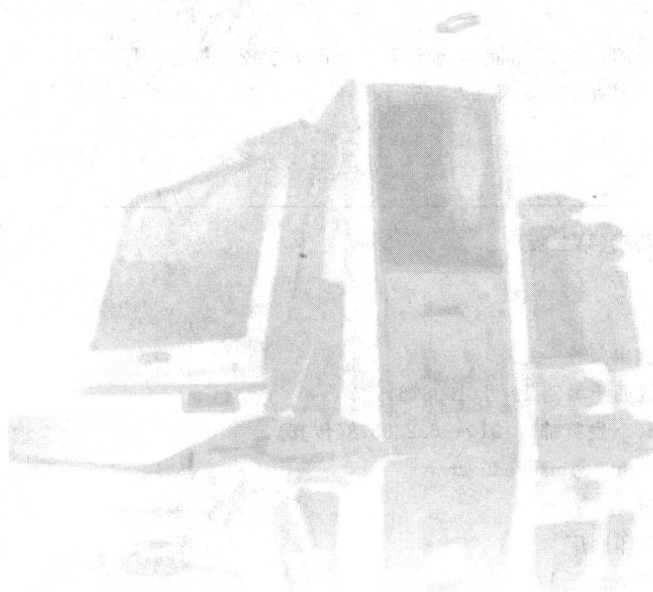


21 世纪高等学校计算机科学与技术规划教材

大学计算机基础

(第二版)

主 编 蒋加伏 沈 岳
主 审 邹逢兴



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com

21 世纪高等学校计算机科学与技术规划教材

编 委 会

主 任	陈火旺	中国工程院院士,国防科技大学教授
委 员	周立柱	清华大学计算机系主任
	杨放春	北京邮电大学计算机科学与技术学院院长
	杨学军	国防科技大学计算机学院院长
	徐晓飞	哈尔滨工业大学计算机科学与技术学院院长
	李仁发	湖南大学计算机与通信学院院长
	卢正鼎	华中科技大学计算机学院院长
	周激流	四川大学计算机学院院长
	戴居丰	天津大学信息学院、软件学院院长
	蒋昌俊	同济大学电子与信息工程学院副院长
	何炎祥	武汉大学计算机学院院长
	周兴社	西北工业大学计算机学院院长
	陈志刚	中南大学信息学院副院长
	黄继武	中山大学信息科学与技术学院院长
	周昌乐	厦门大学信息科学与技术学院院长
	侯 徇	西安交通大学电子与信息工程学院院长
	李 廉	兰州大学信息科学与工程学院院长
	孟祥旭	山东大学计算机学院院长

序

自 20 世纪 80 年代以来,高等学校计算机教育发展迅速,计算机教育的内容不断扩展、程度不断加深。特别是近十年来,计算机向高度集成化、网络化和多媒体化发展的速度一日千里;社会信息化不断向纵深发展,各行各业的信息化进程不断加速;计算机应用技术与其他专业的教学、科研工作的结合更加紧密;各学科与以计算机技术为核心的信息技术的融合,促进了计算机学科的发展,各专业对学生的计算机应用能力也有更高和更加具体的要求。

基于近年来计算机学科的发展,以及国家教育部关于计算机基础教学改革和指导思路,我们确立了这套“21 世纪高等学校计算机科学与技术规划教材”的编写思想与编写计划。教材是教学过程中的“一剧之本”,是高校计算机教学的首要问题。该套系列教材编写计划的制定凝聚了编委会和作者的心血,是大家多年来计算机学科教学和研究成果的体现,并得到了陈火旺院士的亲自指导与充分肯定。

这套系列教材经过了我们的精心的策划和组织,同时在编写过程中,充分考虑了计算机学科的发展与《计算机学科教学计划》中内容和模块的调整,使得整套教材更具科学性和实用性。整套系列教材体系结构按课程设置进行划分。每册教材均涵盖了相应课程教学大纲所要求的内容,既具备学科设置的合理性,又符合计算机学科发展的需要。从结构上遵循教学认知规律,基本上能够满足不同层次院校、不同教学计划的要求。

各册教材的作者均为多年来从事教学、研究的专家和学者,他们有丰富的教学实践经验,所编写的教材结构严谨、内容充实、层次清晰、概念准确、论理充分、理论联系实际、深入浅出、通俗易懂。

教材建设是一项长期艰巨的系统工程,尤其是计算机科学技术发展迅速、内容更新快,为使教材更新能跟上科学技术的发展,我们将密切关注计算机科学技术的发展新动向,以使我们的教材编写在内容上不断推陈出新、体系上不断发展完善,以适应高校计算机教学的需要。

21 世纪高等学校计算机科学与技术规划教材编委会

2005 年 3 月

前言

随着时代的发展,中小学信息技术教育越来越普及,大学新生计算机知识的起点逐年提高,大学计算机基础教学的改革势在必行。自1997年11月教育部高教司颁发了“加强非计算机专业计算机基础教学工作的几点意见”以来,全国高校的计算机基础教育逐步走上了规范化的发展道路。进入21世纪以后,计算机基础教学所面临的形势发生了很大变化,计算机应用能力已成为了衡量大学生业务素质与能力的突出标志之一。在这种形势之下,2004年10月,教育部非计算机专业计算机基础课程教学指导分委员会提出了《进一步加强高校计算机基础教学的几点意见》(简称白皮书),高校的计算机基础教育将从带有普及性质的初级阶段,开始步入更加科学、更加合理、更加符合21世纪高校人才培养目标且更具大学教育特征和专业特征的新阶段。这对大学计算机基础教育的教学内容作出了更新、更高、更具体的要求,同时也把计算机基础教学推入了新一轮的改革浪潮之中。

