本节内容

定点数

原码乘法运算

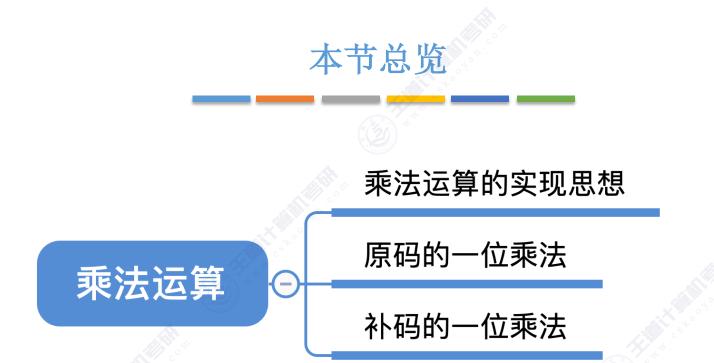
雨声警告!



今天的雨 下得跟依萍找她爸要钱那天—样大



今天的雨 下的跟祺贵人被打死那天一样大



手算乘法(十进制)

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

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

你怎么这个亚子



0.985	
\times 0.211	
985	
985	
1970	_
0.207835	

$$0.985$$
 $\times 0.211$
 0.000985
 0.00985
 0.1970
 0.207835



$$0.211 = 2 \times 10^{-1} + 1 \times 10^{-2} + 1 \times 10^{-3}$$

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

$$0.985 \times 0.211 = (985 \times 1 \times 10^{-6}) + (985 \times 1 \times 10^{-5}) + (985 \times 2 \times 10^{-4})$$

手算乘法 (二进制)

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

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



考虑用机器实现:

- 实际数字有正负,符号位如何处理?
- 乘积的位数扩大一倍,如何处理?
- 4个位积都要保存下来最后统一相加?

(乘数) $0.1011 = 1 \times 2^{-1} + 0 \times 2^{-2} + 1 \times 2^{-3} + 1 \times 2^{-4}$ (被乘数) $0.1101 = 1101 \times 2^{-4}$

用"移位"实现

 $0.1101 \times 0.1011 = (1101 \times 1 \times 2^{-8}) + (1101 \times 1 \times 2^{-7}) + (1101 \times 0 \times 2^{-6}) + (1101 \times 1 \times 2^{-5})$

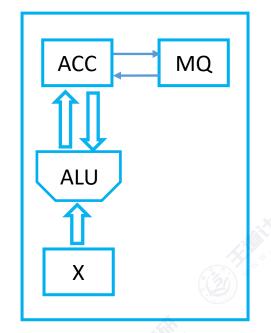
设机器字长为 $\mathbf{n}+1=5$ 位(含1位符号位), $[x]_{\mathbb{R}}=1.1101$, $[y]_{\mathbb{R}}=0.1011$,采用原码一位乘法求 $x\cdot y$

符号位 数值位

符号单独处理:符号位 = $x_s \oplus y_s$ 数值位取绝对值进行乘法计算 [|x|]_原=0.1101,[|y|]_原=0.1011

穿越:运算器的基本组成

运算器





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数运算、逻辑运算

Accumulator
Multiple-Quotient Register
Arithmetic and Logic Unit

	加	减	乘	除	
ACC	被加数、和	被减数、差	乘积高位	被除数、余数	
MQ			乘数、乘积低位	商	
X	加数	减数	被乘数	除数	

王道24考研交流群: 769832062

设机器字长为 $\mathbf{n}+1=5$ 位(含1位符号位), $[x]_{\mathbb{R}}=1.1101$, $[y]_{\mathbb{R}}=0.1011$,采用原码一位乘法求 $x\cdot y$

