

国外微型机 及其在机械工业中的应用

(微型机参考资料之一)

一机部机械院机械工业自动化研究所情报室

1978年1月

目 录

一、国外微型机的技术现状及其发展趋势	
一、现状和水平·····	(1)
二、发展趋势·····	(7)
二、国外微型机在机械工业中的应用	
一、在生产过程自动化中的应用·····	(14)
二、在辅助生产过程自动化中的应用·····	(19)
三、在生产管理自动化中的应用·····	(21)
四、在机电产品中的应用·····	(22)
五、在自动控制装置中的应用·····	(25)
六、在计算机外部设备中的应用·····	(27)
七、在大规模集成电路工艺和测试中的应用·····	(28)
附表1、国外主要微处理机性能一览表·····	(31)
附表2、国外典型微型机性能一览表·····	(36)

一、国外微型机的技术现状及其发展趋势

一、现状和水平

二十世纪七十年代初，随着微电子学和电子计算机等尖端技术的发展，在生产实践中产生了微型电子计算机（简称微型机）。它的出现标志着计算机的发展进入第四代。从此，计算机将从昂贵、难于推广的庞大设备变成一种廉价、普及的轻巧部件，推广应用微型机技术，无疑地将给许多领域带来巨大影响。

所谓微型机系指由中、大规模集成电路构成的微小型化计算机。它同传统的电子计算机一样，主要是由中央处理单元（CPU）、存储器和输入输出装置三部分组成的。所不同的是，微型机的中央处理单元是由具有运算和控制功能的一片或几片大规模集成电路构成的微电子芯片，即所谓微处理机*。显然，微型机的技术本质就在于微处理机，计算机的新的重大发展，也正是从这个微处理机开始的。它刚一问世就引起国外的极大重视，甚至有人预言，它将引起第二次工业革命，其波及范围将不亚于1776年以英国瓦特发明蒸汽机为标志的第一次工业革命。

（一）微型机的产生背景

微型机的产生，与计算机技术、半导体工艺和电路技术的发展密切相关。

在计算机技术方面，进入二十世纪七十年代，由于第三代计算机，特别是小型计算机已经发展成熟，这就在系统逻辑结构、软件、外部设备和应用技术上，为微型机的发展打下了坚实的技术基础；在半导体工艺方面，从本世纪六十年代起，向大规模集成电路方向发展，并于六十年代末期首先在MOS工艺上取得突破，可在一块几平方毫米的芯片上做出1000多个元件，这就为微型机的发展创造了必要条件；在电路技术方面也有许多新的发展，例如MOS动态电路的研制成功，双向开关特性的应用以及输出电平和开关速度的提高，都是对微型机发展的有力推动。

总之，要想顺利地发展微型机，必须紧紧抓住上述三个方面的基础技术。

（二）微型机的发展过程

微型机的历史虽然很短，但发展却很快，自从美国英特尔公司（Intel）于1971年研制成功世界第一台微型机以来，随着大规模集成电路制造工艺的迅速发展，品种日益增多，性能日臻完善，截至1976年底，美国、日本、法国、西德、英国和加拿大六个国家已有80多个厂家生产和研制了近200种型号的微处理机和微型机产品。世界微处理机产量，据报道，至1976年9月已达46万台，其中美国的产品占领先地位，特别是美国英特尔公司、洛克威尔公司（Rockwell）、国家半导体公司（NSC）和莫托洛拉公司（Motorola）的产品占优势，畅销国内外。目前，微型机已经历了两代的发展，并向第三代推进，现将其发展过程列于表1。

* 英文为microprocessor（简称MPU），本应译为微处理器，但考虑到当前我国的习惯用法，本文中亦称为微处理机。

表1 国外微型机的发展过程

时 期	发 展 过 程
萌芽期	<p>1970年大规模集成技术首先在最容易实现的存储器方面应用成功,美国台式计算器制造厂商英特尔公司制成了“1103”随机存取存储器(RAM),存储容量为1K(1024位),采用P沟MOS工艺。</p> <p>1971年美国休莱特·帕卡德公司用五块PMOS大规模集成电路制成HP-35袖珍式计算器。</p>
第一代 (1971年)	<p>1971年下半年,英特尔公司在台式计算器的基础上设计了 Intel 4004 微处理机和以它为核心的 MCS-4 微型机,采用 PMOS 硅栅工艺,字长为 4 位,没有中断功能,主要用于十进制串行运算和简单的数据处理,基本上是一种可编程序的高级台式计算器。</p> <p>由于 MCS-4 功能弱,灵活性差,1971年12月英特尔公司又设计了 Intel 8008 微处理机和以它为核心的 MCS-8 微型机,仍采用 PMOS 硅栅工艺,字长 8 位,具有完整的指令系统和中央处理部分,虽然还没有超出台式计算器的范围,但却为大规模集成电路的通用化开拓了一条新路。这一发展时期为第一代。第一代产品的基本特征如下:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 采用 PMOS 大规模集成电路; 2. 采用 4~8 位并行处理的中央处理单元; 3. 插脚数一般为 16~24 根; 4. 基本指令执行时间在 4~10 微秒以上; 5. 系统结构还没有超出台式计算器的范围。
第二代 (1973年)	<p>由于 MCS-8 速度低,功能差,作为与低档小型机衔接的微型机还满足不了要求,1973年12月英特尔公司又在 Intel 8008 基础上加以改进,设计了 Intel 8080 微处理机,字长仍为 8 位,但采用了 NMOS 硅栅工艺,速度比 8008 提高十倍,基本指令执行时间由 20 微秒缩短到 2 微秒,插脚数由 18 根增加到 40 根,还有 8 级中断功能,完全具备了计算机的结构型式。从此,微型机的发展跨入第二代。第二代产品的基本特征如下:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 采用 NMOS 或其它工艺制造的大规模集成电路; 2. 采用 8~16 位并行处理的中央处理单元; 3. 插脚数一般为 40~42 根; 4. 基本指令执行时间为 2 微秒左右; 5. 具有计算机的结构型式(如寻址、多级中断功能等)。

