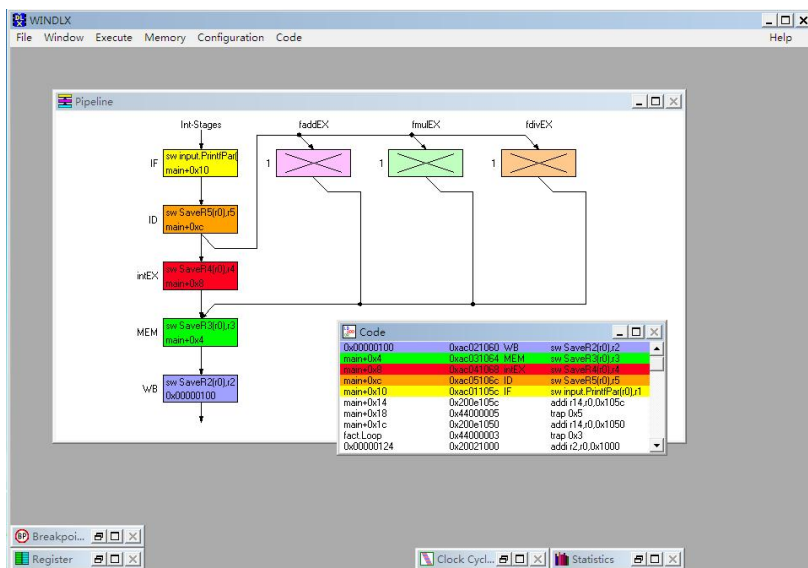


学号：202000130143	姓名： 郑凯饶	班级： 计科 1 班
实验题目：实验一 熟悉 WinDLX 的使用		
实验学时：2	实验日期： 4. 14	
实验目的： 通过本实验，熟悉 WinDLX 模拟器的操作和使用，了解 DLX 指令集结构及其特点。		
硬件环境： Dell Latitude 5411 Intel (R) Core(TM) i5-10400H CPU @ 2.60GHz (8GPUs), ~2.6GHz		
软件环境： VMware Workstation 16 Player Windows 7		
实验步骤与内容： 1. 配置 设置内存大小，不同浮点运算延时，是否开启 Symboloc address, Absolute Cycle Count 和 Enable Forwarding 等功能。 Symbolic address（符号地址）是指在程序中使用的抽象地址，它代表着程序中某个变量或指令的位置。在流水线中，符号地址通常用来表示指令的位置，通过它可以实现指令的跳转和分支等操作。 Absolute Cycle Count（绝对时钟周期数）是指指令在流水线中执行所需要的总时钟周期数。在流水线中，每个指令需要经过多个阶段才能完成执行，每个阶段需要占用一个或多个时钟周期。因此，绝对时钟周期数可以反映指令的执行效率和流水线的性能。 Enable Forwarding（使能转发）是一种流水线技术，用于解决数据冒险（data hazard）问题。在指令执行过程中，如果后面的指令需要用到前面指令的结果，而前面指令的结果还未写回寄存器，就会出现数据冒险问题。启用转发技术可以将前面指令的结果直接传递给后面指令，避免数据冒险带来的性能损失。		
<div><div>Floating Point Stage Configuration</div><div><div>Count:</div><div>Delay:</div><div>Addition Units: 12</div><div>Multiplication Units: 15</div><div>Division Units: 119</div><div>Number of Units in each Class: 1 <= M <= 8, Delay (Clock Cycles): 1 <= N <= 50</div><div>WARNING: If you change the values, the processor will be reset automatically!</div><div>OKCancel</div></div></div> 2. 装载		

