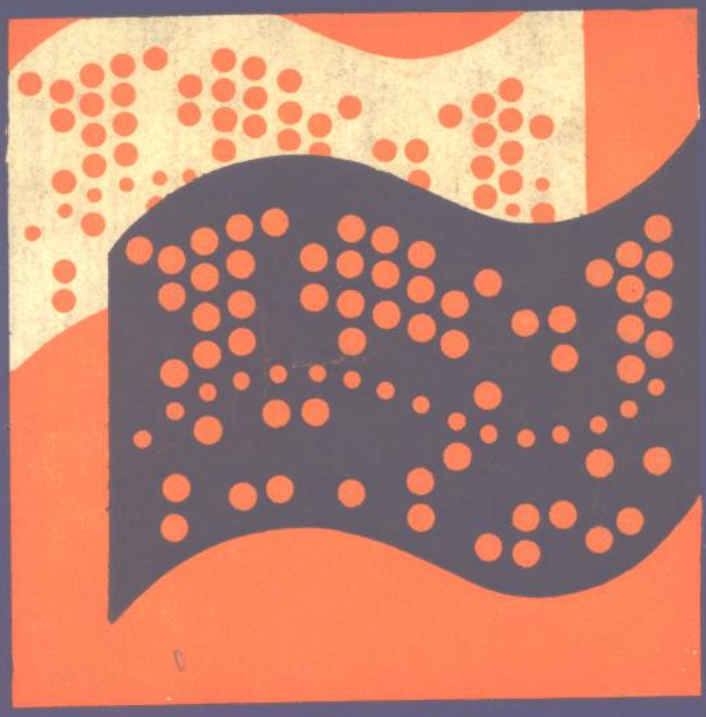
中等专业学校试用教材



电子计算机原理及使用

Dianzi
Jisuanji
Yuanli
Jishiyong

天津科学技术出版社

中等专业学校试用教材

电子计算机原理及使用

南京无线电工业学校 俞家琦 编

天津科学技术出版社

内 容 简 介

本书介绍小型电子计算机的工作原理和使用方法。主要内容有数在计算机中的表示方法；计算机在数据处理过程中的工作情况；计算机与外设的联系；DJS-130机的指令系统；用汇编语言编写简单程序的方法；用BASIC语言编写简单程序的方法以及上机操作的方法等。本书是一本中等程度的计算机技术方面的读物，它不同于一般的科普读物，也不同于大学教材，比较通俗易懂，但又有较丰富的内容。

本书的读者对象是中等专业学校工科电子类专业（非计算机专业）的学生。本书对于需要了解计算机知识的一般技术人员也有一定参考价值。

中等专业学校试用教材

电子计算机原理及使用

南京无线电工业学校 俞家琦 编

*

天津科学技术出版社出版

天津市赤峰道124号

天津新华印刷一厂印刷

天津市新华书店发行

*

开本 787×1092 毫米 1/16 印张 16 字数 387,000

一九八三年五月第一版

一九八三年五月第一次印刷

印数：1—20,000

统一书号：15212·80 定价：1.33元

前　言

这本试用教材系中等专业学校无线电技术专业统编教材之一。也可以作为其它电子类非计算机专业的教材。

本书的教学时数为90学时。本书以DJS-130机为模型机讲述小型电子计算机的工作原理和使用方法。

计算机系统是由硬件和软件组成的，没有软件则硬件就无法运行，没有硬件则软件就无所依存。本书就是本着硬件与软件密切相关这一原则编写的。对于电子类专业的学生来说，应对计算机在数据处理过程中的工作情况有一概括了解，更重要的是，通过实习，应学会上机操作和编制简单程序的方法。因此，本书在软件方面的比重略大于硬件。在使用本书时，既应以DJS-130机为例说明问题，又不要局限于130机，应给学生以更广泛的知识。在学习本课程之前，应该学过《脉冲与数字电路》课。第二章和第三章中的某些内容与上述课程重复，可以只简略复习。但是，数在计算机中的表示方法，特别是补码的概念，应做重点讲授。第四、五、六、七、八章的重点是计算机在数据处理过程中的工作情况以及计算机与外设的关系。第九、十章应加强练习和实习，以加深对教材内容的理解。第十一章是总结性质，也引进了一些新的概念，使学生对计算机系统有比较全面的了解。

