

新一代计算机

陈仁甫 梁立存 等编

上海科学技术文献出版社

新一代计算机

陈仁甫 梁立存 等编

*

上海科学技术文献出版社出版发行
(上海市武康路2号)

新华书店经销

昆山亭林印刷厂印刷

*

开本 787×1092 1/32 印张 9.75 字数 210,000

1989年5月第1版 1989年5月第1次印刷

印数: 1—3,700

ISBN 7-80513-349-2/T·120

定价: 5.00元

《科技新书目》187-298

前 言

由于社会的不断发展,人们对计算机的需求发生了质的变化,从数值计算发展到知识处理,因而计算机自身要有质的变化才能适应。我们编写此书的目的在于向读者介绍新一代计算机究竟包括什么内容,以及关键技术是什么。我们认为,新一代计算机应包括超高性能平行处理机系统和智能计算机系统。前者试图摆脱冯·诺依曼结构,用于高要求数值处理和一些非数值处理;后者面对非数值计算的知识处理。新一代计算机的基础技术是 VLSI,高度平行化结构。

本书共十二章。第一章写新一代计算机的研究领域,第二章介绍平行处理和有关技术,第三、四章介绍非冯·诺依曼型计算机,第五章到十二章是本书的重点,介绍智能计算机的基本原理和有关技术,智能计算机的语言、知识表示、知识库,以及与智能机相关的专家系统和智能接口。

本书以原理为主,辅之以实例,因此适合于大专院校师生作为重要的参考教材之用,对于广大计算机工作者和爱好者也同样是一本较好的参考书。

本书在华东计算技术研究所陈仁甫同志的组织下,由梁立存同志和新一代计算机组的有关同志协同编写的。第一、二章由陶怀仁编写,第三章由许佑辉编写,第四章由陈仁甫编写,第六章由孙维伟编写,第七章由汤慧媛编写,第八章由吴荣泉编写,第五章、第九至第十二章由梁立存编写。全书由陈仁甫同志审稿修改。

由于新一代计算机目前处于探索阶段,编者的水平也有限,难免有错。敬请读者指出,万分感谢。

本书在编写过程中得到一些公司和许多同志的帮助,仅此一并表示感谢。

编 者

目 录

第一章	引言	(1)
§ 1.1	计算机的发展史	(1)
§ 1.2	计算机历史上的重大贡献	(5)
§ 1.3	新一代计算机概况	(9)
§ 1.4	新一代计算机的若干技术	(13)
第二章	并行处理机	(18)
§ 2.1	并行处理概念	(18)
§ 2.2	并行处理技术	(24)
§ 2.3	并行处理系统的实例	(36)
第三章	非冯·诺依曼体系结构	(45)
§ 3.1	冯·诺依曼型与非冯·诺依曼型的基本特点	(45)
§ 3.2	几种模式	(48)
§ 3.3	归约机	(53)
§ 3.4	函数机器	(61)
§ 3.5	面向目标的机器	(66)
第四章	数据流计算机	(72)
§ 4.1	基本原理和机制	(72)
§ 4.2	数据流语言和数据流图	(76)
§ 4.3	数据流机结构	(89)
§ 4.4	优点、潜在问题以及解决方法	(108)
第五章	智能计算机	(116)
§ 5.1	智能机概况	(117)
§ 5.2	智能机软件	(124)
§ 5.3	智能机的作用	(129)

§ 5.4	日本的 ICOT	(131)
第六章	逻辑程序设计语言	(137)
§ 6.1	引言	(137)
§ 6.2	PROLOG 语言	(138)
§ 6.3	逻辑程序设计与符号逻辑	(154)
附录	关于其它 PROLOG 内部谓词	(161)
第七章	LISP 语言	(164)
§ 7.1	LISP 语言的历史及其特点	(164)
§ 7.2	LISP 的数据结构	(166)
§ 7.3	LISP 语言的基本函数	(168)
§ 7.4	递归与迭代	(178)
§ 7.5	LISP 程序设计举例	(180)
第八章	推理系统与推理机	(187)
§ 8.1	推理系统	(187)
§ 8.2	核心语言	(195)
§ 8.3	推理机开发中的研究内容	(198)
§ 8.4	逻辑程序并行执行模型	(200)
§ 8.5	推理机	(207)
第九章	知识表示	(216)
§ 9.1	逻辑表示模式	(219)
§ 9.2	产生式模式	(222)
§ 9.3	语义网络模式	(224)
§ 9.4	框架模式	(229)
§ 9.5	状态空间模式	(231)
§ 9.6	过程模式	(232)
§ 9.7	专用模式	(233)
第十章	知识库	(234)
§ 10.1	从人工智能出发建造知识库	(235)
§ 10.2	从数据库出发建造知识库	(242)

