# datalab 报告

姓名：李纪仪

学号：2022201543

| 总分 | bitXor | samesign | logtwo | byteSwap | reverse | logicalShift | leftBitCount | float_i2f | floatScale2 | float64_f2i | floatPower2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 34 | 1 | 2 | 4 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 |

test 截图：


# 解题报告

## 亮点

### samesign

- 注意到0既不是正数、也不是负数
- 调整条件判断顺序，减少条件判断和运算符使用

```
// 当x、y都为0时，输出1
if (!x && !y)
    return 1;
// 当x、y仅有一个为0时，输出0
if (!(x && y))
    return 0;
```

## logtwo

本质是在寻找最高位的1（不是符号位）的位置

使用二分的思想实现：

先判断是否大于16位，

大于，就检查更高8位

否则，检查更低8位

下一轮同样判断是否大于8位

大于，就检查更高4位

否则，检查更低4位

以此类推

如此，就不用进行31次的判断来寻找最高位的1，每次只判断是否大于这一轮的中间值，用递归的思想处理前一半或者后一半

```
int result = 0;               // 检查高位并累加到结果中
result = (v > 0xFFFF) << 4;   // 如果 v 大于 16 位
v >>= result;                 // 相应右移

int tmp = (v > 0xFF) << 3;
result |= tmp;               // 如果 v 大于 8 位
v >>= tmp;                   // 相应右移

tmp = (v > 0xF) << 2;
result |= tmp;  // 如果 v 大于 4 位
v >>= tmp;      // 相应右移

tmp = (v > 0x3) << 1;
result |= tmp;  // 如果 v 大于 2 位
v >>= tmp;      // 相应右移

return result | (v >> 1);  // 最后检查最高位，加入到结果中
```

