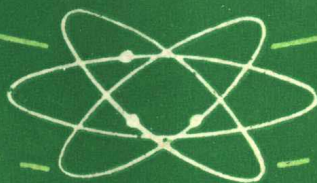


中等专业学校教材

微型计算机

康振芑 编著
史永长



江苏科学技术出版社

中等专业学校教材

微 型 计 算 机

康振芄
史永长 编

内 容 简 介

本书内容分硬件和软件两部分,系统地介绍微型计算机原理及其使用,硬件部分包括:微型机系统的组成及工作过程、常用的半导体存储器、Z80微处理器的组成及内部工作过程、常用的微型机接口电路和输入输出数据的传送方式,并以TP801单板微型机为例,作了实例分析。软件部分包括:Z80指令系统、程序设计的方法、步骤及Z80汇编语言;和基本BASIC语言。结束语中对微型机的过去、现在和将来作了概括性的介绍。

本书除可作工科电子类非计算机专业的教科书外,对于非计算机专业的技术人员以及其他类的中等专业学校的师生也是一本很好的参考书。

中等专业学校教材

微 型 计 算 机

康振芑 史永长 编

出版:江苏科学技术出版社

发行:江苏省新华书店

印刷:扬州印刷厂

开本787×1092毫米 1/16 印张23.25 字数549,000

1986年8月第1版 1986年8月第1次印刷

印数1—10,200册

书号:13196·225 定价:3.48元

责任编辑:许顺生

出版说明

根据国务院关于高等学校教材工作分工的规定，我部承担了全国高等学校工科电子类专业课教材的编审、出版的组织工作。从一九七七年底到一九八二年初，由于各有关院校，特别是参与编审工作的广大教师的努力和有关出版社的紧密配合，共编审出版了教材159种。

为了使工科电子类专业教材能更好地适应社会主义现代化建设培养人才的需要，反映国内外电子科学技术水平，达到“打好基础、精选内容、逐步更新、利于教学”的要求，在总结第一轮教材编审出版工作经验的基础上，电子工业部于一九八二年先后成立了高等学校《无线电技术与信息系统》、《电磁场与微波技术》、《电子材料与固体器件》、《电子物理与器件》、《电子机械》、《计算机与自动控制》和中等专业学校《电子类专业》、《电子机械类专业》共八个教材编审委员会，作为教材工作方面的一个经常性的业务指导机构，并制定了一九八二到一九八五年教材编审出版规划，列入规划的教材、教学参考书、实验指导书等有217种选题。在努力提高教材质量，适当增加教材品种的思想指导下，这一批教材的编审工作由编审委员会直接组织进行。

这一批教材的书稿，主要是从通过教学实践、师生反映较好的讲义中评选择优和从第一轮较好的教材中修编产生出来的。广大编审者，各编审委员会和有关出版社都为保持和提高教材质量作出了努力。

这一批教材，分别由电子工业出版社、国防工业出版社、上海科学技术出版社、西北电讯工程学院出版社、湖南科学技术出版社、江苏科学技术出版社、黑龙江科学技术出版社和天津科学技术出版社承担出版工作。

限于水平和经验，这一批教材的编审出版工作肯定还会有许多缺点和不足之处，希望使用教材的单位、广大教师和同学积极提出批评建议，共同为提高工科电子类专业教材的质量而努力。

