

本节内容

浮点数
加减运算
强制类型转换

王道考研/CSKAOYAN.COM

1

本节总览

浮点数的运算

加减运算

强制类型转换

王道考研/CSKAOYAN.COM

2

浮点数的加减运算

浮点数加减运算步骤:

① 对阶

思考为什么是小阶向大阶靠齐?

① $9.85211 \times 10^{12} + 0.0996007 \times 10^{12}$

② 尾数加减

② 9.9517107×10^{12}

③ 规格化

③ 如果尾数加减出现类似 0.0099517×10^{12} 时, 需要“左规”; 如果尾数加减出现类似 99.517107×10^{12} 时, 需要“右规”

④ 舍入

可以有不同的舍入规则

④ 若规定只能保留6位有效尾数, 则
 $9.9517107 \times 10^{12} \rightarrow 9.95171 \times 10^{12}$ (多余的直接砍掉)
或者, $9.9517107 \times 10^{12} \rightarrow 9.95172 \times 10^{12}$ (若砍掉部分非0, 则入1)
或者, 也可以采用四舍五入的原则, 当舍弃位 ≥ 5 时, 高位入1

⑤ 判溢出

⑤ 若规定阶码不能超过两位, 则运算后阶码超出范围, 则溢出
如: $9.85211 \times 10^{99} + 9.96007 \times 10^{99} = 19.81218 \times 10^{99}$
规格化并用四舍五入的原则保留6位尾数, 得 1.98122×10^{100}
阶码超过两位, 发生溢出 (注: 尾数溢出未必导致整体溢出, 也许可以通过③④两步来拯救)

计算机内部, 尾数是定点小数

王道考研/CSKAOYAN.COM

3

浮点数的加减运算

例: 已知十进制数 $X=-5/256$ 、 $Y=+59/1024$, 按机器补码浮点运算规则计算 $X-Y$, 结果用二进制表示, 浮点数格式如下: 阶符取2位, 阶码取3位, 数符取2位, 尾数取9位

用补码表示阶码和尾数

0. 转换格式

扩展: 11.011000000
双符号位补码: 11.011 双符号位补码: 11011
补码: 1.011 补码: 1011
 $5D = 101B, 1/256 = 2^{-8} \rightarrow X = -101 \times 2^{-8} = -0.101 \times 2^{-5} = -0.101 \times 2^{-101}$
 $59D = 111011B, 1/1024 = 2^{-10} \rightarrow Y = +111011 \times 2^{-10} = +0.111011 \times 2^{-4} = +0.111011 \times 2^{-100}$
 $X: 11011, 11.011000000 \quad Y: 11100, 00.111011000$

浮点数加减运算步骤:

1. 对阶

2. 尾数加减

3. 规格化

4. 舍入

5. 判溢出

王道考研/CSKAOYAN.COM

4

公众号：考研拼课
配套课程请关注

王道考研/CSKAOYAN.COM

浮点数的加减运算

例：已知十进制数 $X=-5/256$ 、 $Y=+59/1024$ ，按机器补码浮点运算规则计算 $X-Y$ ，结果用二进制表示，浮点数格式如下：阶符取2位，阶码取3位，数符取2位，尾数取9位

用补码表示阶码和尾数

0. 转换格式

$$5D = 101B, 1/256 = 2^{-8} \rightarrow X = -101 \times 2^{-8} = -0.101 \times 2^{-5} = -0.101 \times 2^{-101}$$

$$59D = 111011B, 1/1024 = 2^{-10} \rightarrow Y = +111011 \times 2^{-10} = +0.111011 \times 2^{-4} = +0.111011 \times 2^{-100}$$

X: 11011,11.011000000 Y: 11100,00.111011000

浮点数加减运算步骤:

1. 对阶 使两个数的阶码相等，小阶向大阶看齐，尾数每右移一位，阶码加1

① 求阶差: $[\Delta E]_{补} = 11011 + 00100 = 11111$ ，知 $\Delta E = -1$

② 对阶: X: 11011,11.011000000 \rightarrow 11100,11.101100000 X = -0.0101×2^{-100}

2. 尾数加减

3. 规格化

4. 舍入

5. 判溢出

王道考研/CSKAOYAN.COM

5

浮点数的加减运算

例：已知十进制数 $X=-5/256$ 、 $Y=+59/1024$ ，按机器补码浮点运算规则计算 $X-Y$ ，结果用二进制表示，浮点数格式如下：阶符取2位，阶码取3位，数符取2位，尾数取9位

用补码表示阶码和尾数

0. 转换格式

$$5D = 101B, 1/256 = 2^{-8} \rightarrow X = -101 \times 2^{-8} = -0.101 \times 2^{-5} = -0.101 \times 2^{-101}$$

$$59D = 111011B, 1/1024 = 2^{-10} \rightarrow Y = +111011 \times 2^{-10} = +0.111011 \times 2^{-4} = +0.111011 \times 2^{-100}$$

X: 11011,11.011000000 Y: 11100,00.111011000

浮点数加减运算步骤:

1. 对阶 使两个数的阶码相等，小阶向大阶看齐，尾数每右移一位，阶码加1

① 求阶差: $[\Delta E]_{补} = 11011 + 00100 = 11111$ ，知 $\Delta E = -1$

② 对阶: X: 11011,11.011000000 \rightarrow 11100,11.101100000 X = -0.0101×2^{-100}

2. 尾数加减 -Y: 11100,11.000101000

11.101100000

X-Y

X-Y: 11100, 10.110001000

11.000101000

$$= (-0.0101 \times 2^{-100}) - (+0.111011 \times 2^{-100})$$

3. 规格化

10.110001000

$$= (-0.0101 - 0.111011) \times 2^{-100}$$

4. 舍入

$$= -1.001111 \times 2^{-100}$$

5. 判溢出

王道考研/CSKAOYAN.COM

6

公众号：考研拼课
配套课程请关注

浮点数的加减运算

例：已知十进制数 $X=-5/256$ 、 $Y=+59/1024$ ，按机器补码浮点运算规则计算 $X-Y$ ，结果用二进制表示，浮点数格式如下：阶符取2位，阶码取3位，数符取2位，尾数取9位

用补码表示阶码和尾数

0. 转换格式

$$5D = 101B, 1/256 = 2^{-8} \rightarrow X = -101 \times 2^{-8} = -0.101 \times 2^{-5} = -0.101 \times 2^{-101}$$

$$59D = 111011B, 1/1024 = 2^{-10} \rightarrow Y = +111011 \times 2^{-10} = +0.111011 \times 2^{-4} = +0.111011 \times 2^{-100}$$

X: 11011,11.011000000 Y: 11100,00.111011000

浮点数加减运算步骤:

1. 对阶 使两个数的阶码相等，小阶向大阶看齐，尾数每右移一位，阶码加1

① 求阶差: $[\Delta E]_{补} = 11011 + 00100 = 11111$ ，知 $\Delta E = -1$

② 对阶: X: 11011,11.011000000 \rightarrow 11100,11.101100000 X = -0.0101×2^{-100}

2. 尾数加减 -Y: 11100,11.000101000 11.101100000

X-Y: 11100,10.110001000 + 11.000101000

3. 规格化 10.110001000 10.110001000

X-Y: 11100,10.110001000 \rightarrow 11101,11.011000100

4. 舍入 无舍入

5. 判溢出 常阶码，无溢出，结果真值为 $2^{-3} \times (-0.1001111)_2$

$$\begin{aligned} X-Y &= (-0.0101 \times 2^{-100}) - (+0.111011 \times 2^{-100}) \\ &= (-0.0101 - 0.111011) \times 2^{-100} \\ &= -1.001111 \times 2^{-100} \\ &= -0.1001111 \times 2^{-011} \end{aligned}$$

王道考研/CSKAOYAN.COM

7

浮点数的加减运算-舍入

有的计算机可能会把浮点数的尾数部分单独拆出去计算(24bit \rightarrow 32bit)，算完了经过舍入(32bit \rightarrow 24bit)再拼回浮点数

“0”舍“1”入法：类似于十进制数运算中的“四舍五入”法，即在尾数右移时，被移去的最高数值位为0，则舍去；被移去的最高数值位为1，则在尾数的末位加1。这样做可能会使尾数又溢出，此时需再做一次右规。

恒置“1”法：尾数右移时，不论丢掉的最高数值位是“1”还是“0”，都使右移后的尾数末位恒置“1”。这种方法同样有使尾数变大和变小的两种可能。

浮点数加减运算步骤:

1. 对阶

2. 尾数加减 如：加减结果为11100,10.110001011

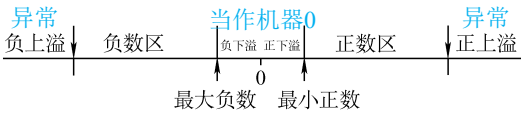
3. 规格化 0舍1入: 11100,10.110001011 \rightarrow 11101,11.011000101 1

4. 舍入 \rightarrow 11101,11.011000110 1

5. 判溢出 恒置1: 11100,10.110001011 \rightarrow 11101,11.011000101 1

\rightarrow 11101,11.011000101 1

右规时就会面临舍入的问题



王道考研/CSKAOYAN.COM

8

公众号：考研拼课
配套课程请关注

强制类型转换

类型	16位机器	32位机器	64位机器
char	8	8	8
short	16	16	16
int	16	32	32
long	32	32	64
long long	64	64	64
float	16	32	32
double	64	64	64

char → int → long → double
float → double

范围、精度从小到大，转换过程没有损失

32位
int: 表示整数，范围 $-2^{31} \sim 2^{31}-1$ ，有效数字32位
float: 表示整数及小数，范围 $\pm[2^{-126} \sim 2^{127} \times (2-2^{-23})]$ ，有效数字23+1=24位

int → float: 可能损失精度
float → int: 可能溢出及损失精度

王道考研/CSKAOYAN.COM

9

本节回顾

真值到机器数的转换

注意阶码、尾数采用什么码表示；注意符号扩展凑足规定位数

对阶

小阶向大阶看齐，尾数算数右移一位，阶码加1，直到阶码相同

注：对阶可能导致丢失末位精度

尾数加减

通常采用双符号位表示尾数，这样可以挽救尾数溢出

规格化

左规：尾数最高数值位为无效位时，尾数左移，阶码减1

右规：尾数双符号位不同时，尾数右移，阶码加1

舍入

尾数的位数有限导致的问题，常用方法：0舍1入、恒置1

溢出判断

阶码上溢：抛出异常（中断）

阶码下溢：按机器0处理

采用双符号位，可拯救尾数溢出

浮点数的运算

加减运算

C强制类型转换

无损：char → int → long → double
float → double

有损：int → float：可能会损失精度（float尾数的数值位有1+23位）
float → int：可能会溢出，也可能损失精度（如小数转整数）

王道考研/CSKAOYAN.COM

10