山东大学 计算机科学与技术 学院

计算机体系结构 课程实验报告

学号：202000130143	姓名： 郑凯饶	班级： 计科 1 班
实验题目：实验二 用 WinDLX 模拟器执行程序		
实验学时：2	实验日期： 4.19	

实验目的：

通过本实验，熟练掌握 WinDLX 模拟器的操作和使用，清楚 WinDLX 五段流水线在执行具体程序时的流水情况，熟悉 DLX 指令集结构及其特点。

硬件环境：

Dell Latitude 5411
Intel(R) Core(TM) i5-10400H CPU @ 2.60GHz(8GPUs),~2.6GHz

软件环境：

VMware Workstation 16 Player
Windows 7

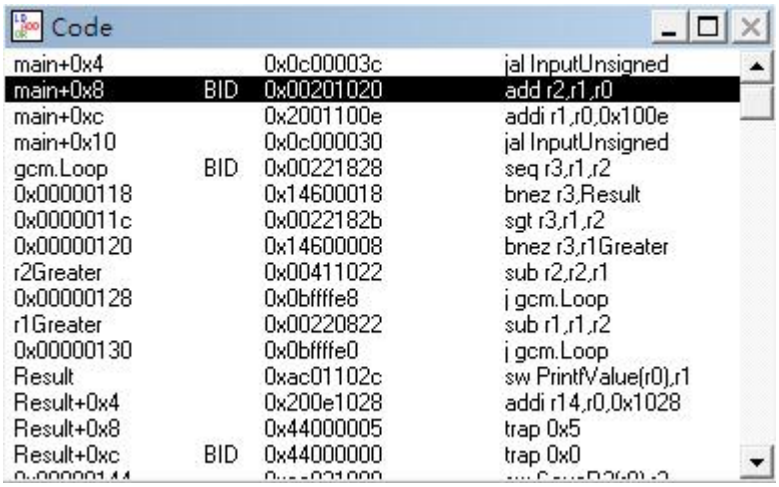
实验步骤与内容：

1．阅读汇编代码，程序用辗转相减法实现求取两个数的 gcm（最大公约数）：

```
        .data

        ;*** Prompts for input
Prompt1:    .asciiz     "First Number:"
Prompt2:    .asciiz     "Second Number: "

        ;*** Data for printf-Trap
PrintfFormat:   .asciiz     "gcM=%d\n\n"
        .align      2
PrintfPar:      .word       PrintfFormat
PrintfValue:    .space      4


        .text
        .global main
main:
        ;*** Read two positive integer numbers into R1 and R2
        addi    r1,r0,Prompt1   ; 将该字符串的地址存储至 r1 中，后面 InputUnsigned 会取地址并输出
        jal     InputUnsigned   ;read uns.-integer into R1
        add     r2,r1,r0        ;R2 <- R1
        addi    r1,r0,Prompt2
```

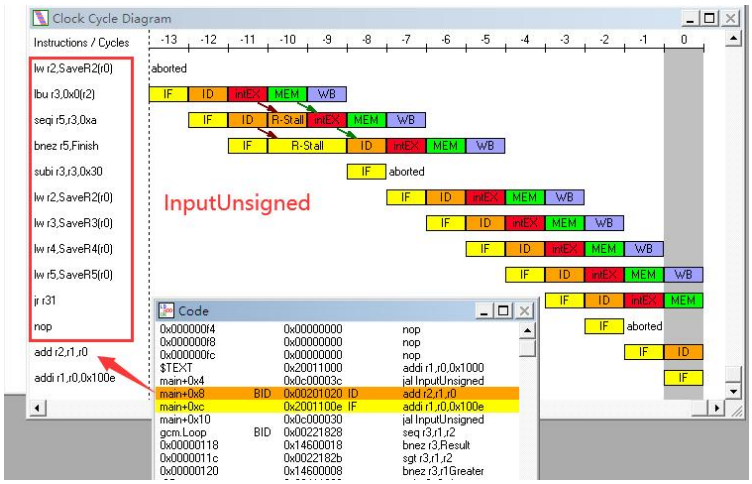
```
        jal     InputUnsigned    ;read uns.-integer into R1

Loop:                            ;*** Compare R1 and R2
        seq     r3,r1,r2         ;R1 == R2 ?
        bnez    r3,Result
        sgt     r3,r1,r2         ;R1 > R2 ?
        bnez    r3,r1Greater
        ; 辗转相减法求最大公约数
r2Greater:  ;*** subtract r1 from r2
        sub     r2,r2,r1
        j       Loop

r1Greater:  ;*** subtract r2 from r1
        sub     r1,r1,r2
        j       Loop

Result:     ;*** Write the result (R1)
        sw      PrintfValue,r1
        addi    r14,r0,PrintfPar
        trap    5

        ;*** end
        trap    0
```