电子工业部教材办公室

前 言

本教材由电子工业部中等专业学校电子类专业教材编审委员会无线电技术编审组审定，并推荐出版。

本书由北京无线电工业学校康振范主编，史永长参编。黑龙江省电子工业学校范理风担任本教材主审。编审者均依无线电技术编审组审定的编写大纲进行编写和审定的。

本书是电类非计算机专业微型计算机原理及使用课程的专业教材，参考学时数为 90 学时。为了适应电类非计算机专业学生的接受能力，本书首先从原理的角度上对微型计算机系统的组成、工作过程及常用的半导体存储器及其与CPU总线的连接等作了详细的介绍，使学生对微型计算机先有一个轮廓性的了解。然后以Z80微处理器为例，对其内部结构、指令系统、程序设计方法以及Z80汇编语言作了重点的分析和介绍。对于本教材的重点内容输入输出接口部分，书中除了对常用的几种接口芯片（8位通用I/O接口8212、Z80PIO、Z80CTC）进行了电路结构分析和应用举例之外，还对输入输出数据的传送方式进行了必要的说明，有助于提高学生正确地运用接口电路解决实际问题的能力。为了加强学生对于微型机的整机概念，本教材以TP801单板微型计算机为典型机，对该机的结构设置、主要电路的工作原理、监控程序和使用方法作了较全面的介绍，使前面学过的知识在此得到进一步的巩固和提高。为使学生多掌握一种开拓计算机应用的手段，本教材用了近四分之一篇幅详细地介绍了基本BASIC语言，并安排了大量的例题供教师授课时选用或作为学生课外阅读程序。

全书除第七章外每章后都配有一定量的习题，为巩固和加深所学知识服务。

本教材力求通俗易懂，除作为电类非计算机专业微型计算机原理及使用课程的教材外，还适合于微型机的初学者，同时对从事微型机教学和使用的科技人员也有一定的参考价值。

本教材编写大纲在1983年10月召开的编写大纲审定会上讨论通过，参加审定的代表有：大连电子学校张绪华同志，武汉无线电工业学校谢晓莉同志，南昌无线电工业学校方汉根同志，常州无线电工业学校赵佩华同志，辽宁电子工业学校房德大同志，南京无线电工业学校罗若青同志。在此对以上同志在本教材编写大纲审定过程中所给予的帮助和支持表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，书中难免存在缺点和错误，敬请广大读者批评指正。

编 者

1985年2月于北京

目 录

第一章 概 述	(1)
第一节 引 言.....	(1)
第二节 计算机中数的表示.....	(2)
一、各种进位计数制及其转换.....	(2)
二、二进制数的运算.....	(7)
三、微型计算机中常用的数据形式.....	(8)
第三节 微型计算机系统的组成.....	(13)
一、电子数字计算机的基本组成部分.....	(13)
二、微型计算机的标准结构.....	(14)
三、硬件和软件.....	(15)
四、微型计算机系统框图.....	(15)
第四节 微型计算机的工作过程.....	(16)
习 题.....	(17)
第二章 半导体存储器	(19)
第一节 引 言.....	(19)
第二节 随机存取存储器.....	(20)
一、静态RAM.....	(20)
二、动态RAM.....	(26)
第三节 只读存储器.....	(29)
一、掩模式ROM.....	(29)
二、PROM.....	(30)
三、EPROM.....	(30)
第四节 存储器与CPU总线的连接.....	(32)
一、数据线的连接.....	(32)
二、地址线的连接.....	(33)
三、控制线的连接.....	(38)
习 题.....	(38)
第三章 微处理器	(40)
第一节 微处理器的一般结构及各部分的功能.....	(40)
一、构成微处理器的主要部件及其作用.....	(40)
二、执行指令过程中微处理器的内部操作.....	(43)
第二节 微处理器实例分析(以Z80-CPU为例).....	(47)
一、Z80-CPU的内部结构和各组成部分的功能.....	(47)
二、Z80-CPU的引脚.....	(51)
三、Z80-CPU的时序.....	(53)
习 题.....	(60)
第四章 指令系统	(62)