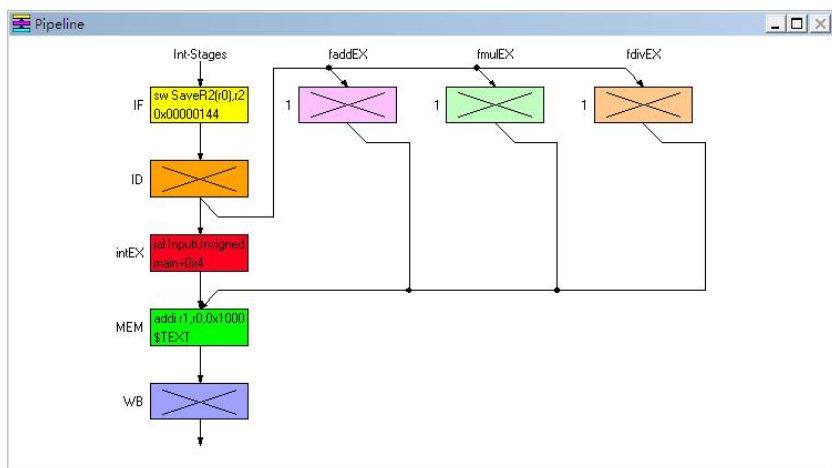
根据实验指导书步骤装载 facy.s 和 input.s 程序, 选择文件的顺序会影响文件在存储器中的出现顺序。

3. 模拟

Pipeline 窗口

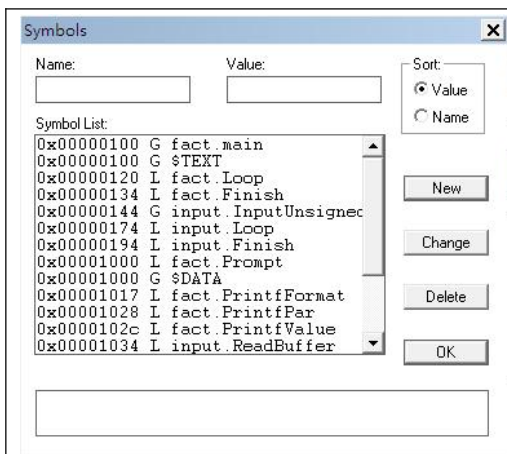


F7 单步执行。



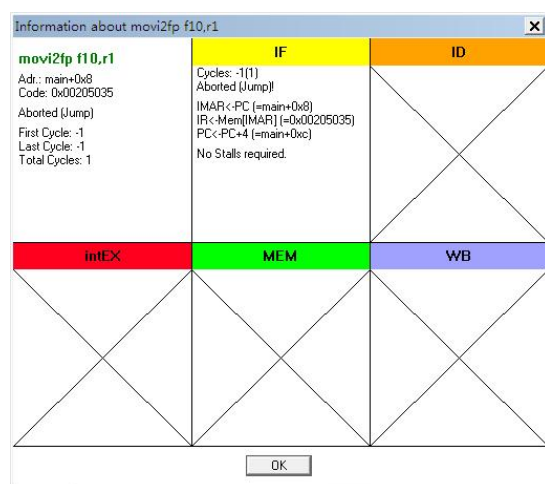
再次按下 F7 键, 代码窗口中的颜色会再改变, 红色表明命令处入第三段“intEX”。再按下 F7, 图形显示将变为: 在代码窗口中, 黄色出现在更下面的位置, 并且可能是唯一彩色行。查看一下 Pipeline 窗口, 你会发现 IF, intEX 和 MEM 段正在使用而 ID 段没有。为什么?

因为第二条指令 jal 为无条件跳转指令, 但只有在第三个时钟周期译码之后才知道, 此时, 下一条指令 movi2fp 已经取出, 故取消它, 在流水线中留下气泡。

