

21 世纪高职高专计算机系列教材

计算机 组成原理

主 编 魏玉梅
主 审 陈建铎

西安交通大学出版社

21 世纪高职高专计算机系列教材

计算机 组成原理

主编 魏玉梅

编著 (以姓氏笔画为序)

万可顺 牟琦

康磊 魏玉梅

主审 陈建铎



西安交通大学出版社
· 西 安 ·

内容简介

本书全面系统地介绍了计算机硬件系统的组成及工作原理,主要包括:计算机系统概论,计算机中数据的表示,运算器,主存与存储系统,指令系统,控制器原理,系统总线,外部设备与输入输出系统。

本书内容安排合理、主干清晰、叙述精练、重点突出,是高职高专计算机系列教材之一,也可作为其他大专院校计算机及相关专业的教材及教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

计算机组成原理/魏玉梅主编. —西安:西安交通大学出版社,2004.8

(21世纪高职高专计算机系列教材)

ISBN 7-5605-1867-2

I. 计… II. 魏… III. 计算机体系结构-高等学校:技术学校-教材 IV. TP303

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 073167 号

书 名 计算机组成原理

主 编 魏玉梅

策划编辑 贺峰涛 屈晓燕

文字编辑 邹 林

出版发行 西安交通大学出版社

地 址 西安市兴庆南路 25 号(邮编:710049)

电 话 (029)82668315 82669096 (总编办)

(029)82668357 82667874 (发行部)

电子邮件 eibooks@163.com

印 刷 陕西向阳印务有限公司

字 数 247 千字

开 本 787mm×1092mm 1/16

印 张 10.75

印 数 0001~3000

版 次 2004 年 8 月第 1 版 2004 年 8 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 7-5605-1867-2/TP.384

定 价 15.00 元

版权所有 侵权必究

21 世纪高职高专计算机系列教材编委会

顾 问：冯博琴（教育部高等学校非计算机专业计算机课程教学指导委员会主任委员，陕西省计算机教育学会理事长，西安交通大学教授，博士生导师）

主 编：陈建铎（陕西省计算机教育学会副理事长兼秘书长，西安石油大学教授）

副 主 编：谢膺白 王四万 何东健 龚尚福

编 委：（以姓氏笔画为序）

王 津	王四万	王佑元	王晓奇	何东健
张水平	张俊兰	张晓云	李银兴	陈建铎
段宏斌	龚尚福	谢膺白	魏玉梅	

策划编辑：贺峰涛 屈晓燕

序

随着我国科学技术的发展,全民高等教育已经成为时代的要求。扩大招生规模,发展高等职业教育,已经成为各级政府和广大教育工作者的共识。为了指导和推动全国高等职业教育的健康发展,教育部先后制定了“高职高专教育基础课程教学基本要求”和“高职高专教育专业人才培养目标和规格”两个文件。在此基础上,许多出版社先后出版了相关的系列教材,对推动我国的高等职业教育起到了积极的作用。

但是,时代在前进,科学技术在发展,尤其是计算机信息技术发展的速度更是惊人。这就要求高等学校的教学内容应能跟上科学技术的发展,应能满足新技术对新型人才的需求。因此,其教材应当不断地修改和更新。故此,我们组织高校中长期从事高等职业教育的专家、学者编写了“21 世纪高职高专计算机系列教材”。在编写过程中,我们以教育部上述两个文件为依据,参阅同类教材,汲取多年来在高等专科教育、成人教育中培养应用型人才的成功经验,充分体现高职高专实用型人才的特征,“以应用为目的,以必须、够用为度”,尽量做到从实际应用的需求出发,减少枯燥乏味的纯理论和概念,使学生理论联系实际,学中有用,边学边用。通过学习,提高学生的应用和解决实际问题的能力。在编排顺序方面,尽量做到由浅入深,循序渐进,内容多样,结构合理,语言简练,文字流畅,使学生易学、易懂、易掌握。

