

高等医药院校教材

# 计算机医药学应用基础

田爱景 林亚平 王志雁 主编

武汉大学出版社

# 前 言

1987年10月,受卫生部计算机领导小组委托,上海医科大学、华西医科大学等六所医科大学联合编写出版了我国第一本全面而实用的医药院校计算机课程教材,《计算机医学应用基础》。1988年10月,湖北医科大学、哈尔滨医科大学、上海第二医科大学等十一所医学院校合作,编写出版了《医学计算机基础》和《医学计算机实验教程》。编者在前言中明确地提出,借鉴理工院校的经验,加快医学计算机教材正规化进程,结束借用其他学科计算机教材的历史,制订适应医学院校特点的计算机课程的教学大纲,提高教学质量,促进计算机医学应用。随着国家计算机等级考试大纲的制订和实施,医科大学生计算机应用基础课教材逐步地进入了规范化的轨道。1996年1月,国家教委高等教育司印发《高等医药院校计算机教学基本要求及计算机应用基础课程参考性教学大纲》(以下简称为《要求及大纲》)成为上述规范化进程中的重要里程碑。

《要求及大纲》指出:“掌握计算机基础知识及应用计算机的能力已成为现代化医药人才的必备素质,因此,计算机课程应如生理学、解剖学等医学主要课程一样,也是医科学生的主要课程。”在当今社会的人才市场上,计算机等级考试成绩,已经成为医药人才素质高低的一个重要标准。学好计算机,这既是信息化社会对医科学生的要求,也是医科学生自己的愿望。为了配合医药院校计算机课程的教学,我们根据《要求及大纲》,以及计算机等级考试(一、二级)大纲,编写了这本教材。本书的作者之一曾赴美访问三年,专攻计算机医药学应用,几次出席全美医药信息学大会和加拿大国际医药信息学大会,比较了解发达国家医药信息学的发展及现状,受人民卫生出版社的委托,该同志正在主持编写国内第一本全面而系统的医药信息学教材。如果说,它是计算机医药学应用的专业课教材的话,则本书是计算机医药学应用的基础课程教材。

全书分为三篇,共二十章。第一篇计算机基础,除计算机基础知识,还有中英文操作系统、字处理系统 WPS 和 Windows。第二篇数据库系统,包括数据库基础知识和 FOXBASE+ 程序设计。第三篇 True BASIC 程序设计,包括 True BASIC 语言基础,三种结构的程序设计,以及数组、函数、子程序、文件和绘图等。为了适应于国际上的发展潮流,我们以较多篇幅介绍了 Windows, Internet 和多媒体等方面的内容。

本书既可以作为高等医药院校的计算机应用基础课程的教材,也可以作为医务工作者的自学读物和培训教材,还可以作为计算机等级(一、二级)考试的参考书。

本书是湖北医科大学、贵阳中医学院、蚌埠医学院和南阳医学院等院校的合作产物,其中积累了我们十多年来的教学经验和编写教材的经验。各章的作者依次是:第一章,吴黎兵、朱垠彦;第二章,林亚平、石晓武;第三章,林亚平;第四章,彭小冰、林亚平;第五章,朱垠彦、吴黎兵;第六章,魏文芳、田爱景;第七章,魏文芳、田爱景;第八章,魏文芳、田爱景;第九章,魏文芳、黄琳彬;第十章,田爱景、魏文芳;第十一章,田爱景、魏文芳;第十二章,田爱景、魏文芳;第十三章,田爱景、李宗荣;第十四章,李宗荣、田爱景;第十五章,何宁、丁蒙;第十六章,丁蒙、何宁;第十七章,吕华;第十八章,王志雁、叶枫;第十九章,王志雁;第二