§ 10.3 知识库机实例	(247)
第十一章 专家系统	(252)
§ 11.1 人工智能	(252)
§ 11.2 知识工程	(257)
§ 11.3 专家系统	(259)
第十二章 智能接口	(285)
§ 12.1 概述	(285)
§ 12.2 计算机视觉	(288)
§ 12.3 计算机听觉	(291)
§ 12.4 自然语言处理	(295)
§ 12.5 外围设备	(301)
参考文献	(304)

第一章 引言

§ 1.1 计算机的发展史

计算机工业已有四十多年的发展史,经历了四代。但是,从计算机的系统结构来看,目前的计算机仍然停留在冯·诺依曼型的结构上。

无论是设计一个功能强,性能价格比好的计算机系统,还是设计一个有效的程序以解决某个计算问题,都必须了解基本的计算机硬件和软件系统结构。本节我们回顾计算机系统的逐代发展史,指出下一代计算机的发展趋向。

计算机系统的分代主要是决定于设备技术、体系结构、处理模式 and 使用的语言。每一代计算机大约都具有 10 年左右的生存周期,同时相邻代的计算机的生存周期是有几年重叠的,如图

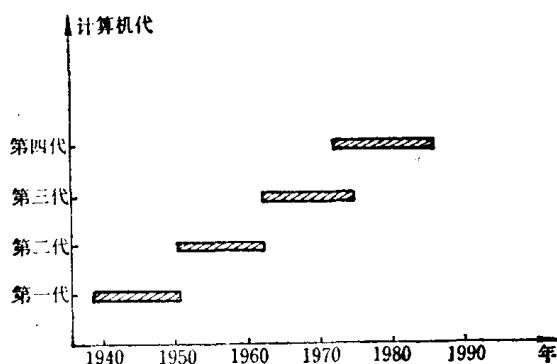


图 1.1 计算机系统的演变

1.1 所示。在一段时间内，可能是前一代机器处于使用时期而新一代机器处于研制开发阶段。我们目前就正是处于第四和第五代计算机这样一种变更时期。

一、第一代计算机(1938—1953 年)

1938 年第一台电子模拟计算机和 1946 年第一台电子数字计算机(ENIAC)的问世标志着第一台计算机的开始。

在早期的计算机中，只有二进制代码的机器语言可以使用，在 1950 年，第一台存贮程序的计算机 EDVAC (Electronic Discrete Variable Automatic Computer) 问世，这才标志着软件使用的开端；摆脱了只能使用低级语言的负担。不难想象当时硬件在计算机中占有多么重要的地位，而软件功能又是多么简单原始。1952 年 IBM 公司宣布了它的 701 电子计算机。该系统使用了威廉存贮管、磁鼓和磁带。

二、第二代计算机(1952—1963 年)

从 1948 年晶体管发明，到 1954 年第一代晶体管数字计算机(TRANIAC)在贝尔实验室诞生，分立式晶体管和二极管开始用于构成部件，在 TRANIAC 中用了 800 个晶体管，印制电路也开始出现。电流重合法磁芯存贮器研制成功而且陆续在许多机器中使用。在 1956 年 Fortran 和 1960 年 ALGOL 高级程序设计语言发展起来以前一直沿用汇编程序设计语言。

1959 年 Sperry Rand 研制成 Larc 系统和 IBM 开始了 Stretch 计划，这是最早两台对计算机体系结构进行改进的机器。Larc 机器有一个独立的 I/O 处理机，它可与一至两个处理部件并行工作。Stretch 以先行指令和纠错功能为其特色。第一台 IBM 科学计算型晶体管计算机 IBM 1620 于 1960 年投入商业化生产。1959 年推出了 COBOL 语言。1963 年可换磁盘组件技术出现。批处理开始流行，提供对用户程序的连续执行。

三、第三代计算机(1962—1975年)

这一代计算机的主要标志是使用中小规模集成电路作为基本标准组件。多层印制电路进入实用阶段。在1968年以前, CDC-6600机等仍然使用磁芯存储器,以后许多高速计算机,如 CDC-7600开始使用固态存储器替代磁芯存储器,这一时期,高级语言及其编译技术有了更进一步地提高。