## reverse

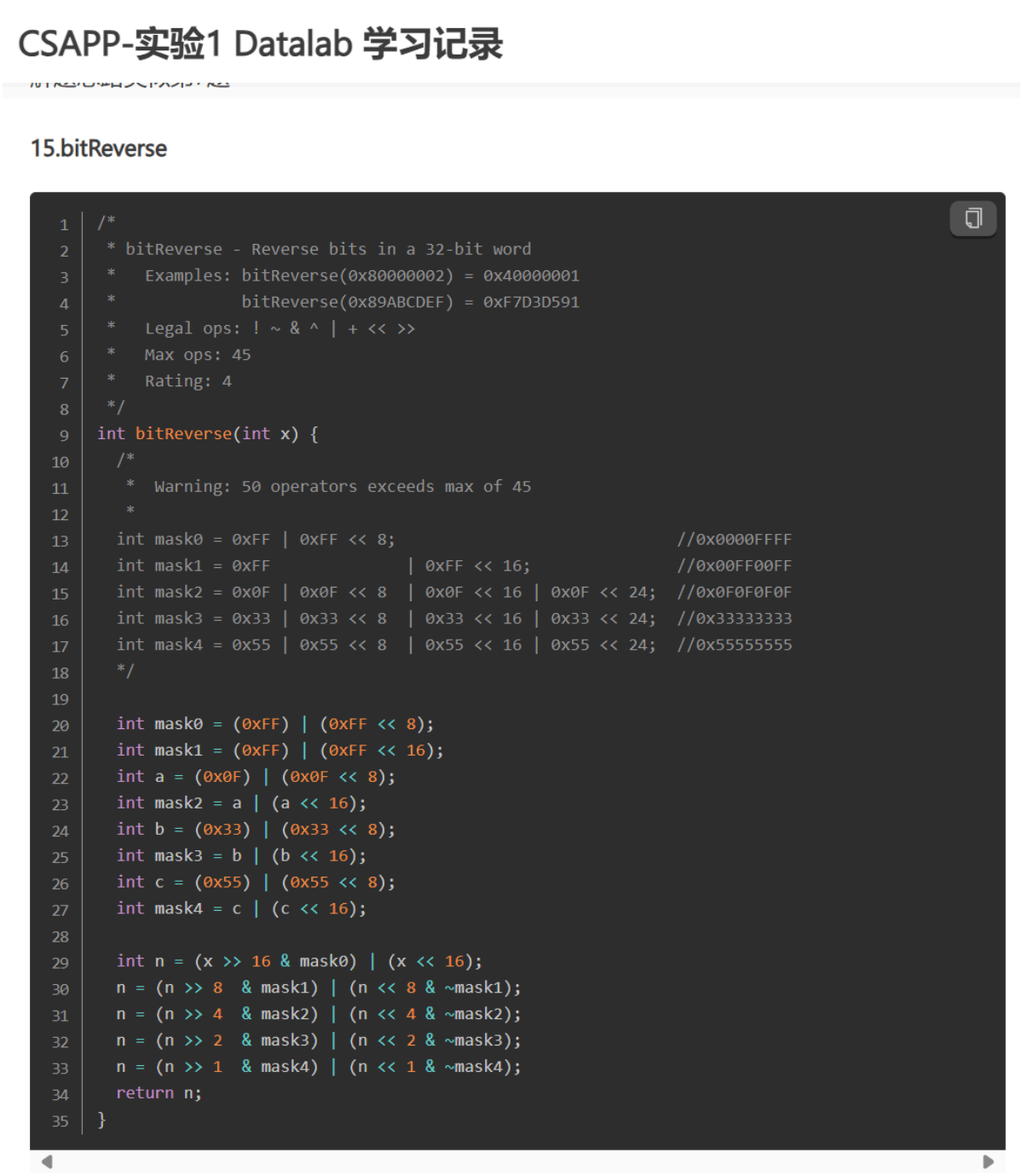
对于32位数，先分成16位一组交换，这样只用递归的交换这两组16位

对于16位数，同样可以分成8位一组交换，再递归处理每组的二进制码

以此类推

```
unsigned reverse(unsigned v) {
    v = (v >> 16) | (v << 16);                                  // 每16位一组交换
    v = ((v >> 8) & 0x00FF00FF) | ((v & 0x00FF00FF) << 8);  // 每8位一组交换
    v = ((v >> 4) & 0x0F0F0F0F) | ((v & 0x0F0F0F0F) << 4);  // 每4位一组交换
    v = ((v >> 2) & 0x33333333) | ((v & 0x33333333) << 2);  // 每2位一组交换
    v = ((v >> 1) & 0x55555555) | ((v & 0x55555555) << 1);  // 奇偶位交换
    return v;
}
```

思路来源CSAPP-实验1 Datalab 学习记录 - 简书 (jianshu.com)，如下图：




做出的优化，直接使用mask的16进制形式，减少运算符使用

## logicalShift

注意到`1 << 31 >> n << 1`与`0x80000000>>n<<1`运算结果不同

## leftBitCount

与`reverse`思路类似，不是遍历所有的二进制码得到左边连续的1，而是先判度高16位是否全是1，

是，则判断更低8位（9~16位）是否全是1

否，则判断更高8位（25~32位）是否全是1

对于这8位，再判断左侧4位是否全是1

以此类推

因为最后一步`cnt += (!!(~(x >> (cnt + 1))));`，至少会右移一次，所以0xffffffff和0xfffffffe需要分开判断（两者的cnt返回的都是1）故需要`int off = 1 & (!(~x));`来判断0xffffffff

思路来源于《深入理解计算机系统/CSAPP》Data Lab - 知乎 (zhihu.com)，（**实在是无法再优化**）如下图：


### floatScale2

对于非规格化数处理

- frac = f & 7FFFFF;
- if (frac >> 22 == 0), f*2还是非规格化数，frac直接左移一位
- if (frac >> 22 == 1), f*2是规格化数，frac左移一位后，frac最高位的1变为exp的一位，exp由0变1（结果乘2），规格化数frac最高位隐藏

所以处理非规格化数只需返回(uf << 1) | sign

# 反馈/收获/感悟/总结

# 参考的重要资料

CSAPP-实验1 Datalab 学习记录 - 简书 (jianshu.com)

《深入理解计算机系统/CSAPP》Data Lab - 知乎 (zhihu.com)

ICS Datalab - 知乎 (zhihu.com)

# 附录（完整代码）

## 1. bitXor

```
int bitXor(int x, int y) {
    return ~(x & y) & ~(~x & ~y);
}
```

思路：

- 观察真值表：

| x | y | Xor |
| --- | --- | --- |
| 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 0 |

- 异或可以表达为：

$$
\begin{aligned}
x \wedge y &= \sim((x \& y) | (\sim x \& \sim y)) \\
&= \sim(x \& y) \& \sim(\sim x \& \sim y)
\end{aligned}
$$

## 2. samesign

```
int samesign(int x, int y) {
    if (!x && !y)  // 当x、y都为0时，输出1
        return 1;
    if (!(x && y))  // 当x、y仅有一个为0时，输出0
        return 0;
    return !((x ^ y) >> 31);  // 当x、y都不为0时，异或后，最高位为1则符号不同，最高位为0则符号相同
}
```

