

高等师范院校试用教材

BASIC语言及其应用

师范院校教育学院电子技术教学研究会 编

黑龙江人民出版社

高等师范院校试用教材

BASIC 语言 及其 应用

师范院校教育学院电子技术教学研究会 编

黑 龙 江 人 民 出 版 社

1988年 • 哈尔滨

主 编：刘安亭

副主编：杜 凯 王继仁 黄兴文

编 委：楚安夫 冯 伟 汪白云 胡 晖 高 原

刘化君 付学明 李国安 陶树发 王 建

沈晓春 崔醒环 丁光辉

责任编辑：静 波

高等师范院校试用教材

BASIC语言及其应用

师范院校教育学院电子技术教学研究会 编

黑 龙 江 人 民 出 版 社 出 版

(哈尔滨市道里森林街42号)

哈尔滨铁路印刷厂印刷

黑龙江省新华书店发行

开本787×1092毫米1/16·印张15·字数：370,000

1988年5月第1版 1988年5月第1次印刷

印数1—8,000

ISBN7—207—00668—3/TP·1 定价3.50元

前 言

本书由全国师范院校、教育学院电子技术教学研究会组织哈尔滨师大、齐齐哈尔师院、锦州师院、湖北师院、庆阳师专、重庆师专、黔东南师专、张家口师专、徽州师专、临沂师专、沧州师专、湖州师专、哈尔滨师专、泰安师专、承德师专和阜新教育学院等十六所师范院校十七位任课教师编写的微机课教材。

本书在编写之前，在泰安召开了编写大纲讨论会，全体编委参加了会议。泰安师专楚安夫副教授为会议的顺利召开做了许多工作，衡水师专倪振成和淮阴师专刘宁生二位老师参加了会议并提出了一些宝贵的意见，在此表示感谢。

在编写过程中认真讨论了师范院校理科开设微机课的教学大纲，结合大多数师范院校所配APPLE II机型，且考虑了其它院校非计算机专业开设微机课的具体情况，编写了这本教学用书。本书可作为师范院校和其它院校的微机课教材或主要参考书。

本书在概述了电子计算机有关知识的基础上，重点讲述了APPLE II机的实数BASIC语言和程序设计，也较详细地介绍了DOS3.3操作系统和汉字系统。为便于上机操作选编了十个实验题目，供上机操作实验时参考。为使一些配备IBM PC机的院校选作教材，在最后一章中专门介绍了IBM PC机的使用、BASIC语言、MS-DOS操作系统和汉字系统等。

本书具有系统性强、知识面广、深入浅出等特点，习题选择适度，文字简练，通俗易懂，既适合于教学，又适合于自学。

本书授课总学时可在40~60学时，一般总授课为48学时。其中，讲授30学时，上机操作实验9次共18学时，若学时安排较少，凡注“*”号的节可不讲，DOS和汉字系统可少讲，需要时可安排学生阅读。

本书的编写，由于我们的水平有限，加上时间仓促，难免有不当或错误之处，恳切希望广大读者批评指正。

师范院校教育学院电子技术教学研究会

一九八八年五月

目 录

第一章 电子计算机概述.....	(1)
§ 1.1 电子计算机的发展、特点与应用.....	(1)
§ 1.2 电子计算机系统结构.....	(4)
§ 1.3 计算机的数制.....	(7)
§ 1.4 计算机语言.....	(10)
§ 1.5 APPLE II微计算机系统.....	(12)
习题一	(14)
第二章 BASIC语言基础.....	(15)
§ 2.1 BASIC语言的特点.....	(15)
§ 2.2 BASIC语言程序结构.....	(16)
§ 2.3 BASIC语言基础知识.....	(17)
§ 2.4 几个常用命令.....	(21)
习题二	(22)
第三章 顺序程序.....	(23)
§ 3.1 输出语句 (PRINT语句)	(23)
§ 3.2 赋值语句 (LET语句)	(27)
§ 3.3 键盘输入语句 (INPUT语句).....	(30)
§ 3.4 读数语句 (READ语句) 和置数语句 (DATA语句)	(33)
§ 3.5 三种提供数据语句的比较.....	(35)
§ 3.6 暂停语句 (STOP语句) 和注释语句 (REM语句)	(37)
* § 3.7 数据的格式化显示输出.....	(39)
习题三	(41)
第四章 函 数.....	(43)
§ 4.1 数学函数.....	(43)
§ 4.2 随机函数 RND(X)	(48)
§ 4.3 输出格式函数.....	(49)
§ 4.4 自定义函数.....	(52)
习题四	(53)
第五章 分支程序.....	(55)
§ 5.1 逻辑框图.....	(55)
§ 5.2 转向语句 (GOTO语句)	(56)
§ 5.3 条件语句 (IF—THEN语句)	(57)
* § 5.4 逻辑条件语句.....	(63)
§ 5.5 开关转向语句 (ON—GOTO语句)	(64)
§ 5.6 分支程序设计.....	(65)
习题五	(68)
第六章 循环程序.....	(70)
§ 6.1 循环语句 (FOR—NEXT语句)	(70)

