

数字电路与逻辑设计

Digital circuit and logic design

第一章 基本知识

主讲教师 | 于俊清

01

■ 提纲



数字信号与系统



数制及其转换



带符号二进制数的代码表示



几种常用的编码

结论



原码不能直接进行减法运算

正确做法



当对两个数求和时，如果符号相异，则需要先比较两个数的绝对值的大小，然后做减法



绝对值大的符号是结果的符号



绝对值的差值是结果的数值位

缺点



利用它进行加减法运算较为麻烦



问题



如何简化问题呢？

解决办法



减法变加法，符号位直接参与运算



原码不行，有其他编码吗？

■ 常用机器码



机器码

反码表示法



符号位与原码相同



数值位与符号位相关



正数的反码是正数本身，与原码形式相同



负数的反码符号位为1，其数值部分由原码的数值部分按位取反得到



反码表示法

整数反码的定义

$$[X]_{\text{反}} = \begin{cases} X & 0 \leq X < 2^n \\ 2^{n+1} - 1 + X & -2^n < X \leq 0 \end{cases}$$

小数反码的定义

$$[X]_{\text{反}} = \begin{cases} X & 0 \leq X < 1 \\ 2 - 2^{-n} + X & -1 < X \leq 0 \end{cases}$$

举例说明

◆ 若 $X = +0.1011$, 则 $[X]_{\text{反}} = 0.1011$

◆ 若 $X = -0.1011$, 则 $[X]_{\text{反}} = (2 - 2^{-4}) - 0.1011$
 $= 1.1111 - 0.1011$
 $= 1.0100$

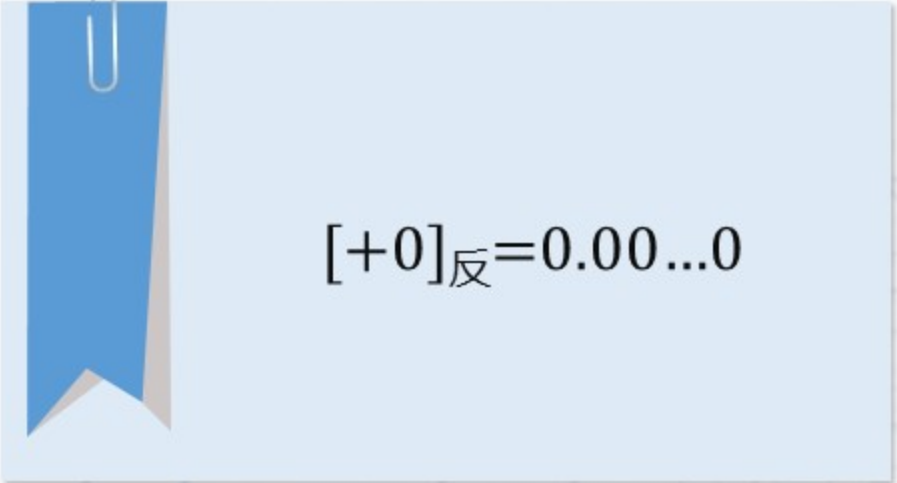
◆ 求 $X = -13/16$ 的二进制反码？

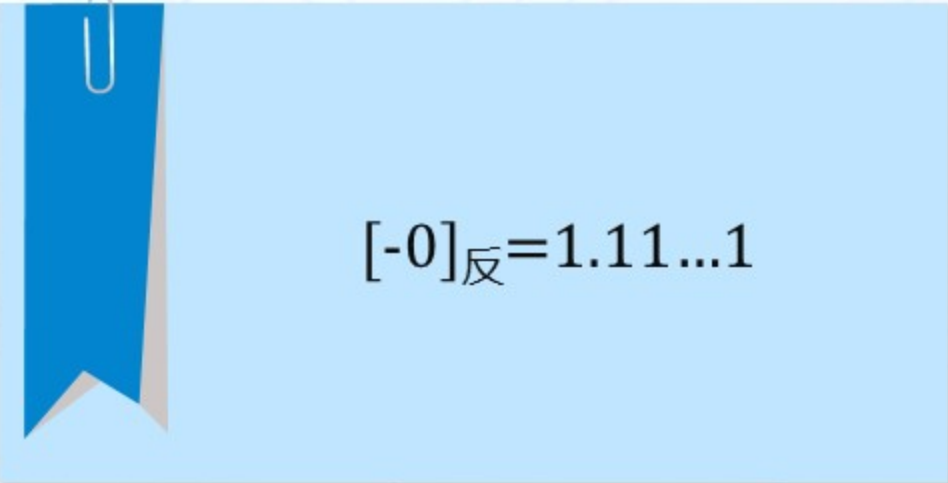
◆ $[X]_{\text{反}} = [-0.1101]_{\text{反}} = 1.0010$

