

# 国外电子计算机发展 现状与展望

· 上海科学技术情报研究所

上海科学技术文献出版社

国外电子计算机发展现状与展望

上海科学技术情报研究所编

\*

上海科学技术文献出版社出版

(上海高安路6弄1号)

新华书店上海发行所发行

上海市印刷十二厂印刷

\*

开本: 787×1092 1/16 印张: 3.5 字数: 87,000

1978年12月第1版 1978年12月第1次印刷

印数: 1—40,600

代号: 15192·2 定价: 0.45 元

(限国内发行)

73.87  
115

# 目 录

|                         |      |
|-------------------------|------|
| 一、前言 .....              | (1)  |
| 二、数字电子计算机 .....         | (1)  |
| (一) 模拟机、数字机和混合机 .....   | (1)  |
| (二) 数字电子计算机的构成 .....    | (2)  |
| (三) 数字电子计算机的分类 .....    | (3)  |
| 三、数字电子计算机的发展历史 .....    | (4)  |
| 四、大型机和巨型机 .....         | (5)  |
| (一) 概况 .....            | (5)  |
| (二) 现状和水平 .....         | (6)  |
| (三) 提高大型机性能的一些措施 .....  | (10) |
| (1) 采用新的逻辑元件和存贮元件 ..... | (10) |
| (2) 采用新的体系结构和技术 .....   | (11) |
| 1) 先行控制 .....           | (11) |
| 2) 交叉存取 .....           | (11) |
| 3) 流水线操作 .....          | (11) |
| 4) 微程序技术 .....          | (11) |
| 5) 多级存贮体制 .....         | (12) |
| 6) 虚拟存贮器 .....          | (12) |
| 7) 复合机体制 .....          | (12) |
| (3) 发展容错技术等可靠性技术 .....  | (12) |
| (4) 引进新的软件概念 .....      | (12) |
| 五、小型计算机和微型计算机 .....     | (13) |
| (一) 小型计算机 .....         | (13) |
| (二) 微型计算机 .....         | (15) |
| (三) 微型机会取代小型机吗? .....   | (16) |
| 六、存贮器 .....             | (17) |
| (一) 磁芯存贮器 .....         | (17) |
| (二) 半导体存贮器 .....        | (18) |
| (三) 电荷耦合器件存贮器 .....     | (20) |
| (四) 磁泡存贮器 .....         | (21) |
| (五) 磁盘存贮器 .....         | (22) |

|                        |      |
|------------------------|------|
| (六) 磁鼓存贮器 .....        | (24) |
| (七) 磁带机 .....          | (25) |
| (八) 电子束寻址存贮器 .....     | (27) |
| (九) 光存贮器 .....         | (28) |
| (十) 全息照相存贮器 .....      | (28) |
| (十一) 超导存贮器 .....       | (30) |
| (十二) 其他存贮器 .....       | (30) |
| 七、外部设备 .....           | (31) |
| (一) 输入设备 .....         | (31) |
| (1) 卡片机、纸带机 .....      | (31) |
| (2) 键到磁带(磁盘)输入设备 ..... | (32) |
| (3) 文字识别装置 .....       | (32) |
| 1) 光学字符阅读机(OCR) .....  | (33) |
| 2) 光学标记阅读机(OMR) .....  | (33) |
| 3) 磁性符号阅读机(MMR) .....  | (34) |
| (4) 图形输入设备 .....       | (34) |
| (5) 声音识别技术及设备 .....    | (35) |
| (二) 输出设备 .....         | (36) |
| (1) 印刷机 .....          | (36) |
| 1) 击打式印刷机 .....        | (36) |
| 2) 非击打式印刷机 .....       | (39) |
| (2) 显示装置 .....         | (42) |
| (3) 绘图机 .....          | (43) |
| (4) 缩微胶卷输出装置 .....     | (44) |
| (三) 汉字输入输出设备 .....     | (45) |
| (四) 终端设备 .....         | (49) |
| 八、今后展望 .....           | (50) |
| (一) 超导计算机 .....        | (50) |
| (二) 光计算机 .....         | (51) |
| (三) 人工智能机 .....        | (52) |
| 附录 日本对计算机发展的预测 .....   | (53) |

# 一、前 言

电子计算机是一种既有快速运算能力,又有逻辑判断功能和存贮功能的现代化电子设备,是当代最卓越的科学技术发明之一。现代科学技术和工程设计上极其复杂的问题可用它来进行计算,财贸和企业经营管理上非常琐碎繁杂的数据可以用它来处理,军事上导弹火箭的飞行、工业上生产过程的控制等需要根据它们瞬息变化及时自动处理的所谓“实时控制”问题,也可用计算机来解决。正因为计算机如此有用,所以在它出现后不久便获得了迅速的发展。作为一门科学,计算技术迅速成长为现代科学的一个极其重要的学科;作为电子工业的一个部门,它的重要性与日俱增,目前,美国计算机工业产值已占电子工业总产值的三分之一左右,成了电子工业的支柱。现在,全世界计算机的年产量近十万台(不包括微型机),总装机数已超过 33 万台,用于计算机的新元件、新技术不断出现,使计算机跃升到一个新的高度。计算机出现时,其处理速度每秒钟只能进行五千次加法,而现代一亿五千万次的计算机早已运行,每秒十亿至一百亿次的巨型机已在研制;在初期,一台每秒运算几千次的计算机其设备要占用 170 平方米的大房间,重达 30 多吨,而今天,功能与其相当或比其强得多的计算机已经可以放在手掌上,放在口袋里,重量不到一磅;一些功能更强、甚至概念也全新的计算机,如光计算机、超导计算机,以及能用我们平常的语言输入输出、具有一定的人工智力的所谓“人工智能”计算机,在实验室里也做了很多工作,已经不是耸人听闻的玩艺,而是九十年代或 2000 年左右即能实现的东西。

