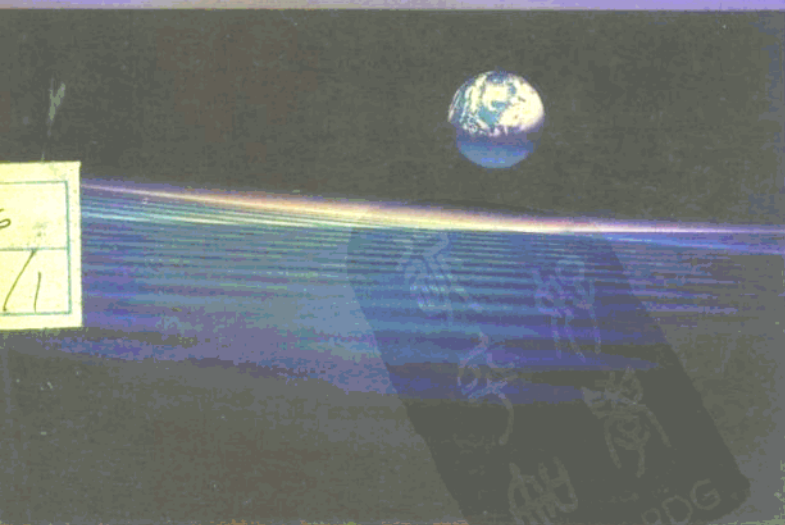


微 机 系 统 应 用 基 础



 **NEUPRESS**
东北大学出版社

前 言

自 1946 年世界上第一台 ENIAC 电子计算机问世至今,其发展速度之快,是任何发明都无法比拟的。特别是近几年来,随着我国的计算机应用事业迅速发展,高等学校各专业都开设了计算机的有关课程,计算机技术已应用于各个专业,计算机知识已成为各专业知识结构中重要的组成部分。根据国家教委高等学校工科非计算机专业“微机系统应用基础”教学基本要求,我们编写了《微机系统应用基础》一书。使学生能在较短的学时内比较熟练地使用计算机,以及结合所学的专业应用计算机,为学习计算机的其他知识打下基础,使我们培养出的大学生既熟悉本专业的业务,又掌握计算机的应用技术。

为了达到上述的目的,在编写本书时,我们力求做到以下几点:

- (1) 在内容选取上,力求做到体系合理,内容丰富,选择最常用、最易学的软件。
- (2) 在编写方法上,从实例出发,深入浅出,通俗易懂,并配有大量的实例。
- (3) 全书分为上、下两篇,可根据不同层次需要进行分期教学。

参加本书编写工作的有:东北大学的司岩(第 5 章),周福才(第 4、6、7 章),刘长林(第 4 章),沈阳工业大学的张荣存(第 1、2 章),牛连强(第 3 章),鞍山钢铁学院的胡一之、刘恩久(第 7 章)。

在编写过程中,得到了东北大学计算中心领导和东北大学出版社有关同志的支持和鼓励,在此一并表示谢意。

由于编写本教材时间较短,又缺乏经验,加之水平有限,书中难免有不妥之处,敬请读者批评指正。

编 者

1994 年 5 月

目 录

上 篇

第 1 章 计算机的初步知识

1.1 计算机的发展简史	(1)
1.2 计算机的分类	(2)
1.3 计算机的特点与应用	(3)
1.4 计算机系统的重要技术指标及配置原则	(6)
1.5 计算机中的数制	(7)
1.6 数制之间的转换	(10)
1.7 二进制数的运算	(14)
1.8 二进制编码	(16)
1.9 信息单位	(17)

第 2 章 微型计算机系统概述

2.1 计算机的基本组成	(19)
2.2 计算机的主要部件	(20)
2.3 指令程序和指令系统的概念	(24)
2.4 计算机语言	(25)
2.5 计算机语言上机运行的有关术语和概念	(26)
2.6 微型计算机系统的组成	(27)

第 3 章 DOS 操作系统

3.1 概 述	(31)
3.2 DOS 基础	(35)
3.3 文本编辑	(47)
3.4 DOS 命令	(56)
3.5 批处理过程	(78)
3.6 磁盘管理与系统配置	(84)

下 篇

第 4 章 字表处理软件 WPS

4.1 概 述	(99)
4.2 计算机汉字处理及汉字库	(99)

4.3 字表处理软件 WPS	(118)
第5章 数据库的基本概念及操作	
5.1 数据库的基本概念	(140)
5.2 FoxBASE 概述	(143)
5.3 FoxBASE 基础	(144)
5.4 数据库的建立与操作	(151)
5.5 数据库的编辑与维护	(155)
5.6 重新组织数据库	(166)
5.7 数据运算	(171)
5.8 键盘输入和屏幕输出格式设计	(174)
5.9 多重数据库操作	(178)
5.10 FoxBASE 程序设计	(182)
第6章 新一代微机操作系统 Windows	
6.1 Windows 的功能与特点	(193)
6.2 Windows 组成	(195)
6.3 Windows 安装、启动与退出	(196)
6.4 Windows 基本操作	(198)
第7章 工具软件 PC Tools 及计算机病毒的防治	
7.1 PC Tools 简介	(219)
7.2 启动方法	(219)
7.3 文件功能	(220)
7.4 磁盘及特殊功能	(230)
7.5 计算机病毒及其防治	(236)
参考文献	(243)

