采用按功能划分方式。但要尽量减少集成电路品种。总之，由于集成度的限制，要求尽力简化结构和仔细进行功能划分。

其次是针数问题。由于处理机放在一块基片上，它的输入输出针数，受单片所能引出的数量所限。从设计角度，自然希望越多越好，但工艺上达不到设计要求。例如，高达16位处理机要求100~150根针，而目前大多只有60根针。确实需要增加针数，可是由于大规模集成技术，组装技术和价格关系，在最近期间还不能指望急剧增加。因此在体系设计时要考虑这个限制因素。几个信号分时使用同一根针就是一个解决办法。

第三、为提高集成度，目前基片面积都比以前扩大。因此，基片上不可避免的局部缺陷也影响到设计。有一点缺陷就舍弃不用，势必使成本过高。因此，要能设计成允许灵活地置换一部分逻辑。现在采用一种可编程序逻辑阵列技术。它类似于译码矩阵（图1）。当水平线上有信号输入时，它们的垂直线上产生输出信号。由于这种逻辑有规则地排列，在不全部使用的条件下，可以自由置换部分逻辑。这虽然主要是逻辑设计问题，但它要求体系结构适应这种逻辑。

第四、接口问题。当由若干基片组成微型计算机时，相互之间的接口要努力做到标准化，以便于各种功能的集成电路自由连接。但目前在这方面的进展不大。

第五、故障诊断问题。内部使用的逻辑电路多，外部引出针少。如何通过少量的输入输出信息，检测出集成电路内部的故障，以便及时修复或更换。

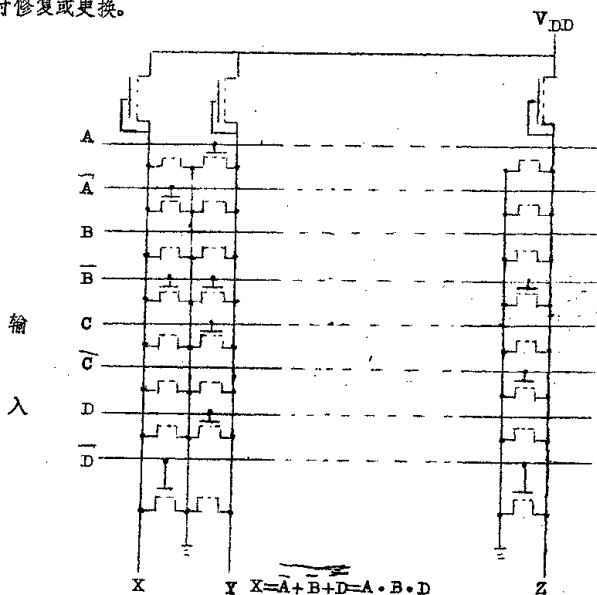


图1. 可编程序逻辑阵列举例

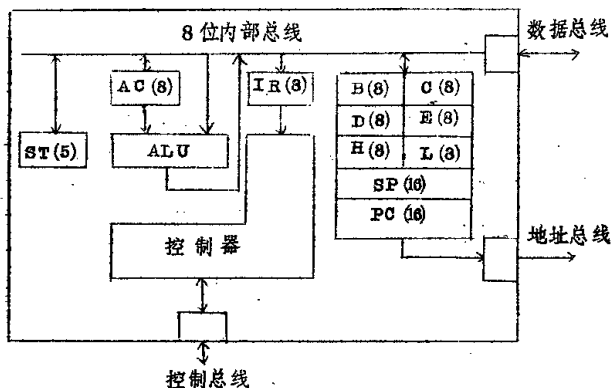


图 2. INTEL 8080A 处理机框图

第六、确保逻辑设计正确性。由于大量逻辑连接都做在了集成电路内部，逻辑设计错误往往要重复生产工艺过程，提高研制成本。因此，必须尽力预先排除各种逻辑错误。这除了简化体系结构，尽量采用成熟的逻辑连接以外，还要采用逻辑模拟等各种设计自动化措施，以避免人为错误。

2. 几种典型的微处理机体系结构

Intel 8080A

8080A 是 8 位的微处理机。它是早期 8080 的改进。这些改进表现在：补充了一些指令，高速化，地址总线与数据总线分开，加强中断功能等。

8080A 的结构框图见图 2。内部功能划分如下：

第一部分为寄存器组。由六个 16 位的寄存器组成。其中五个是用户可以访问的。它们包括：16 位的指令计数器 (PC) 保存着下一条应执行的指令；16 位的堆栈指针 (SP) 指出存储器中堆栈的顶端地址；6 个 8 位的通用寄存器 B、C、D、E、H、L。它们可以 8 位单独使用，也可以 16 位连在一起使用。其中 H、L 寄存器连在一起，可以做为间接地址的地址指针。

