BIT-1-深度剖析数据在内存中的存储

本章重点

1. 数据类型详细介绍
2. 整形在内存中的存储：原码、反码、补码
3. 大小端字节序介绍及判断
4. 浮点型在内存中的存储解析

正文开始©比特就业课

1. 数据类型介绍

前面我们已经学习了基本的内置类型：

```
char        //字符数据类型
short       //短整型
int         //整形
long        //长整型
long long   //更长的整形
float       //单精度浮点数
double      //双精度浮点数
//C语言有没有字符串类型？
```

以及他们所占存储空间的大小。
类型的意义：

1. 使用这个类型开辟内存空间的大小（大小决定了使用范围）。
2. 如何看待内存空间的视角。

1.1 类型的基本归类：

整形家族：

```
char
    unsigned char
    signed char
short
    unsigned short [int]
    signed short [int]
int
    unsigned int
    signed int
long
    unsigned long [int]
    signed long [int]
```

浮点数家族：

```
float
double
```

构造类型：

```
> 数组类型
> 结构体类型 struct
> 枚举类型 enum
> 联合类型 union
```

指针类型

```
int *pi;
char *pc;
float* pf;
void* pv;
```

空类型：

> void 表示空类型（无类型）
>
> 通常应用于函数的返回类型、函数的参数、指针类型。

2. 整形在内存中的存储

我们之前讲过一个变量的创建是要在内存中开辟空间的。空间的大小是根据不同的类型而决定的。

> 那接下来我们谈谈数据在所开辟内存中到底是如何存储的？

比如：

```
int a = 20;
int b = -10;
```

我们知道为 a 分配四个字节的空间。
那如何存储？

下来了解下面的概念：

2.1 原码、反码、补码

计算机中的整数有三种表示方法，即原码、反码和补码。

三种表示方法均有**符号位**和**数值位**两部分，符号位都是用0表示“正”，用1表示“负”，而数值位

负整数的三种表示方法各不相同。

> **原码**
>
> 直接将二进制按照正负数的形式翻译成二进制就可以。

> **反码**
>
> 将原码的符号位不变，其他位依次按位取反就可以得到了。

> **补码**

> 反码+1就得到补码。

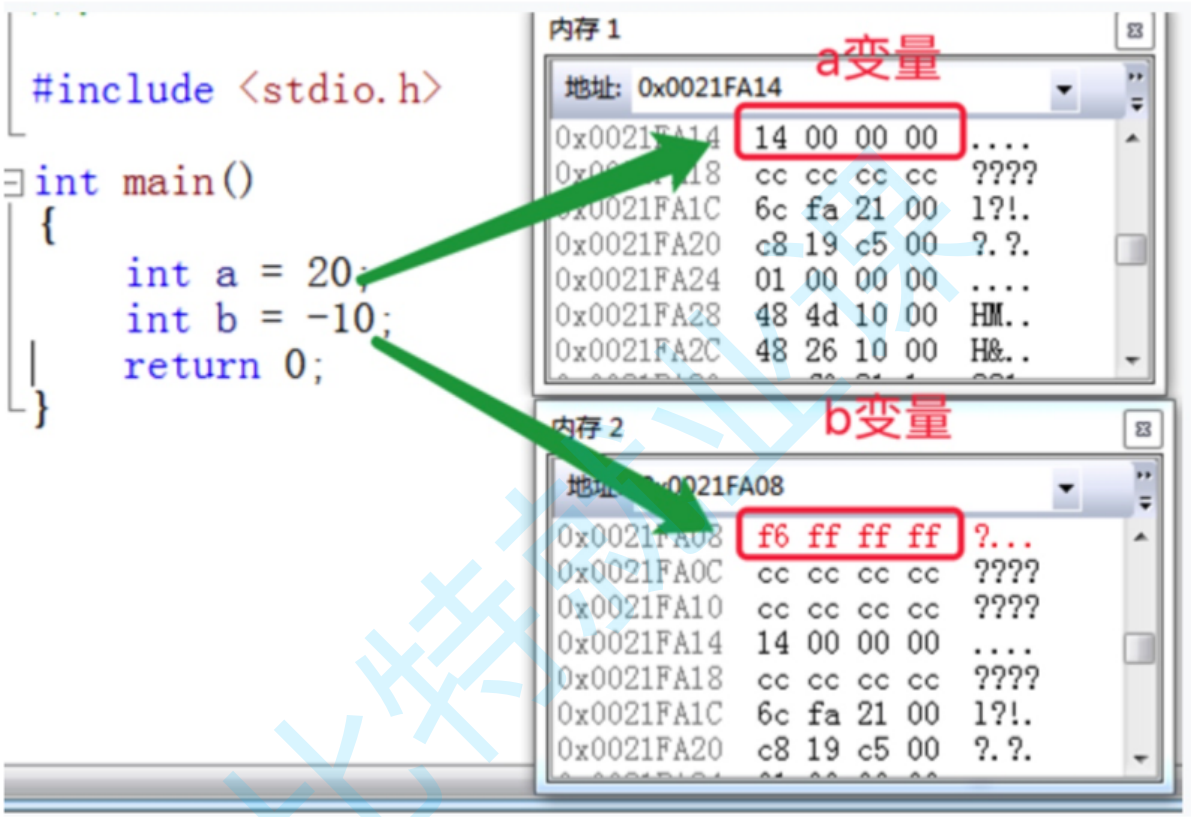
正数的原、反、补码都相同。

对于整形来说：数据存放内存中其实存放的是补码。

为什么呢?

> 在计算机系统中，数值一律用补码来表示和存储。原因在于，使用补码，可以将符号位和数值域统一处理;
> 同时，加法和减法也可以统一处理（**CPU只有加法器**）此外，补码与原码相互转换，其运算过程是相同的，不需要额外的硬件电路。

我们看看在内存中的存储:



我们可以看到对于a和b分别存储的是补码。但是我们发现顺序有点**不对劲**。
这是又为什么?

2.2 大小端介绍

什么大端小端:

> 大端（存储）模式，是指数据的低位保存在内存的高地址中，而数据的高位，保存在内存的低地址中;
>
> 小端（存储）模式，是指数据的低位保存在内存的低地址中，而数据的高位，，保存在内存的高地址中。

为什么有大端和小端:

> 为什么会有大小端模式之分呢？这是因为在计算机系统中，我们是以字节为单位的，每个地址单元都对应着一个字节，一个字节为8

> bit。但是在C语言中除了8 bit的char之外，还有16 bit的short型，32 bit的long型（要看具体的编译器），另外，对于位数大于8位
>