§ 6.2 单重循环程序设计	(73)
§ 6.3 多重循环	(78)
习题六	(82)
第七章 子程序	(85)
§ 7.1 转子语句 (GOSUB语句) 和返回语句 (RETURN语句)	(85)
§ 7.2 开关转子语句 (ON—GOSUB语句)	(88)
§ 7.3 程序设计举例	(89)
习题七	(93)
第八章 数组	(96)
§ 8.1 下标变量和数组	(96)
§ 8.2 数组说明语句 (DIM语句)	(98)
§ 8.3 程序设计举例	(101)
习题八	(107)
第九章 字符串	(109)
§ 9.1 字符串变量的赋值	(109)
§ 9.2 字符串比较	(112)
§ 9.3 字符串运算	(115)
§ 9.4 字符串函数	(116)
§ 9.5 程序设计举例	(120)
习题九	(122)
●程序设计小结	(124)
第十章 图形处理	(126)
§ 10.1 低分辨率绘图	(126)
§ 10.2 高分辨率绘图	(130)
§ 10.3 高分辨率图形的存储、调出与打印	(135)
习题十	(136)
第十一章 文件与磁盘操作	(137)
§ 11.1 磁盘	(137)
§ 11.2 DOS系统与磁盘文件	(138)
§ 11.3 DOS命令	(139)
§ 11.4 顺序文本文件	(144)
§ 11.5 随机文本文件	(150)
§ 11.6 批处理命令 (EXEC命令)	(153)
习题十一	(155)
第十二章 汉字系统	(157)
§ 12.1 松台汉字的卡的使用	(157)
§ 12.2 苹果蓝汉字的卡的使用	(164)
§ 12.3 超级软件汉字系统 (2.00) 简介	(169)
习题十二	(171)
第十三章 上机操作实验	(172)
APPLE I的基本操作	(172)
实验一 APPLE I结构、操作和演示	(176)

实验二 三种提供数据的语句.....	(176)
实验三 条件语句.....	(177)
实验四 循环程序.....	(179)
实验五 子程序和数组.....	(181)
实验六 字符串.....	(183)
实验七 微机绘图.....	(185)
实验八 DOS的使用.....	(188)
实验九 文本文件.....	(189)
实验十 汉字操作.....	(191)
习题十三	(192)
第十四章 IBM PC微计算机	(194)
§ 14.1 IBM PC机系统	(194)
§ 14.2 IBM PC机的键盘操作	(195)
§ 14.3 IBM PC机BASIC语言.....	(198)
§ 14.4 MS-DOS系统.....	(205)
§ 14.5 IBM PC机汉字处理系统.....	(214)
习题十四	(219)
附录 I APPLE I微型计算机信息.....	(220)
(一) ASCII码.....	(220)
(二) APPLESOFT保留字及代码.....	(221)
(三) APPLESOFT错误信息.....	(222)
(四) DOS错误信息.....	(223)
(五) 中文重复字及其编码.....	(224)
附录 II IBM PC微型计算机错误信息	(226)
(一) IBM PC BASIC和DOS错误信息	(226)
(二) IBM PC BASIC的命令、语句和函数.....	(228)

第一章 电子计算机概述

电子计算机（简称计算机）通常指的是数字电子计算机，它能自动、高速、准确地加工处理信息。在电子计算机出现的初期，人们普遍把它当做一种高级计算工具，用以代替人工进行繁琐、精密的数字计算。随着电子计算机的发展，它的功能越来越强，计算机的使用远远超出数字计算的范围，它越来越多地代替人类脑力劳动，所以人们又常常称电子计算机为“电脑”。

