

高等院校计算机教育系列教材

计算机导论

张彦铎

主编

赵瑞莲

庄朋

刘晓华

副主编

01



清华大学出版社

高等院校计算机教育系列教材

计算机导论

张彦铎 主编

赵瑞莲 庄朋 刘晓华 副主编

清华大学出版社

北 京

内 容 简 介

本书全面系统地介绍了计算机科学的初步知识,注重系统性、科学性和实用性。同时本书在章节安排上充分吸取了一线教师多年的教学经验,内容结构上注意深入浅出、形象生动,并深入考虑了初学者的接受能力和接受过程。本书共分9章,分别为概述、信息表示与运算、计算机基本工作原理、计算机硬件系统、计算机软件系统、计算机网络系统、多媒体技术及应用、人工智能和计算机病毒与安全防范等内容。

本书可作为高等院校“计算机导论”课程的教材或教学参考书,也可供需要系统了解计算机科学基础知识的广大计算机用户阅读参考。

版权所有,翻印必究。举报电话:010-62782989 13901104297 13801310933

本书封面贴有清华大学出版社激光防伪标签,无标签者不得销售。

图书在版编目(CIP)数据

计算机导论/张彦铎主编.—北京:清华大学出版社,2004.7

(高等院校计算机教育系列教材)

ISBN 7-302-08930-2

I.计… II.张… 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(2004)第061427号

出 版 者:清华大学出版社 地 址:北京清华大学学研大厦

<http://www.tup.com.cn> 邮 编:100084

社 总 机:010-62770175 客 户 服 务:010-62776969

组稿编辑:章忆文

文稿编辑:张彦青

封面设计:陈刘源

印 装 者:北京市清华园胶印厂

发 行 者:新华书店总店北京发行所

开 本:185×260 印张:13.75 字数:327千字

版 次:2004年7月第1版 2004年7月第1次印刷

书 号:ISBN 7-302-08930-2/TP·6317

印 数:1~5000

定 价:20.00元

本书如存在文字不清、漏印以及缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话:(010)62770175-3103 或(010)62795704

丛 书 序

人类进入新千年时，计算机科学已经具有一块极其活跃的、崇尚发展与创新的领地，并成为我们这一时代决定性的先驱技术。计算机是现代文化构成不可或缺的组成部分，是现代科学技术发展的先导，并且是世界经济巨量增长的根本引擎。同时，计算机技术的发展日新月异，它的快速发展对计算机科学与工程的教育产生了深刻的影响。因此，计算机教育在世界各国备受重视，计算机知识与能力已成为 21 世纪人才素质的基本要素之一。

伴随着计算机新技术的不断涌现，已有技术几年内即变得陈旧。与此同时，计算机教育也被其所在的专业、文化和社会范围的改变影响着。计算机学科已变得更宽广、内容更丰富，其应用领域不断飞速增长。因此，无论在教学体系、教学内容还是教学方法、教学手段上都必须进行深化改革，与时俱进。CC2001 的出现，无疑是对计算机学科课程体系一个崭新的完整的引导。我们工科院校无论计算机专业还是非计算机专业的计算机科学与工程的教育应该紧密有机地与工科学生的培养目标相结合，注重知识、能力、素质教育三方面的综合教育，加强计算机系统的认知、分析、设计和应用能力，算法设计与分析能力，程序设计能力以及计算思维能力等方面的培养。

原化工部部属高校计算机教育协作组结合工程教育的特点，大力开展计算机教育协作与交流，十年来开展了务实的、全方位的、卓有成效的教学研讨及教研观摩等活动，极大地促进了交流并推动了各校计算机教育的发展。同时，协作组不断地扩展，吸收了许多其他领域的高校参加，共同为我国计算机高等教育事业的发展与完善进行广泛的交流探索。

目前参加这个协作组的主要高校有：

清华大学	南京大学	天津工业大学	中国农业大学
北京化工大学	南京工业大学	青岛科技大学	郑州大学
武汉化工学院	沈阳化工学院	南京师范大学	华南理工大学
河北行政学院	南京工程学院	淮海工学院	北京石油化工学院
北京工业大学	沈阳化工学院	江苏石油化工学院	

在清华大学出版社的大力支持下，本协作组 2001 年年会决定组织出版一套最新的计算机系列教材，第一期出版 14 部有关程序设计与软件应用方面的教材。它们是：《计算机导论》、《C 语言程序设计》、《Visual Basic 6.0 程序设计》、《Java 程序设计》、《面向对象程序设计——Visual C++》、《SQL Server 数据库原理及应用教程》、《C#编程及应用程序开发教程》、《组网技术与配置》、《数据库理论及应用基础》、《现代语音技术基础与应用》、《计算机图形学基础教程》、《Win32 汇编语言实用教程》、《C/C++程序设计教程》和《数据结构教程》等。

本系列教材依据 CC2001 框架,精心策划、准确定位,概念清晰,例题丰富,深入浅出,内容翔实,体系合理,重点突出,是一套面向高等学校计算机和非计算机专业学生的计算机基础与应用系列教材,也可供从事计算机应用和开发的各类人员学习使用。

本系列教材源于十几所全国重点大学和普通高等院校计算机教育的教学改革与实践,凝聚了工作在教学第一线的任课教师的教学经验与研究成果。我们期望本系列教材的出版,并在教学实践中不断完善与更新,为我国高校计算机教育事业做出新的贡献。