本书由北京无线电工业学校康振芃、史永长同志主审。主审单位曾于1981年4月在南昌召开审稿会，对本书初稿进行了审查。参加审稿会的有黑龙江电子工业学校范理风同志、北京计算机技术学校沈仲文同志、常州无线电学校唐延玲同志、湖北电子工业学校张宝琪同志、西安无线电工业学校李锁让同志、贵州无线电学校刘宝荣同志。根据审稿会的意见，作者对初稿做了修改，写成这本教材。本书的全部复习题由南京无线电工业学校的罗若菁同志进行了验算。

由于编者水平所限，本书可能还存在着缺点和错误，诚恳地希望读者指正。

编　者

1982年元月

37262

目　录

第一章　绪言

§ 1　电子计算机概述……1

§ 2　电子数字计算机的特点和构成……2

§ 3　计算机的工作过程……4

第二章　计算机中数的表示和算术运算

§ 1　数的进位制概念……6

§ 2　二进制、八进制、十六进制和二-十进制……7

§ 3　数的定点和浮点表示法……13

§ 4　原码、反码和补码……15

§ 5　加减运算……21

§ 6　乘除运算……25

复习题……28

第三章　逻辑代数及逻辑运算

§ 1　逻辑代数……30

§ 2　计算机中的逻辑运算……34

复习题……35

第四章　运算器

§ 1　运算器的基本结构……37

§ 2　并行加法器……39

§ 3　DJS-130机运算器框图介绍……41

复习题……43

第五章　存贮器

§ 1　存贮器概述……44

§ 2　磁芯存贮器……45

§ 3　存取方法——三度法……47

§ 4　DJS-130机的内存介绍……48

§ 5　半导体存贮器……53

§ 6　外存贮器……55

复习题……58

第六章　指令及指令系统

§ 1　指令概述……59

§ 2　地址的形成……61

§ 3　DJS-130机的指令系统……65

§ 4　进位位的设置及其使用……81

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

§ 5 “乘法子程序”指令分析……85
复习题……89
第七章 控制器
§ 1 控制器概述……91
§ 2 节拍电位及工作脉冲……93
§ 3 周期状态及流程图……95
§ 4 中断……108
§ 5 数据通道……113
§ 6 控制台操作……115
§ 7 DJS-130机的总框图……121
复习题……124
第八章 输入--输出设备
§ 1 概述……125
§ 2 光电式纸带输入机……126
§ 3 电传打字机……132
§ 4 纸带穿孔机……135
§ 5 其它常用I/O设备……136
复习题……137
第九章 程序设计基础
§ 1 程序设计的一般概念……138
§ 2 汇编语言……141
§ 3 算式程序的编制……143
§ 4 分支程序设计……145
§ 5 循环程序设计……149
§ 6 子程序设计……154
§ 7 伪指令和宏指令的概念……158
§ 8 汇编程序简介……162
§ 9 引导程序……165
复习题……181
第十章 BASIC语言
§ 1 程序语言概述……183
§ 2 BASIC 程序语句的结构和基本符号……184
§ 3 数、变量、数组、函数和算术表达式……185
§ 4 基本语句……190
§ 5 上机操作和键盘运算……211
§ 6 程序举例……221
复习题……225
第十一章 计算机系统
§ 1 计算机使用的几个阶段……227

§ 2　操作系统 ……229
§ 3　数据库 ……232
§ 4　虚拟存贮器 ……233
§ 5　电子计算机的发展趋势 ……234
§ 6　小型机的发展趋势 ……237

附录 1　汉语拼音符号表 ……241
附录 2　英文缩写词 ……245
参考书目 ……248

第一章 绪 言

§1 电子计算机概述

电子计算机是二十世纪人类最辉煌的科学技术成果之一。近三十年来，计算机的迅速发展与广泛应用对现代科学技术产生了深刻的影响。生产力是人类社会发展的根本动力，而生产力的发展首先是生产工具的发展，生产工具的发展又主要依靠科学技术来推动。因此，科学技术对人类社会的发展起着巨大的推动作用。现代生产工具，或者说机器，主要有三类：一类叫做工具机或执行机构，如机床、各类机械；一类叫做动力机，如蒸汽锅炉、发电机、原子反应堆；一类叫做信息机，就是信息处理系统，包括具有信息收集、信息传输、信息记忆和信息处理能力的机器，如计算机、通信机等。而当信息机渗透到工具机、动力机中后，就产生了崭新的高效能的现代化生产工具。依靠这些现代化的生产手段，人类的生产能力才获得了前所未有的发展速度。可以这样说：电子技术、电子计算机与机械产品和精密机械相结合，这就是现代化的产品。离开计算机，离开计算机技术，机械本身就不会有记忆能力、处理数据能力，就不是智能化工具，就不能实现自动化，也就不是现代化技术了。

