

FORTRAN 77

程序设计实用教程

吴涵仁 朱世涛 主编



西北工业大学出版社

FORTRAN 77 程序设计实用教程

吴涵仁 朱世涛 主编

西北工业大学出版社

1995 年 7 月 西安

(陕)新登字 009 号

【内容简介】 本书是根据国家教委工科计算机基础课程教学指导委员会所拟定的《高级语言程序设计课程教学大纲》编写的“FORTRAN 77 程序设计”课程教材。本书共分 12 章,包括计算机导论、FORTRAN 77 程序设计以及上机操作和上机实验指导等内容,它是一本实用教程。

本书是以结构化程序设计方法为主线组织其教学内容,将算法、数据结构、计算机语言、结构化程序设计方法、上机操作和上机实验指导融为一体,方便教学和学生使用。全书语言通俗,简明易懂,由浅入深,循序渐进,取材集中,重点突出,概念清楚,例题丰富,重在培养学生编写结构化程序的能力。

本书可作为高等学校理工类本、专科“高级语言程序设计”课程的教材,也可作为各类计算机学习班的教材,还可供初学者自学和计算机应用科学工作者参考。

FORTRAN 77 程序设计实用教程

吴涵任 吴世涛 主编

责任编辑 胡梦仙

责任校对 享 邑

*

©1995 西北工业大学出版社出版发行

(710072 西安市友谊西路 127 号 电话:5269046)

全国各地新华书店经销

西北工业大学出版社印刷厂印装

ISBN 7-5612-0788-3/TP·92

开本:787×1092 毫米 1/16 印张:19 字数:462 千字

1995 年 7 月第 1 版

1995 年 7 月第 1 次印刷

印数:8 000 册

定价:16.80 元

购买本社出版的图书,如有缺页、错页的,本社发行部负责调换。

前 言

本书是依照国家教委工科计算机基础课程教学指导委员会所拟定的《高级语言程序设计课程教学大纲》编写的本、专科“FORTRAN 77 程序设计”课程的教材,学时 70(包括上机 20 学时)左右。它是一本实用教程,把讲解算法、数据结构、计算机语言、结构化程序设计方法和上机操作、上机实验指导融为一体,方便教学和学生使用。全书共分 12 章,第一、二章,介绍计算机和程序设计的基本知识;第三、四、五章分别介绍三种基本控制结构:顺序结构、选择结构和重复结构的程序设计;第六章介绍 FORTRAN 77 的数据结构及数据的输入/输出;第七章是数组类型;第八章讨论辅程序设计;第九章介绍结构化程序设计方法;第十章介绍文件;第十一章是程序设计实例;第十二章是上机操作与上机实验指导。

本书以结构化程序设计方法为主线介绍 FORTRAN 77,讲解主要以 FORTRAN 77 全集为准,同时兼顾其子集。全书取材集中,重点突出,着重体现科学性、先进性、实用性和趣味性。本书的主要特点是,结合编者多年讲授该课程的教学实践,把教学、科研中的心得体会融汇到教材中,使教材更生动,更富有启发性。在叙述上,采用四个结合:语法规则与计算机基础知识相结合;语言与结构化程序设计方法相结合;数值计算与非数值处理相结合;理论学习与上机相结合。重在培养学生上机操作和编写程序的能力。全书语言通俗,简明易懂,由浅入深,循序渐进,适合于初学者使用,同时又有一定的深度。例题形式多样,切合实际。对可调数组、编写通用程序和结构化程序设计方法等作了进一步的阐述,这是一般同类教材中所没有的。因此,对于学过 FORTRAN 77 的人来说也是一本较好的参考书。

本书由吴涵仁、朱世涛主编,第一、三、四、五章由吴涵仁编写,第二、七、八、九和十一章由朱世涛编写,第六、十章由尹令平编写,第十二章由王锦明编写。本书的编写得到西北工业大学计算中心领导和计算机基础教研室全体教师的热情支持和帮助,全书经西北工业大学计算机系张遵廉教授认真审阅并提出不少宝贵意见,在此一并表示衷心的感谢。由于水平有限,时间仓促,书中仍难免出现错误和缺点,恳切希望得到广大读者特别是讲授此课程的老师们的批评指正。