本章将概括地介绍电子计算机的发展、特点和应用，计算机的系统结构、数制及计算机语言。最后说明APPLE II微型计算机的组成。

§ 1.1 电子计算机的发展、特点与应用

一、电子计算机的发展

电子计算机是人类同大自然斗争的必然产物。在人类社会的开始，人们把自身的附属物（如手指）或周围可数的有形物体（如石子）做为计算工具，这种计算多属计数。人类在生产技术发展和规模扩大中，不断地改善计算工具。人类经过加工制造出来的世界上最早的计算工具，则是我国唐末出现的算盘。以后相继在1642年制成了机械式计算机，1654年出现了计算尺，1887年手摇计算机问世，本世纪初又推出了电动式计算机。这些都是在计算过程中，需要人工干预的计算装置，统称为“计算器”。

随着科学技术的发展，要求计算的题目越来越复杂，计算量越来越大，精度越来越高。在这种情况下，需要人工干预的“计算器”已远远满足不了要求，从而迫使人们研制更有效的计算工具。在本世纪三十年代出现了电子管，使人们对1701年由莱布尼兹创立的二进制计数制和1847年由布尔创立的逻辑代数引起了广泛的注意，到本世纪中叶，人类发明了能够存储程序的电子计算机。它是不需要人工干预而按着设定的操作顺序自动地、高速地、准确地进行信息存储，加工和再现的一种电子设备。

世界上第一台数字式电子计算机ENIAC于1946年由美国宾夕法尼亚大学研制成功。该机共用了18000支电子管，1500个继电器，占地面积170平方米，重30吨，耗电150千瓦。如此一个庞然大物，其运算速度仅是每秒5000次。

从“ENIAC”问世至今四十多年来，电子计算机以极快的速度发展着。据国外报道，电子计算机每五至八年运算速度提高十倍，体积缩小十倍，而成本也降低了十倍。就计算机采用的电子器件来说，已经历了电子管、晶体管、集成电路和大规模集成电路四个时期。目前正进入第五个时期，采用超大规模集成电路和现代科学技术，模仿人脑部分功能，向着“会思考”问题的人工智能计算机方向发展。

电子计算机就其功能而言，人们将其分为巨型机、大型机、中型机、小型机和微型机五类。目前普及最广，应用最灵活的是微型机。

由于大规模集成电路的发展,1971年出现了第一台微型计算机。十多年来,微型机的性能和集成度几乎每两年增加一倍,经历了四位机、八位机、十六位机和三十二位机四个时期。目前第四代微型机正投入市场,并正向第五代进军。

我国计算机的研制工作,正式起步于1956年,1958年试制成功了第一代电子管数字计算机DTS—1,1965年又研制成功第一台大型通用晶体管计算机。1971年第一台集成电路计算机TQ—16问世。1984年由我国自己设计和生产的“银河”亿万次巨型电子计算机开始运行,它标志着我国的计算机工业已经达到相当高的水平。近几年,我国的计算机应用普遍开展,特别是微机应用更为广泛。国内使用较多的是八位和十六位微型计算机,机型以APPLE II和IBM PC机居多。

二、电子计算机的特点

1. 运算速度快。

当代的电子计算机可以在每秒内进行几亿次的加法运算,即使是个人用的微型机运算速度每秒也达几十万次、这样高的运算速度是人工运算无法比拟的,如伟大数学家契依列花了十五年的时间计算 π 值,精确到小数点后707位,而现在用中等速度的计算机运算,8小时计算出的 π 值精确度可达15万位。

2. 运算精度高

一般计算机可以有十几位有效数字,普通的微型机也可达九位有效数字,这可以满足多方面的精度要求。

3. 有记忆功能

计算机可以把原始数据、结果、人工事先编制的运算步骤(即程序)存入其内部的记忆装置中,并且可以人为确定何时取出或按存储程序进行自动操作。目前,这种记忆装置的容量越来越大,存取的速度越来越快,而占据的物理空间越来越缩小。

4. 有逻辑判断能力

计算机能进行逻辑运算和逻辑判断,一方面使其实现自动计算,另一方面使其能完成许多具有逻辑性质的工作。这一点使计算机除能进行数值处理之外,还可以处理诸如字母、符号、单据、表格、资料、图形、图象、信号乃至文字、语言、声音等。随之也发展了各种非数值的算法和相应的数据结构,如排序、查找、插入、删除、字符串匹配、数和图的处理等。大大地拓宽了计算机应用的领域,进入人类社会的各行各业以至于家庭之中。

