

本节内容

定点数 原码除法运算

王道考研/CSKAOYAN.COM

1

本节总览

除法运算

除法运算的思想

原码除法：恢复余数法

原码除法：加减交替法（不恢复余数法）

补码除法：加减交替法

王道考研/CSKAOYAN.COM

2

手算除法（十进制）

r 进制: $K_n K_{n-1} \dots K_2 K_1 K_0 K_{-1} K_{-2} \dots K_{-m}$

$$= K_n \times r^n + K_{n-1} \times r^{n-1} + \dots + K_2 \times r^2 + K_1 \times r^1 + K_0 \times r^0 + K_{-1} \times r^{-1} + K_{-2} \times r^{-2} + \dots + K_{-m} \times r^{-m}$$

0.211 ÷ 0.985 = ?

你怎么这个亚子



$$\begin{array}{r} 0.214 \\ 985 \overline{) 211} \\ \underline{000} \\ 2110 \\ \underline{1970} \\ 1400 \\ \underline{985} \\ 4150 \\ \underline{3940} \\ 210 \end{array}$$



$$\begin{array}{r} 0.214 \\ 0.985 \overline{) 0.211} \\ \underline{0.000} \\ 0.2110 \\ \underline{0.1970} \\ 0.01400 \\ \underline{0.00985} \\ 0.004150 \\ \underline{0.003940} \\ 0.000210 \end{array}$$

心情复杂



$$0.214 = 2 \times 10^{-1} + 1 \times 10^{-2} + 4 \times 10^{-3}$$

$$0.985 = 985 \times 10^{-3}$$

$$0.985 \times 0.214 = (985 \times 2 \times 10^{-4}) + (985 \times 1 \times 10^{-5}) + (985 \times 4 \times 10^{-6})$$

$$= 0.1970 + 0.00985 + 0.00394$$

$$x \div y = a \text{ (余数 } b) \rightarrow x = ay + b$$

$$0.211 = 0.985 \times 0.214 + 0.000210$$

王道考研/CSKAOYAN.COM

3



牵个栗子

手算除法（二进制）

符号位 绝对值

两个正数相除

设机器字长为5位（含1位符号位， $n=4$ ）， $x=0.1011$ ， $y=0.1101$ ，求 x/y

$$(0.1011 \times 2^4) \div (0.1101 \times 2^4)$$

$$\begin{array}{r} 0.1101 \\ 01101 \overline{) 01011} \\ \underline{00000} \\ 10110 \\ \underline{01101} \\ 10010 \\ \underline{01101} \\ 01010 \\ \underline{00000} \\ 10100 \\ \underline{01101} \\ 0111 \end{array}$$



$$\begin{array}{r} 0.1101 \\ 0.1101 \overline{) 0.1011} \\ \underline{0.0000} \\ 0.10110 \\ \underline{0.01101} \\ 0.010010 \\ \underline{0.001101} \\ 0.0001010 \\ \underline{0.0000000} \\ 0.00010100 \\ \underline{0.00001101} \\ 0.00000111 \end{array}$$

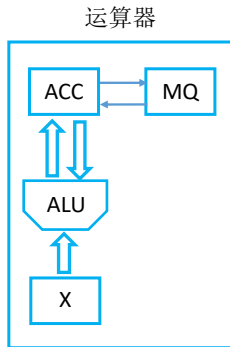
规律：忽略小数点，每确定一位商，进行一次减法，得到4位余数，在余数末尾补0，再确定下一位商。确定5位商即可停止（机器字长为5位）

x/y 结果为0.1101，余数为0.00000111

王道考研/CSKAOYAN.COM

4

穿越：运算器的基本组成



运算器：用于实现算术运算（如：加减乘除）、逻辑运算（如：与或非）

ACC：累加器，用于存放操作数，或运算结果。
 MQ：乘商寄存器，在乘、除运算时，用于存放操作数或运算结果。
 X：通用的操作数寄存器，用于存放操作数
 ALU：算术逻辑单元，通过内部复杂的电路实现算术运算、逻辑运算

	加	减	乘	除
Accumulator	ACC	ACC	ACC	ACC
Multiple-Quotient Register	MQ	MQ	MQ	MQ
Arithmetic and Logic Unit	X	X	X	X

王道考研/CSKAOYAN.COM

5

原码除法：恢复余数法

设机器字长为5位（含1位符号位， $n=4$ ）， $x=0.1011$ ， $y=0.1101$ ，采用原码恢复余数法求 x/y

$|x|=0.1011$ ， $|y|=0.1101$ ， $[|y|]_{补}=0.1101$ ， $[-|y|]_{补}=1.0011$

符号单独处理：符号位 = $x_s \oplus y_s$

实现方法：上商0/1，得到余数，余数末尾补0

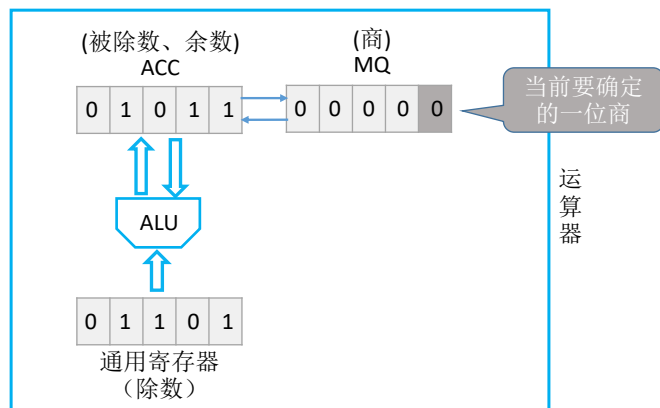
数值位取绝对值进行除法计算

```

    0.1101
01101 | 01011
      00000
      10110
      01101
      10010
      01101
      01010
      00000
      10100
      01101
      01101
      0111
    
```

手算时，每一位商取0/1是通过判断当前余数和除数的大小确定的

计算机很傻，会先默认上商1，如果搞错了再改上商0。并“恢复余数”



