

lab1

实验目的

1. 熟悉LC-3指令集, 包括各种指令的操作和用途.
2. 了解LC-3的各种寄存器的用途和如何在程序中使用它们.
3. 学习LC-3中的分支和条件执行指令, 以及如何使用它们来控制程序流程.
4. 理解LC-3指令的编码方式, 包括操作码和操作数, 以更深入地理解机器码, 并实践体验使用机器码编写程序的过程.
5. 学会如何使用LC-3模拟器来调试程序, 查找和修复错误.

实现步骤

程序开始

根据题目要求, 程序应从地址 `x3000` 开始, 代码如下:

```
0011 0000 0000 0000    ; 程序从x3000开始
```

加载n

根据题意, `n`存放在地址 `x3100`, 因此使用LD指令将其加载进寄存器 `R1`. 由于程序从 `x3000` 开始, 故当前的PC值应为 `x3001`, LD指令中 `PCOffset9` 的值应为 `x3100-x3001=xFF`, 代码如下:

```
0010 001 01111111      ; LD R1,0xFF 将n从x3100加载进R1(x3100-x3001=xFF)
```

将寄存器R2用于计数

使用AND指令将寄存器 `R2` 与0按位与, 从而将其全部清零, 代码如下:

```
0101 010 010 1 0000    ; AND R2,R2,#0 R2清零用于计数
```

判断n的奇偶

奇数的最后一位应是1, 偶数的最后一位应是0, 因此若 $n \& 1 = 1$ 则`n`为奇数, 否则为偶数. 使用寄存器 `R3` 保存AND的结果, 再使用BRp指令判断其是否为正数, 若是则`n`为奇数, 跳过计算补码的步骤. 代码如下:

```
0101 011 001 1 00001 ; AND R3,R1,#1 将n与1按位与, 结果存入R3
0000 001 000000010 ; BRp PC+2 R1&1=1表明n为奇数, 直接跳到3行后
```

计算偶数n的负数的补码

先使用NOT指令将n按位取反, 再使用ADD指令加1, 得到n的负数的补码. 代码如下:

```
1001 001 001 1 11111 ; NOT R1,R1 否则n为偶数, 需要计算补码, 将n取反
0001 001 001 1 00001 ; ADD R1,R1,#1 将n加1得到补码
```

循环控制

使用寄存器 R3 作为循环计数, 首先将其初始化为16, 然后每次循环主体结束后将其减1, 使用BRp指令判断其是否仍为正数, 若是则继续循环, 否则结束循环. 代码如下:

```
0101 011 011 1 00000 ; AND R3,R3,#0 R3清零
0001 011 011 1 01111 ; ADD R3,R3,#15 R3+=15
0001 011 011 1 00001 ; ADD R3,R3,#1 现在R3=16, 表示剩余循环次数
...(循环内操作)...
0001 011 011 1 11111 ; ADD R3,R3,#1 剩余循环次数减1
0000 001 111111010 ; BRp PC-5 R3>0表示计数未完成, 继续循环
```

循环内: 逐位判断是否为0

1. 若n的首位为1, 则n为负数, 因此可以用BRn语句判断n是否为负数, 若是则跳过计数器加1的步骤, 否则将计数器 R2 加1.
2. 每轮计数结束后, 将n左移一位 (即让它加自己), 这样下一位将成为首位.
3. 由于n是16位数, 因此循环进行16次.

代码如下:

```
0001 001 001 1 00000 ; ADD R1,R1,#0 用于下一行的判断
0000 100 000000001 ; BRn PC+1 R1为负数表明其首位为1, 跳过下面一行, 计数器不加1
0001 010 010 1 00001 ; ADD R2,R2,#1 将计数器R2加1
0001 001 001 0 00 001 ; ADD R1,R1,R1 将R1乘2, 即左移一位
```

结果处理

1. 将 R3 清零, 再加7, 用于存储我学号最后一位.
2. 使用ADD指令将 R2 的结果加上 R3, 结果存储在 R2, 作为最终结果.
3. 使用STI指令分别将学号最后一位和最终结果分别存储在地址 x3101 和 x3102.
4. 使用HALT指令结束程序.