白皮书将计算机基础的知识结构划分为四个领域:计算机系统与平台,计算机程序设计基础,数据分析与信息处理,信息系统开发。并将上述知识领域所涉及的内容划分为三个层次:概念性基础,技术与方法基础,应用技能。相应地提出了1+X的课程设置方案。即《大学计算机基础》+若干必修/选修课程。《大学计算机基础》是大学计算机基础教学的最基本课程,内容涉及上述四个领域的概念性基础层次的内容,以及计算机系统与平台领域的大多数内容。该课程类似于大学物理、大学英语,内容较为稳定、规范和系统,深入浅出的讲解计算机科学与技术的基本概念。

本书是根据白皮书对计算机基础教学的目标与定位、组成与分工,以及计算机基础教学的基本要求和计算机基础知识的结构而编写的。全书共分八章。第一章介绍计算机系统的基础知识。主要内容包括计算机的发展、计算机系统的组成、计算机系统的安装、设置与维护。第二章介绍数据在计算机中的表示与运算。主要内容包括数值、文字等不同类型的数据在计算机中的表示与处理。第三章介绍操作系统基础知识。主要内容包括操作系统的发展、种类、功能、基本原理,以及Windows 2000操作系统的安装、配置和使用,并简要介绍了Linux操作系统。第四章介绍常用办公软件的使用。主要内容包括文字处理软件Word 2000,电子表格软件Excel 2000,演示软件PowerPoint 2000,并简要介绍了国产优秀办公软件WPS 2003。第五章介绍计算机网络基础知识。主要内容

包括计算机网络基本知识,数据通信基础知识,网络体系结构、网络协议,网络设置、局域网。第六章介绍 Internet 与 Intranet。主要内容包括 Internet 的基本知识、Internet 的接入、IP 地址、Internet 的应用和 Intranet。第七章介绍软件开发与信息处理技术的基础知识。主要内容包括软件工程、数据库、数据结构、程序设计、多媒体技术等基础知识。这一章涉及到白皮书关于计算机基础知识结构四个领域、三个层次划分中的数据分析与信息处理、信息系统开发领域和技术方法基础层次,是本书的难点所在。第七章内容还覆盖了全国计算机二级考试公共基础部分的全部知识点。第八章介绍信息安全基础知识。主要内容包括计算机病毒、网络安全技术、数据加密、网络社会责任等基础知识。

高校新生计算机知识的起点存在较大差异,《大学计算机基础》的教学内容与《计算机文化基础》相比,在深度和广度上已有较大的提升,因此教学理念、教学方法应做相应改革,建议将部分内容安排学生自学,培养学生的学习能力。

本教材在构思和编写的过程中尽量兼顾到了不同层次的读者。主体内容按 60 学时设计,其中理论课 44 学时,实验课 16 学时。第一章 4 学时,第二章 2 学时,第三章 6 学时,第四章 8 学时,第五章 4 学时,第六章 4 学时,第七章 12 学时,第八章 4 学时。实验学时可作如下安排:第三章 4 学时,第四章 6 学时,第五章 2 学时,第六章 2 学时,第八章 2 学时。若课程总学时数低于 60,可将第一、三、四章的部分内容安排自学,部分实验作为课外实验。以上建议仅供参考。

为便于教师使用本教材教学和学生自学,本书配有采用案例方式讲述并按零起点设计的辅助教材《大学计算机基础实践教程》(第二版)和配套的电子教案、教学素材等。

本书由蒋加伏、沈岳主编,参加编写的有朱前飞、汤琛、陈曦、陈昱、史长琼、吴海珍、蒋加伏、沈岳等。国防科技大学邹逢兴教授认真、仔细地审查了全书,并提出了许多宝贵意见,在此一并致谢!

由于新教材的知识面较广,要将众多的知识很好地贯穿起来,难度较大,不足之处在所难免。为便于以后教材的修订,恳请专家、教师及读者多提宝贵意见。

编者

2005 年 3 月

目 录

第一章 计算机系统基础 (1)

1.1 计算机的发展 (1)

1.1.1 计算机的发展历程 (1)

1.1.2 当代的计算和计算机 (4)

1.1.3 未来新型计算机 (6)

1.2 计算机系统的组成及基本 工作原理 (9)

1.2.1 计算机系统的组成 (9)

1.2.2 计算机的基本工作原理 (9)

1.2.3 指令和指令系统 (11)

1.3 计算机硬件系统的组成 (12)

1.3.1 主板 (13)

1.3.2 CPU (14)

1.3.3 存储器 (16)

1.3.4 总线与接口 (21)

1.3.5 输入 / 输出设备 (22)

1.3.6 微型计算机的主要性能指标 (24)

1.4 计算机软件系统的组成 (24)

1.4.1 系统软件 (24)

1.4.2 应用软件 (26)

1.5 计算机系统的安装与设置 ... (27)

1.5.1 BIOS 的作用与 CMOS 系统 常规设置 (27)

1.5.2 计算机系统的安装 (31)

习 题 (38)

第二章 数据的表示与运算 (40)

2.1 进位计数制及其转换 (40)

2.1.1 进位计数制 (40)

2.1.2 不同数制间的转换 (41)

2.2 数据在计算机中的表示 (43)

2.2.1 数值数据的表示 (43)

2.2.2 字符数据的表示 (47)

2.2.3 多媒体数据的表示 (52)

2.3 计算机的运算 (53)

2.3.1 二进制算术运算 (53)

2.3.2 逻辑运算 (54)

习 题 (55)

第三章 操作系统基础 (56)

3.1 操作系统概述 (56)

