



2. 数据的表示与存储

2.3 二进制补码与带减法功能的加法器

补码设计的精妙之处



2. 数据的表示与存储

2.3 二进制补码

- 01 什么是补码
- 02 为什么需要补码
- 03 补码的运算
- 04 二进制数据表示范围
- 05 运算溢出



2. 数据的表示与存储

2.3 定点数二进制减法

求： $0111 - 0110 = ?$



2. 数据的表示与存储

2.3 负数的表示



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



2. 数据的表示与存储

2.3 找到原理

1111
+ 1
10000

钟表时间：

$$11:59 + 1' = 00:00$$

$$03:00 + ? = 00:00$$


$$03:00 + (-3) = 00:00$$

$$03:00 + (9) = 00:00$$

$$12 - 3 = 9$$

- 3 和 9 互为以12为模的补数

$$-3 \equiv +9 \pmod{12}$$

 $-4 \equiv +8 \pmod{12}$

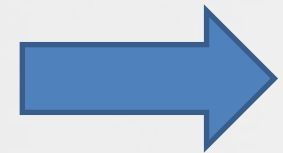


2. 数据的表示与存储

2.3 二进制计算中的补码

N位二进制的模就是 2^n

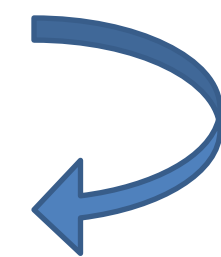
0101
+????
0000



0101
+????
1111



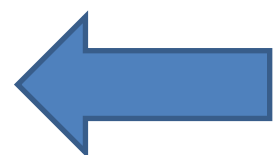
0101
+1010
1111



取反



0101
+1010
1111
+0001
0000



0101
+1011
10000



取反+1
得-5

溢出一个模数

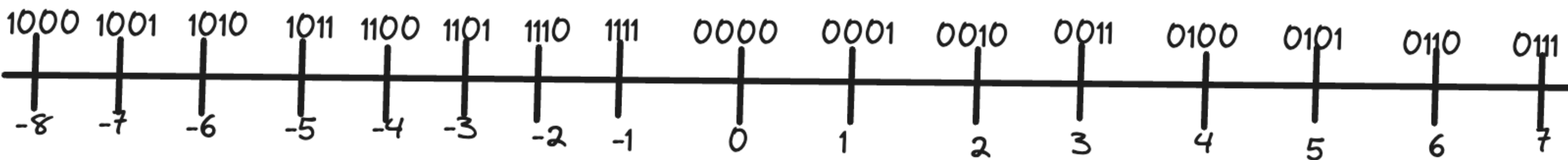


2. 数据的表示与存储

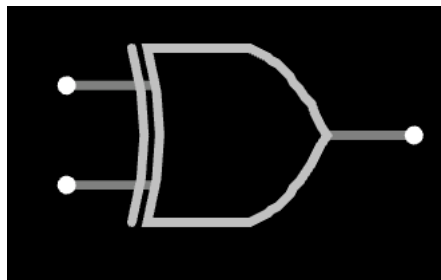
