

高等教育“十二五”规划教材

计算机组成原理

Jisuanji Zucheng Yuanli

主编 傅 游 王国明 席振元

中国矿业大学出版社

///

高等教育“十二五”规划教材

计算机组成原理

主编 傅 游 王国明 席振元

中国矿业大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

计算机组成原理 / 傅游, 王国明, 席振元主编. — 徐州:

中国矿业大学出版社, 2015. 1

ISBN 978 - 7 - 5646 - 2411 - 8

I. ①计… II. ①傅… ②王… ③席… III. ①计算机组成原理—高等学校—教材 IV. ①TP301

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 159299 号

书 名 计算机组成原理
主 编 傅 游 王国明 席振元
责任编辑 仓小金
出版发行 中国矿业大学出版社有限责任公司
(江苏省徐州市解放南路 邮编 221008)
营销热线 (0516)83885307 83884995
出版服务 (0516)83885767 83884920
网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com
印 刷 徐州中矿大印发科技有限公司
开 本 787×1092 1/16 印张 15 字数 374 千字
版次印次 2015 年 1 月第 1 版 2015 年 1 月第 1 次印刷
定 价 30.00 元

(图书出现印装质量问题, 本社负责调换)

前 言

“计算机组成原理”是计算机科学与技术类各专业必修的一门重要学科基础课,也是信息学科各专业的学科大类基础课,在“数字逻辑电路”和“计算机系统结构”两门课程之间起着承上启下的作用。

“计算机组成原理”课程主要介绍单处理机系统组成和工作原理,在说明计算机各功能部件的基本组成和工作原理的基础上,介绍计算机的工作过程及各部分之间的关系,使学生把握数据和控制信号在计算机各部分之间的流动和作用,建立起整机的概念,为后续课程的学习打下良好的基础。

本课程教学具有知识面广、内容多、难度大等特点,本书是作者在多年从事“计算机组成原理”课程理论教学和实践教学经验的基础上,从传授理论知识和提高系统设计能力的目的出发,结合课程的特点、难点和重点编写而成。本书分为八章:第一章介绍计算机的发展、分类、冯·诺依曼型计算机的主要特征,计算机系统的特点及应用、层次结构及软硬件系统组成和计算机系统的主要性能指标。第二章重点讲述数据的计算机内表示,各种进制数之间的互换、运算规则,运算器的组成以及工作原理。第三章介绍存储器的分类、层次结构,讲述主存储器的组成与工作原理,介绍并行主存系统、Cache 存储器以及虚拟存储器。第四章以微型计算机 M6800 和 Intel8080、PDP/11、IBM370 为例,说明了机器的指令格式、指令寻址的基本方式和常用的操作数寻址方式,介绍了 PDP/11、NOVA 系列机的寻址方式,并对 CISC 和 RISC 机器进行了分析和说明。第五章分析了 CPU 的功能和基本组成,重点讨论控制器的组成原理和实现方法,微程序控制器及设计,介绍了开发系统并行性的流水线处理技术,分析流水 CPU、RISC CPU 以及 GPU。第六章介绍了总线概念、组成与结构,讨论总线接口、总线的仲裁、总线的定时操作和数据传送模式和一些常用的总线。第七章

介绍了计算机输入输出系统中常用的接口及输入输出设备。本书除了基本原理的叙述外,还将当前计算机采用的新技术和新动向进行了介绍,除了前几章中介绍的并行流水线技术、GPU 外,在第八章中结合实例,介绍了高性能处理机系统结构的演化、采用的新技术和机制,介绍了多核处理机技术和面临的挑战以及多核发展趋势。

本书在编写过程中力求做到文字精练、准确,除可作为高等院校的计算机专业教材外,也可供从事计算机专业的工程技术人员及其他学习者使用,也适合用做考研学习资料。

本书由山东科技大学傅游教授统稿,第一、三章由华北科技学院席振元教授编写,第二章和第七章由安徽理工大学王国明教授编写,第四、五、六章及第八章由山东科技大学傅游教授编写。

在本书编写过程中,山东科技大学程勇老师给予了很多的支持和帮助,在此表示感谢。山东科技大学于建志老师,研究生杭飞、王红玉、周秀娟等为书稿的录入、排版和绘图等做了大量工作,在此一并表示感谢。