第一节 概述.....	(62)
一、指令类型.....	(62)
二、指令格式.....	(63)
三、寻址方式.....	(69)
第二节 Z80指令系统.....	(74)
一、取数和交换指令.....	(75)
二、数组传送和检索指令.....	(89)
三、算术和逻辑运算指令.....	(91)
四、循环和移位指令.....	(98)
五、位操作指令.....	(102)
六、转移、调用和返回指令.....	(103)
七、输入和输出类指令.....	(109)
八、通用算术和CPU控制指令.....	(111)
习 题.....	(113)
第五章 程序设计简介.....	(117)
第一节 程序设计的一般概念.....	(117)
一、程序和程序设计.....	(117)
二、程序设计语言.....	(117)
三、源程序和目标程序.....	(119)
四、汇编程序、编译程序和解释程序.....	(119)
五、程序设计的步骤.....	(120)
第二节 汇编语言的结构.....	(122)
一、指令语句.....	(122)
二、伪指令语句.....	(125)
三、条件汇编和宏指令.....	(129)
第三节 汇编语言程序设计的基本方法.....	(130)
一、简单程序.....	(130)
二、分支程序.....	(136)
三、循环程序.....	(139)
四、多重循环.....	(143)
五、调用子程序的程序.....	(147)
习 题.....	(149)
第六章 输入/输出接口.....	(151)
第一节 概述.....	(151)
一、输入/输出接口的作用.....	(151)
二、输入/输出数据传送的控制方式.....	(153)
第二节 中 断.....	(154)
一、中断的引入.....	(154)
二、Z80中断系统的组成.....	(155)
三、中断优先权.....	(157)
四、CPU对中断的响应.....	(158)
五、中断嵌套.....	(159)

六、Z80的中断方式	(159)
第三节 8 位通用输入/输出接口芯片Intel 8212	(163)
一、各组成部分及其功能	(163)
二、应用举例	(166)
第四节 Z80-PIO并行输入/输出接口芯片	(167)
一、概述	(167)
二、结构及各组成部分的功能	(167)
三、PIO编程	(173)
四、PIO应用举例	(177)
第五节 Z80-CTC	(181)
一、概述	(181)
二、结构	(182)
三、引脚说明	(184)
四、CTC的工作方式	(185)
五、CTC的编程方法	(186)
六、应用举例	(189)
习 题	(191)
第七章 单板微型计算机举例	(193)
第一节 概 述	(193)
一、TP801单板微型计算机的结构框图	(193)
二、TP801的主要技术指标	(193)
第二节 TP801单板机的硬件结构分析	(193)
一、中央处理单元	(195)
二、存储器	(196)
三、输入/输出接口	(200)
四、显示电路	(204)
五、键盘电路	(206)
第三节 监控程序	(207)
一、概述	(207)
二、TP-BUG的基本组成部分及其功能	(207)
三、TP-BUG的总程序流程图	(210)
四、初始化程序	(210)
五、显示程序	(212)
六、键盘分析程序	(214)
第四节 TP801单板机的使用方法	(220)
一、连接电源	(220)
二、设定单板机上的开关位置	(221)
三、开机	(221)
四、按键的操作说明	(221)
五、用户程序的输入和执行	(222)
六、通过录音机接口将信息转储磁带和磁带输入的方法	(222)
七、EPROM写入方法	(223)

第八章 BASIC 语言	(225)
第一节 概 述	(225)
一、BASIC语言简介.....	(225)
二、BASIC语言的特点.....	(225)
三、BASIC语言的一些基本概念.....	(226)
四、BASIC语言中语句的结构.....	(229)
第二节 赋值语句 (LET 语句)	(231)
一、赋值语句的一般形式.....	(231)
二、LET语句的说明和规定.....	(231)
第三节 输出打印语句和结束语句	(232)
一、输出打印语句 (PRINT语句).....	(232)
二、结束语句 (END语句).....	(237)
第四节 输入语句	(232)
一、键盘输入语句 (INPUT语句).....	(237)
二、读入语句 (READ语句)和数据语句 (DATA语句).....	(240)
三、恢复数据区语句 (RESTORE语句).....	(242)
四、三种提供数据的语句的比较.....	(243)
第五节 转向语句	(244)
一、无条件转向语句 (GOTO语句).....	(244)
二、条件转向语句 (IF-THEN语句).....	(245)
第六节 循环语句 (FOR-NEXT语句)	(253)
一、循环的引出.....	(253)
二、循环语句的基本概念.....	(254)
三、多重循环.....	(262)
第七节 标准函数和自定义函数语句	(267)
一、标准函数.....	(267)
二、打印格式函数TAB(X).....	(274)
三、自定义函数语句 (DEF语句).....	(279)
第八节 转子和返回语句 (GOSUB-RETURN语句)	(283)
一、子程序的概念.....	(283)
二、转子和返回语句的一般形式.....	(283)
三、调用子程序的规则.....	(284)
四、子程序应用举例.....	(285)
第九节 下标变量和数组说明语句 (DIM语句)	(288)
一、数组和下标变量.....	(288)
二、数组说明语句 (DIM语句).....	(291)
第十节 注释语句 (REM语句)和暂停语句 (STOP语句)	(295)
一、注释语句 (REM语句).....	(295)
二、暂停语句 (STOP语句).....	(296)
第十一节 综合举例	(297)
习 题	(310)

