

return

ISUANJI

ZUCHENG

YUANLI

张礼平 © 编著

计算机组成原理



华东理工大学出版社

EAST CHINA UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY PRESS

计算机组成原理

张礼平 编著



华东理工大学出版社

内 容 提 要

本教材以计算机基本原理介绍为起点,按少而精、宽又新的原则,系统地讨论计算机组成的基本功能部件及功能部件构成硬件系统的技术。全书共分为8章,主要内容分为三个层次。第1~2章介绍了计算机的基础知识;第3~6章介绍了计算机的指令系统和主要功能部件(运算器、控制器、存储器)的基本组成原理、设计方法和相互关系;第7~8章介绍了输入/输出设备和输入/输出系统。

本教材在原理性介绍的基础上,注重实用性和先进性。教材内容循序渐进,每章之后附有习题。

本教材可用作大专院校计算机及其相关专业的教材,也可供从事计算机科学与技术工作的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

计算机组成原理/张礼平编著. —上海:华东理工大学出版社,2004.8

ISBN 7-5628-1574-7

I. 计... II. 张... III. 计算机体系结构—高等学校—教材 IV. TP303

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 064896 号

计算机组成原理

张礼平 编著

出版	华东理工大学出版社	开本	787×1092 1/16
社址	上海市梅陇路 130 号	印张	21.75
邮编	200237 电话(021)64250306	字数	513 千字
网址	www.hdlgpress.com.cn	版次	2004 年 8 月第 1 版
发行	新华书店上海发行所	印次	2004 年 8 月第 1 次
印刷	上海展强印刷有限公司	印数	1-4050 册
ISBN 7-5628-1574-7/T·128		定价:34.00 元	

前 言

“计算机组成原理”是计算机类专业的必修核心课程,主要讨论计算机功能部件的基本工作原理和功能部件构成硬件系统的技术。本教材虽然是为计算机类专业学生编写的,但是对计算机相关专业的学生和从事计算机科学与技术工作的工程技术人员也有参考价值。

教材按层次结构(基础—组成—系统)编写,共分为8章。第1章计算机系统概论(计算机的特性和硬件系统、层次结构、性能指标等);第2章数据信息的表示(机器数及其在计算机内表示、非数值数据和十进制数串的机内表示、数据信息的校验等);第3章运算方法与运算器(机器数的运算方法和逻辑实现、逻辑运算及其实现、运算器的结构和数据通路等);第4章指令系统(指令格式与分类、寻址技术、RISC技术等);第5章中央处理器(CPU总体结构、时序系统和控制方式、组合逻辑控制器、微程序控制器等);第6章存储系统(主存储器、高速缓冲存储器、辅助存储器、虚拟存储器和提高存储器性能的技术等);第7章输入/输出设备(常用I/O设备的原理、汉字处理设备);第8章输入/输出系统(I/O信息传送控制方式、总线技术等)。第1章~第2章是基础层;第3章~第6章是组成层;第7章~第8章是系统层。按层次结构论述符合人们认识复杂事物的客观规律,由表及里、由浅入深、由此及彼形成一个整体概念。

《计算机组成原理》教材版本颇多,各有其特色。编者在借鉴同行宝贵经验的基础上,依据多年从事有关计算机硬件和软件的教学、科研实践,精心构思教材大纲,力求理论联系实际,深入浅出,例题丰富,便于教学。

编者重新审视了“计算机组成原理”课程的前继和后续课程,在将内容重新进行合理整合的基础上,力求在以下三方面有所创意。

第一,突出教材内容的系统性和完整性,在说明计算机组成的基本概念和基础理论的基础上,对计算机的功能部件的组成原理、设计方法和相互关系进行详细的阐述,特别注重计算机基本组成的实际知识和设计方面的有关技能。

第二,从课程知识结构总体分析其知识体、知识面的知识点的组成,按循序渐进的模式进行阐述,先讲清楚基本理论,再阐述先进技术和发展方向,思路清晰。既降低了学习的难度,又给读者留下进一步开拓的空间。

第三,充分利用计算机硬件发展成果,根据各章节内容的知识点按横向方式组织课程实例,脱开具体的机型,博采诸家之长,以减少局限性,充分体现课程的专业基础性的特征。

总之,本教材力求少而精、宽而新、概念清楚、条理清晰,并充分关注到实用性和先进性。

教材每章后面附有大量的习题,提供给读者自我训练。

教材编写中参阅了同行的研究成果,在此表示由衷的感谢!