由于作者水平所限,不妥之处在所难免,谨请读者和专家批评指正。

编 者
2014 年 10 月

目 录

第一章 计算机系统概论	1
第一节 计算机的发展与分类	1
第二节 冯·诺伊曼型计算机的主要特征	5
第三节 计算机的特点及应用	7
第四节 计算机系统的层次结构	10
第五节 计算机系统的硬件组成	11
第六节 计算机的软件系统	12
第七节 计算机系统主要性能指标	14
本章小结	16
习题	17
第二章 数据的表示与运算	18
第一节 数的表示	18
第二节 文字信息的编码及表示	22
第三节 定点运算与运算器	25
第四节 浮点运算与运算器	37
本章小结	44
习题	45
第三章 存储器系统	46
第一节 存储器概述	46
第二节 主存储器	49
第三节 并行主存系统	64
第四节 Cache	66
第五节 虚拟存储器	73
本章小结	77
习题	78
第四章 指令系统	81
第一节 机器指令系统的发展与性能要求	81
第二节 指令格式	83
第三节 操作数类型和操作类型	89

第四节 指令和数据的寻址方式	91
第五节 指令系统举例	97
第六节 CISC 和 RISC 指令风格	100
本章小结	103
习题	103
第五章 中央处理器及控制器	106
第一节 CPU 的功能和结构	106
第二节 指令周期	110
第三节 数据通路的功能和基本结构	114
第四节 控制器控制方式与时序系统	117
第五节 控制器单元的设计	119
第六节 组合逻辑控制器的设计	121
第七节 微程序控制器	129
第八节 流水线处理技术	144
第九节 CPU 举例	144
本章小结	151
习题	152
第六章 系统总线技术	155
第一节 总线概述	155
第二节 总线的组成与结构	159
第三节 总线接口	162
第四节 总线的仲裁	165
第五节 总线的定时操作和数据传送模式	167
第六节 常用总线举例	170
本章小结	175
习题	176
第七章 输入输出系统	178
第一节 输入输出系统概述	178
第二节 I/O 设备	179
第三节 I/O 接口的功能与基本结构	194
第四节 程序查询方式	197
第五节 程序中断传送方式	200
第六节 DMA 传送方式	201
第七节 通道方式	203
第八章 实例解析	206
本章小结	208

习题.....	208
第八章 高性能计算技术	210
第一节 高性能计算机.....	210
第二节 高性能处理机指令系统结构举例(安腾).....	214
第三节 安腾指令系统结构.....	217
第四节 指令级并行机制.....	219
第五节 多核处理器技术.....	224
本章小结.....	231
参考文献	232

第一章 计算机系统概论

通常所说的计算机,其全称是电子式数字计算机,它是一种能存储程序、能自动连续地对各种数字化信息进行算术与逻辑运算的快速工具。本章首先简要介绍计算机的发展、分类、冯·诺伊曼型计算机的主要特征,然后讲述计算机系统的特点及应用、层次结构、软硬件系统组成,最后给出了计算机系统的主要性能指标。本章将为课程的学习奠定基础。

第一节 计算机的发展与分类

一、计算机的发展

人类为了适应社会生产发展的要求,发明了各种计算工具。中国古代发明了算盘,这是人类历史上最早的一种计算工具;1642年,法国科学家帕斯卡发明了齿轮式加、减计算器;德国著名数学家莱布尼茨在帕斯卡研究的基础上,又设计了能够进行四则运算的机械式计算器。20世纪初,英国数学家布尔创立了“布尔代数”,为电子计算机的诞生奠定了理论基础。

1. 第一台计算机的诞生

随着社会生产力的发展,计算工具也在不断发展。1946年2月,世界上第一台电子数字计算机 ENIAC(Electronic Numerical Integrator And Computer,也可称埃尼阿克)在美国宾夕法尼亚大学诞生,是由该大学莫尔学院的埃克特和莫克利领导的科研小组建造的,其外形如图 1-1 所示。ENIAC 直译名为“电子数字积分和计算机”,它是个庞然大物,耗资 40 万美元,共用了 18 000 多个电子管、70 000 多个电阻,质量达 30 t,占地 170 m²,功率为 150 kW,是一台公认的“大型”计算机。ENIAC 虽然每秒只能进行 5 000 次加法运算或 500 次乘法运算,但其速度约比机械式计算机快 1 000 倍,能在 30 s 内计算出从发射到击中目标飞行 1 min 的弹道轨迹,将科学家从繁重、枯燥的计算中解放出来。