编委会
2004年6月

编委会名单

主编: 朱群雄

编委: 张 莉 闵华清 王晓峰
邵定宏 刘川来 彭四伟
刘 斌 刘新民 张彦锋
吕纪国 刘 烨 王相林
蔡莲红 孙正兴 冉林仓
彭 波

前 言

自 1946 年第一台电子计算机问世以来,计算机科学与技术发展突飞猛进,给国民经济、社会发展、国防建设和科学研究带来了众多革命性的变化。特别是 20 世纪 90 年代以来,不断掀起计算机科学与技术的学习热潮,同时越来越多的学校都开设了计算机领域的相关课程。但在教学实践当中,许多计算机专业的一线教师或多或少都有一些共同的感触,那就是似乎缺少一本能够系统、完整而又深入浅出地介绍计算机导论的权威性的教材。

造成这种局面的原因是多种多样的,其中比较重要的原因之一是由于社会各界对计算机的认识千差万别,有的认为计算机神秘莫测、高不可攀,也有的认为计算机科学或鼻尖皮厚腹中空或头重脚轻根基汪,这些认识也在一定程序上影响了计算机初学者的心态。

本书是在多位编者近年来为本科生讲授“计算机导论”课程和专业主干课程的基础上,经过精心周密的组织、吸收众多最新成果编写而成的,书中充分融入了编者多年教学经验的结晶,旨在为广大师生奉献出一本系统、完整而又深入浅出的指导性教材。

全书共 9 章,第 1 章为概述,对计算机的发展历史、应用领域和发展趋势进行了分析,同时也介绍了编者计算机科学的学科基础。第 2 章为信息表示与运算,便于帮助读者了解计算机的基础知识。主要介绍了数据和信息的编码、表示与运算,并介绍了复杂信息表示的数据结构。第 3 章阐述了计算机的基本工作原理,包括计算的概念、计算机结构的概念和演化。第 4 章、第 5 章和第 6 章分别阐述了计算机的硬件系统、软件系统和网络系统,并对计算机科学中的组成原理、系统结构、程序设计、软件工程、操作系统、数据库、计算机通信、局域网络、广域网络等基本概念作了深入、全面的论述。第 7 章介绍了计算机的一种普遍应用,就是多媒体技术。第 8 章触及了计算机发展的理论前沿和趋势,并就人工智能的发展、内容、应用等进行了介绍。第 9 章是计算机用户普遍关心的安全问题,介绍了病毒防护和安全防范的相关知识。

本书由张彦铎、赵瑞莲、庄朋和刘晓华合作完成,其中张彦铎编写了第 5 章和第 8 章,赵瑞莲编写了第 4、7 两章,庄朋编写了第 1、2、3、9 四章,刘晓华编写了第 6 章。全书由张彦铎统一定稿。

本书的出版得到了武汉化工学院、北京工业大学、沈阳化工学院、青岛科技大学、南京工业大学、南京师范大学等单位的领导和相关教师以及清华大学出版社的大力支持和帮助,作者在此一并致以衷心的感谢。

由于作者的水平有限,书中难免有不妥之处,敬请读者批评指正。

目 录

第 1 章 概述.....1	2.3.3 中文信息的编码与表示..... 28
1.1 计算机简史.....1	2.4 运算..... 30
1.1.1 人类处理信息方式的 历史变迁.....1	2.4.1 二进制的四则运算..... 30
1.1.2 计算机的发展历程.....6	2.4.2 补码加减运算..... 31
1.2 计算科学基础.....8	2.4.3 BCD 码运算..... 32
1.2.1 什么是计算科学.....8	2.4.4 逻辑运算..... 32
1.2.2 计算机与计算科学.....8	2.5 复杂信息的表示——数据结构..... 34
1.2.3 计算科学的学科体系.....9	2.5.1 数据结构的概念..... 34
1.3 计算机应用领域.....12	2.5.2 常用数据结构..... 35
1.3.1 计算机的分类.....12	2.5.3 数据结构的应用..... 35
1.3.2 计算机应用.....13	2.6 思考题..... 38
1.3.3 信息高速公路—— 社会的信息化.....15	第 3 章 计算机基本工作原理..... 39
1.4 计算机发展趋势.....16	3.1 计算的概念..... 39
1.4.1 微型化.....16	3.1.1 狭义的计算..... 39
1.4.2 巨型化.....17	3.1.2 广义的计算..... 39
1.4.3 网络化.....17	3.1.3 计算机的计算模型..... 39
1.4.4 智能化.....17	3.2 冯·诺依曼结构..... 40
1.4.5 新型计算机.....17	3.2.1 “存储程序”原理..... 40
1.5 思考题.....17	3.2.2 冯·诺依曼结构..... 41
第 2 章 信息表示与运算.....18	3.2.3 计算机系统组成..... 42
2.1 数制.....18	3.3 超越冯·诺依曼结构..... 43
2.1.1 进位记数制.....18	3.3.1 并行计算..... 43
2.1.2 进位记数制之间的转换.....20	3.3.2 向量计算机..... 44
2.2 数值数据的编码与表示.....23	3.3.3 生物计算机..... 44
2.2.1 带符号数的表示.....23	3.3.4 神经计算机..... 46
2.2.2 计算机中数的表示.....24	3.3.5 量子计算机..... 46
2.3 信息的编码与表示.....26	3.4 思考题..... 48
2.3.1 十进制数的编码与表示.....26	第 4 章 计算机硬件系统..... 49
2.3.2 西文信息的编码与表示.....27	4.1 中央处理单元..... 49
	4.1.1 运算器..... 51
	4.1.2 控制器..... 52

