

中等专业学校教学用书

电子计算机应用基础

冶金工业出版社

中等专业学校教学用书

电子计算机应用基础

吉林冶金电气化学校 毛汉宁 主编

冶金工业出版社

中等专业学校教学用书
电子计算机应用基础
吉林冶金电气化学校 毛汉宁 主编

冶金工业出版社出版

(北京市灯市口74号)

新华书店北京发行所发行

冶金工业出版社印刷厂印刷

850×1168 1/32 印张 8³/₄ 字数 229 千字

1984年11月第一版 1984年11月第一次印刷

印数00,001~80,000册

统一书号: 15062·4206 定价1.15元

前 言

随着电子计算机的应用逐渐推广,目前中等专业学校普遍开设了计算机课程。鉴于教学的需要,我们在多年教学实践的基础上编写了本书。

本书内容共分五章。第一章、第二章介绍计算机的一般知识,读者通过这两章的学习可以初步了解计算机中数据的表示方法、计算机的组成及其工作原理;第三章、第四章介绍BASIC语言和程序设计的基本概念及其方法,读者学习这两章可以掌握一种算法语言和编写程序的基本方法;第五章介绍键盘命令和程序调试,读者可以了解、掌握上机过程所需要的命令和调试程序的一般方法。

书中各章内容的叙述力求做到通俗易懂和带有启发性。在内容安排上尽可能做到由浅入深,循序渐进。为了使读者更好地掌握计算机的一般知识和提高程序设计的能力,书中注重阐明基本概念和介绍基本技能。在第三、第四章中,不仅详细介绍了BASIC语言,而且还着重介绍了程序设计思想。书中安排了较多的程序例题和习题。为使读者掌握编制程序的具体方法,在编写例题时,力求通过分析找出一些带有规律性的东西。本书除作为中等专业学校的教材外,也比较适合于具有高中文化程度的技术人员和职工自学。

参加本书编写工作的有毛汉宁(第四章和第五章)、梅幼吾(第二章)、田永清(绪论和第一章)和曹哲(第三章)。全书由毛汉宁担任主编。该书原稿部分章节承蒙我校刘天赐、张维康、贾玉军等同志审阅与校对,并提出了许多宝贵意见,在此表示感谢。

原稿虽几经修改,但是由于编者水平有限,书中难免存在缺点和错误,敬请读者批评指正。

编 者

1983.10.

目 录

绪 论	1
第一章 电子计算机中数据的形式	8
第一节 数的进位制	8
第二节 数的定点与浮点表示	16
第三节 原码、补码、反码及加减法的运算规则	19
第四节 文字符号的编码	31
习题一	31
第二章 电子计算机的组成及工作原理	33
第一节 运算器	33
第二节 存储器	40
第三节 控制器	53
第四节 输入输出设备及整机工作过程	69
第五节 微处理器与微计算机概述	78
习题二	84
第三章 BASIC语言中的一些基本概念	87
第一节 电子计算机的程序和语言	87
第二节 BASIC语言的特点及基本规定	92
第三节 BASIC程序的结构及语句的分类	107
习题三	111
第四章 BASIC语言程序设计	113
第一节 程序设计	113
第二节 简单程序设计	115
习题四	144
第三节 分支程序设计	148
习题五	168
第四节 循环程序设计	169
习题六	194
第五节 自定义函数和子程序设计	196
习题七	209

第六节 下标变量.....	210
习题八.....	235
第五章 键盘命令和程序调试	238
第一节 键盘命令.....	238
第二节 怎样利用电传打字机输入和修改程序.....	241
第三节 程序的调试.....	242
习题参考答案	248
附 录	267
附录1. 字符——ASCII码—五单位码对照表.....	267
附录2. 基本BASIC语言语句、键盘操作简表.....	271
附录3. 基本BASIC错误信息表.....	272

绪 论

电子计算机的出现和发展，是二十世纪科学技术上的一个重大成就。它的出现有力地推动了其它各个方面科学技术的发展。

电子计算机按其工作原理一般可分为二类：电子数字计算机和电子模拟计算机。由于电子数字计算机的功能和应用范围远远超过了电子模拟计算机，因此，目前一般都把电子数字计算机简称为电子计算机。