编 者

1994 年 12 月

目 录

第一章 电子计算机的基本知识.....	1
1.1 概述	1
1.2 二进制及其运算	6
1.3 计算机组成及其基本工作原理.....	10
习题	17
第二章 算法的概念及 FORTRAN 程序设计初步	19
2.1 算法的概念、特性及其表示	19
2.2 计算机语言和计算机程序.....	22
2.3 结构化程序设计和三种基本控制结构.....	26
2.4 FORTRAN 程序结构	30
2.5 FORTRAN 77 概述	33
2.6 利用计算机解题步骤和上机全过程.....	36
2.7 数据的描述.....	37
2.8 内部函数.....	43
2.9 FORTRAN 表达式	44
习题	48
第三章 顺序结构程序设计	50
3.1 概述.....	50
3.2 赋值语句.....	50
3.3 简单的输出语句.....	52
3.4 简单的输入语句.....	54
3.5 参数语句.....	56
3.6 结束语句.....	57
3.7 停止语句.....	57
3.8 暂停语句.....	58
3.9 主程序语句.....	58
3.10 顺序结构程序举例	59
习题	60
第四章 选择结构程序设计	62
4.1 概述.....	62

4.2	关系表达式	62
4.3	逻辑表达式	64
4.4	用块 IF 实现选择结构	68
4.5	ELSE IF 语句	72
4.6	逻辑 IF 语句	74
4.7	算术 IF 语句	75
4.8	转移语句	76
	习题	78
第五章	重复结构程序设计	81
5.1	循环概述	81
5.2	用 DO 语句实现循环	81
5.3	当型循环的实现	93
5.4	直到型循环的实现	95
5.5	三种循环形式的关系和比较	96
	习题	98
第六章	FORTRAN 的数据结构及数据的输入/输出	100
6.1	程序中的数据结构	100
6.2	双精度类型数据	101
6.3	复型类型数据	103
6.4	四种数值型数据之间的转换和运算	106
6.5	字符型数据	109
6.6	数据的输入/输出	116
6.7	程序举例	129
	习题	133
第七章	数 组	136
7.1	数组的概念	136
7.2	数组的说明及数组元素的引用	138
7.3	数组的输入/输出, 隐 DO 循环	143
7.4	数据初值语句(DATA 语句)	147
7.5	程序举例	149
	习题	155
第八章	辅程序设计	157
8.1	辅程序概念	158
8.2	语句函数	159
8.3	函数辅程序	163

8.4	子程序辅程序	172
8.5	虚实结合	178
8.6	可调数组	187
8.7	过程名作虚元——外部语句与内部语句	199
8.8	公用区——公用语句与公用结合	203
8.9	数据块辅程序	207
	习题	208
第九章	结构化程序设计方法	213
9.1	结构化程序设计思想	213
9.2	模块化程序设计	219
9.3	自顶向下和逐步求精	222
9.4	程序设计实例	226
9.5	程序设计风格及好程序的标准	230
第十章	文 件	237
10.1	文件的基本概念	237
10.2	有格式顺序文件	238
10.3	有格式直接文件	243
10.4	内部文件的读写	244
10.5	文件操作语句	246
	习题	249
第十一章	程序设计举例	251
11.1	迭代法	251
11.2	数值积分	256
11.3	解线性方程组	259
11.4	字符型应用举例	266
第十二章	程序设计上机实验指导	268
12.1	DOS 环境上机操作	268
12.2	微机文本编辑操作	270
12.3	FORTRAN 程序编译、连接、运行上机操作	274
12.4	IBM4381 机上机操作	275
12.5	CMS 文件编辑与修改	277
12.6	VS FORTRAN 程序编译运行	281
12.7	多文件的编译、连接及运行方法	282
12.8	生成可执行的目标模块	284
12.9	FORTRAN 程序设计实验课安排	284

附 录.....	290
附录 A FORTRAN 77 语句表	290
附录 B FORTRAN 77 语句顺序表	291
附录 C 内部函数表	291
附录 D 字符—ASCII 代码—EBCDIC 代码对照表.....	293
参考书目	296