三、电子计算机的应用

当今,计算机在工业、农业、科研、国防和生活服务等人类社会的各个方面起着越来越重要的作用。下面仅就几个主要方面做以概括介绍。

1. 数值计算

数值计算是指计算机用于完成科学研究和工程技术中的数学问题的计算,所以又称科学计算。现代科学技术的发展,提出了大量复杂的数学问题,远非人工计算能及时有效地解决。例如气象预报,由于要求解描述大气运动规律的微分方程,需要计算的工作量很大。若用人工计算(包括其他计算工具)24小时内气象预报需花几个星期,这样费时的计算结果,对预报已无价值,而用计算机计算,几分钟内就能得出结果。由此足可以看出大量的现代科

学计算是离不开计算机的。

2. 信息处理

信息处理是指用计算机对实践中得到的大量信息进行及时记录,整理和分类统计,加工成所需的形式。信息处理所涉及的范围和内容十分广泛,如数据处理,企业经济管理,事务管理,图书、资料的处理和检索等等。与数值计算不同,信息处理的主要任务是快速、大量地处理信息。人工做这些工作不但效率低、速度慢,而且容易出错。计算机则能及时、准确地加工、处理信息。目前,信息处理已成为电子计算机应用的一个最重要的方面。

3. 实时控制

实时控制就是能够及时地搜集检测数据,按最佳值对控制对象进行自动控制或自动调节的一种控制方式。它是实现工业生产过程自动化的重要手段。实时控制也称为过程控制。计算机用于生产过程控制中除了起“实时”和“控制”作用外,还能及时发现故障,进行报警,并能自动查找故障原因和部位。

4. 计算机辅助设计

计算机辅助设计是利用计算机的运算、逻辑判断等功能帮助人们完成各种各样的设计工作。如产品设计、工程设计、材料设计等等。利用电子计算机的高速度能在多种设计方案中,经过分析比较选择最优方案,从而节省大量的人力、物力和时间。利用计算机进行设计还有直观性强的特点。设计的时候,能在荧光屏上显示出设计图形,设计人员可以用光笔在荧光屏上直接进行修改,直到满意为止。设计完毕,计算机即能控制绘图仪自动绘制出设计图。计算机辅助设计使设计过程趋向半自动化或自动化。现已采用计算机进行辅助设计的有:大规模集成电路、船舶、飞机、建筑物、计算机等。

5. 计算机辅助教育

计算机辅助教育主要包括两个方面:一是用计算机辅助教学简称CAI,这是用计算机来传递教学信息,直接为学生服务。二是用计算机管理教学简称CMI,它是用计算机管理和指导教学过程,直接为教师服务。

计算机辅助教育最早开始于1958年。现在,计算机辅助教育已经遍及教育的各个领域。

四、电子计算机的发展方向

目前,电子计算机的发展趋势正向巨型机、微型机、网络化、智能模拟四个方向发展。

1. 巨型机。巨型机的特征主要体现在高速、大容量方面。一般巨型机的平均运算速度为每秒1亿次以上,内存储器的容量在1兆字节以上,还配有存储量为几千兆字节的外存储器。目前世界上每秒运算十几亿次的巨型机已经投入运行,而每秒几十亿次甚至百亿次的巨型机也在研制中。

2. 微型计算机。是由一片或若干片大规模集成电路为基础组成完整的计算机。它是第四代电子计算机中诞生的一支生力军。由于微型计算机除具有一般电子计算机特点外,还具有体积小、重量轻、功耗小、价格低和可靠性高等优点,故其应用范围极为广泛。它已渗透到各个方面,各个部门,甚至到某些设备中去。

3. 计算机网络。是用通讯线路把分散在各地的若干计算机联系起来,组成计算机网络系统,它不仅可以实现远程信息处理,而且可以共享系统的资源。

4. 智能模拟。计算机科学的一个新的发展动向是研究智能计算机,通常叫智能模拟,或人工智能。这种智能计算机是一种模拟人的智力计算机。目前研制的人工智能机是指识别图象、听懂自然语言,会适应环境,有自学能力及能进行推理等类似具有“思维能力”的机器。现在,人工智能机的研制仍处在初级阶段。

§ 1.2 电子计算机系统结构

一、电子计算机的基本结构

电子计算机基本由控制器、运算器、内存储器、输入设备和输出设备组成。通常将控制器和运算器称为中央处理器(CPU),将控制器、运算器和内存储器合称为主机,输入、输出设备又称为外部设备。计算机结构框图如图1—1所示。

