

国外微型计算机选编

GUOWAI WEIXING JISUAN JI XUAN BIAN

济南市科学技术咨询服务中心

内 容 简 介

为加速四化建设,迎接新技术革命的挑战,一个学习和推广应用微型电子计算机的热潮正在全国蓬勃兴起!为适应这种迅速发展的新形势,我们组织编写了《国外微型计算机选编》。

本书搜集了国外近100个厂家研制生产的150种机型的详细数据。其中包括机型、中央处理单元型号和生产厂家、字长、容量、时钟兆/相、寄存器、存储器、系统功能、软件、结构、特性、外围设备、功耗、工作环境、参考价格等,特别对国家优选的典型机作了重点介绍。

这是一本实用性和资料性较强的普及性读物,可做为领导机关、工矿企业、商店、学校等单位选购微机的参考书,亦可做为使用单位的工具书,它将为工程技术人员开展微机应用提供方便。

本书初稿是由胡吉胜工程师经过近两年的时间搜集、整理完成的。为了能及早和读者见面,承济南微电脑应用协会暨胡庆东工程师、山东省地震局周元亮工程师等编写组的同志认真修改补充定稿的。计有文字五万余、性能一览表15张,可供查阅。

由于时间仓促对国外近期推出的新型微处理机、微型计算机未及编入,就目前编入的部分也由于资料来源繁杂。因此,错误之处在所难免望祈指正。

目 录

前言:	(1)
一、微型计算机的结构及其应用	(3)
二、微处理机和微计算机的结构特点	(5)
三、微型计算机的选择	(7)
四、微型计算机的程序设计	(9)
五、微型计算机典型产品介绍	(11)
六、微型计算机复合系统	(36)
七、微型计算机的发展趋势	(39)
八、国外主要微型计算机系统一览表	(41)

国外微型计算机选编

前 言

自从1948年巴丁、肖克利和布拉顿发明了世界上第一只点接触锗晶体管以来,随着半导体集成技术及计算技术的飞速发展,在七十年代初突破的大规模集成电路(LSI)技术的基础上,微处理器的问世是最激动人心的技术进展之一。它一问世就以崭新的姿态出现在计算技术的历史舞台上。

微型计算机又称微电脑是计算技术与LSI技术相结合的产物,同时也是在高级台式计算机的基础上发展而来的,但它与台式机又有着本质的差异,可以说它是采用程序存储和程序控制的“台式机”一般由微处理器(包括运算器和控制器),随机存储器和只读存储器、各种通用或专用接口电路构成,如配上显示器、打印机或磁盘机等外部设备,就组成了微机系统。它体积小,重量轻,成本低和可靠性高,正为各行各业提供一种轻便而通用电子控制装置,以实现意义更为广泛的过程控制和数据处理功能。因此,它的诞生和发展不仅填补了台式机与小型计算机之间的空挡,而且为整个计算机系统的体系结构带来了深刻的影响。它不仅推动了数学电子领域的革命化,而且对我们这一代和下一代人的生活方式将带来很大变化。

1969年8月,美国加利福尼亚州的英特尔(Intel)公司为日本Busicom公司设计的台式计算机用的集成电路(IC),应该说它是现代微处理机的始祖。1971年6月Intel公司正式发表了世界上第一台微处理机“14004机”研制成功。这台微处理机是单片PMOS LSI,面积为 $3.8 \times 2.8 \text{ mm}^2$; ROM(只读存储器)256字节, RAM(随机存取存储器)320位,寄存器10位,通道4位,有45种基本指令, PDIP(双列直插式)封装,这实际就是第一代微处理机。这一代机的代表即为Intel的4004机和8008机以及由它构成的MCS—4和MCS—8微型计算机。自此以后不久又出现了各种各样的微处理机,美国的主要半导体厂家都争先恐后进行微处理机的研制和生产。它的发展是很快的几乎每两年就有一次重大突破,于是又出现了以NMOS技术为主,辅以双极型器件的第二代微处理机。这一代机可以说是八位机发展的盛行时期,它的代表产品是Intel公司的T²L 3000和8080系列; TI(德克萨斯)公司的SBPO 4001²L系列; Motorola(英托洛拉)公司的M6800和ECL 10800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。1976年下半年以后进入第三代即采用了HMOS技术,以提高微处理器芯片为主要特征,使八位机具有16位机性能如改型Z—80机和16位高档机,以及M68000, Z—8000以及18086和小型机直接集成化的微诺瓦(NOVA)机和PDP—11机。目前,国外微机已逾300种,产品已系列化,结构上则已从单片微处理器发展到单片微型计算机即一片LSI就是一台微型计算机。高档微计算机的性能已达到或接近小型计算机的功能如LSI—11、TLC—12机等。

