



计算机组成技术

季振洲 李东 姚鸿勋 主编



哈尔滨工业大学出版社

计算机组成技术

季振洲 李东 姚鸿勋 主编

唐朔飞 主审

哈尔滨工业大学出版社

·哈尔滨·

内 容 提 要

本书是根据计算机技术的最新发展进行编写的。主要介绍了计算机的发展过程、计算机的信息表示及运算过程、计算机主要部件 CPU 与存储器的工作原理、Intel80X86 系列微机的基本指令系统及汇编语言基本知识、输入输出的知识与总线的最新技术、Intel80X86 系列微机的设备管理方法,最后介绍了网络的组成技术。

本书内容由浅入深、循序渐进、概念广泛、内容新颖。书中以大量的实际计算机技术为基础进行讲述,并附有习题,便于复习巩固知识和培养学生一定的实际动手能力。

本书可以作为高等学校非计算机专业研究生、本科生学习计算机的基础教材,也可以供应用计算机的工程技术人员和自学者参考。

图书在版编目(CIP)数据

计算机组成技术/季振洲主编. —哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,2001.8

ISBN 7-5603-1643-3

I. 计... II. 季... 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(2001)第 058364 号

出版发行 哈尔滨工业大学出版社
社 址 哈尔滨市南岗区教化街 21 号 邮编 150006
传 真 0451-6414749
电 话 0451-6416203
印 刷 哈尔滨市工大节能印刷厂
开 本 787×1092 1/16 印张 15.25 字数 360 千字
版 次 2001 年 8 月第 1 版 2001 年 8 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 7-5603-1643-3/TP·163
印 数 1~3 000
定 价 22.00 元

前 言

近年来,计算机技术飞速发展,计算机知识的更新也非常迅速。为了适应这些变化,哈尔滨工业大学计算机科学与技术学院教学委员会制定了新的教学大纲,把以前为非计算机专业(不含文科和外语专业)开设的“计算机原理”课程改名为“计算机组成技术”,并组织编写了这本教材。

“计算机组成技术”面向除文科和外语专业以外的非计算机专业本、专科学生,主要讲授计算机及其各组成部件的基础知识及其工作原理,并期望达到以下几个目标:

1. 理解计算机主要部件的工作原理;
2. 基本掌握指令系统及汇编语言基本知识;
3. 基本掌握常用计算机芯片的使用技术;
4. 会用汇编语言对接口芯片进行编程。

针对这些目标,本书着重介绍了计算机主要部件的工作原理。书中以基本概念、基本知识及基础原理为主,不强调特定产品的具体细节问题,而注重一类产品中所体现出的共性原理内容,使学生了解和掌握若干关键应用技术,打下坚实的应用基础,并培养学生的实际动手能力。

参加本书编写的有:季振洲(第3、5章),李东(第1、2、7章),姚鸿勋(第4章),赵铁军(第6章)。唐朔飞教授对本书的编写进行了全面指导,并对全书进行了认真的审阅。在编写过程中,有许多同志为本书的编辑、录入做了大量的工作,在此深表谢意。

由于编者水平有限,书中难免有疏漏或不妥之处,恳请读者批评指正。

编 者

2001年8月

于哈尔滨工业大学

目 录

第 1 章 绪论	(1)
1.1 电子计算机的产生与发展	(1)
1.2 微型电子计算机的发展	(4)
1.3 我国电子计算机的发展	(5)
1.4 电子计算机的基本结构、分类与性能评价	(6)
1.5 电子计算机的特点及应用	(11)
1.6 电子计算机的新进展	(13)
习题	(15)
第 2 章 电子计算机中信息的表示及其运算	(16)
2.1 进位计数制	(16)
2.2 机器内数据及符号的表示方法	(19)
2.3 典型 Intel 8086 微处理机的数据类型	(32)
2.4 数的运算方法	(33)
习题	(42)
第 3 章 计算机核心部件及其工作原理	(44)
3.1 中央处理器(CPU)技术	(44)
3.2 存储部件和存储系统	(56)
3.3 提高访问存储器速度的方法	(68)
3.4 外部存储器	(72)
3.5 Intel 80X86 系列微处理器的发展	(80)
习题	(91)
第 4 章 汇编语言及其程序设计	(93)
4.1 基本汇编语言程序及开发过程	(93)
4.2 指令格式及寻址方式	(99)
4.3 8086 宏汇编语言的基本语法	(107)
4.4 顺序结构程序设计	(119)
4.5 分支结构程序设计	(135)
4.6 循环结构程序设计	(140)

4.7 子程序设计	(148)
习题	(155)
第5章 计算机输入/输出系统与接口技术	(158)
5.1 计算机的输入/输出系统	(158)
5.2 微型计算机的外部设备	(161)
5.3 微型计算机的总线技术	(168)
5.4 基本输入/输出接口	(173)
5.5 微型计算机的中断技术	(184)
5.6 微型计算机中的 DMA 通道	(194)
习题	(199)
第6章 微型计算机系统及设备管理技术	(200)
6.1 设备管理程序 ROM - BIOS	(200)
6.2 Intel 80X86 系列微机 DOS 操作系统的组成	(203)
6.3 DOS 对输入/输出的支持	(206)
6.4 微机设备分类	(212)
6.5 设备管理方法	(214)
6.6 Windows 基本系统体系结构	(221)
习题	(225)
第7章 计算机网络基础	(226)
7.1 计算机网络的产生和发展	(226)
7.2 计算机网络的体系结构	(232)
习题	(236)
参考文献	(237)