十章，王志雁、张久彪；绪论作者吴黎兵、朱垠彦；附录一作者徐文；附录二作者何宁。全书由田爱景、李宗荣审阅，并统稿、定稿。

在本书的编写过程中，参考了国内各兄弟院校编写的大量同类书籍，限于篇幅，不能一一列出，在此深表谢意。

由于编写时间仓促，疏漏之处在所难免，敬请读者提出批评建议，以便再版时修订。

**编者**

1996年6月6日

# 目 录

绪 论 .....	1
-----------	---

## 第一篇 计算机基础

第一章 计算机基础知识 .....	4
§ 1.1 数制 .....	4
§ 1.2 逻辑运算 .....	9
§ 1.3 计算机中的信息编码 .....	11
§ 1.4 计算机的硬件结构 .....	11
§ 1.5 计算机软件系统 .....	14
§ 1.6 计算机网络 .....	15
§ 1.7 Internet 简介 .....	17
§ 1.8 多媒体简介 .....	18
§ 1.9 计算机病毒与防治 .....	19
习题一 .....	21
第二章 计算机操作系统 .....	22
§ 2.1 操作系统概述 .....	22
§ 2.2 磁盘操作系统的基本概念 .....	23
§ 2.3 DOS 的基本操作 .....	26
§ 2.4 DOS 的常用命令 .....	27
习题二 .....	40
第三章 中文操作系统 .....	41
§ 3.1 中文操作系统概述 .....	41
§ 3.2 汉字输入方法 .....	50
习题三 .....	56
第四章 文字处理系统 WPS .....	57
§ 4.1 字表处理软件简介 .....	57
§ 4.2 WPS 概述 .....	57
§ 4.3 文字编辑及排版输出 .....	61
习题四 .....	74
第五章 Microsoft Windows 3.1 简介 .....	75
§ 5.1 概述 .....	75
§ 5.2 Windows 的安装 .....	75
§ 5.3 Windows 3.1 的启动和关闭 .....	76

§ 5.4 Windows 3.1 的基本操作 .....	76
§ 5.5 Windows 3.1 的功能简介 .....	81
习题五 .....	85

## 第二篇 数据库管理系统

<b>第六章 数据库管理系统基础知识</b> .....	86
§ 6.1 数据库系统概述 .....	86
§ 6.2 FOXBASE+关系数据库管理系统 .....	88
§ 6.3 FOXBASE+的语法基础 .....	91
习题六 .....	102
<b>第七章 数据库文件的建立和修改</b> .....	103
§ 7.1 数据库文件的结构与数据库的建立 .....	103
§ 7.2 数据库中数据的输入 .....	104
§ 7.3 数据库的打开、显示和关闭 .....	106
§ 7.4 数据库文件结构的修改 .....	109
§ 7.5 数据记录的修改 .....	110
§ 7.6 数据记录的插入 .....	111
§ 7.7 追加数据记录的命令 APPEND .....	112
§ 7.8 记录的删除与恢复 .....	112
习题七 .....	114
<b>第八章 数据库文件的使用与多重数据库操作</b> .....	115
§ 8.1 数据记录的排序 .....	115
§ 8.2 数据记录的索引 .....	115
§ 8.3 数据记录的查询 .....	116
§ 8.4 数据库文件的复制 .....	118
§ 8.5 数据统计 .....	119
§ 8.6 打印报表 .....	120
§ 8.7 磁盘文件操作命令 .....	125
§ 8.8 多重数据库操作 .....	126
习题八 .....	129
<b>第九章 程序设计基础</b> .....	130
§ 9.1 程序设计的基本步骤 .....	130
§ 9.2 流程图和结构化程序设计 .....	131
§ 9.3 程序设计的常用算法 .....	136
习题九 .....	144
<b>第十章 FOXBASE+程序设计</b> .....	146
§ 10.1 FOXBASE+程序设计概念 .....	146
§ 10.2 FOXBASE+的基本语句 .....	148

习题十 .....	152
<b>第十一章 基本程序设计及过程调用</b> .....	153
§ 11.1 顺序结构程序设计 .....	153
§ 11.2 分支结构程序设计 .....	153
§ 11.3 循环结构程序设计 .....	158
§ 11.4 数组 .....	164
§ 11.5 子程序和过程调用 .....	168
习题十一 .....	174
<b>第十二章 输入输出格式及菜单程序设计</b> .....	175
§ 12.1 输入输出格式设计 .....	175
§ 12.2 程序的设计技术、调试及编译 .....	188
习题十二 .....	193

### 第三篇 True BASIC 语言程序设计

<b>第十三章 True BASIC 语言基础知识</b> .....	194
§ 13.1 True BASIC 语言及其特点 .....	194
§ 13.2 True BASIC 语言的基本结构 .....	194
§ 13.3 True BASIC 的基本成分 .....	198
习题十三 .....	201
<b>第十四章 顺序结构程序设计</b> .....	202
§ 14.1 赋值(LET)语句 .....	202
§ 14.2 输出(PRINT)语句 .....	203
§ 14.3 键盘输入(INPUT)语句 .....	207
§ 14.4 读数(READ)/置数(DATA)语句 .....	209
§ 14.5 恢复数据区指针(RESTORE)语句 .....	212
§ 14.6 单键输入(GET KEY)语句 .....	214
§ 14.7 格式输出(PRINT USING)语句 .....	216
§ 14.8 打印输出(OPEN #n, PRINT #n)语句和关闭打印机(CLOSE #n)语句 .....	222
习题十四 .....	223
<b>第十五章 控制结构的程序设计</b> .....	225
§ 15.1 选择结构的程序设计 .....	225
§ 15.2 循环结构程序设计 .....	236
习题十五 .....	248
<b>第十六章 下标变量和数组</b> .....	249
§ 16.1 基本概念 .....	249
§ 16.2 数组的操作语句 .....	252
§ 16.3 数组的应用 .....	258
习题十六 .....	262

