位运算

1. 概述

1.1. 字节和位

字节：byte，计算机中数据表示的基本单位

位　：bit，　计算机中数据表示的最小单位

1 byte = 8 bit

1.2. 位运算

以bit为单位进行数据的运算

1.3. 位运算的基本方法

★ 按位进行（只有0、1）

★ 要求运算数据长度相等，若不等，则右对齐，按最高位补齐左边

```
char a=0x37;      0000 0000 0011 0111
short b=0x1234;   0001 0010 0011 0100

char a=0xA7;      1111 1111 1010 0111
short b=0x8341;   1000 0011 0100 0001
```

★ 数在计算机内是用补码表示的

位运算

2.常用的位运算

2.1.与(&)

运算规则：遇0得0

例：char a=3,b=5; 求a&b

```
  0000 0011
& 0000 0101
  0000 0001     a&b=1
```

例：char a=3; short b=5;求a&b

```
  0000 0000 0000 0011
& 0000 0000 0000 0101
  0000 0000 0000 0001     a&b=1
```

例：char a=0xb6,b=0xc2; 则a&b

```
  1011 0110
& 1100 0010
  1000 0010     a&b=0x82
```

有符号十进制：-126

```
#include <iostream>
#include <iomanip>
using namespace std;

int main()
{   char a1=3, b1=5;
    cout << "a=" << (int)a1 << " b=" << (int)b1
         << " a&b=" << (a1&b1) << endl;

    char a2=3;
    short b2=5;
    cout << "a=" << (int)a2 << " b=" << b2
         << " a&b=" << (a2&b2) << endl;

    char a3=0xb6, b3=0xc2;
    cout << "a=" << hex << (int)a3 << " b=" << (int)b3;
    cout << " a&b=0x" << hex << (a3&b3) << " "
         << dec << (a3&b3) << endl;
}
```

```
a=3 b=5 a&b=1
a=3 b=5 a&b=1
a=ffffffb6 b=ffffffc2 a&b=0xffffff82 -126
```

位运算

2. 常用的位运算

2. 1. 与(&)

运算规则：遇0得0

应用：

★ 清零

例：char a=0xb6;现要求将该数清零，则：

```
  1011 0110
& 0?00 ?00?      要清零数为1的位，本数对应位为0
  0000 0000
```

a&0x0　a&0x1　a&0x8　a&0x9

a&0x40　a&0x41　a&0x48　a&0x49

★ 取指定位

例：char a=0xb6;现要求只保留低4位，而高4位清0，则：

```
  1011 0110
& 0000 1111      要保留的位，本数对应位为1
  0000 0110
```

```
#include <iostream>
#include <iomanip>
using namespace std;

int main()
{   /* &的应用：清0 */
    char a1=0xb6;
    cout << "char a=" << hex << (int)a1 << endl
         << "     a&0x0 =" << dec << (a1&0x0)  << endl
         << "     a&0x1 =" << dec << (a1&0x1)  << endl
         << "     a&0x8 =" << dec << (a1&0x8)  << endl
         << "     a&0x9 =" << dec << (a1&0x9)  << endl
         << "     a&0x40=" << dec << (a1&0x40) << endl
         << "     a&0x41=" << dec << (a1&0x41) << endl
         << "     a&0x48=" << dec << (a1&0x48) << endl
         << "     a&0x49=" << dec << (a1&0x49) << endl;
    /* &的应用：取指定位 */
    char a2=0xb6;
    cout << "char a=0x" << hex << (int)a2
         << " a&0x0F=" << dec << (a2&0x0F) << endl;
}
```

```
char a=ffffffb6
     a&0x0 =0
     a&0x1 =0
     a&0x8 =0
     a&0x9 =0
     a&0x40=0
     a&0x41=0
     a&0x48=0
     a&0x49=0
char a=0xffffffb6 a&0x0F=6
```

位运算

2. 常用的位运算

2.2. 或(|)

运算规则：遇1得1

例：char a=3,b=5; 求a|b

```
    0000 0011
 |  0000 0101
    0000 0111      a|b=7
```