电子计算机的历史并不长。世界上第一台电子计算机是1946年美国人制成的。在这30多年中，其产品经历了电子管、晶体管、集成电路、大规模集成电路等四代的变迁。五十年代的产品以科学计算和工程计算为主，六十年代以数据处理为主，七十年代就发展到完整的信息管理系统阶段。计算机工业是发展得最快的一个行业，它又迅速而广泛地渗透到各个领域，给生产、技术、管理甚至社会生活都带来了巨大的变化。资料表明：在现代工业发达的国家，有四千多个行业普遍应用了计算机技术。近几年资本主义世界普遍发生经济危机，其它工业都在衰退，而唯独计算机工业还在高速度发展。从世界范围看，大、中、小型机平均每年递增25%，微型机的年递增率高达50%。美国计算机工业的产值占它整个电子工业产值的50%，苏联以及法国、英国、日本等国家的计算机工业占电子工业产值的30～40%，印度也占20%。

我国的计算机的研制、生产与应用，也取得了很大的成绩。1958年制成第一台电子管计算机。1964～1965年研制、生产出第二代晶体管计算机。1971年制成第三代集成电路计算机。1972年每秒100万次的大型机（150型）试制成功。1976年又研制成每秒200万次的013机。DJS-100系列小型多功能机于1976年进行批量生产并投入服务。1978年DJS-200型大中型系列机问世，微型机也研制成功。目前，我国计算机工业已初具规模。电子计算机已开始进入通用化、系列化、标准化、集成化阶段。从应用上讲，已从最初主要用于国防科研、工程计算逐渐推广到数据处理与过程控制。目前，我国计算机的应用在许多部门已初见成效，有的地方效果显著。

但是，我国的计算机还十分落后，不但与世界水平差距很大，而且也远不能适应国内的需要。目前，我国生产的计算机在整机质量、硬件功能、软件配套等方面都还远比不上国外的先进机型。我们的装机台数还很少，就这些已装机来说，大多数还没有充分发挥其作用。

由此可见，要赶上世界先进水平，我们还必须做大量的艰苦的工作。

计算机的应用是多方面的，但归纳起来，主要有以下几个方面：

（1）科学计算　例如在原子能物理学、天体力学、空气动力学以及尖端科学领域中的大量复杂的计算；在国民经济计划平衡、物资分配方面的大量计算；在国防科研、军事方面的大量复杂的计算，等等。

（2）信息与数据处理　信息普遍存在于自然界及人类社会内部。现代化社会是信息化社会。社会生产规模越大，综合性越强，分工越细，要求收集与处理的信息量越大，速度也要求加快。人脑有最发达的信息处理能力，但单纯依靠人脑，有些问题的处理是困难的。计算机则是人脑的延伸，是人们处理信息的辅助工具。例如，在经济管理中编制生产计划，计算产量、产值、利润、定额、成本以及库房管理、银行业务等，使用计算机都可以带来很好的效果。再如用计算机管理、查阅图书资料，处理汉字信息，分析心电图，协助医生进行疾病诊断等等，均属于计算机在信息与数据处理方面的应用。

（3）过程控制　就是利用计算机在生产过程、科学实验过程以及其它的过程中，及时地收集、检测数据或者资料，并且由计算机按照某种标准的状态或者最佳值进行控制。它是实现自动化的重要手段。过程控制就是使整个生产过程或者科学实验过程自动化。

（4）计算机辅助设计　所谓辅助设计，就是用计算机帮助人们进行最优化的设计。我们知道，设计一个产品除了需要设计者的创造性的脑力劳动之外，还要进行大量的重复的计算、比较、判断等工作。有了计算机的帮助，可以使人们快速地找出最佳设计方案。例如，一块20mm^{2}的大规模集成电路的整片单元的布局工作，若用计算机辅助设计，只需45分钟就可以完成，而且是一个最优化的设计。目前，计算机辅助设计已应用到飞机、汽车、船舶、建筑、机械、电子等各个领域中。