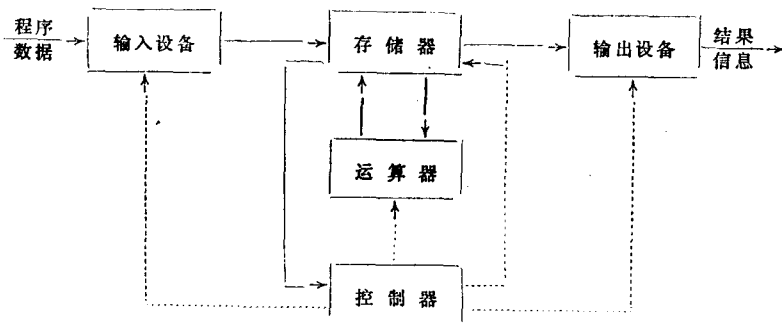


图1—1 计算机结构框图

下面对计算机的五个组成部分,做一些扼要的介绍。

1. 输入设备

输入设备是用来向计算机输入原始数据及程序的设备。输入设备的种类很多,常见的有键盘、读卡机、磁带机和磁盘机。

3. 输出设备

输出设备是用来输出计算结果及其它信息的设备。常用的有显示器、打印机、磁带机、磁盘机、绘图仪等。

3. 存储器

存储器用来存放程序、数据及其它有关信息。计算机的存储器有内存储器(简称内存)和外存储器(简称外存)。内存是计算机主机内部的存储器,它的特点是存取速度快,而容量小、成本高。外存的特点是容量大,存取速度较内存要低的多。

计算机的内存按工作方式又分为读写存储器(RAM)和只读存储器(ROM)。只读存储器中的信息是被固化的,用户只能读出使用其中的内容而不能向里面写入信息。只读存储器常用来保存必要的系统程序,如在APPLE II中只读存储器保存着监控程序和BASIC语言解释程序。而读写存储器用户可向里面存放信息,也可以从中取出信息。关机后读写存储器中的信息将自动消失,而只读存储器中的信息关机后依然保留。

4. 运算器

运算器是一种能对二进制数进行数学和逻辑运算的装置。数学运算包括二进制的加、减、

乘和除等运算；逻辑运算指两个数的比较大小、移位等操作。由于乘法和除法实际上可以看作一系列加法的组合，而减法经数字处理（即把减法变成加负数）也可化成为加法运算。因此运算器的核心部分是由一个具有某些逻辑运算功能的加法和移位器所组成。

运算器的最重要性能是运算速度。运算速度不仅指运算器的速度而且还与内存储器的存取有关。

5. 控制器

控制器的功能是从内存中读出指令并对它进行分析，根据分析得到的结果向计算机的各个部件发出控制信息，协调整个计算机完成指令要求的动作。控制器是计算机的“神经中枢”，它同计算机各部分的关系如图1—1中虚线所示。

二、计算机的硬件与软件

1. 硬件

组成计算机的一切设备，称为硬件。硬件是有固定的物理形状的实体。它包括主机的各种电路板，输入和输出设备，以及外存储器等。

2. 软件

计算机的程序系统称为软件。软件本身是没有固定的物理形状的虚体。计算机软件包括系统软件与应用软件。系统软件包括操作系统、监控程序、语言翻译程序等，它们的作用是帮助用户方便地使用计算机。应用软件是用户为完成各种各样的工作而编制的各种实用程序。软件和硬件构成计算机系统。

三、微型计算机

1. 微型计算机的几个基本概念

(1) 微处理器

把整个中央处理器（CPU）集成到一块或几块大规模集成电路的芯片上，这就是通常所说的微处理器（MPU），不过习惯上仍称微处理器为CPU。微处理器包括逻辑部件、寄存器组、控制电路、时钟发生器和内部总线。

(2) 微计算机

微计算机是由微处理器、存储器和输入输出接口电路组成，它们是通过系统总线连接起来。微计算机是一个独立的子系统，一般由少量的大规模集成电路组成，这些大规模集成电路可装在一块插件板上。