3.1.1 操作系统的基本概念 ... (56)

3.1.2 进程管理 (58)

3.1.3 操作系统的功能 (62)

3.2 中文 Windows 2000 (68)

3.2.1 中文 Windows 2000 的运行 环境和安装 (68)

3.2.2 Windows 2000 的基本知识 和基本操作 (70)

3.2.3 Windows 2000 资源管理器	4.4 国产优秀办公软件 WPS 2003
..... (79)	简介 (158)
3.2.4 Windows 2000 与 MS-DOS	习 题 (160)
..... (87)	
3.2.5 Windows 2000 控制面板	第五章 计算机网络基础 (162)
..... (90)	
3.3 Linux 操作系统 (99)	5.1 计算机网络概述 (162)
3.3.1 Linux 操作系统简介 (99)	5.1.1 计算机网络的定义 (162)
3.3.2 Linux 使用入门 (102)	5.1.2 计算机网络的产生与发展
习 题 (107)	 (162)
实 习 (110)	5.1.3 计算机网络系统的组成
	和功能 (164)
第四章 办公自动化基础 (111)	5.1.4 计算机网络的分类 (165)
4.1 文字处理基础 (111)	5.2 数据通信基础 (167)
4.1.1 文字处理概述 (111)	5.2.1 数据通信系统组成 (167)
4.1.2 文档的管理 (111)	5.2.2 数据传输信道 (168)
4.1.3 文档的编辑 (115)	5.2.3 数据传输方式 (169)
4.1.4 文档的排版 (117)	5.2.4 数据交换技术与差错控制
4.1.5 图形处理 (128)	 (170)
4.1.6 表格制作 (131)	5.2.5 数据传输介质 (171)
4.1.7 文档的打印 (134)	5.3 计算机网络体系结构 (173)
4.2 电子表格处理基础 (135)	5.3.1 计算机网络体系结构的
4.2.1 电子表格概述 (135)	基本概念 (173)
4.2.2 工作表的建立、编辑	5.3.2 ISO/OSI 开放系统互连
和格式化 (136)	参考模型 (174)
4.2.3 图表制作 (144)	5.3.4 TCP/IP 网络协议 (176)
4.2.4 数据管理和分析 (146)	5.4 局域网技术 (178)
4.3 演示文稿制作基础 (152)	5.4.1 局域网概述 (178)
4.3.1 建立演示文稿 (152)	5.4.2 局域网体系结构 (179)
4.3.2 编辑演示文稿 (154)	5.4.3 以太网 (180)
4.3.3 美化演示文稿 (155)	5.4.4 网络互联设备与网络硬件
4.3.4 放映演示文稿 (157)	设备 (180)
	5.4.5 局域网组网实例 (184)

5.5 网络操作系统和网络计算模式	(186)	6.6.3 Intranet 中服务器类型	(217)
5.5.1 网络操作系统	(187)	习 题	(217)
5.5.2 网络计算模式	(189)		
习 题	(190)		
第六章 Internet 与 Intranet ...	(193)	第七章 软件开发与信息处理技术	
6.1 网络互联与 Internet	(193)		(220)
6.1.1 网络互联	(193)	7.1 软件工程基础	(220)
6.1.2 Internet 的发展历史 ...	(194)	7.1.1 软件工程基本概念	(220)
6.1.3 Internet 中国网的基本 情况	(195)	7.1.2 结构化分析方法	(225)
6.2 接入 Internet	(199)	7.1.3 结构化设计方法	(231)
6.2.1 单机连接方式	(200)	7.1.4 软件测试	(239)
6.2.2 局域网连接方式	(200)	7.1.5 程序的调试	(243)
6.3 IP 地址	(201)	7.2 数据库设计基础	(244)
6.3.1 IP 地址的分类	(202)	7.2.1 数据库概念	(244)
6.3.2 子 网	(202)	7.2.2 数据模型	(249)
6.3.3 子网掩码	(203)	7.2.3 关系代数	(252)
6.3.4 默认网关地址	(203)	7.2.4 数据库设计与管理	(255)
6.4 域名系统原理	(204)	7.3 数据结构与算法	(260)
6.4.1 域名系统的分级结构 ...	(204)	7.3.1 算法	(260)
6.4.2 域名解析过程	(205)	7.3.2 数据结构的基本概念及术语	(262)
6.5 Internet 基本服务功能	(206)	7.3.3 线性表	(264)
6.5.1 万维网 WWW	(206)	7.3.4 栈	(266)
6.5.2 FTP 与 Telnet 服务 ...	(211)	7.3.5 队列	(267)
6.5.3 电子邮件	(213)	7.3.6 树与二叉树	(268)
6.5.4 IP 电话	(214)	7.3.7 查找	(271)
6.5.5 网上寻呼机	(215)	7.3.8 排序	(272)
6.6 Intranet	(216)	7.4 程序设计基础	(274)
6.6.1 Intranet 概念	(216)	7.4.1 程序设计语言发展	(275)
6.6.2 Intranet 结构	(216)	7.4.2 程序设计方法与风格 ...	(276)
		7.4.3 结构化程序设计	(276)
		7.4.4 面向对象的程序设计 ...	(277)