（5）智能模拟　随着计算机科学的发展，电子计算机又有了一个新的应用领域，即“智能模拟”。智能模拟与一般的信息加工不同，它不是把输入信息进行加工以得到一定的输出结果，而是在信息加工过程中，根据信息的反馈和周围的环境来确定或者选择输出的结果。也就是说，具有智能模拟功能的计算机可以进行“思维”。能够和人下棋、对话的“机器人”就是具有智能模拟功能的计算机。据统计，目前世界上大约有近三万个机器人，它们正在不同的场所发挥着特殊的作用。智能模拟计算机有着广泛的美好的发展前景。

§2　电子数字计算机的特点和构成

电子计算机有模拟机和数字机两类。一般来说，数字机的成本较高，但由于它的很多性能优于模拟机，因此，目前在世界上数字机的数量远远超过模拟机。本书仅限于介绍电子数字计算机的原理和使用。

一、电子数字计算机的主要特点

电子数字计算机是对数字式信息进行加工的机器。它的输入信息可能是数据，也可能是被控对象发出的信号。这些数据和信号都要以二进制数字的形式输入机内。经过计算加工后，又以新的数据或信号向外界输出。但它的输出也是数字形式。

由于电子数字计算机的输入信息和输出信息均是数字形式，所以都可以看成数。数字计算机能高速度地、自动地对数字进行加工和处理。

电子数字计算机的第一个主要特点就是高速度。它的运算速度从每秒进行几万次到几百万次甚至上亿次。电子数字计算机所以有如此高的速度是因为它采用了电子器件。它们大都工作在开关状态，即在两个稳态之间进行转换。电子器件的开关速度是很快的，例如高速集成电路门的速度是以毫微秒（ns）计的。

电子数字计算机的第二个主要特点是程序的存贮。因为计算机在高速下运算，所以它必须预先把指令(指示计算机怎样进行操作和运算)及数据存贮在机内，然后计算机才能以电子速度进行运算。这种把一连串的指令及数据预先存贮起来的概念，形成了一个新的名词，叫做“程序存贮”。

由上可见，这种能够高速自动运算的机器全称应该是“程序存贮二进制电子数字计算机”，简称电子计算机或计算机。

尽管计算机是高速的，但它同时必须是可靠的。也就是说，它在工作时不能漏掉一个数，也不能随意更改一个数。只有这种既高速又可靠的机器，才是一种有实用价值的机器。

二、电子数字计算机的基本构成

由前述可知，计算机要有一个能对数字进行运算的单元，一个能存贮程序的单元。计算机还必须能从使用者那里得到指令和数据，它还能把运算结果告知使用者。一台数字计算机的简框图如图1-1所示。它具有五个基本部件，即运算器、控制器、存贮器、输入设备和输出设备。

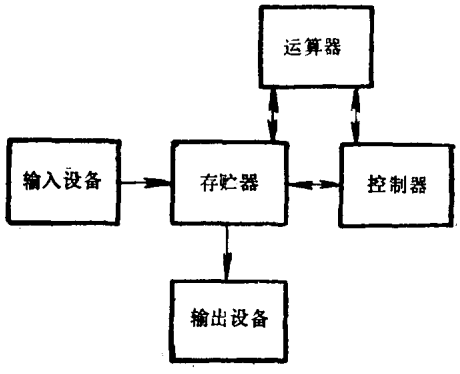


图 1-1　电子数字计算机简框图

（1）运算器（Arithmetic unit）　运算器能进行加、减、乘、除运算，它也能进行某些逻辑运算，如逻辑与、逻辑或、求负等等。所以运算器也称为算逻部件（Arithmetic and logic unit，简写作ALU）。在ALU中是对二进制数进行运算操作的。

（2）控制器（Control unit）　控制器从存贮部件中取得指令，对指令进行分析，并指挥机器有节奏地进行操作以完成此指令。控制器是一台计算机的“总指挥”。控制器中有若干寄存器，用以暂时寄存当前执行的指令及数据。控制器还应产生时标信号，依靠它来保持整个机器的同步。

以上两部分合起来叫做中央处理机（Central Processing unit，简写作CPU）。

（3）存贮器（Memory unit）　存贮器存贮运算器和控制器所执行的指令和所需的操作数据。控制器所执行的指令串叫做程序。程序是由程序员编制的，并把它转换成计算机所能接受的形式。全部程序及其数据一次存入计算机，机器按照指令的规定以电子速度进行操作。具体速度的快慢取决于从存贮器中取出指令及数据的速度和机器的结构形式。存贮器还用来存贮运算中所得到的中间结果和最终结果。