第 1 章 绪 论

1.1 电子计算机的产生与发展

利用工具来放大大脑力和体力是人类具有智慧的象征,同时也是人类不懈追求的目标。如果说机器的发明是扩展了人手的功能,交通工具的使用扩大了人腿的功能,望远镜和显微镜的使用开阔了人们的视野,那么,计算工具就是人脑功能的扩展与延伸。在电子计算机出现以前,历史上曾有多种辅助计算工具被发明和创造出来。在公元五、六世纪,我国人民就发明了算盘。后来,在国外也出现了许多辅助计算工具。如 1642 年 Pascal 发明了能作加、减法的机械计算器,1673 年 Leibnitz 改进了这种机械计算器,使它具有了乘、除运算功能。1812 年, Babbage 设计了一种称为“分析机”的自动计算工具,它基本具有了现代计算机的主要结构与功能。因此, Babbage 被誉为“计算机之父”。1854 年,英国数学家 George Boole 出版了《布尔代数》,为采用二进制的计算机奠定了理论基础。19 世纪末 20 世纪初还出现了手摇计算机、电动计算器和卡片计算器等。这些辅助计算工具,在不同时期都成了人们的好帮手,一定程度上解决了人类在生产、生活和科学实验中所需解决各类计算问题。

但是,上述计算工具都适应不了近代科学技术发展的要求,这是因为这些工具存在如下不可克服的缺点:第一,计算速度慢。例如,要正确预报 24 小时的天气情况,大约需要二百万多次的运算,若使用上述工具,最快者也需计算一到两个星期。地球物理勘探中测量数据的处理,有时需要进行上亿次的运算,采用上述工具难以胜任。第二,出现错误多。使用上述工具进行计算时,人要参加整个运算过程,人的主观因素将直接影响到计算的正确性,对于大型、复杂的计算,可靠程度是难以保证的。除了计算之外,诸如生产过程控制、企业经济管理、文字翻译、图书检索等多种大量的工作需要机器去完成,而上述计算工具对这些任务是束手无策的。

1937 年,致力于研究数学机械化的英国数学家图灵(Alan Turing)在“关于可计算的数及其对判定问题的应用”一文中提出“图灵机”模型,就是现代计算机的理论模型。理论与实践都证明,图灵机能解决一切能行可计算的问题。约 10 年后,世界上第一台通用电子计算机诞生了。鉴于图灵对计算科学的杰出贡献,美国计算机协会于 1966 年设立了图灵奖,以纪念这位杰出的科学巨匠。至今已有 30 多位科学家荣获了图灵奖。这些获奖者的工作代表了计算科学在各个时期的最重要的成果,影响着计算科学的发展方向。

1946 年 2 月 14 日,世界上第一台通用电子计算机 ENIAC(Electronic Numerical Integrator And Computer)的诞生,是人类文明史的又一个里程碑。电子计算机将人类从繁重的脑力计算和烦琐的数据处理中彻底解放出来,使人们能够将更多的精力投入到创造性劳动中。电子计算机是 20 世纪最杰出的科学成就之一。

从第一台电子计算机诞生起,至今仅仅 50 多年历史,但目前电子计算机已深入到我们社会生活的各个角落。它不仅改变了人类工作、学习的方式,而且正在改变着人类的生活习惯和思维方式。在这 50 多年的时间里,计算机已经发展了四代,现在正向第五代计算机发展。

第一代(1946~1958):电子管时代。其特征是采用电子管作为逻辑元件,数据表示主要是定点数,用机器语言和汇编语言编写程序,主要应用于科学计算。

第一台电子计算机 ENIAC 是由美国宾夕法尼亚大学的 J. W. Mauchly(莫克利)和 J. P. Eckert(埃克特)领导的科研小组研制成功的。它使用了 18 800 只电子管,1 500 多个继电器,耗电 150kW,占地面积 150m²,质量达 30t,每秒钟能完成 5 000 次加减法运算。

第一代电子计算机中有代表性的机器是 1946 年由数学家冯·诺依曼(Von Neumann)与他的同事们在普林斯顿研究所设计的存储程序计算机 EDVAC。它的设计思想先进,对后来计算机的发展产生了深远的影响。通常称 EDVAC 计算机的结构为冯·诺依曼型计算机系统结构,目前绝大多数计算机都是这种结构。

在 1954 年,第一个高级程序设计语言 Fortran 问世了。Fortran 的问世一举奠定了高级语言的地位,并成为世界上应用最广泛的程序设计语言。Fortran 的创始人 John Backus 也因此于 1977 年荣获图灵奖。

