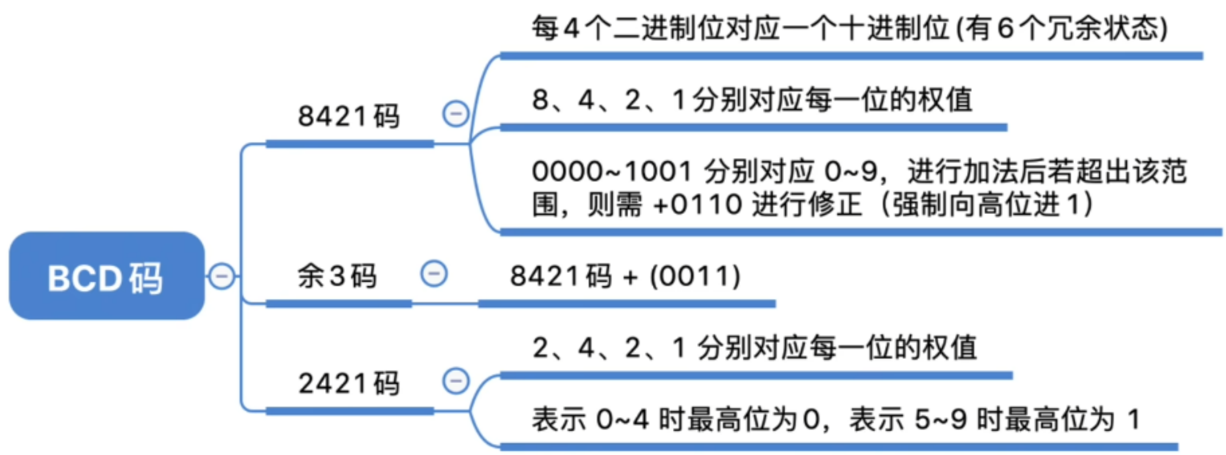
定点数的编码表示



BCD： Binary-Coded Decimal，用二进制编码的十进制

BCD码

二进制：0，1　　方便计算机处理

十进制：0，1，2，3，4，5，6，7，8，9　　符合人类习惯

$K_n \times r^n + K_{n-1} \times r^{n-1} + \cdots + K_2 \times r^2 + K_1 \times r^1 + K_0 \times r^0$　　转换麻烦

快速转换：一一对应　　BCD：Binary-Coded Decimal

8421码的映射关系：

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0000	0001	0010	0011	0100	0101	0110	0111	1000	1001

十进制：　5　+　8　　13　　　1　3　　1　3

8421码：0101　+　1000　$\boxed{1101}$ $\xrightarrow{+0110}$ 1 0011　　0001 0011　　机算方法

不在映射表里

8421码中 1010～1111 没有定义

注：若相加结果在合法范围内，则无需修正。

8421码的映射关系：

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0000	0001	0010	0011	0100	0101	0110	0111	1000	1001

4个二进制位 —> 16种不同的状态

BCD码直使用其中10种 —> 不同的映射方案

余3码：8421码 + $(0011)_2$

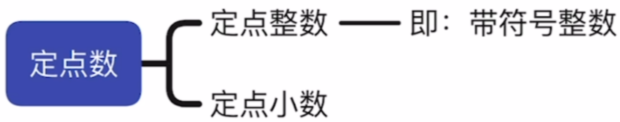
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0011	0100	0101	0110	0111	1000	1001	1010	1011	1100

2421码：改变权值定义

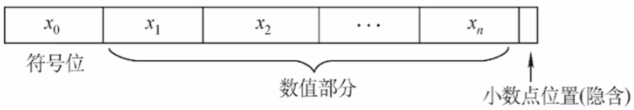
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0000	0001	0010	0011	0100	1011	1100	1101	1110	1111

定点小数

定点整数、定点小数

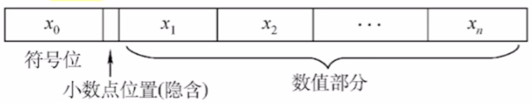


定点整数



定点整数的编码表示：原码、反码、补码、移码

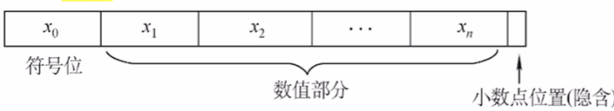
定点小数



定点小数的编码表示：原码、反码、补码

原码

定点整数

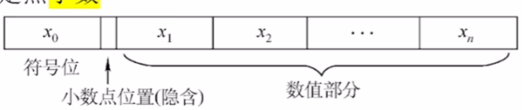


	符	2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0
+19D	0	0	0	1	0	0	1	1
-19D	1	0	0	1	0	0	1	1