符号位 数值位

符号单独处理:符号位 = $x_s \oplus y_s$ 数值位取绝对值进行乘法计算

实现方法: 先加法再移位, 重复n次

 0.1101

 × 0.1011

 01101

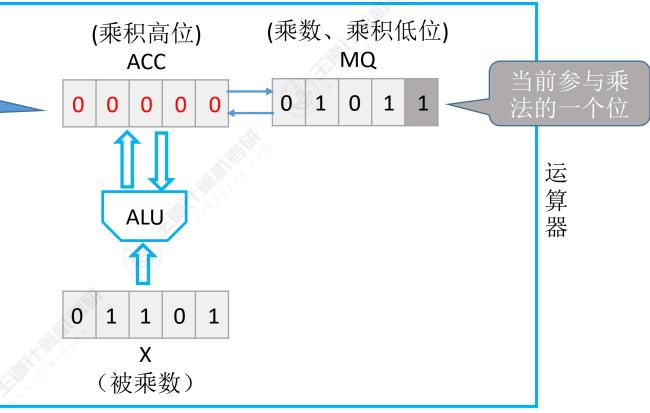
 01101

 00000

 01101

 0.10001111

当前位=1,则ACC加上被乘数 当前位=0,则ACC加上 0



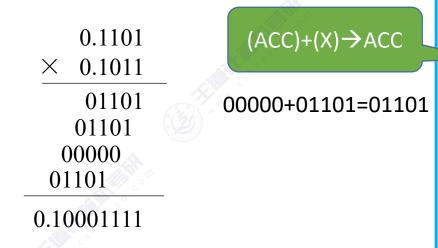
王道24考研交流群: 769832062

设机器字长为 n+1=5位(含1位符号位), $[x]_{\mathbb{R}}=1.1101$, $[y]_{\mathbb{R}}=0.1011$,采用原码一位乘法求 $x\cdot y$

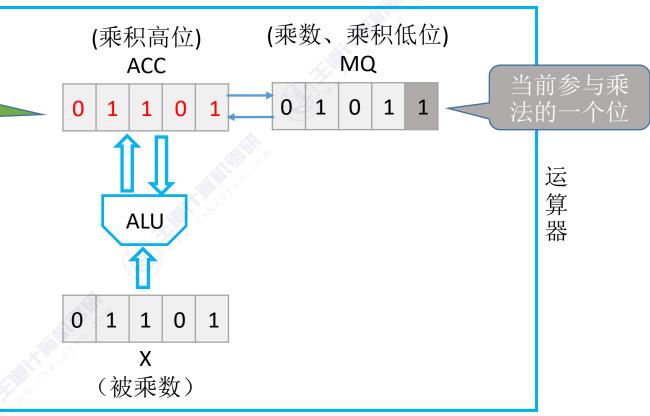
符号位数值位

符号单独处理:符号位 = $x_s \oplus y_s$ 数值位取绝对值进行乘法计算

实现方法: 先加法再移位, 重复n次



当前位=1,则ACC加上被乘数 当前位=0,则ACC加上 0



王道24考研交流群: 769832062

设机器字长为 n+1=5位(含1位符号位), $[x]_{\mathbb{R}}=1.1101$, $[y]_{\mathbb{R}}=0.1011$,采用原码一位乘法求 $x\cdot y$

符号位数值位

逻辑右移,

高位补0

符号单独处理:符号位 = $x_s \oplus y_s$ 数值位取绝对值进行乘法计算

实现方法: 先加法再移位, 重复n次

 $\begin{array}{r}
0.1101 \\
\times 0.1011 \\
\hline
01101 \\
01101 \\
00000 \\
01101 \\
\hline
0.10001111
\end{array}$

当前位=1,则ACC加上被乘数 当前位=0,则ACC加上 0

(乘数、乘积低位) (乘积高位) ACC MQ 之后用不到了, 直接丢弃 运 ACC的低位 算 移到MQ **ALU** 0 X (被乘数)

王道24考研交流群: 769832062

设机器字长为 n+1=5位(含1位符号位), $[x]_{\mathbb{R}}=1.1101$, $[y]_{\mathbb{R}}=0.1011$,采用原码一位乘法求 $x\cdot y$

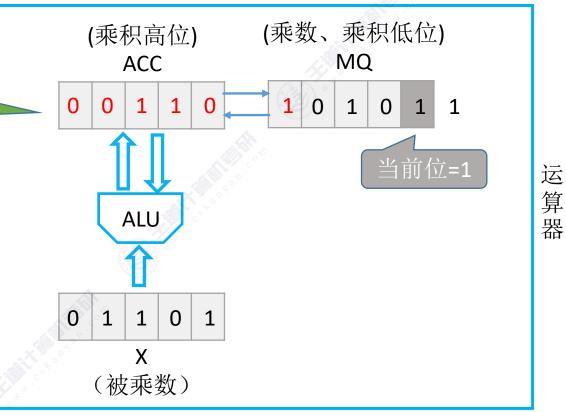
符号位数值位

符号单独处理:符号位 = $x_s \oplus y_s$ 数值位取绝对值进行乘法计算

实现方法: 先加法再移位, 重复n次

 $\begin{array}{c}
0.1101 \\
\times 0.1011 \\
\hline
01101 \\
01101 \\
00000 \\
01101 \\
\hline
0.10001111
\end{array}$ (ACC)+(X)->ACC $\begin{array}{c}
00110+01101=10011 \\
001101 \\
0.10001111
\end{array}$