4.2 存储系统.....53	5.4 数据库管理系统..... 121
4.2.1 主存储器.....53	5.4.1 数据库..... 121
4.2.2 高速缓冲存储器(Cache).....65	5.4.2 数据库系统..... 124
4.2.3 辅助存储器.....65	5.4.3 关系数据库管理系统..... 126
4.3 输入输出(I/O)系统.....68	5.4.4 常用关系数据库 管理系统..... 129
4.3.1 输入设备.....68	5.4.5 数据库系统的应用模式..... 131
4.3.2 输出设备.....70	5.5 思考题..... 133
4.3.3 输入输出设备接口.....71	第6章 计算机网络系统..... 134
4.3.4 输入输出控制方式.....72	6.1 计算机通信与网络..... 134
4.4 微型计算机组成原理.....75	6.1.1 通信..... 134
4.4.1 中央处理器.....75	6.1.2 计算机网络..... 137
4.4.2 微机系统结构.....78	6.2 网络的组成..... 141
4.4.3 总线.....80	6.2.1 网络的组成..... 141
4.4.4 接口.....82	6.2.2 拓扑结构..... 144
4.4.5 主板结构.....83	6.2.3 网络协议..... 146
4.5 计算机体系结构.....85	6.3 计算机局域网..... 152
4.5.1 计算机系统结构的概念.....86	6.3.1 计算机局域网的概念..... 152
4.5.2 精简指令集计算机系统.....87	6.3.2 常用局域网..... 152
4.5.3 流水线处理机系统.....88	6.4 因特网网络..... 155
4.5.4 并行处理技术.....91	6.4.1 因特网网络的形成..... 155
4.5.5 数据流计算机.....92	6.4.2 WWW 与 HTTP 协议..... 156
4.6 小结.....93	6.4.3 因特网网络的应用..... 159
4.7 思考题.....94	6.5 小结..... 165
第5章 计算机软件系统.....95	6.6 思考题..... 165
5.1 软件与软件工程.....95	第7章 多媒体技术及应用..... 167
5.1.1 软件的概念.....95	7.1 什么是多媒体..... 167
5.1.2 软件的分类型.....95	7.1.1 多媒体的基本概念..... 167
5.1.3 软件危机与软件工程.....96	7.1.2 多媒体计算机——MPC..... 168
5.1.4 软件生命周期及其模型.....98	7.2 多媒体技术..... 171
5.2 程序设计及其语言.....101	7.2.1 多媒体技术的特点..... 171
5.2.1 程序设计语言的分类.....101	7.2.2 多媒体系统的关键技术..... 172
5.2.2 算法与数据结构.....103	7.3 多媒体技术的应用及发展..... 175
5.2.3 程序语言与程序设计.....108	7.3.1 多媒体技术的应用..... 175
5.2.4 语言处理程序.....113	7.3.2 多媒体技术的发展趋势..... 178
5.3 操作系统.....118	7.4 小结..... 179
5.3.1 操作系统的形成和发展.....118	7.5 思考题..... 179
5.3.2 操作系统的分类和组成.....120	
5.3.3 操作系统的功能.....121	

第 8 章 人工智能	180
8.1 概述.....	180
8.1.1 智能.....	180
8.1.2 人工智能.....	181
8.2 人工智能的发展历史.....	182
8.2.1 人工智能的史前期.....	182
8.2.2 人工智能的形成期.....	182
8.2.3 人工智能的萧条期.....	183
8.2.4 人工智能的发展期.....	185
8.2.5 我国的人工智能发展.....	187
8.3 人工智能的研究途径.....	187
8.3.1 功能模拟与符号 主义学派.....	187
8.3.2 结构模拟与联结 主义学派.....	188
8.3.3 行为模拟与行为 主义学派.....	188
8.3.4 典型研究途径的比较.....	189
8.4 人工智能的研究与应用领域.....	190
8.4.1 机器感知.....	190
8.4.2 机器思维.....	192
8.4.3 机器学习.....	194
8.4.4 机器行为.....	195
8.5 人工智能的新发展.....	196
8.5.1 人工智能概念的拓展.....	196
8.5.2 人工智能研究领域 的拓展.....	197
8.5.3 人工智能的未来.....	198
8.6 思考题.....	199
第 9 章 计算机病毒与安全防范	200
9.1 什么是计算机病毒.....	200
9.1.1 病毒的起源.....	200
9.1.2 病毒的定义.....	200
9.1.3 病毒的特征.....	201
9.2 计算机病毒的种类.....	202
9.2.1 计算机病毒的分类.....	202
9.2.2 宏病毒.....	203
9.2.3 “黑客”.....	204
9.3 计算机病毒与安全防范.....	204
9.3.1 计算机病毒的传播途径.....	204
9.3.2 预防计算机病毒的 一般方法.....	205
9.3.3 常用的反病毒软件.....	205
9.4 思考题.....	206
参考文献	207