第二代(1958~1965):晶体管时代。其特征是用晶体管代替电子管;用磁芯和磁盘作为主存储器;软件方面有了很大发展,相继出现了 Algol、COBOL 等一系列高级语言程序,其中 Algol60 的诞生标志着对计算机程序设计语言的研究已成为一门专门的学科。为简化程序设计,人们建立了程序库和批处理的管理程序;除了科学计算之外,电子计算机被广泛应用于数据处理,同时也开始应用于过程控制。IBM 公司生产的 IBM-7904 计算机和 CDC 公司的 CDC1604 计算机为该时期代表机种。与第一代比较,第二代计算机体积小、重量轻、耗电省、可靠性好,速度可达几万次至几十万次每秒。

第三代(1965~1970):集成电路时代。其特征是用集成电路 IC(Integrated Circuits)代替了分立元件,用半导体存储器逐渐取代了磁心存储器;采用了微程序控制技术。软件方面,操作系统日益成熟和功能逐渐强化,也是这一时期电子计算机显著的特点。多道程序、并行处理技术、多处理机、虚拟存储系统以及面向用户的应用软件的发展,大大丰富了计算机软件资源。为了充分利用已有的软件,解决软件兼容问题,出现了具有软件兼容性的“系列机”。至今,各大计算机公司都是按“系列机”的思想来设计开发自己的计算机。这一时期,电子计算机在科学计算、数据处理、过程控制诸方面都得到了更广泛应用。在第三代电子计算机中具有代表性的机种是 IBM-360 系列、CDC-6600、CDC-7600 计算机。它们都是大型计算机或超级计算机,速度可达几百万次每秒,甚至几千万次每秒。20 世纪 60 年代中期,另一个发展方向是低成本的小型计算机。DEC 公司研制成功的 PDP-8 和有名的 PDP-11 系列、VAX-11 系列等均属于小型机。由于它性能好、成本低、适用范围广,对计算机的推广普及起了很大的推动作用。

第四代(1971 年以后):大规模集成电路时代。其特征是以大规模集成电路 LSI(Large Scale Integration)为主要功能部件,采用半导体存储器作为主存储器。软件方面,发展了数据库系统、分布式操作系统等。在此期间,电子计算机系统的性能得到了迅速的提高。美国 Cray 公司于 1976 年推出的 Cray-1,使人类首次获得了亿次每秒的计算速度,它的设计者 S.

Cray 因此被誉为“超级计算机之父”。第四代计算机的另一重要分支是微处理器和微型计算机。有关这方面的情况,留待下节详述。

第三代以后的电子计算机从本质上讲使用的元件都是集成电路,只不过是集成度越来越高,所以有人把集成度作为划分第三代以后计算机代次的依据。把由芯片集成度为 1 ~ 10 个等效逻辑门的小规模集成电路 (SSI, Small Scale Integration) 和芯片集成度为 10 ~ 100 个等效逻辑门的中规模集成电路 (MSI, Medium Scale Integration) 构成的计算机称为第三代;由芯片集成度为 100 ~ 10 000 个等效逻辑门的大规模集成电路 (LSI, Large Scale Integration) 和集成度为 10 000 个以上等效逻辑门的超大规模集成电路 (VLSI, Very Large Scale Integration) 构成的计算机称为第四代。在这个超大规模 VLSI 量纲中,还可以继续将集成度为 1 ~ 100 万个等效逻辑门电路的 VLSI 构成的计算机称为第四代 (1971 ~ 1986);采用集成度为 100 万 ~ 1 亿个等效逻辑门电路的巨大规模集成电路 (ULSI, Ultra Large Scale Integration) 构成的计算机称为第五代 (1986 年以后)。

另一种分法是将计算机前四代以器件标志来划分,第五代以后用体系结构来划分。所谓第五代计算机 FGCS (the Fifth Generation Computer System), 或称新一代计算机 (the Future Generation Computer System), 是具有广泛的知识、能推理、会学习的智能计算机。它拥有各种类型专家系统组成的知识库,有理解、联想、推理、学习、判断和决策能力。该系统能理解自然语言,能直接接受语言、文字、图形或图像等输入信息,在经过相应处理后,利用知识库中已有的知识和规则进行推理,从而使问题得到圆满解决。日本曾于 20 世纪 80 年代初提出了一个“第五代计算机”的计划,并于 1982 年 4 月成立了“新一代计算机技术研究所”(Institute for New Generation Computer Technology),并提出一个十年计划 (1982 ~ 1991)。但该计划并没有取得预期的成果。应该说,人类对自身智能的研究一直在努力地进行着,早在 1949 年维纳就提出了用开关网络模拟动物神经系统的设想,在 20 世纪 80 年代发展为所谓的神经网络计算机。但实际上这种计算机与人的大脑毫无相似之处,它只是在非程序化和自适应的数据处理上取得了一些进展,并在有限的应用领域内收到了一些效果而已。西蒙在 20 世纪 50 年代提出的“物理符号系统 PSS (Physics Symbol System) 假设”也是这个领域的一种尝试。PSS 假设的内容就是:人是一个物理符号系统,计算机也是一个物理符号系统,所以可以用计算机来模拟人。按照 PSS 假设,后来人们的确研制出几台接近世界级棋艺水平的国际象棋机器人。例如,1998 年 IBM 公司的“深蓝 (DeepBlue)”就战胜了国际象棋世界冠军卡斯帕罗夫。但这个成果实际上主要应归功于近年来并行处理能力的提高。这种智能型的电子计算机的研究,由于人类对自身的许多生理功能的特性尚不了解,用电子计算机来模拟这类功能,自然收效甚微。在 1992 年,日本又提出一个名为 RWC (Real World Computing) 的十年计划 (1992 ~ 2001),这一次它没有大肆渲染。美国自然亦不会甘居人后,他们也提出了对更新一代计算机的研究设想。所谓更新一代计算机是指不再采用传统的电子部件,而是用光电子元件、超导电子元件、生物电子元件等制成的计算机。在世界高科技的竞争中,中国应该占有一席之地。有志于发展我国计算机事业的年轻人,应积极投身到这一领域的研究中来。