(3) 微计算机系统

一台微计算机带上必要的输入、输出设备，配有必须的系统软件、电源，就组成一个微计算机系统，图1—2是微计算机系统框图。

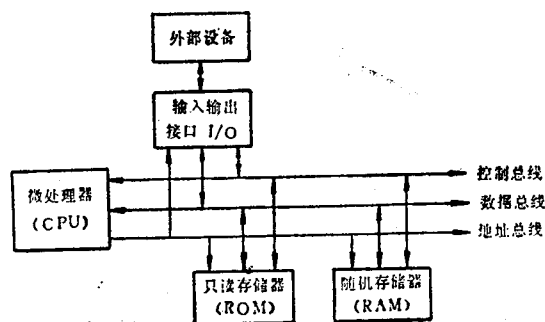
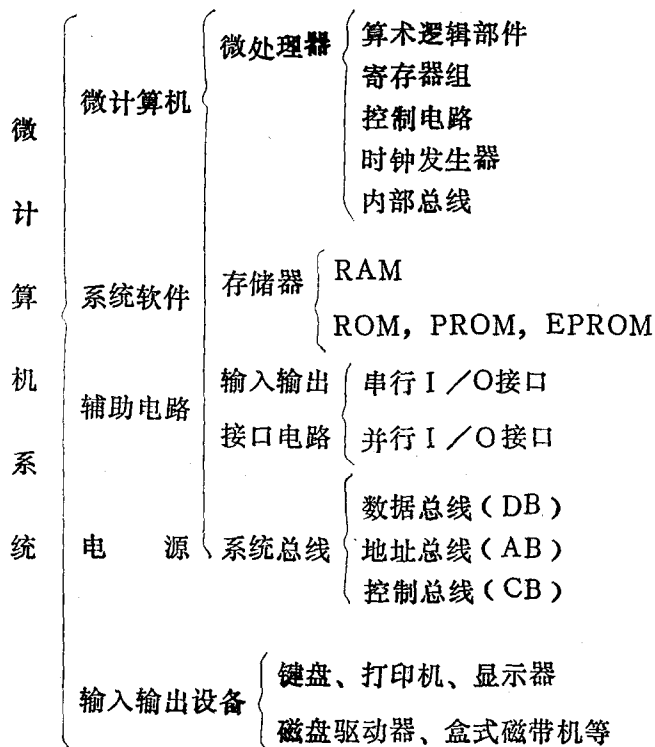


图1—2 微计算机系统框图

微计算机系统（即微型计算机系统）的构成情况，这里以图表形式小结如下：



2. 几个常用术语

(1) 数据

在计算机中，数据是指能够输入到计算机并由计算机处理的对象（如数字、字母、符号、文字、图表等）称为数据。

(2) 信息

在计算机中，信息是指各种形式的数据中所包含的意义。也就是说，数据是信息的载体。但在实际使用中，往往并不严格区分信息与数据，而是把信息看作是各种形式表示的数据的总称。

(3) 位 (Bit)

二进制的每一个数位，称为位。二进制数只有 0 和 1 两个数，在微处理器中，是通过触发器的翻转来实现 0 和 1 之间的转换。故一个触发器代表一位， n 个触发器就代表 n 位。例如微处理器 6502 和 Z80 的运算器、控制器、寄存器等都是由 8 个触发器组成的，故称它们是 8 位微处理器。由这种微处理器为主体组成的微计算机，就是 8 位微计算机。

(4) 字、字长和字节

在计算机中作为一个整体进行数字运算或数据处理的一组二进制数，称为计算机的字。例如在 8 位机中，十进制 99 表示为二进制数就是字。

计算机的每个字所含的位数，叫做字长。可见一部计算机的字长是由该机的算术逻辑单元 (ALU) 一次所能并行处理二进制数的位数来决定的。显然，8 位微计算机的字长是 8 位，16 位微计算机的字长是 16 位。计算机的字长越长，其功能也越强。因此，字长是衡量计

算机功能的重要指标之一。

字节是计算机中用二进制数表示信息的最小单位。通常规定8位二进制数为一个字节。

(5) 页和K字节

由于字节作为信息单位在许多场合下嫌太小了,因此常采用较大的单位即页和K字节。它们同字节的换算关系是:

1 页 = 256 个字节

4 页 = 1 K 字节 (实为1024个字节)

8. 微型计算机的主要指标

(1) 运算速度

运算速度通常是指每秒钟完成运算的次数。由于计算机进行不同操作所需要的时间并不相同,对运算速度计算的方法也不尽相同。一般地,用每秒钟完成加法的次数来表示速度,或者用指令的平均操作时间来表示速度。后者的计算方法是把全部指令的执行时间(节拍数)的总和除以指令数,得出一条指令的平均节拍数,再乘以每个节拍所需的时间,就是运算速度。

(2) 数据字长

数据字长即字长,见上文。

(3) 内存容量

内存容量是指内存存储器所含存储单元的数量。通常内存容量用K字节数表示。如一个计算机的数据字长为16位,而内存贮器可以存放32,768个数据,它的内存容量为64K字节(一个16位数为2个字节)。

(4) 软件支持

一台微型计算机的软件支持是指该机配置软件的能力,也就是为该机配备的软件的数量和质量。软件支持越多,可配用的语言种类和应用程序越多,就越有助于微型计算机的开发和应用,其经济效益也就越高。

