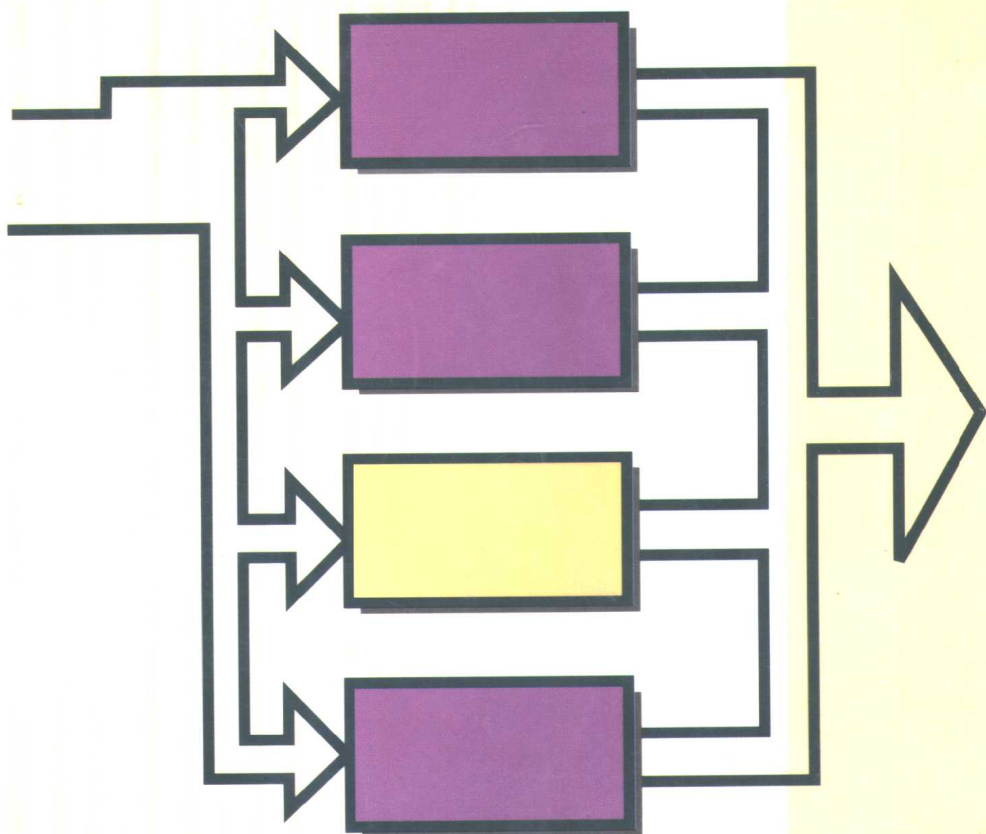


高等学校教材

计算机原理与系统结构

(第二版)

侯炳辉 曹慈惠 宋 珠 阎金平 编著



清华大学出版社

<http://www.tup.tsinghua.edu.cn>



TP303

21=2

高等学校教材

计算机原理与系统结构

(第二版)

侯炳辉 曹慈惠 朱珠 阎金平 编著

清华大学出版社

(京)新登字 158 号

内 容 简 介

本书是信息管理与信息系统专业的技术基础教材,由三部分组成:(1) 计算机系统概论;(2) 计算机原理,包括数据及其表示、运算器及其运算方法、控制器及指令系统、主存储器及主存储体系结构、输入输出系统等;(3) 计算机系统结构,包括并行处理结构与多机结构、新一代机结构。

本书特点:(1) 有别于计算机专业的教材,适用于管理类各专业;(2) 有一定的深度和广度;(3) 满足开发现代管理信息系统的要求;(4) 具有与 MIS 专业相适应的先进性与系统性。

读者对象:信息管理与信息系统、管理工程、技术经济、系统工程、工业自动化以及其他非计算机专业的师生。也可供社会上开发应用计算机系统的工程师和工程技术人员参考。

版权所有,翻印必究。

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。

书 名: 计算机原理与系统结构(第二版)

作 者: 侯炳辉 曹慈惠 朱珠 阎金平 编著

出版者: 清华大学出版社(北京清华大学学研大厦,邮编 100084)

[http:// www. tup. tsinghua. edu. cn](http://www.tup.tsinghua.edu.cn)