带符号数的反码表示

反码	真值	反码	真值
0000	+0	1111	-0
0001	+1	1110	-1
0010	+2	1101	-2
0011	+3	1100	-3
0100	+4	1011	-4
0101	+5	1010	-5
0110	+6	1001	-6
0111	+7	1000	-7

反码的正负零


$$[+0]_{\text{反}} = 0.00\dots 0$$


$$[-0]_{\text{反}} = 1.11\dots 1$$

负数的反码加法

假设字长为8bits



十进制运算： $(-1)_{10} + (-1)_{10} = (-2)_{10}$



二进制运算

$$\begin{aligned} & (-1)_{10} + (-1)_{10} \\ &= (10000001)_{\text{原码}} + (10000001)_{\text{原码}} \\ &= (11111110)_{\text{反码}} + (11111110)_{\text{反码}} \\ &= (\textcolor{red}{1}11111100)_{\text{反码}} \\ &= (11111110\textcolor{red}{1})_{\text{反码}} = (-2)_{10} \text{ -----进位回卷到末位} \end{aligned}$$

符号位进位加到结果最低位

反码的减法



十进制运算： $(1)_{10} - (2)_{10} = (-1)_{10}$



二进制运算

$$\begin{aligned} & (1)_{10} - (2)_{10} \\ &= (1)_2 + (-2)_{10} \\ &= (00000001)_{\text{原码}} + (10000010)_{\text{原码}} \\ &= (00000001)_{\text{反码}} + (11111101)_{\text{反码}} \\ &= (11111110)_{\text{反码}} \\ &= (-1)_{10} \end{aligned}$$

正确吗？



反码的减法



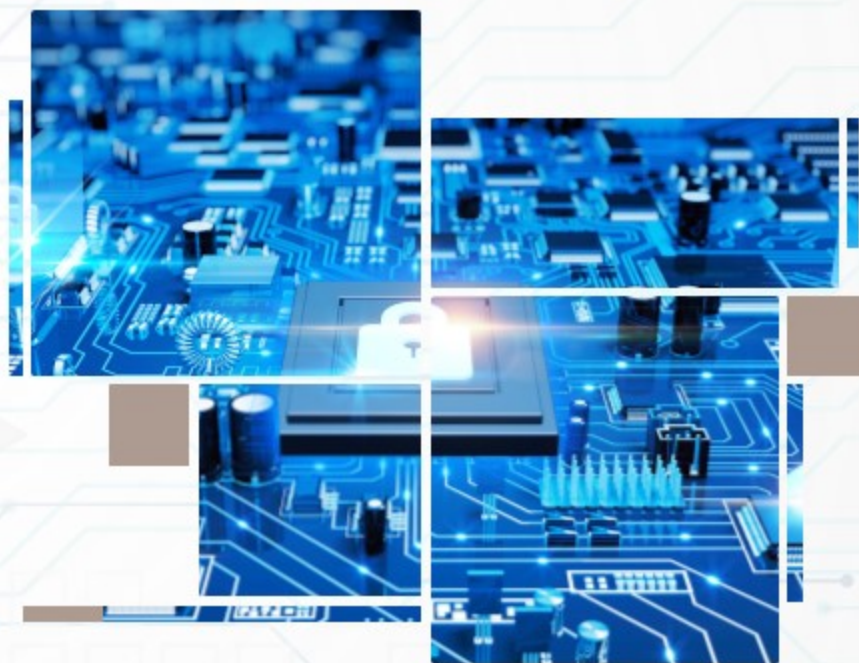
十进制运算： $(1)_{10} - (1)_{10} = (0)_{10}$



二进制运算

$$\begin{aligned} & (1)_{10} - (1)_{10} \\ &= (1)_{10} + (-1)_{10} \\ &= (00000001)_{\text{原码}} + (10000001)_{\text{原码}} \\ &= (00000001)_{\text{反码}} + (11111110)_{\text{反码}} \\ &= (11111111)_{\text{反码}} \\ &= (-0)_{10} \end{aligned}$$

正确吗？



问题

还有更合理的表示方法吗？



数字电路与逻辑设计

Digital circuit and logic design

谢谢，祝学习快乐！

主讲教师 | 于俊清

01