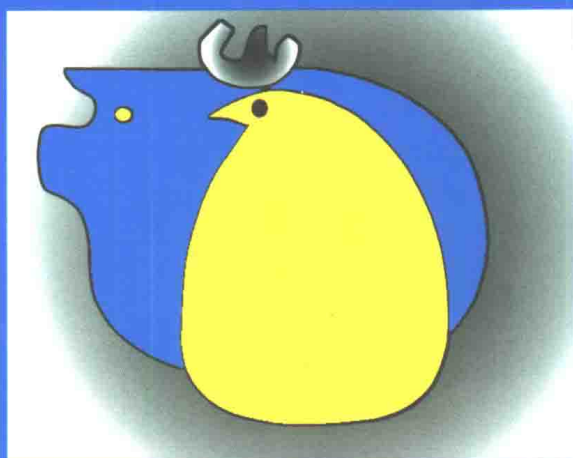


计算机 在动物科学 中的应用

张 元
高腾云 等编著
王艳玲



中国农业科技出版社

计算机在动物科学中的应用

张 元 高腾云 王艳玲 等编著

中国农业科技出版社

(京)新登字 061 号

图书在版编目 (CIP) 数据

计算机在动物科学中的应用/张元等编著. 北京:中国农业科技出版社,1998.9

ISBN 7-80119-666-X

I. 计… II. 张… III. 计算机应用-动物学 IV. Q95-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(98)第 21493 号

责任编辑	沈银书
出版发行	中国农业科技出版社 (北京海淀区白石桥路 30 号)
经 销	新华书店北京发行所
印 刷	河南日报社印刷分厂
开 本	787×1092 1/16 印张:25.25
印 数	1~2000 册 字数:600 千字
版 次	1998 年 9 月第 1 版 1998 年 9 月第 1 次印刷
定 价	35.00 元

《计算机在动物科学中的应用》编委会

主 编 张 元 高腾云 王艳玲

参 编 杨国宇 姜礼胜 程 伟 郭 睿

前 言

自 1946 年第一台计算机诞生到现在的短短半个世纪,由于计算机技术的应用,使人类的生产、科研能力得到了空前的发展,计算机作为人脑的扩充、延伸工具,已渗透到各个领域。动物生产作为人类赖以生存的主要产业,逐步实现计算机决策、管理是必然趋势,也是行业现代化的重要标志。因此,编著本书的目的在于满足养殖、饲料等行业对计算机应用知识的需要,介绍计算机解决动物生产实际问题的方式及方法,适应动物科学专业科研、教学的需要,架起计算机与动物生产之间的桥梁,使计算机能更好地为动物科学发展服务。

由于计算机的发展日新月异,而动物生产中应用计算机的水平又很不平衡,本书既力求介绍计算机在动物科学中的经典应用方法,又能反映当前计算机科学的进展。因此,我们选用 DOS 环境下 BASIC 语言作为基本语言,对程序加以介绍,同时又给出 Windows 环境下 Visual Basic 程序,供具有不同计算机水平的读者阅读,并能在不同档次的计算机上运行。数据库管理语言采用 FoxBASE⁺语言。

全书共分十一章。第一、二、三章简述了计算机的硬、软件知识;第四、五章介绍了试验数据的输入过程、数据输入后的整理和作图原理以及输出方法;第六章着重介绍了试验数据曲线拟合方法;第七、八章阐明了试验结果的一元及多元分析方法;第九章给出了动物遗传育种的数值计算方法;第十章重点阐述了饲料配方的模型及优化过程,并给出了应用实例;第十一章介绍了牧业资源管理和动物管理数据库。

本书可作为动物科学专业的本科高年级学生或研究生教材,也可供从事动物生产和科研的技术人员参考。力求反映最新科技成果,解决生产实际问题,是我们的初衷。但因水平和时间所限,错误之处在所难免,望广大同仁给予指正,以便修订。

作 者

1998 年 8 月于郑州

目 录

第一章 计算机概论	(1)
第一节 计算机的发展.....	(1)
第二节 IBM—PC 系列微机的发展	(2)
第三节 计算机系统简介.....	(2)
第二章 计算机语言基础知识	(7)
第一节 BASIC 语言简介	(7)
第二节 Visual Basic 语言简介	(17)
第三章 FoxBASE+简介	(30)
第一节 概述	(30)
第二节 FoxBASE+语言基础	(31)
第三节 有关数据库的命令	(36)
第四章 数据输入	(43)
第一节 以菜单选择方式输入数据	(43)
第二节 以文件方式输入数据	(44)
第三节 以数据库传递数据方式输入数据	(48)
第五章 试验资料整理与绘图	(54)
第一节 试验资料的排序与频数分布	(54)
第二节 试验资料报表打印	(60)
第三节 试验资料的校正	(79)
第四节 绘图	(95)
第六章 曲线拟合	(107)
第一节 常见经验曲线类型.....	(107)
第二节 曲线的建立及最佳拟合.....	(108)
第三节 常用曲线拟合程序及应用示例.....	(110)