§ 1.3 计算机的数制

数的记写和命名称为计数,各种不同的记写和命名方法构成计数制。在计算机和日常生活中常用的计数制是进位计数制。

一、数的几种常用进制

1. 十进制数

十进制数是人们十分熟悉的计数体制。它是用0、1、2、3、4、5、6、7、8、9十个数字符号,按照一定规律排列起来,表示数值的大小。例如,2464这个四位数,可以将它写成:

$$2464 = 2 \times 10^3 + 4 \times 10^2 + 6 \times 10^1 + 4 \times 10^0$$

从这个十进制数的表达式中,可以看出有以下特点:

(1) 每一个位置(数位)只可能出现十个数字符号中的某一个。通常把这些符号的数

目称为基数。十进制数的基数为10。

(2) 同一个数字符号在不同的位置代表的数值是不同的。上例中右边第一位和第三位都是4, 但它们代表的数值分别是4和400。

(3) 从右向左是逢十进位的。上例中的个位记作 10^0 ; 第二位是十位, 记作 10^1 ; 第三、四位为百位和千位, 记作 10^2 和 10^3 。通常把 10^0 、 10^1 、 10^2 、 10^3 称为是对应数位的权, 而且各数位的权都是基数的幂。每个数位对应的数字符号称为系数。显然, 某数位的数值等于该位的系数和权的乘积。

2. 二进制数

计算机内的信息都是由“0”和“1”数字代码组成, 是二进制数。其基数是2, 有进位时“逢二进一”, 即 $1 + 1 = 10$ 。例如, 1010按上述规律可以写成:

$$1010 = 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 0 \times 2^0$$

其中 2^3 、 2^2 、 2^1 、 2^0 是二进制数的权。

据此, 对于n位二进制正整数 $[N]_2$ 的表达式可以写成:

$$\begin{aligned} [N]_2 &= a_{n-1} \times 2^{n-1} + a_{n-2} \times 2^{n-2} + \cdots + a_1 \times 2^1 + a_0 \times 2^0 \\ &= \sum_{i=0}^{n-1} a_i \times 2^i \end{aligned}$$

式中 a_0 、 a_1 、 $\cdots$ 、 a_{n-1} 为系数, 可取基数0和1中任一个; 2^{n-1} 、 2^{n-2} 、 $\cdots$ 、 2^1 、 2^0 为各数位的权。

3. 八进制和十六进制

计算机中数值的运算都是用二进制计算, 但二进制数的位数多, 书写不方便。因此, 在编程时还常采用八进制数或十六进制数。

(1) 八进制数

在八进制中, 基数为8, 它有0、1、2、3、4、5、6、7八个数字符号, 它是逢八进位的, 各数位的权是8的幂。例如, $[412]_8 = 4 \times 8^2 + 1 \times 8^1 + 2 \times 8^0$ 八进制一般表达式为:

$$[N]_8 = \sum_{i=0}^{n-1} a_i \times 8^i$$

(2) 十六进制数

在十六进制中, 基数为16。它有0、1、2、3、4、5、6、7、8、9、A、B、C、D、E、F十六个数符。它是逢十六进位的, 各数位的权为16的幂。n位十六制正整数的一般表达式为:

$$[N]_{16} = \sum_{i=0}^{n-1} a_i \times 16^i$$

二、常用数制间的相互转换

1. 二进制数转换为十进制数

由二进制数的一般表达式可知, 只要将它们按权展开, 再依次相加即可得到对应的十进制数。

例如: $[10110101]_2 = 1 \times 2^7 + 1 \times 2^6 + 1 \times 2^4 + 1 \times 2^2 + 1 \times 2^0$
 $= 128 + 32 + 16 + 4 + 1 = [181]_{10}$

其它进制数同样按权展开相加即得对应的十进制数, 这里就不再一一举例。

2. 十进制数转换成二进制数

将十进制正整数转换为二进制整数, 其方法是用 2 不断去除十进制数, 直至商为 0 时为止, 每次所得的余数从后向前排列即为转换后的二进制数。

例如, 把十进制数 $[204]_{10}$ 转换成二进制数

$$\begin{array}{rcl}
 2 \overline{) 204} & \cdots \cdots & \text{余 } 0 \text{ (最低位)} \\
 2 \overline{) 102} & \cdots \cdots & \text{余 } 0 \\
 2 \overline{) 51} & \cdots \cdots & \text{余 } 1 \\
 2 \overline{) 25} & \cdots \cdots & \text{余 } 1 \\
 2 \overline{) 12} & \cdots \cdots & \text{余 } 0 \\
 2 \overline{) 6} & \cdots \cdots & \text{余 } 0 \\
 2 \overline{) 3} & \cdots \cdots & \text{余 } 1 \\
 2 \overline{) 1} & \cdots \cdots & \text{余 } 1 \text{ (最高位)} \\
 0 & &
 \end{array}$$