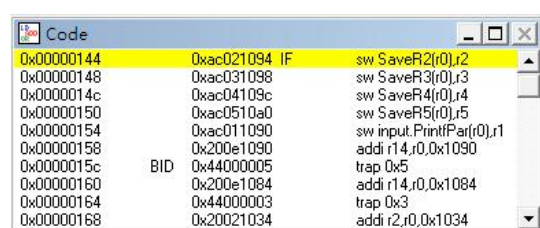


Jal 的目标地址为 InputUnsigned，在 symbols 中可以找到它的定义为 0x144。

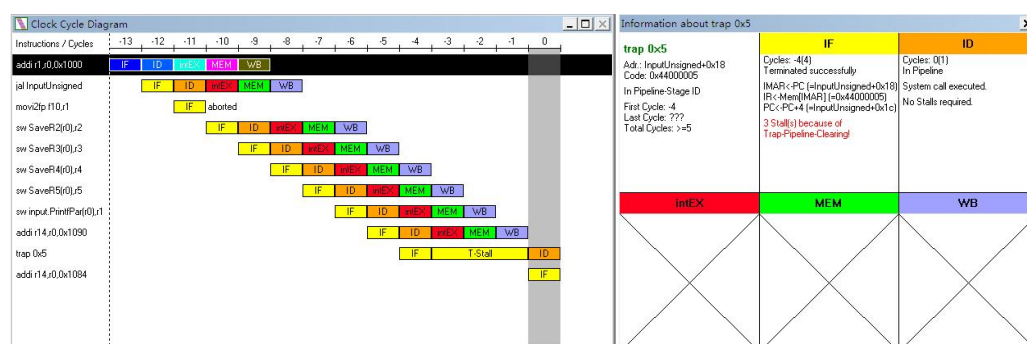
在 pipeline 窗口中点击指令 movi2fp，可以查看指令各个阶段的执行详情。



在地址 0x000015c 处设置断点，该命令为 trap 0x5c，是在屏幕输出的系统调用。



BID 代表断点设置在 ID 阶段，在该指令的译码阶段，程序停止。
F5 执行至断点处。



执行 trap 命令 DLX 处理器中的流水线将清空, 3 stalls because of Trap-Pipeline-Clearing, trap 通过阻塞 IF 段将流水线排空。

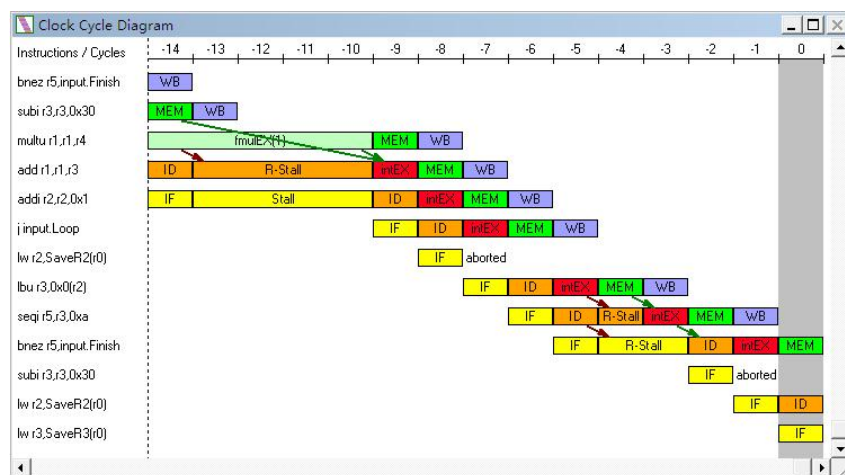


An integer value >1 : █

在 0x194 和 0x1a4 处设置断点。F5 执行。在跳出的窗口输入 5.



An integer value >1 : 5█



在 Clock cycle diagram 窗口中, 在指令之间出现了红和绿的箭头。红色箭头表示需要一个暂停, 箭头指向处显示了暂停的原因。R-Stall (R-暂停) 表示引起暂停的原因是 RAW。绿色箭头表示定向技术的使用。

查看 Register 窗口:

PC=	0x0000019c	R14=	0x00001084	F12=	0	D20=	0
IMAR=	0x00000198	R15=	0x00000000	F13=	0	D22=	0
IR=	0x8c031098	R16=	0x00000000	F14=	0	D24=	0
A=	0x00000000	R17=	0x00000000	F15=	0	D26=	0
AHI=	0x00000000	R18=	0x00000000	F16=	0	D28=	0
B=	0x00000000	R19=	0x00000000	F17=	0	D30=	0
BHI=	0x00000000	R20=	0x00000000	F18=	0		
ETA=	0x00000000	R21=	0x00000000	F19=	0		
ALU=	0x00000000	R22=	0x00000000	F20=	0		
ALUHI=	0x00000000	R23=	0x00000000	F21=	0		
FFSR=	0x00000000	R24=	0x00000000	F22=	0		
DMAR=	0x00000000	R25=	0x00000000	F23=	0		
SDR=	0x00000000	R26=	0x00000000	F24=	0		
SDRHI=	0x00000000	R27=	0x00000000	F25=	0		
LDR=	0x00000000	R28=	0x00000000	F26=	0		
LDRHI=	0x00000000	R29=	0x00000000	F27=	0		
R0=	0x00000000	R30=	0x00000000	F28=	0		
R1=	0x00000005	R31=	0x00000108	F29=	0		
R2=	0x00001035	F0=	0	F30=	0		
R3=	0x0000000a	F1=	0	F31=	0		
R4=	0x0000000a	F2=	0	D0=	0		
R5=	0x00000001	F3=	0	D2=	0		
R6=	0x00000000	F4=	0	D4=	0		
R7=	0x00000000	F5=	0	D6=	0		
R8=	0x00000000	F6=	0	D8=	0		
R9=	0x00000000	F7=	0	D10=	0		
R10=	0x00000000	F8=	0	D12=	0		
R11=	0x00000000	F9=	0	D14=	0		
R12=	0x00000000	F10=	0	D16=	0		
R13=	0x00000000	F11=	0	D18=	0		

F5 执行。

PC=	0x00000108	R14=	0x00001084	F12=	0	D20=	0
IMAR=	0x000001a8	R15=	0x00000000	F13=	0	D22=	0
IR=	0x00000000	R16=	0x00000000	F14=	0	D24=	0
A=	0x00000108	R17=	0x00000000	F15=	0	D26=	0
AHI=	0x00000000	R18=	0x00000000	F16=	0	D28=	0
B=	0x00000000	R19=	0x00000000	F17=	0	D30=	0
BHI=	0x00000000	R20=	0x00000000	F18=	0		
ETA=	0x00000108	R21=	0x00000000	F19=	0		
ALU=	0x00000000	R22=	0x00000000	F20=	0		
ALUHI=	0x00000000	R23=	0x00000000	F21=	0		
FFSR=	0x00000000	R24=	0x00000000	F22=	0		
DMAR=	0x000010a0	R25=	0x00000000	F23=	0		
SDR=	0x00000000	R26=	0x00000000	F24=	0		
SDRHI=	0x00000000	R27=	0x00000000	F25=	0		
LDR=	0x00000000	R28=	0x00000000	F26=	0		
LDRHI=	0x00000000	R29=	0x00000000	F27=	0		
R0=	0x00000000	R30=	0x00000000	F28=	0		
R1=	0x00000005	R31=	0x00000108	F29=	0		
R2=	0x00000000	F0=	0	F30=	0		
R3=	0x00000000	F1=	0	F31=	0		
R4=	0x0000000a	F2=	0	D0=	0		
R5=	0x00000001	F3=	0	D2=	0		
R6=	0x00000000	F4=	0	D4=	0		
R7=	0x00000000	F5=	0	D6=	0		
R8=	0x00000000	F6=	0	D8=	0		
R9=	0x00000000	F7=	0	D10=	0		
R10=	0x00000000	F8=	0	D12=	0		
R11=	0x00000000	F9=	0	D14=	0		
R12=	0x00000000	F10=	0	D16=	0		
R13=	0x00000000	F11=	0	D18=	0		

0x00000184	0x00240819	multu r1,r1,r4
0x00000188	0x00230820	add r1,r1,r3
0x0000018c	0x20420001	addi r2,r2,0x1
0x00000190	0x0bffffe0	j input.Loop
0x00000194	BID 0x8c021094	lw r2,SaveR2(r0)
0x00000198	0x8c031098 WB	lw r3,SaveR3(r0)
0x0000019c	0x8c04109c MEM	lw r4,SaveR4(r0)
0x000001a0	0x8c0510a0 intEX	lw r5,SaveR5(r0)
0x000001a4	BID 0x4be00000 ID	jr r31
0x000001a8	0x00000000 IF	nop

对应指令：lw 指令从主存中取数到寄存器中，R2-R5 某些寄存器值发生改变。

查看结果：

DLX-Standard-I/O

----- Input -----

Cancel

An integer value >1 : 5

Factorial = 120

查看 Statistic 窗口：

Total:
 95 Cycle(s) executed.
 ID executed by 62 Instruction(s).
 2 Instruction(s) currently in Pipeline.