当前国外数字电子领域中出现的一个给人印象很深的革新就是采用超大规模集成电路(VLSI)且已开始了第四代微型计算机的研制,未来新的微计算机将由智能外国设备,分

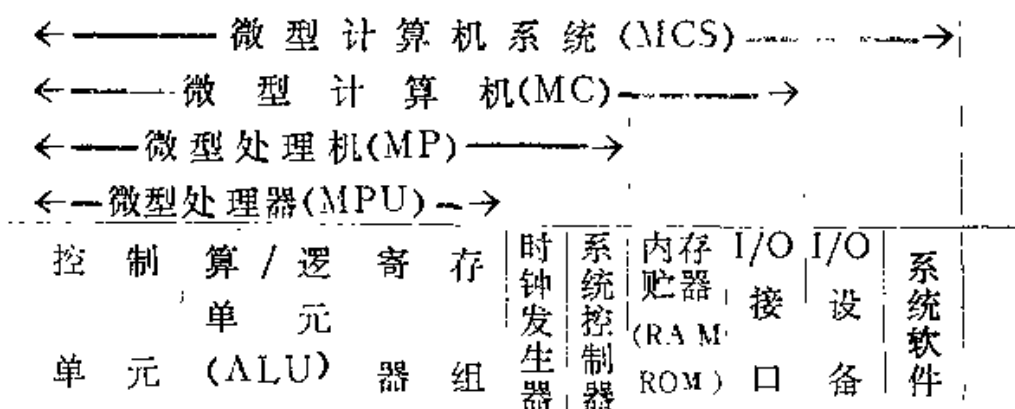
布功能，微型网络和阵列结构组成。可以毫不夸张的预言，微处理机将似晶体管对电子管所产生的影响一样，对目前在仪器仪表和计算机网络中所采用的普通数字系统的设计带来巨大的变化。在愈来愈多的应用中它的成本可与通常的随机逻辑器件相匹敌。随着微处理器功能日趋增强，显然，微处理机不仅可代替某些小型计算机，而且将打开新的更广泛的应用领域。为此我们编写这个小册子的目的旨在使准备拟用微处理器和微计算器的单位，对国外主要微型机有个概括的了解，以便进行合理的选择和引进。

一、微型计算机的结构及其应用

计算机微型化为时不长，六十年代的后期才着重搞小型计算机，而进入七十年代则主要是发展微处理机和微型计算机。小型计算机最早出现于六十年代中期，1965年美国数据设备公司（DEC）研制生产的PDP-8是最早的小型计算机。微型计算机比小型计算机小，结构上与传统的计算机相似，但它的处理单元是一片或几片LSI组成这种“中央处理单元（CPU）”，称为微处理器或微处理机。微处理机加上其他部件，如时钟脉冲发生器，存储器、接口电路等便构成微型化计算机。

微处理机通常含有一只运算器（ALU）和一只控制器。运算器对来自存储器或输入装置的数据进行算术和逻辑运算；控制器是控制计算内的数据流和指令流，它从存储器中取指令、使指令译码、启动适当的电路并控制由运算器和输入输出器件所完成的事件的正确顺序；存储器被用来存储数据和指令；输入/输出装置提供了用来从外界来回传送数据的机构。微处理机通常需要某些辅助电路才能起到一只完整的中央处理机（CPU）的作用。必要的硬件数目随处理机的不同而变化。随着更新颖器件的发展，所需的辅助电路将愈来愈少。以Intel公司制造的MCS-80微计算机系列为例，其中有一种CPU组件，它包括一个8080微处理机、一个晶体时钟、以及存储器和输入/输出接口逻辑电路。

微型计算机与其他计算机一样，操作的也是二进制信息。二进制信息由二进制数字来表示，称作位。微计算机是以位的组来操作的，这些位的组被称为字。在不同的微处理机中，构成一个字的位数是不同的。通常的字长为4位、8位、12位和16位。另一个常用的二进制量是位组，每个位组有8位。实际上，微处理机对所有数字系统的设计都带来了影响。在许多过去采用随机逻辑器件的那些系统中，微处理机将大显神通。因为在复杂的系统中，微处理机通常比随机逻辑器件来得廉价。人们预期，随着时间的推移和科学技术的发展，微处理机的成本将继续下降。目前，大多数微处理机制造厂家都有自己的发展系统，即原型系统，供设计者选用。这些系统通常含有一台具有存储器和输入/输出扩充能力的微型计算机。在设计适合于专门用途的微型计算机中，这些发展系统就特别有用。关于上述微型机的定义有下列表示可供参考。



微处理机在各个领域中的应用是层出不穷的。例如一种每秒能够发送300位数据的电传打字机的计算机终端，采用了12块LSI装配而成，成本不足300美元；交通灯控制器用12个微处理系列元件的LSI封装而成，而相当于同样设计的TTL200块；一种简易的气泵计只需要一只微处理机和9只其他的封装器件；具有五种功能的数字仪表板由5块微处理机系列元件加上显示电路就可制成。国外，还有一种微处理机控制系统已被应用在试验汽车内，它能监控几十个工作参数，而其元件组成还不足200美元，这在微处理机出现以前是很难想象的。正因为微处理机代替了硬线逻辑，所以说它是真正通用的大规模集成逻辑器件，只不过计算器芯片是专用的而已。这样它就能提供LSI和可编程序双重优点。另外，不用硬件互连，而采用软件程序来提高处理机的性能，也引起了许多电路设计师的兴趣。就处理机而言，一个典型软件程序由一系列的命令或指令所组成，这些命令或指令存贮在一只相适配的只读存贮器中。由于只读存贮器易于编制程序，因此微处理机的功能可以很方便地改得适合于某一种变化的需要，如果在硬件中的扩充和费时的改变有必要的话。新的设计也将变革得更加高速，因为一种标准的微处理机结构可以跟一个不同的只读存贮器程序一起用于各种新的应用。就其性能而言，一种高档微计算机字长已达16位，运算速度已达每秒几万，几十万甚至上百万次，主存容量4K以上，不少已达64K甚至128K，整个微机已可做得只有袖珍半导体收音机大小，甚至只有一块方糖大小。而价格方面，微处理机只有几个美元，微型计算机也不过几百美元。