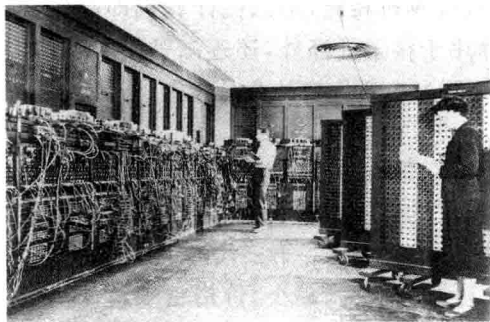


图 1-1 ENIAC 计算机

ENIAC 的问世在人类科学史上具有划时代的意义,奠定了计算机发展的基础,开辟了电子计算机时代的新纪元。但是,ENIAC 有两个缺点,一是存储容量太小,只能存储 20 个字长的 10 位的十进制数;二是用线路连接的方法来编排程序,尚未采用“程序存储”方式,每道题要依靠“外接”线路实现。因此,ENIAC 不具备现代电子计算机的主要特征。

在进行 ENIAC 研制的同时,冯·诺伊曼与莫尔学院的科研组合作,提出了一个全新的存储程序的通用电子数字计算机方案 EDVAC(Electronic Discrete Variable Automatic Computer),意即“离散变量自动电子计算机”,也就是人们通常所说的冯·诺伊曼型计算机。该计算机采用“二进制”代码表示数据和指令,并提出了“程序存储”的概念,它奠定了现代电子计算机的基础。

2. 计算机的发展阶段

从第一台电子计算机的诞生到现在,人们根据计算机所采用的电子器件的变化,将计算机的发展分为四个时代。

(1) 第一代计算机

第一代计算机的基本特征是采用电子管(其外形如图 1-2 所示)作为计算机的逻辑元件。由于当时电子技术的限制,运算速度仅为每秒几千次,内存容量仅为几千字节。因此,第一代计算机体积庞大、造价很高。在这个时期,没有系统软件,只能用机器语言和汇编语言编程,数据表示主要是定点数。外部设备有磁鼓、卡片机、纸带穿孔机等。第一次计算机只能在少数尖端领域中得到应用,即主要用于科学、军事和财务等方面的计算。尽管存在一些局限性,但第一代计算机却奠定了计算机发展的基础。IBM 公司 1954 年推出的 IBM 650 小型机是第一代计算机中畅销最广的计算机。

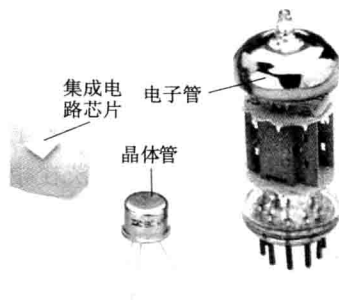


图 1-2 电子管、晶体管与集成电路芯片的比较

(2) 第二代计算机

第二代计算机的基本特征是逻辑元件逐步由电子管改为晶体管(其外形如图 1-2 所示),内存所使用的器件大都是由铁氧磁性材料制成的磁芯存储器。外存储器增加了磁盘、磁带,外设种类也有所增加。第二代计算机运算速度达每秒几十万次,内存容量扩大到几十万字节。与此同时,计算机软件也有了较大的发展,有了监控程序,提出了操作系统的概念,出现了高级语言。与第一代计算机相比,第二代计算机即晶体管计算机体积小、成本低、功能强,可靠性大大提高。除用于科学计算外,还逐渐被用来进行商务处理。1959 年 IBM 公司推出的商用机 IBM 1401 即为小巧价廉的全晶体管计算机。

(3) 第三代计算机

随着固体物理技术的发展,集成电路工艺已可以在几平方毫米的单品硅片上集成由十几个甚至上百个电子元件组成的逻辑电路。其基本特征是逻辑元件采用小规模集成电路和大规模集成电路(其外形如图 1-2 所示)。第三代电子计算机的运算速度可达每秒几十万次到百万次,存储器进一步发展,体积越来越小,价格越来越低,软件越来越完善。这一时期,计算机同时向标准化、多样化、通用化、系列化方向发展,高级程序设计语言在这个时期有了大发展,并出现了操作系统和会话式语言。计算机开始广泛应用于各个领域。IBM 公司

