LAB02

——二进制除法

PB18071496_李昱祁

一．实验要求

用十六进制编辑器（如 xxd、wxHexEditor、010Editor 等），以 LC-3 机器语言编写一个带有的程序，以便对给定值执行 1 位算术右移。

具体要求：

•在 R0 寄存器中给出 16 位有符号整数输入值。输出值也要放置在 R0 寄存器中

•您的程序将从 x3000 加载并执行。

•执行的最后一条指令应该是 HALT。

•执行后，R7 寄存器应保持不变。

二．设计思路

R0：存放输入的数据

R1：存放与 R0 进行 AND 运算的操作数

R2：存放待加数

R3：存放计算结果；程序结束前将 R3 的值转入 R0 中

R4：计数器

R5：存放 AND 运算结果

R6：用于计算 x8000

利用“按位与” AND 运算，依次判断 R0 中补码整数第 2~16 位是“0”还是“1”，据此确定右移后结果第 1 ~ 15 位上是“0”还是“1”

之后根据 R0 中数值的正负，来判断结果第 16 位补“0”还是“1”．

算法描述如下：

（1） R1=x0002，R2=x0001，R3=x0000
R4=x000E，R6=x0000（初始化各寄存器）
（2） R5=R1 & R0;
若 R5 等于 0，转（4）
（3） 将 R2 内容加到 R3
（4） R2=R2<<1 ， R1=R1<<1 （将 R2 与 R1 中的值都左移一位，以对 R0 下一位进行判断）
（5） R4=R4-1;
若 R4>0,转（2）；否则继续进行（6）
（6） 若 R0 非负,直接进行（7）；
否则，R3=R3+x8000，之后再进行（7）
（7） 将 R3 中内容转移至 R0，完毕。