第1章 计算机的初步知识

1.1 计算机的发展简史

20世纪40年代中叶,世界上诞生了第一台电子计算机,它标志着人类文明发展到了一个崭新的阶段。在短短的40年中,计算机得到了飞速的发展和推广,它在人类生活中所占的地位越来越显要,以至于人们把计算机看成当代最伟大文明的象征。

世界上第一台全自动电子数字积分计算机 ENIAC(Electronic Numerical Integrator And Calculator)诞生于1945年2月。当时美国为适应第二次世界大战的需要(编制弹道特性表),在美国陆军部主持下,由美国宾西法尼亚大学物理学家 John. Mauchly(约翰·莫克利)和工程师 Presper. Eckert(普雷斯·埃克特)领导研制的。ENIAC从1945年12月开始投入运行,1946年2月正式交付使用,共服役九年。它采用电子管作为计算机的基本部件,运算速度为5000次/秒加法运算,使用了18800只电子管,1000只电容器,7000只电阻,占地面积170平方米,重达30吨,耗电140~150千瓦,是一个名符其实的“庞然大物”。

由于这台电子计算机的出现,使过去100名工程师花费一年时间才能解决的问题只用两个小时就能解决,从而使科学家们从奴隶制的计算中解放出来。虽然ENIAC和现代计算机相比速度慢、体积大、可靠性差,但它却是世界上第一台电子计算机,被人们称为当代计算机的始祖。

从ENIAC诞生到现在,计算机已经经历了四代,在推动计算机发展的各种因素中,电子器件的发展起着决定性作用,根据电子计算机所采用的物理器件,一般把计算机发展分为几个时期:

(1) 第一代计算机(约在1946~1955年)

特征是采用电子管作为逻辑元件;用阴极射线管和汞延迟线作为主存储器;数据外存主要使用纸带、卡片等;受当时电子技术的限制,运算速度为几千~几万次/秒;程序设计使用机器语言或汇编语言。这个时期有一定批量生产并被提供实际使用的计算机是IBM公司1953年推出的IBM-701计算机。

(2) 第二代计算机(约在1958~1963年)

特征是用晶体管代替了电子管,用磁芯体为主存储器,外存主要使用磁带、磁盘;计算速度为几十万次/秒;程序设计方面使用了FORTRAN、COBOL和ALGOL等高级语言,简化了编程,并建立了批处理管理程序。这个时期有代表性的并提供实际使用的计算机有IBM-7094和CDC公司的CDC1604计算机。与第一代计算机相比,晶体管计算机体积小、成本低、功能强、可靠性高。这个时期的计算机不仅在军事与尖端技术上应用,而且还被用在工程设计、数据处理、事务管理等方面。

(3) 第三代计算机(约在1964~1971年)

特征是中、小规模集成电路代替了分立元件晶体管。随着集成电路的发展,可以在几平方毫米的单晶硅上集中几十个到上百个电子元器件组成的逻辑电路。这个时期的存储器为半导体存储器,运算速度为几十万~几百万次/秒。在软件方面,操作系统日趋成熟,其功能日益完善,并且为了充分利用已有软件资源,解决软件兼容问题而发展了系列机(该系列内各种型号计算机软件是兼容的,即在一种型号计算机上运行的程序可以不加修改就能在其他型号的计算机上运行)。例如,CDC公司的CYBER计算机系列,以及DEC公司的PDP-11、VAX系列机等。

(4) 第四代计算机(约在1972~20世纪80年代)

其特征是以大规模集成电路LSI(在一半导芯片上的元件数在1000~10000个)为计算机的主要功能部件;用16K、64K(1K=1024字节)或集成度更高的半导体存储器作为存储器,计算机速度可达几百万次~上亿次/秒;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及软件工程标准化等;并逐渐形成了软件产业部门。

第四代计算机的另一个重要分支是以LSI为基础发展起来的微处理器和微型计算机。1971年Intel公司研制成功微处理器4004,1973年该公司又宣布研制成功8位微处理器8080。此后,微处理器和微型计算机如雨后春笋般地蓬勃发展起来。目前,市场上16位微型计算机也早已进入市场。

微型计算机体积小、功耗低、成本廉,其性能价格都优于其他类型计算机,因此得到广泛应用和迅速普及,其市场迅速扩大,占领了原属小型机市场的相当部分。微处理器和微型计算机的出现不仅深刻地影响着计算机技术本身的发展,同时也使计算机技术更迅速地渗透到社会生活的各个领域。

1.2 计算机的分类

随着大规模集成电路的迅速发展,计算机的性能越来越强、价格越来越低,使计算机的广泛应用成为可能,而计算机的广泛应用又反过来促进计算机技术的不断发展,各种类型的计算机不断涌现和发展。计算机的类型可分为以下几种:

(1) 大型通用机

这种计算机有极强的综合处理能力,极大的性能覆盖面和较好的通用性。目前的大型机可同时使用几十个微机或微芯片,以完成特定的操作,因此,其系统的综合处理能力是其他机型所不能比拟的。另外,大型机更注重为用户提供友好的人机界面,给用户提供了良好的应用环境。