第二部分为运算器及其有关的寄存器。运算器可以进行算术运算、逻辑运算和移位操作。与它有关的是一个 8 位的累加寄存器 (AC) 和 5 位的状态寄存器 (ST)。状态寄存器保存有运算的结果状态，用它控制条件转移。

第三部分为指令寄存器和控制器。8 位的指令寄存器 (IR) 从内部总线上接受指令，送给控制器进行解释，并把相应的控制信号发给运算器、存储器和输入输出设备。

8080A 较 8008 拥有更多的外围电路，因此对外连接较为简单。但它仍要两块组件配合：一块脉冲发生器，形成主频脉冲，另一块系统控制器，将存储器和输入输出设备的控制信号译码后通至各部件实现直接控制。以 8080A 为中心的这一组处理部件与系统的接口关系如下：

$A_0 - A_{15}$	地址输出总线 (输出)
$DB_0 - DB_7$	数据输入输出总线 (输入输出)
$\overline{INTA}$	中断 (输出)

$\overline{EMR}$	存储器读出控制 (输出)
$\overline{EMW}$	存储器写入控制 (输出)
$\overline{IOR}$	外部设备输入控制 (输出)
$\overline{IOW}$	外部设备输出控制 (输出)
INT	中断要求 (输入)
INTE	允许中断 (输出)
HOLD	要求保持 (输入)
HEDA	保持状态 (输出)
+12V	电源电压
+5V	电源电压
-5V	电源电压
GND	地。

图3是用8080A微处理机组成微计算机的一个例子。它的存储空间可以有64K位组。

M6800

M6800与8080A一样是八位的微处理器。它不象8080A那样使用三种电源，只使用一种+5V电源。M6800的框图示于图4。它的结构与8080A比较如下：

寄存器组只有16位的指令计数器 (PC)、16位的堆栈指针 (SP 和一个可做通用寄存器用的16位的变址寄存器 (IX，可分为两个八位使用)。比8080A少了两个通用寄存器。

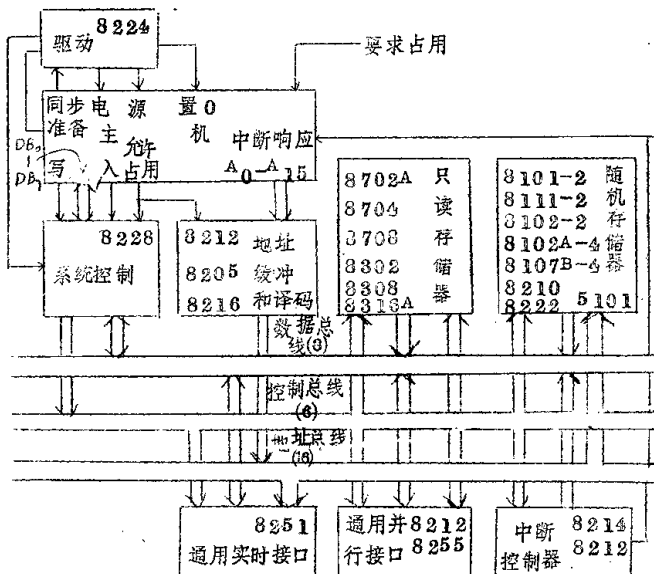


图 3. 8080A 微型计算机系统

运算器及有关寄存器中，有两个八位的累加寄存器（AC）和一个 6 位的状态寄存器（ST）。这一部分比 8080A 多了一个累加寄存器。

指令寄存器和控制器部分与 8080A 大体相同，只是存储器和输入输出设备的控制信号不分开。输入输出接口地址是存储空间的一部分。存储空间也是 64K 位组。另外，控制功能也比较强，例如可以使用变址和相对地址等方式。