李静老师参与了教材编写的全过程,并负责编写第2章和第3章。郭卫斌博士、研究生冯珺、许浩、杨清、于涛、杨辛宝和付森从教和学不同的角度审阅了教材的初稿,也提出了许多宝贵意见,在此表示诚挚的感谢!本教材的全部图稿是由研究生张辉、张晨和程晓松协助绘制的,在此也一并表示感谢!

由于编者知识面和水平有限,教材中难免出现错误和不妥之处,欢迎同行和广大读者不吝赐教。

编者

2004.6

目 录

第 1 章 计算机系统概论	(1)
1.1 计算机的发展	(1)
1.1.1 电子计算机的发展史	(1)
1.1.2 计算机发展的方向	(3)
1.1.3 计算机的特性	(4)
1.1.4 计算机的应用	(5)
1.2 计算机的硬件系统	(8)
1.2.1 计算机的简单框图	(8)
1.2.2 计算机的主要部件	(8)
1.2.3 计算机的典型结构	(10)
1.3 计算机的软件系统	(12)
1.3.1 软件系统	(12)
1.3.2 软件与硬件的关系	(13)
1.4 计算机系统	(14)
1.4.1 计算机系统层次结构	(14)
1.4.2 计算机系统的分类	(15)
1.4.3 开放系统	(17)
1.4.4 计算机系统的性能指标	(17)
习题 1	(20)
第 2 章 数据信息的表示	(21)
2.1 数值数据的表示	(22)
2.1.1 真值与机器数	(22)
2.1.2 数的机器数表示法	(22)
2.1.3 数的定点表示法	(27)
2.1.4 数的浮点表示法	(28)
2.2 非数值数据的表示	(34)
2.2.1 字符的表示法	(34)
2.2.2 汉字的表示法	(36)
2.2.3 逻辑数据的表示法	(36)
2.3 十进制数串的表示	(37)
2.3.1 二-十进制编码	(37)
2.3.2 十进制数串的存储	(38)
2.4 数据信息的校验	(40)

2.4.1	码距	(40)
2.4.2	奇偶校验码	(40)
2.4.3	海明校验码	(42)
2.4.4	循环冗余校验码	(44)
习题 2		(49)
第 3 章	运算方法与运算器	(50)
3.1	机器数的移位与舍入	(50)
3.1.1	数据移位	(50)
3.1.2	舍入问题	(52)
3.2	定点数加减运算	(52)
3.2.1	补码加减运算	(53)
3.2.2	补码的溢出判断	(54)
3.2.3	补码定点加减运算的实现	(57)
3.2.4	移码加减运算	(57)
3.3	定点数乘法运算	(58)
3.3.1	原码一位乘法	(58)
3.3.2	补码一位乘法	(62)
3.3.3	原码和补码二位乘法	(66)
3.3.4	阵列乘法器	(69)
3.4	定点数除法运算	(69)
3.4.1	原码一位除法	(69)
3.4.2	补码一位除法	(74)
3.4.3	跳 0 跳 1 除法	(77)
3.4.4	阵列除法器	(77)
3.5	规格化浮点数算术运算	(78)
3.5.1	浮点数加减运算	(78)
3.5.2	浮点数乘除运算	(80)
3.6	逻辑运算及其实现	(81)
3.6.1	常用的逻辑运算	(82)
3.6.2	逻辑运算的实现	(83)
3.7	运算器及其数据通路	(84)
3.7.1	运算器的组成与参数	(84)
3.7.2	加法器及其进位系统	(85)
3.7.3	定点/浮点运算器	(92)
3.7.4	运算器的数据通路	(95)
习题 3		(98)