这套教材目前已列入选题的有 19 种,既有专业基础知识,又有最新技术,可作为高职高专基础课、专业基础课以及最新技术课的教材,也可供自考和学历文凭教育使用。

在人类社会进入新世纪以来,我国高等职业教育迅猛发展的格局已经形成。这就要求教育界的志士仁人奋发努力,以自己的心血和汗水去培养时代所需要的一代有理想、有道德、有知识、有能力的高素质、高水平的应用型专业人才。

陈建铎

2002 年 10 月

前言

计算机组成原理是计算机及相关专业的专业基础课,该课程内容多,涉及知识面广,知识关联性强,是一门综合性较强的课程。针对本课程的特点及对专科学生的课程要求,本书力求做到简明扼要、思路清晰、重点突出、前后呼应。在编写过程中,以“三个基本”,即基本概念、基本原理、基本设计为中心,力求做到基本概念描述清楚,基本原理讲解条理清晰,基本设计方法简明扼要,使本书易教、易学、易于使用。

全书共有9章。第1章介绍计算机系统的一般概念,重点介绍了计算机系统的组成及发展、存储程序控制原理。第2章介绍数值数据及非数值数据在计算机中的表示,重点介绍了定点数及浮点数在计算机中的表示。第3章介绍运算方法及运算器,重点介绍了定点四则运算的算法及实现,浮点四则运算的算法,定点运算器的组成及实例。第4章介绍主存及存储系统,重点介绍了主存的构成及其基本设计方法,存储系统的组成及其基本设计思想。第5章介绍指令及指令系统,重点介绍了指令格式、操作码、地址码等概念及相关设计方法。第6章介绍控制器原理,重点介绍了控制器的组成及工作原理、组合逻辑控制器、微程序控制器及PLA控制器的基本设计方法。第7章介绍总线概念及系统总线,重点介绍了系统总线的构成、数据传输过程、总线通信与管理的方式及其实现。第8章介绍外部设备,重点介绍了一些典型输入输出设备及辅存设备的基本工作原理。第9章介绍输入输出系统及其与主机的信息交换方式,重点介绍了程序查询方式、程序中断方式及DMA方式的工作原理及实现。

本书是为高职高专计算机专业编写的教材,也可作为其他高等院校计算机及相关专业的教材或教学参考书。

本书由魏玉梅担任主编。第1、8章由牟琦编写,第2、6章由康磊编写,第4、5章由万可顺编写,第7、9章由魏玉梅编写,第3章由魏玉梅和康磊共同编写,全书由魏玉梅统一修改定稿,西安石油大学陈建铎教授主审。

本书的编写得到了西安交通大学出版社贺峰涛主任、屈晓燕编辑的大力支持与帮助,在此深表感谢。

由于我们水平有限,编写经验不足,书中错误、疏漏在所难免,恳请读者不吝指教。

编者

2004年6月

目 录

第 1 章 计算机系统概论	(1)
1.1 计算机的分类和应用	(1)
1.1.1 电子数字计算机	(1)
1.1.2 计算机的分类	(1)
1.1.3 计算机的应用	(2)
1.2 计算机系统的发展	(4)
1.3 计算机的基本组成	(5)
1.3.1 计算机的软硬件概念	(5)
1.3.2 “存储程序控制”工作原理	(5)
1.4 计算机的硬件	(6)
1.5 软件与硬件的逻辑等价性	(7)
习题	(7)
第 2 章 数据的表示	(8)
2.1 进位计数制	(8)
2.1.1 基本概念	(8)
2.1.2 计算机中常用的进位计数制	(9)
2.1.3 不同进制数的转换	(10)
2.2 数值数据的表示	(13)
2.2.1 定点数	(13)
2.2.2 浮点数	(18)
2.3 非数值数据的表示	(18)
2.3.1 字符与字符串的表示	(19)
2.3.2 汉字的表示	(20)
习题	(21)
第 3 章 运算器	(23)
3.1 定点加减法运算	(23)
3.1.1 补码加法运算	(23)
3.1.2 补码减法运算	(26)
3.1.3 溢出及其检测方法	(26)
3.1.4 补码加减法器	(28)
3.2 定点乘法运算	(28)