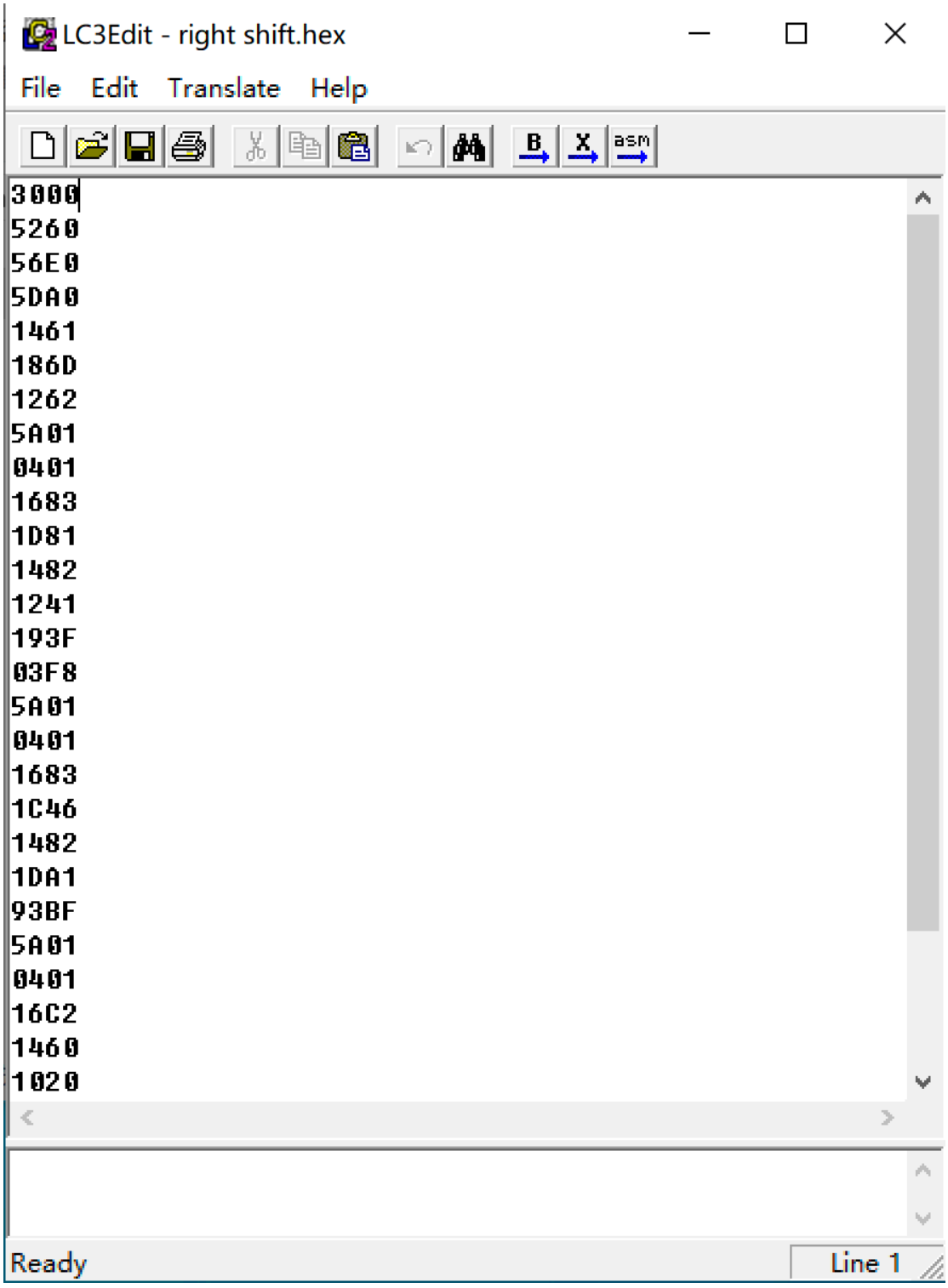
三．编写过程

其中加法（ADD）、按位与（AND）、跳转（BR）由相应指令来完成

左移<<运算用加法操作来完成； 当需要将 x4000 左移时，由于 16 位补码加法产生溢出，故直接用赋值 x8000 来完成。

由于程序要求以 HALT 结尾，且 x8000 直接作为指令时非法，故无法从内存中直接 .FILL 装载 x8000；我选择利用 R6 寄存器，在前边的过程中，先顺带将 R6 内容装为 x7FFF，再 NOT 按位取反后得到 x8000，之后便可以使用。

