第2章 C运算符和表达式

——赋值中的自动类型转换

（精度损失问题）

本节要讨论的主要问题

- 从取值范围小的类型向取值范围大的类型赋值时，一定都是安全的吗？
- 从高精度向低精度转换时，会损失什么信息？为什么会出现精度损失？
- 浮点数是实数的精确表示吗？为什么不能直接比较两个浮点数是否相等？为什么不能用浮点数取代整数？

自动类型转换

- 在不同类型数据间赋值时，会发生自动类型转换
  - 取值范围大的类型→取值范围小的类型，通常是不安全的
    - 数值溢出（Overflow）
  - 反之，一定都是安全的吗？
    - 数值精度损失

自动类型转换

- 问题：从高精度向低精度转换时，会损失什么信息？
  - 低精度的数据位数比高精度的少，容纳不下高精度的所有信息

——舍入（Round），也称截断（Truncation）

数值精度损失

int ← float	丢失小数部分（非四舍五入）
float ← double	数值溢出或损失精度(位数超过7位时)
float ← long	整数的位数超过7位时，损失精度

精度损失实例分析

- 为什么long型的123456789不能用float型精确保存呢？
- 为什么浮点数的输出结果也不准确呢？

```
#include  <stdio.h>
int main()
{
     long a = 123456789;
     float b;
     double c = 123456789123.456765;
     b = a;
     printf("%ld\n", a);
     printf("%f\n", b);
     printf("%f\n", c);
     b = c;
     printf("%f\n", b);
     return 0;
}
```

Code::Blocks下的运行结果

```
123456789
123456792.000000
123456789123.456770
123456790528.000000
```

数值精度损失

- C语言中，浮点数在内存中是以阶码和尾数的形式存储的
- ANSI C未规定3种浮点类型的长度、精度和表数范围

阶码E（指数部分）	尾数M（小数部分）

$$N = r^{E} \times M$$

使用更多的位存储**阶码**

- 扩大了变量值域（即**表数范围**），但精度降低

使用更多的位存储**尾数**

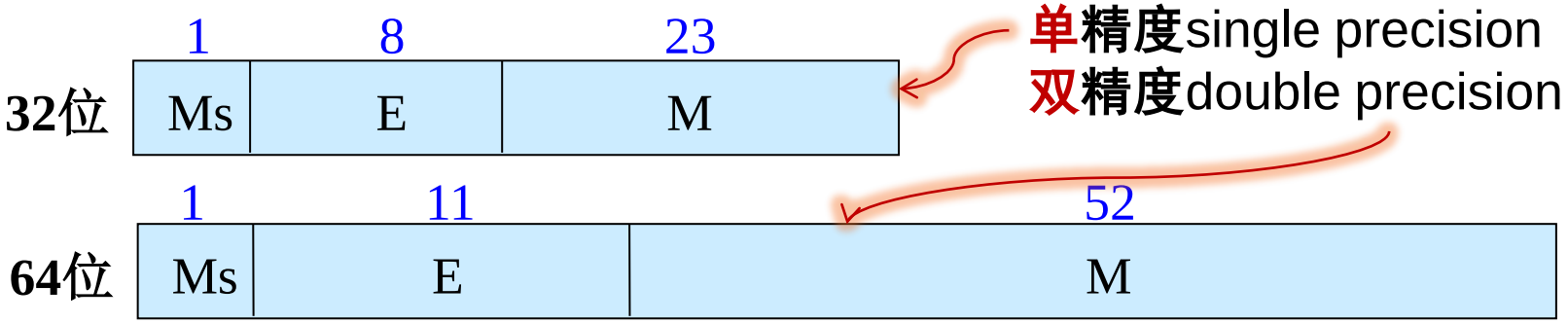
- 增加了有效数字位数，提高了**数值精度**，但表数范围缩小

数值精度损失

- C语言中，浮点数在内存中是以阶码和尾数的形式存储的
- ANSI C未规定3种浮点类型的长度、精度和表数范围

阶码E（指数部分）	尾数M（小数部分）

$$N = r^{E} \times M$$



float	23位尾数	6~7位
double	52位尾数	16位

浮点数的标准格式 IEEE754　　二进制纯小数

精度损失实例分析

- 为什么long型的123456789不能用float型精确保存呢？
- 为什么浮点数的输出结果也不准确呢？

```
#include  <stdio.h>
int main()
{
      long a = 123456789;
      float b;
      double c = 123456789123.456765;
      b = a;
      printf("%ld\n", a);
      printf("%f\n", b);
      printf("%f\n", c);
      b = c;
      printf("%f\n", b);
      return 0;
}
```