第三代
(1976~
1979年)

为了继续扩大微型机的使用范围，特别是在1976年以后全面发展了各式各样的微处理机和微型机，例如美国基洛格（Zilog）公司的 Z-80（基本指令执行时间为 1.6 微秒）和英特尔公司的 8085（基本指令执行时间为 1.3 微秒）等 N沟 E/D* MOS 型微处理机；英特尔公司的 4048 低成本型单片微型机；美国德克萨斯仪器公司（TI）的 TMS 9900 和仙童公司（FCL）的 F9440 型（I²L）16 位微处理机都具有第三代产品的某一特征，但真正的第三代微型机需经过几步走，预计在 1979 年 CMOS/SOS** 工艺突破后才能出现，目前正从以下几个方面改善产品性能：

1. 以驻留编译程序作为程序语言；
2. 具有丰富的可扩充的指令系统；
3. 能够配用廉价的存储器；
4. 基本指令执行时间缩短到 200 毫微秒以下，存取周期缩短到 100 毫微秒以下；
5. 接口简单，便于使用。

可见，国外微型机经过从易到难，从低级到高级的发展过程，已经积累了一定经验。尽管不同国家，由于大规模集成电路的制造水平和计算机技术水平等不同，微型机的发展有先有后，例如从硬件来看，日本比美国落后两年，西欧又比日本落后两年左右，但所走的路子基本上是相同的，特别是日本，由于采取了积极引进技术和大力开展应用研究等措施，目前与美国的差距正在逐步缩小。

（三）微型机的特点和优点

微型机在数字计算功能方面与普通计算机并没有本质的差别，所不同者仅在于处理数据的能力、规模和速度上。从理论上讲，如给予足够的存储容量，其它计算机能解决的问题，微型机都能解决，但所花费的时间却长得多。不过，微型机也决不是小型机的简单缩小，在逻辑和电路的设计技巧上，以及工艺水平上都有新的发展。现将微型机的一些独特优点分述如下：

1. 结构简单

微型机最显著的特点之一是用微处理机作为中央处理单元，再配上存储器和输入输出接口就可构成一台微型机（主机）。换句话说，用几个标准的大规模集成电路片，做一些适当的连线，就可以制成一台简单的微型机。例如 MCS-4 微型机就是由一个微处理机、一个 ROM（只读存储器）、一个 RAM 和一片输入输出接口，通过四根公共总线连接组成的。特别是近一、两年来，还出现了结构更为简单的单片微型机，例如美国洛克威尔公司的 PPS 4-1 和日本松下电子公司的 MN-1400 微型机，其中央处理单元、存储器、输入输出缓冲器、时钟、定时器等机器的全部功能器件都集成在一块大规模集成电路片上。尽管目前 4 位字长的居多数，但随着芯片直径的增大和集成度的提高，规模更大的单片微型机必将获得迅速发展。据美国估计，到八十年代中期，一块芯片上的元器件数将从 1975 年的 6.5 万个增加到 100 多万个。这种芯片除包容 32 位的 CPU 外，还含有机器的全部功能器件。显然，微处理机或微

* E/D——增强/耗尽型。 ** CMOS/SOS——互补 MOS/硅兰宝石技术。

型机可以直接装在机器内部，使机器电子化。

2. 价格低廉

性能价格比是衡量一种产品优劣的概括性指标。微型机的性能价格比是优越于任何传统计算机的。仅就价格而言，尽管由于小型机的出现大大降低了计算机价格(平均每台25000美元^{*}，相当于中型机的十分之一)，而微型机的价格又比小型机低几个数量级，单价在5~250美元之间。特别是微处理机，由于实现了标准化，可大批量生产，因此其价格连年大幅度下降，例如在日本，一年前要花费十万日元^{**}才能买到的微处理机，现在用一万日元即可到手，一年降价十倍左右；在美国低级的微处理机价格在10美元以下，高级的微处理机价格在50~100美元之间，据称，今后还可进一步下降到2~12美元。多年来计算机不能在很多领域内广泛应用的重要原因之一就是价格昂贵。微型机的问世，为在各个领域普及应用计算机铺平了道路。

3. 型小体轻

众所周知，微型机主要是由集成度很高的大规模集成电路组成的，不仅体积小，而且重量轻。据日刊报道，最小的微型机可做成火柴盒大小；据美刊报道，一台微处理机只有半块口香糖大，一台微型机可以装进烟盒里，必要时全部电路可以装在5平方厘米的塑料板上。即使字长16位的较大微型机，全部电路片都能装在一块不过20~30平方厘米的插件板上。这样小的微型机，它的计算能力却相当于十年前装满一个房间的巨型计算机。

4. 可靠性高

微型机电路的可靠性主要取决于接点和封装连接点的数目。由于微型机实现了大规模集成化，元件数和封装连接点数大大减少。据说，一片大规模集成电路就可取代有着1300个接点的50片集成电路，互连极为简单，可靠性相当高。此外，由于逻辑装置价格便宜，还可依靠增加逻辑装置的办法来提高机器的可靠性。

5. 易于标准化、系列化

微型机采用程序存储控制方式，其控制功能是由硬件和软件共同来实现的。有些产品还专门设置控制存储器，由微程序来进行某些控制，因此硬件本身更加规律化，即使机器用途改变，也无需重新设计硬件，仅更换程序或调换一个只读存储器即可。这就为解决大规模集成电路的标准化和通用化问题找到了一条切实可行的途径。反过来它也促进了微型机的标准化、系列化，对计算机的推广应用具有重要意义。