第 4 章 指令系统	(99)
4.1 指令格式	(99)
4.1.1 指令字长	(100)
4.1.2 地址码	(100)
4.1.3 操作码	(104)
4.1.4 确定指令格式的原则	(110)
4.2 寻址技术	(113)
4.2.1 编址方式	(113)
4.2.2 指令和数据的寻址方式	(114)
4.3 指令系统	(121)
4.3.1 指令系统基本要求	(122)
4.3.2 指令分类	(123)
4.4 CISC 和 RISC	(127)
4.4.1 复杂指令系统计算机	(127)
4.4.2 精简指令系统计算机	(128)
4.5 指令系统实例	(130)
习题 4	(131)
第 5 章 中央处理器	(133)
5.1 控制器	(133)
5.1.1 控制器的功能和组成	(133)
5.1.2 控制器的实现方式	(136)
5.2 时序系统与控制方式	(137)
5.2.1 时序系统	(137)
5.2.2 控制器的控制方式	(140)
5.3 CPU 的总体结构	(143)
5.3.1 寄存器的设置	(143)
5.3.2 CPU 内部数据通路	(144)
5.3.3 指令的执行过程	(145)
5.3.4 指令的微操作序列	(149)
5.4 组合逻辑控制器	(154)
5.4.1 设计方法	(154)
5.4.2 模型机的总体结构	(156)
5.4.3 指令流程分析	(157)
5.4.4 微操作信号发生器的设计	(159)
5.4.5 PLA(可编程逻辑阵列)控制器	(164)
5.5 微程序控制器	(167)
5.5.1 微程序控制概念	(167)

5.5.2	微程序控制器的组成	(168)
5.5.3	微指令编码法	(170)
5.5.4	微程序的顺序控制	(173)
5.5.5	微指令格式及执行方式	(175)
习题 5		(178)
第 6 章	存储系统	(181)
6.1	存储系统概述	(181)
6.1.1	存储器的分类	(181)
6.1.2	主存储器的主要技术指标	(184)
6.1.3	主存储器的基本结构	(186)
6.1.4	存储系统的层次结构	(188)
6.2	主存储器	(190)
6.2.1	基本存储电路	(191)
6.2.2	存储器芯片	(192)
6.2.3	主存储器的构造	(201)
6.2.4	主存储器和 CPU 的连接	(207)
6.3	提高存储器性能的技术	(209)
6.3.1	存储器芯片技术	(209)
6.3.2	并行存储器	(210)
6.3.3	高速缓冲存储器	(214)
6.3.4	虚拟存储器	(221)
6.3.5	相联存储器	(228)
6.3.6	存储保护	(230)
6.4	辅助存储器	(232)
6.4.1	磁表面存储器	(232)
6.4.2	光盘存储器	(249)
习题 6		(253)
第 7 章	输入/输出设备	(255)
7.1	概述	(255)
7.1.1	I/O 设备的分类与特点	(255)
7.1.2	I/O 设备与主机之间的联系	(256)
7.2	输入设备	(258)
7.2.1	键盘	(258)
7.2.2	条码扫描器	(259)
7.3	输出设备	(260)
7.3.1	打印机	(260)

7.3.2 显示器	(264)
7.4 汉字处理设备	(270)
7.4.1 汉字的编码与输入	(270)
7.4.2 汉字的存储	(272)
7.4.3 汉字的输出	(273)
7.4.4 汉字处理系统	(274)
习题 7	(275)
第 8 章 输入/输出系统	(277)
8.1 主机与 I/O 设备的连接	(277)
8.1.1 I/O 的特性	(277)
8.1.2 I/O 接口	(278)
8.1.3 I/O 信息传送控制方式	(283)
8.2 程序直接控制方式	(284)
8.2.1 基本原理	(284)
8.2.2 程序查询方式接口	(285)
8.2.3 程序查询方式的流程	(286)
8.3 程序中断控制方式	(288)
8.3.1 中断的作用和分类	(288)
8.3.2 中断请求和中断判优	(291)
8.3.3 中断响应和中断处理	(296)
8.3.4 多重中断和中断屏蔽	(299)
8.3.5 中断方式的接口	(302)
8.4 DMA 控制方式	(303)
8.4.1 基本概念	(303)
8.4.2 DMA 接口	(305)
8.4.3 DMA 传送过程	(308)
8.5 通道控制方式	(311)
8.5.1 通道的基本功能	(311)
8.5.2 通道的类型与结构	(312)
8.5.3 通道的工作过程和流量计算	(315)
8.6 系统总线	(317)
8.6.1 系统总线结构	(318)
8.6.2 总线的控制与通信	(321)
8.6.3 总线的信息传送	(325)
8.6.4 总线类型和总线标准	(330)
习题 8	(335)
参考文献	(337)

第1章 计算机系统概论

内容摘要

本章在概述计算机的发展、分类和特性等基础上,简要地讨论计算机系统的两大组成部分,即硬件系统和软件系统。以存储程序和层次结构模型的观点讨论计算机系统,使读者能从整体看局部,从系统看部件,建立一个整体的概念。最后介绍计算机系统的性能指标等。