<b>第十七章 字符处理</b> .....	264
§ 17.1 字符串的概念 .....	264
§ 17.2 字符串函数 .....	266
习题 十七.....	271
<b>第十八章 函数与子程序</b> .....	272
§ 18.1 自定义函数及其调用 .....	272
§ 18.2 子程序的定义与调用 .....	274
§ 18.3 子程序的嵌套 .....	278
§ 18.4 函数与子程序应用举例 .....	279
§ 18.5 库文件 .....	281
习题 十八.....	282
<b>第十九章 文件</b> .....	284
§ 19.1 文件概述 .....	284
§ 19.2 正文文件的操作 .....	288
§ 19.3 记录文件的操作 .....	291
§ 19.4 字节文件的操作 .....	296
习题 十九.....	297
<b>第二十章 图形和声音</b> .....	298
§ 20.1 图形 .....	298
§ 20.2 声音 .....	308
习题 二十.....	310
<b>附录一 ASCII 码表</b> .....	311
<b>附录二 FOXBASE 的常见出错信息及说明</b> .....	312

# 绪 论

在人类文明史上,如果说语言、文字、印刷术带来第一文化,那么计算机带来的将是第二文化。不管人们是否认识到、是否承认它,“计算机时代”正以凌厉之势迎面而来:从人造卫星的发射到航天飞机的上天,从办公室的自动化到家庭的现代化,都离不开计算机。计算机已经深入到科学技术的各个领域和我们社会生活的各个方面,而且正在发挥越来越重要的作用,因此学习和掌握计算机的基本知识和操作技能意义十分重大,任务十分迫切。

电子计算机是一种不需人的干预能准确、快速地进行计算和信息处理的电子设备。从总体上来说它可分为两大类:一类是电子模拟计算机,它是一种利用连续变化的物理量,如用电压或电流来表示运算量的电子计算机。另一类是电子数字计算机,它是一种以数字形式的量值在机器内部进行运算的电子计算机。习惯上所称的“电子计算机”,一般是指现在广泛应用的电子数字计算机。本书中我们也只介绍数字计算机。

## (1) 计算机的发展史

17世纪,由于天文学家承受着大量繁重的计算工作,促使人们致力于计算工具的改革。德国数学家莱布尼兹在前人研究的基础上,于1673年研究制造出一台可以做四则运算和开平方的“计算机”,这是最早的机械计算机。1946年,世界上第一台电子数字计算机由美国宾夕法尼亚大学在军方的赞助下研制成功,叫做电子数字积分计算机,简称ENIAC(Electronic Numerical Integrator And Computer),该机使用了18800只电子管,重达30多吨,占地约170平方米,运算速度为5000次/秒。ENIAC虽然笨重,工作性能也不太稳定,但它的成功奠定了现代计算机的技术基础,开创了计算机科学的新纪元。在第一台电子计算机研制的同时,著名数学家冯·诺依曼提出了存储程序的思想,发表了题为《关于电子计算机逻辑设计的初步讨论》的论文,确立了计算机硬件的基本结构,所以现代计算机又称为冯·诺依曼型计算机。

四十多年来,计算机技术飞速发展,先后经历了电子管、晶体管、集成电路、大规模集成电路四个时代。

第一代 电子管计算机(1946—1957) 逻辑部件主要用电子管组装,主存储器用磁鼓或延迟线,机器体积庞大,后期用符号语言(汇编语言)。运算速度每秒数千次到几万次,可靠性较差,主要用于军事和科研的数值计算。

第二代 晶体管计算机(1958—1963) 主要逻辑部件用晶体管组装。主存储器采用磁芯体,机体已大为缩小,运算速度可达每秒几十万次,可靠性也大为提高。软件的概念已经形成,出现了操作系统和高级程序设计语言,外部存储器已采用了磁盘。软件和硬件都有长足的发展,在应用上除数值计算外,已扩展到工业自动控制和各种事务数据处理。

第三代 集成电路计算机(1964—1970年初) 主要逻辑部件用中小规模集成电路,主存储器仍用磁芯。机种已多样化、系列化。除大型机外,中小型机也得到很大发展。软件方面研制出众多的程序设计语言,出现了数据库系统。外部设备更加完备和多样化,远距离终端迅速发展并与通信设备结合,出现了计算机网络。运算速度每秒可达数百万次,可靠性的提高进一步扩大了计算机在各个领域中的应用。



第四代 大规模集成电路计算机(70年代初到现在)逻辑部件主要用大规模集成电路。主存储器采用大规模集成电路半导体存储器,体积进一步缩小,运算速度可高达数千万次至上亿次。在体系结构方面出现了分布式计算机系统。软件方面也相应地发展了分布式操作系统和分布式数据库系统。并行处理技术和多机系统也得到了广泛的应用。这一代计算机中出現了一支劲旅——微型计算机,由几片大规模集成电路组成的低档和高档微机大量地进入市场,它的高性能和低价格受到广大用户的欢迎。目前计算机正朝着巨型化、微型化、网络化、智能化方向发展。