第四节	典型动物曲线的拟合	(121)
第七章	一元统计分析	(141)
第一节	均数差异显著性检验——t 检验	(141)
第二节	方差分析	(150)
第三节	直线回归和相关	(172)
第四节	协方差分析	(181)
第八章	多元统计分析	(193)
第一节	多元线性回归	(193)
第二节	逐步回归分析	(203)
第三节	主成分分析	(214)
第四节	系统聚类法	(228)
第五节	判别分析	(239)
第六节	典型相关分析	(261)
第九章	畜禽性状的遗传参数及个体育种值的估计	(274)
第一节	遗传参数估计	(274)
第二节	方差组分与群体遗传参数估计	(288)
第三节	公畜育种值的最佳线性无偏预测	(299)
第十章	饲料配方设计	(314)
第一节	饲料配方数学模型的建立	(314)
第二节	计算饲料配方的步骤	(318)
第三节	配方的调整及优选	(322)
第四节	使用不同类型的软件设计饲料配方	(325)
第五节	饲料配方设计综合示例	(374)
第十一章	牧业资源管理与动物管理数据库系统设计	(377)
第一节	动物品种资源管理数据库系统设计	(377)
第二节	饲料资源管理数据库系统设计	(382)
第三节	奶牛管理数据库系统设计	(390)

第一章 计算机概论

电子计算机简称电脑,诞生于 20 世纪 40 年代。计算机能自动进行数值计算、信息处理、自动化管理,工作效率比人工高千百万倍。因此,计算机扩展了人的思维,可提高人脑 力劳动的效率。现在计算机已应用到科学技术、文化教育、国防及日常生活中,在畜牧生产中的应用亦愈来愈受到人们的重视,并显示了较好的应用前景。

第一节 计算机的发展

自 1946 年第一台计算机在美国问世以来,计算机的发展经历了 50 余年的历程。依据所采用的基本元件不同,可将其发展分为以下几代。

第一代(1946~1957 年) 是电子管计算机。这个时期的计算机采用电子管作逻辑元件,其特点是体积大、耗电量大、运算速度慢、可靠性差、内存容量小。

第二代(1958~1963 年) 是晶体管计算机。这个阶段计算机的速度有所提高,体积、功耗已大大减小,可靠性和内存容量也有较大提高,计算机运用范围扩大到数据处理、事务管理及过程控制。

第三代(1964~1970 年) 是集成电路计算机。集成电路的问世,为计算机小型化开辟了道路,运算速度已达每秒几亿次,可靠性和存贮量都有很大提高,应用遍及科学计算、数据处理、工业控制等领域,并且实现了一个计算中心通过通信线路与多个远程终端联机以及计算机与计算机通信,共享网络内各种资源。

第四代(1971 年至今) 是大规模集成电路计算机。计算机的逻辑元件采用大规模集成电路,有图形功能的高清晰度的彩色显示器得到广泛应用。计算机运算速度和可靠性又有了很大提高,功能更加完备,计算机开始向巨型机、微型机、计算机网络和智能机多样化的方向发展。

新一代计算机 由于计算机科学技术发展迅速,以至划分前四代的规则在新形势下已经不合适了,专家们呼吁不要沿用“第五代计算机”的说法。因而,第五代计算机已改称新一代计算机,它采用超大规模集成电路或光器件作基本元件。超大规模集成电路在当前多数第四代计算机上已经使用,几平方厘米大的芯片上可以集成几百万个电子元器件,线宽只有零点几微米;光器件则还没有达到实用阶段,但是分子级的基本元件已经在研制过程中。

综合新一代计算机所应具有的功能,可以将它总结为具有人的逻辑功能的“左脑”型计算机。但又据有关方面报道,最近已由日、美、欧共同开发的下一代计算机是一种具有人的图形识别和直感功能的“右脑”型计算机。它能够根据直感判断和相反信息的综合判断来做出回答。在开发这种“右脑”型计算机时,需要将人脑进行信息处理的“神经计算机”,与能在分开大量信息的同时进行处理的“超级并行计算机”的技术组合起来,其难度是可想而知的。