结 束 语..... (318)

一、微型机的组成形式..... (318)

二、微型计算机局部网络..... (319)

三、开发系统..... (319)

四、汉字处理系统..... (320)

五、微型机展望..... (321)

附 录..... (322)

附录 I ASCII (美国信息交换标准码) 字符表..... (322)

附录 II 指令汇总表 (按指令类型排列)..... (323)

附录 III 指令助记符与机器码对照表 (按字母顺序排列)..... (335)

附录 IV 指令机器码与助记符对照表 (按数字大小排列)..... (343)

附录 V 基本BASIC语句简表..... (351)

附录 VI 基本BASIC错误信息表..... (352)

第一章 概 述

第一节 引 言

电子计算机是一种能够自动地高速度地进行数字计算的电子设备。它具有记忆、判断和运算的功能。因此,它能效仿人类的思维,代替人类的部分脑力劳动,模拟人类思维中个别的、简单的、非创造性的劳动过程,完成人们事先教给它的一些事。

世界上第一台电子计算机是在1946年问世的,命名为ENIAC (Electronic Numerical Integrator And Computer)。至今不到四十年的期间,电子数字计算机已获得了飞速的发展,概括起来,可分为四代:大体上从1946年至1956年研制和生产的计算机称为第一代,其特征是以电子管为主要器件;从1957年至1963年研制的计算机为第二代,其特征是以晶体管为主要器件;第三代是从1964年开始,由于集成电路的出现,在计算机中采用了中小规模集成电路;大规模集成电路的应用,是计算机进入第四代的标志。七十年代初诞生了一代新型的电子计算机——微型计算机 (Microcomputer)。利用大规模集成电路技术把计算机的核心——中央处理单元集成在一个芯片上,称为微处理器 (Microprocessor),使计算机进入了一个新的里程。微型计算机具有完善的计算机功能,可靠性高,能大批生产,体积和功耗都很小,价廉且不要求严格的环境条件,给普及应用创造了极为有利的条件。

微处理器出现仅十多年就有了三代的变化:

第一代微处理器的特点是采用PMOS工艺。1971年,Intel公司生产了第一个微处理器4004,字长4位(字长表示计算机同时处理的数据的位数),并用它做出了首台微型计算机MCS-4。同年又制成8008,字长8位,单指令(指令就是规定计算机某种操作的命令)执行时间为 $20\mu\text{s}$ 。

第二代微处理器的特点是采用NMOS工艺,速度提高了一个数量级,单指令执行时间为 $1\sim 2\mu\text{s}$ 。代表产品有Intel公司的8080、Motorola公司的6800和Zilog公司的Z-80。字长都是8位。

第三代微处理器的特点是采用HMOS(高密度短沟道MOS,仍是N沟的,但沟道长度只有 $2\sim 3\mu\text{m}$)工艺,速度高,单指令执行时间仅为 $200\mu\text{s}$,字长16位。典型产品为Intel公司的8086、Zilog公司的Z-8000以及Motorola公司的M68000。