、微型计算机的出現标志着计算机的发展进入了一个新阶段。微机问世前,计算机的结构庞杂,价格高,维护管理困难,因此只有大的企事业单位才买得起。微机具有体积小,重量轻,价格便宜等特点,为计算机的普及创造了条件。一台微机可以放在办公桌上使用,它的功能却超过以往的小型机甚至中型机。微机发展的特点可以概括为四个字:新、快、多、广。“新”就是技术新、工艺新、产品新;“快”就是发展快、换代快;“多”就是品种多、生产厂家多;“广”就是应用面广,涉及面广,普及面广。

计算机科学技术正在向更高的方向发展,第五代计算机即将推向市场,有的国家已宣称生产出了样机。预计第五代计算机将具有“智能化”的特点和高性能的并行推理能力;具有综合的知识信息管理系统和庞大的数据库,而且将使用十分接近人类自然语言的全新的程序设计语言。我国也开展了新一代计算机的基础性研究。

我国的计算机科学技术的发展也十分迅速,既研制成功了每秒亿次的高速大型机,也大量生产各种系列的小型、微型机。在应用方面,计算机不仅是一种高速计算工具,而且也是一种通用的信息处理设备。它是科学技术、国防、经济管理、行政事务等各部门不可缺少的重要工具。它把人们从大量的繁琐和重复的劳动中解放出来,高速、准确地实现各种信息的处理。电子计算机的应用是现代化社会不可缺少的手段。它发展和应用的深度和广度是一个国家科学技术发达的重要标志。目前,它的应用内容已超过4000多种,渗透到社会生活的各个方面。

## (2) 电子计算机的特点

① 运算高速度:微电子技术的发展使计算机实现了低能耗和运算的高速度,目前,其运算速度从每秒几十万次到数亿次。计算机极大地提高了人们的工作效率,大大地节省了时间,带来了巨大的经济效益和社会效益。如在人工地震勘探资源时,一次收集的数据有几十万个,若用人工处理需要几十个人工作数月,而用计算机处理只需要几小时。又如在处理卫星图象时按1微米划一条线计算,那么一张 $10 \times 10$ 平方厘米的照片需分解为数以亿计的线条(或象素)来进行处理,人工是不可能做出来的,计算机仅用1个小时左右的时间,就可处理完毕。

② 高度的精确性和可靠性:电子计算机一般可以表示十几位有效数字,甚至更多。这样的精确度是其他计算工具所不及的。如对无理数 $\pi$ 的计算,数学家契依列用了15年时间计算到707位,而用一台中速计算机8个小时可计算到15万位。

由于大规模和超大规模集成电路的应用,电子计算机可连续无故障地运行几个月、几年或更长时间,达到了高度的可靠性。

③ 具有记忆功能:计算机的存储装置具有记忆功能。这是电子计算机区别于其他工具的最本质的特点。它可以把大量的数据资料和程序存放在存储器中,并可根据需要随时调用。

④ 具有逻辑运算能力:计算机不仅能进行算术运算,而且还能进行逻辑运算,并能对命题逻辑的“是”或“非”进行判断,根据结果确定下一步工作,即具有逻辑判断能力。这使计算机

具有高度的灵活性,可以有选择性地各种过程控制和数据处理。

⑤ 程序控制:程序控制是计算机的重要特征之一,是计算机能够按人们的意愿去执行规定好的各种操纵的基本条件。只要人们事先把要求计算机实现的目标(如各种操作和计算)编好程序,存入计算机,并启动其执行。在程序控制下,就能自动实现所有的操作和计算,而不需要人的干预。这就是当代计算机的存储程序控制原理。

### (3) 计算机的应用

计算机的应用十分广泛。据统计,国内已应用于250600多种项目。主要领域有:

① 数值计算:数值计算包括科学计算和工程计算,这是计算机应用的传统项目,占的比重很大。如天气预报、工程设计、化工设计、农机设计、大型建筑和工程技术理论问题的求解,宇宙飞船和人造卫星等航天研究中的复杂计算等等,都需要计算机进行数值计算。

② 信息处理:又称数据处理,是计算机应用最多的领域。如石油勘探,卫星图片资料处理,人口普查资料处理,企业经营管理,金融财务管理,商品流通及市场预测,编辑排版及文字处理,图书资料处理及情报检索等。随着计算机网络的使用和通讯设备的现代化,办公室自动化系统,这种以计算机为中心的综合性的管理信息系统也日渐普及和完善,甚至通过卫星通讯可以在办公室里迅速地从大洋彼岸传输所需要的文字和图像的信息,加快信息的交流,充分和及时地利用各种资源。总之,可以使管理实现科学化、自动化,节省大量的人力、物力和时间,提高了工作效率。