第 1 章 概 述

1.1 计算机简史

1.1.1 人类处理信息方式的历史变迁

电子计算机(Electronic Computer), 简称为电脑(Computer), 诞生于 20 世纪 40 年代, 它是人们采集、识别、转换、处理信息的工具。

人类社会最早使用手指、结绳、算筹等作为工具进行计算。随着生产的发展和交流的增加, 又发明了更先进的计算工具——算盘。其中, 以中国人发明的珠算盘成为当时最先进的计算工具。

欧洲文艺复兴运动的发展带来了人文主义思想家和学者对宗教统治的挑战, 哥白尼的新学说使天文学的发展进入了一个新的时期。当时, 科学研究中的各种计算问题特别是天文学中遇到的大量繁重的计算工作, 使得改革旧的计算工具成为一个亟待解决的问题。从那时开始, 制造一种能自动进行计算的机器一直是好几代科学家的梦想。

钟表业的产生和发展, 特别是齿轮传动装置技术的发展为机械传动装置计算机的产生提供了重要的技术基础。1623 年, 威尔海姆·什卡尔特(Wilhelm.Schikard)在写给天文学家开普勒的信中, 最先提出了一台计算机的构思设想, 它主要由加法器、乘法器和记录中间结果的机构等三部分组成。可惜, 样机尚未完成就被火焚毁, 其思想也很少为后人所知。

法国人巴斯卡尔(B.Pascal)对计算工具的研究迈出了重要的一步, 他于 1642 年基于齿轮技术制造了一台能够进行加法和减法运算的计算器。这种计算器在今天看来虽然很简单, 但它的设计思想比较符合人类的思维习惯, 其原理成为后来广泛使用的手摇计算机的基本原理。为了纪念巴斯卡尔, 语言大师沃斯(N.Wirth)把他设计的一种高级程序设计语言取名为 Pascal。

1672 年, 德国人莱布尼兹(G.W.Leibniz)提出了不用连续相加进行机械乘法的思想, 并于 1673 年在巴黎科学院表演样机成功。莱布尼兹最重要的成就是改进了计算机的设计思想, 为手摇计算机的发展奠定了理论基础。莱布尼兹对计算科学的另一个重要贡献是系统地建立了二进制的算术运算法则, 指出了二进制在某些理论研究中的优点, 为现代计算机的发展作出了部分理论准备。

巴斯卡尔和莱布尼兹的成功使不少人开始从事计算机的改进工作。但由于当时技术的发展落后于计算机设计思想和理论的发展, 研制的样机性能不稳定, 限制了计算机的发展, 从而使比较实用的计算机直到一百多年后才由法国人汤姆斯(C.Thomas)研制成功并建厂批

量生产。巴斯卡尔和莱布尼兹的这类计算机根本的缺陷是只能做简单的四则运算，没有程序控制的机构。

提出用程序控制计算思想的第一人是英国数学家巴贝奇(C.Babbage)。在现代电子计算机诞生一百多年前，巴贝奇在其设计、制造成功的差分机(一种计算机)的基础上，提出了几乎是完整的通用数字计算机的设计方案。方案中的计算机主要由齿轮式寄存器、运算装置和专门控制操作顺序的机构三部分组成，非常接近于今天的计算机。可惜，因为得不到政府的经费支持，研制工作没能成功。为了纪念巴贝奇作为计算机科学的先驱者对学科所做的贡献，1977年在美国的明尼苏达大学建立了巴贝奇研究所。巴贝奇也被公认为“计算机之父”。

19世纪的英国，产生了一位杰出的数学家布尔(G.Boole)。他系统研究了逻辑思维的一般规律，成功地将形式逻辑归结为一种代数演算，即布尔代数。虽然他的一生没有考虑怎样把布尔代数同计算机相联系，但他的工作却为现代计算机的产生提供了重要的理论准备。

布尔代数实现了从一组逻辑公理出发，依靠代数演算来推导逻辑定律或定理。在此基础上，经过许多人的努力，进一步发展形成了一门新的数学分支——数理逻辑。在布尔工作的基础上，随着数理逻辑的发展，不少人试图建立通用的逻辑系统，验证所有反映客观世界规律的定理，或从少数几条公理和推导规则出发，证明或发现和导出所有的未知定理。数学家希尔伯特是这种思想的积极倡导者。可惜，哥德尔1931年关于形式数学系统不完备性的论文宣告了这一幻想的破灭。哥德尔的定理指出了这样一个基本事实：具有一定复杂程度的完备的形式数学系统是不存在的。哥德尔的成果使许多数学家感到困惑，可计算与不可计算是那样地令人不可捉摸。于是，关于可计算概念的研究成为当时一些数学家重点关心的问题之一。

在这同一时期，丘奇、波斯特和图灵等人围绕着怎样判断一类数学问题是否可解的这样一个问题，从不同的角度考察了计算这一概念，并探索了计算这一概念所包容的内涵。其中，以图灵的研究与实际计算机更为接近，他提出的形式化的理想计算模型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。

20世纪30年代，英国数学家图灵发表了关于可计算数的论文，该论文的结论指出了不可计算函数的存在。图灵从一种简单的数学机器(理想计算机)出发来研究计算的概念。通过引入机器状态使用了本质上具有指令特点的运算操作，这种机器被称为“图灵机”。当存储程序式计算机诞生后，人们逐渐发现他的理论存在巨大的优越性，因为它正是计算科学理论的基础。