计算机应用方面,随着计算机技术的发展,计算机的应用迅速渗透到人类社会的各个方面——从导弹火箭的控制,原子能的研究等尖端领域,到家庭主妇用的电子炉、电冰箱、洗衣机、缝纫机等日常电气用品,几乎是无处不有,计算机已是如此与人类的活动息息相关:凡是技术先进的地方,凡是实现高度自动化的地方,都离不开计算机。各资本主义国家都凭借电子计算机这门先进的技术迅速扩充本国的技术实力、经济实力和军事实力。超级大国,也把计算机技术作为争夺霸主地位的手段,在某种意义上讲,今天谁掌握了先进的计算机技术,谁就掌握了高速发展本国军事和经济实力的主动权,因此,今天计算机不但已经成为工业现代化、农业现代化、科学技术现代化和国防现代化的不可缺少的工具,而且已经成为衡量一个国家科学技术水平、经济实力和技术实力的重要标志,各国都把发展本国计算机放在非常重要的地位。

## 二、数字电子计算机

### (一) 模拟机、数字机和混合机

就目前的现状而言,电子计算机包括模拟计算机、数字计算机和数字模拟混合计算机。模拟计算机是用模拟量(又称连续量,如电压、长度、转角等)作为被运算的量(通常用电压)

的计算机，由运算部件、控制设备、排队板、输入输出设备等构成。用模拟机解常微分方程，从输入到把结果输出只要几个微秒即可，解题速度快是它的突出优点，但它的精度差，一般只能到小数点后 2 位，顶多到小数点后 4 位，对于运算结果精度要求很高的地方不适用。数字计算机则是用数字量(又称不连续量)进行运算的计算机，不但精度高，而且运算速度快，过程全部自动化，记忆能力、逻辑判断能力强，通用性强，因而，目前运用得最为广泛。

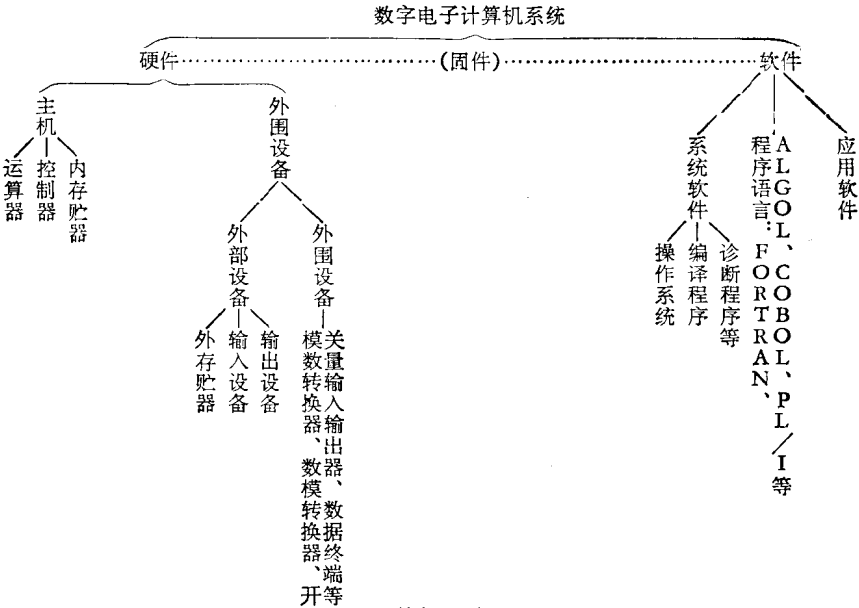
混合计算机是模拟技术与数字技术结合的计算机，设计的目的是使之兼备数字机与模拟机的优点，又克服各自的不足之处，目前尚处在发展阶段。

一般情况下不加以说明的话，所谓计算机通常均系指数字电子计算机。本文对模拟机、混合机的情况不打算叙述，主要介绍数字电子计算机。

## (二) 数字电子计算机的构成

如前所述，数字电子计算机是一种现代化的电子设备，一个可供使用的计算机系统通常由称为硬件与软件的两大部分组成。硬件，系指由电子线路、元器件和机械部件等等构成的具体装置，一般包括运算器，控制器，内存贮器，外存贮器，输入输出设备等五大部分。前三部分合在一起通常称为计算机的主机或中央处理单元，后二部分相对于主机而言则被称为外部设备。当计算机被用于“实时控制”等用途时，通常还需要有模-数转换器，数-模转换器，开关量输入输出器，以及数据终端等，为了与外部设备加以区别，人们常把它们称为外围设备。也有人把外部设备与上述的外围设备总称为外围设备。软件系相对于硬件而言，泛指为了使用计算机所必须的各种各样的程序，主要包括系统软件，应用软件和程序设计语言及其编译系统等。近年，在计算机里还出现了一种具有软件功能的硬件，是软件与硬件结合的产物，谓之“固件”，现在做成的固件一般是含有微程序集的控制存贮器（通常是只读存贮器），用大规模集成电路做成。

计算机系统的构成可用下图表示。



计算机系统构成图

### (三) 数字电子计算机的分类

翻开报章杂志或计算机专业刊物，我们可以看到诸如通用计算机，专用计算机，大型计算机，小型计算机，工业控制机，数据处理机……等等各式各样的计算机，其实这些都是数字电子计算机，不过是人们从不同的角度给计算机起的不同的名称罢了。通常，从设计的目的，从用途，以及从规模，可以对数字计算机作如下的划分：

#### (1) 从设计目的来划分

通常可分为通用计算机和专用计算机。

**通用机** 指其设计目的是为了用于解决各类问题的计算机，它既可用于科学和工程设计计算，又可用于数据处理和工业控制等，是一种用途广，结构复杂的计算机。如美国著名的 IBM360 和 IBM370 系列机都属于这一类。

**专用机** 是为某种特定目的（如专门设计用来计算导弹弹道，控制轧钢等）而设计的计算机，专用机工作针对性强，一般效率较高，结构也相对简单。

#### (2) 从用途划分

一般可分为科学与工程计算计算机，数据处理机和工业控制机。

**科学与工程计算计算机** 专用于科学与工程计算。

**工业控制机** 专用于工业生产控制。

**数据处理机** 专用于数据处理，如数据报表，资料统计、分析，工业企业计划的编制等。

#### (3) 从规模和功能划分

一般可分为巨型机(超大型机)，大型机，中型机，小型机，超小型机(minicomputer)，微型机等六种。由于体积、速度、容量等都很难于作为科学划分的标准，目前一般以系统的售价或月租来划分。日本的标准如下：

| 机 型     | 售 价                   |
|---------|-----------------------|
| 大型计算机 A | —— 5 亿日元以上            |
| 大型计算机 B | —— 2 亿 5000 万～5 亿日元   |
| 中 型 机 A | —— 1 亿日元～2 亿 5000 万日元 |
| 中 型 机 B | —— 4000 万～1 亿日元       |
| 小 型 机   | —— 1000 万～4000 万日元    |
| 超小型机    | —— 小于 1000 万日元        |
| 微 型 机   | —— 几十万日元              |