第二节 IBM-PC 系列微机的发展

计算机可分为巨型机、大型机、中型机、小型机和微型机。微型机(简称微机)提供最基本的数据输入、输出、处理、存贮功能,是计算机家族中最小的一种。它特别适合单用户操作。微机由于其结构简单、造价低廉,又可用于计算和管理,已赢得了广大的市场,进而以迅猛的速度发展。

第一台微机于 1971 年底问世。这是一台 4 位的 MCS-4 型微机。1979 年美国 INTEL 公司运用超大规模集成电路(VLSI)技术,生产出准 16 位的微机处理器(MPU 或 CPU) 8088。1980 年夏末,美国 IBM(国际商用机器的英文缩写)公司开始研制采用 8088 作为 CPU 的微机,并于 1981 年 8 月正式推出了 IBM-PC(PC 为个人计算机的英文缩写)。从此微机的发展进入一个新的时期。

IBM-PC 不仅可用于传统的科学计算、娱乐和工业控制,而且还可用于办公和管理。由于 IBM 公司实行将软件和硬件技术完全公开的方针,因而,IBM 的各种兼容机、扩充硬件和软件十分丰富。我国生产的长城和联想系列等都与 IBM-PC 兼容,并且配有汉字系统,因而是我国用户较理想的微机机型。

1983 年 3 月,IBM 公司推出了 IBM-PC 的改进型产品:IBM-PC/XT。它主要是增加了一个 10M 或 20M 字节的温氏硬盘,使 XT 能更好地用于诸如会计和数据库类的管理工作。

微机的处理功能在很大程度上取决于所采用的 CPU 芯片的功能,IBM-PC/AT 微机是美国 IBM 公司继 PC/XT 机之后,于 1984 年推出的又一新机型。PC/AT 微机采用的 CPU 是 68 条引脚的 INTEL80286。它是真 16 位的微处理器,直接可寻址范围为 16M 字节,特别是新增加了一种保护模式运行方式,运行速度比 PC/XT 机(采用准 16 位芯片 8088)快 2~3 倍,适合于多任务环境。我国生产的长城 286 微机与 PC/AT 兼容性很高,而且具有丰富的汉字处理能力。

IBM PS-2 个人系统系列机是 IBM 公司于 1988 年底推出的系列微机。其机型有 PS-2、PS-30、PS-50、PS-60 和 PS-80 系列。在硬件方面,改进了 I/O 通道,采用微通道技术,换成了自适应电源系统;在软件方面,推出了新的操作系统 OS-2 等。以前的 PC/XT、PC/AT 机上的应用软件大部分能在 PS-2 以实际模式方式运行。

1987 年 INTEL 公司推出了 32 位微处理器。80386(直接寻址能力为 4G 字节,并采用了流水线方式),接着许多公司立即以此为 CPU 推出了各种 386 微机,它实际上已在某些方面超过了以前的小型计算机,特别是在 INTEL 公司于 1990 年上半年推出了超高度集成的 80486 芯片后(将以前的 80386 和 80387 两块集成在一块),微机体积更小,可靠性更高。目前,性能更高的 Pentium CPU 和具有 MMX 技术 Pentium CPU 以及 Pentium II CPU 已成为市场的主流 CPU。

第三节 计算机系统简介

一个计算机系统包括两大部分:机器系统和程序系统。前者称为硬件,后者称为软件。所

谓硬件,就是指计算机系统中一切实际物质设备的总称;软件是相对于硬件而言的,它包括机器运行所需要的各种程序及其有关资料(见图 1-1)。硬件是软件的物质基础,软件是硬件赖以发挥的条件。正如有了钢琴,还要有乐谱;有了算盘,还要有算法口诀。要使计算机充分发挥效能,不仅要有较好的硬件,还要有丰富的软件。一个不包含任何软件的计算机称为“裸机”,在裸机上只能运行机器语言源程序,这对计算机专家以外的人来说几乎是不可能的。在软件中最重要的是操作系统,它是所有软件的核心。操作系统本身是一个庞大的程序,它支持、控制着所有运行的程序并管理这个计算机的所有软硬件资源。图 1-2 说明计算机各部分间的关系。