不同的微处理机具有不同的特性，在应用中根据实际需要进行选择，使其发挥更大效能。下面列出常见的几种机器的典型应用：

4位系统机：主要应用于记帐（会计）系统、仪器仪表、电子计算器、电子娱乐装置、智能仪器和简易终端。**8位系统机：**适于控制系统、信息终端和仪器设备、销售点终端、交通控制装置、通信予先处理机（数据集中器）和过程控制系统。**16位系统：**适用于数据系集系统、数字控制、信息终端、监督控制（如气体、电力、水的分配等）、自动测试系统等。

二、微处理机和微计算机的结构特点

(一) 微计算机的结构特点: 微计算机是一种能按照预先按排好的顺序步骤(程序)来处理二进制数字(数据)的机器。顺序的每一步被称为一条指令。微处理机跟所有的计算机一样, 具有下列特点:

- 1、输入介体: 通过这种输入介体, 数据和指令方可得到输入。
- 2、存贮器: 从存贮器可以获得数据和指令, 并能按照理想的次序把结果存贮在存贮器中。
- 3、运算器: 能对取自存贮器的任何数据进行算术和逻辑操作。
- 4、判定能力: 在计算结果的基础上, 能选择动作的交替过程。
- 5、输出介体: 通过它能把结果传送给使用者和用户。

能满足以上五个特点的计算机被称为哈佛(Harvard)级计算机。除此之外, 如果指令以跟数据相同的形式被贮存在同一存贮器中, 对计算机的运算器来说, 每条指令都能相等地进入此部分, 然后指令可以作为象数据一样来对待, 计算机可修改它的指令, 这样的计算机则被称为冯纽曼(von Neumann)或普林斯顿(Princeton)级计算机。而微计算机在这两种计算机中都是行之有效的。

所有的微计算机都是以4块基本积木式组件为基础来设计的, 它们是输入器件、存贮器、微处理机和输出器件。输入器件能为微处理机把输入信号转换成合适的二进制形式。某些典型的器件为模/数转换器、电传打字机以及盒式磁带组等。通常需要一个接口来把输入数据变换成合适的数字形式。存贮器具有存贮二进制数字的能力, 这些二进制数字详细说明了计算机准备执行的指令。存贮器还能存贮二进制数据, 这些数据将由计算机进行操作, 并于最终输出给外界。

(二) 微处理机的结构特点: 微处理机含有中央处理单元, 中央处理单元由运算器、合适的寄存器和控制电路组成。由于采用LSI工艺, 微处理机通常制作在一块或几块集成电路上, 与执行一个程序所有有关的步骤包括把二进制数据从一个寄存器传送到另一个寄存器, 并对这些数据进行算术和逻辑操作(与、或、加等)。中央处理单元一般含有若干个寄存器, 这些寄存器通常用来暂存至计算机的数据和指令, 最常用的寄存器有:

1、存贮器地址寄存器(MAR): MAR能存放准备在存贮器中存取的字的地址。它的容量确定了能直接存取的在存贮器中的字数。例如, 一只16位的寄存器允许 $2^{16} = 65,536$ 字能被直接存取。

2、存贮器数据寄存器(MDR): MDR能接收和存放来自存贮器的字的地址。MDR的容量是由数据中的位数来确定的, 如2个字节的字长要求一只16位MDR。准备写入存贮器的字也存放在这个寄存器中, 直至完成写入操作。在微处理机中, MDR可看作为一只缓冲器。

3、累加器(AC): 在ALU中进行算术和逻辑操作的结果典型地被存放在累加器

中。累加器能累加由 A LU 进行操作的结果。通常，在微处理机中所有的输入/输出数据必须通过累加器，这样它就成了关键的寄存器，该寄存器的容量等于数据字的字长。有些微处理机只有 2 只或多只累加器，这样就能使处理机更加灵活，并能更有效地完成一定的操作任务。

4、程序计数器 (PC)：程序计数器含有正被处理的指令的存贮地址。指令组 (或程序步) 通常被有次序地存贮在存贮器中。

5、堆栈：是一个特定的存储区，是寄存器的一种阵列，它的一端是固定的，另一端是动的，对这个特定的存储区所有的信息存入和取出都只能在动的一端进行，并且符合后进先出的原则。栈有状态栈、返回地址栈、修改栈等等。堆栈的概念在编译技术中被广泛应用。