3.2.1 原码乘法运算	(28)
3.2.2 补码乘法运算	(30)
3.3 定点除法运算	(34)
3.3.1 原码除法运算	(34)
3.3.2 补码除法运算	(39)
3.4 定点运算器	(41)
3.4.1 定点运算器的基本结构	(41)
3.4.2 算术逻辑部件(ALU)	(43)
3.4.3 定点运算器组成举例	(47)
3.5 浮点运算与浮点运算器	(48)
3.5.1 浮点加减运算	(48)
3.5.2 浮点乘除运算	(50)
3.5.3 浮点运算器	(50)
习题	(50)
第4章 主存与存储系统	(52)
4.1 存储器概述	(52)
4.1.1 存储器的分类	(52)
4.1.2 主存储器的技术指标	(53)
4.2 半导体存储器	(54)
4.2.1 半导体随机访问存储器(RAM)	(54)
4.2.2 半导体只读存储器(ROM)	(59)
4.3 主存储器与CPU的连接	(60)
4.3.1 位扩展法	(60)
4.3.2 字扩展法	(61)
4.3.3 字位扩展法	(61)
4.4 存储系统	(61)
4.4.1 高速缓冲存储器(Cache)	(62)
4.4.2 虚拟存储器	(67)
习题	(70)
第5章 指令系统	(72)
5.1 指令格式	(72)
5.1.1 操作码	(73)
5.1.2 地址码	(74)
5.1.3 指令字长度	(75)
5.1.4 指令助记符	(76)

5.2 操作数的存储与堆栈	(76)
5.2.1 操作数的类型和存储方式	(76)
5.2.2 堆栈	(77)
5.3 寻址方式	(78)
5.3.1 指令的寻址方式	(78)
5.3.2 操作数的寻址方式	(78)
5.4 指令类型	(82)
5.5 CISC 和 RISC	(83)
习题	(84)
第 6 章 控制器原理	(85)
6.1 控制器概述	(85)
6.1.1 控制器的基本功能	(85)
6.1.2 控制器的组成	(85)
6.1.3 指令周期	(87)
6.1.4 时序系统	(88)
6.1.5 控制器的控制方式	(88)
6.2 硬布线控制器	(89)
6.2.1 硬布线控制器的基本概念	(89)
6.2.2 硬布线控制器的基本原理	(89)
6.2.3 时序信号产生器	(90)
6.2.4 硬布线控制器的设计	(91)
6.3 微程序控制器	(93)
6.3.1 微程序控制器的基本原理	(94)
6.3.2 微程序设计技术	(95)
6.3.3 微程序控制器的设计	(97)
6.4 PLA 控制器	(98)
6.4.1 可编程阵列逻辑(PLA)的基本原理	(98)
6.4.2 PLA 控制器的设计思想	(100)
习题	(101)
第 7 章 系统总线	(102)
7.1 总线概述	(102)
7.1.1 总线的基本概念	(102)
7.1.2 总线的分类	(102)
7.1.3 总线的标准化	(103)
7.1.4 总线的性能指标	(104)