电子计算机有两个显著的特点：一是具有非凡的计算能力，现代运算速度最快的电子计算机每秒可做几亿次运算，它的运算速度和可靠性是人工计算无法相比的。二是它可以模拟人的某些感觉和思维功能，能按照一定的规则进行逻辑判断和逻辑推理，代替人的部分脑力劳动。由于以上特点，电子计算机受到各方面的极大重视，三十多年来以极快的速度向前发展。

现在，电子计算机不仅是尖端科学技术，诸如空间科学技术、高能物理、量子化学、遗传工程等等必不可少的基本工具，而且被普遍应用于生产过程的自动控制和企业的经营管理，从而大大地提高了生产效率。特别是近年来微型计算机的迅速发展，使电子计算机更加广泛地应用于各行各业，给人类的生产活动、生活方式以至于精神生活，带来极其深刻的变革。以电子计算机为主要代表的电子技术水准已成为衡量一个国家现代化水平的重要标志。

一、电子计算机发展概况

1946年出现了世界上第一台电子计算机“ENIAC”。这台电子计算机共使用了18000多只电子管，重量达30多吨，占地面积达170平方米，耗电量140千瓦，价值40万美元，内存贮器容量为17k位，字长12位，加法运算速度只有5000次/秒。它的可靠性也很差，平均稳定工作时间只有几个小时。尽管如此，它的出现却奠定了电子计算机的技术基础，开创了科学技术发展的新时

代——电子计算机时代。

三十多年来，电子计算机的发展异常迅速。据统计，大约每经过五到八年，计算机的运算速度就提高十倍，体积缩小十倍，成本降低十倍。电子计算机的发展，集中体现在电子器件的更新上。从1946年到1970年，电子计算机已经经历了三个发展阶段，从1970年起又逐步进入了第四个阶段。

电子计算机发展的第一个阶段从1946年到1956年，称为电子管时代。这个阶段的电子计算机采用电子管做基本电子元件，机器的运算速度低、可靠性差、体积和功耗大、价格昂贵。但是此阶段确定了电子计算机的各种基本技术。

第二阶段从1956年到1962年，称为晶体管时代。采用晶体管代替电子管做计算机的基本电子元件，使这个时期的计算机在运算速度和可靠性方面向前迈进了一大步。机器运算速度一般为每秒几万次到每秒几十万次，体积缩小，成本降低。在软件方面，一些高级程序设计语言及其编译程序都已建立，还提出了操作系统。这一代计算机已开始用于过程控制。

第三阶段从1962年到1970年，称为集成电路时代。采用中、小规模集成电路，使电子计算机的运算速度和可靠性进一步提高。运算速度一般为每秒几十万次到几百万次。电子计算机实现了小型化，功耗和成本进一步降低。应用方式已进入了以系统化和分时操作为特征的时代。

从1970年起，电子计算机开始向第四个阶段过渡，进入了大规模和超大规模集成电路时代。由于集成电路的迅速发展，使计算机的体积进一步缩小，运算速度进一步提高。巨型电子计算机的运算速度可达每秒几千万次到几亿次，目前运算速度上百亿次的计算机也已经开始研制。与此同时，微型计算机也以极快的速度发展起来，而且已广泛地应用于各行各业。集成电路的发展，大大地促进了计算机系统结构的改革和软件系统的开发，为计算机科学技术的进一步发展和电子计算机的更广泛应用创造了条件。

我国的电子计算机事业在解放前是个空白。解放后，电子计算机事业同其它事业一样有了迅速的发展。1958年我国研制成功了第一台电子管数字计算机，填补了我国计算机工业的空白。从1964年起又研制并生产了多种晶体管数字计算机，如X-2，DJS-6，DJS-21等型号。1971年研制成功每秒运算速度为十几万次的TQ-16集成电路数字计算机。1973年研制成功每秒运算速度为一百万次的DJS-11大型集成电路数字计算机。1974年研制成功DJS-130小型多功能集成电路数字计算机。1977年研制成功每秒运算速度为二百万次的大型集成电路数字计算机。近年来又研制并生产了多种型号的大、中、小型计算机和微型计算机。1983年我国研制成功的“银河”亿次巨型计算机，使我国的电子计算机技术达到一个新水平。可以预见，随着计算机科学技术的不断进步和各种新型元器件的研制成功，各种新型的计算机将会陆续出现，电子计算机也必将获得更加广泛的应用。