1981年以来,开始研制了32位的微处理器应属于第四代,如Intel公司的I8800。据报道,最近国外又出现了64位的微处理器。

从上述发展可以看出,计算机的发展不是线性的。据统计,计算机的运算速度每 $5\sim 7$ 年就要提高一个数量级,而价格每 $5\sim 7$ 年要降低一个数量级。

微型计算机将会演变成为人们日常生活不可缺少的工具,它可以做为智能终端与计算机

网接口通道；可以接收、发送、存储、处理任何种类的数据信息，包括语言、图象、音乐、文件等等；它既可以协助我们进行工程设计、资料查寻、事物管理、通讯联络、数据处理等等，又可以提供各式各样的视听娱乐。

为此，人们对电子计算机的作用给予了极高的评价。大家认为第一次工业革命是蒸汽机把人们从繁重的体力劳动中解放了出来，给人类以无处不受其影响的“动力”，接踵而来的任务是把人类从繁重的脑力劳动中解放出来。人们从电子计算机的发展来看，认为它就是第二次工业革命的标志。估计过一段时间，人们将离不开电子计算机，电子计算机将给人类以无处不受其影响的“智能”。

第二节 计算机中数的表示

电子计算机的主要作用是进行数的运算和处理，因此在学习计算机之前首先要了解在计算机中数是如何表示的。本节将介绍计算机中常用的数制和码制以及一般微型计算机能处理的数据形式。

一、各种进位计数制及其转换

在日常生活中常用到的进位计数制有十进制、十二进制、十六进制、六十进制等等，最常用的是十进制。在计算机中最主要的则是二进制，同时也要遇到八进制和十六进制。现将有关的几种数制的表示形式和特点说明如下：

(一) 十进制数 (Decimal Number)

十进制数的主要特点是：

1. 有十个不同的数字符号，即 0、1、2、3、4、5、6、7、8、9。
2. 逢“十”进一。同一数字符号在不同的位置代表的数值不同，即按位定值。

$$\begin{aligned}\text{例如：} 135.79 &= 1 \times 100 + 3 \times 10 + 5 \times 1 + 7 \times 0.1 + 9 \times 0.01 \\ &= 1 \times 10^{3-1} + 3 \times 10^{3-2} + 5 \times 10^0 + 7 \times 10^{-1} + 9 \times 10^{-2}\end{aligned}$$

写成一般形式为

$$\begin{aligned}N &= K_{n-1} \times 10^{n-1} + K_{n-2} \times 10^{n-2} + \dots + K_1 \times 10^1 + K_0 \times 10^0 + K_{-1} \times 10^{-1} \\ &\quad + K_{-2} \times 10^{-2} + \dots + K_{-m} \times 10^{-m} \\ &= \sum_{i=n-1}^{-m} K_i \times 10^i\end{aligned}$$

其中， N 表示任一十进制数； n 表示小数点前的位数； m 表示小数点后面的位数； K_i 表示系数，在这里可以是 0、1、2、3、4、5、6、7、8、9 十个数中的任一个； 10^i 叫权数，每一位上的系数与权数的乘积表示该位数值的大小。

相邻两位数中高位的权数与低位的权数之比为一常数，此常数称为基数或底数。

从十进制数的表达式中看出，在十进制数中基数（或底数）为 10，所以在运算中逢“十”

进位。

(二) 二进制数 (Binary Number)

二进制数的主要特点是:

1. 有两个不同的数字符号, 即 0 和 1。
2. 逢“二”进一。同一数字符号在不同的位置代表的数值也不同。

$$\begin{aligned}\text{例如: } (1101.111)_2 &= 1 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 \\ &\quad + 1 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-2} + 1 \times 2^{-3} \\ &= (13.875)_{10}\end{aligned}$$