1964 年推出的 IBM 360 是影响最大的最早采用集成电路的第三代计算机,如图 1-3 所示。

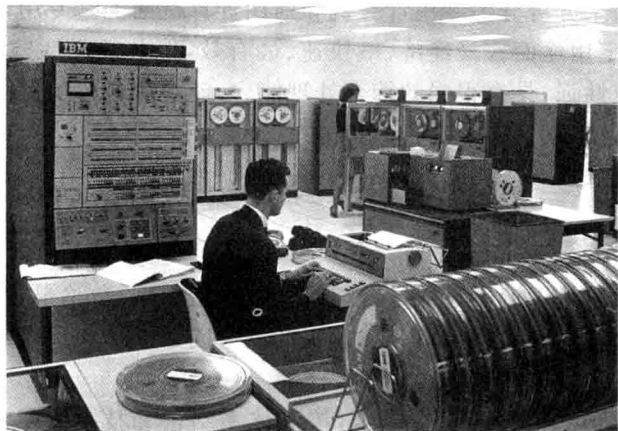


图 1-3 IBM 360 计算机

(4) 第四代计算机

第四代计算机的电子器件主要采用大规模和超大规模集成电路(VLSI)。由于集成度的大幅度提高,第四代计算机具有高速度、高性能、大容量和低成本等特点,运算速度已达每秒几百万次至几百万亿次。每个芯片的集成度从 20 世纪 70 年代初的几千个晶体管到 20 世纪末的千万个晶体管。其代表产品就是通过单片 IC 制作出计算机的 CPU,或者微处理器(Microprocessor)。微型计算机或称个人计算机(Personal Computer,PC)的出现和普遍应用是这一期间的重要成就。在软件方面,操作系统功能完善、应用软件丰富。

二、计算机的分类

计算机有多种分类方法,这里介绍常用的三种分类方法。

1. 按处理对象的表示形式分类

按计算机所处理对象的表示形式不同可以分成模拟计算机与数字计算机两类。

(1) 模拟计算机。模拟计算机是对连续变量进行运算的解算装置。变量可以是连续变化的直流电压、电流或电荷。运算部件主要由运算放大器和一些特殊的开关元件组成,可进行加、减、乘、除、微分、积分等数学运算。由于模拟计算机工作的连续性、并行性、实时性及操作简便,适用于连续系统的实时仿真。模拟计算机的主要缺点是受元器件精度限制与运算放大器零点漂移的影响,整机精度远低于数字计算机。近年来,在模拟机中引入了各种逻辑电路和存储电路,增强了模拟计算机的仿真功能。也可以将模拟计算机与数字计算机结合起来,组成混合计算机。

(2) 数字计算机。数字计算机是对用离散符号表示的数据或信息进行自动处理的电子装置。目前,一般意义上的计算机就是指数字计算机。计算机中采用二进制编码信息来表示数值、字符、指令或其他控制信息,计算机处理图形、图像、声音、视频等连续信息时,最终也是将它们离散化成二进制的数值数据后进行的。数字计算机的运算部件由高速的电子元器件组成,因此数字计算机速度快、精度高,应用更为广泛。

2. 按用途分类

计算机按其用途来分可分为专用计算机和通用计算机两类。专用计算机是专门用于某种用途的,它对于特定用途而言最经济、最快速、最有效,但其适应性差,多用于工业控制系统。通用计算机适应性强,具有很强的综合处理能力,能解决各种类型的问题。

3. 按规模及性能分类

通用计算机按其规模及性能来分,可分为巨型机、大型机、小型机、工作站和微型机五种类型。

(1) 巨型机(Super Computer)

巨型机是计算机家族中速度最快、性能最高、技术最复杂、价格最贵的一类计算机,也称超级计算机。它主要用于解决大型机难以解决的复杂问题。如我国研制成功的“银河”计算机就属于巨型计算机。

巨型机从 20 世纪 60 年代末诞生以来,按其体系结构和技术水平的发展可以分成一、二、三、四代,它们分别是单指令流多数据流(SIMD)的阵列处理机,具有流水线结构的向量机,多指令流多数据流(MIMD)的共享主存多处理机系统(SMP),大规模并行处理系统MPP 和集群系统(Cluster)。