第一章 电子计算机的基本知识

20 世纪科学技术的重要成就之一就是电子计算机的出现和发展。它是科学技术和生产发展的结晶。同时,它的出现又大大促进了科学技术和生产力的发展。计算机诞生至今只有 40 多年的历史,但它已被广泛地应用到生产、科研和生活的各个领域。据统计,目前应用计算机的领域已超过 5 000 个。今天,电子计算机已经是家喻户晓、无人不知了,各行各业都在广泛而普遍地使用着电子计算机。可以说,电子计算机是第四次产业革命的核心。计算机的应用程度是衡量一个现代化社会的重要标志之一。同时,计算机知识已经成为当代知识结构中不可缺少的一个重要组成部分。

电子计算机一般可分为三类:一类是电子数字计算机(Digital Computer),它以数字量(0 或 1)为基础进行运算,也就是现在通常所说的电子计算机(Computer);第二类是电子模拟计算机(Analog Computer),它是通过连续变化的模拟量(如电压、电流等)进行运算的;第三类称混合式计算机(Hybrid Computer),它是一种数字技术和模拟技术相结合的计算机。如今,通常所说的计算机是指电子数字计算机。

电子数字计算机从规模大小来分通常可分为以下四类:

- 超级计算机;
- 大、中型计算机;
- 小型计算机;
- 微型计算机。

人们在用计算机处理问题时应当对计算机有一个最基本的了解。例如:计算机的发展概况;计算机的特点及用途;计算机的基本组成;二进制的概念以及构成计算机系统的软件和硬件等。本章就对这些问题的作一个简要的介绍。

1.1 概 述

1.1.1 电子计算机的主要特点

电子计算机之所以能得到飞速的发展并广泛应用于多个领域,主要在于它有一系列其它设备不可替代的特点。

1. 运算速度快

近年来,随着科学和生产的发展,需要运算的量愈来愈大,公式也愈来愈复杂。同时要求在有限的时间里得出结果,这些致使人工难以完成。电子计算机目前在器件上采用了大规模或超大规模集成电路,在结构上采用了并行处理技术和精简指令系统(RISC)使计算机的运算速度由每秒钟几万次提高到数百万次,甚至上亿次的计算机都已经开始商业化使用。正在研制的 CM-5 超级计算机的运算速度每秒可达 40 亿—10 000 亿次。

通常我们采用 MIPS (Million Instruction Per Second) 为单位,即每秒百万条指令为单位

来衡量计算机的运算速度。

2. 精确度高

目前,微型计算机的精度可达到 -2^{+31} — 2^{+31} ,即可精确到小数点后十几位。而大、中型机精度可达 -2^{+63} — 2^{+63} ,即精度可达20位十进制数。

3. 存储容量大

电子计算的最大特点是能存储(记忆)大量的信息。使用动态随机存储器 DRAM(Dynamic Random Access Memory)构成的主存储器存储容量均在4—8 MB(兆字节,1 B=8 bits),目前256 MB的芯片已开始商品化生产,预计1996年可以推出1 GB(1 GB=1 024 MB)的芯片。

由磁盘、磁带及光盘构成的外存储器(后援存储器),目前容量可达数百兆字节至数千兆字节。

4. 数据传输速度快

计算机在运行过程中,大量数据信息需要在计算机内各部件之间快速传递和交换以达到高速运算的目的。随着器件的发展和新技术的采用,数据传送可以达到很高的速度,就微型计算机而言已达到每秒可传输数兆字节的数量级。

5. 具有很强的逻辑推理和判断能力

电子计算机除了有高速的运算能力外,还有很强的逻辑判断能力,这就为各种不同类型信息的采集、加工和处理提供了强有力的工具。在当今的信息社会中,需要处理的问题不仅仅是数值计算,大量的的是非数值计算问题,如信息的管理、逻辑推理和判断。计算机的这个特点使它在绘图、博弈、创作以及智能机器人等方面显示了其它设备无法取代的功能。