为了区别不同数制的数, 常在一个数的外面划上一个括号, 并在括号外面用注脚表明其数制。 $(1101.111)_2$ 即表示二进制数 1101.111, 而 $(13.875)_{10}$ 则表示十进制数 13.875。有时也可采用数字后面加写字母的方式来区别不同的数制。加写 B(Binary) 表示二进制数, 加写 Q(Octal) 表示八进制数, 加写 D(Decimal) 或不加写表示十进制数, 加写 H(Hexadecimal) 表示十六进制数。如 $(1101.101)_2$ 也可用 1101.101B 来表示, $(8A)_{16}$ 也可用 8AH 来表示。

二进制数的一般表达式为

$$\begin{aligned}B &= K_{n-1} \times 2^{n-1} + K_{n-2} \times 2^{n-2} + \cdots + K_1 \times 2^1 + K_0 \times 2^0 + K_{-1} \times 2^{-1} \\ &\quad + K_{-2} \times 2^{-2} + \cdots + K_{-m} \times 2^{-m} \\ &= \sum_{i=n-1}^{-m} K_i \times 2^i\end{aligned}$$

其中, B 为任一二进制数, 其它符号所代表的意义与十进制数的相同, 不同的是二进制数的基数为 2, 所以在运算中逢“二”进一。

(三) 八进制数 (Octal Number)

八进制数的主要特点是:

1. 有八个不同的数字符号, 即 0、1、2、3、4、5、6、7。
2. 逢“八”进一。同一数字符号在不同的位置代表的数值也不同。

$$\begin{aligned}\text{例如: } (217.34)_8 &= 2 \times 8^2 + 1 \times 8^1 + 7 \times 8^0 + 3 \times 8^{-1} + 4 \times 8^{-2} \\ &= (143.4375)_{10}\end{aligned}$$

八进制的一般表达式为:

$$\begin{aligned}Q &= K_{n-1} \times 8^{n-1} + K_{n-2} \times 8^{n-2} + \cdots + K_1 \times 8^1 + K_0 \times 8^0 + K_{-1} \times 8^{-1} + K_{-2} \times 8^{-2} \\ &\quad + \cdots + K_{-m} \times 8^{-m} \\ &= \sum_{i=n-1}^{-m} K_i \times 8^i\end{aligned}$$

其中, Q 为任一八进制数, 其它符号与前同。但基数为 8。

(四) 十六进制数 (Hexadecimal Number)

十六进制数的主要特点是:

1. 有十六个不同的数字符号, 即 0、1、2、…、8、9、A、B、C、D、E、F。
其中, A、B、…、F 分别代表 10、11、…、15。

2. 逢“十六”进位。同一数字符号在不同的位置代表的数值也不同。

$$\begin{aligned} \text{例如: } (3AE.2C)_{16} &= 3 \times 16^2 + A \times 16^1 + E \times 16^0 + 2 \times 16^{-1} \\ &\quad + C \times 16^{-2} \\ &= (943.171875)_{10} \end{aligned}$$

十六进制的一般表达式为

$$\begin{aligned} H &= K_{n-1} \times 16^{n-1} + K_{n-2} \times 16^{n-2} + \dots + K_1 \times 16^1 + K_0 \times 16^0 + K_{-1} \times 16^{-1} \\ &\quad + K_{-2} \times 16^{-2} + \dots + K_{-m} \times 16^{-m} \\ &= \sum_{i=n-1}^{-m} K_i \times 16^i \end{aligned}$$

其中, H 为任一个十六进制数, 其它符号与前同, 此处基数为 16。

(五) 不同进位制之间的转换

十进制、二进制、八进制和十六进制数之间的关系如表 1-1 所示。

表 1-1 十进制、二进制、八进制和十六进制数之对照表

十 进 制 数	二 进 制 数	八 进 制 数	十 六 进 制 数
0	0	0	0
1	1	1	1
2	10	2	2
3	11	3	3
4	100	4	4
5	101	5	5
6	110	6	6
7	111	7	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
16	10000	20	10