③ 过程控制:工业生产过程的自动控制能有效地提高劳动生产率,保证产品质量。过去在工业控制中占统治地位的是模拟电路和继电器控制,由于其反应较慢,精度较低,可靠性较差,已逐渐被计算机代替。近二十年来,计算机除了应用于工业生产之外,还广泛应用于交通、国防、通讯等行业的过程控制中。例如火车调度、编组作业、飞机定票系统、城市交通管理;导弹控制、飞机模拟训练、电子战;卫星通讯、电子寻呼、电子邮件、可视电话等等。

④ 辅助设计(CAD)与辅助教学(CAI):计算机可以帮助工程技术人员迅速而准确地完成机械、建筑、服装及大规模集成电路图纸的设计工作。这可以大大缩短新产品的开发周期,在市场上赢得时间。计算机辅助教学包括自动教学实验,计算机模拟实验,自我检测,自动评分,图像声音的辅助教学系统等。

⑤ 人工智能和专家系统:人工智能是研究让计算机模仿人脑进行推理、设计、思考、学习、理解等思维活动,解决自古以来只有专家才能解决的复杂问题。专家系统是具有大量专门知识与经验的程序系统。它将一个或多个专家的知识 and 经验存入计算机,建立知识库。对输入的原始数据进行复杂的推理,作出判断和决策。成功的专家系统,处理问题的能力相当于,甚至远远超过该领域的专家水平。

⑥ 医药信息学:计算机在医药学领域中的应用,主要包括医学研究支持、辅助医疗诊断(专家系统)、医学信号处理与图像识别、医院信息管理、辅助医学教学等。随着医药院校计算机系科的建立和发展,基础医学、临床医学、预防医学各方面相关课题的不断解决,一门新兴边缘交叉学科,即医药信息学(Medical Informatics)由产生、发展、正在走向成熟。它自己独特的研究对象与方法,专门的术语集,可供该学科共同接受的知识体系结构。医药信息学是计算机医药学应用的专业课,本书则是计算机医药学应用的基础课。

# 第一篇 计算机基础

## 第一章 计算机基础知识

### § 1.1 数 制

计算机最基本的功能是进行数的计算和处理。通常把数的记写和命名方法称为计数,各种不同的记写和命名方法构成计数制,或称为数制。数制的种类很多,这里只介绍电子计算机技术中常用的十进制、二进制、八进制和十六进制,以及它们之间的转换。

#### 1.1.1 十进制数

日常生活中使用的数字是由 0-9 十个不同的数字符号组成,这就是十进制。其特点是“逢十进一”。数字符号叫做数码,数码所处的位置(数位)不同所代表的数值也不同。例如在数 32 中,3 在十位上,其值是  $3 \times 10$ ; 2 在个位上,其值为它本身的数值 2,也可看作是  $2 \times 10^0$ 。

一般地,任意一个有  $n$  位整数和  $m$  位小数的十进制数  $N$  可以表示为

$$N = \pm (a_{n-1} \times 10^{n-1} + a_{n-2} \times 10^{n-2} + \dots + a_0 \times 10^0 + a_{-1} \times 10^{-1} + \dots + a_{-m} \times 10^{-m})$$

其中,  $a_{n-1}, a_{n-2}, \dots, a_{-m}$  均表示 0-9 这十个数码中的一个。例如, 32.1 按上述表达式可以写成:  $32.1 = 3 \times 10^1 + 2 \times 10^0 + 1 \times 10^{-1}$

人和计算机交换数据的输入、输出一般都采用十进制。

#### 1.1.2 二进制数

二进制数只需用 0 和 1 两个数码表示,其特点是“逢二进一”。例如在二进制的加法运算中,  $1+1$  的结果不能写成 2(因为二进制数码中没有 2), 而应进位写成 10。

一般地,任意一个有  $n$  位整数和  $m$  位小数的二进制数  $N$  均可用下式表示:

$$N = \pm (a_{n-1} \times 2^{n-1} + a_{n-2} \times 2^{n-2} + \dots + a_0 \times 2^0 + a_{-1} \times 2^{-1} + \dots + a_{-m} \times 2^{-m})$$

其中,  $a_{n-1}, a_{n-2}, \dots, a_{-m}$  均分别表示 0 和 1 两个数码中的一个。例如, 二进制数 101 按上式可以写成:  $101 = 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0$

在计算机的内部,采用二进制,其主要原因是:二进制只有 0 和 1 两种数码,因此,只要找到具有两种稳定状态的元器件,就能用来表示二进制数。电学中用两种稳定状态代表 0 和 1 的现象很多,例如晶体管的导通和截止、电容器的充电和放电、脉冲的有和无、电位的高和低等。具有上述两种相反状态的元器件制造容易,工作可靠。这些是其他数制所不能比拟的。