1.2 微型电子计算机的发展

微型电子计算机的发展历史,其实就是一部 Intel 公司的发展史。Intel 公司是 1968 年 7 月 18 日由戈登·摩尔(Gordon Moore)和集成电路的发明者鲍勃·诺伊斯(Bob Noyce)共同创立的。Intel 公司创立后不久,安迪·格鲁夫(Andy Grove)也加入了创业者的行列。Intel 公司开始只生产计算机存储芯片,这一新产品开始取代当时普遍使用的由小磁线圈组成的体积较大的同类产品。但真正成就 Intel 事业的产品开发始于 1969 年。当时,一家名叫 Busicom 的日本公司要求 Intel 为它的一种新型计算器设计生产一种集 2 300 只晶体管于单一硅片上的专用芯片。1971 年,Intel 公司推出了第一个商品化的微处理器 Intel4004,它含有 2 300 个晶体管,时钟频率为 1MHz,平均指令执行时间为 $20\mu\text{s}$ 。它的设计者为 Intel 公司的霍夫(Marcian Hoff)。这是第一代 4 位微处理器诞生的标志。

微型电子计算机(Microcomputer)是以微处理器为中央处理器的计算机系统,它属于第四代计算机,因为微处理器的制造是采用大规模集成电路 LSI。自从 1971 年第一台微处理器(Microprocessor)Intel4004 推出以来,微型电子计算机如雨后春笋般蓬勃发展起来,并逐渐占领电子计算机市场。目前微型电子计算机的应用已深入到了人们生产、生活的各个领域和各个方面。在过去的 30 多年的时间里,微处理器和微型计算机也发展了四代产品。

第一代(1971~1972):是低档的 4 位微处理器和微型电子计算机,如 Intel4004 以及由它组成的微型电子计算机 MCS-4。4004 采用了 PMOS 工艺,一个芯片上集成了 2 300 个晶体管,它能进行串行十进制运算,使用机器语言和简单的汇编语言,基本指令的执行时间为 $10\sim 15\mu\text{s}$ 。虽然这一代微型电子计算机还很不完美,但它在价格上占优势,这种微处理机和微型电子计算机一出现就赢得了市场。在此之后,Intel 公司推出了通用 4 位微处理器 4040。

第二代(1972~1977):是 8 位微处理器和微型电子计算机。1972 年,Intel 发布第一个 8 位微处理器,含 3 300 个晶体管,主频为 0.5MHz 的 8008。1974 年 Intel 公司又推出集成 4 900 个晶体管的 8080。同年,Motorola 公司推出了集成 6 800 个晶体管的 M6800。之后,Motorola 公司又推出了集成 9 000 个晶体管的 M6809。1976 年 Zilog 公司推出集成约 10 000 个晶体管的 Z-80。从第二代微处理器(即 8 位微处理器)来看,Intel 的 8080、8085, Motorola 公司的 M6800 和 Zilog 公司的 Z-80 构成三足鼎立之势。这一代的微处理器时钟频率为 24MHz,平均指令执行时间为 $1\sim 2\mu\text{s}$,集成度超过 5 000 管/片。

总之,第二代微型电子计算机集成度较高,执行速度较快,指令系统比较完善,具有典型的计算机体系结构以及中断、DMA 等控制功能。软件上,除采用汇编语言外,还配有 BASIC、FORTRAN、PL/M 等高级语言及其相应的解释程序和编译程序,后期配上了操作系统。8 位微型电子计算机有速度较慢、字长较短等不足之处,使其应用受到限制。

第三代(1978~1983):是 16 位微处理器和微型电子计算机。1978 年 Intel 公司推出集成 29 000 个晶体管的 8086; Motorola 公司推出集成 68 000 个晶体管的 MC68000; Zilog 公司推出集成 37 500 个晶体管的 Z8000。这是早期的第三代 16 位微处理器的典型代表。早期的第三代 16 位微处理器主频为 $4\sim 8\text{MHz}$,平均指令执行时间为 $0.5\mu\text{s}$,集成度超过 30 000~60 000 管/片。20 世纪 80 年代以后,Intel 公司又推出了 80286; Motorola 公司推出 MC68010。这后期的 16

位微处理器主频为 10MHz, 平均指令执行时间为 $0.2\mu\text{s}$, 集成度超过 100 000 管/片。

基于这些微处理器的微型电子计算机在性能上超过了小型计算机。软件方面, 可以使用等常驻的汇编程序、完美的操作系统、大型数据库、多种高级语言, 可以构成多微处理机系统。16 位微型电子计算器的成功, 形成了与小型电子计算机的竞争局面。它弥补了 8 位微型计算机由于字长和速度的局限所造成的缺陷, 为微型电子计算机在实时数据处理和实时控制领域中的应用开辟了广阔的前景。