美国标准如下：

| 机 型     | 售 价             |
|---------|-----------------|
| 大 型 机 A | —— 150 万美元以上    |
| 大 型 机 B | —— 75 万～150 万美元 |
| 中 型 A   | —— 30 万～75 万美元  |
| 中 型 B   | —— 15 万～30 万美元  |
| 小 型 机   | —— 15 万美元以下     |

超小型机 ——几千美元

微型机 ——几十~几百美元

### 三、数字电子计算机的发展历史

数字电子计算机发明于二十世纪四十年代，它是当时科学技术发展的产物，而导致它出现的直接原因是军事上的需要。1943年，美军为了解决弹道学问题，与美国宾夕法尼亚大学签订了研制用于计算炮弹弹道的高速计算机合同，经过三年的努力，于1946年研制成功，命名为“电子数值积分器和计数器”，简称ENIAC，这便是世界上第一台电子式数字计算机。主要发明人是电气工程师普雷斯波·埃克特（J. Prespen Eckert）和物理学家约翰·莫奇勒博士（John W. Mauchly）。ENIAC是一个使用了18,800个真空管，体积3,000立方英尺，占地170平方米，重达30吨，耗电150千瓦的庞然大物，内存容量只有17K位（随机存贮器1K位，只读存贮器16K位），字长12位，加法运算速度200微秒，即每秒钟只能运算5000次，从现代的观点讲，水平是不高的，但是，当时美国陆军用ENIAC来算出炮弹从发射到弹着轨道40点的位置只要3秒钟，而原来用人工计算足足要7个小时，与之相比，速度提高了8,400倍，获得了划时代的进展，显示了计算机的威力。

自ENIAC之后，各方面对计算机的研究逐渐“繁荣”起来，计算机不断得到改进和迅速发展。埃克特的ENIAC机还是一台外程序式的计算机，后来普林斯顿高级研究所的约翰·冯·诺依曼针对这个问题提出了著名的冯·诺依曼总体结构思想（主要是内程序式和二进制运算），诺依曼型结构在宾夕法尼亚大学的EDVAC机上具体化了，确立了今日“数字电子计算机”的基础。1947~1950年间，诺依曼型计算机纷纷登场，如普林斯顿大学冯·诺依曼开发的IAS机，坎布里奇大学M.V. Wilkes研制的EDSAC机，麻省理工学院的WHIRLWING机等等都是。另外，第一台计算机的发明人埃克特和莫奇勒也在1947年离开了宾夕法尼亚大学，在费拉德尔菲（即费城）市设立了埃克特·莫奇勒计算机公司，开始考虑由实验室转入工业生产，后来，埃克特·莫奇勒公司因资金困难而为雷明顿·兰德（Remington Rand）公司所吞并，成为该公司的一部分。1951年，埃克特·莫奇勒为雷明顿·兰德公司生产了其第一台计算机UNIVAC-I，这便是世界上最早的商用计算机。1952年，IBM公司生产了应用于科研的大型系统IBM-701，RCA公司、霍尼韦尔公司等也正式相继加入这个行列，发表了它们的产品，从此，计算机结束了其实验室阶段而走上了工业生产阶段。

三十年来，电子计算机经历了四代的发展，各代的划分没有严格的定义，分法也不完全相同，大体从1946至1957年这11年中研制和生产的计算机为第一代的计算机。

第一代计算机的特征是：

①逻辑元件采用电子管；

②主存贮器使用延迟线或磁鼓，作为辅助存贮器已开始采用磁带机（最早用于UNIVAC-I）；

③软件主要使用机器语言，符号语言也已经出现并开始使用；

④应用以科学计算为主，应用方式主要是成批处理。

作为第一代计算机的代表，除了世界上第一台计算机外，还可举出第一台商品化的



UNIVAC-I 机(存储容量 12 千字节(1000 字), 加法速度 525 微秒, 外存用磁带), 以及最早采用磁芯的 UNIVAC-II 机、最早采用浮点运算的 IBM 704 机和最早采用中断技术的 UNIVAC-1103 机等。

麻省理工学院 TX-O 机的研制揭开了第二代计算机的序幕, 1957 年, 美国飞歌公司安装了第一台晶体管的 TRANSAC S-1000 机, 1958 年 4 月 IBM 公司开始用晶体管取代原来生产的电子管计算机, 使电子计算机进入了它的第二代。

第二代计算机以逻辑元件用晶体管、主存储器使用磁芯为其主要特征, 外存储器已开始使用磁盘。软件方面, 如后来用得非常广泛的高级程序设计语言 FORTRAN, ALGOL, COBOL, PL/I 及其编译程序都已建立, 还提出了操作系统。应用方面, 这一代机器在各种事务数据处理方面得到了广泛的应用, 并开始用于过程控制。

这期间, 生产了可供实时处理用的 UNIVAC490 机、配有 ALGOL 语言编译系统的巴勒斯的 B-5000 机, 最早使用 COBOL 语言的编译程序的 RCA501 机, 具有多道程序的 Honeywell 800 机以及运算速度每秒百万次级的 CDC6600 机, ATLAS 机(英国), 和 UNIVAC LARC 机等等有代表性的第二代计算机。

第三代计算机从 1964 年 IBM360 系列发表开始。这一代计算机逻辑元件已经采用集成电路, 存储元件主流还是磁芯, 机种多样化, 系列化, 外部设备不断增加, 品种繁多, 尤其是终端设备和远程终端设备迅速发展, 并与通信设备结合起来。软件方面操作系统进一步发展普及, 分时系统, 多道程序都有所发展, 并被广泛使用。另外, 在发展大型机的同时, 小型、超小型机也飞速发展起来, 并被广泛应用。应用面已广布于工业控制、数据处理和科学运算各个领域, 应用方式已进入了以系统化和分时操作为特征的时代。