除以上所述，还具有功耗低、维修方便、环境适应能力强等优点，这里就不一一详述了。

(四) 微型机的分类及典型产品介绍

微型机的分类方法很多，但基本上与微处理机的分类相同。

根据目前国外研制成功或批量生产的微处理机，按大规模集成电路的制造工艺，可分为PMOS、NMOS、CMOS、SOS、STTL(肖脱基晶体管-晶体管逻辑电路)、I²L(集成注入逻辑电路)和ECL(射极耦合逻辑电路)七种，它们又可归纳为MOS型(前四种)和双极型(后三种)两大类；按字长可分为4位、8位、12位、16位和24位(仅指位片型)五种；按MPU的电子划片方式，可分为单片式、多片式和位片式三种；按控制方式，可分为组合逻辑和微程序控制两种；按产品类型则可分为单片4位型、单片8位型、单片12/16位型、专用多片型和位片型数种。现按最后一种分类方式，介绍典型产品的技术水平(详见附表1

注：^{*}—1美元约合人民币1.91元；^{**}—1日元约合人民币0.0062元。

和附表2)。

1. 单片4位型

这种产品的特点是在一块片子上制成4位并行处理的CPU。在其发展初期,主要用集成度高和工艺简单的PMOS工艺制造。为了提高速度,近年也用集成度高,但工艺较复杂的NMOS工艺制造。例如美国洛克威尔公司1974年制成的PPS-4微处理机,采用PMOS工艺,基本指令执行时间为5微秒,最大寻址范围为8K,指令50种,插脚42根。西德西门子公司1976年制成的SAB4080,由于采用NMOS工艺,基本指令执行时间缩短到1.5微秒,最大寻址范围为64K字节,指令120种。单片4位型产品是目前应用最多的一种,主要用于家庭生活方面(诸如洗衣机、电冰箱、烤炉、缝纫机、电话机、电视机、照像机、钟表、血压表、心电图表、室内空调设备和轿车等)以及现金出纳机、售货点终端和检测仪表等对速度要求不高的地方,今后,其需要量仍然是很大的。

2. 单片8位型

这种产品的特点是在一块片子上制成8位并行处理的CPU。主要采用NMOS工艺,其次是PMOS工艺,个别产品也有试用速度高,但集成度较低的STTL工艺制造的。例如美国莫托洛拉公司1974年制成的M6800微处理机,采用NMOS硅栅工艺,基本指令执行时间为2微秒,最大寻址范围为64K字节,基本指令72种,不仅性能指标不亚于Intel 8080,而且在逻辑设计、电路设计和工艺水平上都超过了Intel 8080。美国基洛格公司1976年制成的Z-80微处理机,由于采用N沟硅栅E/D MOS工艺,基本指令执行时间缩短到1.6微秒,最大寻址范围为64K,具有丰富的指令系统(158种指令),采用+5伏单一电源,插脚40根。英特尔公司1976年12月制成的8085微处理机仅由三个部件构成,采用同样的NMOS工艺,基本指令执行时间缩短到1.3微秒,最大寻址范围为65K字节,基本指令80种,插脚40根,采用+5伏单一电源。美国科学微系统公司(SMS)的SMS-300微处理机,是唯一采用STTL工艺制造的单片8位型微处理机,微指令执行时间比NMOS提高一个数量级,约为0.3微秒,寻址范围为8K字节,指令8种,采用+5伏单一电源,但其功耗比NMOS的大,约为1.5瓦。单片8位型的产品是目前发展最快的一种,主要用于生产过程控制,例如顺控、数控、数据处理和自动检测方面,今后的需要量将会迅速增长。

3. 单片12/16位型

这种产品的特点是在一块片子上制成12位或16位并行处理的CPU。当前多采用NMOS工艺制造,也有采用兼备NMOS和PMOS优点的CMOS工艺以及集成度和速度均高的SOS工艺制造的。例如美国通用仪器公司(GI)1974年制成的CP1600,采用NMOS工艺和离子注入技术,字长提高到16位,基本指令执行时间为2.4微秒,最大寻址范围为65K字节,指令87种,插脚40根。美国通用自动化公司(GA)1974年研制的LSI 12/16微处理机,采用SOS工艺制造,基本指令执行时间为2.64微秒,指令52种。美国德克萨斯仪器公司1976年制成的TMS 9900微处理机,采用NMOS工艺,基本指令执行时间为2.4微秒,最大寻址范围为64K字节,指令69种,其最大特点是插脚数达到64根。以上产品差不多都具备小型机的全部特征,凡是可以低档小型机的地方都可以使用它。今后有些小型机还要由它作为核心部件以实现小型机微型化,具有广阔的发展前途。

4. 专用多片型

这种产品的特点是用几片电路来实现特定的CPU功能。字长有4位、8位、12位和16位

四种，CPU芯片数在2~6片之间，主要采用NMOS工艺制造，也有采用PMOS和CMOS工艺制造的。例如日本东芝公司1976年制成的T3412微处理机，字长4位，采用NMOS工艺，CPU片数为5片，基本指令执行时间为4.7微秒，最大寻址范围为64K字节，指令69种，插脚42根，采用+5伏电源。美国无线电公司(RCA)1975年制成的COSMAC微处理机，字长8位，采用CMOS工艺，CPU芯片为2片，基本指令执行时间为6微秒，指令59种，功耗比NMOS低1~2个数量级，仅为0.07瓦。这种类型的产品，今后有可能并入单片型或位片型中。

5. 通用位片型

这种产品是用双极型大规模集成电路制成的高速型微处理机。由于这种电路难于制造，目前多用几片双极型电路拼成字长为16位或24位的CPU。现有2位位片和4位位片两种，主要采用STTL、I²L和ECL三种双极型工艺制造。这种电路片的集成度虽低于MOS型的，但速度却普遍提高到毫微秒级。例如英特尔公司1974年研制成功的Intel 3000微处理机，采用STTL工艺，2位位片，基本指令执行时间为125毫微秒；西德西门子公司1976年研制成功的SAB3002微处理机，也采用STTL工艺，2位位片，基本指令执行时间为120毫微秒；美国单片存储器公司(MMI)的6701，采用STTL工艺，4位位片，基本指令执行时间为200毫微秒；美国德克萨斯仪器公司1975年研制成功的SBP0400采用I²L工艺，4位位片，基本指令执行时间为110~530毫微秒；美国莫托洛拉公司1976年研制成功的M10800，采用ECL工艺，4位位片，基本指令执行时间为40毫微秒。今后，随着双极型芯片集成度的提高和成本的降低，也将出现单片双极型微处理机。