第四代(1984 年以后): 是 32 位微处理器和微型电子计算机。其特点是数据总线和地址总线全是 32 位, 数据寄存器和地址寄存器也都是 32 位。指令系统完全支持 32 位数据格式。在机器寻址方式中, 所用的变址和其他地址修正量具有 32 位的表达式。

1984 年, Motorola 公司率先推出了 32 位的 MC68020。1985 年 Intel 公司推出 32 位的集成 450 000 个晶体管的 80386。这一时期的微处理器主频为 20 ~ 40MHz, 平均指令执行时间为 $0.1\mu\text{s}$ 。1989 年 Intel 推出 80486, 将第四代微处理器的性能又提高了一步。

Pentium 微处理器是在 1993 年被推出的。当时, Intel 公司为了防止竞争对手跟风搭车, 又因数字又无法登记注册, 所以决定放弃以 586 来命名, 于是就诞生了 Pentium。Pent 在拉丁文中表示第五的意思, ium 是音结尾, 使整个词听起来很响亮。Pentium 的主频为 150MHz, 平均指令执行时间为 $0.05\mu\text{s}$ 。随后, Intel 公司又推出了 Pentium 的增强产品 PentiumPro、Pentium MMX(Microprocessor Mediae Xtensions)。1997 年 PentiumII 投入市场。PentiumIII 是 1999 年 1 月 11 日 Intel 公司正式发布的。2000 年 Intel 公司推出了 Pentium4。

从 1971 年微处理机和微型电子计算机问世以来, 各种类型的微型电子计算机在各个领域得到广泛应用, 它不仅深刻地影响着计算机技术的发展, 而且在整个技术领域中占有越来越重要的地位。微型电子计算机的应用之所以发展得如此迅速, 一个重要的原因是其性能/价格比在各种类型的计算机中占有领先地位。微型电子计算机以廉价物美、可靠性高、维护方便、小巧灵活而深受欢迎。

这些年来, 微处理器内部的晶体管数目一直在以大约每 18 ~ 24 个月增加一倍的速度增长着。这个规律是时任 Intel 公司董事长的摩尔于 1965 年在准备一份报告时首先发现并预测的。摩尔在 1975 年对他的预言作了一次修改, 最终确定了每 18 个月微处理器内部的晶体管数量扩大一倍, 计算性能将翻一番, 而芯片的价格保持不变的预测规律。摩尔的这一断言, 被以后的发展完全证实。因此, 微处理器的这一发展规律被誉为“摩尔定律”(Moore' Law)。

微处理器已经按照摩尔定律发展了 30 多年, 在 1996 年, 有人向一些专家做了一次调查, 调查结果是专家们普遍认为这个规律大约还将持续 14 年, 直到 2010 年。也就是说, 这个规律前后持续 45 年之久。

1.3 我国电子计算机的发展

我国的电子计算机事业是从 1956 年周恩来总理主持制订“12 年科学技术发展规划”开始发展起来的。同年在清华大学和哈尔滨工业大学分别成立了计算机专业, 开始为我国的计算机事业培养人才。哈尔滨工业大学于 1957 年和 1958 年分别研制出国内第一台模拟式

电子计算机和数字式电子计算机。中国科学院于 1958 年和 1959 年分别仿制成功了性能较高的电子管计算机 103 机和 104 机,使我国电子计算机的制造水平达到了世界前列。从 20 世纪 60 年代开始,我国的计算机科技工作者自行设计并研制了第二代晶体管电子计算机,有 108 乙机、441B 机、320 机等。进入 20 世纪 70 年代,我国又先后研制成功 TQ-16(709)机、150 机、655 机等集成电路电子计算机,DJS-100 系列小型多功能机于 1976 年投入批量生产,1977 年 200 万次大型集成电路计算机 DJS-183 小型多功能电子计算机研制成功,1979 年 DJS-200 系列机问世。1983 年我国研制成功运算速度达到 100M 次/秒的巨型计算机“银河-1”,标志着我国进入了世界研制巨型机的行列。

我国研制微型电子计算机是从 1974 年开始的。DJS-050 系列、DJS-060 系列是我国最早研制生产的微型电子计算机,DJS-050 系列微型电子计算机与 Intel8080 兼容;DJS-060 系列与 M6800 兼容。接着,又研制了 16 位微型电子计算机。1981 年骊山微电子有限公司研制成功了 LS77 型 16 位微型处理器系列。1984 年电子工业部成功地开发了 16 位微型电子计算机系统:长城 0520 系列。由于国家的重视,微型电子计算机的研制发展很快,已初具规模,其应用发展非常迅速。

近年来,中国科学院计算技术研究所、国防科技大学和哈尔滨工业大学等单位先后开展了人工智能和智能计算机系统的研制,目前这项研制任务已纳入国家高技术发展规划。我国正在逐渐形成高性能电子计算机设计开发产业,先后研制成功曙光-1000、曙光-2000、曙光-3000、银河-2、银河-3、神州、神威等大型计算机,其中“曙光-3000”计算机的运算速度超过三千万亿次每秒,标志着我国的计算机研究水平正在向世界先进水平看齐。

