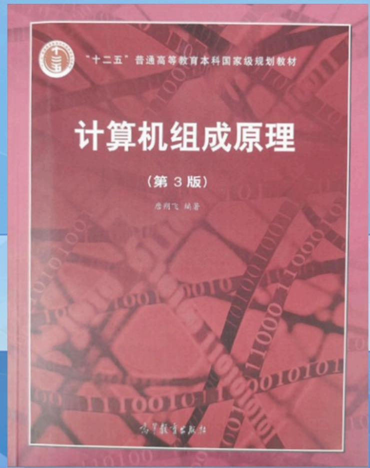
计算机组成原理

作者：唐朔飞
高等教育出版社



第一模块 运算方法

主讲人：张瑞华

山东大学 计算机科学与技术学院

---

1 为什么研究机器内的数据表示

1) 目的：组织数据，方便计算机硬件直接使用。

2) 要考虑的因素

支持的数据类型；
能表示的数据范围
能表示的数据精度；
存储和处理的代价；
是否有利于软件的移植等…

各种进位记数制之间的转换

- **α进制转换为β进制的步骤:**
- **1) 首先考察α、β是否都是2^i，若是，以2进制为中介，利用分组按位对应转换法；**

$$\alpha \to 2 \to \beta$$

- **2）若条件1）不满足，考察α、β是否是10进制**
  - **若α是10进制，利用基数乘除法；**
  - **若β是10进制，利用多项式展开法；**
  - **若α、β都不是10进制，以10进制为中介，进行转换：**

$$\alpha \to 10 \to \beta$$

练习（雨课堂投稿）

- 1、$(24.31)_5 = (?)_4$
- 2、$(73.24)_8 = (?)_{16}$

6.1 有符号数和无符号数

6.1.2 带符号数的机器码表示(符号数字化)

1．两个基本概念

1)机器数：在计算机内部使用的，连同数符一起数码化了的数，称为机器数。

2)真值：机器数所代表的数的实际值，称为真值。

2．各种机器码

原码、反码、补码

定点整数、定点小数

设定点小数的形式为$X_0 . X_1\ X_2\ X_3 \cdots\ X_n$，n是数据位的位数

$$X_{原} = \begin{cases} X & 0 \le X < 1 \\ 1 - X = 1 + |X| & -1 < X \le 0 \end{cases}$$

$$X_{补} = \begin{cases} X & 0 \le X < 1 \\ 2 + X = 2 - |X| \quad \bmod\ 2 & -1 \le X < 0 \end{cases}$$

$$X_{反} = \begin{cases} X & 0 \le X < 1 \\ 2 + X - 2^{-n} & -1 < X \le 0 \end{cases}$$

- **定点小数**表示的范围：

- **原码：**
- **反码：**

$$-(1 - 2^{-n}) \le X \le 1 - 2^{-n}$$

- **补码：** $-1 \le X \le 1 - 2^{-n}$

- 定点整数形式： $X=X_0X_1X_2\ldots\ldots X_n$，n是数据位的位数

$$X_{原} = \begin{cases} X & 0 \le X < 2^n \\ 2^n - X = 2^n + |X| & -2^n < X \le 0 \end{cases}$$

$$X_{补} = \begin{cases} X & 0 \le X < 2^n \\ 2^{n+1} + X \quad \bmod\ 2^{n+1} & -2^n \le X < 0 \end{cases}$$

$$X_{反} = \begin{cases} X, & 0 \le X \le 2^n - 1 \\ 2^{n+1} - 1 + X, & -(2^n - 1) \le X \le 0 \end{cases}$$

8

山东大学 计算机科学与技术学院

- **定点整数表示范围：**
  - **原码：**
  - **反码：** $-(2^n-1)\le X\le 2^n-1$
  - **补码：** $-2^n\le X\le 2^n-1$

山东大学 计算机科学与技术学院

例1 求下列各数的原码、补码和反码

1） X=+1011

$[X]_{原}=[X]_{反}=[X]_{补}=01011$

2） X= －1011

$[X]_{原}=11011$ $[X]_{反}=10100$ $[X]_{补}=10101$

3） 0的表示：

$[+0]_{原}=00000$ $[-0]_{原}=10000$

$[+0]_{反}=00000$ $[-0]_{反}=11111$

$[+0]_{补}=00000=[-0]_{补}$

山东大学 计算机科学与技术学院

例2 求下列各数的原码、补码和反码

1） X=+0.1011

$[X]_{原}=[X]_{反}=[X]_{补}=0.1011$

2） X= －0.1011

$[X]_{原}=1.1011$ $[X]_{反}=1.0100$ $[X]_{补}=1.0101$

11

3 常见机器码的特点

山东大学 计算机科学与技术学院

原码：原码为符号位加数的绝对值，0正1负

1）表示简单：数的真值和它的原码之间对应关系简单，相互转换容易。

2 ）运算复杂：符号位不参加运算，要设置加法、减法器。

$[X]_{原}+[Y]_{原}$

（不能直接判定是执行加法还是减法运算，分同号和异号）

3）0的表示不唯一

反码：

1 ）表示相对原码复杂

2） 运算相对原码简单：符号位参加运算，只需要设置加法器，但符号位的进位位需要加到最低位。

3） 0的表示不唯一

补码：

补码中模的概念（符号位进位后所在位的权值）

例3 整数 - 1 用补码表示，下列哪些(个)结果是正确的?