例：char a=3; short b=5;求a|b

```
    0000 0000 0000 0011
 |  0000 0000 0000 0101
    0000 0000 0000 0111      a|b=7
```

例：char a=0xb6,b=0xc2; 则a|b

```
    1011 0110
 |  1100 0010
    1111 0110      a|b=0xF6
                   有符号10进制：-10
```

应用：★ 设定某些位为1

例：char a=0xb6;要求1,4位设为1，其它不变

```
    1011 0110
 |  0000 1001      要设置的位，本数对应位为1
    1011 1111      (0xBF)
```

```
#include <iostream>
#include <iomanip>
using namespace std;

int main()
{   char a1=3, b1=5;
    cout << "a=" << (int)a1 << " b=" << (int)b1
         << " a|b=" << (a1|b1) << endl;

    char a2=3;
    short b2=5;
    cout << "a=" << (int)a2 << " b=" << b2
         << " a|b=" << (a2|b2) << endl;

    char a3=0xb6, b3=0xc2;
    cout << "a=" << hex << (int)a3 << " b=" << (int)b3;
    cout << " a|b=0x" << hex << (a3|b3) << " "
         << dec << (a3|b3) << endl;

    /* |的应用，将1、4 bit位设为1，其它不变 */
    char a4=0xb6;
    cout << "a=" << hex << (int)a4
         << " a|0x9=0x" << (a4|0x9) << endl;
}
```

```
a=3 b=5 a|b=7
a=3 b=5 a|b=7
a=ffffffb6 b=ffffffc2 a|b=0xfffffff6 -10
a=ffffffb6 a|0x9=0xffffffbf
```

位运算

2. 常用的位运算

2. 3. 异或(ˆ)

运算规则：相同为0，不同为1

例：char a=3,b=5; 求aˆb

```
   0000 0011
ˆ  0000 0101
   0000 0110      aˆb=6
```

例：char a=3; short b=5;求aˆb

```
   0000 0000 0000 0011
ˆ  0000 0000 0000 0101
   0000 0000 0000 0110      aˆb=6
```

例：char a=0xb6,b=0xc2; 则aˆb

```
   1011 0110
ˆ  1100 0010
   0111 0100      aˆb=0x74
```

有符号10进制：116

```
#include <iostream>
#include <iomanip>
using namespace std;

int main()
{   char a1=3, b1=5;
    cout << "a=" << (int)a1 << " b=" << (int)b1
         << " aˆb=" << (a1ˆb1) << endl;

    char a2=3;
    short b2=5;
    cout << "a=" << (int)a2 << " b=" << b2
         << " aˆb=" << (a2ˆb2) << endl;

    char a3=0xb6, b3=0xc2;
    cout << "a=" << hex << (int)a3 << " b=" << (int)b3;
    cout << " aˆb=0x" << hex << (a3ˆb3) << " "
         << dec << (a3ˆb3) << endl;
}
```

```
a=3 b=5 aˆb=6
a=3 b=5 aˆb=6
a=ffffffb6 b=ffffffc2 aˆb=0x74 116
```

位运算

2. 常用的位运算

2.3. 异或(ˆ)

运算规则：相同为0，不同为1

应用：

★ 特定位翻转（0，1互换）

例：char a=0xb6；高4位翻转，低4位不变

```
   1011 0110
ˆ  1111 0000      要翻转的位，本数对应位为1
   ---------
   0100 0110
```