Hardware configuration:
 Memory size: 32768 Bytes
 faddEX-Stages: 1, required Cycles: 2
 fmulEX-Stages: 1, required Cycles: 5
 fdivEX-Stages: 1, required Cycles: 19
 Forwarding enabled.

Stalls:
 RAW stalls: 10 (10.53% of all Cycles), thereof:
 LD stalls: 2 (20.00% of RAW stalls)
 Branch/Jump stalls: 2 (20.00% of RAW stalls)
 Floating point stalls: 6 (60.00% of RAW stalls)
 WAW stalls: 0 (0.00% of all Cycles)
 Structural stalls: 0 (0.00% of all Cycles)
 Control stalls: 9 (9.47% of all Cycles)
 Trap stalls: 12 (12.63% of all Cycles)
 Total: 31 Stall(s) (32.63% of all Cycles)

Conditional Branches):
 Total: 7 (11.29% of all Instructions), thereof:
 taken: 2 (28.57% of all cond. Branches)
 not taken: 5 (71.43% of all cond. Branches)

Load-/Store-Instructions:
 Total: 12 (19.35% of all Instructions), thereof:
 Loads: 6 (50.00% of Load-/Store-Instructions)
 Stores: 6 (50.00% of Load-/Store-Instructions)

Floating point stage instructions:
 Total: 9 (14.52% of all Instructions), thereof:
 Additions: 4 (44.44% of Floating point stage inst.)
 Multiplications: 5 (55.56% of Floating point stage inst.)
 Divisions: 0 (0.00% of Floating point stage inst.)

Traps:
 Traps: 4 (6.45% of all Instructions)

Total:
 112 Cycle(s) executed.
 ID executed by 62 Instruction(s).
 2 Instruction(s) currently in Pipeline.

Hardware configuration:
 Memory size: 32768 Bytes
 faddEX-Stages: 1, required Cycles: 2
 fmulEX-Stages: 1, required Cycles: 5
 fdivEX-Stages: 1, required Cycles: 19
 Forwarding disabled.

Stalls:
 RAW stalls: 28 (25.00% of all Cycles)
 WAW stalls: 0 (0.00% of all Cycles)
 Structural stalls: 0 (0.00% of all Cycles)
 Control stalls: 9 (8.04% of all Cycles)
 Trap stalls: 12 (10.71% of all Cycles)
 Total: 49 Stall(s) (43.75% of all Cycles)

Conditional Branches):
 Total: 7 (11.29% of all Instructions), thereof:
 taken: 2 (28.57% of all cond. Branches)
 not taken: 5 (71.43% of all cond. Branches)

Load-/Store-Instructions:
 Total: 12 (19.35% of all Instructions), thereof:
 Loads: 6 (50.00% of Load-/Store-Instructions)
 Stores: 6 (50.00% of Load-/Store-Instructions)

Floating point stage instructions:
 Total: 9 (14.52% of all Instructions), thereof:
 Additions: 4 (44.44% of Floating point stage inst.)
 Multiplications: 5 (55.56% of Floating point stage inst.)
 Divisions: 0 (0.00% of Floating point stage inst.)

Traps:
 Traps: 4 (6.45% of all Instructions)

关闭定向技术之后，RAW 从 10 增加到 28，Trap 和 Control stalls 不变，总的周期数从 95 增加到 112，定向技术在这个 case 下的加速比为 $112 / 95 = 1.179$ ，快 17.9%。

结论分析与体会：

通过 WinDLX，从多个角度 pipeline，code 视图观察一个程序的执行，加深对流水线技术的理解。通过 WinDLX 提供立体的参数设置，可以自定义流水线结构，功能部件延时，内存参数，定向等控制功能，可以实验对比各个参数对流水线工作表现的影响。