知识点

存储程序,系列机,硬件,计算机的主要性能指标,软件,软件与硬件的关系,层次结构,虚拟机,M. J. Flynn 分类,开放系统,系统评价。

1.1 计算机的发展

1.1.1 电子计算机的发展史

现代科学技术的发展及信息在社会中的重要地位,导致了计算工具的创新和变革。1946年2月诞生的电子数字积分和计算器(Electronic Numerical Integrator And Computer, ENIAC)标志着科学技术的发展进入了新的时代——电子计算机时代。电子计算机的发展,从ENIAC的问世到现在才50余年,在人类科技史上还没有任何学科的发展可以与电子计算机的发展之快相提并论。

20世纪40年代,无线电技术和无线电工业的发展为电子计算机的研制奠定了物质基础。1943年至1946年,美国宾夕法尼亚大学研制的ENIAC是世界上第一台电子计算机,当时处在第二次世界大战期间,新武器的研发要解决弹道问题中许多复杂的计算问题,在美国陆军部的资助下开展了ENIAC的研制,终于在1945年年底完成,1946年2月正式交付使用,因为它是最早问世的一台电子数字计算机,所以通常认为它是现代计算机的始祖。

与ENIAC研制的同时,美籍匈牙利数学家冯·诺依曼(Von Neumann)为首进行研制电子离散变量自动计算机(Electronic Discrete Variable Automatic Computer, EDVAC),EDVAC采用了存储程序方案。存储程序概念是冯·诺依曼于1946年6月在题为《电子计算机装置逻辑结构初探》的报告中提出的,存储程序概念的内容可简要地概括为以下几点:

- (1) 计算机(硬件)由运算器、控制器、存储器、输入设备和输出设备五部分组成;
- (2) 计算机内部采用二进制来表示指令和数据;
- (3) 将编好的程序和原始数据事先存入存储器中,然后启动计算机工作,使计算机在不需要人工干预的情况下,自动、高速地从存储器中取出指令执行,这就是存储程序的基本概念。

冯·诺依曼对计算机界的重大贡献在于“存储程序”概念的提出和实现。50多年来,虽

然计算机的发展速度是惊人的,但就其结构合理性而言,目前绝大多数计算机仍然是建立在存储程序概念的基础上,符合存储程序概念的计算机统称为冯·诺依曼型计算机。当然,现代计算机与早期的计算机相比在结构上还是有许多改进之处,如不再以运算器为中心,而是以存储器为中心等。

随着计算机技术的不断进步,冯·诺依曼型计算机的一些缺点也逐渐暴露出来。目前人们正在研制试图突破冯·诺依曼结构的计算机,这类计算机统称为非冯·诺依曼结构计算机。如数据驱动的数据流计算机、需求驱动的归约计算机和模式匹配驱动的智能计算机等。

根据电子计算机所采用的物理器件的发展,一般把电子计算机的发展分成四个阶段,习惯上称为四代。

第一代电子管计算机时代(1946—1958年)。这一时期,主要为军事与国防尖端技术的需求而研制计算机,并进行相关的研究工作。第二代晶体管计算机时代(1958—1964年)。这一时期计算机的开关器件逐步由电子管改为晶体管,缩小了体积,降低了功耗,提高了运算速度和可靠性,并且价格不断下降。第三代中小规模集成电路计算机时代(1964—1971年)。这一时期的计算机采用集成电路作为基本器件,因此功耗、体积和价格等进一步下降,而速度及可靠性相应地提高,这就促使了计算机的应用领域进一步扩大。

IBM360系统是最早采用集成电路的通用计算机,也是影响最大的第三代计算机。1964年宣布IBM360系统时就有大、中、小型等6个计算机型号,平均运算速度从每秒几千次到一百万次,它的主要特点是通用化、系列化、标准化。

(1) 通用化:指令系统丰富,兼顾科学计算、数据处理、实时控制三个方面。

(2) 系列化:IBM360各档次机器采用了相同的系统结构,即在指令系统、数据格式、字符编码、中断系统、控制方式和输入/输出操作方式等方面保持统一,从而保证了程序兼容,即当用户更新机器时原来在低档机上编写的程序可以不做修改就可以在高档机上运行。IBM360系统以后陆续增加的几种型号仍保持与早期的产品兼容。后来,西欧与日本的一些通用计算机也保持与IBM360系统兼容。前苏联和东欧国家联合制造的“统一系统”也是与IBM360系统兼容的。