(五) 微型机的“三化”情况

国外在发展微型机过程中不仅重视品种、数量的增加，质量和性能的改善，而且非常注意及时开展标准化、系列化等工作，以节省设计时间和降低产品成本。最近随着微型机应用范围的扩大，无论是少品种大批量生产的产品，还是多品种小批量生产的产品大都实现了标准化、系列化。不同的生产厂家都有自己的标准电路系列，例如英特尔公司的SBC 80系列是专为多品种小批量生产产品设计的标准子系统系列。该系列一共包括四十种尺寸相同、总线结构相同的标准插件板，用户可以根据自己的需要进行积木式组合。

另外，不同国家的某些同类产品，从技术特征上来看已从属于某一公司或某一派系，尽管型号不同，但基本上大同小异，现就其中最典型的介绍如下：

1. 单片8位型NMOS派系

在五花八门的8位NMOS产品中经过互相竞争和渗透形成了两大派系：一个是以英特尔公司为首的Intel 8080派系；另一个是以莫托洛拉公司为首的M6800派系。前者可以说是小型机的缩小型，例如先进微器件公司(AMD)的Am9080，德克萨斯仪器公司的TMS8080，日本电气公司的 μ COM 8，日本三菱·冲电气公司的MELPS-8等均属此派系；后者比前者的结构简单，可以称为简单结构型，例如美国微系统公司(AMI)的S6800，日本富士通公司的8861等均属于此派系。

在这类产品中除上述两大派系外，最近又出现一种兼备8080和6800优点的高性能型微型机，即基洛格公司的Z-80。它是在8080基础上发展起来的，但加强了数据处理和指令操作能力，同时也沿着M6800的方向简化了结构，因此有的厂家称它为二代半或第三代产品，并正在积极仿制。例如美国莫斯蒂克(Mostek)公司最先仿制了Z-80微型机。最近日本夏普公司为了推广Z-80，已与基洛格公司签订了技术合同，计划今秋完成国产第一台产品，争

取明年出口。日本电子测器公司 (AIDACS),为了普及 Z-80 微型机,已将其汇编程序、子程序库等基本系统程序内容公开发表。

2. 4位位片型STTL派系

在双极型产品中, STTL型微型机发展最快,正在形成以美国单片存储器公司为首的 MMI 6701派系,例如先进微器件公司的 Am2901等属于此派系。

在16位型产品中,美国数据设备公司 (DEC) 的 LSI-11微型机已成为代表性产品之一。但因目前此类产品的品种很少,还没有形成任何派系,今后究竟是按常规以微处理机为中心实现派系化,还是向上兼容实现系列化尚未形成定局。

二、发展趋势

据国外认为,影响微型机发展的许多技术问题已经解决,在今后十年内微型机将获得迅猛发展。

当前主要是朝着普及和提高两个方向发展:一是普及低成本型微型机,以解决量大面广的一般控制问题;一是发展高性能型微型机,以解决微型机大型化、小型机微型化和取代某些小型机的问题。

下面从硬件、软件和外部设备三个方面谈谈微型机的近期和远期发展趋势。

(一) 硬件

1. 结构

(1) 外围电路微型化

目前老产品 (4位和8位型) 的结构已基本定型,其主攻方向必然从微处理机转移到外围电路上。

众所周知,即使一台较大的微型机,其中央处理单元也只不过是片或几片大规模集成电路组成的,其成本仅占总成本的12%左右,然而加上外围电路,往往就要增加到几十片电路。这样一来,即使微处理机的成本大幅度下降,而外围电路的成本不能相应降低时,系统总成本仍然不能显著下降,特别是微型机越复杂,外围电路成本比例就越高,因此,国外正在努力实现外围电路微型化,即把外围电路也做成大规模集成电路片,与CPU一起出售。国外微型机外围电路微型化是从非标准(专用)接口开始的,例如电传打字机接口、行印打字机接口和调制-解调器接口等等,相继又出现了标准(通用)接口,例如通用并行可编程序输入输出接口片等,并正在研制通用串行可编程序输入输出接口和直接存储器存取 (DMA) 接口片等,以便相称地与微处理机配套。

表2 国外微型机系统成本构成

项 目	成本比例 (%)
微处理机	12
RAM	6
ROM	10
分立电路	8
机壳、电源等	6
软件	18
外部设备	27
服务和其他经费	13

资料来源: 1. 电气学会杂志,1976年3月。

2. 美国Gnostic Concept Inc. 调查。

(2) 强化中断系统

中断系统是当前微型机最薄弱的环节之一。不少产品由于插脚数的限制,中断系统搞得很简单,只有一级中断功能,因此难以有效地控制输入输出装置。为了强化中断功能,以扩大其使用范围,在硬件上采取了以下两种措施:一种是增加优先中断电路片,以实现多级中断功能;另一种是依靠微处理机片本身实现多级中断功能,例如洛克威尔公司的PPS-8、东芝公司的TLCS-12A等产品的中断等级都增加到8级左右,今后,这种趋势仍将继续下去。

(3) 增加插脚数

插脚数目多少是决定微处理机结构的重要因素之一。诸如并行运算的位数、CPU的片数、输入输出的连接方法以及控制方式等都与插脚数有密切关系。随着芯片集成度和成品率的提高,插脚数已从最初的16~24根增加到40~42根,目前最多的已经达到64根。例如德克萨斯仪器公司的TMS9900微处理机就有64根插脚。今后,特别是采用微程序控制的微处理机,其插脚数将达到64根~80根以上。

(4) 发展各种位片结构

位片结构是微处理机逻辑划分的方法之一。这种方法就是把计算机结构划分为每片有2位或4位的片子,每一片上有CPU所需的全部元件(寄存器、算术逻辑部件等),可用这种片子拚成需要字长的CPU。例如采用两片4位位片可构成8位的CPU,同理,利用4片4位位片可构成16位的CPU。最初,位片结构都是以寄存器、算术逻辑部件为中心的,但仙童公司1975年8月公布的Macrologic微处理机也显露出按计算机功能划片的苗头,展现了向通用模块方式发展的趋势。今后,为了打破集成度的限制,位片方式和通用模块方式将与单片型、多片型微处理机并行发展。