### 1.1.3 八进制和十六进制

采用二进制计数制,对计算机来说,运算、存储和传送极为方便。然而对人来说,二进制书写起来很不方便。为此人们经常采用八进制记数制和十六进制记数制。

任意一个八进制数可以表示成  $\sum k_i 8^{i-1}$

其中  $k_i$  可取 0,1,2,3,4,5,6,7 八个数码之一,八进制数的计数规律为“逢八进一”。

如,八进制数  $(73.725)_8$  可写成:  $(73.725)_8 = 7 \times 8^1 + 3 \times 8^0 + 7 \times 8^{-1} + 2 \times 8^{-2} + 5 \times 8^{-3}$

任意一个十六进制数可以表示成  $\sum k_i 16^{i-1}$

其中  $K_i$  可取 0,1,2, ..., 9, A, B, C, D, E, F 等十六个数码、字母之一;十六进制数的计数规律为“逢十六进一”。如十六进制数  $(9C6D)_{16}$  可以写成:  $(9C6D)_{16} = 9 \times 16^3 + C \times 16^2 + 6 \times 16^1 + D \times 16^0$

下表列出了四种数制基本数码的对应关系。

表 1-1 四种数制基本数码对照表

十进制	二进制	八进制	十六进制
0	0000	00	0
1	0001	01	1
2	0010	02	2
3	0011	03	3
4	0100	04	4
5	0101	05	5
6	0110	06	6
7	0111	07	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

### 1.1.4 不同进制间的转换

#### (1) 非十进制数转换成十进制数

要将一个非十进制数转换成十进制数,通常采用位权法,即将它各位上的数码乘以该位的权值之和,就得到该数所对应的十进制数。例如:

$$(1101.11)_2 = 1 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-2} = (13.75)_{10}$$

$$(3D)_{16} = 3 \times 16^1 + 13 \times 16^0 = 63_{10}$$

十六进制数转换成十进制数时,需先将各数位上的十六进制数码改写成相应的十进制数码乘以该位的权值,再对幂和展开式进行计算。

#### (2) 十进制数转换成非十进制数

十进制数的整数和小数必须分别进行转换,然后再把两部分的结果合并起来。

① 整数的转换:常用“除基取余法”将十进制整数转换成其它进制整数。如用“除2取余法”将十进制整数转换为二进制整数,求 $(13)_{10}$ 相应的二进制数:

		余数	
2	13	1	最低位
2	6	0	
2	3	1	
		1	最高位

即  $(13)_{10} = (1101)_2$

又例如,求 $(987)_{10}$ 相应的十六进制数,可用“除十六取余法”:

		余数	
16	987	11=B	最低位
16	61	13=D	
		3	最高位

即  $(987)_{10} = (3DB)_{16}$

② 小数的转换:十进制小数转换成其他进制小数采用“乘基取整法”。如用“乘2取整法”将十进制小数转换成二进制小数,求 $(0.3125)_{10}$ 相应的二进制数:

	整数部分	
$0.3125 \times 2 = 0.6250$	0	小数最高位
$0.6250 \times 2 = 1.2500$	1	
$0.2500 \times 2 = 0.5000$	0	
$0.5000 \times 2 = 1.0000$	1	小数最低位

即  $(0.3125)_{10} = (0.0101)_2$

如果求 $(13.3125)_{10}$ 的二进制数,只需将整数部分与小数部分分别进行转换,然后将两部分转换结果合并就可以得到: $(13.3125)_{10} = (1101.0101)_2$

应指出,有的十进制小数在“乘2取整”的过程中,小数部分总是不能为零,上述转换过程将无限制的进行下去,在此情况下,将根据机器的精度取一定的位数,只能得到一个近似的二进制小数,例如,将 $(0.7525)_{10}$ 转换成二进制小数,要求取小数点后五位,则:

	整数部分	
$0.7525 \times 2 = 1.5050$	1	小数最高位
$0.5050 \times 2 = 1.0100$	1	
$0.0100 \times 2 = 0.0200$	0	
$0.0200 \times 2 = 0.0400$	0	
$0.0400 \times 2 = 0.0800$	0	小数最低位

即  $(0.7525)_{10} \approx (0.11000)_2$

由此可知,计算机的字长(允许的二进制数的长度)越长,则机器的精度越高,即16位机的精度比8位机高,32位机的精度更高。

若将十进制小数转换为十六进制小数,可采用“乘 16 取整法”。例如:

$$\begin{array}{r} \text{整数部分} \\ 0.78125 \times 16 = 12.50000 \quad 12 = \text{C} \dots\dots\dots \text{小数最高位} \\ 0.50000 \times 16 = 8.00000 \quad 8 \dots\dots\dots \text{小数最低位} \end{array}$$

即  $(0.78125)_{10} = (0.C8)_{16}$  如果求  $(987.78125)_{10}$  的十六进制数,只需将整数部分与小数的转换结果合并即可:  $(987.78125)_{10} = (3DB.C8)_{16}$