6、暂时存贮器：又称通用寄存器，在大多数处理机中，可存放操作数、操作结果、变址量和修改量，也可作为指令地址寄存器或堆栈指点等。为了暂时存贮数据和地址，一般用若干个通用寄存器组成通用寄存器组。采用通用寄存器可减少访问主存储器的次数，提高程序控制的灵活性。这种寄存器的数目以及对它们进行存取，将随计算机的不同而有很大差异。

7、指令寄存器 (IR)：指令寄存器是控制器中的一个基本部件，其作用是暂时存放现行指令。即存有正在译码和执行的指令。

8、状态寄存器：状态寄存器通常由一只或多只触发器组成。它记录数据通路执行操作时的特殊情况，根据它的使用分为通用和专用两种。

(三) 外围设备：在这里述叙是广义方面的含义。一般应分为外部设备和外围设备，前者的概念是除主机以外的其他设备，通常指外存储器 (磁带、磁盘、磁鼓等)、输入输出设备 (如打印机、穿孔机、打字机、卡片读出器)，后者一般认为系指计算机系统中除主机以外的其他围绕主机而设置的各种设备，除了包括外存储器和输入输出设备以外，还有模数—转换设备、数据终端设备、外围处理机等。对微处理机来说跟外界的通信是通过采用外围 (输入/输出) 装置来完成的。通常使用的外围设备包括电传打字机、模/数和数/模转换器、纸带阅读机和穿孔机、显示器、匣式磁带机、以及磁盘存贮器等。当一个或几个输入/输出装置被连接在一台微计算机上时，就需要被称为外围接口的、用于每个装置的接口网络。这种接口有必要把正从外围传至计算机的信息转换成适于计算机进行操作的形式。此外，接口通常必须给计算机提供状态信息，如准备状态或工作状态，并还须调整在计算机和外围设备之间所产生的时差。

在外围接口中，一般应具有四个方面的功能，即缓冲，地址译码或器件选择，指令译码，以及定时和控制。为了实现微处理机与外围之间的数据交换，缓冲是必要的。为了在具有一个外围以上的系统中选择一个输入/输出装置，就要求地址译码。在某些系统中提供给那些完成数据传送以外功能的输入/输出装置以指令译码，例如使带传送构成进行反时针回绕。这些功能中都应达到定时和控制准确地要求。

三、微型计算机的选择

目前国外微处理机厂家繁多，品种逾300种，人们可以在足够地范围内选择自己理想的微机。不同的微处理机的操作特性是有很大差异的，因此如何正确地选择微处理机颇有些考究。

选择一种合适的微处理机主要依赖于特定的用途。由于不同微处理机的特性很不相同，因此在作良好选择时必须考虑某些因素。从设计者的立场看，选择的过程涉及到对拟选处理机的有关软件、硬件和系统设计的调查研究。软件设计调查要求对许多特性，包括结构、字长、速度和设计灵活性，进行鉴定。硬件设计调查包括鉴定完整性，如必需的支持硬件的数量。系统设计调查要考虑有效的硬件和软件的设计辅助工具。

通常，首先考虑的特性是字长。计算机每个字所包含的位数称为字长。根据计算机的不同，字长有固定的和可变的两种。固定字长，即其长度不论什么情况都是固定的；可变字长，则在一定范围内，其长度是可变的。选择时，决定性要求包括模拟分辨率、计算精确度、以及并行输入或输出的字符长度和宽度。其次是结构特性，它包括CPU寄存器的数量、返回堆栈的类型、中断能力、接口结构、以及存贮器类型等。很明显，处理机内的寄存器数目是其结构的一个重要特性。这些寄存器能够有效地减少对主存贮器的访问。CPU寄存器一般由运算器、变址寄存器和通用暂时寄存器组成。

返回堆栈可用于嵌套子程序、处理中断、以及对数据进行暂时存贮。硬件堆栈被执行作为芯片内CPU后进先出堆栈。软件堆栈被存贮在随机存取存贮器中，在CPU中有一只芯片内堆栈指示器。硬件的速度较快，但是它的容量受到CPU堆栈中寄存器数目的限制。而软件堆栈只受外部随机存贮器容量的限制。

微处理机的速度可用各种测量方法来计量，其中有周期时间、状态时间、最快指令时间、寄存器至寄存器的加法时间，以及中断响应时间等。寄存器至寄存器的加法时间是对计算机速度进行估价的传统方法，因为几乎所有处理机都有加法指令。这些测量方法不应当成为估计算机速度的唯一标准，因为它们并不能用来测量指令系统的功能。

设计程序的灵活性程度能通过对处理机指令系统的鉴定而得到估计。多路寻址方式能保存存贮器、简化程序设计、以及通过采用单字存贮器参考指令来增加速度。其他能力包括算术指令，如二进制和二、十进制的算术指令、乘法和除法指令、以及双精度算术指令和逻辑与输入/输出控制指令。