王道考研/CSKAOYAN.COM

6

原码除法：恢复余数法

设机器字长为5位（含1位符号位， $n=4$ ）， $x=0.1011$ ， $y=0.1101$ ，采用原码恢复余数法求 x/y

$|x|=0.1011$ ， $|y|=0.1101$ ， $[|y|]_{补}=0.1101$ ， $[-|y|]_{补}=1.0011$

符号单独处理：符号位 = $x_s \oplus y_s$

数值位取绝对值进行除法计算

实现方法：上商0/1，得到余数，余数末尾补0

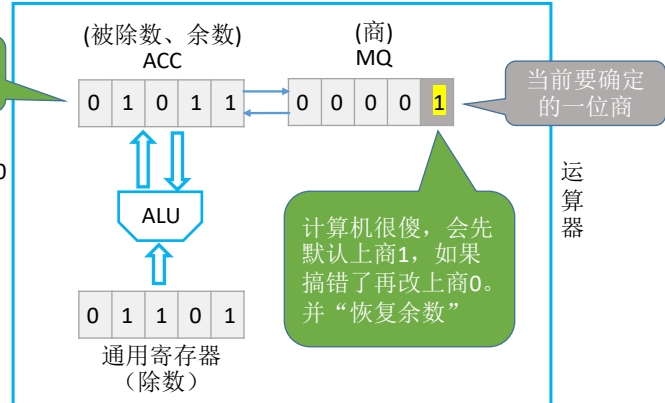
```

      0.1101
01101 | 01011
      00000
      10110
      01101
      10010
      01101
      01010
      00000
      10100
      01101
      0111
    
```

求余数：
(ACC)-(除数)→ACC

(ACC)+ $[-|y|]_{补}$ →ACC
 $01011+10011=11110$

计算机很傻，会先默认上商1，如果搞错了再改上商0。并“恢复余数”



王道考研/CSKAOYAN.COM

7

原码除法：恢复余数法

设机器字长为5位（含1位符号位， $n=4$ ）， $x=0.1011$ ， $y=0.1101$ ，采用原码恢复余数法求 x/y

$|x|=0.1011$ ， $|y|=0.1101$ ， $[|y|]_{补}=0.1101$ ， $[-|y|]_{补}=1.0011$

符号单独处理：符号位 = $x_s \oplus y_s$

数值位取绝对值进行除法计算

实现方法：上商0/1，得到余数，余数末尾补0

```

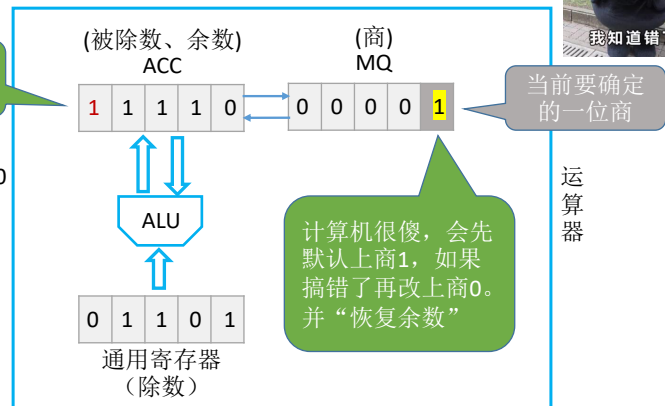
      0.1101
01101 | 01011
      00000
      10110
      01101
      10010
      01101
      01010
      00000
      10100
      01101
      0111
    
```

求余数：
(ACC)-(除数)→ACC

(ACC)+ $[-|y|]_{补}$ →ACC
 $01011+10011=11110$

相减结果是个负数，说明应该上商0

计算机很傻，会先默认上商1，如果搞错了再改上商0。并“恢复余数”



王道考研/CSKAOYAN.COM

8

原码除法：恢复余数法

设机器字长为5位（含1位符号位， $n=4$ ）， $x=0.1011$ ， $y=0.1101$ ，采用原码恢复余数法求 x/y

$|x|=0.1011$ ， $|y|=0.1101$ ， $[y]_{补}=0.1101$ ， $[-y]_{补}=1.0011$ 符号单独处理：符号位 = $x_s \oplus y_s$

数值位取绝对值进行除法计算

实现方法：上商0/1，得到余数，余数末尾补0

```

01101 | 01011
        00000
        10110
        01101
        10010
        01101
        01010
        00000
        10100
        01101
        0111
    
```

恢复余数：
(ACC)+(除数)→ACC

(ACC)+ $[-y]_{补}$ →ACC
 $01011+10011 = 11110$

(ACC)+ $[y]_{补}$ →ACC
 $11110+01101 = 01011$

计算机很傻，会先默认上商1，如果搞错了再改上商0。并“恢复余数”

应该商0

王道考研/CSKAOYAN.COM

9

原码除法：恢复余数法

设机器字长为5位（含1位符号位， $n=4$ ）， $x=0.1011$ ， $y=0.1101$ ，采用原码恢复余数法求 x/y

$|x|=0.1011$ ， $|y|=0.1101$ ， $[y]_{补}=0.1101$ ， $[-y]_{补}=1.0011$ 符号单独处理：符号位 = $x_s \oplus y_s$

数值位取绝对值进行除法计算

实现方法：上商0/1，得到余数，余数末尾补0

```

01101 | 01011
        00000
        10110
        01101
        10010
        01101
        01010
        00000
        10100
        01101
        0111
    
```

恢复余数：
(ACC)+(除数)→ACC

(ACC)+ $[-y]_{补}$ →ACC
 $01011+10011 = 11110$

(ACC)+ $[y]_{补}$ →ACC
 $11110+01101 = 01011$

计算机很傻，会先默认上商1，如果搞错了再改上商0。并“恢复余数”