印刷者: 世界知识印刷厂

发行者: 新华书店总店北京发行所

开 本: 787×1092 1/16 印张: 19.5 字数: 448 千字

版 次: 2002 年 3 月第 2 版 2002 年 3 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 7-302-05049-X/TP·2945

印 数: 0001~6000

定 价: 23.00 元

第一版前言

《计算机原理与系统结构》一书是根据高等工业学校“管理信息系统”(MIS)专业教学指导小组 1987 年 12 月在南京和 1989 年 2 月在北京两次会议确定的“七五”规划教材,教学指导小组推荐它作为管理信息系统专业技术基础课教材,同时也可作为管理类专业如管理工程、系统工程、技术经济以及其他管理类专业的选修教材。

近年来,我国管理信息系统专业有了很大发展,20 世纪 80 年代后期许多高等工业学校,如哈尔滨工业大学、吉林工业大学、天津大学、浙江大学、北方交通大学、北京理工大学、北京科技大学、北京航空航天大学以及一些综合性大学,如上海复旦大学、天津南开大学等相继成立 MIS 专业,正式招收学生。同时,从 80 年代中期开始,我国一些大学开始有 MIS 本科毕业生。但尽管如此,由于 MIS 专业是一个新兴专业,国外也只有 20 多年的历史,中国 10 年左右的开创与发展,显然有许多经验需要总结和探索。

1987 年成立的高等工业学校“管理信息系统”专业指导小组在总结研究我国 MIS 专业的培养目标、专业方向、课程设置的基础上,着重研究了教材建设,并制定了“七五”期间教材出版计划。会议决定由清华大学经济管理学院和天津大学管理学院联合编写《计算机原理与系统结构》一书,并指定全国高等工业学校 MIS 专业教学指导小组副组长侯炳辉为主编。

管理信息系统作为一个具体的信息系统来说是以计算机为依托的信息处理系统。因此,作为分析、设计和实现 MIS 的专门人才,理所当然地需要有较深的计算机基础知识和计算机的应用能力。因此,《计算机原理和系统结构》一书就成为一本十分重要的专业基础教材,但这本教材又必须有别于计算机专业的教材,因而编写本教材的责任很重,难度很大。编写本教材的指导思想:(1) 为管理信息系统专业使用,因此必须要求在计算机原理与系统结构方面有相当的深度和广度;(2) 遵循实用的原则,紧密结合现代管理信息系统对计算机的要求;(3) 应有与 MIS 专业相适应的先进性和系统性。显然,编好这样的教材需要经过多次反复实践,我们只是初次尝试,权当抛砖引玉之用。

本教材的内容由三部分组成:第一部分为计算机概论。这一部分概括了计算机的产生、发展以及硬件、软件及其应用等内容,使读者一开始就对计算机的概貌有一定的了解,为以后学习原理及各个部件做好准备,即所谓先“鸟瞰”一下“森林”,然后再洞悉“树木”之意。第二部分为计算机原理部分,这一部分包括了第二至第六章的内容。第二章对计算机的处理对象同时也是赖以激活计算机的流动实体——数据和信息进行介绍,详细论述了各种数据的表示方式。第三章介绍计算机的核心部件之一的运算器及运算方法。第四章介绍计算机的指挥系统——指令系统及控制器。第五章介绍存储系统。第六章介绍计算机的输入输出系统。通过介绍这些部件的组织及原理,读者可以详细了解各种“树木”的特征及其运行,从而从原理上了解计算机的工作机理。第三部分为计算机的系统结构部分,这一部分着重从最新技术的观点介绍系统结构。第七章介绍了并行处理结构和多

机结构。第八章为新一代机的系统结构。第九章、第十章介绍具体的两种机型的结构,使读者又回到了“森林”,对计算机的全貌有了进一步的了解。

本书的前导课程为数字电子电路。学生应至少具有一门电路的知识。本书的后续课程为有关计算机的其他课程,如数据结构、数据库、操作系统等。本书可在 64~80 小时内讲完。

参加本书编写的有清华大学侯炳辉(第一章)、曹慈惠(第二、五章)、蔡进(第十章)、天津大学的朱珠(第三、四、九章)、阎金平(第六、七、八章)。本书由清华大学吕文超教授主审,天津大学何丕廉副教授和清华大学高云鹏副教授参审。在编写过程中,全国高等工业学校管理信息系统教学指导小组组长黄梯云教授给予了很大的关怀,在此一并致以诚挚的谢意。