7.2 系统总线的组成及其数据传输过程	(105)
7.2.1 系统总线的组成	(105)
7.2.2 系统总线上的数据传输过程	(105)
7.3 系统总线的通信方式	(106)
7.3.1 同步通信方式	(106)
7.3.2 异步通信方式	(107)
7.4 系统总线的管理	(109)
7.4.1 集中式仲裁	(109)
7.4.2 分布式仲裁	(111)
7.5 单机系统中的总线结构	(111)
7.5.1 单总线结构	(111)
7.5.2 双总线结构	(112)
7.5.3 多总线结构	(112)
习题	(114)
第8章 外部设备	(116)
8.1 外部设备概述	(116)
8.1.1 外部设备的基本概念	(116)
8.1.2 外部设备的分类	(116)
8.2 输入设备	(117)
8.2.1 键盘	(117)
8.2.2 鼠标器	(118)
8.2.3 数码相机	(118)
8.3 输出设备	(119)
8.3.1 显示设备	(119)
8.3.2 打印设备	(124)
8.4 磁盘存储器	(127)
8.4.1 磁记录原理	(127)
8.4.2 磁记录编码方式	(128)
8.4.3 磁盘存储器	(129)
8.5 光存储器	(132)
8.5.1 光盘存储器的分类	(133)
8.5.2 光盘存储器的读写原理	(133)
8.5.3 光盘存储器的信息记录格式	(133)
8.5.4 光盘存储器的主要技术指标	(133)
习题	(134)

第9章 输入输出系统.....	(136)
9.1 I/O 接口	(136)
9.1.1 I/O 接口的定义	(136)
9.1.2 I/O 接口的编址方式	(136)
9.1.3 I/O 接口的功能	(137)
9.1.4 I/O 接口的基本组成	(137)
9.1.5 I/O 接口的分类	(137)
9.2 主机与外部设备的信息交换方式	(138)
9.3 程序查询方式	(139)
9.3.1 基本概念	(139)
9.3.2 程序查询方式的接口	(139)
9.3.3 程序查询方式的实现	(140)
9.4 程序中断方式	(142)
9.4.1 程序中断方式的基本概念	(142)
9.4.2 中断的基本概念	(142)
9.4.3 中断的产生和响应	(143)
9.4.4 中断的处理	(145)
9.4.5 程序中断方式的接口及实现	(149)
9.5 直接存储器访问(DMA)方式	(151)
9.5.1 DMA 方式的基本概念	(151)
9.5.2 DMA 控制器使用主存的方式	(151)
9.5.3 DMA 控制器(DMAC)	(153)
9.5.4 DMA 传送的过程	(154)
9.6 通道方式	(155)
9.6.1 通道方式的基本概念	(155)
9.6.2 通道的功能	(156)
9.6.3 通道的类型	(156)
9.6.4 通道方式的发展	(157)
习题.....	(157)

参考文献



第1章

计算机系统概论

计算机系统是一个由硬件、软件组成的复杂的自动化设备,是一种能对各种数字化信息进行处理的信息处理机”。本章主要介绍计算机的组成概貌,旨在使读者对计算机总体结构有一个初步的认识,为深入学习以后各章打下基础。

1.1

计算机的分类和应用

1.1.1 电子数字计算机

电子数字计算机是一种不需要人工直接干预,能够自动、高速、准确地对各种信息进行处理和存储的电子设备。它可以协助人们获取信息、处理信息、存储信息和传递信息,是一种能对各种数字化信息进行处理的信息处理机”。

电子计算机从总体上来说可分为两大类:电子模拟计算机和电子数字计算机。电子模拟计算机处理的信息是连续变化的物理量,运算过程也是连续的。而电子数字计算机处理的信息是离散的数字量,运算过程是不连续的。

电子模拟计算机由于精度和解题能力有限,所以应用范围较小。电子数字计算机能自动、高效、精确地完成各种各样的信息存储、数值计算、过程控制和数据处理等方面的任务,已经成为信息处理装置的主流,我们通常所说的计算机就是指电子数字计算机。本书中我们也只介绍电子数字计算机。

1.1.2 计算机的分类

计算机按用途可分为专用计算机和通用计算机。专用计算机是针对某种用途设计的计算机,一般来说,它们的结构比较简单,是一种有效、快速和经济的计算机,但是其功能单一,适应性差。通用计算机功能齐全,适应性强,但在效率、速度和经济性方面都不会太好。