★ 两数交换

例：char a=0xb6,b=0xc2；要求a，b互换

三步：a=aˆb　　b=bˆa　　a=aˆb

```
(1) a=1011 0110
    b=1100 0010
    a=0111 0100     a=aˆb=0x74
(2) b=1100 0010
    a=0111 0100
    b=1011 0110     b=bˆa=0xb6
(3) a=0111 0100
    b=1011 0110
    a=1100 0010     a=aˆb=0xc2
```

```cpp
#include <iostream>
#include <iomanip>
using namespace std;
int main()
{   /* ^的应用：特定位翻转 */
    char a1=0xb6;
    cout << "a=" << hex << (int)a1
         << " a^0xF0=0x" << (a1^(char)0xF0) << endl;

    /* ^的应用：两数交换 */
    char a2=0xb6, b2=0xc2;
    cout << "a=" <<hex<<(int)a2<<" b=" <<(int)b2<< endl;
    a2 = a2^b2;
    b2 = b2^a2;
    a2 = a2^b2;
    cout << "a=" <<hex<<(int)a2<<" b=" <<(int)b2<< endl;
}
```

```
a=ffffffb6 a^0xF0=0x46
a=ffffffb6 b=ffffffc2
a=ffffffc2 b=ffffffb6
```

```cpp
int main()
{   char *info="This is my student";
    char *sec ="周伯通黄药师郭靖黄蓉";
    char dst[80];
    char *p1 = info, *p2 = sec, *p3 = dst;
    /* 加密 */
    for (;*p1; p1++, p2++, p3++)
        *p3 = *p1 ^ *p2;
    *p3 = 0;
    /* 打印加密串 */
    cout << dst << endl;
    /* 解密(info没有被传送过来，不允许使用) */
    for (p3 = dst, p2 = sec; *p3; p3++, p2++)
        *p3 = *p2 ^ *p3;
    cout << dst << endl;
}
```

位运算

2.常用的位运算

2.4.取反(~)

运算规则：0/1互反

例：char a=0x5c; 求~a

a=0101 1100

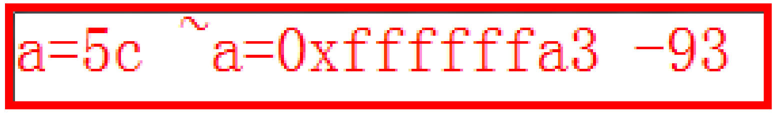
~a=1010 0011　　~a=0xa3

有符号10进制：-93

```
#include <iostream>
#include <iomanip>
using namespace std;

int main()
{
    char a=0x5c;
    cout << ″a=″ << hex << (int)a
         << ″ ~a=0x″ << (~a) << ″ ″
         << dec << (~a) << endl;

    return 0;
}
```



```
a=5c ~a=0xffffffa3 -93
```

位运算

2.常用的位运算

2.5.左移(<<)

运算规则：左移数据，右补0

例：char a=0x12;

```
    a=0001 0010
      0010 0100   a<<1=0x24     0x12 = 18
      0100 1000   a<<2=0x48     0x24 = 36
      1001 0000   a<<3=0x90     0x48 = 72
                                0x90 = -112
                                无符号:144
```

例：int b=0x12;

```
         a<<1=0x24     0x24 = 36
         a<<2=0x48     0x48 = 72
         a<<3=0x90     0x90 = 144
```

```cpp
#include <iostream>
#include <iomanip>
using namespace std;
int main()
{
    char a=0x12;
    cout <<"a=0x"<<hex<< int(a)<<" "<<dec<<int(a)<< endl;
    cout << "a<<1=0x" << hex << (int)(char)(a<<1) << " "
         << dec << (int)(char)(a<<1) << endl;
    cout << "a<<2=0x" << hex << (int)(char)(a<<2) << " "
         << dec << (int)(char)(a<<2) << endl;
    cout << "a<<3=0x" << hex << (int)(char)(a<<3) << " "
         << dec << (int)(char)(a<<3) << endl;
}
```

为什么是(int)(char)(a<<1)?
先　a<<1
转为 char，此时若有溢出，则会丢弃
再转 int， 以int方式输出

```
a=0x12 18
a<<1=0x24 36
a<<2=0x48 72
a<<3=0xffffff90 -112
```

```cpp
#include <iostream>
#include <iomanip>
using namespace std;
int main()
{
    /* 直接是int型的情况 */
    int b=0x12;
    cout << "a<<1=0x" << hex << (b<<1) << " "
         << dec << (b<<1) << endl;
    cout << "a<<2=0x" << hex << (b<<2) << " "
         << dec << (b<<2) << endl;
    cout << "a<<3=0x" << hex << (b<<3) << " "
         << dec << (b<<3) << endl;
}
```

```
a<<1=0x24 36
a<<2=0x48 72
a<<3=0x90 144
```

位运算

2.常用的位运算

2.5.左移(<<)