IBM 公司的 360 系列机是第三代计算机的著名代表。

计算机的第四代是指全面采用大规模集成电路的时代。1970 年研制成功, 1971 年正式开始生产的 IBM370 系列机首先使用大规模集成电路做主存(逻辑元件还是小规模集成电路), 因此被称为 3.5 代的计算机。1975 年美国阿姆达尔公司研制成功的 470V/6 型计算机和随后富士通生产的 M-190 机, 都是全面采用大规模集成电路(逻辑元件和主存均使用大规模集成电路)的大型计算机, 可以作为目前第四代计算机的代表。第四代计算机在软件方面将与硬件更多的结合, 在应用方面, 则表现出由多机形成综合信息处理网络, 进入了以网络为特征的时代。

目前国外一方面在发展第四代计算机, 同时也在研究探讨更新一代的计算机。

## 四、大型机和巨型机

进入六十年代以后, 电子计算机的发展明显呈现向两极发展的趋势: 一是高速大容量化, 发展优先用于军事目的和计算中心的大型、巨型机; 二是微小型化, 发展易于在民用方面广泛推广应用的小型、微型计算机。迄今, 这二方面都获得了巨大进展。

### (一) 概 况

计算机的分类已如前所述, 但仅就速度而言, 速度在每秒百万次以上和四五千万次以上

者才可分别称之为大型和巨型计算机。

美国为了保持其在计算机这个领域中的领先地位和在军事、经济、技术上的霸权，一方面努力翻新、不断改进提高现有的系列化计算机，一方面不惜投以巨资积极研制新的大型和巨型机，其他国家如日本，西欧，苏联等，为了与美国抗争，也在努力研制、生产大型、巨型机，但就目前而言，大型机和巨型机的发展，无论是研制（包括基础理论，工程技术，生产工艺的研究）、生产和应用方面，美国均处于领先地位。

## (二) 现状 和 水平

美国在六十年代末便开始生产平均速度每秒 1,000 万次的计算机，目前，美国已有六种 4000~5000 万次以上的巨型机投入运行，它们是 ILLIAC IV 机，PEPE 机，STARAN 机和 STAR-100 机，ASC 机，Cray-I 机。

这些巨型机主要用于军事部门或军事尖端技术领域，如用于研究导弹、飞机等航天、航空飞行器，研究原子弹、氢弹等核武器以及用于实时控制反导弹系统、判读间谍卫星拍摄的照片等。

ILLIAC IV 是美国先进计划局出钱，伊里诺斯(Illinois)大学设计，由巴勒斯公司制造，于 1973 年完成的号称目前运算速度最快的通用机。该机平均运算速度一亿五千万次，字长 64 位，采用著名的并行阵列结构，64 个处理部件形成一个矩阵，每个处理部件都有一个容量  $2K \times 64$  位的存贮器。该机除了有一个容量为  $8.4 \times 10^6$  位的主存外，还有一个容量为  $10^9$  位的二级磁盘存贮器和一个容量为  $10^{12}$  位的文件存贮子系统，用一台巴勒斯 6500 计算机作前置处理机，由它控制读写第三级的激光存贮器，ILLIAC IV 已安装于美国宇航局的阿密斯研究中心。

STARAN 和 PEPE 都是专用机。PEPE 机由美国系统发展公司(SDC)研制，据称 1974 年已完成，它由一台 CDC7600 机和 288 个从属单元组成，用算法语言进行运算时，可达到每秒处理 8 亿条指令的速度。第一台 PEPE 计算机已交美国陆军杭茨尔陆军抗击导弹先进技术中心投入抗击导弹的实验和试验，但据外刊报道，该机的 288 个从属单元只运转了 11 个。

STARAN 机是在 1973 年完成的，平均速度约每秒 4 千万次，由美国古德依尔公司研制，装在美国罗马航空发展中心，它是一部适于处理相控阵雷达信号、航空管理、导弹弹道控制以及气象预报的计算机。

STAR-100，ASC 和 Cray-I 都是著名的所谓流水线处理机或向量处理机。Cray-I 比 STAR-100，ASC 又进一步被称为第二代的向量处理机。

STAR-100 由控制数据公司于六十年代中期开始研制，1974 年完成，已生产四台。该机字长 64 位，平均速度 5,000 万次/秒，二台安装在美国劳伦斯李扶摩实验室(LLL)。

ASC 机由德克萨斯仪器公司生产，已有六台交付使用，三台用于德克萨斯仪器公司，一台用于体系发展，另二台作地震应用，第四台为 TI Amstelveen (荷兰)作地震应用，第五、六台分别用于陆军弹道导弹防卫局猎人村研究中心和普林斯顿大学的全国海洋气象局地球物理流体力学实验室。ASC 机主周期为 60 毫微秒，平均每秒运算 5,000 万次。

Cray-I 计算机是美国的克雷公司于 1976 年生产的，Cray 公司是由离开 CDC 公司的克雷等人于 1972 年成立的新公司，Cray 本人曾参加过 CDC7600 机的设计，因此 Cray-I 机在设计上保留了 CDC7600 的风格，但因主机的基本周期已提高到 12.5 毫微秒，双极型半导体存

贮器存取周期提高到 50 毫微秒，因此该机的运算速度比 CDC7600 提高了大约五倍，即平均速度达到 5,000 万次。Cray-I 是一部适用于解决流体力学、气象模拟等问题的计算机，国外对巨型机的发展倾向于认为 STAR-100, ASC, Cray-I 较有前途，尤其认为 Cray-I 可作为目前巨型机的水平的代表，另外三种巨型机虽可达到很高的速度，但每台处理机速度不高，并且这类巨型机专用性较强，看法较多，但尚无定论。

除上述六种四、五千万次以上的巨型机外，美国还在生产高档机达到每秒几百万~千万次的系列机。著名的系列机及其高档机种如下表所示：

表 1. 系列机及其高档机

| 公司名称      | 系列型号     | 高档机种         | 平均速度<br>(万次/秒) | 第一台完成时间 |
|-----------|----------|--------------|----------------|---------|
| UNIVAC    | 1100     | 1110<br>1140 | 200            | 1971年   |
| IBM       | 370      | 168          | 300~400        | 1972年   |
|           | 370      | 195          | 1000           | 1973年   |
| CDC       | CYBER 70 | 76           | 1000           | 1974年   |
| CDC       | CYBER170 | 175          | 1000           | 1975年   |
| Burroughs | B700     | B7700        | 300~400        | 1974年   |
| Amdahl    | 470      | V/6          | 700~800        | 1975年   |