2．装载程序并设置断点



3．运行程序

F5 运行程序至第一个断点处 main+0x8 处，可以看到 InputUnsigned 的汇编代码被展开。

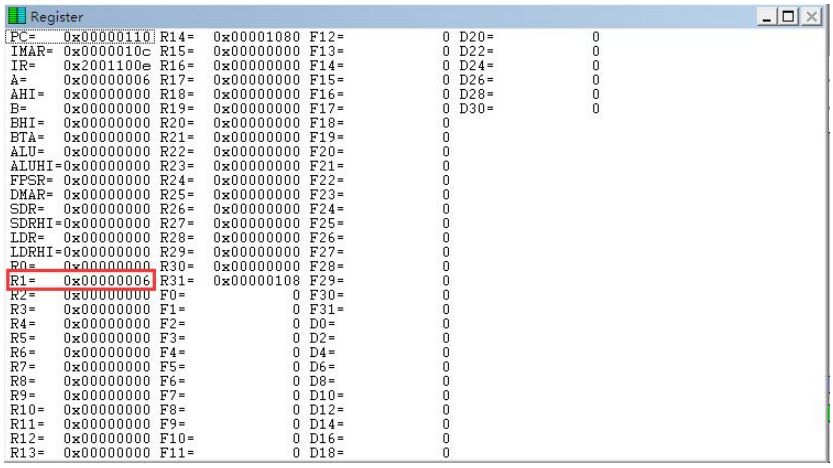


在 Clock Cycle Diagram 窗口中看到了红色箭头和绿色箭头。

红色箭头是因为指令之间发生了冲突，后面的指令会插入 stall，通过延时解决该冲突。

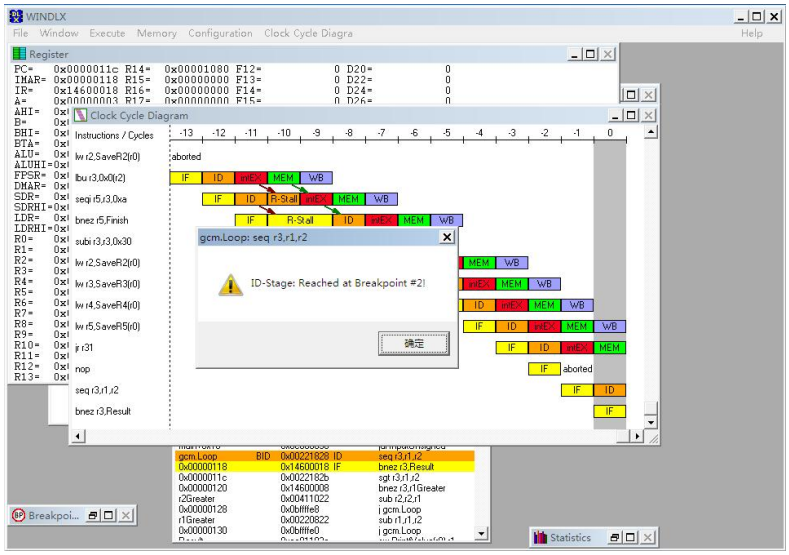
如指令 lbu r3，0x0[r2]和指令 seqi r5，r3，0xa，前者在 MEM 阶段访存将 0x0[r2]地址内容 load 至 r3 中，后者在 ID 阶段取 r3 寄存器内容作为源操作数，此处发生数据相关。因此 lbu 指令的 MEM 执行完之后才能执行 seqi 指令的 ID，绿色箭头就是通过定向技术在访存获得结果之后，立刻送至执行机构，不需要 seqi 指令再从 r3 寄存器中读取，减少等待时间。即使这样，还是要加入一个 R-stall，红色箭头也可以理解为 stall 的产生源头。