1) 11　2) 111　3) 1111　4) 11111　5) 111111

若整数x补码形式为X_0, $X_1X_2X_3X_4X_5$， 则-1的补码又如何表示？ 模是多少？

补码的性质

① 在补码表示中，0有唯一的编码

X=+0.0000　$[X]_补$=X=0.0000

Y=-0.0000　$[Y]_补$=2+Y=10.0000

-0.0000=10.0000

=0.0000(对2取模)

② 补码适合于加减运算

(即符号位和数值位可同等处理)，其运算规则如下：

$[X+Y]_补=[X]_补+[Y]_补$

$[X-Y]_补=[X]_补+[-Y]_补$

注：运算结果只要不溢出，即为正确的结果。

③由真值求补码（快捷方式）

+101100、+11010、-101100、-11010

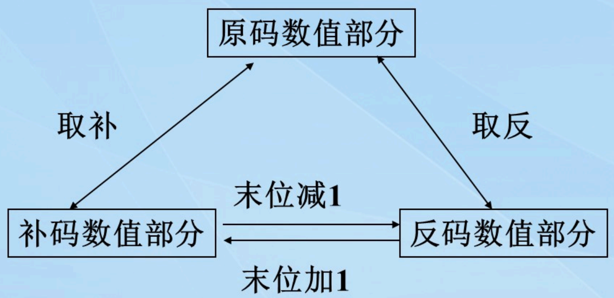
求补规则：正数的补码符号位为0，数值部分就是真值；负数的补码符号位为1，数值部分可由真值的数值部分按位取反，末位加1得到。（定长，补足位数）

- ④由补码求真值
  - 规则：若补码的符号位为0，则真值为正，真值的数值部分等于补码的数值部分；若补码的符号位为1，则真值为负，真值的数值部分由补码的数值部分求补得到。
  - 例：$x_{补}$ = 00110100　　$x_{补}$ = 10110100
  - 　　x　= +0110100　　x = -1001100
- ⑤由$x_{补}$求 $(-x)_{补}$
  - 规则:对x的补码（连同符号位）求补得到。
  - 例：　$x_{补}$ = 00110100　　$Y_{补}$ = 10110100
  - 　$(-x)_{补}$ = 11001100　　$Y_{补}$ = 01001100

山东大学 计算机科学与技术学院

- 4）　真值与机器数之间的相互转换
- 真值与机器数的相互转换
  - 真值　　　　　机器数（原、反、补码）
  - 正数　　　　　符号位为0，数值不变
  -
  - 负数　　　　　符号位为1，数值 $\begin{cases}（原码）不变 \\ （补码）求补 \\ （反码）求反\end{cases}$
-
- 机器数之间的相互转换（符号位不变）
  - 符号位　　　　　　数值部分
  - 为0　　　　　　　　不变
  - 为1　　　　　　　　转换

山东大学 计算机科学与技术学院



- 例：$x_{原}$ = 11011000　　求：反、补码
- $X_{反}$ = 0,0111010　　求：原、补码
- $X_{补}$= 1.1011000　　求：反、原码

5）　移码

山东大学 计算机科学与技术学院

- 在浮点数阶码的表示中，为便于比较阶码大小，采用移码。移码（又叫增码）是符号位取反的补码。
- 移码定义：$X_{移}=2^n+x$　　$-2^n \le x \le 2^n-1$
- 　　　　　　（n为不包含符号位的数据位数）
- 例：　X=+1011　　$[X]_{移}$=11011
- 　　　X=-1011　　$[X]_{移}$=00101
- 移码与补码的关系：　$[X]_{移}$与$[X]_{补}$的关系是符号位互为相反数（仅符号位不同）
- 例：　X=+1011　　$[X]_{补}$=01011　　$[X]_{移}$=11011
- 　　　X=－1011　　$[X]_{补}$=10101　　$[X]_{移}$=00101

多选题 1分

在下列有关补码和移码关系的叙述中,正确是（ ）

A 同一个数的补码和移码表示,其数值部分相同,符号相反

B 零的补码和移码表示相同

C 相同位数的补码和移码表示具有相同的数据表示范围

D 一般用移码表示浮点数的阶码,而补码表示定点整数

21

单选题 2分

某计算机字长8位，机器数11111111对应的十进制真值不可能是（）。

A -1

B 0

C 127

D -128

22

总结

- 正数：原码、反码、补码一直，符号位为0，数值位同真值；
- 负数：符号位为1，数值位是
  - 原码：真值；
  - 反码：真值按位取反；
  - 原码：真值按位取反末位加1；
- 求相反数补码的快捷方式
  - 包括符号位在内，按位取反，末尾加1

23

练习（雨课堂投稿）

- 1、若$X_{补}$=10110110，求真值、原码、反码、移码
- 2、若$X_{补}$=0.0110110，求真值、原码、反码
- 3、若$X_{原}$=1.1011010，求真值、补码、反码
- 4、若x=-0.0110110，求原码、补码、反码