> 的处理器，例如16位或者32位的处理器，由于寄存器宽度大于一个字节，那么必然存在着一个如何将多个字节安排的问题。因此就
>
> 导致了大端存储模式和小端存储模式。
>
> 例如：一个`16bit`的`short`型`x`，在内存中的地址为`0x0010`，`x`的值为`0x1122`，那么`0x11`为高字节，`0x22`为低字节。对于大端
>
> 模式，就将`0x11`放在低地址中，即`0x0010`中，`0x22`放在高地址中，即`0x0011`中。小端模式，刚好相反。我们常用的`X86`结构是
>
> 小端模式，而`KEIL C51`则为大端模式。很多的ARM，DSP都为小端模式。有些ARM处理器还可以由硬件来选择是大端模式还是小端
>
> 模式。

百度2015年系统工程师笔试题：

> 请简述大端字节序和小端字节序的概念，设计一个小程序来判断当前机器的字节序。（10分）

```c
//代码1
#include <stdio.h>
int check_sys()
{
    int i = 1;
    return (*(char *)&i);
}
int main()
{
    int ret = check_sys();
    if(ret == 1)
    {
        printf("小端\n");
    }
    else
    {
        printf("大端\n");
    }
    return 0;
}

//代码2
int check_sys()
{
    union
    {
        int i;
        char c;
    }un;
    un.i = 1;
    return un.c;
}
```

2.3 练习

```
1.
//输出什么？
#include <stdio.h>
int main()
{
    char a= -1;
    signed char b=-1;
    unsigned char c=-1;
    printf("a=%d,b=%d,c=%d",a,b,c);
    return 0;
}
```

下面程序输出什么?

```
2.
#include <stdio.h>
int main()
{
    char a = -128;
    printf("%u\n",a);
    return 0;
}
```

```
3.
#include <stdio.h>
int main()
{
    char a = 128;
    printf("%u\n",a);
    return 0;
}
```

```
4.
int i= -20;
unsigned  int  j = 10;
printf("%d\n", i+j);
//按照补码的形式进行运算，最后格式化成为有符号整数
```

```
5.
unsigned int i;
for(i = 9; i >= 0; i--)
{
    printf("%u\n",i);
}
```

```
6.
int main()
{
    char a[1000];
    int i;
    for(i=0; i<1000; i++)
    {
        a[i] = -1-i;
    }
    printf("%d",strlen(a));
    return 0;
}
```

```
7.
#include <stdio.h>

unsigned char i = 0;
int main()
{
    for(i = 0;i<=255;i++)
    {
        printf("hello world\n");
    }
    return 0;
}
```

3. 浮点型在内存中的存储

常见的浮点数：

> 3.14159
>
> 1E10
>
> 浮点数家族包括：`float、double、long double`类型。
>
> 浮点数表示的范围：float.h中定义