IBM 公司的 370 系列是一个很著名的通用系列，它是在六十年代的 360 系列的基础上发展起来的，它继承了 360 系列的体系，是一种通用性强，适于工业、科研、企业管理、数据处理各方面应用，标准化、系列化、积木化程度都较高，兼容性较强的计算机系列。370-168, 370-195 是该系列的高档机种。1976 年 3 月，IBM 公司还公布了它的 370-163-3 型机，它是 168 机的扩充，其性能比 370-168 机提高 5~13%。1977 年 3 月，IBM 公司还公布了它的新的大型机种 IBM3033。IBM3033 主周期时间为 58 毫微秒（168-3 为 80 毫微秒），它有配 4 兆、6 兆、8 兆字节主存的三种，内部处理速度为 370-168-3 型机的 1.6~1.8 倍，另外由于采用高密度技术（比 168-3 密度高 1 倍）和把通道装在机器里面（168-3 型机通道是独立的装置），放置面积、耗电量等都比 168-3 型机减少一半，设置电缆也仅为原来的三分之一。此外新发表的 IBM3033 机在方式上引人注目的地方是所用的缓冲存贮器比 168-3 型机大幅度地增加。

UNIVAC 的系列机以实时应用著称，在军事、空中交通管理和银行等实时系统中用得较为广泛。1976 年 3 月公布的 UNIVAC 1100/40 是 1100 以后最大的系统，它是一个多机系统，由四个指令/运算部件和输入输出部件组成，它的处理能力可比 1110 机提高 10~25%，最近宇航局选用了这个系统在 Houston John son 飞船中心进行了空间飞船模拟对接试验。

CYBER70 系列和 CYBER170 系列都是在 CDC6600 和 7600 基础上发展起来的，7600 机是 1968 年美国生产的平均速度 1,000 万次以上的晶体管计算机。CYBER70 和 170 系列和 7600 一样都采用一台主机和多台付机（即外围机）体制，也称分布处理体制。主机专做运算型操作，付机则统揽管理性操作，如入/出操作控制、资源分配、作业调度、文件管理等。CYBER70 系列与 CDC7600 不同之处在于它用组件代替了分立晶体管，用半导体存贮器代替了快速小磁芯作主存，内存容量从 6.4 万字增加到 13 万字。CYBER170 系列是 70 系列的改进型，两者不同之处是 170 系列主存采用 MOS 大规模集成电路。CYBER76 是 70 系列中最高档的计算

机, 而 CYBER175 是 170 系列中目前最高一档的计算机。

Amdahl470 系列特别强调采用先进的大规模集成电路技术, V/6 机逻辑电路采用 ECL 大规模集成电路, 芯片厚 10 密耳, 在 0.154 平方英寸上可封装 100 个电路, 片子速度 600 微微秒, 组装在多片载体的 10 层印刷板上, 多片载体是可以替换的部件。中央处理单元和通道由 51 个多片载体组成, 每个上面有 3,000 个电路。主存用 MOS 大规模集成电路, 容量为 1~8 兆字节, 周期为 400 毫微微秒, 超高速缓存用双极型半导体存贮器, 容量为 16K 字节, 软件使用稍经修改的 IBM 软件, 通道提供标准的 IBM360/370 接口以连接外部设备。470V/6 主周期为 32 毫微微秒, 平均速度为 700~800 万次/秒。第一台机 1975 年已交宇航局的空间研究所使用。

研制方面, 最著名的要算 IBM 公司的“FS”系列机, 在严格保密情况下已搞了几年。据外刊估计是以 T<sup>2</sup>L 超大规模集成电路为逻辑电路和以超大规模 MOS 为主存贮器(每片 64K), 用磁泡或电荷耦合器件做外存, 采用新的分布式结构, 面向高级语言的多处理机系统, 高档机将达到平均速度 7 千万次/秒, 是 IBM 公司第四代计算机的代表。但据 IBM 公司某些人士或近期外刊评论, 该系列机由于经费问题和软件系统难度大, 已经放弃, 但有人趋向于不相信, 因为 IBM 公司六十年代搞了个 360 系列, 七十年代搞了个 370 系列, 八十年代 IBM 不会轻易放弃其在计算机行业的垄断地位, 必定会拚命搞出一个新的系列机。日本认为“FS”系列可能在 1980 年左右完成。

除 IBM 的 FS 系列外, 国外在研制的还有巴勒斯公司的 BSP 机, 即巴勒斯科学处理机。BSP 用多机并行操作, 体系采用阵列处理机结构。它有三种型号, 即基本 BSP, BSP/7811 和 BSP/7821。BSP 由三个异步的部分构成: 一个控制处理机, 一个多元素(multielement)并行处理机, 以及一个文件存贮器。控制处理机起着控制信息接口的作用, 带有一个 B7800 系统作为系统的管理机, 执行某些确定的一维标量(Scalar)陈述(Statements)和管理另外二个装置, 它有自己的 262K 字的双极存贮器; 并行处理机通过自己的 524K 字(可扩充到 8 百万字)的双极存贮器和 16 个运算器执行矢量或阵列程序陈述; 文件存贮器系一个电荷耦合器件, 容量 4,194,304 字, 可扩至 67,108,864 字, 存取时间为 500 微秒, 传输率为 75 兆字节/秒。文件存贮器存贮数据和程序, 供控制处理机及并行处理机用。

预计 BSP 机可在 1979 年完成。

据报道美国正在研究的最大的计算机为运算速度号称十亿~一百亿次的超级机。它由美国国防部高级研究所(PARPA)出钱, 由宇航局艾姆斯研究中心研制, 定名为“凤凰”计划, 它将采用超高速逻辑电路, 微处理机阵列, 以及可能是光存贮器等先进元器件。