1. 二进制数转换成十进制数

只要按照二进制数表达式的关系展开即可算出。

例: $(101011.1001)_2$

$$\begin{aligned} &= 1 \times 2^5 + 0 \times 2^4 + 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1} + 0 \times 2^{-2} \\ &\quad + 0 \times 2^{-3} + 1 \times 2^{-4} \end{aligned}$$

$$= 32 + 8 + 2 + 1 + 0.5 + 0.0625$$

$$= (43.5625)_{10}$$

2. 十进制整数转换成二进制数

例：欲将 $(181)_{10}$ 转换成二进制数，亦即转换成 $(K_{n-1}K_{n-2}\cdots K_1K_0)_2$ 的形式

因为 $(K_{n-1}K_{n-2}\cdots K_1K_0)_2$

$$= K_{n-1} \times 2^{n-1} + K_{n-2} \times 2^{n-2} + \cdots + K_1 \times 2^1 + K_0 \times 2^0$$

$$= 2(K_{n-1} \times 2^{n-2} + K_{n-2} \times 2^{n-3} + \cdots + K_1) + K_0$$

$$\text{亦即 } (181)_{10} = 2(K_{n-1} \times 2^{n-2} + K_{n-2} \times 2^{n-3} + \cdots + K_1) + K_0$$

若将上式等号两边 $\div 2$ ，显然等号右边除 K_0 一项外皆含有 2 的因子，因此，等号左边的余数即为 K_0 。

去掉余数后可得

$$(90)_{10} = K_{n-1} \times 2^{n-2} + K_{n-2} \times 2^{n-3} + \cdots + K_1$$

同理，将等式两边再除以 2，则等号左边的余数将等于 K_1 。依此类推即可求出各系数的值。

2	181	
2	90	余 1 = K_0
2	45	余 0 = K_1
2	22	余 1 = K_2
2	11	余 0 = K_3
2	5	余 1 = K_4
2	2	余 1 = K_5
2	1	余 0 = K_6
	0	余 1 = K_7

1 0 1 1 0 1 0 1

$$\text{所以 } (181)_{10} = (10110101)_2$$

3. 十进制小数转换成二进制数

例：欲将 $(0.6875)_{10}$ 转换成为二进制数，亦即转换成 $(0.K_{-1}K_{-2}K_{-3}\cdots K_{-m})_2$ 的形式。因为

$$(0.K_{-1}K_{-2}K_{-3}\cdots K_{-m})_2 = K_{-1} \times 2^{-1} + K_{-2} \times 2^{-2} + K_{-3} \times 2^{-3} + \cdots + K_{-m} \times 2^{-m}$$

$$\text{亦即 } (0.6875)_{10} = K_{-1} \times 2^{-1} + K_{-2} \times 2^{-2} + K_{-3} \times 2^{-3} + \cdots + K_{-m} \times 2^{-m}$$

将上式等号两边 $\times 2$ ，则得

$$(1.375)_{10} = K_{-1} + K_{-2} \times 2^{-1} + K_{-3} \times 2^{-2} + \cdots + K_{-m} \times 2^{-m+1}$$

显然，等号右边除 K_{-1} 一项外，其他各项的总和小于 1，而 K_{-1} 的数值只有两种可能，非 1 即 0，且等号两侧的整数部分和小数部分必然分别相等。因此，本例中 $K_{-1} = 1$ 。

去掉整数部分则得

$$(0.375)_{10} = K_{-2} \times 2^{-1} + K_{-3} \times 2^{-2} + \cdots + K_{-m} \times 2^{-m+1}$$

将等号两边再乘以 2 则得：

$$(0.75)_{10} = K_{-2} + K_{-3} \times 2^{-1} + \cdots + K_{-m} \times 2^{-m+2}$$

同理可分析出 $K_{-2} = 0$ ，因等号左边整数部分为 0。

依此类推，即可求出各系数的值。

$$\begin{array}{r}
 0.6875 \\
 \times 2 \\
 \hline
 1.3750 \dots\dots\dots \text{整数部分为 } 1 = K_{-1} \\
 \times 2 \\
 \hline
 0.750 \dots\dots\dots \text{整数部分为 } 0 = K_{-2} \\
 \times 2 \\
 \hline
 1.50 \dots\dots\dots \text{整数部分为 } 1 = K_{-3} \\
 \times 2 \\
 \hline
 1.0 \dots\dots\dots \text{整数部分为 } 1 = K_{-4} \\
 \hline
 1011
 \end{array}$$