之后按照前面已经设计的算法，根据各步骤指令对应的机器码格式，即可写出对应的 16 进制机器码



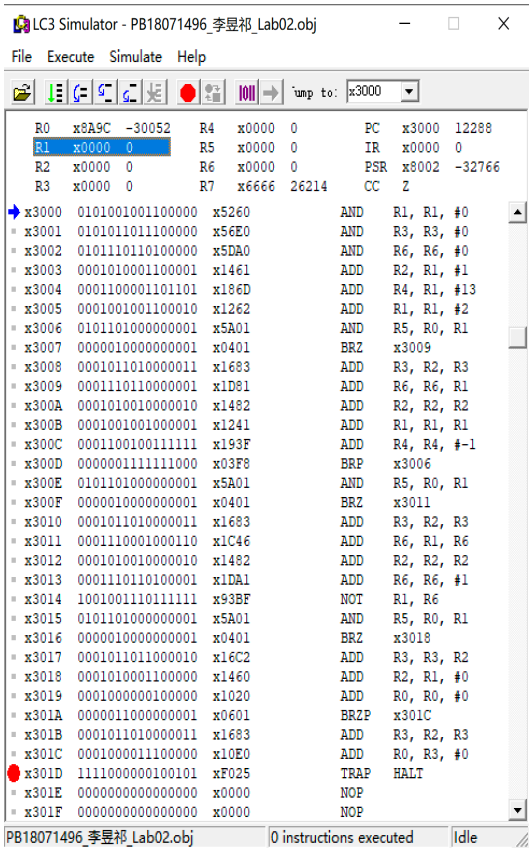
四．测试用例

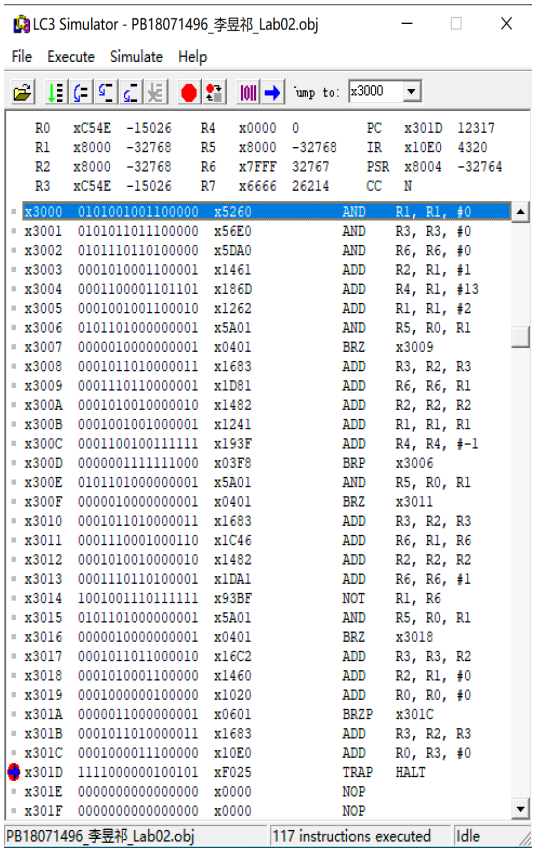
之后对生成的 .obj 文件进行测试，测试用例包含了负数（检验最高位是否可以补“1”）、奇数（检验最低位是否被丢弃）等

并且在测试前在 R7 中放置一个随机数，检验在程序执行到 HALT 前 R7 中内容是否会被改变

如下为使用讲义中给出的例子进行测试。程序执行前后 LC-3 模拟器状态如下：

（开始时 R0 装 x8A9C，R7 装 x6666）





可见与讲义中给出的结果（R0 装 xC54E、R7 仍为 x6666）一致

之后又对其他数据进行了测试，

如下对 xCCCC 进行右移测试。测试前各 GPR 状态如下：

R0	xCCCC	-13108	R4	x0000	0	PC	x3000	12288
R1	x0000	0	R5	x0000	0	IR	x0000	0
R2	x0000	0	R6	x0000	0	PSR	x8002	-32766
R3	x0000	0	R7	xFFFF	-1	CC	Z	

测试后：

R0	xE666	-6554	R4	x0000	0	PC	x301D	12317
R1	x8000	-32768	R5	x8000	-32768	IR	x10E0	4320
R2	x8000	-32768	R6	x7FFF	32767	PSR	x8004	-32764
R3	xE666	-6554	R7	xFFFF	-1	CC	N	

可见 R0 中已经装入 xCCCC 右移一位的结果且最高位补 “1”

且 R7 中的数据在程序执行后并未发生改变

再对一些正数进行实验：

```
R0   x0CFD  3325      R4   x0000  0         PC   x3000  12288
R1   x0000  0         R5   x0000  0         IR   x0000  0
R2   x0000  0         R6   x0000  0         PSR  x8002  -32766
R3   x0000  0         R7   x0001  1         CC   Z
```

执行程序后结果为：

```
R0   x067E  1662      R4   x0000  0         PC   x301D  12317
R1   x8000  -32768    R5   x0000  0         IR   x10E0  4320
R2   x8000  -32768    R6   x7FFF  32767     PSR  x8001  -32767
R3   x067E  1662      R7   x0001  1         CC   P
```

可见此时最高位会补 “0” 且最低位的 “1” 被丢弃。

之后还测试了其它用例，均成功得出正确的结果，在此不再一一列举。

五．附录

“PB18071496_李昱祁_Lab02.pdf”

“PB18071496_李昱祁_Lab02.bin”