在评述一台微处理机时，系统所要求的附加集成电路组件的数目能表明微计算装置的完整性。对于时钟发生和定时、存贮器和输入/输出控制、数据和地址缓冲器、多路转换器输入、中断控制、以及电源电压，对支持硬件是很需要的。因此，来自生产厂家的支持硬件和支持软件都是很重要的考虑因素。支持软件包括文件手册和应用文本。这两方面是衡量制造厂家的服务态度即对用户的需求是否热心的一个重要测定标志。另一个系统设计考虑是原型系统的有效性，它对于为一给定应用研制和调试硬件和软件来说是最基本的。这样的一个系

统通常包括一个具有扩充存储器能力的微计算机系统、接口、控制台、PR OM设计程序能力，以及支持软件等。支持软件至少应该包括一个监督程序、一个编辑程序、以及一个汇编程序。

选择中央处理机，是一个确定处理数据最佳途径的问题。例如，数据字长可以由处理机设计来固定，或者，若该机允许并行的多处理机芯片的话，数据字长可以变化。当需要满足各种不同的应用时，那就要采用可变的数据字长。例如，一块16位的中心处理芯片可以编程序为4位字，以用于二、十进制显示控制、计算器、或现金出纳机；也可以编程序为8位字，以用于阴极射线管显示终端、或数据集中器（集信装置）；还可以编程序为12位字，以用于处理模/数转换器的输出；甚至可以编程序为24或32位字，以用于高精度和高吞吐量（处理能力）的应用。

中央处理芯片中要注意的另一个性能是指令能力。由于专用指令的能力和计算方法变化范围很大，因此在装置中由微处理机执行的指令数目对其用途而言是一个不怎样的指数。比较指令系统唯一现实方法是用程序来试验，这些程序对所打算的应用来说是典型需要的，以及比较执行时间和它们所使用的存储器的位数。在选择处理机中，还应该特别注意它的接口结构，即中央处理机中把运算器和控制器存储器与输入/输出外围电路相连接的那个部分。很显然，这些结构应该易于适应各种不同的系统参数，而不必负担过多的硬件和软件。为了达到最大的灵活性，就得寻求用输入/输出控制的设备，这些设备允许跟具有不同响应时间的外围部件进行方便接口。总之，微处理机输入/输出电路应该直接与5伏的、要求用来驱动输入/输出线的双极逻辑电路相接口；否则，就要用缓冲器，这样成本要增加，体积和功耗也要增大。由于存储器一般是系统成本的一个主要部分，它的选择几乎与选择中央处理机一样严格。随机存取存储器，最适于作可变数据存储器和程序研制对作程序存储器。用于原型系统或试制系统的程序通常被存储在可编程序随机存取存储器中，只有在大批量生产中始采用。

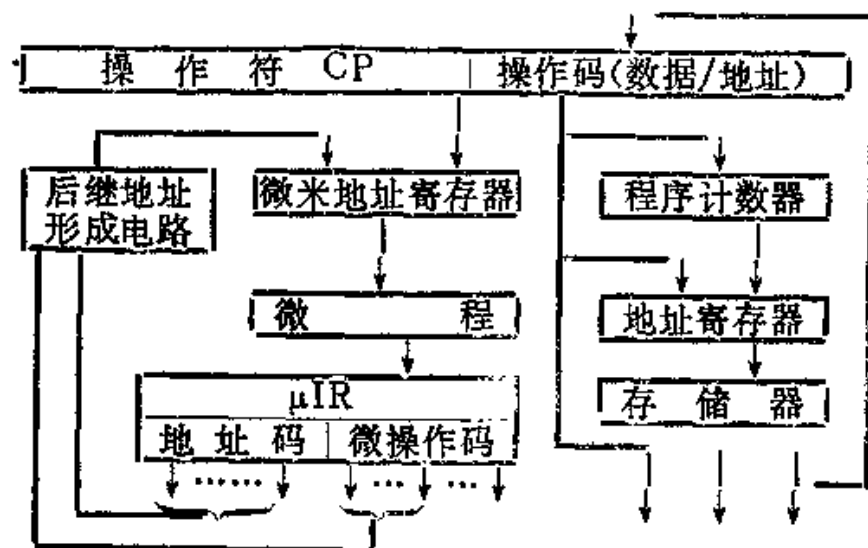
四、微型计算机的程序设计

微处理机和微计算机的微程序设计主要有两个用途。一是使用微程序执行机器指令的传统方法，二是具有特定结构的微机系统，主要由位片结构构成的微系统。

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。早在1951年英国剑桥大学的威尔克斯(WilKeS)的论文就形成了现代微程序设计的基础，论文说：

“试制研究机器控制部分，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文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。”

到了1964年美国国际商用机器公司(IBM)才在IBM/360及其模型机上采用了微程序设计方法。七十年代初，由于半导体器件的发展如存贮器等的发展，微程序设计开始在商业小型机上使用。据法茵和亚历山德里迪斯的想法，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，加上字长可变的功能，极大地提高了有效处理速度和灵活性。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，这种指令称为微指令；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，该硬件称作控制存贮器或微存贮器。执行一条微指令需要由几步始能完成，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可用下图表示。