沿着图灵开辟的方向，计算科学理论在后来的几十年里得到迅速发展，有力地推动了计算科学的高速发展。直到今天，绝大多数关于计算科学理论和技术的研究仍然没有跳出图灵机所确定的范围。不仅如此，图灵机的构造和后来进一步研究得到的可计算函数中通用机的定理都隐含了现代通用电子计算机中存储程序式的基本思想。图灵机的构造简单而又基本，然而功能却十分强大，以致学术界在图灵等人研究工作的基础上，总结可计算性概念研究中关于计算的本质时，提出了图灵论题：可计算性等价于图灵机可计算性。

在图灵1935年写出关于可计算数的论文之后不到十年，世界上第一台通用程序控制计算机就诞生了。德国工程师朱斯(K. Zuse)从1934年起就致力于计算机的研制，在获得了机械计算机研制经验的基础上，他首先采用电器元件来制造一种二进制的程序控制计算机，

并于1941年取得成功。哈佛的艾肯(H.Aiken)在IBM公司的支持下,于1944年研制成功了一台通用程序控制计算机,并在哈佛大学投入运行。由于这两台计算机都采用了继电器作为部件,运算速度受到极大限制。就当时物理学电子技术的发展水平来看,机电式的计算机必将要被使用电子线路的计算机所淘汰。尽管如此,这些机电式计算机的研制为后来电子计算机的诞生积累了重要的经验。

第二次世界大战使美国军方产生了快速计算导弹弹道的需求。受美国军方请求,美国宾夕法尼亚大学莫尔电工学院的莫克莱(J.W.Mauchly)等人在1946年2月设计制造出了ENIAC(电子数字积分计算机)。这台机器后来被阿伯丁弹道实验室使用。虽然ENIAC机的制造采用了当时先进的电子技术,但是,在基本结构上它与机电式计算机没有本质的差别。存储容量太小,程序不能存储等缺陷都极大地限制了机器的运算速度,它的先天不足预示了计算机的研制急需要有更合理的结构设计。事实上,从技术的角度看,20世纪二三十年年代已具备了制造现代通用电子数字计算机的技术条件,但当时在计算机的结构设计方面还缺乏原理上的指导。

1944年夏天,美国军方要求莫尔电工学院在建造ENIAC的同时,立即设计效率更高的计算机。当时正在阿伯丁弹道实验室任顾问的大数学家冯·诺依曼(Von. Neumann)参加了新型计算机的研制工作,并参与了ENIAC机完成前的改进工作。ENIAC机的研制使莫尔电工学院成为当时美国的计算机研究中心之一。在冯·诺依曼到来后不久,经过对ENIAC机不足之处的认真分析和讨论,研究小组很快又考虑并承担了新型计算机EDVAC的研究任务。1945年3月,在冯·诺依曼的主持下,根据图灵提出的存储程序式计算机的思想,研究小组完成了EDVAC设计方案报告的初稿。1945年6月,一个全新的存储程序式通用电子计算机的设计方案EDVAC诞生了,而此时,ENIAC机尚未完成。

EDVAC方案的主要内容是确定了计算机由运算器、控制器、存储器、输入、输出等5部分组成,明确地反映出现代电子数字计算机的存储程序控制工作原理和基本结构,对以后计算机的发展产生了深远的影响。今天,人们把具有这样一种工作原理和基本结构的计算机统称为冯·诺依曼型计算机。

ENIAC机的诞生曾使莫尔电工学院一下子成为全世界关注的焦点。可惜在ENIAC诞生之后,由于莫尔电工学院计算机研究小组的专家们因发明权而争得不可开交,小组陷于分裂,最终自行解体,致使研究工作一度中断。在这种情况下,冯·诺依曼与戈德斯坦(H.Goldstine)、勃克斯(W.Burks)等人离开了宾夕法尼亚大学莫尔电工学院,来到普林斯顿高等研究院继续计算机的研制工作,并在军方的支持下使普林斯顿高等研究院代替莫尔电工学院成为全美计算机研究中心之一。1952年,冯·诺依曼等人完成了EDVAC机的建造工作。

自从第一台通用电子数字计算机ENIAC诞生和EDVAC方案发表后,美国、英国、前苏联、法国等国家迅速地加快了计算机的研制步伐,一批计算机相继出现,于50年代形成了生产规模。50年代的计算机,因其主要元器件采用电子管而被后人称为电子管时代,即第一代电子计算机时期。在这一时期,美国计算机的发展实现了3个转变:从军用扩展至民用;从实验室研制进入工业化生产;从科学计算扩展到数据处理。

随着计算机的应用和工业化生产的发展,为了提高机器的运算速度和可靠性,对计算机组织结构、电子器件的研究逐渐形成了计算机设计与电子器件、故障诊断与检测以及外

部设备等方向。

1948年发明的晶体管改变了计算机的建造方式。采用晶体管研制第二代电子计算机的工作就在美国的一些著名实验室进行了。1959年,美国菲尔克公司成功研制了第一台晶体管电子计算机,计算机的性能有了很大提高。到了20世纪60年代,各大公司已能批量生产各种型号的晶体管电子计算机,第二代电子计算机时期即计算机的晶体管时代来临了。与此同时,英国、德国、法国和日本对计算机的研究与开发也进入了第二代。