计算机按性能和规模又可分巨型机、大型机、中型机、小型机、微型机和单片机等类型。

巨型机也称为超级计算机,是计算机家族中速度最快、性能最高、数据存储空间最大的一类计算机。它结构复杂,价格昂贵,其运算速度在每秒数百万亿次以上,主要用于尖端的科学计算和现代化军事领域中,解决一些大型机难以解决的复杂问题。能够设计、制造和应用巨型机,是反映一个国家计算机技术水平的重要标志。

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,其性能与价格指标均低于巨型机,主要是针对那些要求计算量大、信息流量大、通信能力强的用户设计的。它代表该时期计算机技术的综合水平。

中型机的规模和性能介于大型机和小型机之间。

小型机是一类规模小、结构简单、成本低的计算机,因其操作简单、容易维护,因而得以迅速推广,在 20 世纪 60~70 年代曾掀起了一个计算机普及应用的浪潮。小型机既可以用于科学计算和数据处理,又可以用于生产过程的自动控制和数据采集及分析处理。

微型机是以微处理器作为中央处理器的计算机系统。微型机比小型机体积更小、价格更低廉,并且通用性强、灵活性好、可靠性高、使用方便。自从 1971 年利用四位微处理器芯片 Intel4004 组成的第一台微型计算机 MCS-4 问世以来,在此后 30 年的时间里,随着微处理器的不断发展,微型计算机也得到了非常迅速的发展。微型机的诞生与发展,是计算机发展历程中影响最深远的事件之一。

单片机是只用一片集成电路做成的计算机,它体积小、结构紧凑、价格便宜,适应于一些简单的应用领域。目前,已经出现了多种型号的单片专用机用于测试或控制系统。

随着超大规模集成电路的迅速发展,各类计算机彼此之间的概念也在发生变化,比如今天的小型机可能就是明天的微型机,但从巨型机到单片机,它们的结构规模和性能指标依次递减却是不变的规律。

1.1.3 计算机的应用

计算机应用领域的不断拓展,促进了计算机技术的迅速发展。计算机诞生以来,其应用的发展大致分为三个阶段。计算机出现初期,20 世纪 50 年代为第一阶段,那时计算机所处理的大都是科学计算和工程计算问题,计算量大,而数据量相对较少,应用方式采用批处理方式,使用人员也只有经过训练的专家。20 世纪 70 年代为第二阶段,那时计算机开始在企业中应用,数据处理问题日益增多,这类问题数据量大,输入输出繁琐,计算量相对较少,致使运算部件经常处于空闲状态。为使昂贵的计算机资源得以充分利用,在应用方式方面,出现了分时处理方式和交互作用方式,使用人员普遍采用高级语言,解题环境得以改善,利用计算机的解题水平显著提高。20 世纪 70 年代微型机的出现与 80 年代微型机的大发展,使计算机应用进入了第三个阶段,这时计算机进入各行各业和千家万户,大大加速了计算机的普及与应用,出现了个人计算方式。20 世纪 90 年代以来,计算机网络蓬勃发展,特别是 Internet 的出现,大量计算机联入互联网,扩展和加速了信息的流通,增强了社会的协调与协作能力,使计算机应用方式向分布式和集群式发展。如今,从工业、农业、商业到机关事务处理、学校教育,甚至日常生活,几乎所有领域都能见到计算机的应用。

按照计算机加工信息的方式和处理信息的特点,可将计算机的应用分为两大类——数值计算和非数值应用,而当前非数值应用范围已远远超过了数值计算。计算机的具体应用可分为如下几个方面。

1. 科学计算

科学计算(数值计算)一直是计算机的重要应用领域之一,也是计算机最早的应用领域,第一台计算机 ENIAC 就是用于计算弹道计算表的。在数学、天文学、量子化学、原子能、生物学

等基础科学的研究中都要依靠计算机进行复杂的计算;桥梁设计、水力发电、地质找矿、石油勘探等方面也需要用到计算机;现代的航空、航天技术,如超音速飞行器的设计、人造卫星和运载火箭轨道的计算,也都离不开大型计算机。