1.1.2 电子计算机发展概况

1945年12月诞生,1946年2月正式交付使用的ENIAC计算机被公认为世界上第一台电子计算机,它主要用于美国军队计算弹道曲线上。ENIAC计算机使用了18 000个真空管和大量的电阻、电容,耗电140 kW,重达30多吨,占地面积170 m²,是一个庞然大物。40多年来计算机的性能提高了100万倍,而价格仅为原来的万分之一,至于其体积、质量之减小,速度、容量之提高更是不可同日而语的了。根据计算机使用器件及软件的不同,我们将计算机的发展过程分为以下几个阶段(详见表1-1)。

从80年代开始,世界各国开始研制第五代计算机。它将是具有智能型、能推理、会学习的全新一代计算机。第五代计算机将跳出前四代计算机的冯·诺依曼体系,以知识处理系统为特征,以逻辑设计程序语言(如PROLOG)为核心语言,开发智能接口系统、知识库管理系统和问题求解与推理系统,能用自然语言、图形、图象和文字直接进行输入和输出。显然,人们能用自然语言与计算机进行对话,为不熟悉计算机的人使用计算机提供了极大的方便。计算机所具有的自学习和推理功能更能帮助人类进一步扩展自己的才能。

根据电子计算机应用范围的不同,有人将其划分为四个时代:

- 60年代 科学计算和数据处理时代;
- 70年代 多用户分时共享服务时代;
- 80年代 个人计算机(台式机)称雄时代;

• 90 年代 计算机网络化时代。

表 1-1 电子计算机发展各代划分简表

计算机代	起迄年份	代表机器	硬 件		软 件
			逻辑元件	主存储器	
第一代	1945—1957	IBM704 UNIVAC - 1	真 空 管	磁鼓 磁芯 延迟线	符号语言 汇编语言
第二代	1958—1964	IBM7090 ATLAS	晶 体 管	磁芯	程序设计语言 多道程序设计
第三代	1965—1971	IBM360 CDC - 6000 PDP - 11 NOVA	中小规模 集成电路	磁芯	操作系统 会话式语言
第四代	1972—1980	CRAY - 1 IBM4300 VAX - 11 IBM - PC	大 规 模 集成电路	半导体 存储器	可扩充语言 数据库 大型程序系统 网络软件

1.1.3 电子计算机的应用

现代科学的发展使计算机几乎进入了一切领域。今天,计算机能控制机床自动加工复杂的零件,能使宇宙飞船准确地进入轨道,使导弹准确地击中目标。计算机还可以辅助医生准确地诊断疾病,帮助人们管理城市交通,编辑稿件,排版印刷,以及实现火车的调度、编组和自动化售票等。计算机作出的乐曲水平不在一般人之下,与计算机下棋连优秀的选手也往往会败北。今天,计算机已在数千个领域得到了应用,现分述如下。

1. 科学计算

这种应用的特点是输入和输出的数据量不多,但数据处理的公式复杂,计算量大,利用计算机求得一个或多个数值解。例如,人造卫星轨道的计算,水坝应力的计算,房屋抗震强度的计算都属此类。1948 年美国原子能研究中心有一项计划要作 900 万道运算,这需要由 1 500 名工程师计算一年才能完成,当时利用了一台初期的计算机只用了 150 小时就完成了。

在气象预报方面,由于天气的变化是由地球表面大气运动造成的,而这种大气运动可以用一组微分方程来描述,求解这组方程的计算工作量是很庞大的。40 多年前用人工计算一个地方 3 小时的天气预报需要用 6 万多人同时计算才能赶得上天气变化,现在用一般水平的电子计算机计算一个地区 4 天的气象预报,只需几十分钟就可完成。

使用电子计算机能使科学试验大大减少,可以得到明显的经济效益。第二次世界大战中德国研制的 V - 2 火箭试验发射了 1 400 多次,结果证明对英国伦敦的袭击命中率仍然很低。而今,现代火箭只要发射几次就可以定型,这是因为使用计算机模拟发射过程,事先作了大量的计算。在飞机设计中,为了求得最合理的升力和空气阻力必须对模型用风洞作吹风试验,研制成功一种型号的飞机往往需要成百上千次的吹风试验,这种吹风试验的费用很大而且得到的结果还不十分准确。今天,这一切都可用计算机来进行模拟,求解相应的方程来解决,从而使研