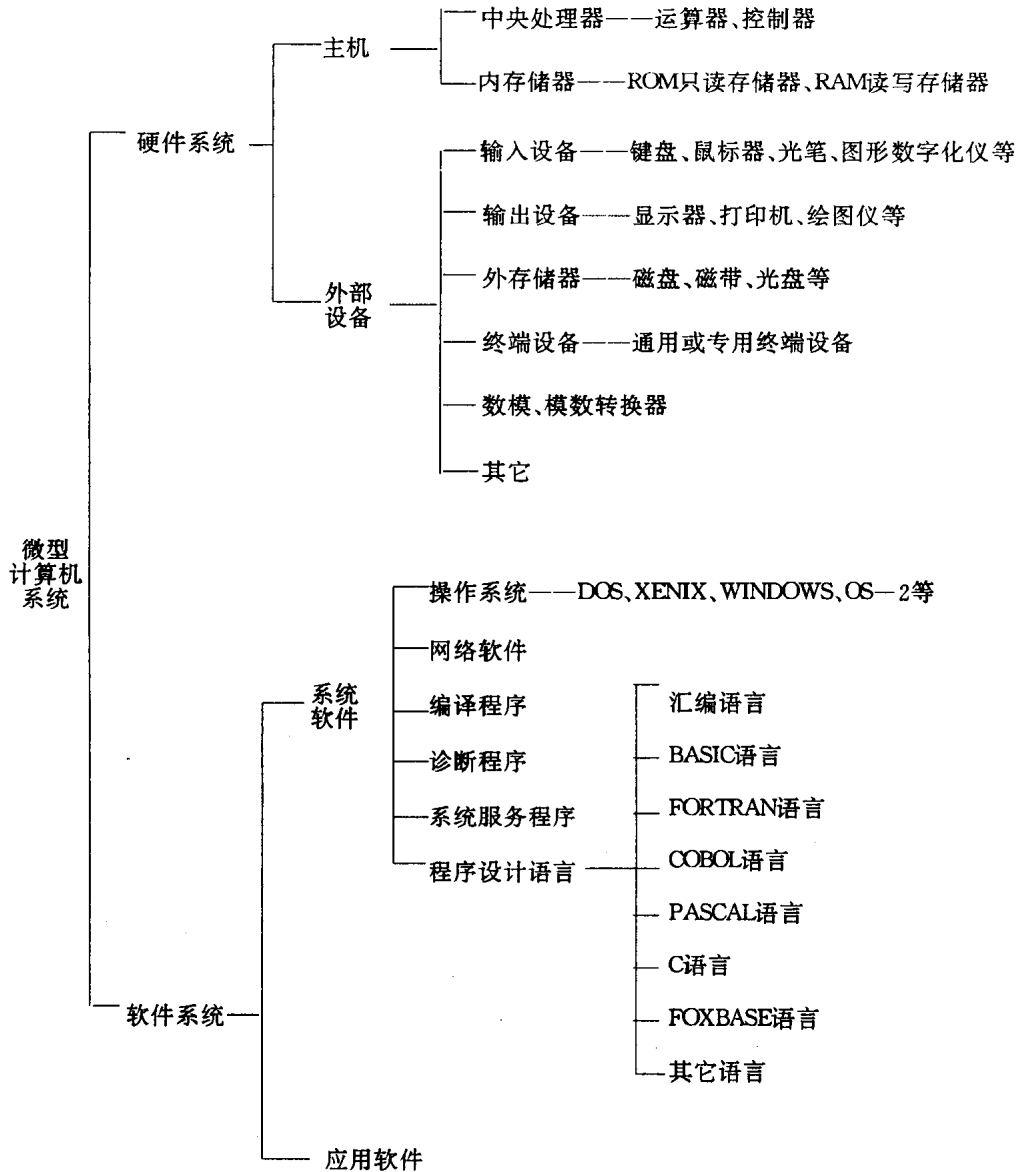


图 1-1 计算机系统

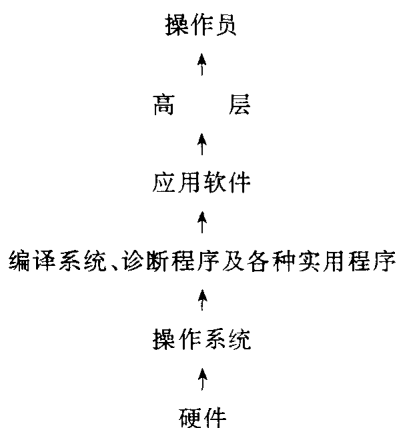


图 1-2 计算机系统层次关系

(一)软件简介

软件是计算机系统的重要组成部分,人们要利用计算机解决实际问题,首先要编制程序。程序设计语言就是用来编写程序的语言,它是人与计算机之间交换信息的工具,也是人们指挥计算机工作的一种必要手段。程序设计语言一般可分为机器语言、汇编语言和高级语言三类。

