



中国计算机学会教育专业委员会 推荐
全国高等学校计算机教育研究会 出版
高等学校规划教材

计算机导论

王玉龙 编

计算机学科教学计划1993



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

URL: <http://www.phei.co.cn>

02/11
高等学校规划教材

计 算 机 导 论

王玉龙 编

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书是根据“计算机学科教学计划 1993”中的“计算机引论”课程(代号 A.C.1)的具体要求编写的。内容包括计算机的逻辑基础、计算机系统的硬件、软件及计算机操作指南等,它覆盖了计算机学科的十三个知识单元。通过本书的学习,将使读者对计算机系统有一个全面的初步了解,为深入学习计算机学科的各专门课程奠定“以全局指导局部”的基础。本书简明而严谨地阐述了计算机的基本工作原理,系统地介绍了计算机硬件和软件中的基本概念,简要介绍了计算机系统的新技术,在编写中力求做到由浅入深、文字流畅、便于自学。本书适合作计算机专业本科生和大专生教材,也可作为非计算机专业的“计算机基础”教材。对广大计算机初学者也是一本较理想的“入门”读物。

图书在版编目(CIP)数据

计算机导论/王玉龙编. -北京:电子工业出版社, 1997.5

高等学校规划教材

ISBN 7-5053-3850-1

I. 计… II. 王… III. 电子计算机-高等学校-教材 IV. TP3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 33029 号

丛 书 名:高等学校规划教材

书 名:计算机导论

编 著 者:王玉龙 编

责任编辑:张凤鹏

特约编辑:天 马

排版操作:电子工业出版社计算机排版室排版

印 刷 者:天宇星印刷厂

出版发行:电子工业出版社 URL:<http://www.phei.com.cn>

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036 发行部电话 68279077

经 销:各地新华书店

开 本:787×1092 1/16 印张:15 字数:384 千字

版 次:1997 年 5 月第 1 版 1999 年 9 月第 3 次印刷

书 号:ISBN 7-5053-3850-1
G·290

定 价:17.00 元

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺页、倒页、脱页者,本社发行部负责调换

版权所有·翻印必究

出版说明

中国计算机学会教育专业委员会和全国高等学校计算机教育研究会（以下简称“两会”），为了适应培养我国 21 世纪计算机各类人材的需要，根据学科技术发展的总趋势，结合我国高等学校教育工作的现状，立足培训的学生能跟上国际计算机科学技术发展水平，于 1993 年 5 月参照 ACM 和 IEEE/CS 联合教程专题组 1990 年 12 月发表的《Computing Curricula 1991》，制定了《计算机学科教学计划 1993》，并组织编写与其配套的 18 种教材。现推荐给国内有关院校，作为组织教学的参考。

《计算机学科教学计划 1993》是从计算机学科的发展和社会需要出发提出的最基本的公共要求，不是针对某一具体专业（如计算机软件或计算机及应用专业），因此它适用于不同类型的学校（理科、工科及其它学科）、不同专业（计算机各专业）的本科教学。各校可以根据自己的培养目标和教学条件有选择地组织制定不同的教学计划，设置不同的课程。本教学计划的思想是将计算机学科领域的知识，分解为九个主科目（算法与数据结构、计算机体系结构、人工智能与机器人学、数据库与信息检索、人-机通信、数值与符号计算、操作系统、程序设计语言、软件方法学与工程）作为学科的公共要求；对计算机学科的教学归结为理论（数学）、抽象（实验）和设计（工程）三个过程，并强调专业教学一定要与社会需要相结合。另外，还提出了贯穿于计算机学科重复出现的十二个基本概念，在深层次上统一了计算机学科，对这些概念的理解和应用能力，是本科毕业生成为成熟的计算机学科工作者的重要标志。

为了保证这套教材的编审和出版质量，两会成立了教材编委会，制定了编写要求和编审程序。编委会对编者提出的编写大纲进行了讨论，其中一些关键性和难度较大的教材还进行了多次讨论。并且组织了部分编委对教材的质量和进度分片落实，有的教材在编审过程中召开了部分讲课教师座谈会，广泛听取意见。参加这套教材的编审者都是在该领域第一线从事教学和科研工作多年，学术水平较高，教学经验丰富，治学态度严谨的教师。这套教材的出版得到了电子工业出版社的积极支持。他们把这套教材列为出版社的重点图书出版，并制定了专门的编审出版暂行规定和出版流程，组织了专门的编辑和协调机构。

这套教材的编审出版凝聚了参加这套教材编审教师和关心这套教材的教师、参与编辑和出版工作者、以及编委会成员的汗水，他们为此作出了努力。

这套教材还得到了电子工业部计算机专业教学指导委员会的支持，其中 11 本被选入 1996 ~ 2000 年全国工科电子类专业规划教材。

限于水平和经验，这套教材肯定还会有缺点和不足，希望使用教材的单位、教师和学生积极提出批评建议，共同为提高教学质量而努力。

**中国计算机学会教育专业委员会
全国高等学校计算机教育研究会**

教材编审委员会成员名单

- 主任：王义和 哈尔滨工业大学计算机系
- 副主任：杨文龙 北京航空航天大学计算机系（兼北京片负责人）
- 委员：朱家镗 东北大学计算机系（兼东北片负责人）
- 龚天富 电子科技大学计算机系（兼成都片负责人）
- 邵军力 南京通信工程学院计算机系（兼南京片负责人）
- 张吉锋 上海大学计算机学院（兼上海福州片负责人）
- 李大友 北京工业大学计算机系
- 袁开榜 重庆大学计算机系
- 王明君 电子工业出版社
- 朱 毅 电子工业出版社（特聘）