当前位=1,则ACC加上被乘数 当前位=0,则ACC加上 0



王道24考研交流群: 769832062

设机器字长为 n+1=5位(含1位符号位), $[x]_{\mathbb{R}}=1.1101$, $[y]_{\mathbb{R}}=0.1011$,采用原码一位乘法求 $x\cdot y$

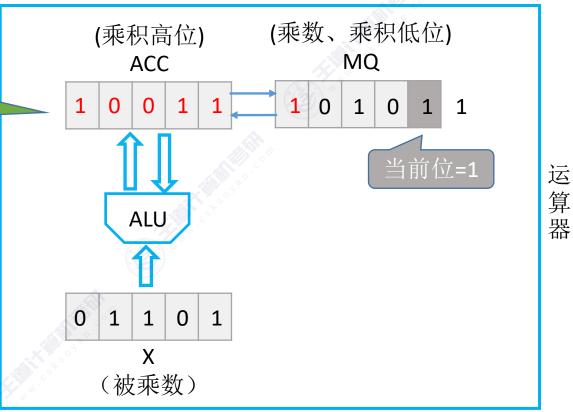
符号位数值位

符号单独处理:符号位 = $x_s \oplus y_s$ 数值位取绝对值进行乘法计算

实现方法: 先加法再移位, 重复n次

 $\begin{array}{c}
0.1101 \\
\times 0.1011 \\
\hline
01101 \\
01101 \\
00000 \\
01101
\end{array}$ 0.10001111

当前位=1,则ACC加上被乘数 当前位=0,则ACC加上 0



王道24考研交流群: 769832062

设机器字长为 n+1=5位(含1位符号位), $[x]_{\mathbb{R}}=1.1101$, $[y]_{\mathbb{R}}=0.1011$,采用原码一位乘法求 $x\cdot y$

符号位数值位

逻辑右移,

高位补0

符号单独处理:符号位 = $x_s \oplus y_s$ 数值位取绝对值进行乘法计算

实现方法: 先加法再移位, 重复n次

 $\begin{array}{r}
0.1101 \\
\times 0.1011 \\
\hline
01101 \\
01101 \\
00000 \\
01101 \\
\hline
0.10001111
\end{array}$

0.10001111

当前位=1,则ACC加上被乘数 当前位=0,则ACC加上 0

(乘数、乘积低位) (乘积高位) ACC MQ 0 运算器 红色部分可称 为"部分积" **ALU** 0 X (被乘数)

王道24考研交流群: 769832062

设机器字长为 $\mathbf{n}+1=5$ 位(含1位符号位), $[x]_{\mathbb{R}}=1.1101$, $[y]_{\mathbb{R}}=0.1011$,采用原码一位乘法求 $x\cdot y$

符号位 数值位 符号单独处理:符号位 = $x_s \oplus y_s$ 数值位取绝对值进行乘法计算

(乘数、乘积低位)

MQ

当前位=0

实现方法: 先加法再移位, 重复n次

0.1101 \times 0.1011 01101 01101 00000 01101 0.10001111

 $(ACC)+0 \rightarrow ACC$

ALU

(乘积高位)

ACC

0 X

(被乘数)

当前位=1,则ACC加上被乘数 当前位=0,则ACC加上 0

王道24考研交流群: 769832062

王道考研/CSKAOYAN.COM

运算器

设机器字长为 $\mathbf{n}+1=5$ 位(含1位符号位), $[x]_{\mathbb{R}}=1.1101$, $[y]_{\mathbb{R}}=0.1011$,采用原码一位乘法求 $x\cdot y$

符号位数值位

逻辑右移,

高位补0

符号单独处理:符号位 = $x_s \oplus y_s$ 数值位取绝对值进行乘法计算

实现方法: 先加法再移位, 重复n次

 $\begin{array}{r}
0.1101 \\
\times 0.1011 \\
\hline
01101 \\
01101 \\
00000 \\
01101 \\
\hline
0.10001111
\end{array}$

当前位=1,则ACC加上被乘数 当前位=0,则ACC加上 0

(乘数、乘积低位) (乘积高位) ACC MQ 运算器 **ALU** 0 X (被乘数)