二、电子计算机的基本结构和特点

1. 电子计算机的基本结构 一台电子计算机主要由运算器、存贮器、控制器和输入输出设备组成。它们之间的联系如图0-1所示。图中虚线为控制信号，实线为数据。

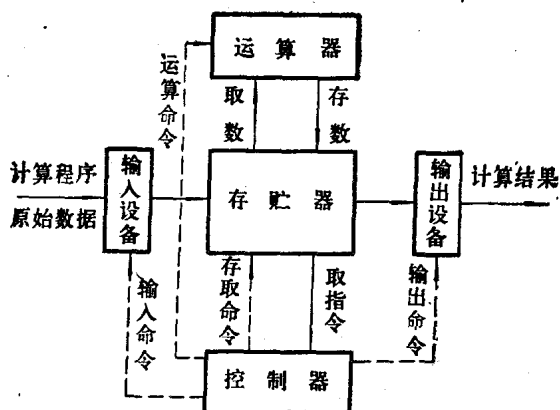


图 0-1 电子计算机的基本结构

在人们使用计算机前，必须把要解决的问题分解为计算机能执行的各种基本运算，即把要计算的问题按计算机能识别的一定格式编好计算步骤，这通常称为编制程序。程序是由一条条的指令组成的，每一条指令规定了计算机应进行什么运算。当编好的程序和原始数据通过输入设备送入计算机后，计算机就自动按程序编排的次序一步步地执行程序中的指令，程序执行完毕，就得到计算结果。

运算器是对数据进行运算的部件。它能快速地进行加、减、乘、除算术运算和逻辑运算（如逻辑加、逻辑乘等）。此外，运算器还能进行一些别的工作，如数码的传送、移位等。在运算过程中，运算器不断地得到由存贮器提供的数据，并把求得的结果送回存贮器中保存起来。

存贮器是存放程序和数据及设备。它的主要功能是保存大量的信息。在存贮器中保存的信息，主要是指令和数据。在计算机中，各种信息都是以二进制代码的形式表示的。在计算过程中，存贮器保存的程序用来决定计算机的具体工作过程。

控制器是计算机的指挥系统。它的主要作用，是使计算机自动地执行程序所规定的计算步骤。它不断地从存贮器中取出指令，并根据不同指令的规定向计算机的各部件发出相应的控制信号，用来指挥整台计算机自动地、协调地工作。

计算机和外界的信息交换要由输入输出设备来完成。计算程序和原始数据由输入设备送入计算机的存贮器存放，计算的中间结果和最后结果由输出设备输出。

以上简单地阐述了计算机四个主要组成部分的功能，有关这些内容在第二章中还要进一步介绍。

计算机计算问题的过程是：首先将准备好的计算程序和数据通过输入设备输入到存贮器中。当操作人员发出开始运算的命令后，计算机从存贮器中取出指令并把它送到控制器，控制器根据指令发出相应的操作命令来指挥各部件的工作。在控制器的指挥下，参加运算的数据从存贮器中取出并送入运算器，然后在运

算器中进行指令所规定的运算，运算的结果仍然送回存贮器中保存。运算结束后，输出设备把计算结果转换成便于人们使用和阅读的形式输出出来（如用打字机打印或显示器显示出来）。这样，计算机就完成了题目的计算。

2. 电子计算机的特点

(1) 计算速度快。这是电子计算机的显著特点。现代电子计算机一般都能达到每秒几万次、几十万次的运算速度，目前运算速度最快的巨型机已达每秒几亿次，这是其它计算工具无法与之相比的。

(2) 精确度高。由于电子计算机采用数字电路，所以其运算精度不取决于所使用元器件本身的精确度，而是当表示一个数值采用的位数越多时计算越精确。但是位数增多将使设备增加，所以现在计算机中的二进制数一般为十几位到几十位。