前 言

本教材是根据中国计算机学会教育专业委员会和全国高等学校计算机教育研究会制定的《计算机学科教学计划 1993》中的《计算机引论》课程（代号 A.C.1）的具体要求编写的。其内容包括“概述计算机、数据、程序等概念，简述计算机的逻辑基础、硬件组成、软件组成及计算机应用”，要求覆盖下列计算机学科的十三个知识单元：

- AL1 3/6 基本数据结构（线性表、数组、表、栈、队列、树、图）
- PL1 2/2 程序设计语言历史（早期、传统、新一代、并列程序设计语言）
- SE1 4/8 问题求解的基本概念（自顶向下、逐步求精和过程抽象、进行程序设计的基本思想）
- SE2 1/4 软件与软件工程
- AR1 6/6 数字逻辑
- AR3 4/4 数据的机器码表示及转换
- AR4 4/4 处理器结构与汇编语言
- HU1 2/5 人-机通讯的用户界面
- PL9 2/2 语言翻译系统（简单语言的翻译过程，翻译与解释）
- SP 2/2 计算机的历史和社会背景
- OS1 2/2 操作系统的历史和演变
- AI1 2/2 人工智能的历史、研究对象、学科范畴和研究方法
- DB 2/4 数据库系统概述、模型和应用

上述要求是明确的。问题的关键是如何把握达到这些要求所应包含的内容细节，以及如何把这些内容有机地组织起来，以形成一本系统而又简明的《计算机导论》教材，使读者通过本教材的学习，能对计算机系统有一个全面的初步了解，并为深入学习计算机学科的各专门课程奠定“以全局指导局部”的基础。

按上述原则具体编写本教材时，需要处理好下列诸方面的关系。首先是课程内容的广度与深度的关系。广度是本课程的基本要求，而深度则是为广度服务，应以讲清楚各知识单元的基本概念为目的。其次是课程内容的深度与读者对象的关系。本课程的对象是“初学者”，而随着微型计算机的普及，这些“初学者”中的大多数都已具有计算机的某些知识或使用经历。因此，本教材在内容深度上虽是“入门”性的，但必须是系统的和严谨的，并区别于一般的计算机科普读物。第三是课程内容与授课时间的关系。按上述十三个知识单元中规定的每个单元的授课时间统计，本课程的授课总学时为 33 学时，要按这些学时数要求写出一本全面介绍计算机系统的教材难度是相当大的。解决这一难点的简单办法是适当地多写些，任课教师根据教学要求及给予的学时数少讲或精讲某些内容，余下部分供学生自学。

本教材力求按要求编写，全部内容分为四章，即：计算机系统的基本知识，计算机系统的硬件，计算机系统的软件，计算机操作指南。显然，随着计算机系统软硬件技术的发展，

上述划分计算机知识的方法并不科学，不少计算机新技术难以截然将它归类于硬件或软件。但对于初学者而言，上述划分方法将给出一个清晰的计算机系统的框架概念，或许仍有一定的道理。

限于编者的水平，对《计算机学科教学计划 1993》尚理解不深，对处理好上述三方面的关系深感力不从心，因而本教材仅仅是抛砖引玉，愿同行专家及广大读者提出宝贵意见，为编写出一本真正符合要求的《计算机导论》教材而共同努力，使本教材真正起到掌握计算机知识的“导论”。

最后，衷心感谢马桂祥、朱静华两位教授对本教材的认真审阅，他们从教材的体系到具体的内容提出了许多宝贵的修改意见，朱静华教授还对书中的不少基本概念、文字叙述及内容的组织提出了精辟的见解，对完善本书起了很大作用，感谢杨文龙和张吉锋两位教授给予的支持与帮助，感谢伊大成副教授对本教材的编写提纲提出的宝贵意见。

北方工业大学工学院计算机学科

王玉龙 1996 年 4 月

第一章 计算机系统的基础知识

本章将简要介绍学习计算机所必须具备的基础知识,包括计算机的组成、计算机中数据的表示、计算机可实现的运算及实现这些运算所需要的基本逻辑电路及部件。掌握了这些基础知识,将为我们学习计算机系统的构成及其工作原理奠定基础。

第一节 计算机的发展概述

一、计算机的产生

计算机(computer)作为一种计算工具,可追溯到中国古代所作出的贡献。早在春秋战国时代(公元前 770 年至公元前 221 年)已使用竹子制作的算筹完成计数,唐代时已出现早期的算盘,宋代时已有算盘口诀的记载。17 世纪后,随着西方产业革命的到来,推动了计算工具的进一步发展,在欧洲出现了能实现加减乘除运算的机械式计算机。1944 年美国物理学家艾肯(Howard Aiken)领导完成了第一台机电式通用计算机,主要元件采用继电器,是一台可编程程序的自动计算机。