工作程序和过程：

- 1、从控制存贮器的地址寄存器所指示的控制存贮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来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据结构，二者是完全不同的概念。下面概述微程序设计的特征。

控制存储器的设计：控存通常有下列几种方式：

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、增加控制字长的位数，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，亦可与其一地区内的地址相对应。

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，并启动在字长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。由此可见短字长微指令的频率比较大，因此经济性较好。

5、2级控制存贮结构，低位存贮的是毫微指令，它执行高位存贮的微指令因此使微机程序设计更为灵活。

微指令格式：微指令可分为垂直型和水平型。垂直型，每次进行一个操作，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够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。

控制方式：有两种直接控制方式，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。

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。

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，适于不同的用途。③高性能，容易实现多功能，易于研制和保存。④仿效性强。⑤可靠性和可维护性得到改善。但要求使用高速存储器（ROM、PLA）。为提高速度往往采用长微指令。

五、微型计算机典型产品介绍

(一) Intel 4004: 是世界上第一台商用微处理机。它是一个并行的、4位、P沟道MOS器件, 具有寻址结构, 是一种哈佛(Harvard)级计算机。该系统以双相时钟工作, 最大750千赫, 具有8个时钟周期10.8微秒的基本周期时间。采用4004CPU的微计算机具有一个独特的结构。程序存储器整个都在ROM中, 在每个ROM上都提供一个I/O通道RAM被用于数据存贮, 在每个RAM上有一个输出通道。

结构原理: 以4004为基础的微计算机包括一组集成电路器件, 它的工作通常是以负逻辑来描述的。当与I/O器件和一只时钟组合时, 一个系统可以具有一个4004CPU和一只或若干只4001ROM, 但它通常还具有一只或若干只4002RAM和4003移位寄存器。采用这种器件构成的一种微计算机就是Intel MCS-4。该系统构成诸元如下:

1、4004CPU: 4004中央处理机的功能部分是地址堆栈、变址寄存器、4位运算器、指令寄存器/译码器和控制器, 以及外围电路。这部分是由一条4位总线来进行内部连结的。地址堆栈是一个 4×12 位的动态RAM阵列。它含有一只12位的程序计数器和3只12位的栈寄存器。这只12位程序计数器允许对4K的ROM寻址, 而三只栈寄存器允许三级子程序嵌套。地址被存贮在一只地址缓冲器中。

变址寄存器是一个 16×4 位的动态RAM阵列。这个阵列可以作为16只4位的寄存器来直接寻址, 以进行快速计算或控制。该阵列也可以用作8只8位寄存器, 以进行对RAM和ROM的寻址, 以及能存贮取自ROM的数据。

4位计算器能对来自内部总线、累加器和进位触发器的数据进行加法。然后, 该和数被传送给累加器和进位触发器。十进制运算是通过采用一条DAA(累加器十进制校正)指令来实现的。累加器备有一只移位器, 以便执行移位指令。它还能与指令控制寄存器相连, 该寄存器存放一个3位代码, 用于CM-RAM线的转接。

指令寄存器由2只4位寄存器组成。通过一只多路转换器, 从内部总线给累加器输入, 累加器能存放取自ROM的指令。这些指令由指令译码器译码, 并由定时信号来选通, 以便为各种功能块发生控制信号。

外围电路包括一只具有I/O端点的输入/输出缓冲器、一只定时和同步发生器、一只ROM指令控制输出缓冲器和4只RAM指令控制输出缓冲器。

4004微处理机被制作在一只16管脚的双列直插式封装管壳内。

2、4001ROM: 4001包括一只 256×8 位掩码—可编程序ROM和4位I/O通道。通过4位双向数据总线I/O缓冲器把数据和地址传送给中央处理机(CPU)。地址寄存器和译码器接收一个以3段4位字节的地址。该地址被译码, 以便在16只ROM中的一只ROM内选择一个字。这个字在内部总线上以2段4位字节进行多路转换, 并传送给CPU。一条指令被提供用来启动ROM。这只ROM也可起到一只输入/输出控制器的作

用。它能在数据总线线路与4条外部I/O线之间传送信息。4001制在一只16管脚的双列直插式封装组件内。

3、4002RAM：4002RAM含有一个320位的、由4只寄存器组成的阵列，每只寄存器有20个4位字符。这20个字符由16个4位的主存贮器字符和4个4位的状态字符组成。该器件还提供4条输出线来完成输出操作。4002与4004之间的数据和地址是通过双向数据总线I/O缓冲器来提供的。4004能存取16只RAM共计有1280个4位字符和16条4位输出通道。在访问RAM时，4004执行一条发送寄存器指令（SR C），以便把一个指定的变址寄存器对的内容作为至RAM中主存贮器字符的一个地址而传送出去。

4002制在一只16管脚的双列直插式封装组件内。

4、4003移位寄存器：4003是一个静态的带有串行一输入、并行一输出和串行一输出数据的移位寄存器。4003可用来增加输出线路的数目，以便跟诸如键盘、显示器、电传打字机和模/数转换器之类的I/O器件相接口。

