第 2 章 数据的表示

在计算机内部各类**基本数据**的表示（编码）方法。

数据类型

- **基本数据类型**：硬件能直接实现的数据类型。

  分为**数值型数据**和**非数值型数据**。

- **复杂数据类型**：按某种结构描述方式在软件中实现。

本章学习导读

（1）计算机中如何来表示数据，包括数值数据和非数值数据。

（2）数值数据的编码表示：包括数制，原码、反码、补码，以及定点与浮点数。

（3）非数值数据如英文字符、汉字等的表示法。

2.2　数字化信息编码

编码

编码：就是用少量简单的基本符号的组合，表示大量复杂多样的信息。

在计算机系统中，凡是要进行**处理**、**存储**和**传输**的信息，都是用**二进制**进行编码的。

计算机内部采用二进制表示的原因

1. 只有 0 、 1 两个数码，易于用物理器件表示；
2. 电位的高低，脉冲的有无，电路通断，磁化方向等都比较**容易区别**，**可靠性高**；
3. 运算规则简单；如加减运算规则、乘法表。
4. 二进制的 0 、 1 与逻辑命题中的真假相对应，为计算机中实现**逻辑运算**和**逻辑判断**提供有利条件。

缺点：书写冗长，难认，难记，不易发现错误。

2.3 数值数据的编码表示

数值数据的数字化

数值数据

数值数据：表示数量**多少**，数值**大小**，可比较。

在计算机内部，数值数据的**表示方法**有两大类：

1) 二进制：直接用数据的二进制数表示；
2) 十进制：

十进制：采用二进制编码的十进制数 (Binary Coded Decimal Number，简称 BCD) 表示。

例，十进制数 17 ，机器数长 8 位。

数值数据的表示

三个要素：

1. 进位计数制；
2. 符号的数字化？带符号数的编码表示？
3. 小数点？位置？定/浮点表示。

进位计数制

基数：允许使用的**基本符号**个数。

位权：不同数位的**权值**（**数量级别**）。

例：十进制数，

$$123.4 = 1\times10^{2} + 2\times10^{1}+3\times10^{0}+4\times10^{-1}$$

基本符号： 0~9

基数：10

位权： 10^{i}

进位计数制

在某个数字系统中，若采用 R 个基本符号 (0, 1, 2, …, R-1) 表示各位上的数字，则称其为 **R 进制**数字系统；

- R 被称为该数字系统的**基数**；
- 采用“**逢 R 进一，借一当 R**”的运算规则；
- 第 i 位的权为 R^i。

$$D_R = d_{n-1}d_{n-2}\ldots\ldots d_1d_0 \,.\, d_{-1}d_{-2}\ldots\ldots d_{-m}$$

$$D_R = d_{n-1}\times R^{n-1}+d_{n-2}\times R^{n-2} +\ldots\ldots+d_1\times R^1+d_0\times R^0$$