世界公认的第一台通用电子数字计算机是美国宾夕法尼亚大学莫尔学院电工系莫克利(John Mauchly)和埃克特(J. Presper Eckert)领导的科研小组建造的,取名为 ENIAC (Electronic Numerical Integrator And Culculator),直译名为“电子数值积分和计算器”。该计算机由 1 万 8 千多个电子管、1 千 5 百多个继电器等组成,占地 170 平方米,重量 30 吨,投资超过 48 万美元。该机器字长 10 位十进制,计算速度为 5 千次/秒,每次至多只能存储 20 个字长为 10 位的十进制数。计算程序是通过“外接”线路实现的,尚未采用“程序存储”方式。为了在机器上进行几分钟的数字计算,其准备工作要化去几小时甚至 1~2 天的时间,使用很不方便。ENIAC 计算机于 1945 年底宣告竣工,1946 年 2 月 15 日正式举行揭幕典礼,它标志着人类计算工具的历史性变革。

1944 年 8 月至 1945 年 6 月是电子数字计算机发展史上智力活动最紧张的收获季节。冯·诺依曼(John. Von. Neuman)与莫尔学院的科研组合作,提出了一个全新的存储程序的通用电子数字计算机方案 EDVAC (Electornic Discret Variable Automatic Computer),意即“离散变量自动电子计算机”,这就是人们通常所说的冯·诺依曼(Von Neuman)型计算机。该计算机采用“二进制”代码表示数据和指令,并提出了“程序存储”的概念,它奠定了现代电子计算机的基础。1946 年 7、8 月间,莫尔学院在美国海军研究局和陆军军械部的赞助下,开办了“电子数字计算机设计的理论和技术”的专门讲座,听讲的有 20 多个美国和英国的机构派来的 29 名专家。这大大触发了电子计算机的繁荣局面,多台程序存储式计算机同时在美英等国设计与制造,如 1949 年问世的,由英国剑桥大学研制的 EDSAC (Electronic Delay Storage Automatic Calculator)、美国的 SEAC 计算机(1950 年)。冯·诺依曼等人提出的 EDVAC 计算机,由于设计组内部对发明权的争议致使研制工作进展缓慢,直到 1952 年才面世,在美国只名列第四。

对计算机的产生作出杰出贡献的另一位科学家是英国剑桥大学的图灵(Alan Turing,

1912~1954)。早在1936年,图灵为了解决纯数学的一个基础理论问题,发表了著名的“理想计算机”论文,在该文中提出了现代通用数字计算机的数学模型,后人把它称之为“图灵机”。冯·诺依曼在世时,曾不止一次地说过:“现代计算机的设计思想来源于图灵”,且从未说过程序存储型计算机的设计思想是由他本人提出的。图灵在1945年曾研制过ACE计算机,1947年提出了自动程序设计的思想,1950年发表了著名的“计算机能思考吗”论文,对人工智能的研究作出了贡献。

二、计算机的发展

自1946年第一台电子计算机问世以来,以构成计算机硬件的逻辑元件为标志,大致经历了从电子管、晶体管、中小规模集成电路到大规模超大规模集成电路计算机等四个发展阶段,通常称为“四代”计算机,表1-1示出了这四代计算机的硬件、软件及应用的简要特征。

表 1-1 四代计算机的主要特征

特 征 项 目	年 代	第 一 代 1946~1957	第 二 代 1957~1964	第 三 代 1964~1972	第 四 代 1972~至今
逻辑元件		电子管	晶体管	中小规模集成电路	大规模与超大规模集成电路
存储器		延迟线,磁鼓,磁芯	磁芯,磁带,磁盘	磁芯,磁盘,磁带	半导体,磁盘,光盘
典型机器 举 例		IBM-701 IBM-650	IBM-7090 IBM-7094	IBM-370(大型) IBM-360(中型) PDP-11(小型)	ILLIAC-IV(巨型) IBM-3033(大型) VAX-11(小型) 80486(微型) 8098(单片机)
软 件		机器语言 汇编语言	高级语言 管理程序	结构化程序设计 操作系统	数据库,软件工程 程序设计自动化
应 用		科学计算	数据处理 工业控制 科学计算	系统模拟,系统设计 大型科学计算 科技工程各领域	事务处理,智能模 拟,大型科学计算 普及到社会生活各 个方面

自进入第四代计算机以来,计算机的硬件与软件技术都获得了惊人的发展。计算机系统向微型化、巨型化、网络化和智能化的方向发展,计算机的系统软件的功能日趋完善,规模越来越大,应用软件的开发日趋简便。多媒体技术的兴起引起计算机应用领域的革命,人们利用声音、符号、图形、图像即可开发计算机的应用。在网络技术的支持下,信息表达工具(电话、电视、终端)、信息处理工具(计算机)和信息传输工具(有线通讯、无线通讯及卫星通讯)已趋于一体化,为人类方便地处理信息开辟了更广阔的前景。下面分别介绍计算机在上述诸方面的发展概况。

(一) 微型计算机

近十余年来,微电子学的迅速发展,使集成电路芯片的元器件集成度以每18个月翻一番的速度增长,预计到2000年每个芯片上的晶体管的数目可集成5千万到1亿个,运算速度可