由于时间仓促,水平有限,错谬在所难免,欢迎读者批评指正。

编 者

1991 年 1 月

第二版前言

《计算机原理与系统结构》第一版于 1992 年问世。该书是原高等工业学校管理信息系统专业教学指导小组组织编写的,并被推荐为教委“七五”规划教材。当时的教学指导小组确定其为管理信息系统专业的技术基础教材,同时也可作为管理类其他专业的选修教材。由于该教材的适用性与系统性,从出版至今已 10 年,截止 2000 年底已连续印刷 14 次,累计印数逾 10 万册。

1980 年清华大学创办我国第一个 MIS 专业。20 年来,我国信息类专业如雨后春笋般地迅猛发展,目前几乎在所有高校都建立了信息类专业,名称虽然各不相同,但无论称“管理信息系统”,还是称“信息管理”,其专业实质上是相同的,即其核心技术为以计算机为代表的信息技术,其专业性质是集经济、管理和系统工程、信息技术为一体的复合性专业。在国外,信息类专业名称是多种多样的。在欧美,大多数学校称该专业为“管理信息系统”或“信息系统”,也有称“信息管理系统”或“信息管理”。我国从 20 世纪 80 年代开始许多理工科大学,如清华大学、复旦大学、哈尔滨工业大学、南开大学、天津大学、北方交通大学、北京理工大学、北京科技大学、北京航空航天大学等都称该专业为“管理信息系统”专业,并设在管理学院内。与此同时,一些财经类大学,如中国人民大学、上海财经大学、东北财经大学、首都经济贸易大学、对外经济贸易大学、中央财经大学等称“经济信息管理”专业。另外,少数大学也设置了名为“信息系统工程”和“电子信息工程”等专业。20 世纪 90 年代末,一些综合性大学,如北京大学、武汉大学、北京师范大学等也纷纷将图书馆专业改为“信息管理”专业。有鉴于围绕信息类的专业的名目繁多,学术界以及教育主管部门均希望将专业名称尽可能合并和统一,而且因为这些专业的教学计划和课程设置(尤其是信息技术方面的课程)大同小异,所以这种整合不仅必要,而且可能(实际上 1993 年全国高教自考开考的“计算机信息管理”专业已经整合了)。全日制高校于 20 世纪 90 年代末将上述专业整合成统一的“信息管理与信息系统”。新的“信息管理与信息系统”专业的培养目标及专业方向基本上和早先的“管理信息系统”或“经济信息管理”没有太多区别,所用的教材体系也没有太多变化,本书第一版教材继续在各学校的广泛选用也说明了这一点。

毫无疑问,计算机原理是信息类专业的基础课程,是起“举一反三”作用或者说奠定专业“后劲”的基础,这不仅是为以后学习计算机类课程如计算机程序设计、计算机操作系统、计算机网络、计算机多媒体技术、数据库技术甚至计算机通信、接口以及外围设备的基础,也是以后工作的基础。所以,计算机原理与系统结构就成为信息类专业的十分重要的技术基础课程;而且,也毫无疑问,对信息专业的学生来说,对该课程的要求应有相应的深度和广度。本书第一版就是基于上述思想编写的,而且取得了较好的效果。

直到现在为止,冯·诺依曼模型仍然没有变化,所以计算机的基本原理没有变化,且鉴于本书第一版的体系结构相对合理,许多高校对这种体系也比较熟悉,因此第二版的体

系结构未作较大的变化,仍保留了原书的风格,即原书必须有别于计算机科学和技术专业的教材,本次修改仍保持其如下特点:

- (1) 适用性——适合于信息类专业或管理类专业,且具有一定的深度和广度;
- (2) 实用性——紧密结合现代信息管理和信息系统专业的发展要求;
- (3) 先进性——满足信息技术日新月异变化的要求;
- (4) 系统性——保有原有教材完整系统的体系结构。

但是,毕竟第一版书已出版了将近 10 年,而且信息技术在飞速发展,尤其是在应用方面更是突飞猛进,第一版书中的某些内容显得陈旧或过时,所以此书的修改已势在必行,如应用软件、存储体系、外围设备以及具体的机型等变化很大,第二版书中必须有所反映,具体修改内容为:

第 1 章 对计算机的应用方面进行了新的描述,增添了应用软件和开发工具的内容。

第 2 章 重点增加了位图图像的计算机表示和图形的计算机表示。此外,还通过介绍海明码增加纠错码的概念。

第 3 章 删去了算术逻辑运算的实现及逻辑电路图内容,增加了浮点运算举例及浮点协处理器实例。

第 4 章 增加了关于 CISC 和 RISC 的描述以及向量指令、特权指令、多处理机指令等内容,删去了微指令的结构及动态微程序设计。

第 5 章 通过介绍新型半导体存储芯片以及目前微机系统中 L_1 和 L_2 cache 的作用使读者了解当前半导体技术的发展趋势。同时,详细介绍了磁盘存储器的组成、技术参数和工作过程,还介绍了 CD-ROM、DVD 等原理。

第 6 章 详细介绍了 I/O 接口的概念、组成、功能逻辑结构及 I/O 软件。增加了总线概念、总线层次结构及总线标准。此外,还增加了常用显示器原理以及液晶显示器和等离子显示器。删去了当前已经不常用的外设,而对鼠标、扫描仪和触摸屏等进行了介绍。

第 7 章 删去了计算机网络部分,对文字、图表等进行了较多的修改。

第 8 章 基本上未做较大的修改,但对文字、图表进行较多的修改。

第 9、10 章因机型过时所致,已全部删去。

参加本书修改的有侯炳辉(第 1、3、4、7、8 章),曹慈惠(第 2、5、6 章),宋珠(第 3、4 章)。全书由侯炳辉主编和统稿。由于水平所限,错谬在所难免,欢迎读者批评指正。

编 者

2001 年 9 月 18 日

目 录

第 1 章 计算机系统概论	1
1.1 计算机发展概况	1
1.2 计算机的分类及其应用	2
1.3 计算机硬件	4
1.3.1 计算机硬件结构.....	4
1.3.2 主要部件简介.....	6
1.3.3 计算机系统的性能指标.....	8
1.4 计算机软件.....	10
1.4.1 操作系统概述	10
1.4.2 数据库管理系统概述	12
1.4.3 计算机网络系统	12
1.4.4 高级语言及语言处理器	13
1.4.5 常用的通用软件	13
习题	14
第 2 章 计算机数据表示	15
2.1 数值数据的表示.....	15
2.1.1 进位计数制及其相互转换	15
2.1.2 数值数据的机器码表示	22
2.2 非数值数据的表示.....	29
2.2.1 字符数据	29
2.2.2 逻辑数据	31
2.2.3 汉字的表示方法	33
2.2.4 语音的计算机表示方法	38
2.2.5 位图图像的计算机表示	38
2.2.6 图形的计算机表示	39
2.3 校验.....	40
2.3.1 奇偶校验码	40
2.3.2 交叉校验	41
2.3.3 循环冗余校验码	41
2.3.4 海明校验码	43
习题	43

第3章 运算方法及运算器	45
3.1 定点加减法运算	45
3.1.1 补码加法运算	45
3.1.2 补码减法运算	47
3.1.3 溢出及其检测方法	48
3.1.4 基本的二进制加/减法器	50
3.1.5 基本的十进制加法器	52
3.2 定点乘法运算	54
3.2.1 原码一位乘法	54
3.2.2 补码一位乘法	57
3.2.3 阵列乘法器	61
3.3 定点除法运算	64
3.3.1 原码一位除法	64
3.3.2 补码一位除法	68
3.3.3 阵列除法器	70
3.4 浮点算术运算	72
3.4.1 浮点加法和减法	72
3.4.2 浮点乘法运算	74
3.4.3 浮点除法运算	74
3.5 逻辑运算	75
3.5.1 逻辑非	75
3.5.2 逻辑加	75
3.5.3 逻辑乘	76
3.5.4 逻辑异或	76
3.6 运算器的组成和结构	77
3.6.1 多功能算术/逻辑运算单元(ALU)	77
3.6.2 内部总线	78
3.6.3 运算器的基本结构	79
3.6.4 运算器组成实例	81
习题	84
第4章 指令系统及控制器	85
4.1 计算机的指令系统	85
4.1.1 指令系统	85
4.1.2 指令的格式	85
4.1.3 指令的结构及分类	87
4.2 指令的寻址方式	88
4.2.1 寻址的概念	89