常写为：$[x]_{原}$=**1**,0010011

各个bit“位权”不一样

定点小数

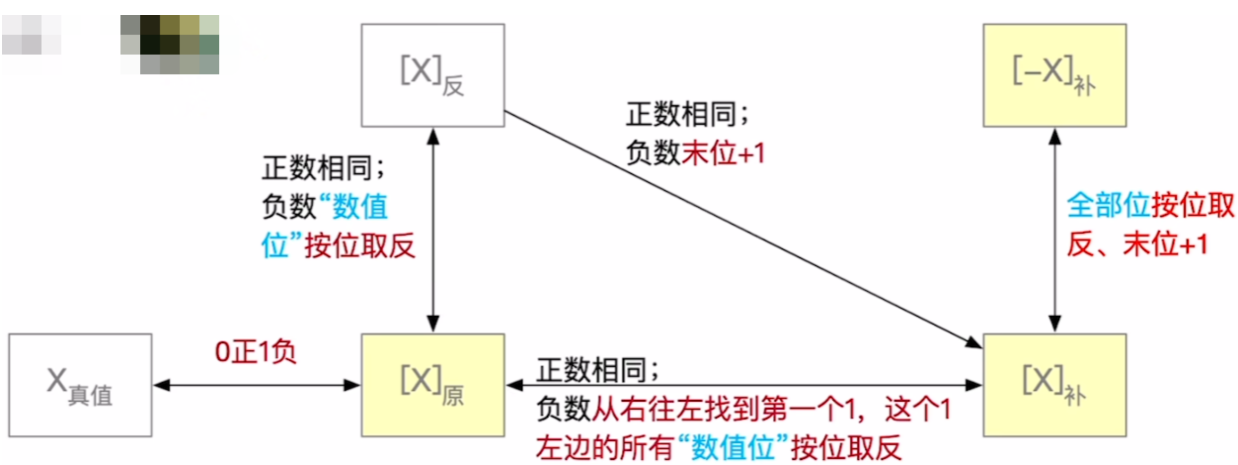


	符	2^{-1}	2^{-2}	2^{-3}	2^{-4}	2^{-5}	2^{-6}	2^{-7}
+0.75D	0	1	1	0	0	0	0	0
-0.75D	1	1	1	0	0	0	0	0

常写为：$[x]_{原}$ = **1**.1100000

原码：符号位“0/1”对应“正/负”

定点小数原/反/补码的转换



定点小数的加/减运算

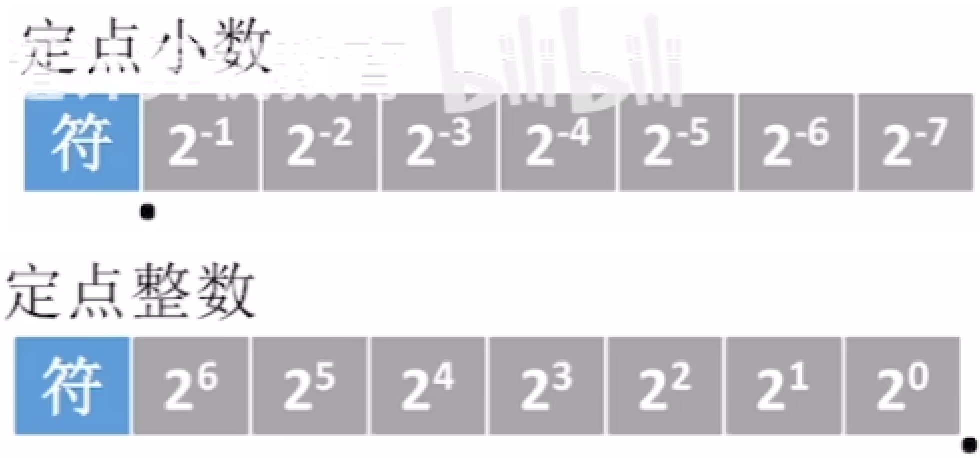
对两个定点小数A、B进行加法/减法时，需要先转换为补码

计算机硬件如何做定点小数补码的加法：从最低位开始，按位相加（符号位参与运算），并往更高位进位

计算机硬件如何做定点小数补码的减法：

1. “被减数”不变，“减数”全部位按位取反、末位+1，减法变加法
2. 从最低为开始，按位相加，并往更高位进位

定点小数vs定点整数



n+1 bit	合法表示范围	最大的数	最小的数	真值0的表示
定点整数:原码	$-(2^n-1) \le x \le 2^n-1$	**0**,111...111 $=2^n-1$	**1**,111...111 $=-(2^n-1)$	$[+0]_{原}$ =**0**,000...000 $[-0]_{原}$ =**1**,000...000
定点整数:反码	$-(2^n-1) \le x \le 2^n-1$	**0**,111...111 $=2^n-1$	**1**,000...000 $=-(2^n-1)$	$[+0]_{反}$ =**0**,000...000 $[-0]_{反}$ =**1**,111...111
定点整数:补码	$-2^n \le x \le 2^n-1$	**0**,111...111 $=2^n-1$	**1**,000...000 $=-2^n$	$[0]_{补}$ =**0**,000...000 真值0只有一种补码
定点小数:原码	$-(1-2^{-n}) \le x \le 1-2^{-n}$	**0**,111...111 $=1-2^{-n}$	**1**,111...111 $=-(1-2^{-n})$	$[+0]_{原}$ =**0**,000...000 $[-0]_{原}$ =**1**,000...000
定点小数:反码	$-(1-2^{-n}) \le x \le 1-2^{-n}$	**0**,111...111 $=1-2^{-n}$	**1**,000...000 $=-(1-2^{-n})$	$[+0]_{反}$ =**0**,000...000 $[-0]_{反}$ =**1**,111...111
定点小数:补码	$-1 \le x \le 1-2^{-n}$	**0**,111...111 $=1-2^{-n}$	**1**,000...000 $=-1$	$[0]_{补}$ =**0**,000...000 真值0只有一种补码

$$1-2^{-n}=\frac{2^n-1}{2^n}$$

定点小数vs定点整数

特别注意：位数扩展时，拓展位置不一样

整数补码的加法运算

计算机硬件如何做补码的加法：从最低位开始，按位相加（符号位参与运算），并往更高位进位

小数补码的加法运算

整数补码的减法运算

计算机硬件如何做带符号数补码的减法：

1. “被减数”不变，“减数”全部位按位取反、末位+1，减法变加法
2. 从最低位开始，按位相加，并往更高位进位

小数补码的减法运算