存贮器与中央处理机合起来构成计算机的主体，叫做主机。

（4）输入设备（Input unit）　输入设备把指令和数据读入存贮器。常用的有穿孔纸带输入机、磁介质输入机、卡片输入机、电传打字机等。

（5）输出设备（Output unit）　输出设备把运算结果以使用者懂得的形式输出。常用的有纸带穿孔机、磁介质输出设备、电传打字机以及字符显示器等。

以上输入输出设备常称为 I/O 设备，相对于主机而言，它们属于外部设备。

§3 计算机的工作过程

一、计算机的解题过程

一些复杂的数学问题，首先要用数学分析的办法化为简单的（但可能是很繁的）算术运算和逻辑判断。由于计算机具有速度快的特点，因此它不怕繁多，成千上万次乃至上亿次的运算也只要几秒或几十秒即可算好。但是，要求它计算的算式却必须在它的能力范围之内。例如，加减乘除或逻辑判断等。

【例】 计算 $f = A_0x^3 + A_1x^2 + A_2x + A_3$

式中A_0、A_1、A_2、A_3均为已知数。每给定一个x值，可对应地求得一个f值。对于一次特定计算，x为已知常数。

由于计算机中的运算器，不会作“立方”“平方”的运算。所以我们要替计算机安排好如何解此题。例如，我们可以把x连乘三次，求得x^3；再把x连乘两次，求得x^2，然后再作乘法和加法。但那样作比较麻烦。现把上式改写成：

$$f = [(A_0x + A_1)x + A_2]x + A_3$$

我们仔细观察就可以发现上式只不过是

$$Ax + B$$

形式的重复运算。这就比较容易了。

列出算式后，还要替计算机安排解题的步骤。就是先做哪一步，后做哪一步，这就是排程序。

首先在计算机存贮器中指定一个区域存放A_0、A_1、A_2、A_3和x。存贮器中有许许多多记忆单元，它们每一个都有自己的编号，我们叫做“地址”。假设把A_0放在地址为30的单元中，记作$A_0 \Longrightarrow 30$；同时$A_1 \Longrightarrow 31$；$A_2 \Longrightarrow 32$；$A_3 \Longrightarrow 33$；$x \Longrightarrow 34$。可编程序如下：

指令号	指令内容	说　　明
1	取数 (30)	把30中的内容取出，放到运算器的寄存器L中，即A_0放在L中
2	乘 (34)	L中的内容乘34中的内容，即A_0x，结果仍存L中
3	加 (31)	$A_0x + A_1$，放到L中
4	乘 (34)	$(A_0x + A_1)\ x \Longrightarrow L$
5	加 (32)	$(A_0x + A_1)x + A_2 \Longrightarrow L$
6	乘 (34)	$[(A_0x + A_1)x + A_2]\ x \Longrightarrow L$
7	加 (33)	$[(A_0x + A_1)x + A_2]\ x + A_3 \Longrightarrow L$
8	打印L	把L中的内容打印出来
9	停机	

我们把这个程序写成一定的格式，通过输入设备送到计算机内存贮好。再按照规定的手续启动计算机，就可将计算结果打印出来了。

二、计算机系统

由前述可知，计算机的用途是多方面的，它的功能也是很完善的。但是仅仅有一台计算机单机是不能发挥其效能的，还要配备各种外部设备。不仅如此，为了把用户编制的程序送

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

入计算机以及使它运行，还要编制许多为用户服务的程序。我们把计算机和外部设备称做硬设备，或硬件（Hardware），而把程序称做软设备，或软件（Software）。为了使用计算机，软件是不可缺少的。所有硬件和软件合起来组成计算机单机系统。

第二章　计算机中数的表示和算术运算

数字计算机要对数进行运算和加工。那么数在计算机中又怎样表示呢？上一章我们指出，数据和指令存放在存贮器中，它们都是以数字形式存放的。存贮器中有许许多多的记忆单元，每个记忆单元有两种稳态（例如集成门电路输出高电平或输出低电平），分别表示数符“1”和“0”。我们把若干个记忆单元编成为一组，叫做一个“字”，字的位数是限定的，常称做字长。图2-1是一个字长为16位的存贮单元示意图。怎样把一个任意数用有限数位的“1”“0”数符表示呢?怎样表示小数点?怎样表示正负号？以及计算机中的加、减、