(5) 发展16位型微处理机和微型机

16位型微处理机或微型机属于高级产品。当前,一些国家的单片16位型产品已开始挤入小型机市场,例如日本松下电子公司的PFL-16A、德克萨斯仪器公司的TMS9900等。这类产品由于字长增大,所需插脚数和芯片集成度必然相应地增加和提高。为了克服制造上的困难,大多数产品把控制单元和运算单元分开,内部采用8位并行处理,外部接线采用16位,以便充分发挥单片内部比单片间处理速度快的特长。据国外报道,1974年字长16位的机型在微型机总数中所占比例为10%左右,预计至1982年将增至45%以上,并将随着成本的降低,而在微型机中占主要地位。

(6) 发展单片微型机

自从单片微处理机问世那一天起,人们就把它称为单片微型机,其实,真正的单片微型机是在第一台微处理机诞生后的第四年才出现的。目前关于单片微型机的概念已逐步统一起来。所谓单片微型机系指机器的全部功能器件,如CPU、存储器、输入输出接口、时钟等完全集成在一块大规模集成电路片上的微型机。现在,它的字长已从4位发展到8位,品种和产量都在迅速增加。据美国自己估计,1977年是标志单片微型机大发展的年代,1980年以后单片微型机的数量有可能超过单片微处理机。

国外对这种单片微型机所追求的目标是最大限度地降低成本。例如美国国家半导体公司1977年制成的COPS单片微型机,采用PMOS工艺,字长4位,加法运算时间为10微秒,存储容量最小2K,指令42种,插脚28根,有5个输入输出通道。日本松下电子公司1977年制成的MN-1400单片微型机,采用NMOS工艺,字长4位,加法运算时间为10微秒,最大存

储容量：ROM为2K，RAM为128字，指令75种，插脚40根。美国英特尔公司1976年制成的MCS-48(8048)，采用NMOS工艺，字长8位，加法运算时间为2.5微秒，最大存储容量：ROM为2K，RAM为256字，指令96种，插脚40根。以上产品的单价，据估计至1980年大部分可降至2~3美元，最多不超过5美元，所以国外也把这种产品称为低成本型微型机。当前由于字长和速度上的限制，在工业上的应用还极少，今后，随着其性能的改善，将越来越多地用于生产过程控制方面。

(7) 小型机微型化

小型机微型化是国外最新的也是必然的发展动向。这是因为随着大规模集成电路工艺等的发展，国外已能生产功能和速度与低档小型机十分接近的微处理机，所以必然产生以微处理机取代某些小型机中央处理单元的设计思想。例如美国通用数据公司的micro NOVA(诺瓦机)系列和德克萨斯仪器公司的TI990系列都是以单片微处理机为核心组成的。就TI990系列而言，它包括三种产品：①9900型单片微处理机；②以9900为核心组成的990/10小型机；③以9900为核心组成的990/4微型机。它们的软件是互相兼容的，即直接利用原小型机的软件，从而大大减轻了微型机软件的研制工作量。

(8) 微型机大型化

微型机大型化是一个非常值得重视的新动向，它将对二十世纪八十年代的计算机技术产生深远影响。

所谓微型机大型化系指用若干台微处理机组成多机系统，共用储存器、外部设备和数据库等。这样既能充分发挥微处理机价廉、体积小的优点，又能大大提高计算机系统的可靠性和速度，甚至可以代替价格昂贵的大型机。例如格鲁曼航空空间公司正在研制一种这样的系统。它是由一台NOVA800小型机和10~20台Intel3000微处理机组成的。整个系统的中央处理单元的存取周期为145毫微秒，与IBM370/168大型机不相上下。当以这种多机系统来代替IBM370/168解决某一工程问题时，不仅运算时间从几百小时降低到2~20小时，而且成本仅为8万美元，约为IBM370/168大型机400万美元的五十分之一。又如美国IMS公司以及法国电子研制公司也在研究用多台Intel 8080组成多处理机系统来达到大型机的功能。例如法国电子研制公司的Micral-M系统，采用8台8080微处理机，存储容量152K，每秒钟能执行指令300万次。美国IMS公司的超立方体结构II系统，每秒钟能执行指令1600万次，存储器与存储器间的加法运算时间为200万次/秒，售价8万美元，也相当于IBM370/168机价格的五十分之一。

从以上实例还可看出，大型机系统由“集中式”结构向“分布式”结构发展的趋势。不难设想，将来当小型机、中型机甚至大型机都能实现大规模集成化时，从微型机到大型机之间，恐怕只能按价格和大规模集成电路片数的多少来区分了。因此掌握大规模集成电路从微型机渗透到大型机的过程，对于把握计算机技术今后的发展动向是重要的关键之一。

2. 器件工艺

(1) 微处理机

在国外研制和生产的产品中，PMOS和NMOS微处理机占压倒多数，其它诸如CMOS、SOS、I²L、ECL工艺，虽已制成个别产品，但大都处于研制阶段，尚未最后过关。例如第一台I²L制品——TI公司的SBP0400未完全达到设计指标；第一台ECL制品——莫托洛拉公司的M10800还没有产品出售。

这些处于研制阶段的工艺，如前所述各有所长，哪一种最有发展前途尚无结论，但从实

用角度出发,主要取决于成本。此外,集成度、成品率、原材料费用和工艺的复杂程度等也是影响器件工艺发展的重要因素。

今后,微处理机的器件工艺仍将沿着MOS型和双极型两条工艺路线发展,但在近十年内,NMOS将占统治地位,而双极型将成为专门技术。同时微处理机的性能也将随着超大规模集成电路(VLSI,3000门/片以上)的发展而迅速提高。据称,至1980年微处理机的时钟频率将从1974年的5兆周提高到50兆周,同期,芯片集成度将从5000元器件/片提高到200000元器件/片,芯片尺寸将从250平方密耳提高到500平方密耳。