制的进展更快更准且费用很低,成型后再作少量的风洞试验就可定型生产。有人把这种计算机参与设计和研制过程称为“计算机吹风”。

使用计算机可以节省大量的人力。有人估计美国现有计算机完成的工作量相当于 4 000 亿个人工才能完成。

2. 数据处理和信息加工

数据处理方面的应用和科学计算不同,它的数据量很大,但计算过程比较简单,它包括对数据的分类、合并、排序、判别、查询等项数据加工工作。今天,要处理的信息量愈来愈多,因此它在计算机的应用中所占的比例也愈来愈大。

例如人口普查工作,它要把数亿人口的多项指标进行统计、分类、制表并对其中某些指标进行综合分析。显然,数据量是十分庞大的,只有使用计算机才能在有限的时间内处理完这些大量的数据而得出所需的结果。类似的项目有工业普查、工矿企业各种计划的编制、企业的生产管理、成本核算、市场营销、统计分析、财务管理、仓储管理、人事管理、学生成绩管理等等都可使用计算机来实现信息处理,以便减轻手工劳动。

目前,我国大城市的银行已采用计算机管理来处理日常的业务,这就大大提高了工作效率,把成千上万名银行职员从枯燥繁琐的计算中解放出来。在计算机实现联网后,银行还可以实现通存通兑,大大方便了储户。使用“自动取款卡”后,用户可以在任何一台自动取款机上取款,机器会自动验明卡片真伪,查出存款数目,送出用户所要提取的钱款,然后将卡片退还用户。在国外,计算机已实现了国际联网。在纽约、东京和巴黎之间支付一笔帐目,一分钟内就可办完。此外如证券、股票、期货等交易都离不开计算机的参与。

在情报信息方面,不少国家都实现了计算机化。图书馆检索自动化,查书目、借还书、查阅资料全部由计算机完成,为科学工作者提供了极大的便利。近年来,由于科技情报和图书资料的急剧增加,人工查询的时间变得愈来愈长,使用计算机查询可以使人们在很短的时间里得到所需要的资料清单,而且还可以根据用户的需要提供一篇文献的摘要或者全文。

数据处理的另一个领域是图象处理。如人造卫星图象分析,通过计算机处理从卫星发回的大量数据,分析出地面上的山脉、海洋、城市、军事目标等。资源卫星发回的信息还可找出地下或水下资源分布,估算农业产量等。

医院中的 CT 扫描也是用计算机进行数据处理的。

在商业市场上使用计算机来管理货价、变价、统计、付款、结帐已经是十分普遍的了。

数据处理是计算机应用的一个重要方面,目前在这方面的应用已经超过了数值计算方面的应用。

3. 自动控制方面的应用

计算机不仅仅可用于不同用途的计算,其处理的结果还可通过转换装置直接控制对象设备,节省人力、物力,提高劳动生产率。用电子计算机控制机床大约可提高工效 10 倍,且大大提高了被加工零件的标准精度。一台带钢热轧机改用计算机控制后,产量为人工控制时的 100 倍,而且质量显著提高。一个年产量 1 000 万吨的钢厂采用计算机管理和控制后只需 1 万名工人。美国一个铁路系统采用了计算机控制,能对运行在 22 000 多公里的铁路线上的 85 000 节车厢,2 300 辆机车和 1 000 多个乘务组的工作及时进行监控调度,使整个系统安全、快速、准确而高效率地工作。至于用计算机控制城市的道路交通管理、车辆分流管理,已在许多国家广泛地被采用。

计算机还能在人们无法亲自操作的地区(例如高温、高湿、高污染、宇宙空间等地区)替代人类进行控制操作。例如对于核裂变反应装置,人们难以接近,使用计算机控制可以更安全可靠。

现代飞行器上都采用了计算机进行飞行姿态控制、航行控制、起降控制、武器控制、地形回避控制等。美国新一代战略轰炸机 B-1 就有近 30 台计算机。现代飞机都把计算机作为它的控制中心。

还有一些控制要求精度极高。例如洲际导弹,射程在 1 万公里以外,利用计算机控制其精度可达十万分之一,即落点误差仅在几十米范围内。

利用计算机控制的飞行员训练系统可以在一个封闭的模型舱中模拟与真实飞行相同环境下正常和突发故障的飞行操作。且能模拟世界主要城市的环境练习飞行。视觉、听觉、感觉都和真实飞行一样。这种系统既可节省大量的实飞开支,又安全可靠,目前已被各国航运系统所采用。