2. 信息处理

信息处理是当前计算机应用最广泛的领域,如图书资料管理、企业管理、银行管理、邮政业务管理、航空及铁路客票预定、军事上的防空系统管理等等。随着 Internet 的广泛应用,信息处理在国民经济的各个方面不断扩大应用范围,带来的各种效益也十分明显。

3. 自动控制

自动控制是指利用计算机来收集、检测生产过程、科学实验及其它过程中产生的数据,并由计算机按照某种标准或最佳值进行自动调节和控制。一般是将传感器获得的物理信号转换成可测可控的数据信号后,再经计算机计算,根据偏差调整执行机构,以达到控制的目的。

自动控制的涉及面非常广泛,可应用于工业、农业、科学技术、国防以至我们日常生活的各个领域。据统计,目前国内外大约 20% 的微型机应用于冶金、化工、电力、交通、机械、军事等部门的自动控制。

4. 计算机辅助技术

计算机作为一种有效的工具,在设计、生产、教学等过程中进行辅助性的工作,以充分发挥人的创造力,提高效率,降低成本。该技术应用十分广泛,其中主要有计算机辅助设计(CAD)、计算机辅助制造(CAM)和计算机辅助教学(CAI)等。

5. 人工智能

人工智能就是要使计算机能够模仿人的高级思维活动。它研究如何将人脑进行演绎推理的思维过程、规则和采取的策略、技巧等编成程序,输入给计算机,再由计算机通过执行程序来模拟人的思维过程。人工智能的研究领域包括:模式识别、景物分析、自然语言理解和生成、博弈、专家系统、机器人等。当前人工智能的研究已经取得了一些成果,如自动翻译、战术研究、指纹鉴定、密码分析、医疗诊断等,但距离建立真正的人工智能机还相差甚远。

6. 虚拟现实

虚拟现实是利用计算机生成的一种模拟环境,通过多种传感设备使用户“投入”到该环境中,实现用户与环境直接进行交互。这种模拟环境是由计算机构成的具有表面色彩的立体图形,它可以是某一特定现实世界的真实再现,也可以是纯粹构想出来的虚幻世界。

例如,虚拟演播室近年来已成为影视制作的热点,它综合运用现代计算机图形和图像处理、计算机视觉和现代影视技术,将摄像机拍摄的图像实时地与计算机三维虚拟背景或另一地点实拍的背景,按统一的三维透视成像关系进行合成,从而形成一种新的影视节目,它的效果是传统影视制作无法比拟的。在虚拟演播室里,演员可以在没有任何道具的舞台上演戏,然后根据剧情需要与计算机制作的画面进行合成。不仅如此,演员也可以是虚拟的,可以根据事先拍好的演员镜头,利用演技数据,用计算机图形学技术制作演员的特技。

另外,飞行员的仿真虚拟现实系统与汽车驾驶员的虚拟现实系统也都应用了虚拟现实技术。例如,通过计算机管理的“飞行模拟器”来训练飞机驾驶员,飞行员坐在地面上的飞行模拟器中进行训练,其环境犹如真实飞机在空中飞行一样,每个仪表都如同在真实的环境下工作,

在飞机接触跑道时,还有真实的冲击感和震动感。它既安全又经济,可以收到多快好省的效果。

1.2 计算机系统的发展

世界上第一台电子数字计算机是 1946 年在美国宾夕法尼亚大学制成的。这台机器耗资 40 万美元,用了 18 000 多个电子管,占用长度超过 30 米的房间,重量达 30 吨,而运算速度只有 5 000 次/秒。从今天的眼光来看,这台计算机耗费巨大又不完善,但却是科学史上一次划时代的创举,它奠定了电子计算机的基础。自从这台计算机问世以来,计算机的系统结构不断变化,应用领域也在不断地拓宽。人们根据计算机所用逻辑元件的种类对计算机进行了分代,习惯上分为四代,如表 1.1 所示。