1.4 电子计算机的基本结构、分类与性能评价

1.4.1 电子计算机系统的基本结构

现代计算机系统由硬件和软件两大部分构成。硬件是指构成计算机的物理实体。从物理结构上看,计算机系统由机壳、机架、插件板(由印刷电路板和电子器件组成)、底板走线和各种机械、电气设备所组成。从逻辑功能上看,它包括中央处理器 CPU(Central Processing Unit)、存储器、输入和输出设备等,其中 CPU 由运算器和控制器组成。软件是指发挥计算机作用的程序,通常存放在存储器中。

1. 计算机硬件的基本组成

为了完成运算或信息处理任务,计算机必须具备下述几个部分,如图 1.1 所示。

(1) 主机

① 运算器 ALU(Arithmetic Logic Unit)

运算器是计算机的执行机构,是完成加、减、乘、除等算术运算和与、或、非等逻辑运算的装置。它由能够实现相加运算的加法器、累加器和内部寄存器组成。

② 控制器 CU(Control Unit)

控制器是电子计算机的指挥机构,它依据指令产生一系列的操作命令脉冲,来指挥整个电子计算机的各个部分有条不紊地工作。它由指示指令地址的程序计数器 PC(Program

Counter)、暂时存放指令的指令寄存器 IR(Instruction Register)和翻译加工指令的指令译码器 ID(Instruction Decoder)及发布各种控制命令信号的控制信号发生器 CSG(Control Signal Generator)等部件组成。

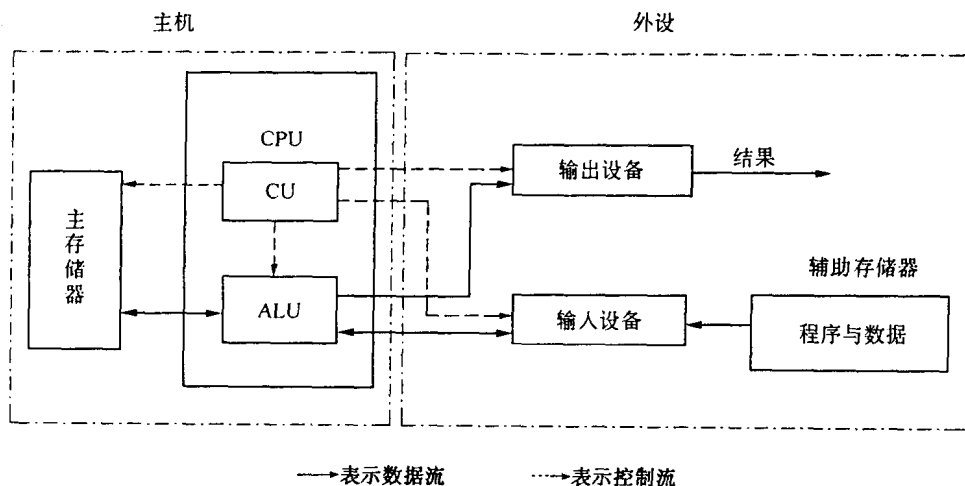


图 1.1 计算硬件的基本组成

运算器和控制器通常被集成到一块芯片上,这种芯片被称为中央处理单元 CPU。

③ 主存储器(Main Memory)

主存储器又称为内存储器,可视为电子计算机的仓库,用以存放大量的二进制代码,这些代码分别组成一个一个的字,每个字可能描述的是一条指令,也可能表示一个数据。在存储器中,这些字都按地址存放。

(2)外部设备

① 输入设备(Input devices)

输入设备用以将解题程序和原始数据转换成电信号,并在控制器的指挥下,按一定的地址顺序送入内存。常用的输入方式有磁盘、光盘和键盘输入,近年来,人们研制的声图文智能输入系统取得了很大的进展,人们已经可以通过语音、手势、手写板甚至表情来向计算机输入信息。

② 输出设备(Output devices)

输出设备用以将计算结果和人们感兴趣的有关信息,在控制器的指挥下,依照人们所能识别的形式,从机内送出。常用的输出方式有打字、绘图、屏幕显示和存入磁盘等。智能输出也是计算机科学工作者目前正在研究的热点课题。

③ 辅助存储器(External Storage)

辅助存储器又称外存储器,它是内存储器的后备和补充,也是用来存放二进制代码的。一般来说,在计算机关机后,主存储器中的信息将消失,所以有用的程序和数据都长久地保存在辅助存储器中。通常,辅助存储器的工作速度比内存慢得多,但其存储容量却比内存大得多。所以工作速度快的 CPU 不直接与辅助存储器打交道,CPU 只与速度较快的主存储器交换信息,辅助存储器中的信息只有存入内存后才能为 CPU 使用。常用的外存有磁盘、磁带、光盘等。