运算规则：左移数据，右补0

例：char a=0x12；求a<<3

a=0001 0010

1001 0000 a<<3=0x90 有符号 -112

无符号144

★ 在不溢出(1不被舍去)的情况下，左移n位等于乘2的n次方(当做无符号数理解)

例：char a=0x12；求a<<4

a=0001 0010

$\boxed{1}$ 0010 0000 a<<4=0x20 0x12=18 0x20=32

32+256(2^8)=288=18*16(2^4)

例：char a=0x9c；求a<<2

a=1001 1100

$\boxed{10}$ 0111 0000 a<<2=0x70 0x9c=156 0x70=112

112+512(2^9)=624=156*4(2^2)

例：char a=0xc2；求a<<2

a=1100 0010

$\boxed{11}$ 0000 1000 a<<2=0x8 0xc2=194 0x8=8

8+512(2^9)+256(2^8)=776=194*4(2^2)

```
#include <iostream>
#include <iomanip>
using namespace std;
int main()
{    char a1=0x12;
     cout << "a<<4=0x" << hex << (int)(char)(a1<<4) <<" "
          << dec << (int)(char)(a1<<4) << endl;

     char a2=0x9c;
     cout << "a<<2=0x" << hex << (int)(char)(a2<<2) <<" "
          << dec << (int)(char)(a2<<2) << endl;

     char a3=0xc2;
     cout << "a<<2=0x" << hex << (int)(char)(a3<<2) <<" "
          << dec << (int)(char)(a3<<2) << endl;
}
```

```
a<<4=0x20 32
a<<2=0x70 112
a<<2=0x8 8
```

位运算

2.常用的位运算

2.6.右移(>>)

运算规则：右移数据，左补0（逻辑右移）

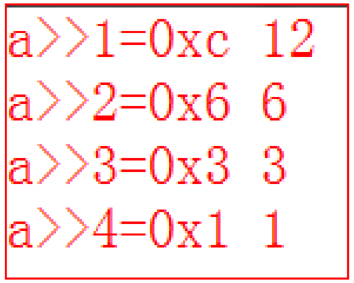
右移数据，左补符号位（算术右移）- C/C++的位运算时算术右移

例：char a=0x18;

a=0001 1000		0x18 = 24
0000 1100	a>>1=0xc	0xc = 12
0000 0110	a>>2=0x6	0x6 = 6
0000 0011	a>>3=0x3	0x3 = 3
0000 0001	a>>4=0x1	0x1 = 1

```
#include <iostream>
#include <iomanip>
using namespace std;

int main()
{
    char a=0x18;
    cout << "a>>1=0x" << hex << (int)(a>>1) << " "
         << dec << (int)(a>>1) << endl;
    cout << "a>>2=0x" << hex << (int)(a>>2) << " "
         << dec << (int)(a>>2) << endl;
    cout << "a>>3=0x" << hex << (int)(a>>3) << " "
         << dec << (int)(a>>3) << endl;
    cout << "a>>4=0x" << hex << (int)(a>>4) << " "
         << dec << (int)(a>>4) << endl;
}
```



```
a>>1=0xc 12
a>>2=0x6 6
a>>3=0x3 3
a>>4=0x1 1
```

位运算

2.常用的位运算

2.6.右移(>>)

运算规则：右移数据，左补0（逻辑右移）

右移数据，左补符号位（算术右移）－ C/C++的位运算时算术右移

★ 在不溢出(1不被舍去)的情况下，右移n位等于除2的n次方(当作有符号数理解)