7.5 多媒体技术简介	(283)	8.3 网络安全技术	(310)
7.5.1 多媒体技术的基本概念	(283)	8.3.1 网络安全概述	(311)
7.5.2 多媒体计算机系统	(288)	8.3.2 网络黑客	(311)
7.5.3 多媒体计算机软件系统	(289)	8.3.3 对安全的攻击	(312)
7.5.4 多媒体信息的数字化和压缩技术	(290)	8.3.4 防止黑客攻击的策略 ...	(315)
习 题	(298)	8.4 数据加密与数字签名	(316)
第八章 信息系统安全与社会责任	(303)	8.4.1 数据加密技术	(316)
8.1 信息安全概述	(303)	8.4.2 数字签名	(317)
8.1.1 信息安全的定义	(303)	8.4.3 数字证书	(319)
8.1.2 信息安全面临的威胁 ...	(304)	8.5 防火墙技术	(321)
8.1.3 信息系统的安全对策 ...	(305)	8.5.1 防火墙概述	(321)
8.2 计算机病毒及防治	(306)	8.5.2 防火墙的功能	(322)
8.2.1 计算机病毒的定义	(306)	8.5.3 防火墙的主要类型	(323)
8.2.2 计算机病毒的分类	(307)	8.5.4 防火墙的局限性	(325)
8.2.3 计算机病毒的防治	(308)	8.6 网络社会责任与计算机职业道德规范	(325)
		8.6.1 网络社会责任	(325)
		8.6.2 计算机职业道德规范 ...	(328)
		习 题	(329)

第一章 计算机系统基础

计算机是一种处理信息的电子工具,它能自动、高速、精确地对信息进行存储、传送与加工处理。计算机的广泛应用,推动了社会的发展与进步,对人类社会生产、生活的各个领域产生了极其深刻的影响。可以说,当今世界是一个丰富多彩的计算机世界,计算机知识已融化到了人类文化之中,成为人类文化不可缺少的一部分。在进入信息时代的今天,学习计算机知识,掌握、使用计算机已成为每一个人的迫切需求。

本章主要介绍计算机系统的基本知识,包括计算机的发展与应用、计算机系统的组成等内容。

1.1 计算机的发展

计算技术发展 的历史是人类文明史的一个缩影。从古至今,由简单的石块、贝壳计数,到唐代的算盘,到欧洲的手摇计算器,以后又相继出现了计算尺、袖珍计算器等,直到今天的电子计算机,记录了人类计算工具的发展史。因此,电子计算机是人类计算技术的继承和发展,是计算工具发展至当今时代的具体形式,是现代人类社会生活中不可缺少的基本工具。

1.1.1 计算机的发展历程

1946 年,美国宾夕法尼亚大学研制出世界上第一台名为 ENIAC(Electronic Numerical Integrator and Calculator)的电子计算机,宣告了人类计算机时代的到来。ENIAC 大约使用了 18800 个电子管,1500 个继电器,重 30 t,占地面积约 170 m²(见图 1-1),每秒能完成 5000 次加、减运算,可以在 3/1000 s 时间内完成两个 10 位数乘法,主要用途是进行弹道计算的数值分析。ENIAC 的功能虽远不如今天的计算机,但它的诞生宣告了计算机时代的开始,无疑是人类科学与文化史上辉煌的一笔。



图 1-1 世界上第一台通用数字电子计算机 ENIAC

在 ENIAC 诞生后的短短的 50 多年中,计算机所采用的基本电子元器件已经经历了电子管、晶体管、中小规模集成电路、大规模和超大规模集成电路四个发展阶段,通常称为计算机发展进程中的四个时代(见表 1.1)。

表 1.1 计算机发展的四个时代

时代	年份	电路	特点
第一代	1946 年~1953 年	电子管	磁鼓和磁带;使用机器语言和汇编语言
第二代	1954 年~1964 年	晶体管	磁芯和磁盘;使用高级语言
第三代	1965 年~1970 年	集成电路	可由远程终端上多个用户访问的小型计算机
第四代	1971 年至今	大规模和超大规模集成电路	个人计算机和友好的程序界面;面向对象的程序设计语言(OOP)

1. 第一代(1946 年~1953 年)

第一代是电子管时代。这代计算机因采用电子管而体积大、耗电多、运算速度低、存储容量小、可靠性差及造价昂贵,同时,它几乎没有什么软件配置,编制程序用机器语言,主要用于科学计算和军事应用方面。

其代表机型为 1952 年由计算机之父冯·诺依曼设计的名为 EDVAC 的计算机,这台计算机总共采用了 2300 个电子管,运算速度却比 ENIAC 提高了 10 倍,冯·诺依曼“程序存储方式”的设想首次在这台计算机上得到了圆满体现(见图 1-2)。

2. 第二代(1954 年~1964 年)

第二代是晶体管时代。这个时代的计算机的基础电子器件采用晶体管,内存储器普遍使用磁芯存储器,其性能比第一代提高了数十倍,速度一般可达每秒 10 万次,有的甚至高达每秒几百万次,同时,软件配置开始出现,一些高级程序设计语言相继问世,并开始采用监控程序。除科学计算与军事应用外,开始了数据处理、工程设计、过程控制等应用。

第二代计算机除采用了晶体管外,另一个很重要的特点是存储器的革命,1951 年,当时尚在美国哈佛大学计算机实验室的华人留学生王安发明了磁芯存储器(见图 1-3),该技术彻底改变了继电器存储器的工作方式和与处理器的连接方法,也大大缩小了存储器的体积,为第二代计算机的发展奠定了基础。

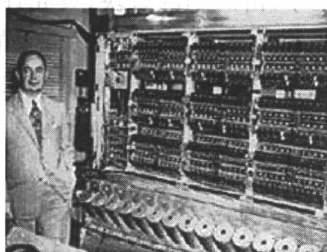


图 1-2 冯·诺依曼设计的名为 EDVAC 的计算机



图 1-3 王安

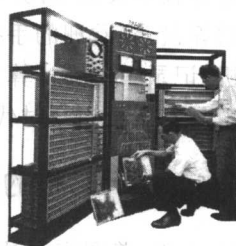


图 1-4 TRADIC 晶体管计算机

图 1-4 所示为 1955 年美国贝尔实验室研制出的世界上第一台全晶体管计算机 TRADIC,它共有 800 余只晶体管,功率为 100W,占地 0.28 m^2 。