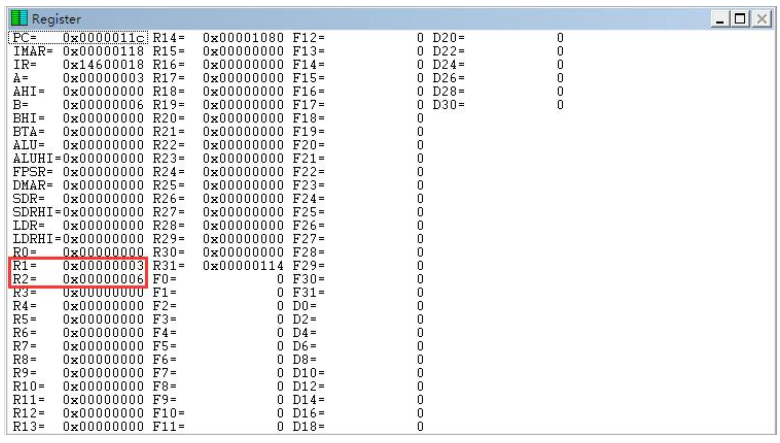
同样分析指令 seqi r5，r3，0xa 和下一条指令 bnez r5，Finish，也是数据冲突，而由于 seqi 指令和前一条指令产生了冲突，插入了一个 stall，bnez 需要插入两个 stall，保证 seqi 指令的执行阶段 intEX 完成，然后通过定向技术将结果送至 bnez 的译码阶段。



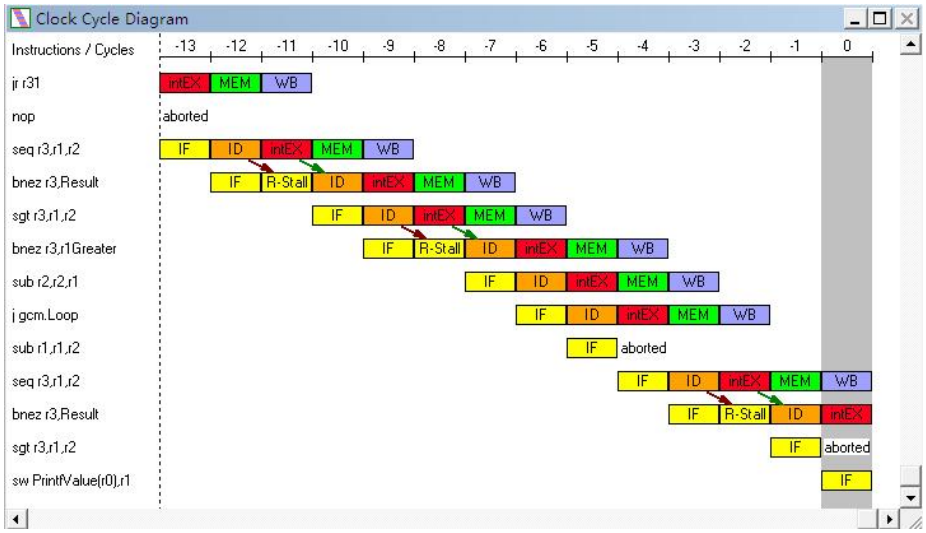
从 Register 窗口可以看到输入数被保存在 r1 寄存器中。

F5 执行到第二个断点处，此时输入完成。可以看到第一个输入被保存在了 R2，第二个输入数被保存在了 R1，准确来说调用 InputUnsigned 函数返回结果会保存在 R1 寄存器中。





F5 继续执行，停止第三个断点，之后通过 F7 单步执行程序。可以看到程序的核心循环。



这里我们逐句分析：

Seq r3, r1, r2：比较 r1,r2 寄存器值，如果相等，会跳转至 Result 输出结果。

这里 r1=3,r2=6 不相等，因此向下执行。

Sgt, r3, r1, r2：比较 r1,r2 寄存器值，若 r1 大于 r2，则跳转 r1Greater 执行，这里不大于，因此向下执行。

Sub r2, r2, r1：r2-r1->r2，辗转相减法用大数减去小数，新得到的两个的 gcm 等于原来 r1,r2 中两个数的 gcm.

此时，r1=3,r=2.

I gcm Loop：跳转至 Loop 标识符处，循环执行。

由于跳转后面一句被废弃。

Seq r3, r1, r2：这时相等满足，跳转至 Result，后面一句被废弃。

Sw PrintValue[r0], r1：将结果存储到指定位置，准备输出。

可以看到红绿箭头的组合重复出现了三次，这均是因为前一条指令要生成下一条条件跳转的判断条件，只能添加一个 stall 并在 IntEX 阶段后将结果定向传送至条件跳转指令的 ID 阶段。

最后得到程序的执行结果为 3.

结论分析与体会：

之前我没有系统学习过汇编，通过这个系列实验以及 chatgpt 的强力加持，我对汇编程序的结果有了进一步的认识。深入理解了汇编指令如何通过流水线的方式并发执行，以及这个过程会产生的各种相关性问题和对应的解决措施。