王道24考研交流群: 769832062

设机器字长为 n+1=5位(含1位符号位), $[x]_{\mathbb{R}}=1.1101$, $[y]_{\mathbb{R}}=0.1011$,采用原码一位乘法求 $x\cdot y$

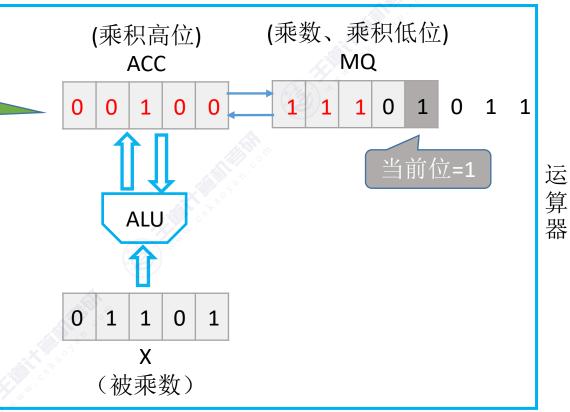
符号位数值位

符号单独处理:符号位 = $x_s \oplus y_s$ 数值位取绝对值进行乘法计算

实现方法: 先加法再移位, 重复n次

 $\begin{array}{c}
0.1101 \\
\times 0.1011 \\
\hline
01101 \\
01101 \\
00000 \\
01101 \\
\hline
0.10001111
\end{array}$ (ACC)+(X)->ACC $\begin{array}{c}
00100+01101=10001 \\
00100+01101=10001
\end{array}$

当前位=1,则ACC加上被乘数 当前位=0,则ACC加上 0



王道24考研交流群: 769832062

设机器字长为 n+1=5位(含1位符号位), $[x]_{\mathbb{R}}=1.1101$, $[y]_{\mathbb{R}}=0.1011$,采用原码一位乘法求 $x\cdot y$

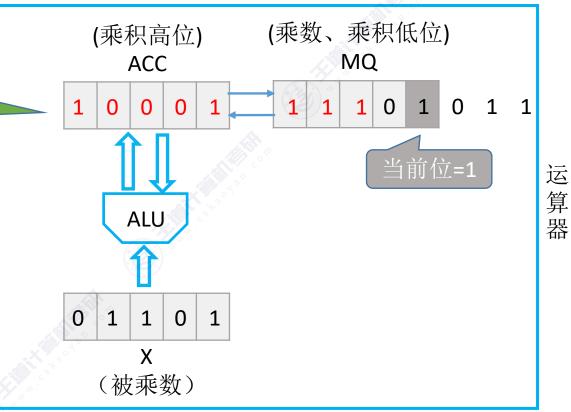
符号位数值位

符号单独处理:符号位 = $x_s \oplus y_s$ 数值位取绝对值进行乘法计算

实现方法: 先加法再移位, 重复n次

 $\begin{array}{c}
0.1101 \\
\times 0.1011 \\
\hline
01101 \\
01101 \\
00000 \\
01101 \\
\hline
0.10001111
\end{array}$ (ACC)+(X)->ACC $\begin{array}{c}
00100+01101=10001 \\
00100+01101=10001
\end{array}$