达 2000MIPS(每秒 20 亿条指令)。在大规模及超大规模集成电路技术的支持下,微型计算机(micro computer,简称微型机或微机)得到飞速发展。

自 1971 年美国 Intel 公司推出第一台微型机 Intel4004 以来,至今已经历了四代产品,如表 1-2 所示。近年来,微型机已从 286、386、486 发展到 586,预计本世纪末可发展到 786,微型机的性能已能与过去的超级小型机乃至中型机媲美。例如,目前世界上最快的微型机(PC 机) DEC PC A×P150,字长已达 64 位,主频高达 150MHz,内存容量为 32MB(可扩充到 128MB),硬盘(3.5 英寸)容量为 520MB~1GB (1000MB),可支持 Microsoft 公司的最新操作系统 Windows 95。微型机在性能成倍提高的同时,价格却不断地下降,以国内市场价格为例,1991 年购买一台 286 微机需 1 万 5 千元,但在 1992 年却可购买一台 386 微机,1993 年可购一台 486 微机。

与台式微型机并驾齐驱的是各类笔记本电脑(notebook computer)的纷纷出台。笔记本电脑实质上是一种体积更小、重量更轻的便携式微型机,如 IBM 公司于 1994 年推出的笔记本电脑,其重量只有 6.5 磅,使用了主频为 50MHz 的 PowerPC 处理器,内存容量为 16MB(可扩充到 64MB),硬盘容量为 350MB。该笔记本电脑除具有标准的串并行端口外,还具有 Apple Talk 端口、16 位视频口、AUI 局域网口及调制解调口等,其功能已与 64 位高档台式微型机相近。

表 1-2 四代微型计算机的主要特征

特 征 项 目	年 代	第 一 代 1971~1973	第 二 代 1974~1977	第 三 代 1978~1980	第 四 代 1981~至今
微处理器(CPU) 举 例		Intel 4004 Intel 8008	Intel 8080 Intel 8085 M6800 Z-80	Intel 8086 Intel 8088 Intel 80286 M68000 Z-8000	Intel 80386 Intel 80486 DEC Hhip 21064
字 长		4 位/8 位	8 位	16 位	32 位/64 位
芯片集成度(晶体管 数目/片)		1200~2000	5000~9000	2 万~7 万	10 万以上
时钟频率		0.5~0.8MHz	1~2.5MHz	5~10MHz	25MHz~150MHz
基本指令执行时间		10~15 μ s	1~2 μ s	0.4~0.75 μ s	小于 0.125 μ s
地址总线		4/8 条	16 条	20/24 条	24/32 条

微型机计算机的另一个孪生姐妹是单片计算机(single slice computer),它把微型计算机的主要部件集成在一块芯片上,也称单片微型计算机,简称单片机。由于单片机的结构与指令功能都是按照工业控制要求设计的,故又称单片微控制器。单片机出现的历史并不长,如果以 8 位单片机的推出作为起点,那末单片机的发展历史大致可分为三个阶段。

1. 初级单片机阶级(1976~1978 年)。以 Intel 公司的 MCS-48 为代表,该系列单片机内集成有 8 位 CPU、并行 I/O 口、8 位定时/计数器,寻址范围不大于 4K,且无串行口。

2. 高性能单片机阶段(1978 年以后)。以 Intel 公司的 MCS-51 为代表,该系列单片机内集成有 8 位 CPU、并行 I/O 口、16 位定时/计数器,且带有串行 I/O 口及多级中断处理系统,片

内带有 ROM (8K 字节) 和 RAM (256 字节) 存储器,片外可扩充容量为 64K 字节的 RAM 和 64K 字节的 EPROM 存储器。

3. 16 位单片机推出阶段(1982 年之后)。以 Intel 公司的 MCS-96 为代表,该系列单片机内集成有 16 位 CPU、并行和串行 I/O 口、16 位定时/计数器、A/D 转换器及多级中断系统等。片内带有 ROM(8K 字节)和 RAM(232 字节) 存储器,片外可扩充容量各为 64K 字节的 RAM 和 EPROM 存储器。

(二) 巨型计算机

尖端科学技术的发展,要求具有超高速、超大容量的计算机,以满足大量的复杂的高精度数据计算和处理要求,这就促进了巨型计算机(super computer)的发展。典型的巨型计算机如美国的 ILLIAC-IV 型计算机(每秒 1.5 亿次)、CRAY-1 型计算机(每秒 1 亿次)、STAR-100 型计算机。我国国防科技大学等单位于 1983 年研制成功的“银河”计算机,其运算速度超过每秒 1 亿次,也属于巨型计算机。1994 年初,由我国国家智能计算机研究开发中心研制成功的“曙光一号”并行计算机,其定点运算速度可达每秒 6.4 亿次,标志着我国已跻身于世界巨型计算机的先进行列。

超高速的运算能力已成为巨型机的主要指标,而单靠提高电子器件的速度用传统的结构已无法实现上亿次的运算。为此,必须从计算机的系统结构上进行改革,这就出现了巨型机所特有的结构形式。巨型机都采用并行处理技术,如 CRAY-1 型机采用流水线工作方式,一条指令可以完成一次向量运算,也称向量机;ILLIAC-IV 型机采用处理器操作并行,它包含有 64 个阵列处理器,也称阵列机。曙光一号并行机具有全对称的共享存储并行计算机体系结构。