4.2.2	基本的寻址方式	89
4.2.3	寄存器寻址方式	91
4.2.4	扩展寻址方式	95
4.3	中央处理器的功能及组成	99
4.3.1	CPU 的功能	100
4.3.2	CPU 的组成	100
4.3.3	CPU 中的主要寄存器	100
4.3.4	操作控制器及时序产生器	103
4.4	指令周期	104
4.4.1	指令周期的基本概念	104
4.4.2	非访内指令的指令周期	105
4.4.3	直接访内指令的指令周期	107
4.4.4	间接访内指令的指令周期	111
4.4.5	程序控制指令的指令周期	113
4.5	组合逻辑控制器	115
4.5.1	组合逻辑控制器的原理	115
4.5.2	组合逻辑控制器举例	116
4.6	微程序控制器	118
4.6.1	微程序控制的基本原理	118
4.6.2	串/并行微程序控制	120
4.7	PLA 控制器	120
4.7.1	可编程逻辑阵列(PLA)的基本原理	120
4.7.2	PLA 控制器	121
4.8	应用重叠原理的流水线处理	122
4.8.1	指令重叠控制方式	122
4.8.2	流水控制方式	125
4.9	堆栈型处理	128
4.9.1	堆栈型处理的基本工作原理	128
4.9.2	堆栈处理机的指令	130
4.9.3	堆栈机器的程序设计	132
4.9.4	堆栈性能的改进	132
习题		133

第 5 章	存储器及存储体系	134
5.1	存储器概述	134
5.1.1	存储器的基本概念	134
5.1.2	主存储器的性能指标	134
5.1.3	存储器的分级结构	136

5.1.4	存储器的分类	137
5.2	主存储器的基本结构和操作	141
5.2.1	存储体阵列	142
5.2.2	地址译码驱动系统	142
5.2.3	存储器的基本操作	144
5.3	半导体随机存储器	145
5.3.1	半导体存储器的基本存储原理	145
5.3.2	半导体随机存储器实例	147
5.3.3	半导体 RAM 的组织	148
5.3.4	半导体随机动态存储器刷新	150
5.4	只读存储器	150
5.4.1	MROM 存储原理	150
5.4.2	PROM 存储原理	151
5.4.3	EPROM 存储原理	152
5.5	多体交叉存储器和双口存储器	152
5.5.1	多体交叉存储器的工作原理	152
5.5.2	双口存储原理	156
5.6	存储器的层次结构	156
5.6.1	什么是存储器的层次结构	156
5.6.2	存储器层次结构的工作原理	157
5.7	高速缓冲存储器 cache	159
5.7.1	cache 的工作机制	159
5.7.2	cache 基本原理	160
5.7.3	cache 与主存数据的一致性	161
5.7.4	替换策略	161
5.7.5	高速缓冲器 cache 的构成	162
5.8	虚拟存储器	163
5.8.1	虚拟存储器的基本概念	163
5.8.2	页式虚拟存储器	164
5.8.3	段式虚拟存储器	167
5.8.4	存储器管理部件	168
5.9	磁盘存储器	169
5.9.1	磁盘的磁记录原理和信息分布	169
5.9.2	硬盘存储器的组成	170
5.9.3	硬盘的技术参数	173
5.9.4	硬盘控制器的工作过程	175
5.10	光盘存储器 CD	175
5.10.1	CD-ROM 的工作原理	176