(2) 巨型机

研制巨型机是现代科学技术,尤其是国防尖端技术发展的需要。核武器、反导弹武器、空间技术、大范围天气预报等都要求计算机有很高的速度、很大的容量,一般大型通用机远远不能满足要求。巨型机的研制水平、生产能力及应用程度已成为衡量一个国家经济实力和科技水平的重要标志。目前这类计算机的运算速度可达每秒亿次运算。但某些科技工作要求更高速的计算机,如研究更先进的国防尖端技术、估算100年以后的天气、更详细地分析地震数据等。这就要求巨型机技术向两个方面发展:一方面是开发高性能器件,提高单片机性能;另一方面是

采用多处理器结构,提高整机性能。除此之外,80年代中期以来,超并行计算机的发展十分迅速,它通常由100台以上的微处理器组成。这种超并行计算机是通过成百上千台处理器同时解算一个课题来达到高速运算目的的。

(3) 小型机

小型机器规模小,结构简单,设计试制周期短,便于及时采用先进工艺。小型机的硬件和软件成本低,可靠性高,便于维护,易于操作,用户使用机器不必经过长期的专门训练,便于推广,因此小型机对广大用户是有吸引力的,它有利于计算机的推广普及。

小型机应用范围广泛,它不仅可以用在工业自动控制、大型分析仪器、数据采集系统和分析计算等方面,还可以用作大型、巨型机的辅助机,并广泛用于企业管理、大学及科研机构的科研工作中。

(4) 微型机

微型机的出现和发展,掀起了计算机大普及的浪潮。美国 Intel 公司于1971年首次成功地在一片芯片上实现了中央处理器的功能,这就是四位微处理器 4004,并用它制成了世界上第一台微型机,从此揭开了微型机发展的帷幕。以后 Intel 公司分别于1973年、1978年、1981年相继推出了8位、16位和32位微处理器,目前广泛使用32位微处理器的典型代表是美国 Intel 公司的 Intel 80386 和 80486。

近年来微型机技术更是飞速发展,更新换代加快,几乎每2~3个月就有新产品出现,1~2年就更新换代一次,平均每两年芯片集成度提高一倍,性能提高一倍,价格降低一半。可以说,计算机将变得体积更小,重量更轻,价格更便宜,更便于利用,并将不断开辟出新的应用领域。

微型机从出现到现在仅20余年,因其小、巧、轻、使用方便、价格便宜而得到广泛应用,从太空中的航天器到家庭生活,从工厂的自动控制到办公室自动化,从商业、服务业、农业到社会各个领域,对人类文明进步产生了巨大而深远的影响。

应当提出的是,所谓大型机、巨型机、小型机和微型机完全是一种相对的概念。因为它们基于基本相同的技术基础,都随着基础技术的进步而进步,只在同一时间点上,保持着各自的相对关系。

1.3 计算机的特点与应用

1.3.1 计算机的特点

电子计算机有以下重要特点:

(1) 运算速度快

由于电子计算机由高速电子元器件组成,并能自动地连续工作,因此具有很高的运算速度,现代计算机的最高运算速度已达10亿次/秒,它一秒钟完成的工作量相当于一个人用算盘几十年的工作量。这对于解决计算量大、时间性强的工作特别重要。

(2) 计算精度高

由于计算机内部采用二进制表示方法,计算机的精度不取决于元器件的精度,理论上讲,有效位数越多精度越高。因此,高精度可用增加位数来获得。

(3) 程序控制下自动操作

计算机利用存储程序控制方式,一旦将编好的程序输入给计算机,只要采用一定的方式来启动程序,计算机就能自动地执行下去,除非程序本身要求人机对话方式去完成特定的工作,一般不需要人直接干预运算处理过程。由于这个特点,计算机能够把人从一部分繁索而复杂的脑力劳动中解放出来。

(4) 具有很强的“记忆”和逻辑判断能力

计算机具有完善的存储系统,可以存储大量的数据,具有人类的记忆功能,它可以记忆程序、原始数据、中间结果以及最后运算结果。除此之外,计算机还能进行逻辑判断,根据判断结果,自动选择下一步执行什么命令。

(5) 通用性强

由于计算机采用数字化信息来表示数及各种类型的信息,并具有逻辑判断和处理能力,因而计算机不仅能作数值计算,而且也能对各类信息作非数值性质的处理(例如,信息、检索、图形和图象处理、文字识别与处理、语音识别与处理等)。这就使计算机具有极强的通用性,能应用于各个学科领域并渗透到社会生活的各个方面。

1.3.2 计算机的应用

计算机的应用已渗透到人类社会的各个领域和国民经济的各个部门,并日益显示出了强大的生命力,使人类逐步进入信息社会。从世界范围看,计算机的应用程度已成为衡量一个国家现代化水平的重要标志。计算机的应用概括起来主要有以下几个方面:

(1) 科学计算

电子计算机充分显示其优势的一个重要应用领域是科学计算。在基础学科以及与经济、军事等方面密切相关的科学研究中,存在着大量的计算课题。如在宇宙空间探索方面的人造卫星轨道计算;宇宙飞船的研制和制导;天文学中星体的演化形态学研究;反应堆研究控制;水力农业方面的水力设施设计、土方计算、水文预报、大气污染研究等等。这些计算课题往往是数学问题复杂、数据量大、要求高精度及实时性。只有应用了计算机,才比较圆满地完成了这些计算。只靠人力,要完成同样的工作简直是不可能的。