图 2-1　一个“字”的存贮单元示意图

乘、除法有什么特点？这些就是本章要讨论的问题。

§1　数的进位制概念

我们最常用的进位计数制是十进制，也就是逢十进一。十进制共有十个数字符号：0、1、2、3、4、5、6、7、8、9。最大的数字符号是9。当计到9后再加1，个位数字变0，十位数为1。这仅仅是数的一种进位制，但不是唯一的进位制。例如，我国的老秤是16两为1斤，就是16进制。时钟60秒为1分，60分为1小时，则为60进制。除此以外，我们在科学研究和工程技术中也还有其他进制。例如，在电子计算机中就使用二进制和八进制等。

现在我们以十进制为例进一步阐明进位制的概念。十进制有十个数字符号，它们被称为数码。一个数中，数码所处的地位不同，代表的数值就不同。例如十进制数453.2中，3处于个位，代表3个，或3×10^0。数码5处于十位，代表50，或5×10^1。数码4处于百位，代表400，或4×10^2。而数码2则表示2×10^{-1}。因此，453.2可以写成：

$$\begin{aligned}453.2 &= 400+50+3+0.2\\ &= 4\times10^2+5\times10^1+3\times10^0+2\times10^{-1}\end{aligned}\qquad(2\text{-}1)$$

其中10叫做计数制的“基数”。十进制的基数是10。显然，二进制的基数是2；八进制的基数是8；十六进制的基数是16。任意正整数R进制的基数就是R。

式（2-1）中10^2或100叫做数码4所在数位的“权”，10^1叫做数码5所在数位的权。同样，10^0是3所在数位的权，10^{-1}是2所在数位的权。正因为每个数码所在数位的权不同，它们就代表不同的数值。式（2-1）叫做按权值的展开式。

由于十进制是逢十进一，因此在做减法时当然是借一当十。

二进制的基数是2，共有两个数码：0和1。最大的数码是1。它是逢二进一和借一当二。

八进制的基数是8，共有八个数码：0～7。最大的数码是7。它是逢八进一和借一当八。

十六进制的基数是16，共有16个数码。由于阿拉伯数码只有10个，另外的六个要借用其他符号。例如0～9以后可以用A、B、C、D、E、F分别表示10、11、12、13、14、15。这种数制是逢十六进一和借一当十六。

不同的数制间存在一定的关系，它们是可以互相转换的。

§2 二进制、八进制、十六进制和二-十进制

十进制的优点是为人们所熟悉的，其缺点是数码多。若用元件的十种状态来表示十个数码，是一件很困难的事。而使元件处于两种不同的稳定的状态，则是一件容易做到的事。例如继电器的吸合与释放，灯泡的亮和暗，三极管的导通和截止，集成门电路输出电平的高和低，磁性元件的两种剩磁状态等等。我们要使计算机能算题，最基本的一条就是能用元件的状态来表示数。从这一点来讲，二进制是有其突出的优点的，即数码只有两个，且运算法则简单。当然二进制数也有其缺点，即位数长，人们不习惯。为此，又使用了八进制、十六进制和二-十进制。现在我们逐一来讨论这些进制。

一、二进制

电子计算机使用的基本数制是二进制。

二进制数只有两个数码：0和1，而且是逢二进一。

一个二进制数10101.01等于十进制中的什么数呢？我们可以把它按权展开（为了区分一个数是什么数制，用数后附加括号内注明数制表示）：

$$10101.01_{(二)} = 1\times2^4+0\times2^3+1\times2^2+0\times2^1+1\times2^0+0\times2^{-1}+1\times2^{-2}$$
$$= 16+4+1+0.25 = 21.25_{(十)}$$

由上可见，上例十进制数的整数部分“21”只有两位，而用二进制数表示则要五位，其数位差不多是十进制数的三倍。这是二进制数的缺点。但是二进制数的运算简单。因为对于十进制而言，加法运算共有55种组合（0 + 0；0 + 1；……9 + 9），乘法运算也同样有55种组合（即九九表）。这样，要记住55个和及55个积。而二进制则只有三个和及三个积：