数据是串行输入的，10个并行输出是由启动端来启动的。数据移位是由时钟脉冲输入来控制的。4003被制在一只16管脚的双列直插式封装组件内。

指令系统：4004的指令系统由45条指令分三组组成。第一组包括16条机器指令。其中有11条为单字（8位）指令，分为2个4位的字节。高4位含有用于操作的操作码（例如，加、减、输入等），低4位含有变址数或操作数（例如，寄存器地址、数据、或指令变址数）。该组的其余5条指令，用于转移、跳跃、以及立即读取操作。第二组包括15条输入/输出和RAM指令。这个组包括用来启动I/OPROM通道和输入RAM通道，以及用来读出和写入单独的RAM主存贮器和状态字符。第三组包括14条累加器组指令。其中包括清除、增量、减量、旋转、以及累加器十进制校正等指令。还可以有一个键盘处理指令，它能把累加器的内容从“4中取1”码转换成二进制码。

MC S—4微计算机：该机中有很多硬件模块。非常重要的4种模块是：CPU模块、存贮器控制模块，RAM模块和可编程序ROM模块。CPU模块本身是一个功能微计算机，它含有一个4004微处理器、4002RAM、一个4008/4009接口器件、一个双相晶体时钟、4个输入通道和8个输出通道包括一个电传打字机接口、以及适应于4只1702A可编程序1K字组ROM的管座。存贮器模块可用来与CPU模块和RAM存贮器模块接口。RAM模块是原型系统中一个很有用的功能组件，可用来设计1702A可编程序只读存贮器。

对以4004为基础的微计算机是一个面向计算器的系统。4002RAM用于数据存贮的设计是为了操作4位数据。这对操作二——十进制数来说是理想的。其寻址4002的方式有些不同往常，首先必须发出指令来选择理想的字符。最后，专用的存贮器读出或写入被发出。另一个特征是，输入和输出通道的物理位置定在存贮器芯片上。由于I/O操作不与存贮器接口，因此程序设计员的设计最佳方法是忘掉存贮器和I/O共用一块芯片。4004并无暂停或中断能力，但是响应一个重要外部事件时测试（TEST）终端可以允许一个条件转移。在处理机的指令系统中没有逻辑操作“与”、“或”、“异”等指令，这些功能必须在软件中产生。这种微计算机的一个明显优点是，4001、4002、4003和4004中的每一个器件都是以一个单一的15伏电源工作的。此外，Intel公司已经研制了许多支

持集成电路器件，其中包括双相时钟发生器 4201、标准的存储器接口 4289 等器件。

(二) Intel4040，是一种 4 位、并行的 MOS 器件，它是 4004 的增强器件。该机继承 4004 的所有功能，而且在硬件和软件方面提供了某些重要改进。4040 软件包含有整个 4004 的指令系统，还有 14 条附加的指令，这些附加指令包括逻辑操作和中断及暂停能力。

硬件设计的一个特点是具有一个扩充的地址堆栈和变址寄存器阵列。此外，还备有分隔的电源接线端，用于输出缓冲器，允许直接与其他的电路型号相接口。跟 4004 一样，4040 是“哈佛”级计算机，操作由一只双相时钟（750 千赫）控制，具有 10.8 微秒的基本周期时间。

结构原理：如果用 4040 微处理机代替 4004，就能构成一台采用 4040 CPU 的微计算机。该处理机的主要功能部分是地址堆栈和地址增量器，变址寄存器阵列、运算器、指令寄存器/译码器和控制逻辑、硬件中断和暂停控制、以及外围电路。把这些与 4004 的功能比较，其明显标志，硬件中断和暂停控制是 4040 结构中新增添的特性。

地址寄存器是一个 8×12 位的动态 RAM 阵列，操作时作为一只后进先出的堆栈。它的工作方式与 4004 的 4×12 位地址寄存器的方式是相同的。它含有一只 12 位的程序计数器和 7 只 12 位的栈寄存器。这个 7 一寄存器栈允许 7 级子程序嵌套。被选地址寄存器的内容被存贮在一只地址缓冲器中，并在内部总线上，以 3 个 4 位段来进行多路转换。在每一个 4 位段传送以后，就通过一个 4 位的超前位电路来使地址缓冲器的内容增量，这个值通过地址缓冲器而被写回入被选地址寄存器。

变址寄存器是一个 12×8 位的动态 RAM 阵列，由 3 组构成，每组为 4×8 位。

运算器能对来自内部总线和累加器和进位触发器的数据进行 4 位的加法。然后，和数就被送至累加器和进位触发器。累加器备有一只移位器，以便进行向左移位和向右移位的操作。累加器还与指令寄存器、专用 ROM、条件逻辑以及内部总线相连。

4040 被封装在一只 24 管脚的双列直插式组件中。

指令系统：4040 的指令系统含有 60 条指令，即 4004 的 46 条指令和 14 条新的指令。4040 的指令形式与 4004 的指令形式是一致的，这些新的指令包括一条用来禁止程序计数器和数据缓冲器的停止指令（HALT），以及逻辑“或”和“与”指令。