### (3) 二进制数与十六进制数间的转换

二进制数转换成十六进制数的方法是:以小数点为界,向左右两边每四位二进制数分为一组,不满四位时,整数部分在左边添 0,小数部分在右边添 0,然后,每组二进制数写成一位十六进制数即可。例如:

$$\begin{array}{cccccc} \frac{0100}{4} & \frac{0011}{3} & \frac{1010}{A} & \frac{1110}{E} & \frac{0101}{5} & \frac{1100}{C} \end{array}$$

即  $(100001110101110.010111)_2 = (43AE.5C)_{16}$

将十六进制数转换为二进制数,只需将每位十六进制数用四位二进制数表示。例如:

$$\begin{array}{cccccc} \frac{7}{0111} & \frac{5}{0101} & \frac{C}{1100} & \frac{B}{1011} & \frac{8}{1000} & \frac{F}{1111} & \frac{6}{0110} \end{array}$$

即  $(75CB.8F6)_{16} = (111010111001011.10001111011)_2$

## 1.1.5 二进制数的四则运算

(1) 加法 二进制加法有三条规则:

$0+0=0$ ;  $0+1=1+0=1$ ;  $1+1=10$  (即“逢二进一”)。例:

$$\begin{array}{r} 10111001 \\ + 10011101 \\ \hline 101010110 \end{array}$$

(2) 减法 二进制减法有四条规则:

$0-0=0$ ;  $1-0=1$ ;  $1-1=0$ ;  $10-1=1$  (即“退一当二”)。例:

$$\begin{array}{r} 10011011 \\ - 1100110 \\ \hline 110101 \end{array}$$

(3) 乘法 二进制乘法有三条规则:

$0 \times 0 = 0$ ;  $0 \times 1 = 1 \times 0 = 0$ ;  $1 \times 1 = 1$ 。例:

$$\begin{array}{r} 101101 \\ \times 101 \\ \hline 101101 \\ 000000 \\ 101101 \\ \hline 11100001 \end{array}$$

分析计算过程可知，二进制乘法可由移位操作和加法来实现。

④ 除法 二进制除法有两条规则：

$1 \div 1 = 1$ ； $0 \div 1 = 0$ 。例：

$$\begin{array}{r}
 110111 \\
 10 \overline{) 1101110} \\
 \underline{10} \phantom{00} \\
 10 \phantom{00} \\
 \underline{10} \phantom{00} \\
 11 \phantom{00} \\
 \underline{10} \phantom{00} \\
 11 \phantom{00} \\
 \underline{10} \phantom{00} \\
 10 \phantom{00} \\
 \underline{10} \phantom{00} \\
 0
 \end{array}$$

由此可见，二进制除法可由减法(补码加法)和移位来完成。

### 1.1.6 数的原码、反码和补码

在前面讨论的二进制数是没有带符号的，称之为无符号二进制数。计算机内的二进制数，分为两部分：最高位是符号位，用“0”表示正号，用“1”表示负号；其余位为数值位。如+1001110用01001110表示，而-1001110用11001110表示。这样一来，数的符号在机器中也数码化了。为了便于区分，我们把一个数在机器中的表示形式，叫做机器数，如上面提到的01001110和11001110；而把一个数的本身叫做真值，如+1001110和-1001110。

原码就是机器数的原来形式。其符号位分别用0和1来表示正、负号，数值部分按一般二进制形式表示。例如：

真值	原码
+1001110	01001110
-1001110	11001110
	↑
	└───┘
	符号位 数值

正数的原码、反码、补码是相同的。例如，+1011011的原码、反码和补码都表示为01011011。负数的原码、反码、补码是各不相同的。负数的反码是对其原码各位(符号位除外)取反而成，也就是将原码各位上的“0”换为“1”，“1”换为“0”。而补码则是在反码的末位(即最低位)加1而成。例如，-101101可表示为：

$$\begin{array}{ccccc}
 1101101 & \xrightarrow{\text{取反}} & 1010010 & \xrightarrow{\text{末位加1}} & 1010011 \\
 \text{原码} & & \text{反码} & & \text{补码}
 \end{array}$$

引入补码之后，加法和减法就可统一起来，一律用补码加法来实现。具体方法是：做加法时，直接取两数的补码相加；做减法时，按 $X - Y = X + (-Y)$ 的原理将减法换成加法，然后再取两数的补码相加，其结果与直接用减法运算是完全一致的。例如：

原码运算	补码运算
01010010	01010010
-) 01000101	+) 10111011
-----	-----
00001101	100001101
	↑
	自然丢失

在字长为 8 位的计算机中,从第七位开始的进位是自然丢失的,这种丢失不影响结果的正确性。由此可见,补码的加法结果与原码的减法结果是相同的。其中,+1010010 的补码与原码相同;-1000101 的补码通过“求反加 1”获得,为 10111011。

如前所述,二进制的乘法可由移位操作和加法来实现,除法可由减法和移位来实现。现在由于补码的引入,减法也化为了加法。因此,计算机只要能实现加法、求补和移位操作,就能实现对二进制数的四则运算,从而大大简化了计算机的结构,节省了许多元件。