表 1.1 计算机发展的四个阶段

	第一代	第二代	第三代	第四代
时间	1946~1955	1956~1963	1964~1971	1972~至今
主机电子器件	电子管	晶体管	中小规模集成电路	大规模、超大规模集成电路
内存	汞延迟线	磁芯存储器	半导体存储器	半导体存储器
外存储器	穿孔卡片、纸带	磁带	磁带、磁盘	磁盘、光盘等大容量存储器
处理速度 (指令数/秒)	几千条至几万条	几百万条	几千万条	几亿条至上百亿条

第一代为 1946 年开始出现的电子管计算机,其典型逻辑结构为定点运算。它体积庞大、速度慢、容量小、成本很高、可靠性较低。应用仅限于科学计算和军事目的。在此期间形成了计算机的基本体系,确定了程序设计的基本方法。1949 年研制成功了世界上第一台“存储程序控制”的计算机 EDSAC。从那时起,“数据处理机”开始得到应用,编制程序所用工具为低级语言。

第二代为 1956 年开始出现的晶体管计算机,其典型逻辑结构实现了浮点运算,并提出了变址、中断、I/O 处理等新概念。这时计算机软件也得到了发展,出现了多种高级语言及其编译程序。与第一代电子管计算机相比,第二代晶体管计算机可靠性提高,体积缩小,成本降低。这个时期计算机不仅在军事与尖端技术上应用,而且也被用于工程设计、数据处理、事务管理等方面。在此期间,“工业控制机”开始得到应用。

第三代为 1964 年开始出现的中小规模集成电路计算机,其可靠性进一步提高,体积进一步缩小,成本进一步下降。这一代计算机的典型代表是 IBM 公司于 1964 年 4 月设计的 IBM 360 系统,这是计算机发展史上具有重要意义的事件。该系统采用了一系列新技术,包括微程序控制、高速缓存、虚拟存储器、流水线技术等等。它分大、中、小型等共六个型号,具有通用性、系列化、标准化的特点。通用性即兼顾了科学计算、数据处理、实时控制等多方面的应用,

机器指令丰富。系列化是指在指令系统、数据格式、字符编码、中断系统、输入输出方式、控制方式等方面保持统一,使用户在低档机上编写的程序可以不加修改地运行在以后性能更好的高档机上,实现了程序的兼容。标准化是指采用标准的输入、输出接口,这样各种机型的外部设备都是通用的。在此期间形成机种多样化,生产系列化,使用系统化,“小型计算机”开始出现。

第四代为1972年开始出现的大规模和超大规模集成电路计算机,可靠性更进一步提高,体积更进一步缩小,成本更进一步降低。由几片大规模集成电路组成的“微型计算机”出现后,更出现了由一片巨大规模集成电路实现的“单片计算机”。这一阶段在系统结构方面发展了并行处理技术、分布式计算机系统和计算机网络等;在软件方面发展了数据库系统、分布式操作系统、高效而可靠的高级语言以及软件工程标准化等,并逐渐形成软件产业。在此期间,微电子学飞速发展,半导体集成电路的集成度越来越高,运算速度也越来越快,其发展遵循一个定律——摩尔定律:“由于硅技术的不断改进,每18个月,集成度将翻一番,速度将提高一倍,而其价格将降低一半”。

总之,从1946年计算机诞生以来,大约每隔5年计算机的运算速度会提高10倍,可靠性会提高10倍,而成本会降低90%,体积会缩小90%。

1.3 计算机的基本组成

1.3.1 计算机的软硬件概念

计算机系统是由硬件和软件组成的有机整体。硬件是指计算机的实体部分,它由看得见摸得着的各种电子元件、各类光、电、机电设备的实物组成,如主机、外设等。软件是由人们事先编制的具有各类特殊功能的信息组成,它是看不见摸不着的,通常把这些信息(如程序、文档)存储于各类存储介质中,如RAM、ROM、磁盘、光盘等。随着软件的不断发展,它不仅可以充分发挥计算机硬件的功能,提高计算机的工作效率,而且已经发展到能局部模拟人类的思维活动。因此,在整个计算机系统内,软件的功能和作用已经成为评价计算机系统性能的重要指标。当然,软件性能的发挥也必须依托于硬件的支撑,可见计算机性能的高低,取决于软件和硬件二者功能的综合。