1. 机器语言 机器语言是最底层的计算机语言,用机器语言编写的程序,计算机硬件可以直接识别。在用机器语言编写的程序中,每一条机器指令都是二进制形式的指令代码。在指令代码中一般包括操作码和地址码,其中操作码将告诉计算机作何种操作,地址码则指出被操作的对象。对于不同的计算机硬件(主要是 CPU),其机器语言是不同的,因此,针对一种计算机所编写的机器语言程序不能在另一种计算机上运行。由于机器语言程序是直接针对计算机硬件的,因而它的执行速度比较快,基本上充分发挥了计算机的速度性能,但用机器语言编写程序的难度较大,容易出错,而且程序的直观性比较差,也不容易移植。

2. 汇编语言 在机器语言中,每一条指令都是由 0 和 1 组成的代码串,因此,由它编写出的程序不易阅读,而且它的指令代码不易记忆。为了便于理解与记忆,人们采用能帮助记忆的英文缩写符号(称为指令助记符)来代替机器语言指令代码中的操作码,用地址符号来代替地址码。用指令助记符及地址符号书写的指令称为汇编指令(也称符号指令),而用汇编指令编写的程序称为汇编语言源程序。

汇编语言与机器语言一般是一一对应的,因此,汇编语言也是与具体使用的计算机有关的。由于汇编语言采用了助记符,因此,它比机器语言直观,容易记忆和理解。用汇编语言编写的程序也比机器语言程序易读、易检查、易修改。用汇编语言编写的程序其执行效率也比较高,但通用性和可移植性也比较差。

总的来说,汇编语言比机器语言前进了一步。但是,计算机是不能直接识别用汇编语言编写的程序的,必须由一种专门的翻译程序将汇编语言程序翻译成机器语言程序后,计算机才能识别并执行,这种翻译的过程称为“汇编”,负责翻译的程序称为汇编程序。

3. 高级语言 机器语言和汇编语言都是面向机器的语言,一般称为低级语言。低级语言对机器的依赖性太大,用它们开发的程序通用性很差,而且要求程序的开发者必须熟悉了解计算机硬件的每一个细节。因此,它们面对的用户一般是计算机专业人员,普通的计算机用

户很难胜任这一工作。

随着计算机技术的发展以及计算机应用领域的不断扩大,计算机用户的队伍也在不断壮大,而且这支队伍中绝大部分都不是计算机专业人员。为此,从 50 年代中期开始,逐步发展了面向问题的程序设计语言,称为高级语言。高级语言是与具体计算机硬件无关,其表达方法接近于被描述的问题,且易为人们接受和掌握。用高级语言编写程序要比低级语言容易得多,这就大大简化了程序的编制和调试,使编程效率得到大幅度的提高。

高级语言的显著特点是独立于具体的计算机硬件,通用性和可移植性好。例如,用 BASIC 语言编写的一个应用程序,可以在装有 BASIC 解释程序的任何一种计算机上运行。

(二)硬件简介

硬件系统是指那些为组成微机系统而有机联系起来的电子、电磁、机械、光学的元件、部件和装置的总和,它们一般是有形的物理实体。硬件是微机系统的物质基础,它的基本系统由下列部分组成。

1. 主机 主机由系统板(母板)、电源($\pm 5V$ 、 $\pm 12V$)、多功能适配器(软盘驱动器、硬盘驱动器、串行并行通信接口适配器)、单色或彩色图形/字符适配器、喇叭、复位键(RESET)组成。系统板是微机的核心,根据不同的机箱水平或垂直安装在机箱内。主机箱内装有一个交直流开关电源,其输出的直流电源为 $\pm 5V$ 、 $\pm 12V$ 。系统板上有一个 5 芯的圆形插座,用来连接键盘。系统板上还根据不同规格的微机安装有 3~9 个 I/O 通道总线扩展插槽,用来插接微机系统中的各种扩展适配器板(卡)。

系统板上的各种器件可分成 5 个大功能模块:处理器子系统及其支持部件、只读存储器子系统、随机存储器子系统、I/O 通道和适配器总线传输系统。

2. 键盘 键盘是计算机最常用的输入设备,微机绝大多数的文字和数据录入是通过键盘进行的。键盘通过电缆与主机连接,键盘内有一芯片,用于执行键盘与主机的通讯。

3. 软盘存储器 目前微机的外部存储器主要是磁盘(包括软盘和硬盘),另外更新一代的光盘也开始逐渐流行。

软盘存储器由软盘、软盘驱动器和驱动器适配器组成。

软盘是一种表面上涂有磁性材料的圆盘片。它靠磁性材料的磁化方向来存储信息。将信息存储到磁盘中,称为“写”操作,从磁盘中取出数据称为“读”操作。软磁盘的存储量也是以字节为单位。软磁盘有多种规格,常用的有 5.25 英寸盘(简称 5 寸盘)和 3.5 英寸盘(简称 3 寸盘)。5 寸盘存储容量有 360kB、1.2MB 两种,3 寸盘有 720kB、1.44MB 两种。