计算机在生活用品上也具有广泛的用途,目前许多家用电器都已实现电脑化控制。洗衣机、电冰箱、音响装置采用电脑控制后使性能及功能都得到大大的提高。

4. 计算机辅助系统

利用计算机可以辅助人们完成某一方面的任务,目前有三种计算机辅助系统:

(1) 计算机辅助设计 CAD(Computer Aided Design) 利用计算机辅助人们进行设计工作,使设计过程实现半自动化或自动化。目前已成功地在设计飞机、汽车、船舶、机械、建筑、水坝、集成电路、服装等方面得到实质性的应用。

(2) 计算机辅助制造 CAM(Computer Aided Manufacturing) 利用计算机直接控制零部件的加工和装配,实现无图纸生产。

(3) 计算机辅助教学 CAI(Computer Aided Instruction) 利用计算机辅助教学可以模拟某一课程的教学过程,使之更形象化;也可把课程内容编成计算机软件(称为“课件”),对不同的学生可以选择不同的内容和进度,改变了教学的统一模式,有利于因材施教;还可以利用计算机来辅导学生,解答问题,批改作业,编制考题等。美国依利诺州大学有一套 CAI 系统可以辅助讲授 150 门课。我国的 CAI 工作近年来也有很大的发展。

5. 人工智能方面的应用

这是近年计算机应用的一个新领域,它的目的是使计算机具有“推理”、“学习”的功能。目前在下列几方面的应用已初见成效。

(1) 自然语言的理解 使计算机能理解人类现用的自然语言(例如英语或汉语),根据词义和上下文判断某一句子或某一段话的确切含义。利用这项技术现已研制成计算机翻译系统,目前声文并茂的中英文翻译机已经商品化了,我国的科技工作者在这方面作出了显著的贡献。

(2) 专家系统 它的作用是使计算机具有某一方面专家的专门知识,利用这些知识来处理所遇到的问题。目前比较成熟的是计算机辅助诊断系统,它能模拟医生分析病情,开出处方和假条等。计算机还可以用来博弈、作曲、画像等。

(3) 机器人 它是人工智能的前沿领域,利用计算机可以综合模拟人类的功能。它又可分为“工业机器人”和“智能机器人”两类,前者可以代替人进行危险作业(海底作业、井下作业、高空作业、污染环境下作业等),后者具有某些智能,根据不同情况进行不同的动作(如给病人送药,给客人送咖啡,代替门卫值班等)。

由上可见,计算机的应用领域十分广泛,计算机的应用也远远超过了它的计算功能。实际上称它为“信息处理机”更为合适。也有人称它为“电脑”,意思是人脑的扩充和延伸。

今天,一个国家计算机的生产和应用水平很大程度反映了它的现代化水平,我国计算机应用正在欣欣向荣地发展。

1.2 二进制及其运算

计算机的基本功能是进行数据运算,而各种不同类型的数据在电子计算机中均是以二进制形式进行存储和处理的。在程序编制时我们经常会使用到十进制数、十六进制数和八进制数,通过编译程序将它们转换成二进制数送入计算机中进行运算。

1.2.1 进位计数制

日常生活中,我们经常遇到多种进位制,如十进制、十二进制、十六进制、六十进制等等。在计算机及程序设计中我们常用到下面几种进位制。

1. 十进制数

十进制数的特点是:

- 有 10 个数符:0,1,2,3,4,5,6,7,8,9;
- 逢 10 进一位。

同一数符在不同位置上所代表的值是不同的,例如:

$$999.99 = 9 \times 10^2 + 9 \times 10^1 + 9 \times 10^0 + 9 \times 10^{-1} + 9 \times 10^{-2}$$

对于有 n 位整数和 m 位小数的十进制数的通式表示为

$$\begin{aligned} A &= A_{n-1} \times 10^{n-1} + A_{n-2} \times 10^{n-2} + \cdots + A_1 \times 10^1 + A_0 \times 10^0 + A_{-1} \times 10^{-1} + \cdots + A_{-m} \times 10^{-m} \\ &= \sum_{i=n-1}^{-m} A_i \times 10^i \end{aligned}$$