5.10.2	WORM 一次写多次读光盘	177
5.10.3	可重写光盘	177
5.10.4	DVD 光盘	177
5.10.5	光盘系统工作过程	178
习题		179
第 6 章 输入输出系统		181
6.1	输入输出系统的组成	181
6.1.1	输入输出设备	182
6.1.2	输入输出接口	182
6.1.3	I/O 接口软件	183
6.2	I/O 接口与接口标准	183
6.2.1	I/O 接口类型	183
6.2.2	I/O 接口功能	183
6.2.3	I/O 接口逻辑结构	184
6.2.4	接口标准	185
6.2.5	计算机总线与 I/O 接口	185
6.3	输入输出系统的发展	188
6.4	程序查询方式	189
6.4.1	设备编址和 I/O 指令	189
6.4.2	程序查询方式的接口	190
6.4.3	程序查询输入输出方式	191
6.5	程序中断方式	193
6.5.1	中断的基本概念	193
6.5.2	中断响应过程	195
6.5.3	中断处理	197
6.5.4	中断系统的软硬件功能分配	199
6.5.5	程序中断方式的基本接口	199
6.5.6	单级中断和中断向量的产生	200
6.5.7	多级中断	202
6.6	DMA 方式	204
6.6.1	DMA 方式的基本概念	204
6.6.2	三种 DMA 传送方式	204
6.6.3	基本的 DMA 控制器	206
6.7	通道方式	209
6.7.1	通道的功能	209
6.7.2	通道的类型	211
6.7.3	I/O 指令和通道指令	213

6.7.4	通道程序	213
6.7.5	通道状态字和输入输出中断	214
6.7.6	通道工作的过程	215
6.8	外围设备	218
6.8.1	输入设备	218
6.8.2	输出设备	222
6.8.3	数据通信设备	229
6.8.4	过程控制设备	231
	习题	232
第7章	并行处理和多机系统	233
7.1	并行性的概念和发展	233
7.1.1	并行性的广义理解	233
7.1.2	并行性的发展	234
7.2	流水线计算机	236
7.2.1	相关处理及控制	236
7.2.2	流水线处理机实例	242
7.3	并行处理机	245
7.3.1	并行处理机的特点及组成	245
7.3.2	ILLIAC IV阵列处理机的原理和结构	247
7.3.3	阵列处理机的算法	249
7.4	数据流计算机的结构原理	252
7.4.1	基本节点和数据流图	254
7.4.2	数据流计算机结构	258
7.4.3	DFNDR 数据流计算机程序图	260
7.5	多机系统	261
7.5.1	多机系统的结构	261
7.5.2	多机系统与并行处理机的区别	268
	习题	270
第8章	新一代计算机的体系结构	271
8.1	新一代机的体系特点	271
8.1.1	新一代机的由来	271
8.1.2	新一代机的系统目标	272
8.2	体系层次和概念框图	274
8.2.1	系统的层次	275
8.2.2	应用系统的结构配置	278
8.2.3	软件系统的组成	279

8.2.4	硬件系统结构·····	280
8.3	核心语言和推理结构·····	281
8.3.1	PROLOG 语言·····	281
8.3.2	顺序推理机 SIM 的结构·····	284
8.3.3	并行推理机 PIM 的结构·····	285
8.4	知识库机的结构·····	286
8.4.1	Delta 的系统结构·····	287
8.4.2	Delta 与 PSI 的连接·····	289
8.5	人工智能接口·····	292
8.5.1	自然语言处理·····	292
8.5.2	声音识别·····	293
8.5.3	图形及图像处理·····	293
8.6	智能机的展望·····	294
习题	·····	296
参考文献	·····	297

第1章 计算机系统概论

1.1 计算机发展概况

世界范围内的信息革命正在蓬勃发展。信息技术的基础是电子计算机。电子计算机是20世纪科学技术最卓越的成就之一,它的出现引起了当代生产技术和生活、社会的划时代变化。电子计算机是人类文化发展的产物,是生产实践的结果。计算工具达到今天如此先进的水平,有一个漫长的历史过程。我国早在春秋时期(公元前7世纪到前4世纪)就出现筹算;到汉代(公元2世纪)出现珠算的雏形;到元代(13至14世纪)才出现今日使用之算盘。17世纪法国人发明了机械台式计算机,20世纪30至40年代,出现了机械自动化计算机。1946年,美国宾夕法尼亚大学的工程师和科学家设计了第一台电子计算机,ENIAC(electronic numerical integrator and calculator),这是一个划时代的事件,美国陆军用它计算炮弹弹道比人工计算提高效率8400倍,显示了强大的威力。但是,ENIAC和今天的高性能电子计算机相比却十分“笨拙”。ENIAC使用了18800只真空管,1500只继电器,7000只电阻器,10000只电容器,功耗150kW,体积85m³,占地170m²,重36t,而功能却远远不如一台现代化的普通微型计算机。40多年来,人类社会经历了辉煌的发展时期,计算机技术得到了长足的进步,其发展史是极其丰富多彩的。