应该商0

王道考研/CSKAOYAN.COM

10

原码除法：恢复余数法

设机器字长为5位（含1位符号位， $n=4$ ）， $x=0.1011$ ， $y=0.1101$ ，采用原码恢复余数法求 x/y

$|x|=0.1011$ ， $|y|=0.1101$ ， $[y]_{补}=0.1101$ ， $[-y]_{补}=1.0011$

符号单独处理：符号位 = $x_s \oplus y_s$

数值位取绝对值进行除法计算

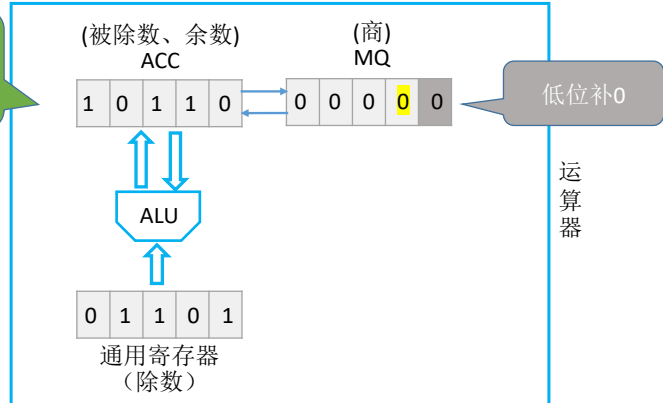
实现方法：上商0/1，得到余数，余数末尾补0

```

      0.1101
01101 √ 01011
        00000
        10110
        01101
        10010
        01010
        00000
        10100
        01101
        0111
    
```

计算机很傻，会先默认上商1，如果搞错了再改上商0。并“恢复余数”

ACC、MQ整体
“逻辑左移”。
ACC高位丢弃，
MQ低位补0



王道考研/CSKAOYAN.COM

11

原码除法：恢复余数法

设机器字长为5位（含1位符号位， $n=4$ ）， $x=0.1011$ ， $y=0.1101$ ，采用原码恢复余数法求 x/y

$|x|=0.1011$ ， $|y|=0.1101$ ， $[y]_{补}=0.1101$ ， $[-y]_{补}=1.0011$

符号单独处理：符号位 = $x_s \oplus y_s$

数值位取绝对值进行除法计算

实现方法：上商0/1，得到余数，余数末尾补0

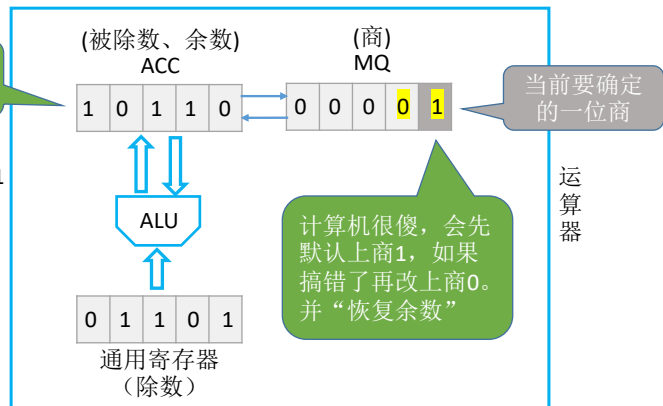
```

      0.1101
01101 √ 01011
        00000
        10110
        01101
        10010
        01010
        00000
        10100
        01101
        0111
    
```

计算机很傻，会先默认上商1，如果搞错了再改上商0。并“恢复余数”

求余数：
(ACC)-(除数)→ACC

(ACC)+ $[-y]_{补}$ →ACC
 $10110+10011=01001$



王道考研/CSKAOYAN.COM

12

原码除法：恢复余数法

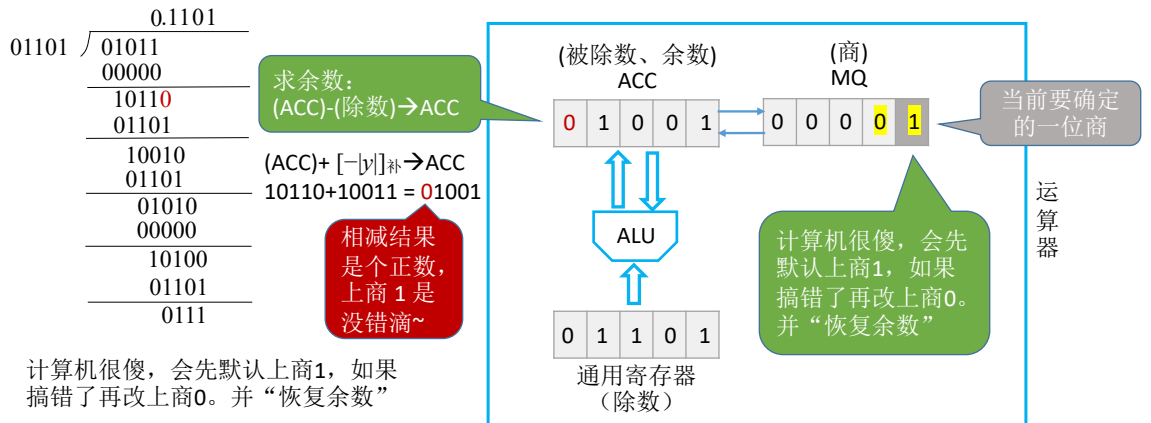
设机器字长为5位（含1位符号位， $n=4$ ）， $x=0.1011$ ， $y=0.1101$ ，采用原码恢复余数法求 x/y