思路：

- c语言整数大小为4byte，符号位为最高位
- 使用异或，通过最高位判断符号是否相同：`!((x^y)>>31)`
- 考虑异常情况：
  - 0既不是正数也不是负数
  - 当x，y都为0时，输出1
  - 当x，y仅有一个为0时，输出0

## 3. logtwo

```
int logtwo(int v) {
    int result = 0;               // 检查高位并累加到结果中
    result = (v > 0xFFFF) << 4;  // 如果 v 大于 16 位
    v >>= result;                 // 相应右移

    int tmp = (v > 0xFF) << 3;
    result |= tmp;               // 如果 v 大于 8 位
    v >>= tmp;                   // 相应右移

    tmp = (v > 0xF) << 2;
    result |= tmp;  // 如果 v 大于 4 位
    v >>= tmp;      // 相应右移

    tmp = (v > 0x3) << 1;
    result |= tmp;  // 如果 v 大于 2 位
    v >>= tmp;      // 相应右移

    return result | (v >> 1);  // 最后检查最高位，加入到结果中
}
```

思路：

本质是在寻找最高位的1（不是符号位）的位置

使用二分的思想实现：

先判断是否大于16位，

大于，就检查更高8位

否则，检查更低8位

下一轮同样判断是否大于8位

大于，就检查更高4位

否则，检查更低4位

以此类推

如此，就不用进行31次的判断来寻找最高位的1，每次只判断是否大于这一轮的中间值，用递归的思想处理前一半或者后一半

思路来源于博客（找不到了😭），做出的优化：使用tmp减少运算次数

## 4. byteSwap

```
int byteSwap(int x, int n, int m) {
    int n_shift = n << 3;  // n * 8 得到第 n 个字节的位位置
    int m_shift = m << 3;  // m * 8 得到第 m 个字节的位位置

    int mask = (0xFF << n_shift) | (0xFF << m_shift);
    int bytes = ((x >> n_shift) & 0xFF) << m_shift | ((x >> m_shift) & 0xFF) <<
n_shift;

    return (x & ~mask) | bytes;
}
```

思路：

- 提取第n、m字节
- 将原始数字x的n、m位置字节置为0
- 用或运算将字节插入交换后的位置

## 5. reverse

```
unsigned reverse(unsigned v) {
    v = (v >> 16) | (v << 16);                                  // 每16位一组交换
    v = ((v >> 8) & 0x00FF00FF) | ((v & 0x00FF00FF) << 8);  // 每8位一组交换
    v = ((v >> 4) & 0x0F0F0F0F) | ((v & 0x0F0F0F0F) << 4);  // 每4位一组交换
    v = ((v >> 2) & 0x33333333) | ((v & 0x33333333) << 2);  // 每2位一组交换
    v = ((v >> 1) & 0x55555555) | ((v & 0x55555555) << 1);  // 奇偶位交换
    return v;
}
```

思路：

对于32位数，先分成16位一组交换，这样只用递归的交换这两组16位

对于16位数，同样可以分成8位一组交换，再递归处理每组的二进制码

以此类推

## 6. logicalShift

```
int logicalShift(int x, int n) {
    return (x >> n) & ~(1 << 31 >> n << 1);
}
```

思路：

x 右移 n 位后，用 1 00...00 1111 (注：有 n 个 0 ) 去把算术右移的的符号位扩展置为 0

注：

- `return (x >> n) & ~(0x80000000 >> n << 1);` 中 `0x80000000 >> n << 1` 是算术右移，掩码变为1 00...00 1111错误
- `return (x >> n) & ~(1 << 31 >> n << 1);` 中 `1 << 31 >> n << 1` 是逻辑右移

## 7. leftBitCount

```
int leftBitCount(int x) {
    int cnt = 0;  // 初始化计数器 cnt，用于记录左边连续 1 的数量。

    // off 用于处理全 1 的特殊情况。如果 x 全是 1 (~x 全是 0)，off = 1，否则 off = 0。
    // (~x) 是 x 按位取反，!(~x) 是取反后的值再进行逻辑非运算，结果为 1 表示 x 全是 1，否则为 0。
    int off = 1 & (!(~x));

    // 检查 x 最高 16 位是否存在 0，如果存在 0，说明前 16 位不是全 1，则向右移 16 位并更新计数器。
    // (!!(~(x >> 16))) 用于判断 x 右移 16 位后的补码是否存在 0。若存在 0，结果为 1；否则为 0。
    // 结果乘以 16（即左移 4 位）以更新计数器 cnt。
    cnt += (!!(~(x >> 16))) << 4;

    // 接下来根据 cnt + 8 检查接下来的 8 位是否存在 0。
    // (!!(~(x >> (cnt + 8)))) 判断在 cnt 位置右移 8 位后的 x 是否存在 0。
    cnt += (!!(~(x >> (cnt + 8)))) << 3;

    // 再根据 cnt + 4 检查接下来的 4 位是否存在 0。
    cnt += (!!(~(x >> (cnt + 4)))) << 2;

    // 根据 cnt + 2 检查接下来的 2 位是否存在 0。
    cnt += (!!(~(x >> (cnt + 2)))) << 1;

    // 最后根据 cnt + 1 检查接下来的一位是否存在 0。
    cnt += (!!(~(x >> (cnt + 1))));

    // 返回结果是 32 减去 cnt 加上 off。off 的作用是处理全 1 的情况，如果 x 全是 1，结果会多加 1。
    return 32 + ~cnt + off;
}
```