当前位=1,则ACC加上被乘数 当前位=0,则ACC加上 0

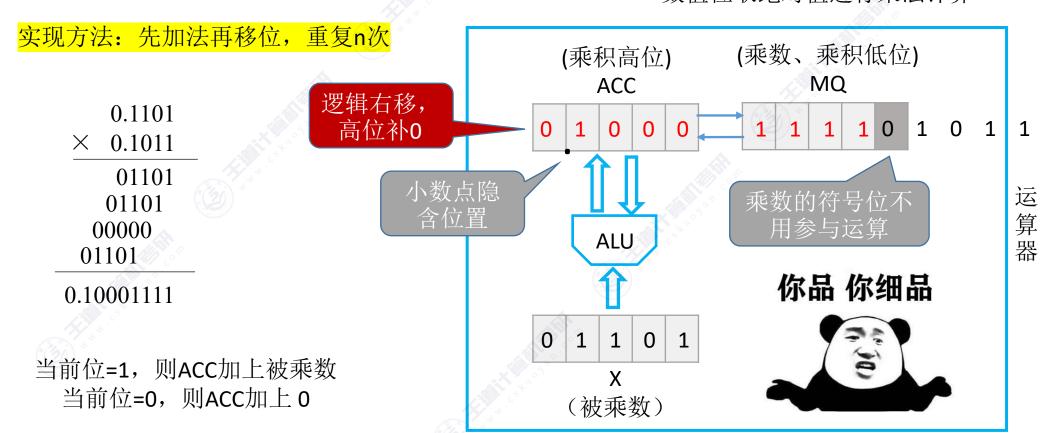


王道24考研交流群: 769832062

设机器字长为 n+1=5位(含1位符号位), $[x]_{\mathbb{R}}=1.1101$, $[y]_{\mathbb{R}}=0.1011$,采用原码一位乘法求 $x\cdot y$

符号位数值位

符号单独处理:符号位 = $x_s \oplus y_s$ 数值位取绝对值进行乘法计算



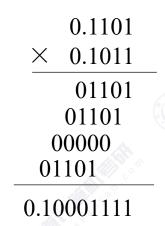
王道24考研交流群: 769832062

设机器字长为 n+1=5位(含1位符号位), $[x]_{\mathbb{R}}=1.1101$, $[y]_{\mathbb{R}}=0.1011$,采用原码一位乘法求 $x\cdot y$

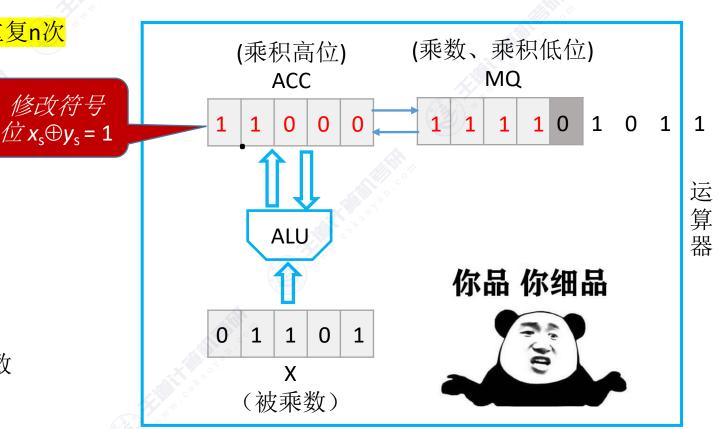
符号位数值位

符号单独处理:符号位 = $x_s \oplus y_s$ 数值位取绝对值进行乘法计算

实现方法: 先加法再移位, 重复n次



当前位=1,则ACC加上被乘数 当前位=0,则ACC加上 0



王道24考研交流群: 769832062

原码一位乘法 (手算模拟)

设机器字长为5位(含1位符号位,n=4),x=-0.1101,y=+0.1011,采用原码一位乘法求 $x\cdot y$



解: |x| = 00.1101, |y| = 00.1011, 原码一位乘法的求解过程如下。

(真位部分和)

MO

诵	用寄存器

Tips:

- 乘数的符号位不参与运算,可以省略
- 原码一位乘可以只用单符号位
- 答题时最终结果最好写为原码机器数

原码一位乘法: 机器字长n+1,数值部分符号位通过<mark>异或</mark>确定; 数值部分通过被乘数和乘数绝对值的 n 轮加法、移位完成根据当前乘数中参与运算的位确定(ACC)加什么。若当前运算位=1,则(ACC)+[|x|]原; 若=0,则(ACC)+0。

每轮加法后ACC、MQ的内容统一逻辑右移

(向似即)(7次)		(1)//	江即江水,水致,	近 明
	00.0000		101 <u>1</u> 丢失位	起始情况
+ x	00.1101			C_4 =1, 则+ x
	00.1101		X TANK	
右移	00.0110		11011	右移部分积和乘数
+ x	00.1101			C_4 =1, 则+ x
	01.0011			
右移	00.1001		111 <u>0</u> 11	右移部分积和乘数
+0	00.0000		, i	C_4 =0, 则+0
	00.1001			
右移	00.0100	s =	111 <u>1</u> 011	右移部分积和乘数
+ x	00.1101		İ	$C_4=1, + x $
	01.0001		į	
右移	00.1000		111 <u>1</u> 1011	右移部分积和乘数
	/-L III /-			乘数全部移出
	结果的	的绝对值	部分	

(低位部分积/乘数)

符号位 $P_s = x_s \oplus y_s = 1 \oplus 0 = 1$, 得 $x \cdot y = -0.10001111$.