第二代计算机研制与开发的一个重要特点是:一方面生产满足不同用户数据处理需要的各种类型的计算机;另一方面在继承存储程序式原理的基础上,采用先进的电子元器件和各种技术新思想研制主要用于科学计算的速度更快的计算机。各类计算机的研制与开发,使多种计算机的总体结构设计方案得到了反复的试验和比较,为第三代计算机的发展做了有益的尝试和经验积累。随着第二代计算机的出现,高级程序设计语言及其编译系统、操作系统、各种科学计算方法和标准子程序库等方向的研究也得到了很快的发展。

1958年,当第二代计算机还处于刚刚准备批量生产的时候,美国得克萨斯州仪器公司制成了第一块半导体集成电路。三年后,得克萨斯州仪器公司在军方的支持下,研制成功了第一台试验性的集成电路计算机。

随着集成电路工艺技术的改进和生产成本的降低,1964年,IBM公司成功地研制出大型集成电路通用计算机IBM 360系统,拉开了第三代集成电路计算机的序幕。IBM 360计算机系统的诞生,因其系列化、通用性和标准化极大地影响了世界各国通用系列计算机的发展,成为计算机发展史上一个重要的里程碑。

体积小、速度快的第三代计算机一进入市场,很快就淘汰了晶体管计算机。随着计算机更多地应用于数据处理,特别是联机系统的应用,极大地促进了软件和计算机应用的发展。60年代中后期,“软件危机”的出现,软件和计算机应用的发展中对计算机硬件提出的各种要求使科研人员不断地改进计算机的设计,也使计算机通信技术得到了很快的发展。在第三代计算机发展的后期,研究人员已经意识到计算机的设计和制造,需要软硬件双方的共同参与,软件开发中对计算机性能和各种功能的要求必须在计算机的设计中得到体现,一台计算机系统的成败更多的是取决于软件而不是硬件。

1967年,由于大量的编程语言得到应用,IBM公司决定该公司的计算机系统成为“非捆绑式”。即以前,用户需要购买计算机及其系统上运行的各种语言的翻译程序,而现在可只购买需要的翻译程序。由此形成了语言翻译程序的竞争,开创了软件产业。

60年代后期,随着计算机存储容量和运算速度的成倍增长、高级语言的发展、远程终端和多道程序批处理技术的出现,操作系统的设计急需引入新的技术以支持多个用户同时共享计算机系统资源。于是,出现了进程的概念和分时操作系统。以多进程技术为基础的分时操作系统的出现,大大提高了计算机系统的功能,极大地推动了软件理论和技术的发展。在多进程和分时技术的支持下,并发程序设计语言和并发程序设计技术得到快速发展,在刺激和影响数据库系统、程序证明技术、语义学理论、通信技术等许多方向发展的同时,也为分布式网络计算机系统的发展在理论和技术上做了一些必要的准备。

70年代初,半导体集成电路技术取得了飞速进步。半导体集成度的不断提高和半导体存储器的问世,大规模集成电路的迅速发展使计算机的运算速度不断提高的同时,体积不断地缩小,价格逐年下降,这种情况导致产生了采用大规模集成电路的计算机系统,电子

计算机的发展进入了第四代。

除了使用大规模集成电路技术外,第四代计算机还出现了外部设备高性能、多品种、小型化、磁盘存储器向大容量方向发展的特点,出现了巨型机、小型机、微型机、数据流计算机、向量计算机、直接执行高级语言计算机等各种类型的计算机系统。小型与微型计算机的问世,以及计算机的联机化应用使得过去许多必须要在大型计算机上完成的计算工作得以在小型与微型计算机上进行,大大降低了计算机的使用成本。这不仅促进了计算机在社会各行各业的普及与应用,甚至使计算机进入寻常百姓的家庭,而且促进了对计算机网络的研究与开发。同时,并行计算机系统的研究也取得了非常大的进展。所有这些,都促进了计算机体系结构技术、并行与分布式算法和计算机网络方向的形成和发展。

从80年代起,随着并行处理机系统的发展,由于进程运行时面对的不再是一个处理机,而是多个处理机,因此,必须将并行处理引入进程的內部,通过动态对应分配的方式确定进程运行所占的处理器。由此,产生了类似于进程的线程概念(Thread)。线程是并行或分布式计算机操作系统调度程序的最小单位,是进程内部的一个执行控制流。一个进程内可以包括一个或多个线程,各线程共享该进程的全部系统资源,各自拥有自己的记录系统数据的数据结构和系统入口。当进程处于运行状态时,其线程可以独立地被多个处理机调度运行,也具有就绪、运行和挂起等系统状态。一个进程中的所有线程全部运行结束,该进程就可以结束。引入线程的概念后,允许多个处理机同时处理一个进程,可以大大加快计算的速度。

网络计算机系统的出现,支持了分布式信息处理。在计算机网络上进行信息处理的计算活动被称作分布式计算,为实现这样一种计算而进行的算法设计和程序设计分别被称为分布式算法设计和分布式程序设计。在现实世界中,大量科学问题的计算和事务处理的任务靠传统的顺序或并行计算机系统并不能解决问题。特别对于那些需要从地域上分布的多个数据采集点获得数据并进行实时数据交换和实时处理的问题而言,没有网络计算机系统的支持是难以想像的,如全球天气预报、空间飞行器的定位与控制以及远程医疗会诊等。