2. 二进制数

二进制数的特点是:

- 有两个数符 0,1;
- 逢二进一位。

同一数符在不同位置上所代表的值是不同的,例如:

$$(111.11)_2 = 1 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-2} = (7.75)_{10}$$

对于有 n 位整数和 m 位小数的表示通式为

$$B = B_{n-1} \times 2^{n-1} + B_{n-2} \times 2^{n-2} + \cdots + B_1 \times 2^1 + B_0 \times 2^0 + B_{-1} \times 2^{-1} + \cdots + B_{-m} \times 2^{-m} = \sum_{i=n-1}^{-m} B_i \times 2^i$$

采用二进制计数制其物理实现比较方便,而且使用元件的数量也比较省,在电子数字计算机里,内部的传输、存储和运算是使用二进制计数制。

3. 十六进制数

十六进制数的特点是:

- 有 16 个数符:0,1,2,3,4,5,6,7,8,9,A,B,C,D,E,F;
- 逢 16 进一位。

例如 3F.8,FFF0 均为十六进制数。

$$(3F.8)_{16} = 3 \times 16^1 + F \times 16^0 + 8 \times 16^{-1} = (63.5)_{10}$$

4. 八进制数

八进制数的特点是：

- 有 8 个数符：0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7；
- 逢 8 进一位。

例如, 对于一个八进制数

$$(37.2)_8 = 3 \times 8^1 + 7 \times 8^0 + 2 \times 8^{-1} = (31.25)_{10}$$

5. 四种进位制常用数对照表(表 1-2)

表 1-2

十进制数	二进制数	十六进制数	八进制数
0	0 0 0 0	0	0
1	0 0 0 1	1	1
2	0 0 1 0	2	2
3	0 0 1 1	3	3
4	0 1 0 0	4	4
5	0 1 0 1	5	5
6	0 1 1 0	6	6
7	0 1 1 1	7	7
8	1 0 0 0	8	10
9	1 0 0 1	9	11
10	1 0 1 0	A	12
11	1 0 1 1	B	13
12	1 1 0 0	C	14
13	1 1 0 1	D	15
14	1 1 1 0	E	16
15	1 1 1 1	F	17
16	1 0 0 0 0	10	20

1.2.2 进位制之间的转换

1. 二进制数转换成十进制数

将二进制数按权展开相加即为十进制数。例如：

$$(101.11)_2 = 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-2} = (5.75)_{10}$$

$$(10001)_2 = 1 \times 2^4 + 1 \times 2^0 = (17)_{10}$$

2. 十进制数转换成二进制数

将一个十进制整数转换成二进制数的方法是：将一个十进制整数逐次除以 2，所得余数倒序即为等值的二进制数。

例如，将一个十进制数 13 转换成二进制数的步骤为

$$\begin{array}{r}
2 \overline{) 13} \\
2 \overline{) 6} \quad \text{余 } 1 = K_0 \\
2 \overline{) 3} \quad \text{余 } 0 = K_1 \\
2 \overline{) 1} \quad \text{余 } 1 = K_2 \\
0 \quad \text{余 } 1 = K_3
\end{array}$$

故 $(13)_{10} = K_3 K_2 K_1 K_0 = (1101)_2$

将一个十进制数 55 转换成二进制数的步骤为

$$\begin{array}{r}
2 \overline{) 55} \\
2 \overline{) 27} \quad \text{余 } 1 = K_0 \\
2 \overline{) 13} \quad \text{余 } 1 = K_1 \\
2 \overline{) 6} \quad \text{余 } 1 = K_2 \\
2 \overline{) 3} \quad \text{余 } 0 = K_3 \\
2 \overline{) 1} \quad \text{余 } 1 = K_4 \\
0 \quad \text{余 } 1 = K_5
\end{array}$$