所以 $(0.6875)_{10} = (0.1011)_2$ 。

至于求到小数点后面几位可根据精度要求而定。

4. 十进制数和任意进制数之间的相互转换

任意进制数与十进制数之间的转换原理和方法都跟二进制数与十进制数之间的转换原理和方法类似。

任意进制数的一般表达式可写为 $\sum_{i=n-1}^{-m} K_i J^i$ ， J 为幂级数的基数，在不同进制中代表

不同的值。二进制中 $J = 2$ ，八进制中 $J = 8$ ，十进制中 $J = 10$ ，十六进制中 $J = 16$ 。 J^i 为权数。因此任意进制的数转换为十进制数时，只要根据表达式按权展开后相加即可。

将十进制数转换成任意进制数时，首先把整数部分和小数部分分开，整数部分不断的用幂级数的基数去除，每次所得的余数即为各系数的数值，最先得到的是最低有效数，最后得到的是最高有效数。小数部分则不断的用基数去乘，每次所得的整数部分即为各系数的数值，最先得到的是最高有效值，最后得到的是最低有效值。

例： $(725.6875)_{10} = (?)_8$ 。

将整数部分和小数部分分别换算

$$\begin{array}{r}
 8 \overline{) 725} \\
 \underline{8 \overline{) 90}} \dots\dots\dots \text{余 } 5 = K_0 \\
 \underline{8 \overline{) 11}} \dots\dots\dots \text{余 } 2 = K_1 \\
 \underline{8 \overline{) 1}} \dots\dots\dots \text{余 } 3 = K_2 \\
 0 \dots\dots\dots \text{余 } 1 = K_3
 \end{array}$$

1 3 2 5

$$\begin{array}{r}
 0.6875 \\
 \times 8 \\
 \hline
 5.5000 \dots \text{整数部分为 } 5 = K_{-1} \\
 \times 8 \\
 \hline
 4.0 \dots \text{整数部分为 } 4 = K_{-1}
 \end{array}$$

5 4

所以 $(725.6875)_{10} = (1325.54)_8$

5. 二进制数和十六进制数之间的转换

这种转换在微型计算机中经常用到。

二进制和十六进制之间的转换非常方便，每一位十六进制的数都可等于一个四位的二进制数。

1) 十六进制数转换为二进制数

不论整数或小数，只要把每一位十六进制数用一个相应的四位二进制数代替即可。

例： $(5AE.7B9)_{16} = (?)_2$

对应关系为

5	A	E	.	7	B	9
0101	1010	1110	.	0111	1011	1001

所以 $(5AE.7B9)_{16}$

$$= (0101 \ 1010 \ 1110 \ . \ 0111 \ 1011 \ 1001)_2$$

$$= (10110101110.011110111001)_2$$

2) 二进制数转换为十六进制数

将二进制数的整数部分自小数点向左，每四位划成一组，最后不足四位的前面补0。小数部分自小数点向右，每四位划成一组，最后不足四位的在后面补0。再将每组二进制数用一个相应的十六进制数代替即可。

例：将 $(1111011000.011011001)_2$ 转换为十六进制数。

分组对应关系将为

0011,	1101,	1000	.	0110,	1100,	1000
3	D	8	.	6	C	8

所以 $(1111011000.011011001)_2 = (3D8.6C8)_{16}$

二、二进制数的运算

二进制数的逻辑运算已在逻辑代数中学过，此处只介绍二进制数的算术运算。

(一) 加法运算

二进制加法的规则是：

- 1) $0 + 0 = 0$;
- 2) $0 + 1 = 1 + 0 = 1$;
- 3) $1 + 1 = 0$ 有进位。