加法表：
$$0+0=0$$
$$0+1=1+0=1$$
$$1+1=10$$

乘法表：
$$0\times0=0$$
$$0\times1=1\times0=0$$
$$1\times1=1$$

由此可见，二进制运算要比十进制运算简单得多。这正适合计算机的要求。

下面，我们看看十进制数与二进制数的转换。

1.十进制整数转换成二进制数

【例1】 把$419_{(十)}$转换成二进制数

解：（1）设$419_{(十)} = K_nK_{n-1}\cdots\cdots K_0{}_{(二)}$

$$= K_n\cdot2^n+K_{n-1}\cdot2^{n-1}+\cdots\cdots+K_0$$

现在的问题是如何确定K_n、$K_{n-1}\cdots\cdots K_0$以及幂次n。K_n、$K_{n-1}\cdots\cdots K_0$诸数可能是“0”，或“1”。在诸项中$K_n\cdot 2^n$为最大，且K_n一定是1，否则这一项不存在。那么数419所能包含的2的最大幂次是多少呢？经过试算可知，最大的2的方幂是8。因此转换后的二进制数有九位，第一位即最高位的系数是1。

$$2^8\,2^7\,2^6\,2^5\,2^4\,2^3\,2^2\,2^1\,2^0$$

$$1$$

$$\begin{array}{r} 419 \\ -\,256 \\ \hline 163 \end{array}$$

剩下的余数163中含有下一个2的方幂$2^7=128$

$$2^8\,2^7\,2^6\,2^5\,2^4\,2^3\,2^2\,2^1\,2^0$$

$$1\;1$$

$$\begin{array}{r} 163 \\ -\,128 \\ \hline 35 \end{array}$$

余数35中不含有$2^6=64$，这一位得0。可是35中包含$2^5=32$，于是

$$2^8\,2^7\,2^6\,2^5\,2^4\,2^3\,2^2\,2^1\,2^0$$

$$1\;1\;0\;1$$

$$\begin{array}{r} 35 \\ -\,32 \\ \hline 3 \end{array}$$

余数3中没有$2^4=16$，$2^3=8$，$2^2=4$，因此这几位得0，剩下的两位得

$$2^8\,2^7\,2^6\,2^5\,2^4\,2^3\,2^2\,2^1\,2^0$$

$$1\;1\;0\;1\;0\;0\;0\;1\;1$$

$$\begin{array}{r} 3 \\ -\,2 \\ \hline 1 \\ -\,1 \\ \hline 0 \end{array}$$

所以求得419(十)=110100011(二)。

解：(2)上面的解法道理是清楚的，但方法很繁。我们用另一种方法做。

由上可知

$$419_{(十)}=1\times 2^8+1\times 2^7+1\times 2^5+1\times 2^1+1\times 2^0$$
$$=256+128+32+2+1$$

我们从二进制数位的最低位开始。由于419被2除不尽，余1，因此才有1×2^0。再向前推一位，因为419－1=418不能被4整除，才有1×2^1，如果能被4整除则2^1项的系数就是0。因此，我们可以用2不断地去除419及其商，记录余数，即可求得相应的二进制数。如下所示：

									商
0	← 1	← 3	← 6	← 13	← 26	← 52	← 104	← 209	← 419
	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓ ÷2	↓ 余
	1	1	0	1	0	0	0	1	1 数

求得419(十)=110100011(二)

这个线图从右向左列，使余数的排列正好是被转换的二进制数。其中第二次被2除，即209/2，

相当于 (419-1)/4，这就可以决定K_1是等于 0 还是等于1。如此不断地被 2 除，就可以逐个地求得各项的系数。

十进制整数转换为二进制数的法则：

除 2 取余，直到商为 0 。第一次得到的余数为K_0，第二次得到的是K_1，依此递推，最后一次的余数即为K_n。

2.十进制小数转换成二进制数

【例 2】 把0.8125 (十) 转换成二进制数

解：设0.8125 (十) $=0.K_{-1}K_{-2}\cdots K_{-m}$ (二)