$|x|=0.1011$ ， $|y|=0.1101$ ， $[y]_{\text{补}}=0.1101$ ， $[-y]_{\text{补}}=1.0011$

符号单独处理：符号位 = $x_s \oplus y_s$

数值位取绝对值进行除法计算

实现方法：上商0/1，得到余数，余数末尾补0



王道考研/CSKAOYAN.COM

13

原码除法：恢复余数法

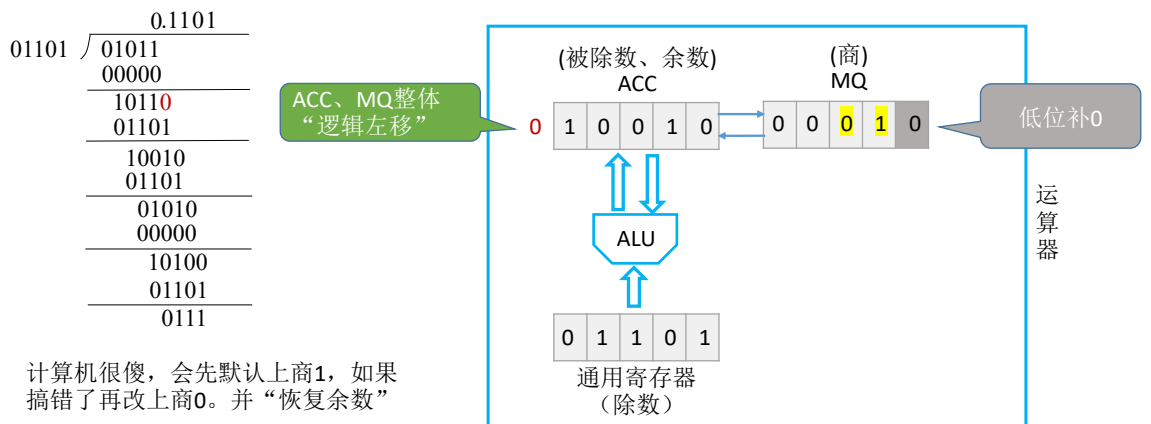
设机器字长为5位（含1位符号位， $n=4$ ）， $x=0.1011$ ， $y=0.1101$ ，采用原码恢复余数法求 x/y

$|x|=0.1011$ ， $|y|=0.1101$ ， $[y]_{\text{补}}=0.1101$ ， $[-y]_{\text{补}}=1.0011$

符号单独处理：符号位 = $x_s \oplus y_s$

数值位取绝对值进行除法计算

实现方法：上商0/1，得到余数，余数末尾补0



王道考研/CSKAOYAN.COM

14

原码除法：恢复余数法

设机器字长为5位（含1位符号位， $n=4$ ）， $x=0.1011$ ， $y=0.1101$ ，采用原码恢复余数法求 x/y

$|x|=0.1011$ ， $|y|=0.1101$ ， $[|y|]_{补}=0.1101$ ， $[-|y|]_{补}=1.0011$

符号单独处理：符号位 = $x_s \oplus y_s$

数值位取绝对值进行除法计算

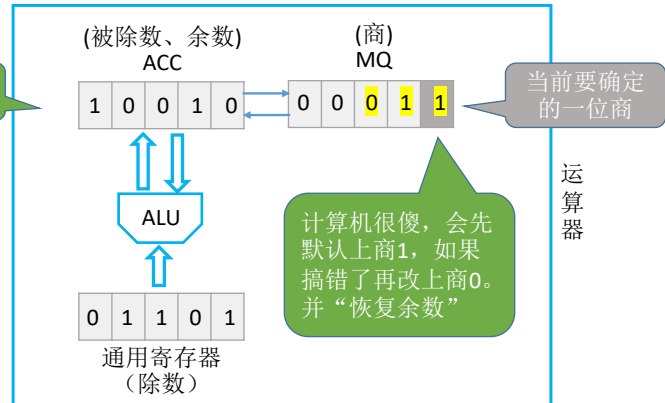
实现方法：上商0/1，得到余数，余数末尾补0

```

      0.1101
01101 | 01011
      00000
      10110
      01101
      01010
      00000
      10100
      01101
      0111
    
```

计算机很傻，会先默认上商1，如果搞错了再改上商0。并“恢复余数”

ACC、MQ整体
“逻辑左移”



王道考研/CSKAOYAN.COM

15

原码除法：恢复余数法

设机器字长为5位（含1位符号位， $n=4$ ）， $x=0.1011$ ， $y=0.1101$ ，采用原码恢复余数法求 x/y

$|x|=0.1011$ ， $|y|=0.1101$ ， $[|y|]_{补}=0.1101$ ， $[-|y|]_{补}=1.0011$

符号单独处理：符号位 = $x_s \oplus y_s$

数值位取绝对值进行除法计算

实现方法：上商0/1，得到余数，余数末尾补0

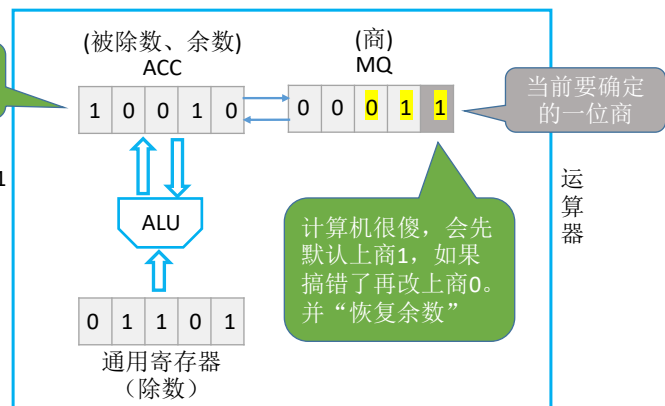
```

      0.1101
01101 | 01011
      00000
      10110
      01101
      01010
      00000
      10100
      01101
      0111
    
```

计算机很傻，会先默认上商1，如果搞错了再改上商0。并“恢复余数”