近年来,我国巨型计算机的研发水平取得了很大的成绩,推出了“银河”、“曙光”、“星云”、“天河”等巨型机。安装在国家超级计算天津中心的“天河一号”超级计算机系统,如图 1-4 所示。达到峰值速度 4 700 万亿次、持续速度 2 566 万亿次每秒浮点运算的优异性能,2012 年 6 月 18 日,国际超级电脑组织公布的全球超级电脑 500 强名单中,“天河一号”排名全球第五。

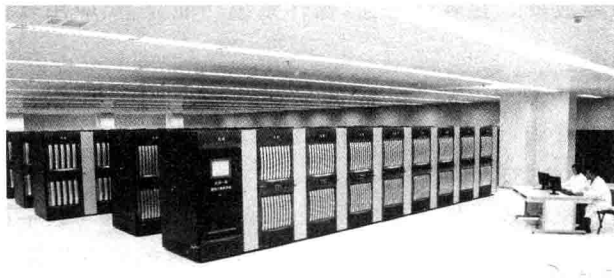


图 1-4 “天河一号”巨型机

(2) 大型机(Large Computer, Mainframe)

大型机是使用当代的先进技术构成的一类高性能、大容量计算机(但性能与价格指标均低于巨型机)。它代表该时期计算机技术的综合水平。大型机的处理机系统可以是单处理机、多处理机或多个子系统的复合体。其发展大致可以分为 4 个阶段,它们的典型产品分别是 IBM 公司的 System 360(20 世纪 60 年代)、System 370(20 世纪 70 年代)、System 370—XA(20 世纪 80 年代)和 System 390(20 世纪 90 年代)。

(3) 小型机(Minicomputer)

小型机是一种规模与价格均介于大型机与微型机之间的一类计算机。其发展大致分成 4 个阶段,分别是 20 世纪 60 年代中的晶体管、小规模集成电路计算机(如 DEC 公司的

PDP-8),20 世纪 60 年代末至 20 世纪 70 年代末的大规模集成电路计算机(如 DEC 的 PDP-11),20 世纪 70 年代末至 20 世纪 80 年代末的超大规模集成电路计算机(如 VAX—11 系列)和 20 世纪 80 年代末以来的精简指令集计算机。此外,自 1977 年以来,在小型机基础上发展而成的超级小型机(Super Minicomputer),它们与原来的小型机软件兼容,但其性能又高于小型机,典型代表有 VAX-11/780。

(4) 工作站(Workstation)

工作站是以个人计算环境和分布式网络计算环境为基础,其性能高于微型机的一类多功能计算机。它为特定应用领域的人员提供了一个具有友好人机界面的高效率工作平台。工作站除了具有高速的定点和浮点运算能力以外,还有很强的处理图形、图像、声音、视频等多媒体信息的能力。因此工作在工程设计领域得到广泛应用。SUN、HP、SGI 等公司都是著名的工作站生产厂家。

(5) 微型机(Microcomputer)

微型机以微处理器为中央处理器组成的计算机系统。它是在 20 世纪 70 年代初随着大规模集成电路的发展而诞生的,到目前为止大致可以分成 4 个阶段。

第一阶段(1971~1977 年)。是以 8 位微处理器为基础,有较完整的指令系统和较强功能,存储容量为 64 kB。此阶段典型微处理器有 Intel 8080、8085,Zilog 公司的 Z—80 及 Motorola 的 M 6800,配有简单操作系统(如 CP/M)。

第二阶段(1978~1981 年)。此阶段微处理器以 16 位或准 32 位为基础,采用虚拟存储、存储保护等只有以前的小型或大型机中才有的技术,内存 1 MB,有较大容量的软盘和硬盘。

第三阶段(20 世纪 80 年代初至中期)。20 世纪 80 年代初,IBM 推出了开放式 IBM PC 机,这是微型机发展过程中的一个里程碑。当时,IBM PC 所用芯片(8086、80286 和 80386)、操作系统(MS—DOS)和总线实际上形成了国际工业生产的主要标准,微型机应用也得到了迅速的发展。