多道程序设计的发展允许多个程序段可以交替地同时执行。七十年代初许多高性能的计算机(如 IBM 360/91, ILLIAC, IV, TI-ASC, Cyber-175, STAR-100 和 C.mrn)和几种向量处理机相继问世。六十年代末,分时操作系统开始实用化。通过使用分级结构化存储系统发展起虚拟存储器概念。

四、第四代计算机(1972年—现在)

目前这一代计算机的特点是对逻辑和存储部件都使用大规模集成电路,高密度组装技术。高级语言的功能扩展既能处理标量又能处理向量,如在许多向量机上使用的扩充 Fortran。绝大多数操作系统都是分时和具有虚存功能。第二代向量机器的向量化编译器也已出现,如 Cray-1(1976)和 Cyber-250(1982)。在多处理系统中也已经出现高速主机和巨型机,如 Univac 1100/80(1976),富士通 M 382(1981), IBM 370/168MP, IBM 3081(1980)和 IBM 3090(1986),Burroughs B-7800(1978)和 Cray X-MP(1983)、Cray-II。此外,一种功能接近于巨型机但价格大大低于同档巨型机的小巨型机,如 Convex C1, XL, 已投入市场。一个高度并行处理机(MPP)完成了商业化设计。MPP是由16384个位片微处理机构成,用于卫星图象的处理。

有关各代情况见表1.1。

表1.1中列举的代表机器表明了计算机发展很快。不过,不管怎样发展,都离不开冯·诺依曼型的设计思想。大致有如下

表 1.1 计算机发展步伐和代表机种

年代、代表机种	使用器件	特 点
第一代(1938年—1953年) 1946年ENIAC 完成 } 1952 年IBM701 发表	真空管时代 电路元件……电子管 存贮器件……水银延迟电路、磁芯	确立了基本技术 分批处理方式 用机器码编程
第二代(1952年--1963年) 1954 年 TRADIC 发表 } 1960 年 IBM 1620 推出	晶体管时代 电路元件……晶体管 存贮器件……磁芯	进入实用化 远程成批处理方式 出现了程序设计语言
第三代(1962年—1970年) 1961 年 IBMS/360 发表 } 1970 年 IBMS/360 最终机型	IC(集成电路)时代 电路元件……晶体管、IC 存贮器件……磁芯	从成批处理方式到在线方式(实时方式 → TSS 分时处理) 多任务并行处理
第三代半(1970年—1978年) 1970 年 IBMS/370 发表 } 1978 年 IBM 303×发表	LSI 时代 电路元件……IC、LSI 存贮器件……磁芯 LSI	从集中处理到分散处理,在线处理的高度化,多道程序处理
第四代(1972年—现在) 1972 年 IBM 系统 E 系列 4300 发表 1976 年 Gray-I 发表 1980 年 IBM 系统 H 系列 3081 发表	VLSI 时代 电路元件……LSI、VLSI 存贮器件……LSI、VLSI	面向用户的复合分散处理网络,若干个系统间的大量数据的交换数据库管理;大量数据集中管理

共同特点:

- 处理机、存贮器、外围设备组成单一的计算机;
- 主存单元定长的线性结构;
- 一级主存地址空间;
- 低级的机器语言;

- 顺序集中控制；
- 最基本的输入/输出功能。

其所处理的对象主要是数值计算和数据处理，至于诸如图象，图形，自然语言的处理等就不相适应了，必须寻求新一代计算机来解决。

五、未来

预计到九十年代将是新一代计算机的时代，这是由于社会的不断发展的必然趋势。因为现有的各种类型的计算机系统尚支持不了日益扩大的多样化应用要求，用户对计算机的需要也发生了质的变化，从数值计算、数据处理发展到知识处理。目前的，冯·诺依曼型机不管从那方面来说都不能相适应了。在这种情况下，根据现有技术的现状，提出了采用新的途径与方法来研究新型的计算机，以适应社会发展的需要，这就是所谓的新一代计算机，它应该包括：

- 高度平行的计算机系统；
- 非冯·诺依曼型计算机；
- 智能计算机。

新一代计算机的开发研究，从狭义上而言，就是试图从技术角度和应用角度出发，系统地解决上述问题。

§ 1.2 计算机历史上的重大贡献

本节通过对计算机发展历程中重要技术和重大概念的回顾，使我们能从中获得有益的经验教训，作为我们开发新一代计算机的借鉴。

一、图灵和丘吉的贡献——计算机概念

为了理解新一代计算机的设计思想，有必要去深入探讨计算机的简单概念下所隐含的深刻内容。一般地都认为，计算机

是一个由存贮的程序控制的数字电子信息处理机器。然而，这种浅易的概念产生于深奥思想基础之上，在可以预见的未来，对计算机的这种理解似乎是非常局限的。为了完整地理解计算机的概念，必须追溯到本世纪初，当时数学被视为完全抽象的知识体。数学涉及到符号、符号间关系、对符号的操作以及这些符号、关系和操作的性质。尽管这许多符号都有一个具体的意义，但不会影响到数学的抽象性。从几条基本公理开始，通过定理、推论、演绎和归纳可以推导出全部复杂的现代数学体系。