$$=K_{-1}\cdot 2^{-1}+K_{-2}\cdot 2^{-2}+\cdots+K_{-m}\cdot 2^{-m}$$

用 2 乘等式两边得

$$1.6250=K_{-1}+K_{-2}\cdot 2^{-1}+\cdots\cdots+K_{-m}\cdot 2^{-m+1}$$

因为等式两边的整数部分和小数部分应分别相等，所以

$$K_{-1}=1$$

$$0.6250=K_{-2}\cdot 2^{-1}+K_{-3}\cdot 2^{-2}+\cdots+K_{-m}\cdot 2^{-m+1}$$

再用 2 乘等式两边得

$$1.2500=K_{-2}+K_{-3}\cdot 2^{-1}+\cdots+K_{-m}\cdot 2^{-m+2}$$

由此得

$$K_{-2}=1$$

$$0.2500=K_{-3}\cdot 2^{-1}+K_{-4}\cdot 2^{-2}+\cdots+K_{-m}\cdot 2^{-m+2}$$

如此继续下去可求得K_{-3}、$K_{-4}\cdots K_{-m}$

列计算线图如下：

小数部分

$$0.8125\xrightarrow[\times 2]{}0.625\rightarrow 0.25\rightarrow 0.5\rightarrow 0$$

整数 ↓ 1　↓ 1　↓ 0　↓ 1

所以　　0.8125 (十) $=0.1101$ (二)

这个线图是从左到右，同样使求得的结果与实际二进制数的排列相同。

十进制小数转换成二进制数的法则：

乘 2 取整，直到小数部分为 0 。第一次得到的整数为K_{-1}，第二次得到的是K_{-2}，依次递推，最后一次得到的整数部分为K_{-m}。

如果十进制数既有整数部分，又有小数部分，则整数部分及小数部分应分别转换，然后再把结果合并。

另外，任何一个十进制整数都可以用二进制数精确地表示，而且二进制数的位数是有限的。但是十进制的小数，有时不能用有限位二进制数精确地表示。只有十进制小数的最后一位是 5 时才能用二进制数精确地表示。

3.二进制数转换成十进制数

将二进制数转换成十进制数较简单，方法是按“权”展开，便可把二进制数化成十进制数，以后的步骤仅仅是十进制数本身的整理合并。

【例3】 把二进制数1101.101转换成十进制数。

解：（1）$1101.101_{(二)} = 1\times2^3+1\times2^2+0\times2^1+1\times2^0+1\times2^{-1}+0\times2^{-2}+1\times2^{-3}$

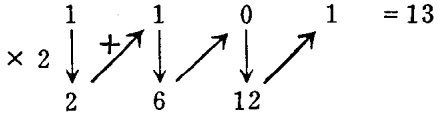
$= 8+4+1+0.5+0.125 = 13.625_{(十)}$

解：（2）把二进制数的整数部分和小数部分分别转换，然后相加。

整数部分转换时从最高位开始，乘2，加上次高位，把其和再乘2，再加上下一位，……如此继续下去，直到加上最低位为止。即：

$$1101_{(二)} = [(1\times2+1)\times2+0]\times2+1 = 13_{(十)}$$

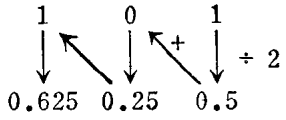
可列计算线图如下：



小数部分的转换从最低位开始，把最低位除以2，加上次低位，其和再除以2，再加上前一位，如此继续下去，直到加上最高位（小数点后的第一位），并除以2为止。即：

$$0.101_{(二)} = [(1\div2+0)\div2+1]\div2 = 0.625_{(十)}$$

可列计算线图如下：



整数部分与小数部分相加得：

$$1101.101_{(二)} = 13.625_{(十)}$$

二、八进制

因为二进制数与八进制数之间转换简便，而八进制数的位数又少，因此人们书写程序时，常常用八进制。

八进制的最大数码为7，再增加1时要进位为10。八进制的7用二进制表示应为111，而$10_{(八)} = 1000_{(二)}$。可见，八进制的一位数字要用二进制的三位数字表示。把二进制整数转换成八进制数时，只要从低向高每三位为一组，各自转换成相应的八进制数即可。

【例4】 $1000110101101011_{(二)}$→八进制数

解：

001	000	110	101	101	011	(二)
↓	↓	↓	↓	↓	↓	
1	0	6	5	5	3	(八)

八进制数转换成二进制数也很简单。只要把每个八进制数码转换成三个相应的二进制数码即可。

【例5】 $2573014_{(八)}$→二进制数

解：

2	5	7	3	0	1	4	(八)
↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
010	101	111	011	000	001	100	(二)

八进制数与十进制数间的转换方法和二进制数与十进制数的转换方法相同，只不过由于八进制数的基数为8，所以用8来进行乘除。

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com