## § 1.2 逻辑运算

计算机之所以能够进行各种复杂的运算,代替人的部分思维,关键在于它具有逻辑判断能力。这种能力的实现需要能进行逻辑运算的各种逻辑电路,其中很重要的一类就是逻辑门(又称门电路或开关电路)。为了描述、分析和设计这些开关电路,要用到逻辑代数。

### 1.2.1 逻辑代数

英国数学家布尔于 1847 年提出用符号表达语言和思维的逻辑性,称为逻辑代数,亦称布尔代数或开关代数。逻辑代数实际上是一种符号逻辑,将它称为代数是因为它在计算机领域里是最典型且最单纯的布尔代数。我们知道,即使在初等数学里变量的取值范围也不限于 0 和 1,而在逻辑代数中所采用的逻辑变量则仅限于命题逻辑的真和假。其主要区别就在这里。

由于逻辑代数的单纯性且具有许多良好的性质,所以在计算机领域里非常有用。

### 1.2.2 逻辑变量

逻辑代数中的“0”和“1”并不是通常理解的数值零和壹,而是分别代表两种成对出现的逻辑概念,如“是”和“非”、“有”和“无”、“高”和“低”、“真”和“假”等等。

逻辑代数与普通代数一样,也是用字母来表示变量,称为逻辑变量。逻辑变量常用字母 A, B, C...表示,取值只能是 0 和 1,故逻辑代数的推演规则比普通代数简单得多。

逻辑代数的基本运算有三种,即“或”运算、“与”运算和“非”运算。

### 1.2.3 “与”运算及与门

当决定某事的各种因素全都具备,该事才能发生的因果关系叫做“与”逻辑关系。

“与”运算可以用来表达和推演“与”逻辑关系。“与”运算又称为“逻辑乘法”,记作“·”或“∧”,例如  $A \cdot B$  或  $A \wedge B$ ,有时  $A \cdot B$  可记为  $AB$ ,均读作“A 乘 B”。在“与”运算中:

$$0 \cdot 0 = 0 \qquad 0 \cdot 1 = 0 \qquad 1 \cdot 0 = 0 \qquad 1 \cdot 1 = 1$$

可见“与”运算的运算规则同算术中的乘法运算规则非常相似,“与”运算的逻辑真值表如表 1-2 所示。



表 1-2 与、或、非运算逻辑真值表

A	B	$F_1=A \cdot B$	$F_2=A+B$	$F_3=\bar{A}$
0	0	0	0	1
0	1	0	1	1
1	0	0	1	0
1	1	1	1	0

从表 1-2 可以看出,当且仅当  $A=1$  和  $B=1$  时,才有  $A \cdot B=1$ 。

从上面的介绍可知,“与”逻辑相当于集合中的交集。

与门就是能够实现逻辑乘运算的具有多端输入而单端输出的数字逻辑电路。通常用图 1-1 中(a)所示的逻辑符号来表示与门。

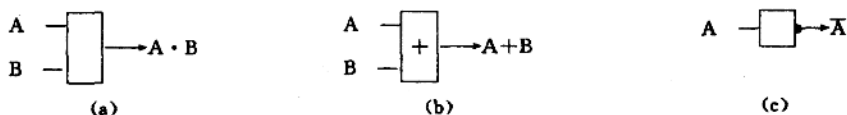


图 1-1. 与门、或门、非门的逻辑符号示意图

#### 1.2.4 “或”运算及或门

只要决定事物的各种因素之一满足,这件事就会发生的因果关系叫“或”逻辑关系。

“或”运算可以用来表达和推演“或”逻辑关系。“或”运算又称为“逻辑加法”,记作“+”或“/”,例如  $A+B$  或  $A \vee B$ ,读作“A 加 B”。在“或”运算中:

$$0+0=0 \quad 0+1=1 \quad 1+0=1 \quad 1+1=1$$

或运算规则与算术加法不尽相同,可列成“或”运算逻辑真值表,如表 1-2 所示。

从表 1-2 可以看出,如果 A、B 中至少有一个为 1,就有  $A+B=1$ 。

从上面的介绍可知,“或”逻辑关系相当于集合中的并集。

或门就是能够实现逻辑加运算的具有多端输入而单端输出的数字逻辑电路。或门的逻辑符号见图 1-1 中(b)。

#### 1.2.5 “非”运算及非门

“非”运算又称为逻辑否定,A 的“非”运算写作  $\bar{A}$ ,读作“非 A”,“非”运算的含义就是取反,即当  $A=1$  时,  $\bar{A}=0$ ; 当  $A=0$  时,  $\bar{A}=1$ 。

上述关系可列成“非”运算逻辑真值表,如表 1-2 所示:

从上面的介绍可知,“非”逻辑关系相当于集合中的补集。

非门就是能够实现逻辑非运算的具有单端输入和单端输出的数字逻辑电路。非门的逻辑符号如图 1-1 中(c)所示。