3. 第三代(1965 年~1970 年)

第三代是中小规模集成电路时代。这代计算机的基础电子器件主要采用中、小规模集成电路。集成电路是在一块几平方毫米的芯片上集成很多个电子元件,使计算机的体积和耗电量有了显著减小,计算速度显著提高,存储容量大幅度增加。同时,计算机的软件技术也有了较大的发展,出现了操作系统和编译系统(见图 1-5),出现了更多的高级程序设计语言。系统结构方面有了很大改进,机种多样化、系列化,并和通讯技术结合起来,使计算机的应用进入到许多科学技术领域。

图 1-6 所示为第三代计算机的代表产品,于 1964 年由 IBM 公司推出的 IBM360 计算机。

4. 第四代(1971 年至今)

第四代是大规模、超大规模集成电路时代。硬件上采用大规模、超大规模集成电路作为主要功能部件,内存储器使用集成度更高的半导体存储器,计算速度高达每秒几百万次至数百亿次。在这个时期,计算机体系结构有了较大发展,并行处理、多机系统、计算机网络等都已进入实用阶段。软件方面更加丰富,出现了网络操作系统和分布式操作系统以及各种实用软件,其

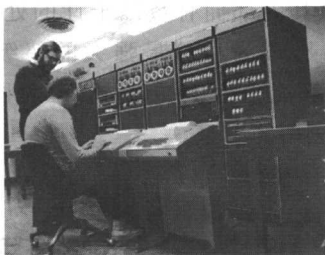


图 1-5 1969 年贝尔实验室研究人员在 PDP-7 上开发了 Unix 操作系统

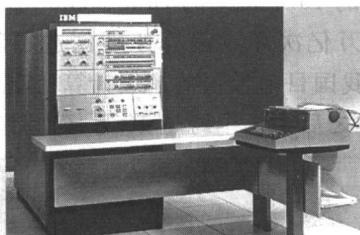


图 1-6 IBM360

应用范围也更加广泛,几乎渗透了人类社会的各个领域。

图 1-7 为 1971 年~2000 年间微处理器集成度发展示意图。图 1-8 至图 1-13 挂一漏万地列举了自 1971 年以来的几个具有特殊意义的代表性产品。

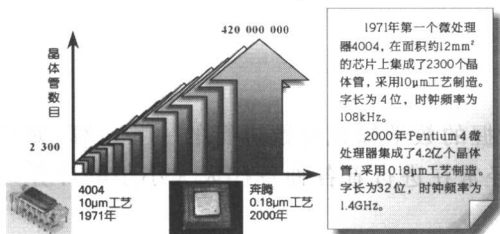


图 1-7 微处理器集成度发展示意图



图 1-8 超级计算机 CRY-1



图 1-9 D·Estridge 及 IBM PC



图 1-10 Macintosh 计算

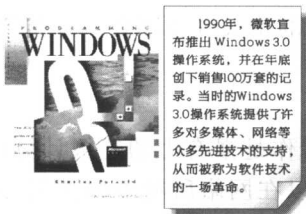


图 1-11 Windows 3.0 操作系统

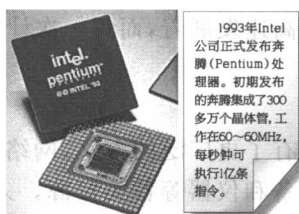


图 1-12 Pentium CPU



图 1-13 Pentium Pro CPU

在计算机四个时代的发展进程中,计算机的性能越来越好,主要表现在如下几个方面:生产成本越来越低;体积越来越小;运算速度越来越快;耗电越来越少;存储容量越来越大;可靠性越来越高;软件配置越来越丰富;应用范围越来越广泛。尤其是处于信息技术前沿的超级计算机,已经在相当广泛的领域里接受挑战了,从认识地震规律到解释宇宙神秘现象,无一不体现出其超强的性能威力。超级计算机的速度是通过联合使用大量芯片而创造的,有些超级计算机干脆就是由一大批个人电脑组成的电脑群。当今世界上运算速度最快的超级计算机是

IBM 制造的 16 个机架的 Blue Gene /L 超级计算机(其内部拥有数以千计的处理芯片),其每秒 70.72 万亿次浮点运算速度创造了新的世界纪录,成为全球最强大的超级计算机(见图 1-14)。我国目前最快的超级计算机曙光 4000A 运算能力为 11 万亿次/s(见图 1-15),是继美国、日本之后第三个跨越 10 万亿次计算机研发和应用的 国家。



图 1-14 Blue Gene 超级计算机

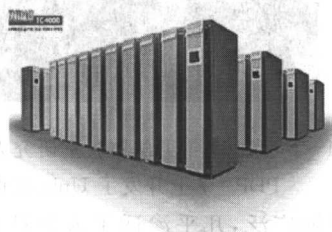


图 1-15 曙光 4000A

1.1.2 当代的计算和计算机

1. 计算的概念

传统的计算概念,是指数的计算,即通过掌握的数学知识对数进行的一些运算,如加、减、乘、除、三角函数和微积分等。人们在生活中经常在进行着各种各样大大小小的计算,而“计算”在不同的时代则有不同的内涵。