学术界经常使用器件(硬件)划分计算机的发展史,如第一代电子管计算机(1947—1957年),第二代晶体管计算机(1958—1964年),第三代集成电路计算机(1964—1972年),第四代大规模集成电路计算机(1972—至今),目前提出了所谓第五代(或新一代)计算机。

关于新一代机的构想和理论甚为活跃,综合起来有如下内容:新一代机采用超大规模的集成电路;系统结构有革命性的变化,类似于人脑的神经网络;材料上使用常温超导材料和光器件;采用超并行结构的数据流计算等。

随着计算机硬件的发展,计算机软件技术也在不断地进步,因此也可用软件的发展来划分计算机的发展阶段。以计算机语言为例,第一代使用机器语言,每条指令都由二进制码0和1组成,编程麻烦,容易出错,效率很低,又很难记忆;第二代汇编语言,用符号编程,比机器语言方便,但仍然和具体机器的指令系统有关,也比较繁琐;第三代语言,即所谓高级语言。20世纪50年代初陆续出现的为数众多的高级语言为计算机的推广应用开辟了广阔前景,著名的高级语言有ALGOL、FORTRAN、COBOL、BASIC、PASCAL、C、PL/I、Ada等。这些语言类似于日常使用的数学和语言表达形式,编程、理解和记忆都很方便,且源程序不受机型限制。近年来出现了所谓第四代语言(4GL)以及所谓面向对象(object-oriented)的语言。集成的模块化语言有更强的编程能力,如Power Builder、Delphi等。面向对象的语言有VB、VC、C++以及HTML、Java等。计算机辅助软件工程(CASE, computer aided software engineering)已超越了计算机语言的范围,实际上是集语言、数据库等软件于一体,形成了所谓信息系统应用生成器(AG, application

generator),这方面的研究是当前热门的课题。

计算机是在应用中不断发展的。应用始终是发展的动力、发展的目标和归宿。因此也可以从应用的观点来划分计算机的发展史。最早的应用是军事上的需要,如炮弹弹道计算,核武器的设计等;其次是广泛地用于科学计算和工程设计计算;第三阶段是大量用于管理。20世纪50年代中计算机第一次处理工资单时使计算机的应用产生了革命性的变化,现在计算机的80%以上用于管理;紧接着是计算机辅助设计(CAD)和辅助制造(CAM);进入90年代,计算机的应用已趋向于综合化和智能化,例如在一个企业里,计算机不仅用于科学计算、辅助设计和辅助制造,还用于辅助管理和辅助决策(MIS与DSS),以及办公自动化(OA)等,使设计、生产自动化和管理自动化融为一体,形成了所谓计算机集成制造系统(CIMS, computer integrated manufacturing system),再发展下去就是工厂自动化(factory automation),或称无人工厂。计算机应用的综合化结果必然提出智能化的要求,实际上计算机辅助高层决策时就具有了智能功能,DSS(decision support system)/ES(expert system)利用人工智能(AI, artificial intelligence)技术,代替人进行判断、推理,寻找最优方案,以辅助决策者决策。计算机应用的智能化不仅反映在软件上,在21世纪硬件智能化也将有突破性的进展。

许多学者对计算机的发展史还提出了所谓几个“浪潮”的观点。第一个浪潮是以IBM370为代表的大型机的出现,其特点是以批处理为主,主要用于大规模科学计算;第二个浪潮是20世纪60至70年代的小型机浪潮,以NOVA、PDP及其发展到以后的MV、VAX机以及AS/400,HP等为代表,其特点是多用户分时处理;第三个浪潮是70至80年代的微型计算机PC(personal computer)的出现并迅速渗入到企业、机关、学校甚至家庭;目前计算机正向综合的方向发展,将各种计算机的特点和优点都综合起来。