(三) 计算机网络

计算机网络(computer network)就是把地理上分散的计算机系统、终端和各种形式的数字设备通过通信信道互连在一起而形成的彼此可互相协作的综合信息处理系统。计算机网络本身也经历了从简单到复杂、从低级到高级的发展过程。第一代计算机网络是单处理中心网络,其基本结构是一台中央计算机通过通信线路连接大量的终端设备,因而也称为“面向终端的计算机网络”,如美国的半自动地面防空系统 SAGE。第二代计算机网络是多处理中心的网络,它由多台计算机和各种数字设备通过通信线路互连在一起,又称为“计算机-计算机网络”,如美国国防部高级研究计划局开发的 ARPA 网。上述两代计算机网络都是由各研究单位、大学或应用部门为自己的应用要求而各自建立的,它们没有统一的网络体系结构,因而要把它们互连起来是十分困难的,甚至是不可能的。为了适应以信息和知识为主的技术革命的迅猛发展,以实现网络上硬软件资源的高度共享,必须发展新一代的计算机网络,使各种计算机网络遵守统一的标准,从而可方便地实现互连。1984 年国际标准化组织(ISO)在经过多年努力后正式提出了“开放系统互连(OSI)基本参考模型”的国际标准,该模型已为国际上广泛接受和承认,成为新一代计算机网络的体系结构。

随着微型机的广泛应用,以微型机为主体的局域网络 LAN 发展很快,至今已有数百种之多的产品,其中有代表性的是 Ethernet, 3COM, Omninet, Pcnet, Token Ring, Wangnet 及 Novell 网等。

计算机网络的应用正越来越普及,并朝着高速化、全球化和智能化的方向发展。一个重要的动向是 1993 年初由美国副总统戈尔提出的“信息高速公路”(Information Super Highway)的设想,其正式名称是“美国信息基础设施”(NII)。该计划要在全美范围内建立一个光纤网络,其末端将伸入美国的每一个家庭,在信息领域实现四通八达的“交通网”。以 AT&T 为首的 14

家公司就信息高速公路向政府和国会提出一项意见书,建议将通信网分为商用通信网和实验通信网两大类,其中实验通信网是一种传送容量超过每秒吉比特(吉等于10亿)的“吉比特网”。这是比目前已实用化的高速数字网络,还要快1千倍到1万倍的超高速通信网。由于多媒体使用的图像、声音类信息量非常大,只有像信息高速公路这样大容量超高速的通信网,才能满足多媒体时代对信息传送的要求。

(四) 人工智能与第五代计算机

人工智能(AI:Artificial Intelligence)是研究如何用人工的方法和技术来模仿、延伸和扩展人的智能,以实现某些“机器思维”或脑力劳动自动化的一门学科。例如,应用人工智能的方法和技术,设计和研制各种计算机的“机器专家”系统,可以模仿各行各业的专家,去从事医疗诊断、质谱分析、矿床探查、数学证明和管理决策等脑力劳动工作,完成某些需要人的智能、运用专门知识和经验技巧的任务。为了使机器具有类似于人的智能,需要解决下列三方面的问题:

- 机器感知——知识获取。研究机器如何直接或间接获取知识及如何输入自然信息(文字、图像、声音、语言、物景)等工程技术方法。

- 机器思维——知识处理。研究在机器中如何表示知识和存储知识,如何进行知识推理和问题求解等工程技术方法。

- 机器行为——知识运用。研究如何运用机器所获取的知识,通过知识信息处理,作出反应,付诸行动,以及各种智能机器和智能系统的设计方法和工程实现技术。

人工智能的发展历史不长,大致经历了孕育期(1956年以前)、形成期(1956年~1970年)、发展期(1970年至今)等三个阶段。“人工智能”这一术语是1956年在美国召开的“关于用机器模拟智能”的学术讨论会上首次正式采用的,它标志着人工智能学科的诞生。1969年,国际人工智能联合会(IJCAI)成立,并决定每两年召开一次国际人工智能学术会议。此后,美、日等国家对人工智能的学科体系和实用技术开展了广泛的研究,出现了多种实用的人工智能专家系统,如化学专家系统 DENDRAL、医学专家系统 MYCIN、探矿专家系统 PROSPECTOR 等。1981年,在日本举行了“第五代计算机”的国际学术会议,计划为期十年(1982~1991)的“知识信息处理系统(KIPS)”开始研制。日本政府为了实现这一宏伟目标,筹资1000亿日元,并专门成立了“新一代计算机技术研究所(简称 ICOT)”。

KIPS(Knowledge Information Processing System)就是人们通常所说的第五代计算机系统(FGCS:Fifth Generation Computer System),又称智能计算机,它由下列诸部分所组成。

- 知识库(KB:Knowledge Bank)、知识库计算机(KBM:Knowledge Bank Machine)和知识库管理系统(KBMS:Knowledge Bank Management System)。

- 问题求解和推理机。

- 智能接口系统。

- 应用系统。

第五代计算机系统要达到的目标是:

- 用自然语言、图形、图像和文件进行输入/输出。

- 用自然语言进行对话方式的信息处理,为外行人使用计算机提供方便。

- 能处理和保存知识,以供使用;配备各种知识数据库,起顾问作用。

- 能够自学习和推理,帮助人类扩展自己的才能。

由上可知,第五代计算机与传统计算机的主要差别在于:

- 处理的“信息”是“知识”,而不是“数据”。

- “信息”的传送是知识的传送,而不是字符串的传送。
- “信息”的处理是对问题的求解和推理,而不是按既定进程进行计算。
- “信息”的管理是知识的获取和利用,而不是数据收集、积累和检索。

日本的第五代计算机系统研制于 1992 年结束,虽然并未达到预定的目标,但在智能计算机的领域中完成了大量的基础研究工作,如成功地开发出一种并发逻辑程序设计语言——“警卫 Horn 子句”(GHC:Guauded Horn Clauses)及其扩充——KL1 语言,研制出两种适合 KL1 语言的并行计算机——多 PSI 机和并行推理机 PIM,并用 KL1 语言在这两种并行机上对一些大规模应用问题(如超大规模集成电路辅助设计、定理证明等)进行研究。

第五代计算机的研制激起了人工智能热潮,美、英、法等国家都相继制订对策和发展战略,如美国国防部的第五代计算机计划,英国的“阿尔维”计划及法国的“尤利卡”计划等。关于人工智能和新一代计算机的研究、开发和应用已列入许多国家发展战略的议事日程,成为科技发展规划的重要组成部分。

(五) 计算机软件技术

由表 1-1 可知,计算机由第一代发展到第四代,其软件也不断地从低级向高级发展。进入 80 年代之后,由于廉价工作站的出现及微机的大普及,从根本上改变了应用领域的面貌,基于单主机字符输入让位于网络环境下多媒体界面的应用。微机大普及使得专做微机软件的 Microsoft 公司赢利激增,而使专营大中型计算机的王国 IBM 公司 1992 年出现亏损。这些现象说明危机重重的软件技术又一次受到挑战:基于单主机顺序程序还没有解决完的问题(不可靠、难于维护、生产率低下、难于移植和重用)又蒙上一层在并发、分布式环境下安全可靠的问题,还要支持 80 年代蓬勃发展起来的多媒体技术。为了迎接这一挑战,软件行业发展了以下技术。

1. 软件工程环境的大发展

80 年代以来,各种软件工具相对成熟,以致各种软件制造、销售商都配备工具集,无论是语言编译、还是数据库、操作系统,动辄就是十几张或几十张高密盘,大量工具和实用程序使所售软件更好用。这种发展的必然后果是大量单用途工具如何无冗余、不冲突地集成,如何与软件开发各阶段广泛协调使用,如何提供一个支持不同人员(开发者、管理者、用户)都能方便使用的软件工程环境。这就导致了计算机辅助软件工程(CASE:Computer Aided Software Engineering)和集成 CASE(I-CASE)技术的发展。CASE 即是软件工作中的 CAD(Computer Aided Design),利用软件工具开发软件,以提高软件的生产率,减少人工编程、测试、修改带来的错误。

2. 面向对象成为焦点

面向对象技术,以其对象的封装性、继承性、多态性和分类抽象,支持软件工程与管理软件诸成分、保证可修改、可移植、易维护、能重用等目标提供了实现基础。对象体系构成的对象模式结构,实质上是知识表示的框架结构,从而为智能推理和传统的软件工程技术结合架设了桥梁。

3. 人工智能的成果引入传统软件工程技术

人工智能的思想及已成熟的部分成果用于传统软件工程,如软件开发中的域分析、版本管理中的基于规则推理、信息工程中的决策支持模型、多介质系统中的联想和触发机制等。推理机技术的发展为传统软件局部智能化开辟了新天地,当前多媒体信息的联想切换、海量数据库查找、最优决策都非常需要它。

4. 软件开发多范型化

基于分阶段的瀑布式软件生存周期模型奠定了 80 年代初软件工程学基础。在此基础上的规范、标准和工具确实使 70 年代最大的软件(385 万句美国导弹预警系统)到 80 年代上升了一个数量级(航天飞机系统 4000 万句)。但人们从 80 年代初期许多大型软件系统的失败中发现,即使是经过严格评审的需求规格说明也是不可靠的,等到开发完成后才发现问题的代价就太大了,于是“原型开发”就应运而生。

所谓“原型开发”就是利用已有重用件,很快搭起应用原型骨架,让用户及早参与修改,原型基本通过后再全面开发。80 年代基于可重用库及代码自动生成技术的进展,第四代语言大量出现,与此相应的第四代开发技术:只描述程序“做什么”而不用编写“怎么做”的程序代码,都将大幅度提高软件生产率。这种开发范型随着软件环境的完善比重将越来越大。此外,在统一环境下若集成了逻辑型、函数型、数据流型开发工具,则可构成软件开发的多范型化。

下面对第四代语言、代码生成器及视见程序设计作一简要说明。

(1) 第四代语言 4GL

通常,把面向机器的机器语言和汇编语言称为第一代语言,把面向过程的非结构化的高级程序设计语言称为第二代语言(如 Algol-60, COBOL, FORTRAN II, BASIC),把面向过程的结构化高级程序设计语言称为第三代语言(如 Pascal, Ada, C)。所谓第四代语言,其主要特征是非过程式的,即程序员只说程序“做什么”,而不必规定程序“怎么做”,也就是无需写出实现算法。例如,数据库查询语言 SQL 只要求在什么地方(文件)按什么条件(约束)查出什么数据。