(1) 手工计算时代。

远古时期,“计算”只是以物换物过程中的计数,有了数学以后,“计算”成了数字的演算,直到 20 世纪中叶前,计算依然意味着大量繁杂的手工计算。

(2) 计算机计算时代。

20 世纪 30 年代,英国数学家 A·M·图灵设计了第一个理论计算机模型,1946 年第一台电子计算机问世,从此人类进入了计算机计算时代,“计算”的革命性发展使得人类探索宇宙之谜等许多梦想和努力得以实现。

在这个时代,人们对计算的需求不断上升,对计算能力的要求与期望也越来越高,为了追求计算能力的提高和让更多的用户应用这种能力,从元器件到工艺,从个人 PC 机到大型高性能计算机,软硬件的性能一直在高速发展着,而每一次计算能力的重大进步都会对人类的实践活动带来革命性影响。

(3) 网络计算时代。

网络计算时代,“计算”已经有了更广泛的含义,网络将可看作是强有力的超级计算环境,包括丰富的计算、数据、存储、设备和仪器等各类资源。人们可以在网络所覆盖的任何一处地方登录,利用网络资源解决以前不能完成的问题。

网络计算包括以网络为基础的高性能科学并行计算、方便灵活的移动计算、丰富多彩的多媒体计算、复杂多变的交易、电子商务处理计算,以及管理、模拟、控制类的智能计算等。

2. 计算机的计算模型

在计算科学中,我们通常所说的计算模型,不是指在静态或动态描述基础上建立求解某一(类)数学模型,而是指具有状态转换特征,能够对所处理的对象的数据或信息进行表示、加工、变换、输出的数学机器。

英国数学家 A·M·图灵于 1936 年提出的形式化的理想计算模型(称为图灵机)深刻地揭示了计算这一本质概念,为可计算理论奠定了基础。研究图灵机的主要目的是对“算法”、“有效过程”这样的直观概念给出精确的数学定义,从而精确刻画可计算性与可判定性等基本概念。由于图灵机在计算能力上等价于数字计算机,故利用图灵机可以研究计算机的能力和局限性。对图灵机的研究集中在两个方面:第一,研究图灵机所定义的语言类,该语言类称为递归可枚举集合;第二,研究图灵机所计算的函数类,该函数类称为部分递归函数。

3. 计算机的体系结构

(1) 冯·诺依曼结构。

1946 年,美国科学家冯·诺依曼(见图 1-16)提出了程序存储式电子数字自动计算机的方案,并确定了计算机硬件体系结构的五个基本部件:输入器、输出器、控制器、运算器、存储器。人们把冯·诺依曼的这个理论称为冯·诺依曼体系结构,从计算机的第一代至第四代,一直没有突破这种冯·诺依曼的体系结构。



图 1-16 冯·诺依曼

冯·诺依曼理论的要点是:数字计算机的数制采用二进制;计算机应该按照程序顺序执行。即计算机是利用“存储器”(内存)来存放所要执行的程序的,而称之为 CPU 的部件可以依次从存储器中取出程序中的每一条指令,并加以分析和执行,直至完成全部指令任务为止。

(2) 非冯·诺依曼结构。

非冯·诺依曼结构是一种由数据而不是由指令来驱动程序执行的体系结构。

具有冯·诺依曼体系结构的计算机,在 CPU 和主存之间只有一条每次只能交换一个字的数据通路,称为诺依曼瓶颈。这样,不论 CPU 和主存的吞吐率有多高,不论主存的容量有多大,只能顺序处理和交换数据。另外,随着软件系统的复杂性和开发成本不断提高,软件的可靠性、可维护性和整个系统的性能都明显下降,大量的系统资源消耗在必不可少的软件开销上,“软件危机”出现了,其根源是全部软件赖以建立的冯·诺依曼体系结构的不适应性。随着计算机应用领域的扩大,这种矛盾愈来愈突出,迫使人们不断对这种体系结构进行改进。例如出现了流水处理机、并行处理机、相联处理机、多处理机和分布处理机等。但这些结构本质上仍是存储程序型的顺序操作概念。冯·诺依曼体系结构的两个最主要特征还没有被突破,一是计算机内部的信息流动是由指令驱动的,而指令执行的顺序由指令计数器决定;二是计算机的应用主要是面向数值计算和数据处理。为了使计算机具有更强的计算能力,解决软件危机,让计算机能模拟人类在自然语言的理解、图像图形声音的识别和处理、学习和探索、思维和推理等方面的功能以及具有良好的环境自适应能力,出现了一种非冯·诺依曼体系结构。

非冯·诺依曼体系结构的计算机主要有数据流计算机、归约计算机、基于面向对象程序设计语言的计算机、面向智能信息处理的智能计算机等。

① 数据流计算机。该机彻底改变了冯·诺依曼体系结构的指令流驱动的机制,而采用了数据流驱动的机制。

② 归约计算机。该机也是基于数据流的计算模型,但执行的操作序列取决于对数据的需求,即需求驱动,而这种需求又来源于函数式语言对表达式的归约,即化简。

③ 基于面向对象程序设计语言的计算机。基于面向对象程序设计语言的计算机体系结构应具有高效能的、面向对象的动态存储管理、存储保护和快速匹配、检索对象的机制;同时还应提供实现对象之间高效通信的机制。面向对象程序设计语言具备固有的并行性,因此,基于

面向对象程序设计语言的计算机还应当是一个多处理机系统,以便让各个对象或由多个对象组成的模块分别在各自分配到的处理机上执行,提高并行处理的能力。

④ 智能计算机。基于面向智能信息处理的计算机。从功能上看,它的体系结构具备以下特点:具有高效的推理机制和极强的符号处理能力;能有效地支持非确定性计算,同时也能有效地支持确定性计算;具有高度并行处理、多重处理或分布处理能力;具有能适应不同应用特点和需求的动态可变的开放式的拓扑结构;有大容量存储器,数据不是以线性模式存储,而是分布存储,存储访问具有不可预测性;具有知识库管理功能;有良好的人机界面,具有自然语言、声音、文字、图像等智能接口功能;具有支持智能程序设计语言功能。