(2) 数据处理

数据处理是计算机应用的一个重要方面,随着国民经济和科学技术的高速发展,无论是在科学实验、生产控制、国防建设,还是在医疗服务等领域,它的应用范围都在不断地扩大。数据处理的重要功能是将输入设备送来的数据及时地加以记录、整理和计算,以加工出符合特定需要的新信息,并将结果输出。数据处理问题的特点是要对大量同类性质的数据进行操作,这些数据所占的存储空间远远大于操作数据的程序所占用的空间。因此,必须在解决各种数据处理问题的基本课题之外,适当地解决大量数据的存放、组织、分类、查找和维护的问题。

图象处理是数据处理的一种典型学科,在当今的社会生活中,每天都摄制出包含大量宝贵信息的图象。例如,由于地球资源卫星投入运行,可将数量惊人的含有地质矿物、农林水力、气候气象、环境污染等信息的图象送回地面。此外,在日常生产、科研、卫生、国防工作中也产生大量的图片,例如,X射线诊断照片、染色体分类照片、人体组织细胞电子纤维照片、金相组织照片、材料探伤照片、基本粒子轨道照片、天文照片、军事侦察照片等,这些照片常常是在极为不利的条件下摄制的,需要经过复杂的处理操作,才能获得有用信息。待处理的图象转换为灰度或彩色像素数据,送入图象处理计算机,清晰度要求越高,像素数据点就越大,以至使得处理一

幅卫星遥感照片所需的时间即使用每秒 1 亿次的高速计算机也需长达几天甚至一个月之久。

(3) 计算机辅助设计

计算机辅助设计是用计算机软件、硬件组成的整体设计系统。现在不同类型的计算机设计系统都在不断地改进,不断扩大和增强其功能,而计算机辅助设计(简称 CAD),就是利用这种系统,在设计人员的交互作用下,实现最优化设计、判定和处理。目前 CAD 已在电子、机械、航空、造船、化工、建筑等部门得到广泛使用。CAD 技术提高了设计质量和自动化程度,大大加快了新产品的设计和试制周期,从而成为生产现代化的重要手段。

现代工业产品的迅速更新换代是科学技术进步的体现,而更新产品是以改进设计为前提的。正因如此,CAD 这个计算机应用领域对科学技术进步的作用就表现得特别显著。从国外情况看,在很多大企业,中,CAD 系统已成为他们夺取和保持技术优势的重要手段。由于现代化工业产品不断地精细化、复杂化,一些尖端产品离开 CAD 系统,只靠人工设计已经是根本不可能的事。

(4) 企业管理

计算机自诞生以来,随着生产技术的飞速发展,它的应用很快就冲出了军事尖端技术部门的象牙塔,进入了企业管理的广阔领域。时至今日,在一些经济发达的国家,用于企业管理方面的计算机已占装机总量的 80%。

计算机企业管理是用计算机在企业实际活动中收集特定数据,从中提取反映生产经营能力的企业状况的信息,加以集中分析处理,然后在决策人员的参与下做出企业活动最优选择的过程。计算机用于计划统计、财务管理、行政管理、生产管理、项目管理、购销管理、情报检索、市场预测、办公室自动化等都属于计算机在管理中的应用。

经营管理的计算机化减轻了管理人员的劳动强度,提高了核算质量,增进了信息的及时性。从而,必然极大地改善企业的经营效益和管理水平。

(5) 过程控制

现代工业由于生产规模不断扩大,技术工艺日趋复杂化,从而对实现生产过程自动化的控制系统要求也日益提高,这正是电子计算机的用武之地。虽然计算机被用于生产过程控制至今已有 20 多年的历史,但只是到了 70 年代,以大规模集成电路为基础的微处理机问世以后,才制成了多级分布式微处理控制系统,使得计算机在工业过程控制中的应用进入迅速推广的新时期。多级分布式过程控制系统是在生产现场将整个生产过程按工序划归若干基本控制单元实行控制,第一套控制单元是一个以微处理器为核心的控制系统,它的功能是首先把过程输入信号变换成统一规格的标准模拟电压,然后对此模拟电压采样,把它化为离散信号并且按微处理机要求的信息格式进行模数转换,所获得的离散数字信号就可以存入微处理机了。微处理机按预定的控制规律对信号进行处理运算,其结果则按其反方向进行数/模变换,变换为直流标准电流信号,送回生产过程的终端元件(如控制阀门等),实现对过程的控制。高一级的控制由操作台和管理计算机完成,操作台是带有微处理机的智能显示终端和以操作键盘为中心组成的子系统,通过它对生产过程的运行进行动态集中监视和操纵,操作者可通过键盘选择显示任一数据,并根据显示的过程信息做出快速的响应,发出对过程进行操作的指令。管理计算机的功能,是汇集各种数字信息,综合各种高级命令,执行最佳控制,对全局进行调度和管理。

(6) 人工智能

处于计算机应用研究最前沿的学科是人工智能,这个新兴学科仅在最近十年间才开始走

向实用化,但就是它那最初的成果也已经向人们展示了计算机应用新阶段的开始。

人工智能是研究用计算机软、硬件系统模拟人类某些智能行为(如感知、推理、学习和理解等)的理论和技術。也就是说,人工智能是要从“智”上扩充计算机的能力,提高其智力水平,使之更聪明、更灵巧。其研究目标是在计算机上实现各种应用系统。

目前,人工智能正在一个相当开阔的地带上生气勃勃地探索前进,它的研究领域包括:模式识别、景物分析、自然语言理解和生成、自动定理证明、自动程序设计、专家系统和机器人等。