1.2 计算机的分类及其应用

1. 计算机分类的方法

(1) 按信息的形式和处理方式分。计算机可分为数字计算机、模拟计算机以及数字模拟混合计算机。在数字计算机中,信息处理的形式是用二进制运算,其特点是解题精度高、便于存储信息,是通用性很强的计算工具,能胜任科学计算、数据处理、过程控制、计算机辅助设计、计算机辅助制造以及人工智能等方面的工作。通常所说的电子计算机就是指数字计算机。模拟计算机中处理的信息是连续变化的物理量,如温度、压力、距离……其基本运算部件是由运算放大器配以电阻、电容、二极管等电子元件等构成的反相器、加法器、函数运算器、微分器、积分器等运算电路。模拟计算机的运算速度极快,但精度不够高,且每做一次运算需要重新设计和编排线路,故通用性不强,且信息存储困难。这种计算机主要用于解数学方程或自动控制模拟系统的连续变化过程。由于数字计算机速度有了很大提高,模拟计算机的应用越来越让位于数字计算机。混合电子计算机是取两种计算机之长,既有数字量又有模拟量,既能高速运算,又便于存储,但这种计算机设计困难,造价昂贵。

(2) 按计算机的用途分。按计算机的用途可分为通用计算机和专用计算机。通用机根据不同的计算机系列型号配有一定的存储容量和一定数量的外围设备,也配有多种系统软件,如数据库管理系统、操作系统等。这种计算机通用性强,功能全。现在一般讲的计算机就是指通用计算机。专用计算机功能单一,是专为解决某些特定问题而设计的计算机,因此可靠性高,成本低,结构往往比较简单,如银行系统的计算机,军事系统的某些计算机等。

(3) 按计算机规模分。可划分为巨型机、大型机、中型机、小型机、微型机等。这种划分是综合了计算机的运算速度、字长、存储容量、输入输出能力、价格等指标划分的。一般说,大型机结构复杂,运算速度快,存储量大,价格昂贵。由于计算机性能日新月异地变化,划分的标准也就不可能一成不变,20 世纪 70 年代巨型机的标准是速度超过每秒运算 1 000 万次(10MIPS),存储容量超过 1 000MB(外存),价格 1 000 万美元以上,但到了 80 年代,巨型机的速度是每秒运算 1 亿次以上,如我国 1983 年生产的“银河”巨型机每秒运算次数超过了 1 亿次。20 世纪 90 年代计算机的运算速度更是突飞猛进,IBM 2000 年 6 月 28 日宣布已制造出每秒运算次数达到 12.3 万亿次的计算机,下一目标是生产 100 万亿次的“蓝色基因”计算机。

计算机的应用领域已涉及到工业、农业、商业、机关事务处理、学校辅助教育甚至日常生活,几乎所有领域都将见到计算机的踪迹。按照计算机加工信息的方式和处理信息的特点,一般分为两大类——数值计算和非数值应用,而且非数值应用范围已远远超过了数值计算。

2. 计算机的应用分类

(1) 在科学计算中的应用。计算机应用的最早领域是科学计算,第一台计算机 ENIAC 就是用于计算弹道计算表的,以后如天气预报的计算,人造卫星、原子反应堆和核武器、导弹和航天飞机、大型水利枢纽、大型桥梁、高层建筑、地震、地质和重型机械的结构设计,飞机、轮船的外形设计等都离不开大型高速计算机。在基础科学研究方面,生物学中的脱氧核糖核酸和人工蛋白质的合成、人工胰岛素的合成、物质结构分析等复杂计算都需要高速大型计算机。

(2) 在实时控制中的应用。计算机在工业测量和控制方面的应用已十分成熟和广泛,如大型化工企业的自动采集各项工艺参数,进行检验、比较以控制工艺流程;大型冶金企业的高炉炼铁控制,钢材轧制控制;30 万吨合成氨装置巡回检测和显示打印制表;数控机床控制;电炉温度闭环控制;国防工业中的导弹检测和控制;坦克火炮控制;飞机和舰艇的分布式控制系统等。应该特别指出的是,微机的出现为实时控制开辟了更为广泛的应用领域,特别是单片机的应用,它代替了传统仪器仪表的功能,具有可编程、数据处理和对外接口等能力,仪表的智能化使工业自动化水平推进到更高的一级,例如智能仪表通过通用接口总线(general purpose interface bus)直接和自动测试、自动控制系统联结,实现系统的遥测遥控。

(3) 在数据处理中的应用。电子计算机应用最广泛的领域还是数据处理。所谓数据处理是指计算机用于处理生产、经济活动、社会和科学研究中获得的大量信息。如人口普