$$+d_{-1}\times R^{-1}+d_{-2}\times R^{-2}+\ldots\ldots d_{-m}\times R^{-m}$$

计算机系统中常用的进位计数制

二进制(Binary)：R=2，基本符号为0和1

八进制(Octal)：R=8，基本符号为0,1,2,3,4,5,6,7

十六进制(Hexadecimal)：R=16，基本符号为0,1,2,3,4,5,6,7,8,9,a,b,c,d,e,f

十进制(Decimal)：R=10，基本符号为0,1,2,3,4,5,6,7,8,9

进位计数制的相互转换

举例说明。

二、八、十六进制：**分段对应**转换。从小数点开始。

R 进制数转换成十进制数：**按权相加法**。

十进制数转换成 R 进制数：将整数和小数部分分别进行转换。除基取余法，乘基取整法。

以上转换的**特点**：

操作统一，算法简单，易于软件编程及硬件实现。

数值数据的编码表示

三个要素：

1. 进位计数制；
2. 符号？数字化？数的编码表示？
3. 小数点？位置？定 / 浮点表示

机器数位的编号

一个字节：

7	6	5	4	3	2	1	0
0	0	0	0	1	0	1	0

最高位

最低位

数值数据的编码表示

计算机用**数字**表示正负，**隐含规定**小数点（定点与浮点）。

计算机中常用的**数据表示格式**有两种：

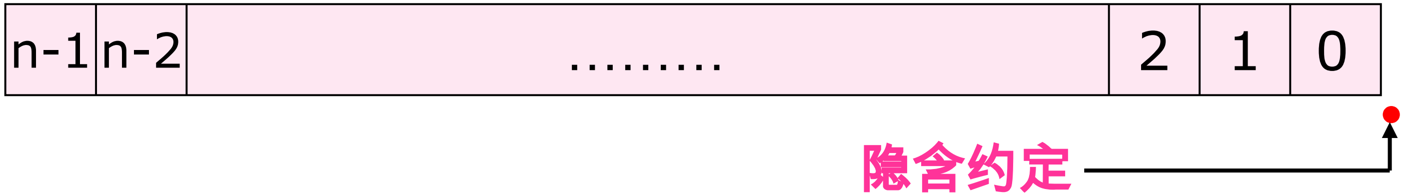
定点格式：容许的数值范围有限，但要求的处理硬件比较简单。

浮点格式：容许的数值范围很大，但要求的处理硬件比较复杂。

定点数的表示方法

定点表示：**约定**机器中**所有数据**的小数点位置是**固定不变**的。

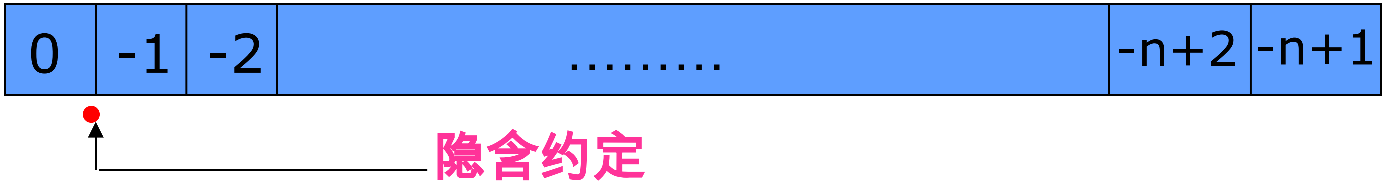
定点整数（**纯整数**）：小数点固定在**最低位数**的后面；



n-1	n-2	………	2	1	0

隐含约定

定点小数（**纯小数**）：小数点固定在**最高位数**的后面。



0	-1	-2	………	-n+2	-n+1

隐含约定

定点无符号数的表示

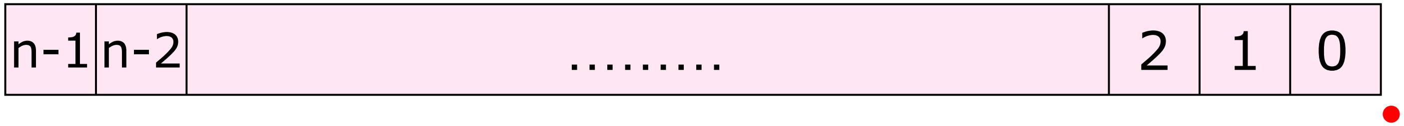
无符号数：编码的**所有二进制位**都用来表示数值。

一般在全部是正数运算且不出现负值结果的场合下，可以省略符号位，使用无符号数表示。

计算机的运算部件与寄存器都有一定**字长限制**，如 8 位、 16 位或 32 位，只能表示一定范围内的数据。

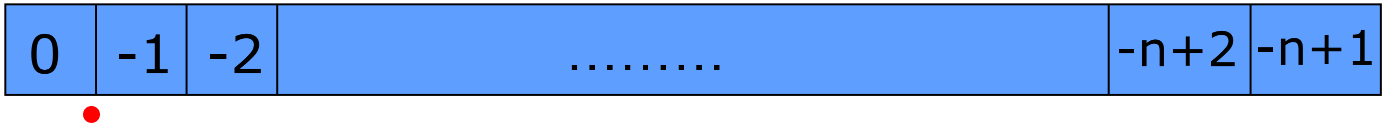
定点数的表示方法

问题：两种类型的定点数，无符号数的表示范围？



n-1	n-2	………	2	1	0

$$0 \sim 2^{n}-1$$



0	-1	-2	………	-n+2	-n+1

$$0 \sim 2-2^{-(n-1)}$$

定点带符号数的表示

机器数与真值

真值	机器数
带符号的数	符号数字化的数
+ 0.1011	0 | 1011000
– 0.1011	1 | 1011000
+ 1100	0 | 0001100
– 1100	1 | 0001100

小数点的位置

小数点的位置

小数点的位置

小数点的位置

定点带符号数的表示

机器数：数值数据（有正负）在计算机内部的**编码**（只有0、 1）。

真值：机器数所表示的真正的值，即原来带有正负号的数。

常用的编码表示方式（机器数）

三种：原码、补码和反码。

对于这三种编码：

1. 正数的所有编码表示都是相同的：**符号位**取值为 0 ，**数值部分**是二进制真值；
2. 负数的所有编码表示，其**符号位**总是为 1 ，而**数值部分**对于不同的编码则有不同的取值。