1.3.2 “存储程序控制”工作原理

计算机从20世纪40年代诞生以来,尽管得到了迅猛的发展,但“存储程序控制”原理至今仍然是计算机内在的基本工作原理。“存储程序控制”原理是由美籍匈牙利数学家冯·诺依曼提出的,他和同事们依据此原理设计出了一个完整的现代计算机雏形,并确定了该计算机系统五大组成部分和基本工作方法。冯·诺依曼等人于1946年6月在一篇名为“电子计算机装置逻辑初探”的报告中首先提出“存储程序控制”的概念,这个报告的内容可简要地概括为以下几点:

- (1) 计算机(指硬件)应由运算器、存储器、控制器和输入/输出设备五大基本部件组成。
- (2) 在计算机内部采用二进制来表示程序和数据。
- (3) 将编好的程序和原始数据事先存入存储器中,然后再启动计算机工作,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加以执行。这就是存储程序的基本含义。

(4)五大部件以运算器为中心进行组织。

这种由运算器和控制器包揽一切的组织方式,使计算机必须等待输入/输出操作完成后,才能进行下一个操作,影响了计算机的效率。现代计算机已转向以存储器为中心进行组织,批量的输入/输出数据可以直接在输入/输出设备和存储器之间进行,从而提高了效率。

冯·诺依曼计算机模型最大的贡献在于“存储程序控制”概念的提出和实现。冯·诺依曼的这一设计思想被誉为计算机发展史上的里程碑,标志着计算机时代的真正开始。

根据冯·诺依曼的“存储程序控制”这一主要特点,现实世界中某一问题,只要可以提出解决该问题的相应算法,从而编制有效的计算程序,该问题就可以在计算机中求解。正因为这一特点,也给现代计算机带来了一定的局限性:对于那些在现实世界中还找不出有效算法或无明确计算方法的问题,计算机就显得无能为力了。几十年来,人们一直在试图突破冯·诺依曼计算机的这一局限性,使计算机具有自学、推理、联想、思考等能力。目前,已经出现了一些突破冯·诺依曼结构的计算机,统称非冯结构计算机,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等。本书讨论的范围仅限于冯·诺依曼结构的计算机。

1.4

计算机的硬件

计算机硬件是指构成计算机的元器件、部件、设备以及它们的设计与实现技术。计算机硬件是计算机的物质体现。

冯·诺依曼计算机的硬件由运算器、存储器、控制器和输入/输出设备五个部件组成,图1.1给出了以运算器为中心的计算机硬件组成。现代计算机已演变为以存储器为中心,即程序和数据可直接在输入输出设备与存储器之间进行传送,这里请读者自行思考画出以存储器为中心的计算机硬件组成。

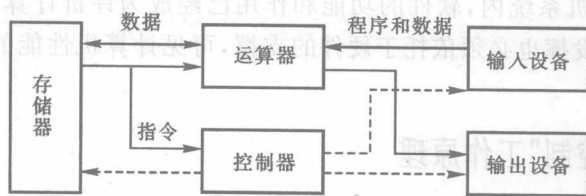


图 1.1 计算机硬件组成

运算器是对信息进行处理和运算的部件,就好像是一个“电子算盘”,用来完成算术运算和逻辑运算。运算器的核心是算术逻辑运算部件,简称 ALU。

控制器是整个计算机的指挥中心,它按照人们预先确定的操作步骤,控制计算机的各部件有条不紊地进行工作。控制器的主要任务是从存储器中逐条地取出指令进行分析,根据指令的不同来安排操作顺序,向各部件发出相应的操作信号,控制它们执行指令所规定的任务。

通常把运算器和控制器合在一起称为中央处理器,简称 CPU。