(3) 标准化:采用标准的输入/输出接口,因而各个机型的I/O设备是通用的。采用积木式结构设计,除了各个型号的CPU独立设计以外,存储器和I/O设备都采用标准部件组装。

第三代计算机的主要特征是普遍采用了中小规模集成电路,使体积、功耗均显著减小,可靠性大大提高;运算速度已达每秒几十万次至几百万次;在此期间,出现了向大型化和小型化两极发展的趋势,计算机品种多样化和系列化;同时,软件技术与计算机I/O设备发展迅速,应用领域不断扩大。

第四代大规模集成电路计算机时代(1971年至今)。20世纪70年代初,半导体存储器问世,迅速取代了磁芯存储器,并不断向大容量、高速度发展。此后,存储器芯片集成度大体上每三年翻两番,价格平均每年下降30%。逻辑电路也得到了相应的发展。

随着大规模集成电路的迅速发展,计算机进入大发展时期,通用机、巨型机、小型机、微型机以及工作站都得到了长足的发展。

由于计算机技术和通信技术的迅速发展,为适应高度社会信息化和科技发展的需要,出

现了由主计算机通过通信线路和若干个远程终端连接起来的联机系统(或称为面向终端的网络),例如,库存管理系统、生产管理系统、银行业务系统、飞机订票系统、情报检索系统和气象观测系统等,使分散在各处的信息通过终端能很快集中于主计算机之中,同时各处的工作人员可通过终端进行查询、获取资料等。

20世纪70年代,能实现计算机之间的通信,并共享资源的计算机网迅速发展。著名的美国 ARPA 网诞生于60年代末,在70年代不断扩充网上节点,到1975年已连接60个以上的节点,100多台主计算机,地理范围遍布全美并扩展到欧洲,与此同时其他网也相继建成。由于这些网络跨越的地理范围比较广阔,因而称为广域计算机网。一些主要计算机厂家为解决本公司生产的各种计算机之间和计算机与终端设备的联网问题,向用户提供相应的硬件(如通信接口板等)和网络软件。

随着计算机的广泛应用,特别是小型机和微型机的普及,一个单位在一幢大楼或建筑群内安装多台计算机的情况日益普遍,将这些计算机联接在一起的网络称为局域网。

计算机网的蓬勃发展,加速了社会信息化的进程。

如前所述,根据所用器件的不同,电子计算机经历了四代的变革,但其基本思想一直遵循冯·诺依曼计算机结构的存储程序概念。

计算机的发展促进了人工智能的发展,1981年日本政府提出了发展第五代计算机的十年计划,试图突破冯·诺依曼结构的存储程序概念。该计划从1982年开始执行,现已结束,但没有取得预期的结果。日本的第五代计算机的目标是实现智能计算机,美国也有多家公司推出了智能计算机。一般要求智能计算机具有下列功能:

(1) 智能接口功能。能自动识别自然语言(文字、语言)和图形、图像(视觉)能力。语音识别与理解、机器翻译等均属于自然语言处理的范畴。通过摄像机把图像输入计算机后,计算机能通过图像理解系统和景物感知系统得到信息,并对这些信息进行分析、认识和理解,这是智能机器人应具备的重要功能。军事侦察、地图摄制、字符识别和自动检索等领域都利用了计算机视觉的功能。

(2) 理解和推理功能。能根据计算机内存储的信息(知识)进行推理,具有问题求解和学习的功能。

(3) 知识库管理功能。要求能完成知识获取、知识检索和知识更新等功能。

伴随着硬件的发展,计算机软件也得到了长足的发展。应该指出:发挥计算机的作用,推广计算机的应用,改进计算机的设计以及简化计算机的操作,使它从只供专家使用转为面向大众,软件工作者起了决定性的作用。

我国电子计算机的研究是从1953年开始的,1958年研制出第一台计算机,即103型通用数字电子计算机,它属于第一代电子管计算机。40年来,我国相继研制出第二代、第三代计算机。从1982年开始,我国的计算机事业进入新的发展时期,研制出每秒1亿次的巨型机——银河Ⅰ,以后又相继推出了银河Ⅱ(每秒10亿次)、银河Ⅲ、银河Ⅳ(每秒1万亿次)等。中型机、64位超级小型系列机、微型计算机也实现了国产化。我国已建立了一定的计算机工业基础,并培养了一大批计算机科学技术工作者。