求余数：
(ACC)-(除数)→ACC

(ACC)+ $[-|y|]_{补}$ →ACC
 $10010+10011=00101$



王道考研/CSKAOYAN.COM

16

原码除法：恢复余数法

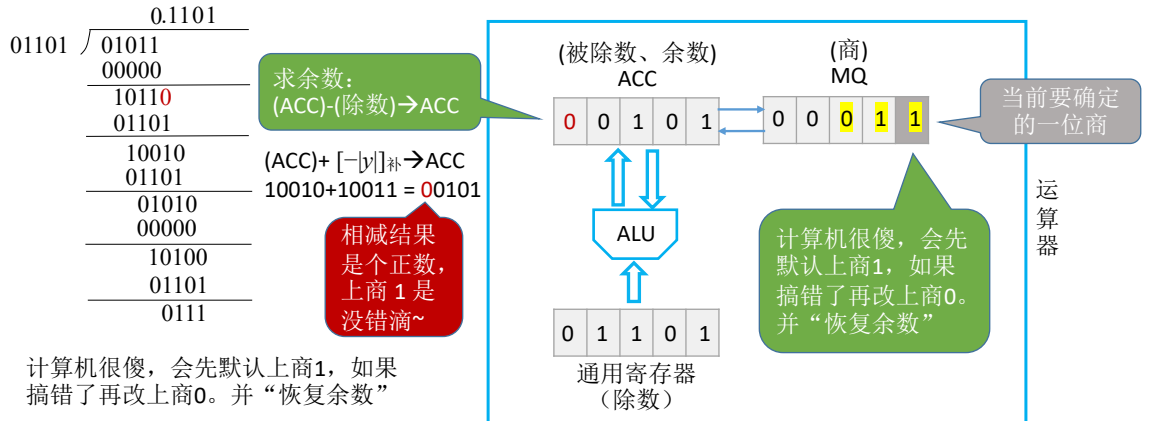
设机器字长为5位（含1位符号位， $n=4$ ）， $x=0.1011$ ， $y=0.1101$ ，采用原码恢复余数法求 x/y

$|x|=0.1011$ ， $|y|=0.1101$ ， $[y]_{\text{补}}=0.1101$ ， $[-y]_{\text{补}}=1.0011$

符号单独处理：符号位 = $x_s \oplus y_s$

数值位取绝对值进行除法计算

实现方法：上商0/1，得到余数，余数末尾补0



王道考研/CSKAOYAN.COM

17

原码除法：恢复余数法

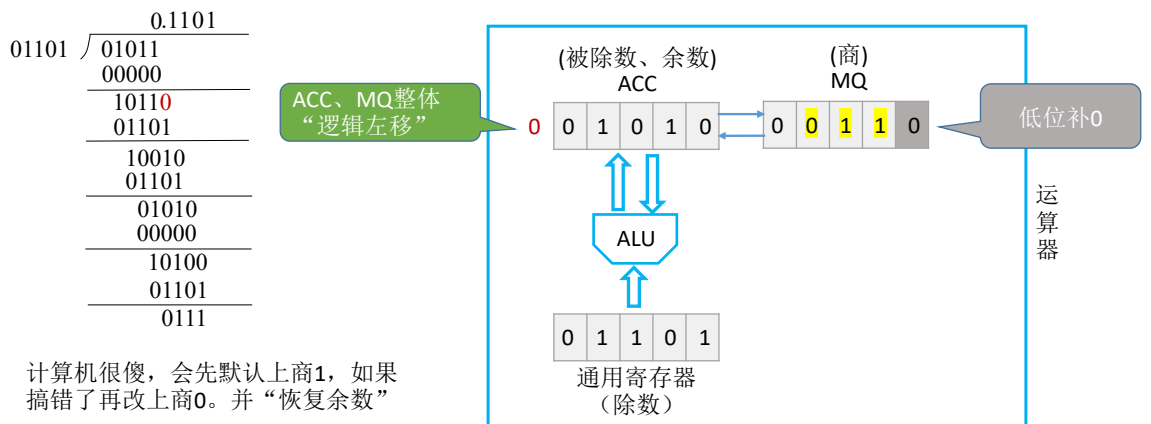
设机器字长为5位（含1位符号位， $n=4$ ）， $x=0.1011$ ， $y=0.1101$ ，采用原码恢复余数法求 x/y

$|x|=0.1011$ ， $|y|=0.1101$ ， $[y]_{\text{补}}=0.1101$ ， $[-y]_{\text{补}}=1.0011$

符号单独处理：符号位 = $x_s \oplus y_s$

数值位取绝对值进行除法计算

实现方法：上商0/1，得到余数，余数末尾补0



王道考研/CSKAOYAN.COM

18

原码除法：恢复余数法

设机器字长为5位（含1位符号位， $n=4$ ）， $x=0.1011$ ， $y=0.1101$ ，采用原码恢复余数法求 x/y

$|x|=0.1011$ ， $|y|=0.1101$ ， $[y]_{补}=0.1101$ ， $[-y]_{补}=1.0011$

符号单独处理：符号位 = $x_s \oplus y_s$

数值位取绝对值进行除法计算

实现方法：上商0/1，得到余数，余数末尾补0

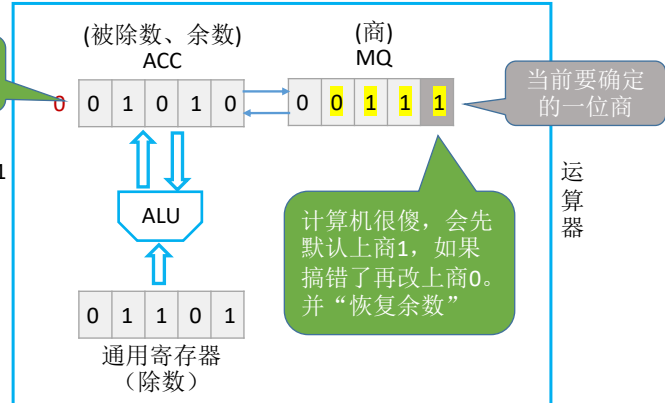
```

      0.1101
01101 | 01011
       00000
       10110
       01101
       10010
       01101
       01010
       00000
       10100
       01101
       0111
    
```

求余数：
(ACC)-(除数)→ACC

(ACC)+ $[-y]_{补}$ →ACC
 $01010+10011=11101$

计算机很傻，会先默认上商1，如果搞错了再改上商0。并“恢复余数”