4GL(Fourth Generation Language)的意义深远。如果把某专业应用模块合理存放,界面上的 4GL 可用该专业术语,这样更多专业人员不经程序设计训练即可开发大型应用软件。有人估计,利用 4GL 的第四代技术(4GT)开发的软件在本世纪末要超过以传统语言乃至 OO(Object-Oriented)语言(面向对象程序设计语言)开发的软件。国外有把 4GL 引伸为 5GL 的说法,所谓第五代语言是除正文表达以外的 4GL,即用图形、图标、声音连接即可编制应用程序,其实现原理大致相同。但从语言表达角度,非符号信息的符号语义化的确是一场深远的革命。

(2) 代码生成器

代码生成器类似于 4GL,它以非常高级的描述语言设计软件。例如,若生成器是菜单应用框架,则用户按规定的格式填入一定的选项即可设计成各种不同的菜单,用户无需编制程序过程的代码。

(3) 视见程序设计

视见程序设计(visual programming)是将可重用软件成分定义为某种图标、图符,用户组合这些图符即可构成程序,用鼠标在屏幕上拼凑图符即完成应用设计。视见程序设计最大限度地简化了程序设计语言,而且很直观,它将软件重用提到一个新高度(不必作底层语言的相互转换或调用)。当然,视见程序设计应有一完善的 I-CASE 环境。

三、计算机应用的发展趋势

计算机的应用目前已渗透到人类活动的各个领域,包括工业、农业、商业、医药业、事业、交通、服务等部门。近年来,在人文科学、社会科学及家庭等领域也已广泛使用计算机。称之为“电脑”的计算机,作为“人脑”的延伸而无孔不入。

计算机应用技术是计算机技术、通讯技术、自动化技术、信息技术与各行各业各领域专业技术相互结合的复合技术,其发展趋势大致可概括如下。

• 计算机的应用层次走向综合化、智能化。工厂综合自动化、办公综合自动化、调度指挥自动化、管理控制一体化是计算机应用综合化的发展趋势。集文字、声音、图形、图像、动画、影视、电子游戏等于一体的多媒体技术是信息表达形式的多层次综合应用。各种人工智能、专家系统、智能机器人、智能化仪器仪表、智能家用电气产品、智能玩具等是计算机在各个领域的高层次应用。

• 计算机应用系统向网络化、信息传输速度向高速化、世界时空向整体化、人类活动向协同化等方向发展。

• 计算机应用向多样化、大众化的方向发展。计算机将大量涌向社会各个领域,并闯入千家万户,意味着“普及计算机要从娃娃抓起”。

• 由于能源短缺、资源有限、环保意识增强、消费层次增高,计算机应用产品向微、小、薄、低能耗、低污染、可再生等为标志的缩微化、绿色化的方向发展。

• 计算机的软硬件技术应用产品的高新化导致计算机应用产品日益向商品化的方向发展。

• 计算机在工业过程自动化中的应用向集成化 (CIMS: Computer Integrated Manufacturing System 和 CIPS: Computer Integrated Product System) 方向发展,计算机在改造传统产业技术中的应用向高效化的方向发展。

专家们预测,计算机应用的广泛化、个性化和家庭化将是 21 世纪计算机应用的发展趋势。

第二节 计算机的基本组成及工作原理

一、计算机的基本组成

自 1946 年世界上出现第一台电子数字计算机以来,计算机的硬件结构 (hardware structure) 和软件系统都已发生惊人的变化。但就其基本组成而言,仍未摆脱冯·诺依曼型计算机的设计思想,即计算机由五大基本部分所组成,它们是运算器 (arithmetic unit)、控制器 (control unit)、存储器 (memory)、输入设备 (input device) 和输出设备 (output device),如图 1-1 所示。

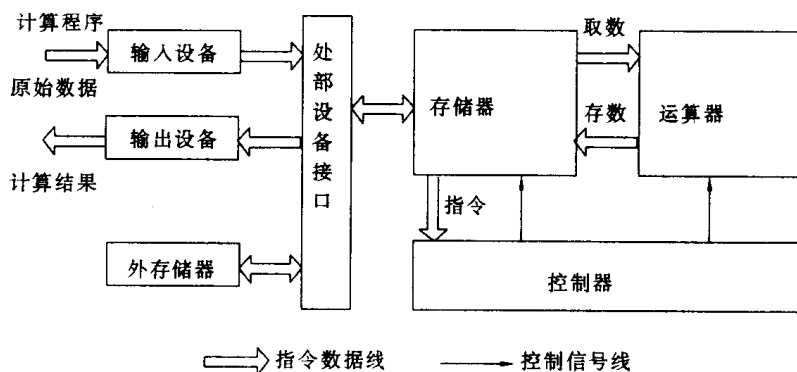


图 1-1 计算机的基本组成

图中,运算器用来实现算术、逻辑等各种运算,存储器用来存放计算程序及参与运算的各种数据,控制器实现了对整个运算过程的有规律的控制,输入设备实现计算程序和原始数据的输入,输出设备实现计算结果的输出。上述计算机的基本组成有效地保证了用机器模拟人的计

算过程,并获得预期的计算结果。此外,为扩大计算机存储信息的能力,常配备有外存储器。

习惯上,常把输入、输出设备及外存储器等统称为外部设备,简称 I/O 设备。把运算器、控制器和存储器统称为计算机的主机。外部设备与主机之间的信息交换是通过外部设备接口(简称 I/O 接口)实现的,不同的外围设备有各自的 I/O 接口。