第四阶段(20 世纪 80 年代后期开始),RISC 技术的出现使微处理器的体系结构发生了重大改革,从而出现了 RISC 与 CISC 计算机相互学习、相互促进、共同发展的新局面。典型微型机有以 Pentium 和 PowerPC 为处理器的多种微型机系统。可以说,微型机的诞生与发展是计算机发展历程中影响最深远的一件事。

第二节 冯·诺伊曼型计算机的主要特征

一、计算机的基本组成

自 1946 年世界上出现第一台电子数字计算机以来,计算机的硬件(Hardware)结构和软件(Software)系统都已发生巨大变化。但就其基本组成而言,仍未摆脱冯·诺伊曼型计算机的设计思想,即计算机由五大基本部分组成,它们是运算器(Arithmetic Unit)、控制器(Control Unit)、存储器(Memory)、输入设备(Input Device)和输出设备(Output Device),其组织结构如图 1-5 所示。

运算器用来实现算术与逻辑运算,存储器用来存放计算程序及参与运算的各种数据,控

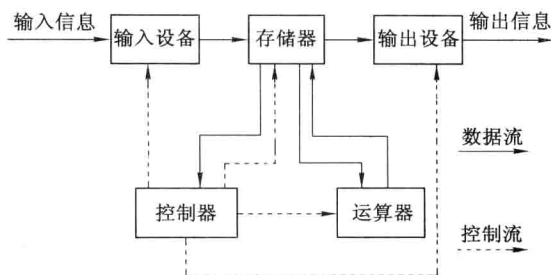


图 1-5 计算机的基本组成

制器实现对整个运算过程的有规律的控制,输入设备实现计算程序和原始数据的输入,输出设备实现计算结果的输出。上述计算机的基本组成有效地保证了用机器模拟人的计算过程,并能获得预期的计算结果。存储器分为主存储器(Main Memory,简称主存)和辅助存储器(简称辅存或外存)。

习惯上,常将输入、输出设备及辅助存储器等统称为外部设备,简称 I/O 设备。将运算器、控制器和主存储器统称为计算机的主机。外部设备与主机之间的信息交换是通过输入输出接口(简称 I/O 接口)电路实现的,不同的外部设备有各自的 I/O 接口。

随着集成电路芯片的集成度的不断提高,出现了大规模和超大规模集成电路,这样就将一台计算机的运算器和控制器集成到了一块芯片内,称为中央处理器(Central Processing Unit,CPU)。这样,现代计算机可认为由 CPU、主存与 I/O 设备组成,其典型结构如图 1-6 所示。CPU 与主存构成主机,各部分之间通过总线连接在一起,并实现信息的交换。其中,系统总线和存储总线是两类主要总线。

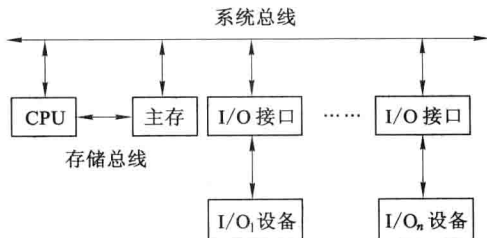


图 1-6 现代计算机的典型结构

冯·诺伊曼型计算机的另外两大特征是存储程序和采用二进制。具体地说,在上述计算机中,要实现机器的自动计算,必须先根据题目的要求编制出求解该问题的计算程序,并通过输入设备将该程序与用到的数据存入计算机的存储器中,称之为存储程序。在计算机中,计算程序及数据是用二进制代码表示的,计算机只能存储并识别二进制代码表示的计算程序和数据,称之为采用二进制。

随着计算机硬件、软件技术的飞速发展,现代计算机无论性能与结构如何变化,其整体设计思想还是属于冯·诺伊曼型计算机,也即具有冯·诺伊曼型计算机的三个主要特征。

二、存储程序工作方式

存储程序是冯·诺伊曼思想的核心内容,表明了计算机的工作方式,包含以下三个要点:首先编制程序,然后存储程序,最后自动、连续地执行程序。这三点体现了用计算机求解问题的过程,下面分别加以说明。

1. 根据求解问题事先编制程序

计算机处理任何问题都是通过执行程序来实现的。因此,在求解某一问题时,用户要根据解决这一问题所采用的算法(即解题步骤)事先编制程序,规定计算机需要做什么事情,按照什么步骤去做。程序中还应提供需要处理的数据,或者规定计算机在什么时候、什么情况下从输入设备取得数据,或向输出设备输出数据。我们将用某种编程语言编写的程序称为源程序(Source Program)。