非冯·诺依曼体系结构的主要优点为:①支持高度的并行操作。②与 VLSI(超大规模集成电路 Very Large Scale Integration)技术相适应。③有利于提高软件生产能力。缺点有:①操作开销过大。②不能有效地利用传统冯·诺依曼体系结构计算机已积累起来的丰富的软件资源。

1.1.3 未来新型计算机

20 世纪后半叶,由于半导体工业的崛起,计算机的研制和生产飞速发展,芯片能力平均每 18 个月翻一番(摩尔定律),而电路元件的尺寸几乎平均每 2 年就缩小一半。当代的集成技术由于采用了光刻制技术,已使刻线的分辨率达到亚微米的量级,以至如今计算机的运算速度达到万亿次/秒。然而,这种高密度、高功能的集成技术却使得计算机的散热、冷却等技术问题日益突出。这是因为当元件和电路的尺寸小到一定程度时,电子的波动性较为突出,单个电子的位置变得难以规定,于是逻辑元件保存其数值 0 或 1 的可靠性降低了,单电子的量子行为(量子效应)将干扰它们的功能,致使计算机无法正常工作。这种状况已发展成为阻碍半导体芯片进一步微型化的潜在物理限制因素。目前,计算机电路的超大规模集成化已使电路单元的尺寸接近了这一极限,在现有的计算机设计模式下,要想进一步缩小计算机的体积和提高运算速度已经极为困难了。而且,芯片尺寸每缩小一倍,生产成本则要增加五倍。这些物理学及经济方面的制约因素将使现有芯片计算机的发展走向终结,因此生物分子、量子计算机等一种全新概念的计算机应运而生。

计算机技术将向超高速、超小型、并行处理、智能化的方向发展。21 世纪初期,将出现每秒 100 万亿次的超级计算机,超高速计算机将采用并行处理技术,使计算机系统同时执行多条指令或同时对多个数据实行处理,这是改进计算机结构、提高计算机运行速度的关键技术。计算机必将进入人工智能时代,它将具有感知、思考、判断、学习以及一定的自然语言能力。随着新的元器件及其技术的发展,新型的超导计算机、量子计算机、光子计算机、神经计算机、生物计算机和纳米计算机等将会在 21 世纪走进我们的生活,遍布各个领域。

1. 超导计算机

当电子开关元件的速度达到纳秒级时,整个计算机必须容纳在边长小于 3 cm 的立方体中,才不会因信号传输而降低整机速度。可是,芯片的集成度越高,计算机的体积越小,机器发热的后果就越严重。解决问题的出路是研制超导计算机。

所谓超导,是指在接近绝对零度的温度下,电流在某些介质中传输时所受阻力为零的现象。1962 年,英国物理学家约瑟夫逊提出了“超导隧道效应”,即由超导体—绝缘体—超导体组成的器件(约瑟夫逊元件),当对其两端加电压时,电子就会像通过隧道一样无阻挡地从绝缘介质中穿过,形成微小电流,而该器件的两端电压为零。

与传统的半导体计算机相比,使用约瑟夫逊器件的超导计算机的耗电量仅为其几千分之

一,而执行一条指令所需时间却要快上 100 倍。

2. 量子计算机

量子计算机是一种利用量子力学特有的物理现象(特别是量子干涉)来实现一种全新的信息处理方式,而传统计算机遵循众所周知的经典物理定律。

量子计算机利用一种链状分子聚合物的特性来表示开与关的状态,利用激光脉冲来改变分子的状态,使信息沿着聚合物移动,从而进行运算。

电子和光子一样具有波粒二象性,当半导体集成电路线宽小于 $0.1\ \mu\text{m}$ 时,其波动性不能忽略,量子效应开始干涉电子的正常运动,量子计算机就是基于量子效应基础上开发的。与现有计算机类似,量子计算机同样主要由存储元件和逻辑门构成,但它们又与现在计算机上使用的这类元件不大一样。在现有计算机中,数据用二进制位存储,每位只能存储一个数据,非 0 即 1。而量子计算机中数据用量子位存储(叫做量子比特或昆比特)。由于量子叠加效应,一个量子位可以是 0 或 1,也可以既存储 0 又存储 1。由于一个二进制位只能存储一个数据,所以几个进制位只能存储几个数据。而一个量子位可以存储 2 个数据,就是说同样数量的存储位,量子计算机的存储量比通常计算机大许多。现在计算机中基本的逻辑门是“与”门和“非”门。对量子计算机来说,所有操作必须是可逆的,也就是从输出要能反推出其输入,量子计算机上使用的“控制非”门就是能实现这种可逆操作的逻辑门。

量子计算机的优点有四:一是能够实行量子并行计算,加快了解题速度,它的运算速度可能比目前个人计算机的 Pentium III 晶片快上 10 亿倍,可以在一瞬间搜寻整个互联网,轻易破解任何安全密码,黑客任务变得轻而易举;二是用量子位存储,大大提高了存储能力;三是对任意物理系统进行高效率的模拟;四是能实现发热量极小的计算机。至于它的弱点,一是受环境影响大,二是纠错较复杂。目前正在开发中的量子计算机有 3 种类型:核磁共振(NMR)量子计算机、硅基半导体量子计算机、离子阱量子计算机。