为了试图完善抽象数学的发展，在1928年的国际数学会议上，希尔伯特提出了三个著名的数学问题。第一个问题是数学的完备性，就是说，每个数学公式是否只存在可证明的或不可证明的两种情况。第二个问题是数学的一致性，即在数学证明过程中的任一有效步骤不会导致最终错误的结论。第三个问题是数学的确定性，就是说，原则上存在一种定义方法，它能适用于任何数学表达式并可以确定这个表达式是否正确。当时，希尔伯特直观地认为这三个问题的答案都是肯定的。但8年以后，他的观点被证明都是错误的。尽管如此，他的“定义方法”的概念导致了通用计算机的抽象概念。

图灵深入思考了他的老师诺依曼 (Max Newman) 关于“数学处理”的提法，并写出了关于可计算数的著名博士论文。在这篇论文中，图灵讨论了希尔伯特的第三个问题——计算的确定性问题。他使用一种抽象机器的概念，这种机器现在称之为图灵机。图灵机具有如下特性：它能计算任一定义过程说明的数之值，这种定义过程也可以称之为一种算法。由此产生了可计算数的概念。例如，记一个无理数为 P_i ， P_i 有一个无限的十进制展开式，它的值可通过一个算法进行计算，只要给出足够的时间，图灵机就可以算出任何精度要求 P_i 之值。虽然，图灵不是

用一种正规的方法证明一台机器可以具有这种特性，他仅给出一种形式描述及一组有说服力的参数。他的论文现在被奉为计算理论的公理系统。

几乎同时，在美国，丘吉也宣布了同样的研究结果。丘吉提出了一种称之为 λ -演算的形式表示法，把所有的数学公式转换成一种标准形式。于是，定理证明就是根据一组形式规则通过 λ -演算将符号串转换成另一种形式。

图灵和丘吉的上述工作对计算机发展有着深远的影响。首先，一个数仅看作为一种可以有着任意解释的符号串，而对演算使用的数制是无关紧要的。在把符号串作为机器操作的计算机数据概念出现之后，形式推理变得更为重要，而在这些符号串提供信息之前，需要用户去解释。最重要的是符号串可以作为一条指令来解释。其次，图灵机是通用的，它能解决任何一种用算法形式描述的问题（换句话说，它能计算任何可计算数）。最后，一个图灵机原理上是非常简单的，它只有一条磁带用作输入、输出和存贮。图灵机通过操作表（程序）控制执行并在任一时刻都处在某一操作状态之下。每次操作与带上单个符号的操作有关，而且可以通过一个符号双向移动磁带。图灵机概念的出现，表明通用计算机结构是确实可行的。

计算机理论上的一系列发展继续沿着图灵和丘吉所创立的抽象机和函数程序设计思想的方向。图灵机概念得到进一步完善，函数程序设计思想导致了LISP这种函数式程序设计语言的发展，现在它已为绝大多数人工智能领域所使用。

二、布尔和香农的贡献——电子计算机

图灵和丘吉关于抽象机和函数程序设计的理论工作建立了计算机是一种符号处理机器的概念，而不考虑这些符号对用户和程序员所具有的意义。这使得计算机的基本操作局限于算术

和逻辑级。这一级的符号几乎都可用二进制数形式表示，即能表示各种数字，字符，图象显示的颜色和声音的构成成份。执行这些基本操作的电子开关电路具有一个对应二进制“0”和“1”的闭合电路状态，即电路状态只能是0或1两种状态之一。

形式逻辑的先驱是 Aristotle，他建立了形式逻辑的规则。根据这些规则，通过定义过程对所有语句进行演绎运算，以判定该语句是否正确。布尔在此基础之上，创立了以形式代数表示法描述 Aristotle 的逻辑作出了重要贡献。

逻辑和电子之间的关系是香农建立的。香农证明了基本的布尔运算可以有电子开关电路表示，组合电路能表示复杂的逻辑和算术运算。最重要的是，香农证明了布尔代数如何用于简化开关电路。