(2) 存储器

国外大都用半导体存储器作为微型机的主存储器和控制存储器。

在RAM方面,竞争的焦点有两个:一个是大容量16K位/片RAM;另一个是高速4K位/片RAM。此外,正在研究超大规模64K位/片RAM。

大容量RAM主要用PMOS和NMOS工艺制造,当前,1K、4K和8K RAM已过关,正在研制16K RAM,但各厂家似乎都未搞成。尽管国外一致认为16K RAM的单元尺寸应比4K RAM缩小一半,即0.75~1.0平方密耳,但对采用何种工艺来缩小面积上则持不同意见:一种认为应当采用最简单的标准硅栅工艺,以减少工艺上的难度;另一种认为应当采用碳化硅工艺,以突破集成度的难点。究竟哪一种方法好,尚无结论。

在高速RAM方面,双极型器件正受到SOS/CMOS(硅兰宝石互补MOS)的激烈挑战,在两者速度相同(存取周期120毫微秒)的情况下,后者比前者的功耗又有所下降,例如美国无线电公司的TA6780RAM,整个存储器的功耗仅为20毫瓦。不仅如此,双极型RAM的集成度仍停留在1K位/片的水平上,4K位/片RAM刚刚开始研制,而在SOS/CMOS RAM方面,由于利用了硅栅工艺与离子注入相结合的办法,突破了一些难点,已于1976年制成4K位/片RAM。

值得注意的是日本的日电、日立和富士通集团于1977年4月联合研制成功64K超大规模集成电路RAM,预计三年后投产。它是在36平方毫米的基片上集成了156000个元件,构成了65536位RAM,存取周期200毫微秒,每位功耗2.3微瓦,电源电压+7伏和-2伏。

在ROM方面也有MOS型和双极型两种。由于MOS电路片的价格低廉,集成度高,在ROM中占主要地位,而双极型工艺仅在一部分可编程只读存储器(PROM)中使用。

初期的ROM产品,多为掩模ROM,集成度为16K位/片。近年来为了适应微程序方面的需要和减少掩模的制造,出现了各种PROM,其优点是所有程序信息不受工艺结构限制,电路制成后,所需存储信息可由用户根据需要写入,从而简化了芯片工艺设计,有效地扩大了产品的通用性和适应性。PROM大致可分为两大类:一类PROM只能编写,不能改写,在这类产品中正在研制4K位/片产品;另一种PROM可重新改写程序,简称为EAROM。后者包括浮置栅雪崩注入型MOS(FAMOS)、金属氮氧化物半导体(MNOS)、金属铝氧化物半导体(MAOS)和金属铝半导体(MAS)四种,它们的研制水平为1K位/片~4K位/片。

今后,随着微型机字长的增加,4位、8位和16位并行微处理机配用的存储器数目将分别达到4~5、7~10和20~30个。所采用的工艺也将从PMOS发展到NMOS,从增强/增强型(E/E)发展到增强/耗尽型(E/D),进而从CMOS发展到SOS。现将1974年和1980年预计微处理机和RAM的主要性能指标列入表3。MOS型和双极型工艺性能比较列入表4。

除上述MOS型和双极型大规模集成电路工艺外, 1977年2月15日日本东北大学电气通信研究所研制成功一种新型集成电路——SITL(静电感应晶体管逻辑电路), 并已经做出两种试制品。试验结果表明, 信号传输速度为几十毫微秒, 功耗为几十毫瓦, 与CMOS相比, 功耗低一个数量级, 而速度并无逊色。当前由于电路组成上没有完全SIT化, 其速度还有提高的可能性。据称, 这种新型集成电路将给微型机中广泛使用的大规模集成电路以巨大冲击。

表3 1974年和1980年预计微处理机和RAM的主要性能指标

	主要性能指标	1974年	1980年预计
微处理机	时钟频率(兆周)	5	50
	集成度(元件数/片)	5000	200000
	芯片尺寸(平方密耳)	250	500
随机存取存储器	存储容量(K位/片)	4	128
	存取周期(毫微秒)	500	500
	芯片尺寸(平方密耳)	200	300

资料来源: エレクトロニクス, 1975年6月25页。

表4 MOS型和双极型工艺性能比较

器件工艺	速度功率乘积 (PJ)	门的传输延迟 时间 (毫微秒)	集成密度 (门/平方毫米)	突破年代
P沟金属栅	450	80	50	1966
P沟硅栅	145	30	90	1969
肖脱基晶体管-晶体管逻辑电路(STTL)	60	6	25	1969
N沟硅栅(高压型)	45	15	95	1972
N沟硅栅(耗尽型负载)	38	12	110	1974
CMOS硅栅	0.5	10	45	1973
I ² L	1.0	50	40	1975
CMOS/SOS	0.2	3	100	预计 1977~1979

注: 一个门等于三个晶体管; 资料来源: 电子科学, 1977年, No.2, 32页。

为了进一步提高MOS型和双极型大规模集成电路的速度和集成度, 当前正着力研究以下半导体技术。

①微细加工技术

目前微细加工技术在存储器方面已取得一定进展, 利用这一技术制造微处理机时, 可使

单片的集成度达到 $10^4 \sim 10^5$ 门,要突破这一关,不仅要从事半导体技术上下功夫(如电子曝光技术、离子注入技术等),更重要的是要找出消除电路逻辑设计错误的方法及解决测试技术问题。

②绝缘隔离技术

集成电路中最常用的隔离技术是PN结隔离,这种方法虽然简单,但在提高速度和集成度方面受到极大限制。为了取代这种方法,最近正积极地研究用绝缘物填充隔离区的方法,如等平面法、空气隔离法等。但这些方法在制造工艺上都有一些难点未能突破,因此对硅兰宝石技术寄予很大希望,美国的一些厂家正在加紧研制中。