(3) 具有“记忆”能力和逻辑判断能力。计算机不但具有保存原始数据、程序和计算结果等大量信息的“记忆”能力，还能进行逻辑运算，做出逻辑判断，并能根据判断的结果自动决定下一步应执行什么命令。这两种功能是使计算机能自动工作的重要原因。

(4) 通用性强。电子计算机现在已应用于数值计算、数据处理、自动控制、辅助设计与人工智能等各个方面，并且越来越普及于各行各业。

三、电子计算机的硬件和软件

一个计算机系统包括机器系统和程序系统两大部分。

1. 机器系统 机器系统包括运算器、存贮器、控制器、输入和输出设备。其中运算器和控制器合称中央处理机即 CPU。CPU 和内存贮器称为计算机的主机。而输入、输出设备合称为计算机的外部设备。主机和外部设备统称为计算机的“硬设备”或“硬件”，因为它们是实实在在的物理设备。

2. 程序系统 程序系统是各种程序的总称。这些程序是专门为完善、扩大计算机的功能而设置的，这部分程序也是计算机

的一个组成部分。相对于计算机的“硬设备”而言,通常把程序系统称为计算机的“软设备”或“软件”。程序系统即软件在不同的计算机中可以有不同的规模。一般包括:汇编程序,诊断维修程序,故障处理系统,编译程序,解释程序,标准程序库,操作系统等。

计算机的硬件和软件,构成一个完整的计算机系统。一个好的计算机系统除了要有高速可靠的硬件外,还要有灵活多样,强有力的软件。随着计算机应用的日益广泛深入,计算机软件的研究与应用越来越显示出它的重要性。

四、电子计算机的应用

由于电子计算机具有许多其它计算工具无法与之相比的优点,所以它的应用范围越来越广泛。据统计,1980年电子计算机的应用项目已达5000多种。就主要方面来说,电子计算机的应用可以概括为以下几个方面:

1. 数值计算 电子计算机广泛地应用于科学研究和工程技术的计算,这是计算机应用的一个基本方面。例如,人造卫星轨迹的计算,水坝应力的计算,数学、物理、化学、天文学等基础科学的研究,飞机设计,建筑设计以及各种工程设计等方面的大量计算都可以应用计算机。很多设计,过去由于计算工具落后,计算工作量大而只能采用近似的计算方法。采用计算机后,便可以采用更加精确的计算方法。

2. 数据处理 会计、统计、企业管理、资料管理、气象预报等许多领域,需要运算和处理大量数据,这些数据的处理工作都可以用计算机来完成。数据处理的主要特点是原始数据多、时间性强、计算公式比较简单。

3. 自动控制 由于电子计算机具有速度快、计算精确度高以及有“记忆”能力和逻辑判断能力等特点,它可以非常广泛地对生产过程进行自动控制。利用计算机实现生产过程的实时控制,不仅大大提高自动化水平,而且可以提高控制的准确性,从而提高产品的质量和产量,改善劳动条件,节约能源,降低生产成本。因此,计算机过程控制已在冶金、石油、化工、水电、纺

织、机械等工业部门获得广泛应用。例如在冶金工业钢板生产的过程中，已实现了对均热炉、初轧机、精轧机、卷取机整个生产线全面生产过程的计算机控制，极大地提高了产品质量和产量。计算机在过程控制方面的应用正在迅速发展之中。

4. 计算机辅助设计 辅助设计就是利用电子计算机的计算、逻辑判断选择功能，帮助进行各种产品设计和各项工程设计的一项专门技术。利用电子计算机部分代替人工进行飞机、船舶、机械、房屋、水坝、集成电路等等的设计，可以使设计过程逐步走向半自动化和自动化，能大大缩短设计周期，降低生产成本。采用辅助设计还能为设计人员提供各种设计方案，以便使设计人员在短时间内做出最佳选择。

5. 人工智能 人工智能是在对计算机技术、控制论等研究的基础上发展起来的一门新的技术学科。人工智能的表现是多种多样的；如定理证明，图象和物体的分析识别，智能机器人等等。