1.1.2 计算机发展的方向

目前,计算机发展的特点是创新速度加快,超大规模集成电路器件发展加速,计算机产

品的生存周期缩短。精减指令计算机技术的兴起,促进了新一代计算机的发展。计算机的核心器件正在由门阵列替代,新型超高速器件不断推出。微型计算机已进入第五代——64位超级微机时代。小型机正在以高的性能价格比与中、大型机竞争。个人计算机、工程工作站及分布式多功能微型计算机系统的发展,促进了网络技术、网络终端及网络交换技术的发展,局域网及信息网络系统正在逐步标准化。

20世纪90年代的技术代表是第五代计算机工程。它主要研制会学习、能听、能说话、有视觉和图形识别能力、有知识处理能力的计算机系统,包括知识库与管理知识库的子系统,问题求解和推理的子系统,智能接口子系统等。第五代计算机在语言、知识库的建立、知识处理的方法、各种人工智能软件——专家系统、决策支持系统、语音识别、图形图像识别和自然语言处理等方面的研究正在取得成果。21世纪将建立高级人工智能系统,它允许用人类语言与计算机直接对话,具备自动翻译功能,能直接将语言变成文字。

从软件的发展来看,20世纪40年代是手编程时代,50年代是高级语言时代,60年代是操作系统时代,70年代是软件工程和数据库时代,80年代是软件开发环境时代,90年代是知识化软件时代。软件越来越成为计算机系统的核心,它占计算机系统中的价格比重越来越大。软件生产工厂化、工具化,软件技术工程化、标准化和自动化,软件开发的商品化等正在逐渐形成。微机软件已向第二代窗口软件,即集成操作环境方向发展。将来还需要在集成操作系统的基础上解决软件开发的自动化问题。

计算机I/O设备也正在向新一代I/O设备发展,如垂直磁记录技术、溅射高密度温盘、光存储器、光打印机、高分辨率显示器和海量存储器等将不断开发出来。

1.1.3 计算机的特性

计算机能得到广泛的应用与它的特殊性能是分不开的,这些特性是其他计算工具所不具备的。

电子计算机的第一个特性是快速性。电子计算机采用了高速电子器件,这是快速处理信息的物质基础;另外,电子计算机采用了存储程序的设计思想,即将要解决的问题、方法及步骤预先存入计算机。存储程序就是指将用指令序列描述计算过程的程序与原始数据一起存储到计算机中。计算机只要一启动,就能自动地取出一条条指令并执行,直至程序执行完毕,得到计算结果为止。因此,存储程序技术,使电子器件的快速性得到充分发挥。

第二个特性是通用性。计算机处理的信息不仅包括数值数据,也可以是非数值数据。非数值数据的内涵十分丰富,如语言、文字、图形、图像、音乐等多媒体信息,这些多媒体信息都能用数字化编码表示。由于计算机具有基本运算和逻辑判断功能,因此,任何复杂的信息处理任务都能分解成基本操作,编制出相应的程序,并通过执行程序,进行判断或运算,最终完成处理任务。计算机可以配置各种程序,有计算机厂商预先编制的,有用户自己编制的。程序越丰富,计算机的通用性就越强。

第三个特性是准确性。计算机运行的准确性包括两方面含义:一是计算精度高;二是计算方法科学。由于计算机中的信息采用数字化编码形式,因此计算精度取决于运算中数的位数,位数越多越精确。通常计算机有一个基本的运算位数,即计算机字长。对精度要求高的用户,还可提供双倍或多倍字长的计算。当然,计算精度还与计算方法有关,如果计算方法不当,仍保证不了准确性。计算方法由程序体现,一个算法正确且优质的程序,再加上高

位数的计算功能,能确保计算结果的正确性。

第四个特性是逻辑性。逻辑判断与逻辑运算是计算机的基本功能之一。计算机内部有一个能执行算术逻辑运算的部件,通过执行能体现逻辑判断和逻辑运算的程序,使整个系统具有逻辑性。例如,计算机运行时,可以根据当前运算的结果或对 I/O 设备现场测试的结果进行判断,从而从多个分支的操作中自动地选择一个分支,继续运行下去,直至得到正确的结果。