1.4 计算机系统的重要技术指标及配置原则

配置一个计算机系统时,要根据工作的需要尽可能选择性能价格比高的系统,既能满足所做工作的需要,经济上又不浪费。下面简单介绍一下计算机的性能价格比和重要技术指标。

1.4.1 性能价格比

性能价格比是一种表示计算机产品优劣的概括性指标。性能主要指计算机的运算速度,内(主)存储器的容量,存取周期,输入输出设备的配置情况以及计算机的可靠性程度等,一般要用专门公式来计算。价格是指计算机的售价。性能价格比大,表明机器的性能好,因此,性能价格比越大越好,即通常所说的物美价廉。

1.4.2 计算机性能的几个重要指标

(1) 计算机的字长

指计算机的每个字所包含的二进制数的位数。计算机的字长越长,可以运算的数的范围就越大,有效数字的位数就越多,计算也就越精确。微型机的字长一般为4位、8位、16位和32位。

(2) 存储容量

指计算机内存所能存放的二进制数的信息量,或者说内存地址的多少。内存容量越大,表示计算机的功能越强。

(3) 运算速度

指计算机计算速度的快慢。通常用每秒钟能运算的次数来表示,一般指每秒钟运算多少次加法或是用其各种功能运算的平均时间来计算。

(4) 存取周期

指计算机向内存存入或取出一个数所需要的时间。存取周期越短越好,它直接影响机器的运算速度,单位以微秒计算。

(5) 指令系统

指计算机的指令格式、种类和数目。一个计算机的指令系统反映了计算机的功能,如指令的寻址方式,可寻址范围,中断功能,输入输出指令功能,具有哪些操作指令等都反映了计算机功能的强弱。

配置一个计算机系统时要综合考虑系统所能提供的软件资源和软件兼容性、系统的可扩充性及技术服务等因素。

1.5 计算机中的数制

计算机最基本的功能是进行数的运算,数在计算机中是以一串“0”或“1”这样的二进制代码表示的,这是计算机唯一能识别和处理的数。此外,所有要计算机处理的字母、符号等也必须采用二进制编码来表示。

1.5.1 计数制

客观事物存在着多少和大小的差别,数就是客观事物的量在人们头脑中的反映。同一个数可以用不同的计数制来表示其大小,虽然表示的形式不同,但表达的数量是相等的。

人们日常生活中最常用、最熟悉的计数方法是十进制。十进制数的广泛使用,是由于人的两只手共有十个手指,因而形成了天生的固有习惯,但这并非是唯一的计数制。事实上,人们还用了其他一些进位制,如一小时为六十分钟,一分钟为六十秒是六十进制,一英尺为十二英寸是十二进制,一市斤为十六老两为十六进制,而手套、筷子等是以双计算的,逢二进一,是二进制等。可见,使用什么进制完全取决于人们的需要。

不论是十进制,还是计算机中常用的二进制、十六进制、八进制等,都是按进位的方法进行计数,它们的特点是相似的。

(1) 十进制数(Decimal number)

其主要特点是:

①有十个不同的数字符号(又称数码),即 0,1,2,...,9。

②是逢十进一的。因此,同一数码处在不同的位置(或数位)代表的数值是不同的。如 77.77,个位上的 7 代表的值为 7,十位上的 7 代表 7×10^1 ,十分位上的 7 代表 7×10^{-1} ,百分位上的 7 代表 7×10^{-2} ,因此可以写成:

$$77.77 = 7 \times 10^1 + 7 \times 10^0 + 7 \times 10^{-1} + 7 \times 10^{-2}$$

对于一般情况,任意一个十进制数 N ,都可以表示为:

$$\begin{aligned} N &= \pm a_{n-1}a_{n-2}\cdots a_1a_0a_{-1}a_{-2}\cdots a_{-m} \\ &= \pm (a_{n-1} \times 10^{n-1} + a_{n-2} \times 10^{n-2} + \cdots + a_1 \times 10^1 \\ &\quad + a_0 \times 10^0 + a_{-1} \times 10^{-1} + a_{-2} \times 10^{-2} + \cdots + a_{-m} \times 10^{-m}) \\ &= \pm \sum_{i=-m}^{n-1} (a_i \times 10^i) \end{aligned} \quad (1-1)$$

其中 i 为数位序数,小数点左边依次为 0,1,2,3,..., $n-1$; 小数点右边依次为 $-1, -2, \dots, -m$, m 和 n 都为正整数, n 为小数点左边的位数, m 为小数点右边的位数, a_i 表示第 i 位上的数码,可以是 0~9 十个数码中的任一个,由具体的数 N 确定。某一计数制中要用到数码的个数,称为基数(又称底数)。十进制的基数为 10,它表示逢十进一。以基数为底数,位序数 i 为指数的幂称为某一数位 i 的权,如十进制中某一数位 i 的权为 10^i 。数位 i 上的数码所代表的数值为:数码乘权,在十进制中即为:数码乘 10^i 。因此(1-1)式为任意十进制数按权的展开式。

(2) 二进制数(Binary number)

二进制数与十进制数类似,只不过基数为 2,其主要特点是:

①有两个不同的数码,即“0”和“1”。

②是逢二进一的。同一数码在不同数位所代表的值是不同的。某一位数 i 的权为 2^i ,此数位上的数码所代表的值为:数码乘 2^i 。

例:

$$\begin{aligned}(1010)_2 &= 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 0 \times 2^0 \\ &= 8 + 2 = 10\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}(1101.11)_2 &= 1 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-2} \\ &= 8 + 4 + 1 + 0.5 + 0.25 \\ &= 13.75\end{aligned}$$

通常用下标 2 表示二进制数,如二进制数 1010 可写为 $(1010)_2$,二进制数 1101.11 可写为 $(1101.11)_2$,它们的十进制数分别为 10 和 13.75。对十进制数可以不加下标,也可以用下标 10 表示十进制数。如十进制数 13.75 可表示为 $(13.75)_{10}$ 。对于任一个二进制数 N 都可以表示成:

$$\begin{aligned}N &= \pm (a_{n-1} \times 2^{n-1} + a_{n-2} \times 2^{n-2} + \cdots + a_1 \times 2^1 \\ &\quad + a_0 \times 2^0 + a_{-1} \times 2^{-1} + a_{-2} \times 2^{-2} + \cdots + a_{-m} \times 2^{-m}) \\ &= \pm \sum_{i=-m}^{n-1} (a_i \times 2^i)\end{aligned}\quad (1-2)$$

其中 a_i 只能取 0 或 1,由具体的数 N 决定。 n 和 m 为正整数,分别表示小数点左边和右边的位数。数位 i 的权为 2^i ,2 为二进制的基数,它表示逢二进一,故称二进制。(1-2) 式为任意二进制数按权的展开式。

由上所述,可以看到(1-1)和(1-2)式完全类似,如果在(1-2)式中用 10 代替 2,则两式完全一样。

一般地说,若用正整数 J 表示进位制基数,任意一个 J 进制数 N 都可以表示为:

$$\begin{aligned}N &= \pm (a_{n-1}J^{n-1} + a_{n-2}J^{n-2} + \cdots + a_1J^1 \\ &\quad + a_0J^0 + a_{-1}J^{-1} + a_{-2}J^{-2} + \cdots + a_{-m}J^{-m}) \\ &= \pm \sum_{i=-m}^{n-1} (a_iJ^i)\end{aligned}\quad (1-3)$$

其中 a_i 可以是 0,1,2,..., $J-1$ 中的任一个数码, n 和 m 为正整数,当 $J=10$ 时,就是十进制数的表示形式,当 $J=2,4,8,16$ 时,就分别是二进制、四进制、八进制、十六进制数的表示形式。

从以上分析得知,进位制有三个主要共同规律:

①每一个进制数都有一个固定的基数 J ,它的每一位数可以取 J 个不同的数码,而且是“逢 J 进一”,即每位上记满 J 就向高位进一。

②进位制的数都能写成形如(1-3)式的展开式,它的每一位数码 a_i ,对应于一个固定的“权”,故(1-3)式称为进位制数的按权展开式。

③对 J 进制小数而言,若小数点向左移动一位,则等于原小数缩小了 J 倍,即乘了 $\frac{1}{J}$ 。若小数点向右移动一位,则等于原小数增大了 J 倍,即乘了 J 。对二进制数,则相应地为缩小了 2 倍,即乘了 $\frac{1}{2}$,或增大了 2 倍,即乘了 2。

为了熟悉二进制、八进制、十进制、十六进制数的表示,现就 n 个简单的数字列出对照表,如表 1-1。

表 1-1

十、二、八、十六进制数对照表

十 进 制 数	二 进 制 数	八 进 制 数	十 六 进 制 数
0	0	0	0
1	1	1	1
2	10	2	2
3	11	3	3
4	100	4	4
5	101	5	5
6	110	6	6
7	111	7	7
8	1000	10	8
9	1001	11	9
10	1010	12	A
11	1011	13	B
12	1100	14	C
13	1101	15	D
14	1110	16	E
15	1111	17	F
16	10000	20	10

为了区别不同的数制,也可以在数的右下角后面注明数制或加一字母注明。如:

用 B—Binary 表示二进制数,如 1010B,1100B;

用 Q——Octal 表示八进制数,如 723Q,256Q;

用 D——Decimal 表示十进制数,或不写 D,如 1239D,1239;

用 H——Hoxadecimal 表示十六进制数,如 5DA8H。有的计算机规定用 \$ 表示十六进制数,如 \$ 3AF7。

计算机中采用的数制主要是二进制,二进制数是计算机唯一能够识别的数。但是用二进制表示的数书写阅读都不方便,为了解决这个问题,计算机中引入了十六进制数和八进制数。如微型机中普遍采用十六进制数表示,其原因如下:

①十六进制数与二进制数之间的转换十分方便。由于 $16=2^4$,因此,一位十六进制数可用四位二进制数表示,两者直接转换即可。如:

$$(AB.6)_{16} = (10101011.0110)_2$$

②目前微型机字长有 8 位、16 位及 32 位的,对于字长是 8 位的,可用两位十六进制数表示;地址码常为 16 位,可用四位十六进制数表示,书写较短,阅读方便。

1.5.2 二进制的特点

采用二进制计数,既不符合人的习惯,所用的位数又比十进制表示多得多。计算机中之所以采用二进制数,是由于二进制本身的特点决定的。二进制数与其他数制相比,有以下特点:

(1) 二进制数容易表示

二进制数只有 0 和 1 两个数码,因此,只要利用具有两个稳定状态的元器件,就能表示二进制数。而利用电子开关元件最宜实现 0 或 1 两种状态,如晶体管的导通和截止,双稳态触发器的两种状态等。计算机中普遍采用 2 值逻辑器件表示二进制数,不仅易于实现,而且工作可靠,抗干扰能力强,这是数字计算机稳定工作的根本原因。而如果要直接表示十进制数,则要找到具有十种稳定状态的元器件,虽然现在有些学者致力于研究多值逻辑器件,但实现起来要困难得多。

(2) 二进制数运算简单

一般说来,要进行算术运算, J 进制数必须记住 $J(J+1)/2$ 个和与积,对十进制来说,人所必须记住 $10(10+1)/2 = 55$ 个和与积(九九表)。有这么多的运算规则,要设计计算机的运算就很复杂,也很困难。而采用二进制,只要记住 $2(2+1)/2 = 3$ 个和与积的规则,其加法和乘法都非常简单。

加法为:

$$0 + 0 = 0$$

$$1 + 0 = 0 + 1 = 1$$

$$1 + 1 = 10$$

乘法为:

$$0 \times 0 = 0$$

$$1 \times 0 = 0 \times 1 = 0$$

$$1 \times 1 = 1$$

由于运算规则简单,因而计算机中运算器的设计大大简化了。

(3) 节省设备和器件

如果采用十进制,表示 0~9 之间的数,则每一位共需十个器件状态。而采用二进制表示,每位只需两个状态。可见,采用二进制可以节省设备。

(4) 可以使用逻辑代数

用这一工具可对计算机中的逻辑线路进行分析和综合,以简化电路结构。

1.6 数制之间的转换

虽然计算机内采用二进制运算,但人们为了书写和阅读方便,常用十六进制和八进制,而且人们还是习惯于十进制,因此必须解决不同数制间的转换问题。

1.6.1 二进制数转换成十进制数

方法很简单,只要将二进制数按权展开再相加即可:

例如:

$$(1111000111.1101)_2$$

$$= 1 \times 2^9 + 1 \times 2^8 + 1 \times 2^7 + 1 \times 2^6 + 1 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-2} + 1 \times 2^{-4}$$

$$= 967.8125$$

1.6.2 十进制数转换成二进制数

十进制数转换成二进制数,要把整数部分和小数部分分别转换,然后再相加。

(1) 十进制整数转换成二进制整数

转换方法常用除基取余法。即用基数 2 去除十进制数,所得的余数为二进制数的最低位 a_0 ,再用 2 去除所得的商,余数为二进制数的下一位 $a_1, \dots$,如此反复进行,直到所得的商为零才结束。最后一次得到的余数便是二进制数的最高位 a_{n-1} 。

例:将十进制数 233 转换成二进制数。

设 $(233)_{10} = (a_{n-1}a_{n-2}\cdots a_1a_0)_2$

根据上述的转换方法,可写出整个计算过程和计算结果如下:

$$\begin{array}{rcl}
 2 \overline{) 233} & & \\
 2 \overline{) 116} & \text{余 } 1 = a_0 & \text{(最低位)} \\
 2 \overline{) 58} & \text{余 } 0 = a_1 & \\
 2 \overline{) 29} & \text{余 } 0 = a_2 & \\
 2 \overline{) 14} & \text{余 } 1 = a_3 & \\
 2 \overline{) 7} & \text{余 } 0 = a_4 & \\
 2 \overline{) 3} & \text{余 } 1 = a_5 & \\
 2 \overline{) 1} & \text{余 } 1 = a_6 & \\
 0 & \text{余 } 1 = a_7 & \text{(最高位)}
 \end{array}$$

因此转换的结果为 $(233)_{10} = (11101001)_2$

(2) 十进制小数转换成二进制小数

转换方法为乘基取整法。即用基数 2 去乘十进制小数,得到一个整数(只能是 0 或 1)和小数部分。整数就是二进制小数的最高位 a_{-1} 。再用 2 去乘小数部分,又得到一个整数和小数部分,这次得到的整数即为二进制小数的下一位 a_{-2} ,如此反复进行下去,直到小数部分为 0,最后一次得到的整数为二进制数的最低位 a_{-n} 。请看下面的例子。

例: 将十进制小数 0.8125 转换成二进制小数。

$$\begin{aligned}
 \text{设 } (0.8125)_{10} &= (0.a_{-1}a_{-2}\cdots a_{-n})_2 \\
 &= (a_{-1}2^{-1} + a_{-2}2^{-2} + \cdots + a_{-n}2^{-n})_{10}
 \end{aligned}$$

根据上述的转换方法,写出整个转换过程和结果如下:

$$\begin{array}{rcl}
 0.8125 & & \\
 \times 2 & & \\
 \hline
 1.6250 & \cdots & \text{取整数部分 } 1 = a_{-1} \\
 0.625 & & \\
 \times 2 & & \\
 \hline
 1.250 & \cdots & \text{取整数部分 } 1 = a_{-2} \\
 0.25 & & \\
 \times 2 & & \\
 \hline
 0.50 & \cdots & \text{取整数部分 } 0 = a_{-3} \\
 \times 2 & & \\
 \hline
 1.0 & \cdots & \text{取整数部分 } 1 = a_{-4}
 \end{array}$$