王道考研/CSKAOYAN.COM

19

原码除法：恢复余数法

设机器字长为5位（含1位符号位， $n=4$ ）， $x=0.1011$ ， $y=0.1101$ ，采用原码恢复余数法求 x/y

$|x|=0.1011$ ， $|y|=0.1101$ ， $[y]_{补}=0.1101$ ， $[-y]_{补}=1.0011$

符号单独处理：符号位 = $x_s \oplus y_s$

数值位取绝对值进行除法计算

实现方法：上商0/1，得到余数，余数末尾补0

```

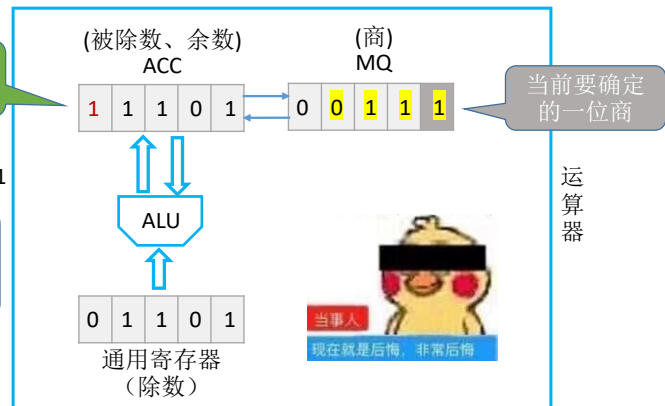
      0.1101
01101 | 01011
       00000
       10110
       01101
       10010
       01101
       01010
       00000
       10100
       01101
       0111
    
```

求余数：
(ACC)-(除数)→ACC

(ACC)+ $[-y]_{补}$ →ACC
 $01010+10011=11101$

相减结果
是个负数，
不该上商1

计算机很傻，会先默认上商1，如果搞错了再改上商0。并“恢复余数”



王道考研/CSKAOYAN.COM

20

原码除法：恢复余数法

设机器字长为5位（含1位符号位， $n=4$ ）， $x=0.1011$ ， $y=0.1101$ ，采用原码恢复余数法求 x/y

$|x|=0.1011$ ， $|y|=0.1101$ ， $[|y|]_{补}=0.1101$ ， $[-|y|]_{补}=1.0011$

符号单独处理：符号位 = $x_s \oplus y_s$

数值位取绝对值进行除法计算

实现方法：上商0/1，得到余数，余数末尾补0

```

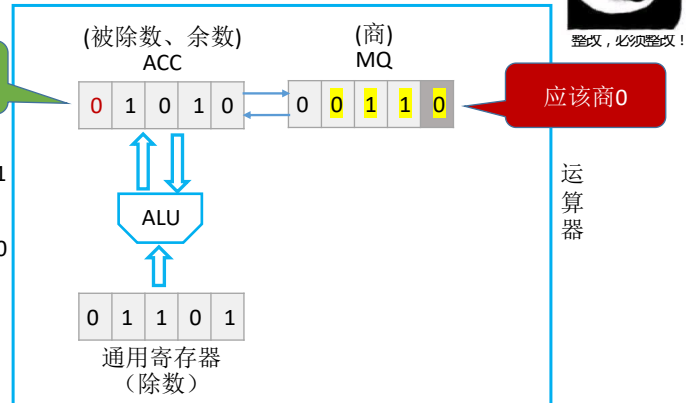
      0.1101
01101 | 01011
      00000
      10110
      01101
      10010
      01101
      01010
      00000
      10100
      01101
      0111
    
```

恢复余数：
(ACC)+(除数)→ACC

(ACC)+ $[-|y|]_{补}$ →ACC
 $01010+10011=11101$

(ACC)+ $[|y|]_{补}$ →ACC
 $11101+01101=01010$

计算机很傻，会先默认上商1，如果搞错了再改上商0。并“恢复余数”



王道考研/CSKAOYAN.COM

21

原码除法：恢复余数法

设机器字长为5位（含1位符号位， $n=4$ ）， $x=0.1011$ ， $y=0.1101$ ，采用原码恢复余数法求 x/y

$|x|=0.1011$ ， $|y|=0.1101$ ， $[|y|]_{补}=0.1101$ ， $[-|y|]_{补}=1.0011$

符号单独处理：符号位 = $x_s \oplus y_s$

数值位取绝对值进行除法计算

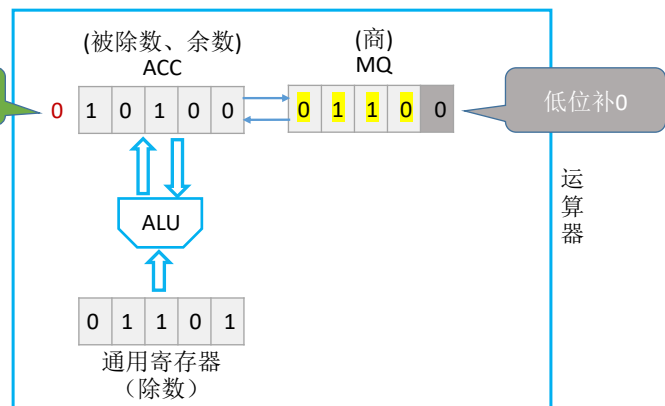
实现方法：上商0/1，得到余数，余数末尾补0

```

      0.1101
01101 | 01011
      00000
      10110
      01101
      10010
      01101
      01010
      00000
      10100
      01101
      0111
    
```

ACC、MQ整体
“逻辑左移”

计算机很傻，会先默认上商1，如果搞错了再改上商0。并“恢复余数”



王道考研/CSKAOYAN.COM

22

原码除法：恢复余数法

设机器字长为5位（含1位符号位， $n=4$ ）， $x=0.1011$ ， $y=0.1101$ ，采用原码恢复余数法求 x/y

$|x|=0.1011$ ， $|y|=0.1101$ ， $[y]_{\text{补}}=0.1101$ ， $[-y]_{\text{补}}=1.0011$

符号单独处理：符号位 = $x_s \oplus y_s$

数值位取绝对值进行除法计算

实现方法：上商0/1，得到余数，余数末尾补0

```

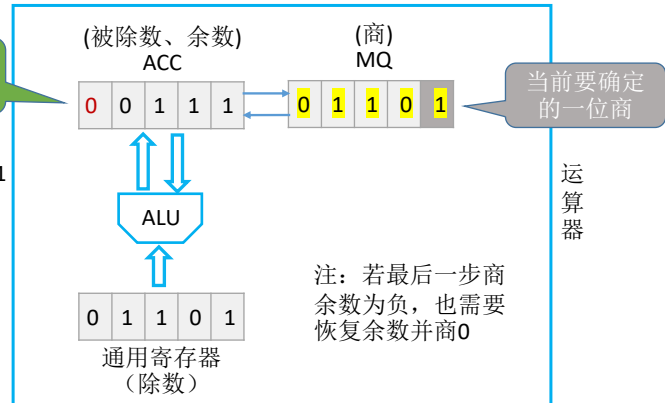
      0.1101
01101 | 01011
      00000
      10110
      01101
      10010
      01101
      01010
      00000
      10100
      01101
      0111
    
```