上述的四大特性是从计算机的外部角度来认识的,它们与计算机固有的内部特点密切相关,图 1-1 给出了两者之间的联系。

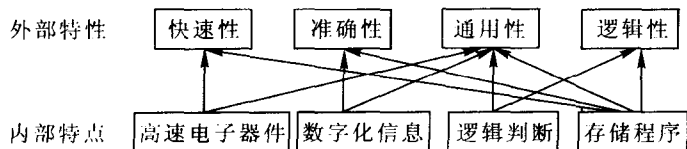


图 1-1 计算机外部特性和内部特点的对应关系

综上所述,可以得到数字电子计算机的完整定义:数字电子计算机是一种能自动地、高速地对各种数字化信息进行算术和逻辑运算的电子设备。这里,自动的含义是指程序执行时,不再需要人的干预,程序能连续发出各种命令,控制计算机完成预定的操作任务。它区别于过去的计算工具,也区别于模拟电子计算机。为叙述方便,本书中简称计算机。

1.1.4 计算机的应用

计算机的应用几乎涉及到人类社会的所有领域,从军事部门到民用部门,从尖端科学到消费娱乐,从厂矿企业到个人家庭,计算机无处不在。计算机的应用主要有如下几个方面。

1. 科学计算

科学计算一直是电子计算机的重要应用领域之一。例如,天文学、量子化学、空气动力学和核物理学等领域中都需要依靠计算机进行复杂的运算。军事上,导弹的发射及飞行轨道的计算控制、先进防空系统等现代化军事设施通常都是由计算机控制的大系统,其中包括雷达、地面设施和海上装备等。现代的航空、航天技术发展,例如超音速飞行器的设计,人造卫星与运载火箭轨道计算更是离不开计算机。

除了国防及尖端科学技术以外,计算机在其他学科和工程设计方面,例如,数学、力学、晶体结构分析、石油勘探、桥梁设计、建筑和土木工程设计等领域内也得到广泛的应用,促进了各门科学技术的加速发展。

某些系统,要求计算机处理所得的结果立即反馈以作用或影响正在被处理的事物本身。例如,控制导弹飞行的系统中,不断测量导弹飞行的参数(包括飞行环境),并及时作出反应,修正导弹飞行的轨迹,这样的系统称为实时处理系统。

科学计算的特点是计算量大和数值变化范围广。

2. 数据处理

当前大部分计算机都用于数据处理。下面以银行系统(储户处理)为例来说明数据处理计算机的工作情况。

银行系统中,用计算机处理储户的存款、取款、直接发薪以及其他诸如信用卡系统、销售点系统等银行业务,这类计算机系统一般配置有多台终端设备,用于将储户的有关信息及数

据输入计算机或用于自动支付现金(取款)。

信用卡是一张上面具有一小磁条的卡片,磁条上记有持有者特征,诸如编号等信息,当插入银行终端设备的插口后,磁条上记录的特征信息就读入与终端相连的计算机。假如信用卡持有者是该银行的储户,那么计算机自动将与该储户有关的账目从计算机中取出,然后进行存款、取款或冲账等工作,并将结算后的金额重新存入计算机。

信用卡还可用来购买商品,凡是有相应银行业务终端的地方,都可用它来付款。

通过计算机系统,将工作人员的工资直接转到银行,自动加到储户的存款金额中去,可以实现自动发放工资。

从上例可见,数据处理系统具有输入/输出数据量大而计算却很简单的特点。为了实现各储蓄所之间的通存通兑以及在商店、酒楼中使用信用卡,计算机需要联网使用。

近年内获得迅速发展的 IC 卡(集成电路卡),将 CPU 和存储器安装在卡内芯片中,用它作为信用卡,具有更高的保密性和安全性。

企业数据处理领域中,计算机广泛应用于财会统计与经营管理中,如编制生产计划、统计报表、成本核算、销售分析、市场预测、利润预估、采购订货、库存管理、工资管理等。

为了适应计算机管理,在报表格式的修改、名词统一编码等多方面要进行大量工作。

3. 计算机控制

现代化工厂里,计算机普遍用于生产过程的自动控制。例如,化工厂中用计算机来控制配料、温度、阀门的开闭等;炼钢车间用计算机控制加料、炉温、冶炼时间等;程控机床加工的机械零件具有尺寸精确的特点,而且不需要专用工卡具、模具和熟练技工就可以制造出形状复杂的产品。

用于生产过程自动控制的计算机,一般都是实时控制。它们对计算机的速度要求不高,但可靠性要求很高,否则将生产出不合格的产品,甚至造成重大设备或人身事故。

用于自动控制的计算机,其输入信息往往是电压、温度、机械位置等模拟量,要先将它们转换成数字量,称为模/数转换,然后计算机才能进行处理或计算。当从被控制对象测量到的信息是温度、位置等非电量时,要先将它们转换成电量,然后再转换成数字量。如何测量,用什么仪器测量也是一个很重要的问题。计算机的处理结果是数字量,一般要将它们转换成模拟量去控制对象,称为数/模转换。如有需要,可将结果打印输出或显示在屏幕上以供观察。提供计算机控制系统的厂家往往已将控制程序编制好,可以直接提供给用户。