则有 $[204]_{10} = [11001100]_2$

3. 二进制与八进制、十六进制的相互转换

因为八和十六都是 2 的整次幂, 所以与二进制正整数间的相互转换是比较容易的。

(1) 二进制与八进制之间的相互转换

因为三位二进制数正好表示 0 ~ 7 八个数字, 所以一个二进制正整数要转换成八进制数时, 可以从最低位开始, 每三位为一组, 依次将它们转换成对应的八进制数字。若最后一组不足三位时, 应在前面加 0 补足三位再转换, 然后按原来的顺序排列就得到八进制数了。

例如: 二进制数 $[10101001010]_2$ 转换为八进制数时:

$$\begin{array}{cccc}
 010 & 101 & 001 & 010 \\
 \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow \\
 2 & 5 & 1 & 2
 \end{array}$$

则有 $[10101001010]_2 = [2512]_8$

相反, 若由八进制正整数转换成二进制数时, 只要将每位八进制数字写成对应的三位二进制数, 再按原来顺序排列起来即可。

例如: $[673]_8$ 转换为二进制数时, 分别将 6、7、3 用三位二进制数表示, 即

$$\begin{array}{ccc}
 6 & 7 & 3 \\
 \downarrow & \downarrow & \downarrow \\
 110 & 111 & 011
 \end{array}$$

则有 $[673]_8 = [110111011]_2$

(2) 二进制数与十六进制数之间相互转换

因为四位二进制正整数正好可以表示 0 ~ F 十六个数字, 所以转换时可以从最低位开

始，每四位二进制数分为一组，对应进行转换即可，具体方法同八进制的转换类似。

例如：〔111101000110〕₂转换成十六进制

1111	0100	0110
↓	↓	↓
F	4	6

则有 〔111101000110〕₂ = 〔F46〕₁₆。

相反，如把〔6EA〕₁₆转换成二进制数时，可以写出：

6	E	A
↓	↓	↓
0110	1110	1010

所以 〔6EA〕₁₆ = 〔11011101010〕₂。

§ 1.4 计算机语言

语言是人们交流思想的工具，计算机语言是人与计算机之间进行信息交换的工具。

1946年第一台ENIAC电子计算机诞生的同时计算机机器语言也产生了。随着计算机科学技术的发展，计算机语言也由低级到高级逐步发展起来了。目前计算机语言发展到几百种，形成了计算机语言系统。这些计算机语言可分为三大类：机器语言、汇编语言和高级语言。

一、机器语言

机器语言是由二进制代码所构成的机器指令系统。所谓指令是向计算机指出进行何种操作、由哪些数据参与操作，操作结果如何处理等。每一条指令都是由“0”、“1”二进制代码所组成，用来控制计算机完成一个内容的操作。

完成某种功能的指令序列称为程序。可见程序是由一系列的指令所构成的。计算机执行时是按着规定的程序逐条执行指令。当这一系列指令执行完时，就表明程序的任务完成了。

我们把直接用一条条机器指令（机器语言）所编写的程序，称为机器语言程序。

使用机器语言有它严重的缺点。用机器语言编写程序是一项十分繁琐的工作，要求程序员熟记所有指令的机器代码和数据单元地址以及所有指令地址，这是极不容易做到的，而且非常容易出错。程序的检查和调试也比较困难。

由于机器语言和文字语言（英文）及数学符号差别太大，不直观，在不同型号的计算机上又不能通用，这给推广和使用计算机带来了很大的障碍。

二、汇编语言

汇编语言是由一条条文字符号所组成的指令系统。我们把这些文字符号称为助记符，这些助记符通常是英文单词或缩写形式。

用汇编语言编程较之机器语言来说就好写、好读，也好修改了。但是计算机不能直接识别汇编语言，而需要一个事先放入计算机内存中的翻译程序来翻译。我们把汇编语言翻译成机器语言的过程称为汇编。用汇编语言编写的程序称为汇编语言源程序，而把翻译后的机器语言程序称为目标程序。计算机汇编的过程如图1—3所示。