2.3 二进制补码

正数是补码就是原码。

负数的补码是不含符号位的二进制，取反加一。



减法信号	输入位	输出位
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

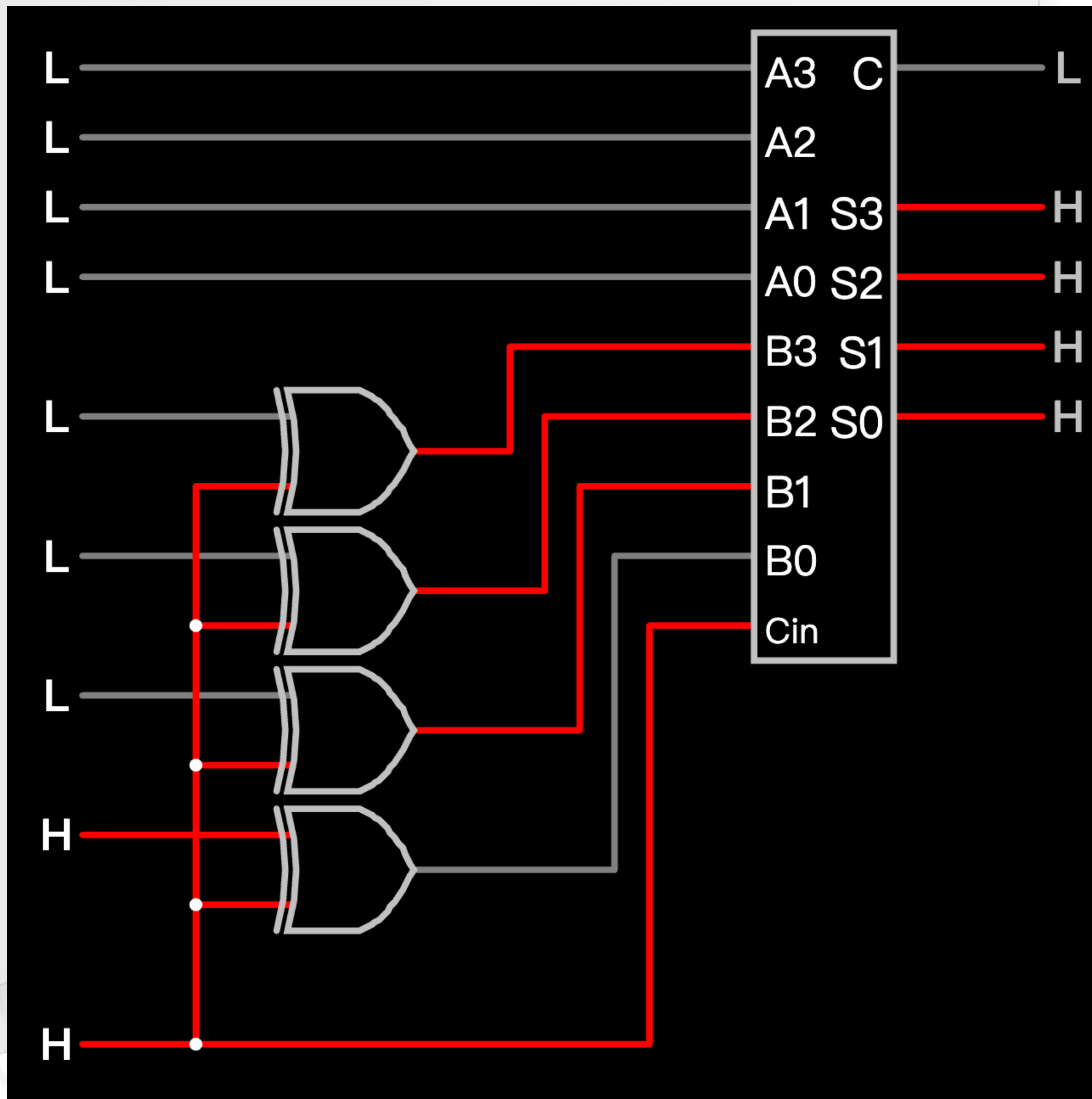


异或



2. 数据的表示与存储

2.3 加法器升级





2. 数据的表示与存储

2.3 二进制表示数据的范围

Bit位数	符号	最小值	最大值
1	无	0	1
	-	-	-
4	无	0	15
	有	-8	7
8	无	0	255 (2^8-1)
	有	-128 (-2^7)	127 (2^7-1)
16	无	0	65535 ($2^{16}-1$)
	有	-32768 (2^{15})	32767 ($2^{15}-1$)
32	无	0	$2^{32}-1$
	有	-2^{31}	$2^{31}-1$
64	无	0	$2^{64}-1$
	有	-2^{63}	$2^{63}-1$



2. 数据的表示与存储

2.3、溢出

发生条件：

符号相同时进行加运算，可能会发生
符号不同时进行减运算，可能会发生

发生条件：

运算	操作数A	操作数B	溢出条件
A+B	≥ 0	≥ 0	< 0
A+B	< 0	< 0	≥ 0
A-B	≥ 0	< 0	< 0
A-B	< 0	≥ 0	≥ 0

发生原因：表示数据的位数不够



2. 数据的表示与存储

2.3 本节总结

1. 非常适合用电路实现补码功能
2. 是一个真正的互补系统， $+x+(-x)=0$
3. 补码0是唯一的
4. 补码的最高位是符号位
5. N位补码数据的表示范围是： $-2^{(n-1)} \sim 2^{(n-1)} - 1$
6. 使用加法电路完成减法运算
7. 计算机中的数据都是有bit位数限制的，
8. 两个数如果发生叠加时，可能会出现溢出，主要判断是看结果是不是非正常结果。



欢迎参与学习

WELCOME FOR YOUR JOINING

船说：计算机基础