综上所述，电子计算机的应用是非常广泛的。当今的电子计算机已经出现了巨型机、微型机、计算机网络、智能机器人等新形式。电子计算机已经深入到社会生活的各个角落。

第一章 电子计算机中数据的形式

第一节 数的进位制

一、数制

人们最常用的数制是十进制。十进制数的数值部分是用十个不同的数字符号0~9来表示的,我们把这些数字符号称为数码。数码在数中处于不同的位置所代表的意义是不同的。例如十进制数12.34,小数点左边第一位2代表个位,表示它本身的数值;左边第二位1代表十位,表示 1×10^1 ;而小数点右边第一位3表示 3×10^{-1} ;右边第二位4表示 4×10^{-2} 。因此,这个数可以写成:

$$12.34 = 1 \times 10^1 + 2 \times 10^0 + 3 \times 10^{-1} + 4 \times 10^{-2}$$

对于一个十进制数 $a_n a_{n-1} \cdots a_1 a_0 . a_{-1} \cdots a_{-m}$ (假设为正数),它可以表示为:

$$\begin{aligned} & a_n a_{n-1} \cdots a_1 a_0 . a_{-1} \cdots a_{-m} \\ &= a_n (10)^n + a_{n-1} (10)^{n-1} + \cdots + a_1 (10)^1 + a_0 (10)^0 \\ &+ a_{-1} (10)^{-1} + \cdots + a_{-m} (10)^{-m} = \sum_{j=n}^{-m} a_j (10)^j \end{aligned}$$

其中, a_j 是0~9十个数码中的任意一个; m 、 n 为正整数,括号内的10称为计数制的基数。

我们所说的进位计数制简称进位制,就是说它是按进位的方法计数的。进位制的基数,就是在该进位制中可能用到的数码的个数。

一般地说,对于以 p 为基数的数 $(x)_p$ 可以表示为:

$$\begin{aligned} (x)_p &= a_n p^n + a_{n-1} p^{n-1} + \cdots + a_1 p^1 + a_0 p^0 + a_{-1} p^{-1} \\ &+ a_{-2} p^{-2} + \cdots + a_{-m} p^{-m} = \sum_{j=n}^{-m} a_j p^j \end{aligned}$$

其中, a_j 是0, 1, ..., $p-1$ 中的一个; m 、 n 为正整数; p 为大于或等于2的正整数。

从以上分析,我们可以看出:

(1) 每一种进位制数都有一个固定的基数 p , 它的每一数

位可能取 p 个不同数码中的一个，而且是“逢 p 进一”的。

(2) 进位制数都能写成展开式，它的每一位数码 a_i 对应一个固定的数值 p^i ， p^i 称为 a_i 的“权”。所以，展开式也称为按“权”的展开式。

二、二进制

1. 数的二进制表示方法 在电子计算机中，数是用二进制表示的。在二进制计数制中，只有两个数码“0”和“1”，基数为2，而且由低位向高位是“逢二进一”的。显然，在二进制中，“10”就不是十进制的10而是等于十进制的2了。

一个二进制数 $(x)_2$ (假设为正数) 可以表示为：

$$(x)_2 = a_n 2^n + a_{n-1} 2^{n-1} + \cdots + a_1 2^1 + a_0 2^0 + a_{-1} 2^{-1} \\ + \cdots + a_{-m} 2^{-m} = \sum_{j=-n}^{-m} a_j 2^j$$

其中 a_j 不是“0”就是“1”。

例如，二进制数1101.01可以表示为：

$$1101.01 = 1 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 0 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-2}$$

2. 二进制数和十进制数的相互转换

(1) 十进制整数转换为二进制整数。十进制整数转换为二进制整数，可用除2取余法。其原理如下：

十进制整数可用一个二进制多项式表示为

$$(x)_{10} = a_n 2^n + a_{n-1} 2^{n-1} + \cdots + a_1 2^1 + a_0 2^0$$

右边多项式中除 $a_0 2^0$ 项外，其余各项均为2的整数倍。如果 $a_0 = 0$ ，则右边各项均为2的整数倍，因此左边的十进制数也必为2的倍数；如果 $a_0 = 1$ ，则说明等式右边各项中只有 $a_0 2^0$ 项不为2的倍数，则用2除后，除了 $a_0 2^0$ 项以外各项均能被2除尽，只有 $a_0 2^0$ 项不能被除尽，成为余数。所以：

$$(x)_{10}/2 = a_n 2^{n-1} + a_{n-1} 2^{n-2} + \cdots + a_2 2^1 + a_1 2^0 + a_0/2$$