3. 光子计算机

所谓光子计算机即全光数字计算机,以光子代替电子、光互连代替导线互连、光硬件代替计算机中的电子硬件、光运算代替电运算。光子计算机的各级都能并行处理大量数据,其系统的互连数和每秒互连数,远远高于电子计算机,接近于人脑。

和电子相比,光子的速度永远等于光速,具备电子所不具备的频率和偏振等,从而使它的“载息能力”得以扩大,就所有各项参数而言,光子流都可以方便地利用自有的光学和光电装置进行调节,利用反射镜、棱镜和光导向装置,可随意调整光子流的方向。此外,还有极为理想的光辐射源——激光器,可供使用。最主要的一点是光子不需要导线。即使在光线相交的情况下,它们之间也丝毫不会相互影响。

与电子计算机相比,光脑的“无导线计算机”内传递信息的并行通道其密度实际上是极大的。一枚直径为 5 分硬币大小的棱镜,它的通过能力超过全世界现有电话电缆的许多倍。世界上有许多科学家都在研究光脑,一些科学家正试验将传统的电子转换器和光子结合起来,制造一种“杂交”计算机。这种计算机能更快地处理信息,而又可克服目前巨型机的一大痼疾——内部过热,因为一台光脑只需要一台电子计算机所需能量的一小部分就能驱动,从而大大减少机器产生的热量。光脑的许多关键技术,如光存储技术、光互连技术、光电子集成电路等都已获得突破。

光脑的优点是,并行处理能力强,具有超高速运算速度。电子的传播速度为 $593\ \text{km/s}$,而光子速度为 $30\ \text{万 km/s}$,是电子速度的 500 倍。超高速电子计算机只能在低温下工作,而光脑

在室温下即可开展工作;和现在计算机相比,光脑信息存储量大,抗干扰能力强。专家们指出,光脑具有与人脑相似的容错性。系统中某一元件损坏或出错时,并不影响最终的计算结果。目前,科研人员面临的迫切任务是最大幅度地增加光子计算机的运算总能力,即光开关的数量。在今后的研制过程中,专家们所面临的困难将在以下几个方面:① 随着无导线计算机能力的提高,就要求有更强的光源。② 由于光线射到微反射上是严格对准的,所以结构中全部元件和装配精度应达到亚微米级。③ 继续研制新的具有完备功能的光脑基础元件开关。

目前,世界上第一台光脑已由欧共体的英国、法国、比利时、德国、意大利的 70 多名科学家研制成功,其运算速度比计算机快 1000 倍。科学家们预计,光脑的进一步研制将成为 21 世纪高科技课题之一。专家们预言,21 世纪将是光脑时代。

4. 生物计算机

生物计算机的运算过程就是蛋白质分子与周围物理化学介质的相互作用过程。计算机的转换开关由酶来充当,而程序则在酶合成系统本身和蛋白质的结构中极其明显地表示出来。生物计算机的信息存储量大,模拟人脑思维,因此有关专家预言,未来人类将获得智能的解放。

科学家正在利用蛋白质技术制造生物芯片,从而实现人脑和生物计算机的联接。20 世纪 70 年代,人们发现脱氧核糖核酸(DNA)处于不同状态时可以代表有信息或无信息。这一发现激起了科学家们研制生物电子元件的灵感和热情,一些科学家投入到对生物电子元件的研究,并相继有一些简单的生物元件问世,如生物开关元件、生物记忆元件等。随着微电子技术和蛋白质工程这两种高技术的相互渗透,生物计算机的时代即将到来。

在用蛋白质工程技术生产的生物芯片中,信息以波的形式沿着蛋白质分子链中单键、双键结构顺序的改变,从而传递了信息。蛋白质分子比硅晶片上的电子元件要小得多,彼此相距甚近,生物计算机完成一项运算,所需的时间仅为 10 ps,比人的思维速度还快 100 万倍。由于生物芯片的原材料是蛋白质分子,所以生物计算机既有自我修复的功能,又可直接与生物活体相联。

科学家们已经在探索实现人脑和生物计算机进行脑机联接的各种可能性。生物计算机登上 21 世纪的科技舞台,对未来世界将产生不可估量的深刻影响。

5. 神经计算机

神经计算机是模仿人的大脑判断能力和适应能力,并具有可并行处理多种数据功能的神经网络计算机。它本身可以判断对象的性质与状态,并能采取相应的行动,而且它可同时并行处理实时变化的大量数据,并引出结论。以往的信息处理系统只能处理条理清晰,经络分明的数据。而人的大脑却具有能处理支离破碎,含糊不清信息的灵活性,神经计算机将类似人脑的智慧和灵活性。

人脑有 140 亿神经元及 10 亿多神经键,每个神经元都与数千个神经元交叉相联,它的作用都相当于一台微型电脑。人脑总体运行速度相当于每秒 1000 万亿次的电脑功能。用许多微处理机模仿人脑的神经元结构,采用大量的并行分布式网络就构成了神经电脑。神经电脑除有许多处理器外,还有类似神经的节点,每个节点与许多点相连。若把每一步运算分配给每台微处理器,它们同时运算,其信息处理速度和智能会大大提高。

神经电子计算机的信息不是存在存储器中,而是存储在神经元之间的联络网中。若有节点断裂,电脑仍有重建资料的能力,它还具有联想记忆,视觉和声音识别能力。日本科学家已开发出神经电子计算机的大规模集成电路芯片,在 1.5 cm^2 的硅片上可设置 400 个神经元和 40000 个神经键,这种芯片能实现每秒 2 亿次的运算速度。1990 年,日本理光公司宣布研制出一种具有学习功能的大规模集成电路“神经 LST”。这是依照人脑的神经细胞研制成功的一