有效数字(Significant Digit)：从左边第一个非0的数字起，到精确到的位数为止，其间的所有数字

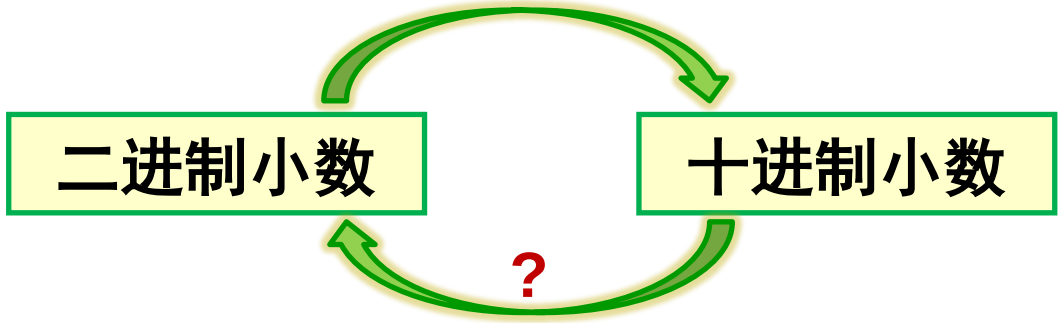
float	23位尾数	6~7位
double	52位尾数	16位

Code::Blocks

```
123456789
1234567 92.000000
12345678 9123.456770
1234567 90528.000000
```

数值精度损失

- **二进制**小数与**十进制**小数之间并不是一一对应的关系



浮点数并非真正意义上的实数，
只是其在某种范围内的近似，
受精度限制不能直接比较相等

二进制小数	→对应的十进制小数
2^{-23}	0.00000011920928955078125
2^{-22}	0.00000023841857910156 25
2^{-21}	0.00000047683715820312 5
2^{-20}	0.00000095367431640625
2^{-19}	0.00000190734863281 25
……	……

连续 ↓

离散 ↓

并非所有实数都能用
有限位的尾数精确表示

十进制小数
↓
二进制小数
↓
十进制小数

精度损失实例分析

- 定点整数可准确表示123456789，而单精度浮点数则只能近似表示123456789

```
#include  <stdio.h>
int main()
{
     long a = 123456789;
     float b;
     double c = 123456789123.456765;
     b = a;
     printf("%ld\n", a);
     printf("%f\n", b);
     printf("%f\n", c);
     b = c;
     printf("%f\n", b);
     return 0;
}
```

Code::Blocks

```
123456789
123456792.000000
123456789123.456770
123456790528.000000
```

精度损失实例分析

- 两个数量级相差很大的浮点数做加减运算时，数值小的数会受浮点数精度限制而被忽略

```
#include  <stdio.h>
int main()
{
     float a, b;
     a = 1234567800;
     b = a + 20;
     printf("a=%.0f, b=%.0f\n",a,b);
     return 0;
}
```

```
a=1234567808, b=1234567808
```

```
#include  <stdio.h>
int main()
{
     float a, b;
     a = 1234567800;
     b = a + 70;
     printf("a=%.0f, b=%.0f\n",a,b);
     return 0;
}
```

```
a=1234567808, b=1234567936
```

精度损失实例分析

- 两个数量级相差很大的浮点数做加减运算时，数值小的数会受浮点数精度限制而被忽略

```
#include  <stdio.h>
int main()
{
     long a, b;
     a = 1234567800;
     b = a + 20;
     printf("a=%ld, b=%ld\n", a, b);
     return 0;
}
```

```
a=1234567800, b=1234567820
```

```
#include  <stdio.h>
int main()
{
     double a, b;
     a = 1234567800;
     b = a + 20;
     printf("a=%.0f, b=%.0f\n",a b);
     return 0;
}
```

```
a=1234567800, b=1234567820
```

讨论

- 对两个浮点数如何比较其相等？