若以2除 $(x)_{10}$ 余数为0，则 $a_0 = 0$ ；

若以2除 $(x)_{10}$ 余数为1，则 $a_0 = 1$ 。

同样道理，把以2除 $(x)_{10}$ 所得之商

$$a_n 2^{n-1} + a_{n-1} 2^{n-2} + \dots + a_2 2^1 + a_1 2^0$$

再除以 2，就可以得到 a_1 的值

能除尽时， $a_1=0$ ；

除不尽时， $a_1=1$ 。

依此类推，一直除下去，直到商等于 0 时为止，这时的余数就是 a_n 的值。

例 1-1 求 $(25)_{10} = (?)_2$

解 将解题过程写成如下格式：

除2	商	余数	
$\frac{25}{2}$	12	1	$\dots\dots a_0$ (最低位)
$\frac{12}{2}$	6	0	$\dots\dots a_1$
$\frac{6}{2}$	3	0	$\dots\dots a_2$
$\frac{3}{2}$	1	1	$\dots\dots a_3$
$\frac{1}{2}$	0	1	$\dots\dots a_4$ (最高位)

解题过程中最先得到的是 a_0 ，最后得到的是 a_n ，把余数由下往上依次排列，得到 11001，这就是所要求的二进制数。

上面的转换过程可采用如下简单写法：

2	2	5	余数=1	$\dots\dots a_0$ (低位)
2	1	2	余数=0	$\dots\dots a_1$
2		6	余数=0	$\dots\dots a_2$
2		3	余数=1	$\dots\dots a_3$
2		1	余数=1	$\dots\dots a_4$ (高位)
		0		

所以 $(25)_{10} = (a_4 a_3 a_2 a_1 a_0)_2 = (11001)_2$

(2) 十进制小数转换成二进制小数。对于十进制纯小数转换成二进制小数，可用乘 2 取整法。其方法如下：

先用 2 乘十进制纯小数，然后去掉乘积中的整数部分；用 2 乘剩下的纯小数部分，然后再去掉乘积中的整数部分；如此继续下去，直到纯小数部分等于 0 或满足所要求的精确度为止。把每次求得的整数部分依次排列起来，即可得到所要求的二进制小数。

例 1-2 将十进制小数 0.6875 转换成二进制小数。

$$\begin{aligned}\text{解 设 } (0.6875)_{10} &= (0.a_{-1}a_{-2}\cdots a_{-m})_2 \\ &= a_{-1}2^{-1} + a_{-2}2^{-2} + \cdots + a_{-m}2^{-m}\end{aligned}$$

把上式两端同时乘以 2，得到：

$$1.3750 = a_{-1} + a_{-2}2^{-1} + \cdots + a_{-m}2^{-m+1}$$

由于等式两端的整数部分与小数部分必须对应相等，所以：

$$a_{-1} = 1$$

$$0.3750 = a_{-2}2^{-1} + a_{-3}2^{-2} + \cdots + a_{-m}2^{-m+1}$$

同样道理，把上式两端同时乘以 2，得到：

$$0.75 = a_{-2} + a_{-3}2^{-1} + \cdots + a_{-m}2^{-m+2}$$

$$\text{所以有：} \quad a_{-2} = 0$$

$$0.75 = a_{-3}2^{-1} + a_{-4}2^{-2} + \cdots + a_{-m}2^{-m+2}$$

如此继续下去，可逐个求得 a_{-3} 、 a_{-4} 、 $\cdots$ 、 a_{-m} 的值。整个转换过程如下：

0.6875	
× 2	
1.3750	整数部分 = 1 = a_{-1} (高位)
0.3750	
× 2	
0.7500	整数部分 = 0 = a_{-2}
× 2	
1.5000	整数部分 = 1 = a_{-3}
0.5000	
× 2	
1.0000	整数部分 = 1 = a_{-4} (低位)