2. 计算机系统的层次结构

软件由系统软件、程序设计语言和应用软件三部分组成。为方便用户使用,提高计算机系统的效率或扩展硬件功能而编制的一组程序,称之为系统软件。它包括操作系统、汇编程序、编译程序、编辑程序、调试诊断程序、装配与连接程序等等。有时,将数据库管理系统和某些应用软件包也算在其中。程序设计语言种类很多,常用的有汇编语言、BASIC 语言、C/C++ 语言、FORTRAN 语言、COBOL 语言、PASCAL 语言、JAVA 语言等等。应用软件是指用户为解决某一特定问题而编制的程序。

各种软件的使用,使计算机系统形成了如图 1.2 所示的层次结构。最低层是真实的机器,自底向上每增加一层,软件就为用户使用计算机提供更多的功能,形成了比真实机器功能更强的“虚拟机器”。

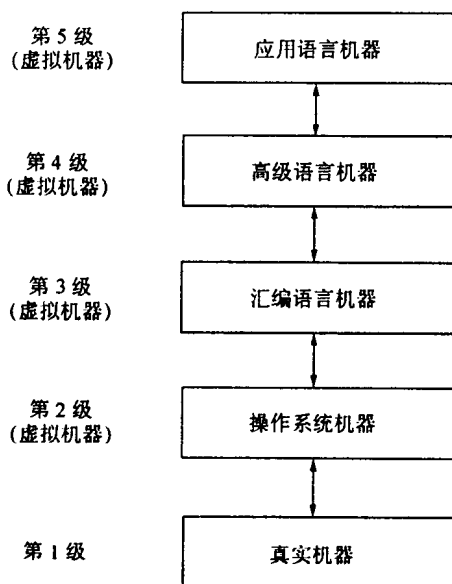


图 1.2 计算机系统的层次结构

在计算机系统的层次结构中,上一层机器向下一层机器发出操作命令,下一层机器执行操作命令并向上一层机器返回结果。至于下一层机器是如何完成这些操作,它的内部结构如何,上一层机器并不关心。这种本来存在的事物或属性,从某个角度去看却好像不存在,这种现象在计算机技术中被称为透明性(Transparency)。在计算机系统的层次结构中,底层机器的属性对上层机器的程序员而言就是透明的。

计算机可以理解成面向算法的机器,软件是实现某种算法的程序。一种算法可以由硬件实现,也可以由软件实现。如数组运算,一般的计算机中多为软件实现,而在巨型机或数组处理机中,则是由硬件实现。这就是说,硬件与软件在逻辑功能上是完全等同的。对于一个具体计算机系统,硬件与软件的功能如何分配,要视具体情况而定。加大软件比例,可以减少硬件成本,但执行时间要长。随着大规模集成电路的迅速发展,硬件成本不断下降,加大硬件比例,软件技术硬(固)化的趋势日益上升,软硬件技术的密切配合,是计算机系统设

计的一大关键。

1.4.2 电子计算机的分类

从电子计算机的内部实现来分,电子计算机可分为数字式电子计算机和模拟式电子计算机。

模拟式电子计算机所处理的电信号在时间上是连续的,称为模拟量。例如,可用电信号的幅值来模拟数值或物理量大小,因此就能够用电信号不同的幅值表示不同的数值。

数字式电子计算机所处理的电信号在时间上是离散的,称为数字量。正如电子线路中,用电平高低或脉冲的有无来表示数值的1和0。这样,就可以用一串脉冲,或用一组触发器输出电平的高低表示一个数值。不同的组合就能够表示数值的不同大小,增加组合位数能增加数的表示范围和精度。

将模拟技术和数字技术相结合的计算机,称为模拟、数字混合式电子计算机。

数字式电子计算机将信息数字化,具有许多独特的长处。例如,数字化信息能够用各种存储器和寄存器保存,使计算机可以具有极大存储量,从而可对大量的数据信息进行处理。数字信息还可以用来表示各种物理量和逻辑变量,以至文字符号、图形等,因而计算机除了数值计算外,还能进行逻辑加工,具有更强的功能。因此,现在广泛使用的是数字式电子计算机,所以为简单起见往往将数字式电子计算机简称为电子计算机,或直接称为计算机。

从电子计算机的性能来分,电子计算机可分为微型电子计算机、小型电子计算机、中型电子计算机、大型电子计算机和超级电子计算机。

从电子计算机的用途来分,电子计算机可分为个人电子计算机(简称为PC机,Personal Computer)、工业控制电子计算机(简称工控机)、军用电子计算机(也称为加固型计算机或抗恶劣环境计算机)和嵌入式电子计算机。

计算机按其设计目的可分为专用计算机和通用计算机。专用机是以最佳的性能、最高效的设备利用率来满足用户的需求,但其适应性很差,一旦应用领域发生变化,其性能和效率都迅速下降。而通用机的适应性很广,但在每一个应用领域都很难在效率和性能上达到最佳。

在计算机网络高速发展的今天,从电子计算机在网络中的地位来分,电子计算机可分为客户端电子计算机(Client)和服务端电子计算机(Server)。

1.4.3 电子计算机的性能评价

一般从以下几个方面来衡量计算机的基本性能:基本字长、主存容量、存取周期、运算速度、外围设备的配置、系统软件的配置等。

1. 基本字长

基本字长是指参与运算的基本位数,也是微处理器内标准数据存储单元寄存器所包含的二进制位数的多少。它决定着寄存器、加法器、数据总线等部件的位数。通常,字长是字节B(Byte)的整数倍,字节是8位的,则字长可是8位、16位、32位、64位等。基本字长越长,计算精度越高,但成本也越高。