因此转换结果为: $(0.8125)_{10} = (0.1101)_2$

十进制小数转换成二进制小数时,不断用 2 去乘不一定都能使小数部分等于 0,整个计算过程可能无限地进行下去,这时可以根据精度的要求,选取适当的位数。

对于具有整数和小数部分的十进制数,在转换成 2 进制数时,只要将整数和小数分别转换为二进制整数和小数,再合并起来,即可得到结果。

例：将十进制数 233.8125 转换成二进制数。

解：因 $(233)_{10} = (11101001)_2$

$$(0.8125)_{10} = (0.1101)_2$$

$$\text{故 } (233.8125)_{10} = (11101001.1101)_2$$

1.6.3 任意进制数与十进制数的转换

任意进制数与十进制数之间的转换方法和二进制数与十进制数之间的转换方法类似。任意进制数转换成十进制数同样用按权展开相加的方法。如：

$$\begin{aligned} (732.14)_8 &= 7 \times 8^2 + 3 \times 8^1 + 2 \times 8^0 + 1 \times 8^{-1} + 4 \times 8^{-2} \\ &= 474.1875 \end{aligned}$$

$$(4E6.C)_{16} = 4 \times 16^2 + 14 \times 16^1 + 6 \times 16^0 + 12 \times 16^{-1} = 1254.75$$

十进制数转换成任意进制数，对整数部分用除基取余法，对小数部分用乘基取整法，分别转换，再将结果合并起来，即可得到结果。

例：将 233.8125 分别转换成十六进制数和八进制数。

解：对 233 用除基取余法，过程如下：

$$\begin{array}{r} 16 \overline{) 233} \\ \underline{16 \quad 14} \\ 0 \end{array} \quad \begin{array}{l} \text{余 } 9 = a_0 \quad (\text{最低位}) \\ \text{余 } 14 = a_1 \quad (\text{最高位}) \end{array}$$

$$\text{故 } (233)_{10} = (E9)_{16}$$

$$\begin{array}{r} 8 \overline{) 233} \\ \underline{8 \quad 29} \\ 8 \overline{) 29} \\ \underline{8 \quad 3} \\ 0 \end{array} \quad \begin{array}{l} \text{余 } 1 = a_0 \quad (\text{最低位}) \\ \text{余 } 5 = a_1 \\ \text{余 } 3 = a_2 \quad (\text{最高位}) \end{array}$$

$$\text{故 } (233)_{10} = (351)_8$$

对 0.8125 用乘基取整法，过程如下：

$$\begin{array}{r} 0.8125 \\ \times \quad 16 \\ \hline 13.0 \end{array} \quad \text{取整数部分 } 13 = D = a_{-1} (\text{最高位})$$

$$\text{故 } (0.8125)_{10} = (0.D)_{16}$$

$$\begin{array}{r} 0.8125 \\ \times \quad 8 \\ \hline 6.5000 \end{array} \quad \text{取整数部分 } 6 = a_{-1} (\text{最高位})$$

$$\begin{array}{r} 0.5 \\ \times \quad 8 \\ \hline 4.0 \end{array} \quad \text{取整数部分 } 4 = a_{-2} (\text{最低位})$$

$$\text{故 } (0.8125)_{10} = (0.64)_8$$

$$\text{故 } (233.8125)_{10} = (E9.D)_{16} = (351.64)_8$$

1.6.4 八进制数与二进制数之间的转换

由于 $2^3=8$, 因此一位八进制数相当于三位二进制数。八进制数与二进制数之间的转换是十分方便的。

(1) 八进制数转换成二进制数

只要将每位八进制数用三位二进制表示即可。如:

$$(573)_8 = (101111011)_2$$

$$(123.25)_8 = (1010011.010101)_2$$

(2) 二进制数转换成八进制数

转换规则为:从小数点开始,分别向左向右,每三位分为一组,最后不满三位的用0补足,然后将每组二进制数(三位)用相应的八进制数表示。

例: 将 $(10111101.10010111)_2$ 转换成八进制数。

$$\begin{array}{cccccc} \text{解: } & 010 & 111 & 101 & 100 & 101 & 110 \\ & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow \\ & 2 & 7 & 5 & 4 & 5 & 6 \end{array}$$

$$\text{故 } (10111101.10010111)_2 = (275.456)_8$$

1.6.5 十六进制数与二进制数之间的转换

由于 $2^4=16$, 所以一位十六进制数相当于四位二进制数,与八进制数类似,十六进制数与二进制数之间的转换也是十分方便的。

(1) 十六进制数转换成二进制数

对于一个十六进制数,不论是整数部分还是小数部分,只要把每一位十六进制数用相应的四位二进制数表示,即可转换成二进制数。

例:将十六进制数 $3AC.2F$ 转换成二进制数。

$$\text{解: } (3AC.2F)_{16} = (11\ 1010\ 1100.0010\ 1111)_2$$

(2) 二进制数转换成十六进制数

转换规则为:从小数点开始,分别向左向右,每四位分为一组,最后不满四位的用0补足,然后将每组二进制数(四位)用相应的十六进制数表示。

例:将 $(110100101111.100011)_2$ 转换成十六进制数。

$$\begin{array}{cccccc} \text{解: } & 0001 & 1010 & 0101 & 1111 & 1000 & 1100 \\ & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow \\ & 1 & A & 5 & F & 8 & C \end{array}$$

$$\text{故 } (110100101111.100011)_2 = (1A5F.8C)_{16}$$

表 1-2 是部分二进制与十六进制的对照表。