故 $(55)_2 = K_5 K_4 K_3 K_2 K_1 K_0 = (110111)_{10}$

将一个十进制小数转换成二进制数的方法是该数逐次乘以 2, 所得整数的序列即为二进制数。

例如, 将十进制小数 0.625 转换成二进制数的步骤为

$$\begin{array}{r}
0.625 \\
\times 2 \\
\hline
1.25 \quad \text{整数 } 1 = K_{-1} \\
0.25 \\
\times 2 \\
\hline
0.5 \quad \text{整数 } 0 = K_{-2} \\
\times 2 \\
\hline
1.0 \quad \text{整数 } 1 = K_{-3}
\end{array}$$

故 $(0.625)_{10} = 0.K_{-1}K_{-2}K_{-3} = (0.101)_2$

将十进制小数 0.325 转换成二进制数的步骤为

$$\begin{array}{r}
0.325 \\
\times 2 \\
\hline
0.65 \quad \text{整数 } 0 = K_{-1} \\
\times 2 \\
\hline
1.3 \quad \text{整数 } 1 = K_{-2} \\
0.3 \\
\times 2 \\
\hline
0.6 \quad \text{整数 } 0 = K_{-3} \\
\times 2 \\
\hline
1.2 \quad \text{整数 } 1 = K_{-4} \\
0.2 \\
\times 2 \\
\hline
0.4 \quad \text{整数 } 0 = K_{-5} \\
\times 2 \\
\hline
0.8 \quad \text{整数 } 0 = K_{-6} \\
\times 2 \\
\hline
1.6 \quad \text{整数 } 1 = K_{-7} \\
\vdots
\end{array}$$

故 $(0.325)_{10} = (0.0101001\cdots)_2$

一个十进制小数并不是都可以与有限个二进制数相对应的。

对于一个既有整数又有小数的完整数,要将其转换成二进制数时,可将其整数部分和小数部分分别转换二进制数,然后再拼接起来构成一个完整的数。

3. 十六进制数与二进制数之间的转换

用 4 位二进制数可以表示 1 位十六进制数。因此,它们之间按 4 位二进制数为一组分别转换,不足 4 位时前面补零。例如:

$$\begin{aligned}(8D)_{16} &= (10001101)_2 \\ (3BF)_{16} &= (001110111111)_2 \\ (011111111000.00000001)_2 &= (7F8.01)_{16} \\ (111111)_2 &= (3F)_{16} \\ (1010.1)_2 &= (B.8)_{16}\end{aligned}$$

4. 八进制数与二进制数之间的转换

按 3 位一组分别转换,即每 3 位二进制数对应 1 位八进制数,不足 3 位时前面补零。例如:

$$\begin{aligned}(371)_8 &= (011111001)_2 \\ (001011111)_2 &= (137)_8\end{aligned}$$

1.2.3 计算机中的代码

键盘上的数字、字母及专用符号在进入计算机时都应转换成二进制数,它们之间的对应关系通常用一组转换代码来表示。常用代码编制的方式有以下两种:

1. ASCII(American Standard Code for Interchange Information)码

这是美国国家标准局制定的美国标准信息交换代码,目前已被世界各国普遍采用。

ASCII 码由 8 位二进制数组成,其中前 7 位用作数字、字母和专用符号的编码,它可以表示 128 种符号,第 8 位作为检验位,用于传输后的校验。大部分微型机中均采用 ASCII 编码方式。

ASCII 编码表见附录 D。

2. EBCDIC 码

这是一种扩展的 BCD(Binary Code Decimal)信息交换码的简称。

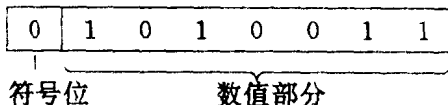
EBCDIC 码由 8 位二进制数码组成,其中前 4 位代表字符的种类,后 4 位代表该类字符中所含字符的序号。这种编码常用十六进制形式来表示,以便记忆和使用。目前许多大中型机都采用此类编码。

EBCDIC 的编码表见附录 D。

1.2.4 计算机中数的表示方法

1. 正负数的表示方法

计算机中的数均用二进制数表示,它通常由符号位和数值两部分组成。在符号位上一般用“0”表示正数,用“1”表示负数,例如一个数的形式为



这是一个正数,即

$$X = (01010011)_2 = (+83)_{10}$$

当一个数的形式为