4. 硬盘存储器 硬盘存储器是将磁盘驱动器和磁盘片固定在一起的密封装置,它容量大、读写速度快、不易损坏。因硬盘驱动器放置在主机机箱内,又称为固定盘。近年又出现了活动硬盘。硬盘的容量从几十兆字节到数千兆字节以上大小不等,目前流行的 Pentium 一般都配 2GB 以上的硬盘。

5. 激光存储器 也称 CD 存储器,是利用激光原理进行数据读写的计算机存储设备。由光盘、光盘驱动器和驱动器适配器组成。它容量大,一张光盘容量为 650MB,超过普通硬盘。音频、视频等信息均采用全数字化媒体形式存取,便于永久保存。随着功能进一步提高、完善及价格下降,激光存储设备会越来越普遍地装配到微型机系统中。

当前光盘存储多数是只读型的,少数是可一次写入型的。最近又出现一种 MO 的磁光盘,可以随意写,也许将来会取代只读光盘。

6. 显示器 显示器是计算机信息输出的重要设备,是人机对话的主要工具,它既可以显示键盘输入的命令和数据,又可将结果数据变换成字符或图形显示出来。

7. 打印机 打印机是计算机系统的基本输出设备之一,目前广泛使用的是针式打印机、喷墨式打印机和激光打印机。

8. 其它外部设备

(1)鼠标器。鼠标器可以方便地指定光标在显示器屏幕上的位置,它比用键盘上的光标键移动方便得多。例如,用光标键作一个圆是非常困难的,而用鼠标器则只要在桌面上简单地画一个圆即可。通常鼠标器总是与键盘同时使用的。

(2)扫描仪。扫描仪是一种图像输入设备。由于它可以迅速地将图像(黑白或彩色)输入到计算机,因而成为计算机进行图像处理的重要输入设备。

第二章 计算机语言基础知识

第一节 BASIC 语言简介

BASIC 是 Beginner's All-purpose Symbolic Instruction Code (初学者通用符号指令代码)的缩写,最初的基本版本是由美国达特蒙斯(DARTMOUTH)学院的 J. 基米尼(John G Kemeny)和 T. 库尔茨(Thomas E Kurtz)两位教授于 1964 年提出的。经过 30 多年的扩充和改进,BASIC 语言已成为国际上广泛使用的一种高级语言,具有通用、直观、会话性强等特点,不仅适用于编制数值计算的程序,也可编制有关数据处理的程序。

一、BASIC 程序结构

一个 BASIC 程序由若干个语句行组成。每个语句行由行号、语句、回车三部分组成,其中行号要用无符号整数表示,但不要求为连续整数,以便修改程序时插入一些新的语句行,程序执行时一般按行号从小到大的顺序依次执行。一个语句行一般只写一个语句,有时也可写多个语句,语句之间用冒号隔开,同一行的若干语句按书写次序依次执行。回车是每个语句行的结束标志,书写时可以省略。每个语句一般由语句定义符和语句体两部分组成。每个程序一般以 END 结束,执行程序时,遇到 END 语句便停止执行。当一个程序通过输入设备送入计算机后,计算机并不立即执行该程序,而必须由操作者再单独发出“运行”的命令 RUN 后,计算机才开始执行该程序,一直到遇到 END(或无语句可执行)就停止执行此程序。

下面就是一个简短的程序:

```
10 LET A=10: LET B=A * A
20 PRINT A,B
30 END
```

二、BASIC 语言中的常量、变量和标准函数

(一)常量

BASIC 语言中的常量分为数值型常量和字符串型常量两种。

1. 数值常量 在 BASIC 语言中,输入、输出均使用十进制数。数值常量有两种写法:日常记数法与科学记数法。日常记数法中可使用+(或-)号、10 个数码及小数点。如 1/2 在计算机中不是常量。科学记数法由尾数、底数和阶码三部分组成,如:4.321E+9 表示 4.321×10^9 , -6.789E-8 表示 -6.789×10^{-8} 。

使用科学记数法时,尾数不可省略,如 10^8 应写成 1E+8,而不能写成 E+8。

BASIC 语言对数值的范围虽无限制,但由于计算机字长的限制,数值的取值是有一定范围的实数,其范围为 $-1E+38 \sim 1E+38$,超出这个范围,则显示出错信息。