5. 在程序最后列出 x3101 和 x3102 .

代码如下:

```
0101 011 011 1 00000 ; AND R3 R3 #0 R3清零
0001 011 011 1 00111 ; ADD R3 R3 #7 R3加7(我学号最后一位)
0001 010 010 0 00 011 ; ADD R2 R2 R3 最终结果加上学号最后一位
1011 011 000000010 ; STI R3,PC+2 将学号最后一位存入x3101(在3行后列出)
1011 010 000000010 ; STI R2,PC+2 将最终结果存入x3102(在3行后列出)
1111000000100101 ; halt
0011 0001 0000 0001 ; x3101
0011 0001 0000 0010 ; x3102
```

验证结果

使用自动评测机验证. 先验证实验文档中的两个测试样例, 结果如下:

机器码评测

2 / 2 个通过测试用例

- 平均指令数: 104
- 通过 5:22000197, 指令数: 108, 输出: 7,21
- 通过 100:22000197, 指令数: 100, 输出: 7,11

随机生成100个测试样例:

20947:22000197,2856:22000197,61933:22000197,3846:22000197,6333:22000197,20549:22000197,45861:22000197,45030:22000197,5521:22000197,61928:22000197,13031:22000197,33023:22000197,56857:22000197,30577:22000197,1514:22000197,51105:22000197,64743:22000197,11112:22000197,56939:22000197,3417:22000197,11899:22000197,1154:22000197,20642:22000197,63791:22000197,55750:22000197,2321:22000197,15399:22000197,44047:22000197,45515:22000197,42577:22000197,30683:22000197,23645:22000197,728:22000197,13703:22000197,7682:22000197,4931:22000197,24633:22000197,53501:22000197,45197:22000197,14215:22000197,48641:22000197,1315:22000197,3269:22000197,30567:22000197,53406:22000197,39259:22000197,3735:22000197,10313:22000197,23644:22000197,31892:22000197,25394:22000197,35743:22000197,49892:22000197,22072:22000197,20825:22000197,7562:22000197,34823:22000197,40655:22000197,44311:22000197,39228:22000197,6876:22000197,5416:22000197,58424:22000197,11751:22000197,52104:22000197,2122:22000197,59394:22000197,17614:22000197,54534:22000197,11846:22000197,60807:22000197,19445:22000197,60194:22000197,34158:22000197,45710:22000197,54695:22000197,38053:22000197,44997:22000197,10333:22000197,14808:22000197,56630:22000197,42979:22000197,46590:22000197,44300:22000197,692:22000197,54105:22000197,64375:22000197,60766:22000197,54379:22000197,51224:22000197,11455:22000197,49623:22000197,47621:22000197,258

91:22000197,56894:22000197,33764:22000197,4704:22000197,57735:22000197,61473:22000197,47588:22000197

测试结果:

机器码评测

100 / 100 个通过测试用例

- 平均指令数: 102.57
- 通过 20947:22000197, 指令数: 102, 输出: 7,15
- 通过 2856:22000197, 指令数: 103, 输出: 7,14
- 通过 61933:22000197, 指令数: 99, 输出: 7,12
- 通过 3846:22000197, 指令数: 102, 输出: 7,13
- 通过 6333:22000197, 指令数: 102, 输出: 7,15
- 通过 20549:22000197, 指令数: 105, 输出: 7,18
- 通过 45861:22000197, 指令数: 102, 输出: 7,15
- 通过 45030:22000197, 指令数: 107, 输出: 7,18
- 通过 5521:22000197, 指令数: 104, 输出: 7,17
- 通过 61928:22000197, 指令数: 107, 输出: 7,18

实验总结

通过本次实验, 我:

1. 初步了解了计算机体系结构的底层知识, 包括寄存器、内存、指令集等方面.
2. 理解了条件分支等非顺序结构在机器码中是如何实现的.
3. 学会了使用LC-3模拟器来调试程序, 提高了发现并修复程序错误的能力.