原码表示法

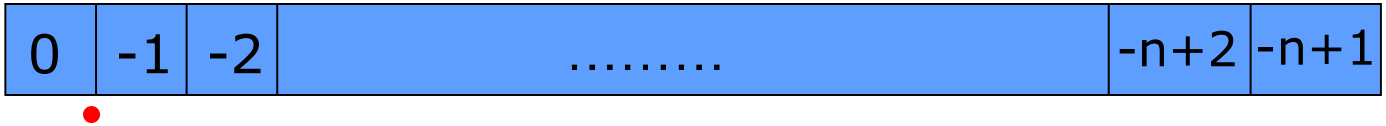
原码：由符号位后直接跟上真值的**绝对值**构成。

1. **最高位**是符号位，“0”正，“1”负；
2. 有效数值部分用二进制的**绝对值**表示；
3. 0 的原码有 +0 和 -0 两种形式。

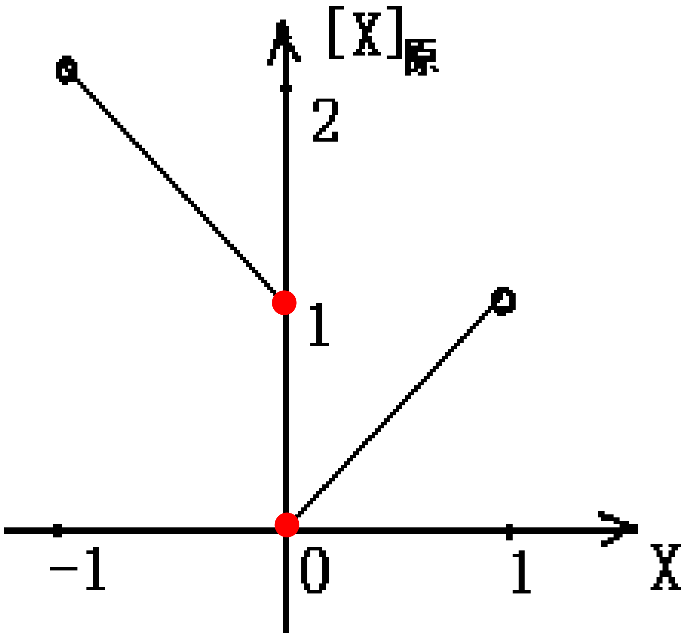
$[+0.1001]_{原}=0.1001000$	$[-0.1001]_{原}=1.1001000$
$[+1001]_{原}=00001001$	$[-1001]_{原}=10001001$
$[+0]_{原}=00000000$	$[-0]_{原}=10000000$

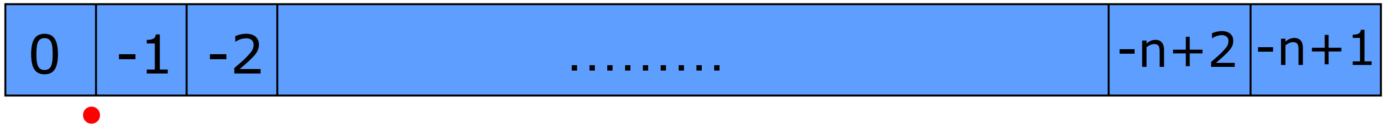
原码表示法

定点小数（纯小数）：



$$[x]_{原} = \begin{cases} x & 1 > x \quad 0 \\ 1+|x| = 1 - x & 0 \quad x > -1 \end{cases}$$





原码定点小数的表示范围

设机器数字长为 n 位：

典型值	原码	真值
最大值	011…1	$1-2^{-(n-1)}$
最小值	111…1	$-(1-2^{-(n-1)})$

表示数的个数：2^n-1　　为什么？

分辨率——绝对值最小正数？　$2^{-(n-1)}$

问题：字长 8 位的原码定点小数，表示的最大值、最小值？127/128，-127/128

问题：求 0 的原码？00…0，10…0

原码表示法

定点整数（纯整数）：公式和表示范围略。

原码表示法

问题：

1. 16 位整数的原码表示？如± 1001?
2. 16 位小数的原码表示？如± 0.101 1011?

特点：

1. 数值位表示真值的绝对值，与真值的对应关系**直观**，因此与真值之间的**转换简单**；
2. 乘除运算较方便，加减运算规则复杂。

例， mul R1, R2

   add R1, R2