2. 字符串常量 使用计算机时,经常涉及到大量的非数值量,如姓名、地址、产品名称

等。在 BASIC 语言中,两个双引号之间的字符(包括空格符),均称为字符串常量,在配置了汉字系统的计算机上,汉字也可以作为字符串常量的内容。

应注意的是,双引号在 BASIC 语言中是字符串常量的起始和终止标志,双引号本身并不是也不能作为字符串常量的内容,而且双引号没有左、右之分。

(二)变量

变量就是其值在程序运行时可以改变的量,在某个确定的时刻,变量的值就是一个确定的常量。

按其所代表的值分为数值变量与字符串变量两种,按其书写形式又分为简单变量和下标变量两种。变量的三要素为:变量名、变量类型、值。

- 1. 简单数值变量 在 BASIC 中,简单变量名由一个英文字母或两个英文字母或一个英文字母接一个数字组成。但有些符号(如 IF、TO 等,称为关键字)不能作为变量名。
- 2. 字符串变量 字符串变量名,由简单数值变量名后面跟一个“\$”号组成。
- 3. 下标变量 简单变量各自独立,相互之间没有什么内在联系。为了处理大批相互之间有着一定联系的数据,BASIC 语言提供了一种能体现相互之间逻辑关系(大小、先后次序)的变量结构,称之为“数组”。

所谓数组,就是将若干个具有相同性质的变量组合在一起,形成一张如图 2-1 所示的表。给这张表取一个名字——数组名(如数组 I)。组成数组的每个变量,称为该数组的元素,每个元素在表中的位置,由该元素的下标值表示。数组中的元素,用数组名配以该元素的下标值来表示,如:I(0),I(1),I(2),…。我们把这种具有下标值的变量称为下标变量。

BASIC 语言规定:数组名的命名法与简单变量相同。数组也有数值型与字符串型之分,在数值型数组中,每个下标变量均是数值型;在字符串型数组中,每个下标变量均是字符串型。数组的下标为非负连续整数,最小下标为零。

(三)标准函数

BASIC 语言中提供了一些可以直接使用的函数,称为标准函数。如 SIN(X),即数学中的 $\sin x$,表示求 x 的正弦值。

图 2-1 数组示例

- 1. 算术函数 算术函数又称标准算术函数或内部函数。BASIC 语言提供了 11 个标准算术函数(见表 2-1)。

表 2-1 标准算术函数表

算术函数	数学式	意 义	说 明
ABS(X)	x	求 x 的绝对值	
SQR(X)	$\sqrt{x}$	求 x 的平方根	$x \geq 0$
SIN(X)	$\sin x$	求 x 的正弦值	x 为弧度
COS(X)	$\cos x$	求 x 的余弦值	x 为弧度
TAN(X)	$\tan x$	求 x 的正切值	x 为弧度
ATN(X)	$\arctan x$	求 x 的反正切值	结果为弧度
EXP(X)	e^x	求指数 e^x 的值	$e=2.718\ 28\dots$
LOG(X)	$\ln x$	求 x 的自然对数	$x > 0$
INT(X)	[x]	求不大于 x 的最大整数	
SGN(X)	$\text{sgn}(x)$	符号函数	
RND(X)		得到(0,1)间的一个随机数	

说明:①所有函数的自变量可以是常数或表达式。自变量必须用圆括号括起来。如 $\text{SIN}(X)$ 不能写成 $\text{SIN}X$ 。

②正弦、余弦、正切函数的自变量为弧度。如 $\sin 47^\circ$ 的 BASIC 语言表达式应写成: $\text{SIN}(47 * 3.14159/180)$ 。

③ $\text{LOG}(x)$ 是自然对数函数 $\ln x$, 即求以 e 为底的 x 的对数。若要求以其它数为底的 x 的对数, 必须使用换底公式。例如, 求 $\log_{10}x$ (即 $\lg x$), BASIC 表达式应写成: $\text{LOG}(X)/\text{LOG}(10)$ 。

④取整函数 $\text{INT}(X)$ 是求不大于 X 的最大整数。例如, $\text{INT}(45.67)$ 的值为 45, $\text{INT}(-45.67)$ 的值为 -46 等。

利用 INT 函数可以将一个数四舍五入到任意一点。如四舍五入到整数: $\text{INT}(X+0.5)$; 四舍五入到小数点后第 2 位: $\text{INT}(X * 100 + 0.5)/100$; 四舍五入到百位: $\text{INT}(X/100 + 0.5) * 100$ 。