2. 主存容量

常以字数乘以字长来表示主存容量,如 $1\ 024 \times 16$ 表示有 1 024 个存储单元,每个单元 16 位。由于目前计算机常以字节为存储空间的编址单位,所以一般用字节 B 为主存容量的单位。同时,将 1 024 简称为 1K,1 024K 称为 1M,1 024M 称为 1G,1 024G 称为 1T。现代计算机的主存容量从几十 MB 到上百 MB。超级计算机的主存容量甚至可达上百 GB。

3. 存取周期

存储器进行一次完整的读写操作所需要的全部时间,也就是从存储器中连续存(写)、取(读)两个字所用的最小时间间隔称为存取周期。磁盘存储器的存取周期为零点几到几个微秒,半导体存储器的存取周期通常在几十到几百纳秒之间。

4. 运算速度

常以计算机每秒钟能执行多少百万条指令 MIPS(Million Instructions Per Second)为衡量计算机速度的指标。对于应用于科学计算的计算机,是以每秒钟能执行多少百万个浮点操作 MFOPS(Million Float - point Operation Per Second)来衡量其性能。

5. 外围设备的配置

允许配置外围设备的类型、数量与输入输出处理能力。

6. 系统软件的配置

系统中的软设备,例如是否有功能很强的操作系统和丰富的高级语言开发环境,是否有多种应用软件等。

7. 主频

中央处理器 CPU 工作的节拍是由主时钟控制的,主时钟不断地产生固定频率的时钟脉冲,它的频率称为主频。目前计算机的主频一般在几十到几百兆赫(MHz)之间,最新的微处理器的主频已超过 1GHz。对于同一型号的处理器的而言,主频越高,处理速度越快,但功耗也越大。

8. 辅存容量

辅存又称为外存,它的容量一般为几吉字节(GB)到几十吉字节(GB)。对大型计算机,辅存容量可达几太字节(TB)到几十太字节(TB)。

9. 系统吞吐率

系统吞吐率指单位时间内,计算机系统所完成的任务数。

10. 系统平均响应时间

系统平均响应时间指计算机系统从获得输入到将结果输出的时间间隔。

11. 软件兼容性

对于计算机的用户来说,软件兼容性是十分重要的。不具备软件兼容性的计算机,就不能与其他计算机共享软件资源。软件兼容性又分为向上(下)兼容,向前(后)兼容。

13. RASIS 特性

可靠性(Reliability)、可用性(Availability)、可维护性(Servicability)、完整性(Integrity)和安

全性(Security)统称为 RASIS 特性,其中可靠性用平均无故障时间 MTTF(Mean Time To Failure)来衡量,可维护性用平均修复时间 MTTR(Mean Time To Repair)来衡量。

14. 可伸缩性(Scalability)

如果一个计算机系统(包括它的软、硬件)能够在保持软件兼容性的同时,不仅可以通过向上扩展(即增加资源)提供更高的性能和更强的功能,而且能够通过向下缩小(即减少资源)降低成本,故称之具有可伸缩性。

1.5 电子计算机的特点及应用

尽管电子计算机问世至今仅仅 50 多年的时间,但它已经广泛应用于工业、农业、国防、科研、文教、交通运输、商业、通信以及日常生活等各个领域。实践表明,没有计算机就没有科学技术现代化,就没有工业、农业和国防现代化。

1.5.1 电子计算机的特点

1. 能自动连续地高速运算

由于计算机采用存储程序控制方式,一旦输入编好的程序,启动之后,就能自动运行下去。

2. 运算速度快

计算机的运算速度每秒可达几亿次、几百亿次,甚至上万亿次,使过去许多无法解决的问题迎刃而解。例如,未来 24 小时的天气预报,使用高性能计算机,几分钟内就可计算出来。随着计算机器件速度的提高、计算机系统结构的发展,计算机的速度还会有更大的提高。

3. 具有“记忆”功能和逻辑判断能力

电子计算机的存储器能够准确无误地长期保存程序与数据,需要时,可迅速地读出使用或对其存储内容进行更新。这种大容量记忆和高速存储的能力是电子计算机能够自动高速运行的必要基础。电子计算机还具有逻辑分析、逻辑推理和逻辑判断能力。例如,判断一个数大于还是小于另一个数,判断一个数是正数还是负数。有了逻辑判断能力,电子计算机在运算时,就可根据上一步运算结果,自动地判断选择下一步的计算步骤,并使电子计算机能进行诸如资料分类、情报检索、逻辑推理等逻辑加工性质的工作。

4. 运算精度高

电子计算机的运算精度可达十进制数的十几位,其运算精度仅取决于机器的字长,为了获得更高的计算精度,还可以进行双倍字长、多倍字长的运算。

5. 通用性强

电子计算机在解题时,对不同的问题,只是执行的程序不同而已,电子计算机本身是不变的。因此,电子计算机的使用具有很大的灵活性和通用性,同一台电子计算机能解决各式各样的问题,可以应用于不同的领域。