求余数：
(ACC)-(除数)→ACC

(ACC)+ $[-y]_{\text{补}}$ →ACC
 $10010+10011=00111$

相减结果
是个正数，
应上商 1

计算机很傻，会先默认上商1，如果搞错了再改上商0。并“恢复余数”



王道考研/CSKAOYAN.COM

23

原码除法：恢复余数法

设机器字长为5位（含1位符号位， $n=4$ ）， $x=0.1011$ ， $y=0.1101$ ，采用原码恢复余数法求 x/y

$|x|=0.1011$ ， $|y|=0.1101$ ， $[y]_{\text{补}}=0.1101$ ， $[-y]_{\text{补}}=1.0011$

符号单独处理：符号位 = $x_s \oplus y_s$

数值位取绝对值进行除法计算

实现方法：上商0/1，得到余数，余数末尾补0

```

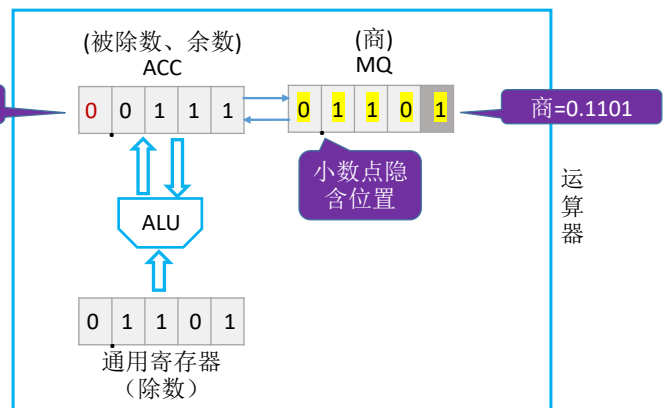
      0.1101
01101 | 01011
      00000
      10110
      01101
      10010
      01101
      01010
      00000
      10100
      01101
      0111
    
```

余数= 0.0111×2^{-n}

商=0.1101

小数点隐含位置

计算机很傻，会先默认上商1，如果搞错了再改上商0。并“恢复余数”




王道考研/CSKAOYAN.COM

24

原码除法：恢复余数法（手算）

符号位 绝对值

我有一个新思路



能否不恢复余数？

符号位与数值位分开处理

设机器字长为5位（含1位符号位， $n=4$ ）， $x=0.1011$ ， $y=0.1101$ ，采用原码恢复余数法求 x/y

$|x|=0.1011$ ， $|y|=0.1101$ ， $[y]_{补}=0.1101$ ， $[-y]_{补}=1.0011$

被除数/余数	商	
0.1011		
$+[-y]_{补}$ 1.0011		
1.1110	0	余数为负，就要商0，并恢复余数
$+ [y]_{补}$ 0.1101		
0.1011		
左移 1.0110		逻辑左移
$+ [-y]_{补}$ 1.0011		
0.1001	01	余数为正，就要商1，不用恢复余数
左移 1.0010		
$+ [-y]_{补}$ 1.0011		
0.0101	011	
...	...	

老余数 - |除数| = 新余数

新余数为负？

Y: 商0, $+|除数|$ 恢复为老余数

N: 商1

余数逻辑左移

左移 n 次，上商 $n+1$ 次
最后一次上商余数不左移


王道考研/CSKAOYAN.COM

25

原码除法：恢复余数法（手算）

符号位 绝对值

我有一个新思路



能否不恢复余数？

符号位与数值位分开处理

设机器字长为5位（含1位符号位， $n=4$ ）， $x=0.1011$ ， $y=0.1101$ ，采用原码恢复余数法求 x/y

$|x|=0.1011$ ， $|y|=0.1101$ ， $[y]_{补}=0.1101$ ， $[-y]_{补}=1.0011$

被除数/余数	商	
0.1011		
$+ [-y]_{补}$ 1.0011		
1.1110	0	余数a为负
$+ [y]_{补}$ 0.1101		
0.1011		若余数为负，则可直接商0，并让余数左移1位再加上 除数
左移 1.0110		
$+ [-y]_{补}$ 1.0011		
0.1001	01	
左移 1.0010		
$+ [-y]_{补}$ 1.0011		
0.0101	011	
...	...	

余数a为负

a

b

$a+b$

$(a+b) \times 2 = 2a + 2b$

$(a+b) \times 2 - b = 2a + 2b - b = 2a + b$

王道考研/CSKAOYAN.COM

26

原码除法：加减交替法

又名：不恢复余数法

符号位与数值位分开处理

设机器字长为5位（含1位符号位， $n=4$ ）， $x=0.1011$ ， $y=0.1101$ ，采用原码加减交替除法求 x/y

$|x|=0.1011$ ， $|y|=0.1101$ ， $[y]_{补}=0.1101$ ， $[-y]_{补}=1.0011$

若余数为负，则可直接商0，让余数左移1位再加上|除数|，得到下一个新余数

若余数为正，则商1，让余数左移1位再减去|除数|，得到下一个新余数

被除数/余数	商	ACC	MQ
0.1011		01011	00000
$+[-y]_{补}$ 1.0011			
1.1110	0	11110	00000
左移 1.1100		11100	00000
$+ [y]_{补}$ 0.1101			
0.1001	01	01001	00001
左移 1.0010		10010	00010
$+ [-y]_{补}$ 1.0011			
0.0101	011	00101	00011
左移 0.1010		01010	00110
$+ [-y]_{补}$ 1.0011			
1.1101	0110	11101	00110
左移 1.1010		11010	01100
$+ [y]_{补}$ 0.1101			
0.0111	01101	00111	01101