思路：

与`reverse`思路类似，不是遍历所有的二进制码得到左边连续的1，而是先判度高16位是否全是1，

是，则判断更低8位（9~16位）是否全是1

否，则判断更高8位（25~32位）是否全是1

对于这8位，再判断左侧4位是否全是1

以此类推

因为最后一步`cnt += (!!(~(x >> (cnt + 1))));`，至少会右移一次，所以0xffffffff和0xfffffffe需要分开判断（两者的cnt返回的都是1）故需要`int off = 1 & (!(~x));`来判断0xffffffff

思路来源于《深入理解计算机系统/CSAPP》Data Lab - 知乎 (zhihu.com)，（**实在是无法再优化**🤦，只能疯狂写注释）

## 8. float_i2f

```
unsigned float_i2f(int x) {
    if (x == 0)
        return 0;

    unsigned sign = x & (1 << 31);          // 获取符号位，x 的最高位用于表示正负
    unsigned exp = 0;                       // 指数部分，后续通过移位确定
    unsigned frac = 0;                      // 尾数部分，将绝对值表示为尾数
    unsigned round = 0;                     // 处理舍入用的中间变量
    unsigned absX = sign ? (~x + 1) : x;    // 取 x 的绝对值，如果 x 是负数则取反加 1
    unsigned tmp = absX;                    // 临时变量用于计算指数

    // 计算指数：每次右移 absX，直到 tmp 变为 0
    // 统计移位次数，即求出 absX 是几位数，存储到 exp
    while ((tmp = tmp >> 1))
        ++exp;

    // 用cnt实现exp计算，会超运算符使用
    // int cnt = ((tmp >> 16)) << 4;
    // exp += cnt;
    // cnt = ((tmp >> (8 + cnt)) != 0) << 3;
    // exp += cnt;
    // cnt = ((tmp >> (4 + cnt)) != 0) << 2;
    // exp += cnt;
    // cnt = ((tmp >> (2 + cnt)) != 0) << 1;
    // exp += cnt;
    // cnt = ((tmp >> (1 + cnt)) != 0);
    // exp += cnt;


    // 计算尾数部分：将 absX 左移以得到尾数
    // 31 - exp 是为了移到最高位，并且再左移 1 位用于精度保留
    frac = absX << (31 - exp) << 1;

    // 提取需要用来舍入的部分：尾数的低位部分，用于决定是否舍入
    round = frac & 0x1FF;

    // 将尾数右移 9 位，保留高 23 位的有效部分
    frac = frac >> 9;

    // 舍入规则：如果舍入部分大于 0xFF + 1 = 0x100，则进 1，否则根据舍入部分大小决定是否进位
    // 当舍入部分恰好等于 0xFF + 1 时，采用尾数的最低位决定是否进位
    round = (round > 0x100) + ((round == 0x100) & (frac & 1));

    // 返回浮点数格式：符号位 | 指数部分 | 尾数部分，最后加上舍入值
    return (sign | ((exp + 0x7F) << 23) | frac) + round;
}
```

思路:

按int转float的规则实现

思路参考于[ICS Datalab - 知乎 (zhihu.com)]

- float_i2f(x)

```
/*
 * float_i2f - Return bit-level equivalent of expression (float) x
 *   Result is returned as unsigned int, but
 *   it is to be interpreted as the bit-level representation of a
 *   single-precision floating point values.
 *   Legal ops: Any integer/unsigned operations incl. ||, &&. also if, while
 *   Max ops: 30
 *   Rating: 4
 */
unsigned float_i2f(int x) {
  unsigned sign = x & (1 << 31);
  unsigned exp = 0;
  unsigned frac = 0;
  unsigned round = 0;
  unsigned absX = sign ? (~x + 1) : x;
  unsigned tmp = absX;
  while ((tmp = tmp >> 1))
      ++exp;
  frac = absX << (31 - exp) << 1;
  round = frac << 23 >> 23;
  frac = frac >> 9;
  if (round > 0xFF + 1) round = 1;
  else if (round < 0xFF + 1) round = 0;
  else round = frac & 1;
  return x ? (sign | ((exp + 0x7F) << 23) | frac) + round : 0;
}
```