③多层布线技术

一片几百个门的大规模集成电路,其内引线的交叉点往往就有几百个甚至几千个,一层布线不够用,必须发展多层布线技术。当前国外双层布线工艺已经解决,正在研究多层布线技术。

此外,元件本身的改进,芯片直径的增大,功耗的降低,无缺陷晶体生长技术的突破以及新半导体材料的探索都列入了重点研究课题。

当以上技术过关时,集成度可望达到一平方微米面积上集成一个门电路,即在一平方毫米面积上能做出一百万个门电路。

今后,硬件的演变必将是速度越来越快,体积越来越小,为此需突破以下技术关:

①研究表面效应和界面作用等表面物理学;

②研究X射线或电子束光刻工艺;

③研究硅电路制造工艺,其中约瑟夫森隧道结已研究十年,如能成功,运算速度将比同样大小的硅片快5~10倍;

④研究磁泡存储器,但它离实用尚远。

(二)软件

国外在微型机的制造特别是使用过程中,愈来愈明显地暴露出软件落后于硬件的致命缺点。直到目前为止,多数微型机仅配有最简单的汇编程序,不能满足用户要求。为了迅速摆脱软件拖硬件后腿的被动局面,在积极加强软件方面的研制工作。

1. 研制通用汇编程序

常规计算机用的软件通常可以分为两大类:一类是制造厂提供的系统程序;另一类是用户自己研制的应用程序。在前一程序中还包括用户研制应用程序的软件,称为“辅助”软件或支持软件。

对微型机来说,汇编程序是制造厂向用户提供的主要辅助软件,也是微型机不可缺少的重要软件。目前由于微型机的品种日益增多,结构更加多样化,如果一一编制专用汇编程序,工作量非常大,特别是随着微型机的普及应用,一个用户使用两种以上微型机的情况逐渐增多,这就迫切需要有一种适用于各种微型机结构的、价格低廉、使用方便的通用汇编程序。为此,国外一些厂家正在着手研制或准备研制这种通用汇编程序。

2. 研制高级语言和编译程序

汇编语言虽然是目前微型机所采用的最基本的编程语言,但其缺点是编程时间长,而且容易出错,因此需尽快普及易懂、易用、且独立于计算机的编程语言。美国英特尔公司首先研制一种PL/M高级语言,据说用这种语言编程所花费的时间还不到用汇编语言编程的10%。但编译程序的效率低,例如在写1000字节以上的长程序时,高级语言占用的存储单元少,而写500字节以下的短程序时,汇编语言却比前者节省30%的存储单元,何况微处理机用的程序

都比较短，大多数均在几百步左右，因此提高编译程序的效率尤为重要，特别是微型机的程序都要写到ROM或PROM中，不仅要求准确无误而且效率要高。现在美、日的一些厂家正在研究具有最佳化功能的编译程序，例如日本东芝公司的PL/I微编译程序就是一种高效编译程序。

此外，国外还在研制通用模拟程序和高效模拟程序。

为了方便用户使用，也在考虑研究管理整个微型机的操作系统和各种程序库等。

总之，软件的总发展趋势是功能日益完善，使用日益简便。但当前在质量等方面还存在不少问题，只能采用一些补救的办法来缓和矛盾，例如用自然语言编程或改进程序编制器等，特别是由于新机种不断出现，使矛盾更加突出，据国外估计，计算机软件还得混乱二十年。

(三) 外部设备

如前所述，微型机主机的价格正在急剧下降，但外部设备却远远跟不上这一发展，究其原因主要在于外部设备中包含机械部分，它不能像半导体器件那样，只要成批生产就能降低价格。另外，研制新的产品也要花费相当的时间和费用，因此在价格上与微型机相适应的外部设备现在仍然是极少的。就大多数微型机来说，目前只能使用为小型机研制和生产的外部设备，在体积和价格上都不够十分理想。今后，趋向于研制和生产微型机专用的、体积小、价格低的新型外部设备。下面介绍几种较经济实用的外部设备。

1. 盒式磁带

盒式磁带使用简单，比较经济，已代替纸带而得到了广泛应用，只因规格不统一，没有达到理想的程度。不过从价格上看，作为微型机的外部设备还是比较合适的，今后，将着力进行标准化工作，以便尽快普及。

2. 软磁盘

软磁盘速度快，成本低，并可随机存取，但可靠性和寿命的问题还没有彻底解决，标准没有统一。由于它吸取了磁盘和盒式磁带的优点，因而比盒式磁带容易使用，作为微型机的外存储器是最有发展前途的。

3. 显示终端设备

迄今为止，输入输出打字机一直作为小型机和微型机的标准输入输出装置。最近显示终端设备也受到人们重视。因为，它既可以作为标准输入输出装置，又可作为智能终端。例如微型机工业公司的“POCKETERM”显示终端设备，体积非常小，可以放在衣袋内，重量只有1724克，设有332个按键和32位显示器，还可根据需要与盒式磁带、卡片阅读机等连用。

4. 新型打字机

目前国外正在研制采用微处理机的打字机，展示了打字机向电子方向发展的苗头。这种打字机不仅机械部件少、噪音低、无冲击，而且体积小、速度和可靠性均高，与微型机配套是十分可取的。

此外，国外还在研究激光打字机。例如IBM公司研制的3800激光打字机，每分钟能打印13360行（每时8行时）或10020行（每时6行时），打印速度比机电式的快得多。它的研制成功，必将对微型机的外部设备带来影响。

今后，输入输出装置将按如下目标逐步进行改革。

1. 打字机采用静电印刷原理或用声音进行人机通信，例如：（1）计算机能理解声音指令；（2）计算机自己可以阅读信息；（3）计算机能把语言直接打印出来。
2. 实现打字机到打字机的通信。
3. 实现声音到声音的通信或者把一种语言翻译成另一种语言。

二、国外微型机在机械工业中的应用

几年来,随着微型机速度的提高和功能、结构的改善,其应用范围已从高速缓存和售货点智能终端等原来有限的几种用途扩展到小型机独占的应用领域,并在机械、冶金、石油化工、电力、交通运输、气象、轻工、军工、农医、文教以及其它新兴工业中获得广泛应用,预计再有五至十年的时间,即可渗透到一切部门中去。