若余数为负，需商0，并 $+ [y]_{补}$ 得到正确余数

$Q_s = x_s \oplus y_s = 0 \oplus 0 = 0$
 得 $x/y = +0.1101$
 余 0.0111×2^{-4}

注：余数的正负性与商相同

恢复余数法：当余数为负时商0，并 $+ |除数|$ ，再左移，再 $- |除数|$

加减交替法：当余数为负时商0，并左移，再 $+ |除数|$

王道考研/CSKAOYAN.COM

27

原码除法：加减交替法

又名：不恢复余数法

符号位与数值位分开处理

设机器字长为5位（含1位符号位， $n=4$ ）， $x=0.1011$ ， $y=0.1101$ ，采用原码加减交替除法求 x/y

$|x|=0.1011$ ， $|y|=0.1101$ ， $[y]_{补}=0.1101$ ， $[-y]_{补}=1.0011$

若余数为负，则可直接商0，让余数左移1位再加上|除数|，得到下一个新余数

若余数为正，则商1，让余数左移1位再减去|除数|，得到下一个新余数

被除数/余数	商
0.1011	
$+ [-y]_{补}$ 1.0011	
1.1110	0
左移 1.1100	
$+ [y]_{补}$ 0.1101	
0.1001	01
左移 1.0010	
$+ [-y]_{补}$ 1.0011	
0.0101	011
左移 0.1010	
$+ [-y]_{补}$ 1.0011	
1.1101	0110
左移 1.1010	
$+ [y]_{补}$ 0.1101	
0.0111	01101

若余数为负，需商0，并 $+ [y]_{补}$ 得到正确余数

$Q_s = x_s \oplus y_s = 0 \oplus 0 = 0$
 得 $x/y = +0.1101$
 余 0.0111×2^{-4}

被除数 - |除数| = 新余数

新余数为负？

Y: 商0，余数左移并 $+ |除数|$

N: 商1，余数左移并 $- |除数|$

加/减 $n+1$ 次，每次加减确定一位商；
 左移 n 次（最后一次加减完不移位）
 最终可能还要再多一次加

王道考研/CSKAOYAN.COM

28

本节内容

定点数
补码除法运算

王道考研/CSKAOYAN.COM

29

原码除法：加减交替法

符号位与数值位分开处理

设机器字长为5位（含1位符号位， $n=4$ ）， $x=0.1011$ ， $y=0.1101$ ，采用原码加减交替除法求 x/y
 $|x|=0.1011$ ， $|y|=0.1101$ ， $[|y|]_{补}=0.1101$ ， $[-|y|]_{补}=1.0011$

被除数/余数	商
0.1011	
$+[- y]_{补}$ 1.0011	
1.1110	0
左移 1.1100	
$+ [y]_{补}$ 0.1101	
0.1001	01
左移 1.0010	
$+ [- y]_{补}$ 1.0011	
0.0101	011
左移 0.1010	
$+ [- y]_{补}$ 1.0011	
1.1101	0110
左移 1.1010	
$+ [y]_{补}$ 0.1101	
0.0111	01101

若余数为负，需商0，并 $+ [|y|]_{补}$ 得到正确余数

第一次必然是 $-|除数|$

$Q_s = x_s \oplus y_s = 0 \oplus 0 = 0$
得 $x/y = +0.1101$
余 0.0111×2^{-4}

符号位单独确定

被除数 - |除数| = 新余数

新余数为负？

Y 商0，余数左移并 $+ |除数|$

N 商1，余数左移并 $- |除数|$

之后每次根据余数的正负性来确定加/减

加/减 $n+1$ 次，每次加减确定一位商；
左移 n 次（最后一次加减完不移位）
最终可能还要再多一次加

王道考研/CSKAOYAN.COM

30

补码除法：加减交替法

设机器字长为5位（含1位符号位， $n=4$ ）， $x=+0.1000$ ， $y=-0.1011$ ，采用补码加减交替除法求 x/y
 $[x]_{\text{补}}=00.1000$ ， $[y]_{\text{补}}=11.0101$ ， $[-y]_{\text{补}}=00.1011$ $[x/y]_{\text{补}}=1.0101$ ，余 0.0111×2^{-4}

被除数/余数		ACC	MQ
$+ [y]_{\text{补}}$	00.1000 11.0101	001000	00000
逻辑左移	11.1101	111101	00001
左移	11.1010	111010	00010
$+ [-y]_{\text{补}}$	00.1011	000101	00010
左移	00.0101	001010	00010
$+ [y]_{\text{补}}$	11.0101	111111	00101
左移	11.1110	111110	01010
$+ [-y]_{\text{补}}$	00.1011	001001	01010
左移	00.1001	010010	10100
$+ [y]_{\text{补}}$	11.0101	000111	10101
	00.0111		

补码除法：

- 符号位参与运算
- 被除数/余数、除数采用双符号位

被除数和除数同号，则被除数减去除数；
 异号则被除数加上除数。

余数和除数同号，商1，余数左移一位减去除数；
 余数和除数异号，商0，余数左移一位加上除数。
 重复n次

精度误差
不超过 2^{-n}

末位商恒置1

王道考研/CSKAOYAN.COM

31

除法运算总结回顾

除法类型	符号位参与运算	加减次数	移位		上商、加减原则	说明
			方向	次数		
原码加减交替法	否	$N+1$ 或 $N+2$	左	N	余数的正负	若最终余数为负，需恢复余数
补码加减交替法	是	$N+1$	左	N	余数和除数是否同号	商末位恒置1

王道考研/CSKAOYAN.COM

32



@王道论坛



等撩

@王道计算机考研备考
@王道咸鱼老师-计算机考研
@王道楼楼老师-计算机考研



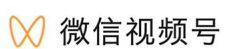
等撩



@王道计算机考研



@王道计算机考研



@王道计算机考研



@王道在线