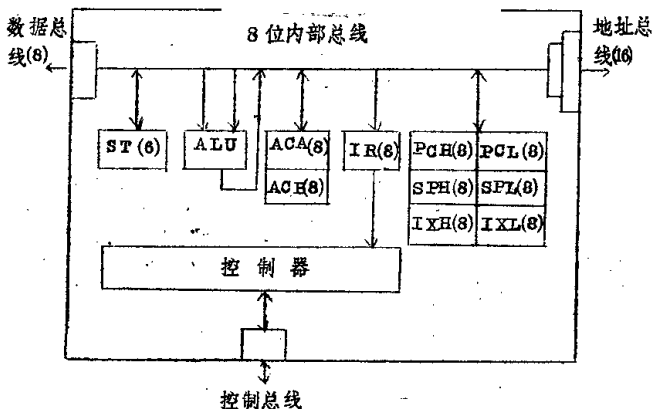


图 4. 6800 微处理机框图

F-8

F-8 也是八位的微处理机。由于设计时把整个计算机作为一个整体划分的，把前两种微处理机的一部分功能（指令计数器和堆栈指针）移至存储器。空出的位置增加了一个 64 个位组的寄存器组。另外，由于不寄要地址总线，主机和只读存储器中空出的针用作输入输出接口。F-8 计算机最少要由主机和只读存储器两块组件构成。

由于主机中有了 64 个位组的寄存器，对主机以外的访问将大幅度减少。如果只使用主机内部寄存器，因其地址位很少，整个指令只需要八位就够了。但这时寄存器组的前面 12 个位组不能直接定址。为了能访问整个寄存器组还设了一个 6 位的间接地址寄存器（ISAR）。

累加寄存器、状态寄存器均和 8080A 相同。八位的指令寄存器和

控制器能译出五种控制信号。F-8的结构框图见图5。

Z-80

Z-80 同样是一个8位的微处理器。它总结了8080A的经验教训，在此基础上做了很大的改进。主要的改进在于增加了寄存器组、累加寄存器和状态寄存器的数量，扩充了指令和主机具有对随机访问存储器的再生功能。从组装上，8080A要求三块组件和三种电源。Z-80做到只要一块组件和一种电源（+5V）。由于它是8080A的改进，所以8080A的大部分软件都适用于Z-80。

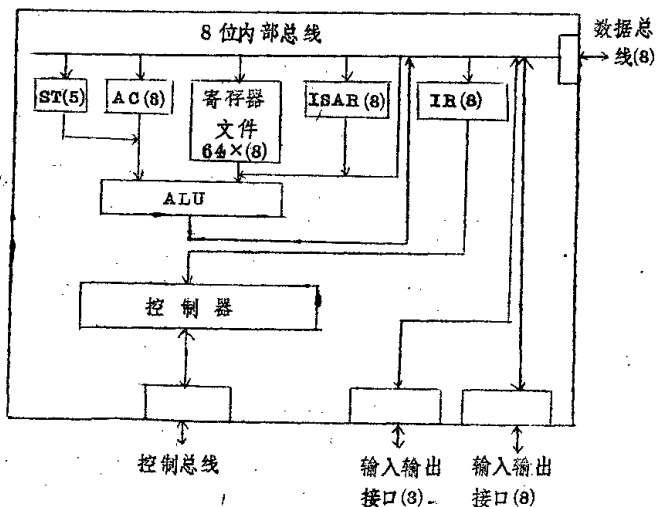


图5. F-8微处理器框图

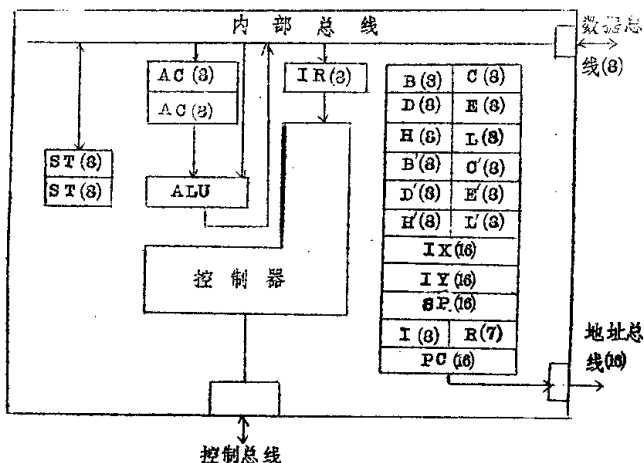


图 6. Z-80 微处理机框图

Z-80 微处理机的框图示于图 6。内部功能分别说明如下：

寄存器组部分包括 11 个 16 位的寄存器。16 位的指令计数器和 16 位的堆栈指针仍和以前一样。中断向量寄存器 (I) 只有 8 位。它保存着中断向量的高 8 位地址。低 8 位根据中断要求形成。这就允许中断处理程序的地址以 256 个位组为单位自由移动。还有一个 7 位的 R 寄存器用做动态存储器再生计数器。每取一条指令，它的内容加 1。在解释指令期间，将它做为地址总线的低 7 位送去作为再生信号。因为通常此时用户程序不进行访问。有两个 16 位的变址寄存器 IX 和 IY。它们保存有基本地址。相对地址在指令中以补码形式用一个位