⑤ $\text{RND}(X)$ 称为随机函数。在 BASIC 中, X 的取值不同, 可能会产生不同的随机数。当 X 大于 0 时, 每使用一次产生一个新的随机数; 当 X 为 0 时, 使用随机数会得到刚刚产生过的那个随机数; 当 X 取负值时, 随着负数值的不同, 产生不同的随机数。当多次使用随机函数而 X 都取一个固定的负数, 则每次都产生同一个随机数。随机数主要用于数据的模拟。

⑥这些函数的使用, 除本身具有的数学含义外, 还应灵活运用。

2. 字符串函数 BASIC 提供了 7 种字符串函数(见表 2-2)。

表 2-2 标准串函数表

函数	功能	示例	
		函数调用	值
$\text{LEN}(\langle\text{串}\rangle)$	求串长	$\text{LEN}("A+B"+"A-B")$	6
$\text{STR} \$ (\langle\text{表达式}\rangle)$	将算术表达式的值转换成串	$\text{STR} \$ (73.4) + "A"$	73.4A
$\text{VAL}(\langle\text{串}\rangle)$	将字符串转变成数值	$\text{VAL}("123.4") + 5$ $\text{VAL}("123\text{EAB}")$ $\text{VAL}("A123")$	128.4 123 0
$\text{MID} \$ (\langle\text{串}\rangle), p, n$	求得串中从第 p 个字符开始的 n 个字符	$\text{MID} \$ ("1234", 2, 2) + "1"$ $\text{MID} \$ ("12"2, 5) + "1"$	231 21
$\text{RIGHT} \$ (\langle\text{串}\rangle), n$	求得串中右边的 n 个字符	$\text{RIGHT} \$ ("1234", 2) + "1"$ $\text{RIGHT} \$ ("12", 4) + "1"$	121
$\text{ASC}(\langle\text{串}\rangle)$	求得串中第一个字符的 ASCII 码	$\text{ASC}("A")$ $\text{ASC}("ABC")$	65 65
$\text{CHR} \$ (\langle\text{表达式}\rangle)$	求得以算术表达式的值为 ASCII 码的一个字符	$\text{CHR} \$ (66)$ $\text{CHR} \$ (66.6)$	B B

三、BASIC 语言中的表达式

(一) 算术表达式

用符合 BASIC 语言规定的算术运算符和圆括号, 把数、数值变量、算术函数连接起来的式子称为算术表达式。单个的数值常量、数值变量、算术函数也称为算术表达式。算术表达式的值仍是算术值。

1. 运算符 BASIC 语言中的算术运算符号有: + (加)、- (减)、* (乘)、/ (除)、^ (乘

方)共 5 种。

2. 运算次序 在 BASIC 语言中,算术表达式中运算符的运算次序如图 2-2 所示。同一级运算由左至右。

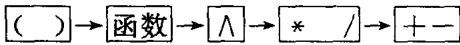


图 2-2 算术运算优先次序

3. 注意事项 书写算术表达式时,乘号“*”不可省略,也不能用 $\times$ 或 $\cdot$ 代替;除号“/”不能用 $\div$ 。所有的英文字母均以大写出现,所有的符号写在同一横线上。

(二)字符串表达式

用字符串运算符把字符串常量、字符串变量或字符串函数连接起来的式子称为字符串表达式,单个的串常量、串变量、串函数也可看成字符串表达式。字符串表达式的值仍是字符串。

BASIC 语言中,字符串运算符有 1 个:+(串连接)。如“AB”+“CD”的结果为“ABCD”。

(三)关系表达式

用一个关系运算符将两个表达式连接起来的式子称为关系表达式。BASIC 语言中,有 6 个关系运算符,如表 2-3 所示。

表 2-3 BASIC 语言的关系运算符

运算符	等价的数学运算符	意义
=	=	等于
>	>	大于
<	<	小于
>=或= >	$\geq$	大于或等于
<=或= <	$\leq$	小于或等于
> <或< >	$\neq$	不等于

应注意的是,形如 $2 \leq x \leq 5$ 的数学式子,无法用关系表达式表示。

关系表达式的值(运算结果)是逻辑值:0(假)、1(真)。

(四)逻辑表达式

用逻辑运算符将具有逻辑值的式子连接起来,就得到一个逻辑表达式。有时也将具有逻辑值的式子(如关系表达式)看成是逻辑表达式。

BASIC 语言中逻辑运算符有三种:AND(与)、OR(或)、NOT(非),其运算规则如表 2-4 所示。

表 2-4 逻辑运算符的运算规则

逻辑值 A	逻辑值 B	A AND B	A OR B	NOT A
0	0	0	0	1
0	1	0	1	1
1	0	0	1	0
1	1	1	1	0