做出的优化

- 优化了round的计算`round = (round > 0x100) + ((round == 0x100) & (frac & 1));`
- 尝试优化取消while循环，但是会超运算符使用次数

```
// 用cnt实现exp计算，会超运算符使用
// int cnt = ((tmp >> 16)) << 4;
// exp += cnt;
// cnt = ((tmp >> (8 + cnt)) != 0) << 3;
// exp += cnt;
// cnt = ((tmp >> (4 + cnt)) != 0) << 2;
// exp += cnt;
// cnt = ((tmp >> (2 + cnt)) != 0) << 1;
// exp += cnt;
// cnt = ((tmp >> (1 + cnt)) != 0);
// exp += cnt;
```

## 9. floatScale2

```
unsigned floatScale2(unsigned uf) {
    int exp = uf & 0x7f800000;      // 提取指数部分
    int sign = (uf & 0x80000000);   // 提取符号位
    if (exp == 0)                   // 非规格化数或0
        return (uf << 1) | sign;    // 左移一位并保留符号位
    if (exp == 0x7f800000)          // 无穷大或NaN
        return uf;
    exp += 0x800000;                  // 指数加1（乘以2）
    if (exp == 0x7f800000)            // 溢出到无穷大
        return 0x7f800000 | sign;     // 返回无穷大并保留符号位
    return (uf & 0x807fffff) | exp;   // 返回新浮点数：更新后的指数加原符号和小数部分
}
```

思路：

处理非规格化数

- frac = f & 7FFFFF;
- if (frac >> 22 == 0), f*2还是非规格化数，frac直接左移一位
- if (frac >> 22 == 1), f*2是规格化数，frac左移一位后，frac最高位的1变为exp的一位，exp由0变1（结果乘2），规格化数frac最高位隐藏

所以处理非规格化数只需返回(uf << 1) | sign

## 10. float64_f2i

```
int float64_f2i(unsigned uf1, unsigned uf2) {
    int s = uf2 & 0x80000000;                          // 符号位
    int exp = (uf2 >> 20) & 0x7FF;                     // 指数部分
    int frac = ((uf2 & 0xFFFFF) << 12) | (uf1 >> 20);  // 合并尾数

    int E = exp - 1023;  // 调整指数
    if (E < 0)
        return 0;  // 指数小于0，表示值小于1，返回0（下溢）

    if (E >= 31)
        return 0x80000000;  // 指数过大，溢出，返回最大值

    frac = (frac | 0x100000) >> (20 - E);  // 恢复隐含的1位，并根据E调整尾数

    return s ? -frac : frac;  // 根据符号返回最终结果
}
```

思路：

对于c语言中的double：

| sign | exp | frac |
| --- | --- | --- |
| 1位 | 11位 | 52位 |

提取符号：int s = uf2 & 0x80000000;

提取exp：int exp = (uf2 >> 20) & 0x7FF;

0x7FF 为11位1，可以保留11位的exp并将剩余位置为0

提取合并尾数：尾数部分由 `uf2` 的低20位和 `uf1` 的高12位拼接而成。将 `uf2` 的低20位左移12位后与 `uf1` 的高12位合并，构成完整的尾数

## 11. floatPower2

```
unsigned floatPower2(int x) {
    if (x < -149)  // 结果太小，返回 0
        return 0;
    if (x < -126)                 // 非规格化数的情况
        return 1 << (149 + x);    // 计算出尾数的二进制表示
    if (x < 128)                  // 正常情况，计算指数部分
        return (x + 127) << 23;   // 指数转换为浮点格式
    return 0x7F800000;            // 结果太大，返回正无穷大
}
```

思路（ics课上有讲过这题，思路与课堂讲解的代码一致）：

对于c语言中的float：

| sign | exp | frac |
| --- | --- | --- |
| 1位 | 8位 | 23位 |

bias = 127（规格化数） 或 126（非规格化数）

- 当 x < - (23 + 126) = -149时，结果太小，float的精度无法表示，返回0
- 当 -149 <= x < -126时，结果为非规格化数，exp = 0
- 当 x < 128 时，exp<255，结果为规格化数，exp = x + 127
- 当 x > 127 时，exp >254，结果为无穷