2. 将程序存入计算机

将编写好的源程序通过输入设备输入到计算机的存储器中,此时的程序是由字符组成的,不能被计算机识别执行,还需要进一步将程序翻译成符合某种格式的机器指令序列,即目标程序(Object Program)。因此,事先编写的源程序最终将变为目标程序保存在存储器中,提供给计算机执行。

3. 计算机自动、连续地执行程序

要执行的目标程序与数据必须事先装入计算机的主存中,一旦计算机启动该程序后,不需要人工干预,就能自动、连续地从主存储器中逐条读取指令,按照指令要求完成相应操作,直到整个程序执行完毕。在某些采用人机对话方式工作的场合,允许用户以外部请求的方式干预程序的运行。

指令和数据都是以二进制代码的形式存放在主存中,计算机区分它们的方法及自动地从主存中读取指令的方法如下:首先,将指令和数据分开存放。由于在多数情况下程序是顺序执行的,因此大多数指令需要依次紧靠存放,而将数据存放在该程序区中不同的区间。其次,在CPU中设置一个程序计数器(Program Counter, PC),用它存放即将执行指令所在的存储单元的地址。如果程序顺序执行,则在读取当前指令后将PC的内容加1,指向下一条指令的地址。如果程序要进行转移,则将转移目标地址送入PC,以便按照转移地址读取后续指令。因此,依靠PC的指示,计算机能够自动地从主存中读取指令,再根据指令提供的操作数地址读取数据。

第三节 计算机的特点及应用

一、计算机的特点

由于数字计算机采用数字化的信息表示方法和存储程序工作方式,因而能自动连续地对各种数字化信息进行算术、逻辑运算,并能够进行广泛的信息处理。数字计算机主要特点表现在以下几个方面。

(1) 自动、连续地执行程序。将程序输入计算机后,只要提供程序的运行条件和起始地址,计算机便能自动地从起始地址读取程序,解释并执行程序。这是计算机区别于其他计算

工具的最本质的特点。

(2) 运算速度快。计算机硬件目前是由高速的电子线路组成的,工作速度极快。一个复杂的数学计算或大量的数据处理可能需要若干个人工作很长一段时间才能够完成,而用计算机来处理很快就可以获得结果。这不仅极大地提高了人类的工作效率,也大大增强了人类处理问题的能力,使许多复杂问题能实际得到解决。随着更高速的新器件的诞生,以及系统结构的进一步优化,计算机的运算速度还将得到更大的提高。

(3) 运算精度高。计算机采用数字代码表示数据,代码的位数越多,数据的表示精度就可以越高。尽管在实际计算机中考虑到硬件成本等因素,对数据的基本位数有一定限制,但通过软件可以实现多位数据的运算,获得更高的精度。

(4) 存储能力强。计算机依靠存储器能够存储大量的程序和数据,这是保证计算机能自动连续工作的先决条件。程序和数据是由二进制代码组成的,只要是具有两种稳定状态的物理介质都能存储二进制代码。在计算机中,主存利用触发器或电容电荷存储信息,外存利用磁化状态或其他介质状态存储信息。因而计算机具有很强的信息存储能力,存储的程序和数据越多,计算机的处理功能也就越强。

(5) 通用性好。由于各类信息都可以表示为数字化信息,都能够被计算机处理,所以计算机的应用领域极其广泛。又由于计算机用数字逻辑部件作为处理数字信号的统一逻辑基础,因此计算机既能实现算术运算,又能实现逻辑运算;既能进行数值计算,又能对各类非数值信息(如信息检索)进行处理;计算机还能实现图像处理、语音处理、逻辑判断等。计算机的这种极好的通用性使它的应用范围极其广泛。

二、计算机的应用

信息社会对计算机的需求迅速增长,计算机及其应用已经渗透到社会的各个方面,正在改变着人们传统的工作、学习和生活方式,推动着社会的发展。概括起来,计算机的应用主要体现在以下几个方面。