本文仅侧重介绍微处理机和微型机在机械工业中的应用情况。

机械工业是微型机的重要应用领域。在机械工业的生产和管理自动化中以及在机电产品的主、辅机中引入微型机或微处理机不仅使电控部分从硬线逻辑向软线逻辑演变,而且将直接影响机械的内部结构,使得一些原来由机械承担的功能转由电气设备来承担,促进机械工业现代化。因此,一些工业发达国家无不在机械工业中寻找微型机的应用对象。据报道,美国工业控制计算机的销售额,1974年为7.96亿美元,1979年预计为16亿美元,1984年预计为28亿美元,其中机械工业用微型机销售额,1974年为800万美元,约占总数的1%,1979年将达1.2亿美元,约占总数的7.5%,1984年将达2.9亿美元,约占总数的10.3%,今后五年的年平均增长率约为70%。日本微型机在机械工业中的应用台数,据说,约占其总数的22%,1975年底已有数以千计的应用实例(详见表5)。其它诸如英、法、西德等国也在推进微型机的应用,并取得一些进展。据报道,西欧微型机的总产量1976年为53台,1980年预计为400台,其中西德微型机的总产量,1976年为17台,1980年预计为140台。西德1980年微型机在数据处理和检测、控制、调节装置中的应用台数将占总数的62%。

目前国外微型机在机械工业中的应用实例虽多属试验研究性的,但使用面很广,现从以下七个方面予以介绍。

一、在生产过程自动化中的应用

在生产过程自动化方面,无论是冷加工、热加工和特种工艺,还是单机、生产线和控制系统均有应用微型机的实例。

表5 日本机械工业中应用微型机情况

用 途	应用件数	研制件数
顺控和程控	103	54
自动化机械	95	43
数据记录器	93	25
分析仪器及其数据处理	90	44
数据传输	86	54
遥测、遥控	83	14
自动检测	81	28
工艺流程控制	71	42
库存管理机	62	39
自动仓库	58	29
自动分选机	49	20
机 床	48	26
直接数控 (DDC)	46	40
数 控	38	31
工业机械手	26	28
自动绘图机	19	4
合 计	1048	521

1975年12月日本电子工业振兴协会调查。

(一)冷加工

1. 数控机床和加工中心

数控机床的产生,成功地解决了机械制造业中占机加工70%以上的中小批量生产自动化和复杂零件加工自动化问题。进入七十年代以后,随着计算机的发展,又出现了以计算机为核心的计算机群控(DNC)、计算机数控(CNC)和微型机数控(MNC)。它们的产生,不仅使数控系统从硬线逻辑向软线逻辑发展,而且为实现生产和管理的全盘自动化开辟了一条新的途径。其中MNC,即所谓第五代数控系统,是由微型机代替CNC系统中的小型机,国外也称为微型机CNC。由于后者是在小型机CNC基础上发展起来的,除具备小型机CNC系统的灵活性强、可靠性高、比DNC价廉、软件可选择和维修方便等一系列优点外,价格更低,约低1/10~1/15,因此更容易普及。特别是有利于进行在线自动检测和自动监视工况,为实现无人化加工系统创造了有利条件,展示了美好的发展前景。

MNC是1974年由美国通用电气公司首先研制成功的,第一台产品的型号为Mark Century 1050。同年,日本冲电气公司也研制成功OKIPATH-660微型机数控。

在MNC系统中,微型机主要用于代替普通数控装置执行插补功能和对机床的全部控制功能。根据国外的初步运行经验,一台字长为8位、12位或16位的微型机最多可同时控制1~3个坐标,在更大型的数控系统中,也可用多台微处理机控制。

但微型机的最大缺点是比小型机速度低,为了缓和这一矛盾,多在MNC系统中外加高速脉冲分配回路等,但这样一来,硬件的价格也将随着电子回路的增加而有所提高。

关于MNC的软件,由于没有十分复杂的运算,一般均采用机器语言和汇编语言,不一定采用高级语言。

在国外,首先使用MNC的是日本,目前已从研制阶段走向实用阶段。特别是日本滝泽产业公司生产的CNX540微型机数控车床已经出口美国、法国、瑞典、荷兰和澳大利亚等国,并从单机自动化向自动生产线迈进。

在日本的六、七个MNC生产厂家中,日本冲电气公司以生产微型机数控磨床著名,1979年又在通用机的基础上为片冈机床制造厂生产了一种专用微型机数控磨床OKIPATH-KATAOKA,字长8位,最大存储容量64K字节,基本指令执行时间为2微秒,控制1个坐标,最小移动量为0.001毫米,最大进给速度为4800毫米/分,具有刀具自动补偿功能。它不仅能用于单机,也能用于生产线。

如前所述,MNC的最大优点之一是通用性强,只改变软件就能适应不同类型机床的控制要求,因此,日本东芝、富士通和安川电机等公司都是按系列设计MNC的。

例如日本东芝公司的TOSNUC-300系列机,包括TOSNUC-300L和TOSNUC-300M两组机型,前者用于控制2~3坐标数控车床,最小移动量为0.001毫米,最大进给速度为10000毫米/分,具有刀具自动补偿、自诊断和自编程能力;后者用于控制3~4坐标数控铣床、数控镗床和带自动换刀的加工中心(其中任意3坐标可以联动),最小移动量和最大进给速度与TOSNUC-300L相同,具有刀具自动补偿、齿隙误差校正(1~255微米)、节矩误差校正、自动换刀归位以及自编程和自诊断功能。特别是自诊断功能给系统的维修和使用提供了方便条件,即使不熟练的技术人员也能排除故障。以上两组机型都采用同一硬件,即日本东芝公司生产的TLCS-12A微型机,标准存储容量为4K,字长12位,加法运算时间为8微秒。为了满足功能上的要求,把软件化率提高到80%。