4. 计算机辅助设计/计算机辅助制造(CAD/CAM)

由于计算机具有快速的数值计算、较强的数据处理以及模拟的能力,因而目前在飞机、船舶、光学仪器、超大规模集成电路 VLSI 等的设计制造过程中,CAD/CAM 占据着越来越重要的地位。

超大规模集成电路的设计和生产过程中,要经过设计制图、照相制版、光刻、扩散、内部连接等多道复杂工序,这些只靠人工是难以解决的。

使用计算机辅助设计技术达到设计自动化或半自动化程度,从而减轻人的劳动强度并提高设计质量,这也是计算机辅助设计的一项重要内容。

由于设计工作与图形密切相关,一般供辅助设计用的计算机都配备有图形显示器、绘图仪等设备以及图形语言、图形软件等。设计人员可借助这些专用软件和 I/O 设备将设计要

求或方案输入计算机,通过相应的应用程序进行计算处理后把结果显示出来,设计人员可用光笔或鼠标器进行修改或选择,直到满意为止。

5. 人工智能

人类的许多脑力劳动,例如,证明数学定理、进行常识性推理、理解自然语言、诊断疾病、下棋游戏、破译密码等都需要“智能”。

人工智能是将人脑在进行演绎推理的思维过程、规则和所采取的策略和技巧等编成计算机程序,在计算机中存储一些公理和推理规则,然后让机器去自动探索解题的方法,所以这种程序不同于计算机的一般应用程序。

当前,人工智能在自然语言的理解、机器视觉、听觉和嗅觉等方面给予极大的重视。自然语言是人类交往所用的语言,计算机理解它是很困难的,因为人们通过各自的生产、生活和社会活动,在大脑中已拥有大量的、高度相似的信息或知识,而计算机则没有;另外,讲话的语义经常还跟上下文有关,有时还要对讲话的内容进行推理或者演绎才能得出某些结论。

智能机器人是人工智能各种研究课题的综合产物,有感知和理解周围环境、进行推理和操纵工具的能力,并能通过学习适应周围环境,完成某种动作。在不允许人进入的场所(如高温、有放射性物质等)使用机器人有特殊的意义。

专家系统是指用计算机模拟专家行为的程序。例如,模拟我国老中医关幼波对肝病进行辩证治疗的程序,按照关幼波的思维方法,把肝病分成8个主型36个亚型,根据患者的症状,从200多项病状与化验指标以及170种药物的综合分析基础上,让计算机从多个实用处方中选出针对病情的处方。

尽管人工智能的研究已取得一些成果,但与建立真正的智能系统还相距甚远。

广泛应用计算机,在科学计算、数据处理、商业经营、经济管理、工业控制、工程设计等领域中开发出各自的程序,称为应用软件。计算机厂家向用户提供软件(系统软件和应用软件)时与硬件分别计价,并产生了专门从事软件研制、生产和销售工作的软件公司(例如美国的Microsoft公司)。但是软件的开发跟不上需要,软件费用急剧增长,这是因为硬件是工业化生产,价格不断下降,而软件为人工劳动,生产率低。一些科学家提出了软件工程的概念,对软件开发实行工程化管理,以期得到廉价、可靠、有效的软件。软件还具有容易复制的特点,软件成果容易被别人占有,因此影响了软件开发者进行软件开发及将软件投入市场的积极性。为了保护软件不被剽窃,可以采取加密码等技术措施以及低价销售、随硬件提供等经营措施,这些措施发挥了一定的保护作用,但不能彻底解决问题。因此由国家来制订、实施对软件保护的法律是至关重要的。但是一个国家的法律只适用于本国,而软件很容易在国家之间传播,因此国与国之间相互承担保护对方公民(和法人)软件的义务已成为各国之间经济合作关系的一个重要组成部分。

世界上科学技术发达的国家,十分重视鼓励创造性的脑力劳动,已经研究、制定并贯彻实施专利法、版权法、商标法等一系列保护公民知识产权的法律。很多发展中国家也开始重视这项工作,正纷纷开展保护知识产权的立法工作。1991年5月,我国颁布了《计算机软件保护条例》。