日本计算机发展方面过去主要靠抄袭、引进外国技术, 近几年才注意发展本国的计算技术。为摆脱美国的垄断, 与 IBM 公司相抗争, 日本政府大力资助和鼓励日本计算机工业, 制订了全国计算机发展规划, 调整工业和研究体制。对于发展超大规模集成电路的第四代计算机, 日本今后八年将投资 1,500 亿日元, 其中 2 亿花在型式设计, 748 亿花在硬件生产, 包括加工设备, 终端设备和大规模的生产设施, 750 亿花在软件方面, 如基本设计和处理程序等。日本通产省估计到 1985 年日本外销的计算机将为目前的 18 倍, 成为主要出口商品。

目前日本已能成批生产每秒 300~400 万次的大型机, 产品水平同 IBM 公司产品相比, 硬件方面已不相上下, 软件可能落后 3~5 年, 在部件方面可能落后 5~10 年, 但差距在迅速缩短, 按计算机生产和使用方面估计, 日本仅次于美国, 居世界第二。

至 1976 年 12 月底统计, 日本计算机总装机量为 38,927 台, 其中大型的计 2,179 台。近年日本计算机年生产量在 8000 台左右。

现在日本共有六家主要生产计算机的公司, 各公司一方面生产各自的系列机, 另一方面每二家结成一个集团全力生产三个新的系列机。新的三个系列是富士通-日立集团的 M 系列机, 日电-东芝集团的 ACOS77 系列机和三菱-冲电气集团的 COSMO 系列机。

这三个系列机各个大型机种与 IBM370 系列机各机种功能对应关系如下表:

| IBM370 系 列      | 168 的 2~3 倍 | 168 机 | 158 机 | 145 机 |
|-----------------|-------------|-------|-------|-------|
| 富士通-日立 M 系列     | M190        | M180  | M170  | M160  |
| 日电-东芝 ACOS77 系列 | 900 和 800   | 700   | 600   | 500   |
| 三菱-冲电气 COSMO 系列 |             | 900   | 700   | 500   |

三个新系列可以说是日本当前计算机技术水平的代表, 都是 1972 年后的三年中接受日本政府补助而研制成的, 主机均比较全面采用了中、大规模集成电路, 主存全部采用 MOS 大规模集成电路。这三个新系列的各机种已全部出齐, 日本自称这三个新系列是第四代计算机的先驱。其中 M 系列水平最高, 最高档 M190 机已于 1976 年完成。机器周期时间为 30 毫微秒, 平均速度为 700~800 万次/秒, M190 与美国 Amdahl 470V/6 几乎完全一样, 是 Amdahl 470 V/6 的翻版。

除上述三个新系列外, 日本在生产的著名大型机还有 HITAC8800 和 FACOM230-75, 两者均于 1973 年完成, 平均速度每秒 400~500 万次, 前者是日本“超高性能计算机”的商品化。

在研制方面, 目前日本在继续执行其 1971 年制订的“模式信息处理系统”计划, 打算在 1981~1982 年完成, 能处理以文字、图形、表格、物体形状、声音输入信息; 能对基本的文章进行处理; 具有并行、联想、学习等功能。

英国在计算机发展方面仅次于美、日, 居世界第三。目前水平最高的是英国曼彻斯特大学 1968 年设计、1974 年完成的 MU-5 机(曼彻斯特大学第五台计算机), 该机系一台适用于科学计算、数据处理和商业应用的通用机, 采用小规模级延迟为 4 毫微秒的 ECL 电路, 机器周期时间为 40 毫微秒, 平均运算速度达每秒 800 万次左右, 主存用镀线存贮器, 该存贮器的周期为 250 毫微秒。

系列机中水平最高的是 ICL 公司的 2900 系列机, 1968 年 12 月开始研制, 1974 年完成, 它很多地方参考了 MU-5 机, 体系结构与 MU-5 有很多相象的地方, 其特点是面向高级语言, 采用流水线以及虚拟存贮器, 结构上采用“模件”方式, 主存用 MOS 存贮器, 2900 系列目前包括两个机种: 2970 和 2980, 2970 机与 IBM370-158 不相上下, 2980 机技术性能则与 IBM370-168 差不多, 平均速度为 300~400 万次/秒, 主存容量为 100~800 万字节, 存取周期为 500 毫微秒。

西德、法国和荷兰为了与美国 IBM 公司抗争和摆脱美国公司的控制, 1973 年 7 月由菲力浦, CII, 西门子联合成立了一个称为“统一数据”的计算机公司, 共同研制 Unidata 7710 系列机, 目前该系列包括 7720, 7730, 7740, 7750 四档计算机。该系列的特点是: 各机种完全相容, 采用虚存, 中央处理机采用微程序控制, 主存由 MOS 存贮器构成, 主机通过标准通道与外部相连。

7750 为 7000 系列的最高一档计算机, 可构成双机系统, 机器主周期 125 毫微秒, MOS

主存最大容量可扩到 200 万字节, 存取周期为 650 毫微秒, 基本逻辑电路用级延迟为 2 毫微秒的 ECL 电路。在 Unidata 公司中该机种分工由 CII 公司负责研制生产。

苏联计算机发展起步不晚, 1949 年便开始研制, 1951 年便开始生产, 但发展迟缓, 尤其是技术上较为落后, 1967 年才搞出百万次级的 BESM-6 第二代计算机, 1970 年才制成集成电路小型机。六十年代后期, 为了加速与美帝争霸, 因此力图迅速发展计算技术, 1970 年与东欧各国合并搞了一个“计算机合作计划”, 开始生产类似于 IBM360 系列的 EC 系列机, 1973~1974 年该系列机陆续投入生产。目前苏联生产的最高档计算机为 EC-1060 机, 相当于 IBM360/75 机的功能, 内存 25 万~200 万字节, 平均速度 150 万次, 1975 年开始生产。研制中水平最高的是苏联科学院的 BESM-X 机, 速度约为 1,500 万次/秒, 原打算 1977 年出样机, 但至今未见其完成的报道。

目前各国的系列机中, IBM 系列有较高的声望和市场, 但 ICL2900 系列, ACOS77 系列, Honeywell H66 系列等为了达到优化整个系统的目的, 硬件设计中着重考虑了操作系统及编译程序, 在系统结构上比 IBM370 等典型系列有较大的改进, 据认为是今后通用机系统设计的一个主攻方向。

### (三) 提高大型机功能的一些措施

大型机所追求的目标主要是高速度、大容量和使用可靠。过去几十年中无论速度、容量、和可靠性都提高了几个数量级, 体积、价格和功耗也相应大大地降低。

国外提高大型机性能主要是通过采用新的元器件, 采用新的体系结构和技术, 发展容错技术和引进新的软件概念等途径, 下面分别简要介绍:

#### (1) 采用新的逻辑元件和存贮元件

如前所述, 从计算机的发展看, 采用过真空管, 晶体管, 集成电路和中、大规模集成电路等逻辑元件, 每一次逻辑元件的变更都使计算机的性能得到一次飞跃的改进, 速度提高十至数十倍。目前计算机主要用半导体逻辑元件。它们分为双极电路和 MOS 电路两大分支。双极型速度快, MOS 型集成度高, 但速度慢, 故大型机都用双极逻辑。现在双极电路在研制和生产方面占有较重要地位的有三大类: TTL 类, ECL 类和 I<sup>2</sup>L 类。TTL 与 ECL 相对而言, 前者功耗低, 但速度也低, 因而目前所有的大型、巨型机几乎毫无例外地都采用高速 ECL 逻辑电路。I<sup>2</sup>L 是七十年代发展起来的新逻辑电路, 其功耗比 TTL 低, 集成度比 TTL 和 ECL 高, 目前速度一般尚达不到 ECL 的水平, 但改进型的 I<sup>2</sup>L 和全离子注入的 I<sup>2</sup>L 电路也能达到高速领域, 研制中的一些更新的大型、巨型机已有考虑采用 I<sup>2</sup>L 的。

目前大型机和巨型机使用的 ECL 级延迟一般在 0.7~2.5 毫微秒左右。通常, 由于逻辑电路速度提高一倍, 机器性能可提高 1~5 倍以上。

MOS 逻辑电路有 P 沟和 N 沟以及 CMOS 等种, 前两种由于需要两种电源以及与 TTL 的接口转换等缺点, 其地位正逐渐被 CMOS 所代替, 但 MOS 电路总的讲速度比双极型慢, 所以在高速大型机中并不使用。

新的存贮元件包括采用快速半导体存贮元件和其他大容量存贮装置, 主要有高速缓存, 半导体主存, 电荷耦合器件, 磁泡, 电子束寻址存贮器, 光存贮器和大容量磁盘等外存。

高速半导体缓存是目前的大型和巨型机为解决慢速主存与快速运控器不能匹配而采取的

一个有效措施。有了高速缓存便可大大减少直接访问主存的次数，从而减少运控器等待的时间，提高主机速度。高速缓存的存取周期通常要求与运控器工作周期一致，否则会使计算机效率下降，目前大型、巨型机的高速缓存一般都使用双极中、大规模集成电路，容量1~4K字。

半导体存贮器由于比磁芯存贮器体积小，速度快，单元与电路容易一体化等，加上近年集成度迅速提高，所以正迅速进入主存，近二、三年各国生产的新系列机几乎都已采用MOS半导体存贮器做主存。

磁盘在计算机上早已使用，几年来正在拚命提高它的容量以满足大型、巨型机的需要，电荷耦合器件、磁泡和电子束寻址存贮器、光存贮器等，都是为解决大型机对高速大容量存贮要求而研制的新的存贮元件，它们都已进入实用阶段或正在进入实用阶段，它们的现状和水平将在后面“存贮器”和“外部设备”一节中专门叙述，这里不详细介绍。

## (2) 采用新的体系结构和技术

所谓体系结构，或称系统组织，是考虑如何将部件组织得更好，安排得更恰当，从而得到更好效果的技术。采用新的快速元件和新的体系结构，是提高计算机性能的相辅相成的方法。单靠采用高速电路，主机的运算速度提高是有限的，一般1~2倍，顶多3~5倍，如要大幅度提高速度则要同时在二个方面下功夫。这方面所采用的技术主要有先行控制、交叉存取、流水线操作、微程序技术、多级存贮器体制、虚拟存贮技术及复合机体制等。

1) 先行控制 一个系统各个部件之间如果速度不匹配，势必出现所谓“停工待料”现象，影响整个系统速度，所谓“先行控制”便是解决这个问题的一项技术，它通过“先行控制部件”提前向存贮器取出指令，提前向存贮器取出操作数，及时向运算部件提供操作数，接收运算部件要求存入的信息，然后以正确的序列写入主存，这样，使部件之间便可以协调工作，不致等待。

2) 交叉存取 即把主存分成多个独立的存贮体，称之“模”，各个“模”交叉编址，中央处理单元对它进行交叉访问，这样可解决中央处理单元与主存速度匹配问题，提高系统速度。大型机、巨型机通常都按模4、8、16或32方式工作。用 $n$ 个体交叉存取可使系统速度提高 $\sqrt{n}$ 倍。

3) 流水线操作 计算机的流水线，与生产流水线相似，计算机系统由多个功能部件构成，每个处理部件又分成若干步来完成这种处理，只要流水线畅通，便可充分发挥机器的效能。在大型机中，一般采用一条流水线，巨型机则采用多条流水线，而且在一个或几个功能部件中用分段流水的方法，以便在同一瞬间执行几条算术运算指令。如CDC-STAR-100采用二条流水线和一行处理部件，经处理后，主钟频达40ns，速度为5,000万次/秒。

4) 微程序技术 所谓微程序就是由若干微操作组成微指令，再由一组有序的微指令组成实现一条指令功能的微程序。这种技术早在1950年便已提出，但只有半导体存贮器，尤其是大规模集成电路只读存贮器出现与迅速发展之后，才得到广泛使用。微程序技术最早仅见之于小型机，目前在大型机中也日渐增多，它的好处是：①便于更换修改指令或改变控制方式，使计算机真正成为动态的计算机，②便于仿效其他机器，以实现程序兼容和模拟新的计算系统，检查设计质量，还可仿效汇编程序编译系统——程序的调整和计算，③用微程序编写宏指令，可使操作程序系统化，提高机器效率，④便于实现微诊断。IBM360，370系列和STAR-100，ILLIAC IV等几部巨型机都不同程度应用了微程序技术，如IBM360，370普遍采用微程序技术实现仿真功能，以达到各种不同机器的互换性，还用微程序技术简化处理机的控制部件，简化通道控制线路，进行微诊断等。