微计算机系统：在以 4040 微处理机为基础的微计算机中，流行的原型系统是 Intellec4/MOD40。它含有一个 CPU、一个 RAM、一个存储器控制、以及一个可编程序 ROM 等模块。它提供了 320×8 位字符（4002 RAM）的数据存储器和 4 K 字节的程序存储器。数据存储器和程序存储器分别可以扩充到 2560 字符和 12 K 字节。程序存储器可由可编程序 ROM、RAM 和/或 ROM 组成。该系统的标准软件包括一个驻留监控程序和一个汇编程序。汇编程序是由纸带提供的，可用于输入和由 RAM 程序存储器输出的执行。还有一个用公式转换器（Fortran IV）编写的交叉汇编程序和模拟程序。

对采用 4040 处理机的微计算机与采用 4004 的微计算机在硬件和软件上是相容的。4040 的附加指令允许逻辑“与”和“或”操作，以及至 8 只寄存器的扩展的地址寄存器栈允许 7 级子程序嵌套。如果要进行中断，可留下一级不用。程序存储器已被扩充到 4 K 位组存储体。通过程序把一个存储体内的子程序应用到另一个存储体中，就会产生软件问题，因为一个存储体并不是通过一个在 12 位地址寄存器中地址来选择的。所以必须用专门的

器件来为返回地址选择合适的存贮体。变址寄存器阵列已得到增加。并被分成 2 个存贮体。

单机中断是由 4040 来处理的, 中断应答信号被用来禁止其它中断, 直到第一中断全部服务以后。中断启动和禁止信号被提供用来保护指令的序列不被中断。当一个中断出现时, 处理机就程序计数器指向现时被选的 ROM 存贮体的“0”页和单元“3”。为此, Intel 公司建议使程序存贮器的每个存贮体的中断软件的起始部分加倍重复。

(三) Intel 8008/8008-1: 8008 是该公司研制成功的第一台单片微处理机。它是一种 P 沟道 MOS 器件, 其寻址结构是一种“冯纽曼”级计算机的结构。该器件要求一个双相时钟, 它的工作频率为 500 千赫, 10 个时钟脉冲周期, 具有的基本周期时间为 20 微秒。一种被选的类型, 8008-1, 其工作的最大时钟频率为 800 千赫, 具有的基本周期时间为 12.5 微秒。

结构原理: Intel 8008/8008-1 微处理机的 4 个功能部分包括指令寄存器和控制部分, 内部存贮器、运算器以及输入/输出缓冲器。这些部分通过一条内部的 8 位数据总线而相互连通。其功能部件的作用结构如下:

1、指令寄存器和控制部分: 指令寄存器是处理机控制的中心。指令从存贮器中取出, 被存贮在指令寄存器中, 并被译码以便控制内部存贮器和运算器。定时和周期控制部分分别为内部和外部控制提供 2 个输入端和 4 个输出端。

2、内部存贮器: 动态 RAM 被用作为 2 只内部存贮器, 即一只后进先出地址堆栈和一个暂时存贮器阵列。这些存贮器能自动地恢复其最差情况为每隔 80 个时钟周期。

地址堆栈: 地址堆栈含有 8 只 14 位寄存器, 能在每只寄存器中存贮 8 个较低的和 6 个高的地址位。一个 14 位地址允许寻址 16K 字的存贮器在这种情况下, 存贮器可以是 RAM、ROM 或移位寄存器的任意组合。堆栈的一个寄存器被用作为程序计数器, 其余的 7 只寄存器允许地址存贮以进行高达 7 级的子程序嵌套。

此堆栈在执行一个“调用”指令时, 能存贮程序计数器的内容, 而一旦执行一条“返回”指令时就恢复程序计数器的内容。一只 3 位地址指示器被用来指出计数器的定位。

暂时存贮器: 该暂时存贮器含有一只 8 位累加器和 6 只附加的 8 位数据寄存器。所有的寄存器是独立的, 可以用来进行暂时存贮。

3、运算器 (ALU): 所有的算术和逻辑操作是在 8 位的二进制运算器内进行的, 该运算器包括先行进位逻辑。寄存器的两项是暂时存贮器, 可用来存贮累加器的内容和用于 ALU 进行操作的操作数; 它们还可以用来在内处理机传送时期作为暂时的地址和数据存贮器之用。4 个控制位——进位触发器、零触发器、符号触发器和奇偶触发器——的置位是由一个算术或逻辑操作的结果造成的。通过调用、转移、或条件返回指令, 这些位提供了条件转移能力。

4、输入/输出缓冲器: I/O 缓冲器能控制处理机的内部数据总线和外部数据总线的数据流。来自定时和控制部分的信号被用来使数据总线的时间多路转换, 以便允许控制信息、14 位地址和数据在处理机和外部存贮器或 I/O 器件之间进行传输。

该微处理机封装在一只 18 管脚的双列直插式管壳内。

机器周期: 通常, 一个机器周期有 5 个状态, 每一个状态需要 2 个时钟周期。两个状态 T_1 和 T_2 需要用来给外部存贮器发送一个地址, 状态 T_3 需要用来取指令或数据。状态 T_4 和