三、冯·诺依曼的贡献——存贮程序计算机

在 1936 年至 1946 年这段时间里，计算机的理论和实践有了一系列的重大突破和发展，其中以冯·诺依曼的工作最为出色，他的贡献导致了现代电子计算机的诞生。当时，冯·诺依曼在美国战时研究组织担任顾问，负责第一台计算机(Eniac)的设计和研制工作。他从理论和实践上阐述了一个通用计算机的设计要求。Eniac 的操作对象是以二进制代码形式表示的数据和指令，它们一起存放在同一存贮器中，同时使用了少量的寄存器用于存放当前执行的指令和数据。Eniac 在不断地顺序完成存取和执行指令的重复工作。从 1946 年起，冯·诺依曼的这种机器定义广泛地被接受，并适用于所有的计算机。

冯·诺依曼存贮程序计算机的一个基本思想是将数据和指令存放在一起，这一思想对计算机的发展有着深远的影响。由于允许数据和指令随意地存放在同一存贮器中，这意味着从存

贮器中存取指令和存取数据的机制是完全一样的，而且也意味着一个符号可以在一个地方作为数据处理而在另一地方又作为指令执行。

§ 1.3 新一代计算机概况

本书所说的新一代计算机主要是指：高度平行计算机；非冯·诺依曼型计算机；智能计算机。

一、高度平行计算机

高度平行计算机主要用于大规模的数值计算和知识处理并试图通过并行性来取得高性能。美国的战略计算机计划研制的用于军事目的的计算机就是属于这一类型的新一代计算机。图 1.2 给出战略计算机计划的目的和结构。

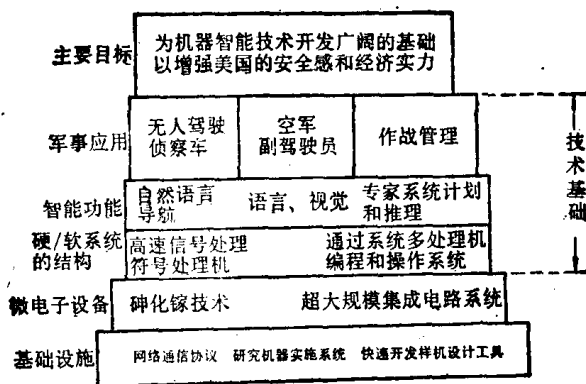


图 1.2 战略计算机计划的目标和结构

战略计算机是主要用来处理紧急防务问题的超级人工智能计算机，其特点是：改变前几代电子计算机只能计算和处理数据的局面；转而处理知识，使计算机具有问题求解和作出判断的能力，能够类似人脑那样进行思维、推理、学习和思想，还能认识文

字，理解自然语言和各种图象。它的总性能和运算速度比现有的计算机提高三至四个数量级。为了实现这些目标，超级人工智能计算机必须在器件、体系结构、软件和人工智能方面都有重大的突破。

体系结构是高度平行计算机的重点研究领域，高度并行计算机将采用非冯·诺依曼体系结构，突破串行执行的约束。其方法是：准备研制一种多处理机（从几百个到一百万个）系统，即高度并行的系统，使计算机的处理能力达到现有最大计算机的一万倍。

高度并行计算机中最杰出的并行体系结构为数据流，同时也在考虑从下列计算机中选一原形作为进一步开发的基础：麻省理工学院的连接机和数据流计算机（Connection Machine and Dataflow Computer），哥伦比亚的 DADO 和非冯·诺依曼体系结构计划，卡内基-梅隆大学的可编程脉流处理机和生产机（Programmable Systolic Processor and Production Machine），BBN 公司的大规模集成电路蝶形机（Butterfly Machine）以及纽约大学的超计算机（ultra Computer）。

高度并行计算机强调多个计算单元的互联，而不太强调计算单元本身。此外，体系结构的研究重点还将放在处理机和存储器的平滑结合上。高度平行计算机的软件必须能支持高度并行的体系结构，特别重要的是语言和操作系统。美国的战略计算机计划将采用 Ada 和其它现代语言，在人工智能方面将采用 LISP 或扩展的 LISP 语言作为核心语言（日本的第五代计算机则采用 PROLOG 语言）。此外，编程问题也将是一个真正的难题，是研制工作的一个重点，如怎样把处理工作有效而方便地分配给如此之多的处理机，怎样协助微处理机编码（尤其是专家系统方面），以建立一个良好的建造专家系统的环境和编程环境。