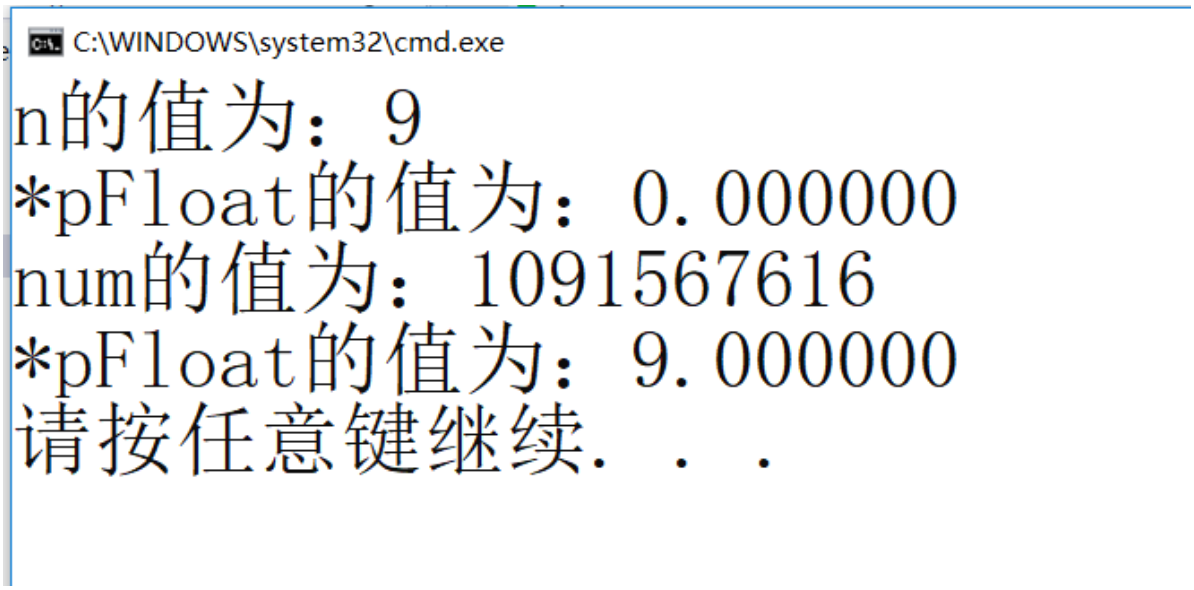
3.1 一个例子

浮点数存储的例子：

```
int main()
{
    int n = 9;
    float *pFloat = (float *)&n;
    printf("n的值为：%d\n",n);
    printf("*pFloat的值为：%f\n",*pFloat);

    *pFloat = 9.0;
    printf("num的值为：%d\n",n);
    printf("*pFloat的值为：%f\n",*pFloat);
    return 0;
}
```

输出的结果是什么呢?



3.2 浮点数存储规则

`num`和`*pFloat`在内存中明明是同一个数，为什么浮点数和整数的解读结果会差别这么大?

要理解这个结果，一定要搞懂浮点数在计算机内部的表示方法。

详细解读:

根据国际标准IEEE（电气和电子工程协会） 754，任意一个二进制浮点数V可以表示成下面的形式:

> - (-1)^S * M * 2^E
> - (-1)^s表示符号位，当s=0，V为正数；当s=1，V为负数。
> - M表示有效数字，大于等于1，小于2。
> - 2^E表示指数位。

举例来说:

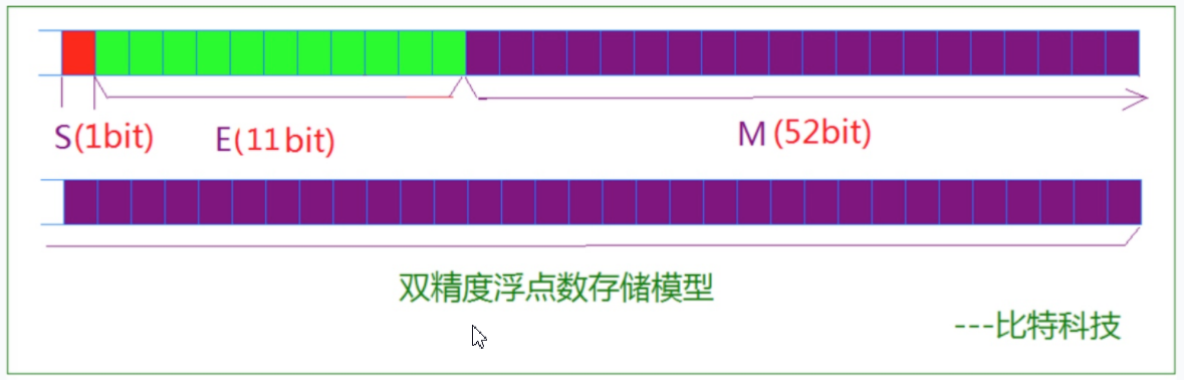
十进制的5.0，写成二进制是`101.0`，相当于`1.01×2^2`。

那么，按照上面V的格式，可以得出s=0，M=1.01，E=2。

十进制的-5.0，写成二进制是`-101.0`，相当于`-1.01×2^2`。那么，s=1，M=1.01，E=2。

IEEE 754规定:
对于32位的浮点数，最高的1位是符号位s，接着的8位是指数E，剩下的23位为有效数字M。

对于64位的浮点数，最高的1位是符号位S，接着的11位是指数E，剩下的52位为有效数字M。



IEEE 754对有效数字M和指数E，还有一些特别规定。

前面说过，`1≤M<2`，也就是说，M可以写成`1.xxxxxx`的形式，其中xxxxxx表示小数部分。

IEEE 754规定，在计算机内部保存M时，默认这个数的第一位总是1，因此可以被舍去，只保存后面的xxxxxx部分。比如保存1.01的时

候，只保存01，等到读取的时候，再把第一位的1加上去。这样做的目的，是节省1位有效数字。以32位浮点数为例，留给M只有23位，

将第一位的1舍去以后，等于可以保存24位有效数字。

至于指数E，情况就比较复杂。

首先，E为一个无符号整数（unsigned int）

这意味着，如果E为8位，它的取值范围为0~255；如果E为11位，它的取值范围为0~2047。但是，我们知道，科学计数法中的E是可以出

现负数的，所以IEEE 754规定，存入内存时E的真实值必须再加上一个中间数，对于8位的E，这个中间数是127；对于11位的E，这个中间

数是1023。比如，2^10的E是10，所以保存成32位浮点数时，必须保存成10+127=137，即10001001。

然后，指数E从内存中取出还可以再分成三种情况：

E不全为0或不全为1

> 这时，浮点数就采用下面的规则表示，即指数E的计算值减去127（或1023），得到真实值，再将有效数字M前加上第一位的1。
>
> 比如：
>
> 0.5（1/2）的二进制形式为0.1，由于规定正数部分必须为1，即将小数点右移1位，则为1.0*2^(-1)，其阶码为-1+127=126，表示为
>
> 01111110，而尾数1.0去掉整数部分为0，补齐0到23位00000000000000000000000，则其二进制表示形式为:

```
0 01111110 00000000000000000000000
```

E全为0

> 这时，浮点数的指数E等于1-127（或者1-1023）即为真实值，
>
> 有效数字M不再加上第一位的1，而是还原为0.xxxxxx的小数。这样做是为了表示±0，以及接近于0的很小的数字。

E全为1

> 这时，如果有效数字M全为0，表示±无穷大（正负取决于符号位s）；

好了，关于浮点数的表示规则，就说到这里。

解释前面的题目：

下面，让我们回到一开始的问题：为什么`0x00000009`还原成浮点数，就成了`0.000000`？

首先，将`0x00000009`拆分，得到第一位符号位s=0，后面8位的指数`E=00000000`，最后23位的有效数字M=000 0000 0000 0000 0000

1001。

```
9 -> 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 1001
```

由于指数E全为0，所以符合上一节的第二种情况。因此，浮点数V就写成：

`V=(-1)^0 × 0.00000000000000000001001×2^(-126)=1.001×2^(-146)`

显然，V是一个很小的接近于0的正数，所以用十进制小数表示就是0.000000。

再看例题的第二部分。

请问浮点数9.0，如何用二进制表示？还原成十进制又是多少？

首先，浮点数9.0等于二进制的1001.0，即1.001×2^3。

```
9.0 -> 1001.0 ->(-1)^01.0012^3 -> s=0, M=1.001,E=3+127=130
```

那么，第一位的符号位s=0，有效数字M等于001后面再加20个0，凑满23位，指数E等于3+127=130，即10000010。

所以，写成二进制形式，应该是s+E+M，即

```
0 10000010 001 0000 0000 0000 0000 0000
```

这个32位的二进制数，还原成十进制，正是`1091567616`。

本章完。

限时福利

原价 99 元的鹏哥 C 语言集训营**（含 3 个月 1v1 答疑）**

限时抢购仅需 19.9 元

每天仅限前 100 名！！！

限时限额抢购鹏哥 C 语言集训营课程 + 3 个月 1V1 答疑服务

活动长期有效，但每天仅限前 100 名，扫描下方二维码立即快速抢购