1. 科学计算

科学计算也称为数值计算,指用计算机来完成的科学研究和工程技术中的数学计算,这是计算机最基本的应用。在数学、物理、化学、生物、天文、地理等自然科学领域中,以及航天、汽车、造船、建筑等工程技术领域中的各种复杂计算都是借助计算机完成的。如果不使用计算机,有些问题就很难解决,甚至根本无法完成。

2. 数据处理

数据处理也称为非数值计算,是指利用计算机对信息进行采集、查询、分类、排序、统计、存储、传送等工作。计算机应用从数值计算到非数值计算,是计算机发展史上的一个飞跃。数据处理成为计算机应用最广泛的领域,它不仅提高了工作效率、节约了人力物力,还可以使工作更趋于科学、系统和规范。目前,数据处理在办公自动化、企事业单位管理(例如财务、计划、物资、人事的管理)、图像信息系统、图书情报检索等领域得到广泛的应用。据统计,现在世界上 80% 的计算机用于数据处理工作。

3. 过程控制

过程控制也称为实时控制,是指计算机对被控制对象实时采集监测数据,按最佳值迅速对被控制对象进行自动控制或自动调节。利用计算机来控制各种自动装置、自动仪表、生产

过程等被称为过程控制或实时控制。过程控制也是计算机应用要求实时性最强的领域,例如,工业生产自动化方面的巡回检测、自动记录、监视报警、自动调控等内容;交通运输方面的行车调度;农业方面的自动温度、湿度控制;家用电器中的某些自动功能等,都是计算机在这方面的应用。

4. 人工智能

人工智能(Artificial Intelligence, AI)是研究、开发用于模拟、延伸和扩展人的智能的理论、方法、技术及应用系统的一门新的技术科学。人工智能是计算机科学的一个分支,它试图了解智能的实质,并生产出一种新的能以与人类智能相似的方式做出反应的智能机器,该领域的研究包括机器人、语言识别、图像识别、自然语言处理和专家系统等。

5. 网络应用

计算机网络就是利用通信设备和通信线路将不同地域相互独立的计算机系统互连起来,并在网络软件的支持下实现数据通信和资源共享的系统。随着计算机和通信技术的飞速发展,计算机网络已经广泛应用于科研、教育、企业管理、信息服务、数据检索、商业金融、工业生产和家庭生活等各个方面。

现在,人们可以很方便地在网上浏览各种信息、下载软件、收发电子邮件(E-mail)、传送文件(FTP)、发布公告(BBS)、参加网上会议(Net Meeting)、阅读电子报纸、观看视频、收听音乐、参与游戏、参加各种论坛,还可以在网上轻松购物等。

6. 计算机辅助工程

当前用计算机进行辅助工作的系统越来越多,主要有:

(1) 计算机辅助设计(Computer Aided Design, CAD)。即利用计算机辅助人们进行设计工作,以便达到提高设计质量,缩短设计周期,降低设计成本,使设计实现自动化。目前,建筑、机械、服装、电子等行业都广泛采用了CAD技术。

(2) 计算机辅助制造(Computer Aided Manufacturing, CAM)。即利用计算机进行生产设备的管理、控制和操作的过程。例如,在产品的制造过程中,用计算机控制机器的运行处理生产过程中所需要的数据,控制和处理材料的流动以及对产品进行检验等。使用CAM技术可以提高产品质量、降低成本、缩短生产周期。

(3) 计算机辅助教学(Computer Assisted Instruction, CAI)。即利用计算机进行辅助教学,将各种教学手段综合化,使教学活动更为形象、生动,以便于学生对知识的理解和掌握。CAI还可以辅导学习、解答问题、批改作业、编制考题等。CAI有助于实现因材施教,提高教学质量。

除上述计算机辅助工程外,还有计算机辅助测试(Computer Aided Testing, CAT)和计算机集成制造系统(Computer Integrated Manufacturing System, CIMS)等。

7. 嵌入式应用

将微处理器芯片嵌入到应用系统或设备中而构成嵌入式应用。例如嵌入到医疗仪器中协助医生进行治疗控制和结果分析,使用在PDA(个人数字助理)和手机中实现计算与通信结合的应用,嵌入到家用电器中实现微处理器控制,嵌入到IC卡中成为银行卡、电子钱包、电子车票或身份证,作为电子标签(RFID)来鉴别商品、管理物流等。嵌入式微处理器可以采用通用的微处理器,也可以是配合某种应用而专门设计的。