例：char a=0x84；求a>>1

a=1000 0100

1100 0010　a>>1=0xc2

0x84 = -124
无符号：132
0xc2 = -62
无符号：194

最高位为1，若作为符号位，则表示负数

```
a=1000 0100
-)        1
  1000 0011
  0111 1100
```

补码 => 原码
(1)减1
(2)取反
(3)绝对值
|a|=124
|a>>1|=62

```
a=1100 0010
-)        1
  1100 0001
  0011 1110
```

```
#include <iostream>
#include <iomanip>
using namespace std;

int main()
{   char a=0x84;
    cout << "a=0x" << hex << int(a) << " "
         << dec << int(a) << endl;
    cout << "a>>1=0x" << hex << (int)(a>>1)<<" "
         << dec << (int)(a>>1) << endl;
}
```

```
a=0xffffff84 -124
a>>1=0xffffffc2 -62
```

```
#include <iostream>
#include <iomanip>
using namespace std;

int main()
{   unsigned char a=0x84;
    cout << "a=0x" << hex << int(a) << " "
         << dec << int(a) << endl;
    cout << "a>>1=0x" << hex << (int)(a>>1)<<" "
         << dec << (int)(a>>1) << endl;
}
```

```
a=0x84 132
a>>1=0x42 66
```

无符号数补0 !!!

位运算

2.常用的位运算

2.6.右移(>>)

例：char a=0x18;

```
a=0001 1000               (24)
  0000 1100   a>>1=0xc    (12)
  0000 0110   a>>2=0x6    (6)
  0000 0011   a>>3=0x3    (3)
  0000 0001   a>>4=0x1    (1) 溢出舍去了1
  0000 0000   a>>5=0x0    (0) 再次溢出舍去1
  0000 0000   a>>6=0x0    (0) >>6以上都是0
```

```
#include <iostream>
#include <iomanip>
using namespace std;

int main()
{   char a=0x18;
    int i;

    for(i=1; i<=6; i++) {
        a >>= 1;
        cout << "a>>" << i
             << "=0x" << hex << int(a) << " "
             << dec << int(a) << endl;
        }
}
```

```
a>>1=0xc 12
a>>2=0x6 6
a>>3=0x3 3
a>>4=0x1 1
a>>5=0x0 0
a>>6=0x0 0
```

例：char a=0x84;

```
a=1000 0100               (-124)
  1100 0010   a>>1=0xc2   (-62)
  1110 0001   a>>2=0xe1   (-31)
  1111 0000   a>>3=0xf0   (-16) 溢出舍去了1
  1111 1000   a>>4=0xf8   (-8)
  1111 1100   a>>5=0xfc   (-4)
  1111 1110   a>>6=0xfe   (-2)
  1111 1111   a>>7=0xff   (-1)
  1111 1111   a>>8=0xff   (-1) >>8以上都是-1
```

```
#include <iostream>
#include <iomanip>
using namespace std;

int main()
{   char a=0x84;
    int i;
    for(i=1; i<=8; i++) {
        a >>= 1;
        cout << "a>>" << i
             << "=0x" << hex << int(a) << " "
             << dec << int(a) << endl;
        }
}
```

```
a>>1=0xffffffc2 -62
a>>2=0xffffffe1 -31
a>>3=0xfffffff0 -16
a>>4=0xfffffff8 -8
a>>5=0xfffffffc -4
a>>6=0xfffffffe -2
a>>7=0xffffffff -1
a>>8=0xffffffff -1
```

位运算

2.常用的位运算

2.7.复合位运算符

&=　　|=　　^=　　<<=　　>>=

★ 将例中 a = a>>1; 改为 a >>= 1; 结果相同

```
#include <iostream>
#include <iomanip>
using namespace std;

int main()
{   char a=0x18;
    int i;

    for(i=1; i<=6; i++) {
        a >>= 1;
        cout << "a>>" << i
             << "=0x" << hex << int(a) << " "
             << dec << int(a) << endl;
           }
}
```

```
a>>1=0xc 12
a>>2=0x6 6
a>>3=0x3 3
a>>4=0x1 1
a>>5=0x0 0
a>>6=0x0 0
```

```
#include <iostream>
#include <iomanip>
using namespace std;

int main()
{   char a=0x84;
    int i;
    for(i=1; i<=8; i++) {
        a >>= 1;
        cout << "a>>" << i
             << "=0x" << hex << int(a) << " "
             << dec << int(a) << endl;
           }
}
```

```
a>>1=0xffffffc2 -62
a>>2=0xffffffe1 -31
a>>3=0xfffffff0 -16
a>>4=0xfffffff8 -8
a>>5=0xfffffffc -4
a>>6=0xfffffffe -2
a>>7=0xffffffff -1
a>>8=0xffffffff -1
```