80年代初,日本在研制第五代计算机的时候,提出了一个设想:将当时非常时髦的一种逻辑程序设计语言 Prolog 作为人工智能计算机的核心语言,为该语言建立一个小的执行机器,在此基础上开发计算机系统的各种智能部件。由于 Prolog 语言的理论基础是建立在一阶逻辑系统的一个更小的子系统 Horn 逻辑之上的,尽管这个子逻辑系统不仅在语法上而且在语义(即模型)上的研究是坚实的,但是,数理逻辑的研究早已指出了这样一个事实,即一阶逻辑在表达能力上是有限的,而且在表达方式上是不方便的,更不用说作为子系统的 Horn 逻辑了。此外,当时非单调逻辑和各种非经典逻辑在人工智能的研究中受到广泛重视,对人工智能研究中存在的问题也有了比较深入的认识,自然有许多人并不相信日本这样一种仅具有单一推理机制的设想能够造出智能计算机。

在80年代,计算机的处理速度和性能价格比有了很大改善,产生了精简指令系统计算技术(RISC),使多处理器商品化,出现了第一批大容量并行计算机系统。这是一个激动人心的时代,在这一时期,体系结构的研究中出现了精简指令系统计算机(RISC),基于并发程序设计理论的共享存储结构并行计算机,以 CSP 理论为基础设计的通信计算机(Transputer 计算机)等多种计算机系统、工作站和网络服务等技术也日趋成熟。同时,也推动了计算机软件和各种计算机应用技术的深入发展。然而,计算机的速度能否在90年代继续保持高速

增长呢?

80年代特别是从中后期起,超大规模集成电路的研究使人们认识到集成电路技术的发展已进入极限状态,要想提高计算机的运算速度,必须寻求别的出路。曾经获得过图灵奖的美国IBM公司华盛顿研究中心的研究员约翰·柯克(J. Cocke)教授是一位计算机硬件与体系结构设计方面的权威,他在分析、展望90年代计算机体系结构的论文中指出,影响计算机技术持续发展的最根本的障碍是金属互联电路的速度极限问题。一般认为,硅微电子技术无论从材料科学的角度还是从当今的制造工艺的角度来看,在硅片上制造晶体管都会受到密度的限制,这个极限是0.05微米。我们知道,采用硅片作主要材料的集成电路在制造的过程中,涉及到光刻(用直线性相当好的光束在硅片上刻线)、金属渗透、器件封装等一系列复杂的工艺程序。要保证这些工艺程序的质量,必须依靠相应的设备,如光刻设备、图像发生器、精密封装机械手等,而这些设备由于主要是光机电一体化设备,其精度在可预见的将来也存在着精度极限的问题。正是因为辅助设备的制造是一项十分困难的工作,所以,可以预见,体积更小、集成度更高、运算速度更快的计算机芯片的生产,将不可能保持像70、80年代那样的性能增长速度。目前,采用金属互联结构电路的计算机的时钟速度已经达到或者接近这一技术的速度极限。因此,如果速度上不能突破时钟速度极限的障碍,那么,90年代将会结束通用计算机性能持续增长的历史。于是,面对许多领域科学技术和数据处理对计算提出的更高要求,面对许多问题具有天然的并行与分布式处理的特性,以并行计算机系统和网络计算机系统为基础的高性能计算机系统的研究受到进一步的重视,推动了计算机体系结构技术、并行与分布式算法、计算机网络与通信等方向的发展。

1.1.2 计算机的发展历程

自从1946年第一台电子计算机问世以来,计算机科学与技术已成为发展最快的学科之一,特别是微型计算机的出现和计算机网络技术的发展,使计算机的应用渗透到社会的各个领域,有力地推动了信息社会的发展。多年来,人们以计算机物理器件的变革为标志,把计算机的发展划分为四代,如表1.1所示。

表 1.1 计算机发展的4个时代

时 代	年 份	电 路	特 点
第一代	1946年~1958年	电子管	磁鼓和磁带;难于编程;使用机器语言和汇编语言
第二代	1959年~1964年	晶体管	磁芯和磁盘;使用高级语言,较易编程
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	VLSI和微处理芯片	个人计算机和友好的程序界面;面向对象的程序设计(OOP)

1. 第一代(1946年~1958年)

第一代称为电子管时代。硬件方面,计算机所使用的主要逻辑元件是电子管,主存储器开始采用的是延迟线,后来采用的是磁鼓磁芯,外存储器使用的是磁带。软件方面,计

计算机使用机器语言和汇编语言编写程序。

这个时期的计算机的特点是体积庞大、运算速度低(一般每秒几千次到几万次)、成本高、可靠性差、存储容量小。这个时期的计算机主要用于科学计算以及从事军事和科学研究方面的工作。其代表机器有 ENIAC、IBM650(小型机)、IBM709(大型机)等。

2. 第二代(1959年~1964年)

第二代称为晶体管时代。硬件方面,计算机所使用的主要逻辑元件是晶体管,主存储器采用了磁芯,外存储器使用磁带、磁鼓和磁盘。软件方面,计算机开始使用管理程序,后期使用了操作系统,并出现了 FORTRAN、COBOL、ALGOL 等一系列高级程序设计语言。