组指出。此外，还有6对通用寄存器： $B-C$ ， $D-E$ ， $H-L$ ， $B'-C'$ ， $D'-E'$ ， $H'-L'$ 等。它分为两组。前3对为一组，后3对为另一组。可以按8位寄存器使用，也可以按16位寄存器成对使用。可以通过“寄存器组切换指令”选择使用前一组或后一组。这样中断时就不必要保存寄存器内容了。

运算器及有关的累加寄存器和状态寄存器都有两套。每个寄存器均为8位。两套寄存器每次也只用一套。它和上两说的通用寄存器组一起切换。

指令寄存器及控制器则和8080A相同。它用一块组件代替8080A的三块组件。它的接口信号如下：

A_0-A_{15}	地址输出总线（输出）
D_0-D_7	数据输入输出总线（输入输出）
$\overline{BUSER}$	要求占用总线（输出）
$\overline{BUSAK}$	允许占用总线（输出）
$\overline{M_1}$	取操作码周期（输出）
$\overline{MREQ}$	存储器请求（输出）
$\overline{IORQ}$	输入输出请求（输出）
$\overline{RD}$	从存储器、输入输出读出（输出）
$\overline{WR}$	向存储器、输入输出写入（输出）
$\overline{RFSH}$	存储器再生（输出）
$\overline{HALT}$	停机状态（输出）

<u>WAIT</u>	请求等待〔输入〕
<u>INT</u>	中断要求〔输入〕
<u>NMI</u>	非屏蔽中断〔输入〕
+5V	电源电压
GND	地。

在控制功能方面，除了前面介绍的动态存储器再生以外，还有非屏蔽中断信号，必要时解除软件的死循环。

3. 微处理机的应用方向

当前微处理机的发展方向主要为三个方面：个人计算机，控制核心和多处理机系统。

个人计算机。由台式计算机发展起来的袖珍计算器，可能会被个人计算机所代替。当前由于外部设备的庞大，还不能做成便携式的，但正朝着手提式发展。它所用的外部设备除小型键盘和液晶显示外，还有盒式磁带、软磁盘、微型印刷机等。这种计算机主要供工程技术人员处理小型工程计算，整理实验结果使用。家庭计算机和办公计算机是个人计算机发展的另一方面。它是不移动的。连有显示设备，键盘输入设备、字符式打印机、软磁盘等，甚至有小型作图仪。家庭使用目前还仅限于记帐和游戏。而办公计算机则多半是大型办公系统的一个智能终端（即以小型计算机做为大系统的终端设备）。但发展前途广阔。

控制核心。最早是在卫星、导弹、飞机和其他武器上用做控制核

心。生产过程往往用大、中型计算机控制。现在在一般仪器仪表中,甚至一些家庭用品,如洗衣机、照相机等,都开始使用微型机控制。做为控制核心,它们很少甚至没有常规外部设备。有些用微型机控制的实验设备可以自行控制实验过程和整理实验结果。

多处理机系统。正在实验的一些多处理机系统常常就是用微处理机组成。有的专用阵列机,如图形识别系统。往往也由微处理机构成。在这个意义上讲,微型计算机并不一定是规模很小的计算机。

参 考 文 献

国分明男: マイクロコンピュータ・アーキテクチセ,

エレクトロニクス, 1977, No.12 pp.1153-1166

二、数据流计算机

流水线计算机和并行计算中都遇到单一序列程序的矛盾。当后面的计算要使用前面计算的结果时,将它们顺序排列是必要的。但是,当后面的计算与前面的计算无关时,仍将它们按一个顺序排列,就成为并行计算的妨碍。因此提出这样一种设想:使所有数据彼此不相关的计算都同时进行,而与前面数据相关的计算,一旦解除相关后也可立即执行。这不仅要求体系结构变化,而且要求程序设计也相应变化。