随着集成电路芯片的集成度的提高,出现了大规模和超大规模集成电路。在这种芯片内已可集成一台计算机的运算器和控制器,甚至包括存储器和 I/O 接口的整台计算机,通常把前者称为微处理器(简称 CPU;Central Processing Unit),把后者称为单片微型计算机(简称单片机)。图 1-2 示出了一台典型微型计算机的组成框图,它由微处理器、存储器及 I/O 接口等大规模或超大规模集成电路芯片所组成,各部分之间是通过“总线”连接在一起的,并实现信息的交换。所谓“总线”是一束同类的信号线,如图中的控制总线是指一组传送不同控制信号的导线。

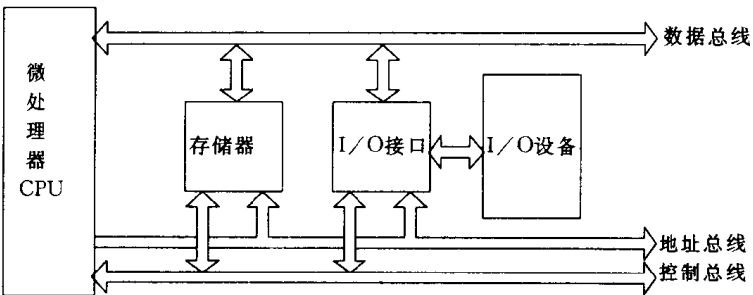


图 1-2 微型计算机的组成框图

冯·诺依曼型计算机的两大特征是“程序存储”(program storage)和“采用二进制”(binary)。具体地说,在上述计算机中,要实现机器的自动计算,必须先根据题目的要求,编制出求解该问题的计算程序(computational program),并通过输入设备将该程序存入计算机的存储器中,称之“程序存储”。在计算机中,计算程序及数据是用二进制代码表示的,如表 1-3 给出了十进制数 0~9 的二进制代码表示法。计算机只能存储并识别二进制代码表示的计算程序和数据,称之“采用二进制”。

二、计算机的基本工作原理

下面,将通过一个简单的算题来说明有关计算程序的基本概念,以便于理解计算机的基本工作原理。例如,要求在图 1-1 所示的计算机中计算 $5+4=?$ 这一简单算题,必须先编写出完成这一算题的计算步骤,如表 1-4 所示。我们把该表称为文字形式的计算程序,表中的每一个计算步骤完成一个基本操作(如取数、加法、存数、打印输出等),如同向计算机下达一条完成某种操作的命令,称它为一条“指令”(instruction)。这就是说,计算程序是由完成某一特定任务的一组指令所组成。分析表 1-4 中的每条指令可知,每条指令都必须向计算机提供两个信息:一是执行什么操作,另一是参与这一操作的数据是什么。例如,表 1-4 中的第 1 条指令,它向计算机指明:该条指令要执行的操作是“取数”,从存储器取到运算器的数据是“5”。按此原理,可将表 1-4 所示的计算程序简化为表 1-5 所示。在计算机中,所有“操作”都是用二进制代码进行编码的,若假定前述四种基本操作的编码如表 1-6 所示,则称“0100”为“取数”操作的操作码,其它三个操作码分别为“0010”(加法操作)、“0101”(存数操作)、“1000”(打印输出操作)。在计算机中,数据是以二进制代码表示的,并存放在存储器的预定地址的存储单元中。若假定本题的

原始数据 5(等值二进制代码为 0101)、4(等值二进制代码为 0100) 及计算结果存放在第 1 至 3 号存储单元中,如表 1-7 所示,那么表 1-5 所示的计算程序可改写为表 1-8 所示,该表中已假定四条指令分别存放在第 5 至 8 号存储单元中,且每条指令的内容由操作码(operation code)和地址码(address code)组成。表 1-8 给出了计算 5+4 的真正计算程序,其含义与表 1-4 给出最原始的计算程序完全一样,但能为计算机所执行。根据上述对数据和指令在存储器中存放地址的假定,可以得到图 1-3 所示的存储器布局。从图可知,地址为 0001 至 0011 的存储单元中存放数据(假定用 8 位二进制代码表示),地址为 0101 至 1000 的存储单元中存放了指令,第 0100 号存储单元为空。

下面以图 1-1 所示的计算机组成框图为基础,结合图 1-3 所示的计算程序,简要说明计算机的基本工作原理。

表 1-3 二进制数

十进制	二进制
0	0000
1	0001
2	0010
3	0011
4	0100
5	0101
6	0110
7	0111
8	1000
9	1001

表 1-4 计算 5+4 的程序(文字形式)

计算步骤	解 题 命 令
1	从存储器中取出 5 到运算器
2	从存储器中取出 4,并在运算器中与 5 相加,得和 9
3	将结果 9 存入存储器中
4	从输出设备将结果打印输出

表 1-5 表 1-4 的改写形式

指令顺序	指令内容	
	执行的操作	操 作 数
1	取 数	5
2	加 法	4
3	存 数	9(结果)
4	打 印	9

表 1-6 指令操作码表

操作名称	操 作 码
取 数	0100
加 法	0010
存 数	0101
打 印	1000