5) 多级存贮体制 对存贮器的要求最好是速度既快,容量又大,但在目前技术条件下,这二点的完美的统一还做不到,故为了解决大型、巨型机对高速大容量存贮的要求,只好采用多级存贮体制。通常采用三级:超高速小容量缓存,中等容量快速主存,大容量慢速外存。

6) 虚拟存贮器 虚拟存贮器系以主存的姿态出现,但实际上是并不存在的所谓“虚”的或“假想”的存贮器。是各个用户使用一台计算机时,为解决主存容量不足而采用的一种技术。它使主存与外存之间进行信息的动态调度,这种调度由操作系统和硬件来完成,这样,就为用户提供一个等效的极大的主存空间,使用户可以放心大胆地发展它的程序。这也是为解决无限增加存贮容量的要求的一种有效措施,目前大型、巨型机已广泛采用。

7) 复合机体制 是为了提高大型、巨型机的速度和可靠性所采取的办法之一,目前有如下几种形式:

(i) 主从复合系统

也叫卫星式系统,多外围机系统。它只有一台中央处理机,但有多台外围处理机,外围处理机执行算术运算及逻辑操作外的各项工作,这样可使主机不受拖累而发挥其速度快的特长,专注于算术运算和逻辑操作,对提高系统的效率有明显的效果。前面提到的 CDC7600机, CYBER76 机, ASC 机, STAR-100 机等都采用主从复合体制。

(ii) 双机对称系统

这种系统有两个中央处理机,互不从属,各做各的工作,它可同时执行两个指令——数据流,因此系统的速度通常可以比单机提高 1.7 倍,IBM370/158,168,日本的 FACOM, HITAC 等通用系列机的高档机都采用这种办法。

(iii) 阵列式多机复合系统

某些巨型机为了大幅度提高运算速度,采用了这种多机复合体制,典型的代表为 ILLIAC IV,它采用 64 台处理机和一个公共控制部件构成。它的单个处理机速度仅 300~400 万次/秒,但复合后系统速度可达到 1 亿五千万次/秒。

(iv) 多微机聚合系统

这是微型计算机出现以后正进行实验的一种体制,用许多微型处理机或微型计算机组成大型计算机,如美国的 Hypercube 系统,英国的分布单元阵列系统,格鲁曼公司的实验系统等都是。对这种体制的论议甚多,未有定论。

### (3) 发展容错技术等可靠性技术

可靠地运行即使对一台小型计算机也是绝对必要的,对大型机、巨型机就更不待言了,国外在这方面采取了不少措施,第一,是不断改进元器件、接插件、印刷线路板、焊接等的质量,使计算机尽量少发生故障,但事实上要完全不出现故障是做不到的,所以第二方面的努力是集中在硬件即使发生故障,计算机仍能继续工作,并给出正确的结果,这就是容错计算机。容错技术主要有:故障检测,故障诊断和故障校正等,目前很多新的军用和空间用的容错系统处于最后试验阶段,如斯佩兰、尤里瓦克公司研制的计算机平均可靠运行时间已超过 1400 小时,霍尼威尔公司研制的航天飞机主发动机控制器的汇编程序能对液体燃料、火箭发动机的推力和混合比率进行闭环控制,保证系统发生不会危害人或有关硬件的故障时,也能继续工作。

### (4) 引进新的软件概念

如引进多道程序、分时等等。



## 五、小型计算机和微型计算机

计算机微小型化方面，六十年代着重搞小型计算机，而七十年代则主要是发展微处理机和微型计算机。

### (一) 小型计算机

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生产的PDP-8是最早的小型计算机。小型计算机一般字长16~24位，标准字长16位，内存贮器一般4K以上，常以4K或8K为模，可扩至32K至128K，它可配上多种外部设备，如打印机，显示设备，软磁盘，小磁盘，盒式磁带机等，可满足一般工业控制和数据处理的需要。1965年PDP-8出现以前，计算机都要几十万美元以上，而PDP-8只要2.5万美元，以后价格每年以20%左右下降，1970年下降到8,000美元左右，因此，小型机在市场上很有竞争力，在六十年代得到大量推广，其推广速度以每年20%左右增长，至今几乎还是这样。目前，美国安装的计算机中，小型机占60%左右，日本1976年底为止安装的38,927台计算机中、小型机（包括minicomputer）达30,666台，占78.7%，可见小型机有相当的地位。

小型机目前明显呈现出逐渐向高档和低档两极分化。

低档小型机趋向于微型化，即向微型机靠拢。共同的特点是采用大规模集成电路，在保持一定功能的条件下，极力实现廉价化。预计至1980年低档小型机与高档微型机将很难区别。如数据设备公司的LSI-11机，CAI公司的Naked Mini机，东芝公司的TOSBAC-40L机，三菱公司的MELCOM 70/20机，以及富士通公司的PANAFACOM U-100机，IBM系统-32机，PDP-11/04机等等，都属于低档小型机。

高档小型机是向多功能，复杂化发展。共同特点是采用4~8个多重累加器；而且存贮器可扩展到32K字（64K字节）以上，最大容量已经可扩到512K字节~2兆字节，中央处理机还有可作浮点运算的处理机；软件中操作系统模块化，从高档机到低档机系列化；备有编辑程序，尤其是COBOL。总的性能有比以往小型机高10~30倍的处理能力，达到一般中型机的水平。外存普遍采用磁盘，最大容量可达200兆字节。

此外，高档小型机有些已采用了大型机的先行控制，多模交叉存取，虚拟存贮技术，并行操作和流水线等先进技术。例如HP-3000机便采用了指令预取等先行控制线路，并采用12级流水线数据通路。为了提高流水线处理速度，还在流水线的前端加了一个“前检”线路，使流水线处理转移指令的速度有很大的提高。

目前，数据设备公司的PDP-11/70，数据通用公司的ECLIPSE系列C-330和S-230机，Interdata公司的Model 8/32机，日本冲电气公司的System 50机，东芝公司的TOSBAC-40D机，日立公司的HIDIC-80机，三菱公司的MELCOM 350~50机，富士通公司的PANAFACOM U-400机，HP公司的HP-3000机等，都是高档小型计算机。

国外小型计算机的生产厂家多达上百个，型号不下100种之多。美国生产小型的公司主要有数据设备公司(DEC)，休莱特帕卡德公司(HP公司)，IBM公司，Computer Auto公司，