这个时期的计算机的运行速度已提高到每秒几十万次,体积已大大减小,可靠性和存储容量也有较大的提高。计算机的应用扩展到数据处理、自动控制等方面。其代表机器有 IBM7090、IBM7094、CDC7600 等。

3. 第三代(1965年~1970年)

第三代称为集成电路时代。硬件方面,计算机用中小规模集成电路替代了分立元件,用半导体存储器替代了磁芯存储器,外存储器使用磁盘。软件方面,操作系统进一步完善,高级语言数量增多。面向用户的应用软件逐步发展,丰富了计算机软件资源。

这个时期的计算机的并行处理能力与虚拟存储系统等方面得到迅速发展,计算机的运行速度也提高到每秒几十万次到几百万次,可靠性和存储容量进一步提高。此时外部设备种类繁多,计算机和通信技术密切结合起来,广泛地应用到科学计算、数据处理、事务管理、工业控制等领域。其代表机器有 IBM360 系列、富士通 F230 系列等。

4. 第四代(1971年以后)

第四代称为大规模和超大规模集成电路时代。硬件方面,计算机主要的逻辑元件是大规模和超大规模集成电路,存储器采用半导体存储器,外存储器采用大容量的软、硬磁盘,并开始引入光盘。软件方面,操作系统不断发展和完善,同时发展了数据库管理系统、通信软件等。计算机的发展进入了以计算机网络为特征的时代。

计算机的运行速度可达到每秒上千万次到万亿次,计算机的存储容量和可靠性又有了很大提高,功能更加完善。这个时期计算机的类型除小型机、中型机、大型机外,开始向巨型机和微型机(个人计算机)两个方向发展。

计算机的发展日新月异。1983年,我国国防科技大学研制成功“银河-I”巨型计算机,运行速度达每秒一亿次。1992年,国防科技大学计算机研究所研制的巨型计算机“银河-II”通过鉴定,该机运行速度为每秒10亿次,后来又研制成功了“银河-III”巨型计算机,其运行速度已达到每秒130亿次,系统的综合技术已达到当前国际先进水平,填补了我国通用巨型计算机的空白,标志着我国计算机的研制技术已进入世界先进行列,特别是2001年我国研制的“曙光”巨型计算机,其运算速度已超过了每秒4000亿次。

1.2 计算科学基础

1.2.1 什么是计算科学

一般说来, 计算科学是描述和变换信息的算法过程, 包括其理论分析、设计, 效率分析、实现和应用系统的研究。综观计算科学的基本问题就是: 什么能(有效地)自动进行, 什么不能(有效地)自动进行。

计算作为数学的研究对象已有几千年了。计算本身不等于数学, 但数学确实是起源于对计算的研究。计算的渊源可以深入扩展到数学和工程, 即数学为计算提供理论、方法和技术, 而工程为实际计算和应用提供可以自动计算的设备, 并为更有效地完成计算和应用任务提供了工程技术和方法。

长期以来, 国内外计算机科学界一直对计算机科学与技术究竟属于科学还是属于工程的范畴这一问题存在着争议。这是一个困扰国内外计算机科学界很久且争论不休的问题。由美国计算机协会(ACM)和国际电气、电子、工程师学会计算机学会(IEEE/CS)联合小组的二十几名专家从 1985 年起用了五年的时间进行了深入的调查和分析, 他们的结论是: 计算机科学和计算机工程之间在本质上没有区别, 两者是一回事。联合小组的专家之所以得出这一结论, 是由于计算学科的内在原因在于其与许多别的学科不同, 计算科学所研究的全部问题的核心恰是能行问题, 能行问题贯穿在整个学科(包括硬件和软件在内的理论、方法、技术的研究以及应用的各个方向的研究与开发)之中。而且, 学科的科学、技术、工程的方法论的主要理论基础——以离散数学为代表的构造性数学与能行性形成了天然的一致。由于这一原因, 代表计算机科学的各分支学科的理论、技术理论(含方法)和代表计算机工程的各分支学科的工程(含开发方法)和工程技术(含技艺和技巧)常常既有理论特征, 又有技术特征, 甚至还具有工程特征, 三者相互之间的界限往往非常模糊。但从本质上看, 它们都是从不同的角度和层面对各种问题的能行性及其求解方法和过程的描述, 是通过对各种反映其能行性的内在规律的问题的描述折射出求解方法和求解过程的描述。在计算机界统一了认识之后, 近年来, 国外使用计算科学涵盖并称谓计算机科学、计算机技术和计算机工程。

在计算科学发展的历程中, 随着学科的兴起, 陆续产生了一些学术团体。国际知名的计算科学学术团体主要有美国计算机协会(ACM), 国际电气、电子、工程师学会计算机学会(IEEE/CS), 国际信息处理联合会(IFIP), 美国人工智能协会(AAAI), 以及由一些国家人工智能学会和协会组织的国际人工智能联合会议(ICAI)等。在中国计算机科学界中, 中国计算机学会是目前最有影响的全国性一级学会。

1.2.2 计算机与计算科学

当第一台电子数字计算机诞生后, 人们就想把各种各样的事情都让计算机来完成, 这