

体系结构书面作业三

1913155 袁懿

T1:

使用如下代码：

```
Loop:    ld      x1,0(x2)      ; load x1 from address 0+x2
         addi    x1,x1,1       ; x1=x1+1
         sd      x1,0(x2)      ; store x1 at address 0+x2
         addi    x2,x2,4       ; x2=x2+4
         sub     x4,x3,x2      ; x4=x3-x2
         bnez    x4,Loop       ; branch to Loop if x4!=0
```

令 x3 的初始值是 x2+396。

1. (15) 代码中的数据相关引起数据危害(data hazards)，相关是否导致数据危害与机器实现有关（如流水段数目）。将上述代码中所有的数据相关列表，分别记录寄存器、源指令和目标指令，如：寄存器 x1，ld 指令， addi 指令。

解答：

按照五段流水线的情况：

寄存器 x1	ld指令	addi指令
寄存器 x2	addi指令	sd指令
寄存器 x2	addi指令	sub指令
寄存器 x4	sub指令	benz指令

T2

2. (15) 画出没有向前或旁路硬件情形下 5 段 RISC 流水线中上述指令序列的定时图（如图 2.1）。假设：同一个时钟周期内的寄存器读和写通过寄存器文件实现向前路径，如图 2.2 中 `dadd` 指令和 `or` 指令之间所示；分支转移指令采用冻结流水线方法解决。如果访问内存需要 1 个周期，那么这段循环代码的执行需要多少个周期？

ld x1,0(x2)	IF	ID	EX	MEM	WB			
sub x4,x1,x5		IF	ID	EX	MEM	WB		
and x6,x1,x7			IF	ID	EX	MEM	WB	
or x8,x1,x9				IF	ID	EX	MEM	WB
ld x1,0(x2)	IF	ID	EX	MEM	WB			
sub x4,x1,x5		IF	ID	Stall	EX	MEM	WB	
and x6,x1,x7			IF	Stall	ID	EX	MEM	WB
or x8,x1,x9				Stall	IF	ID	EX	MEM WB

图 2.1 指令定时图

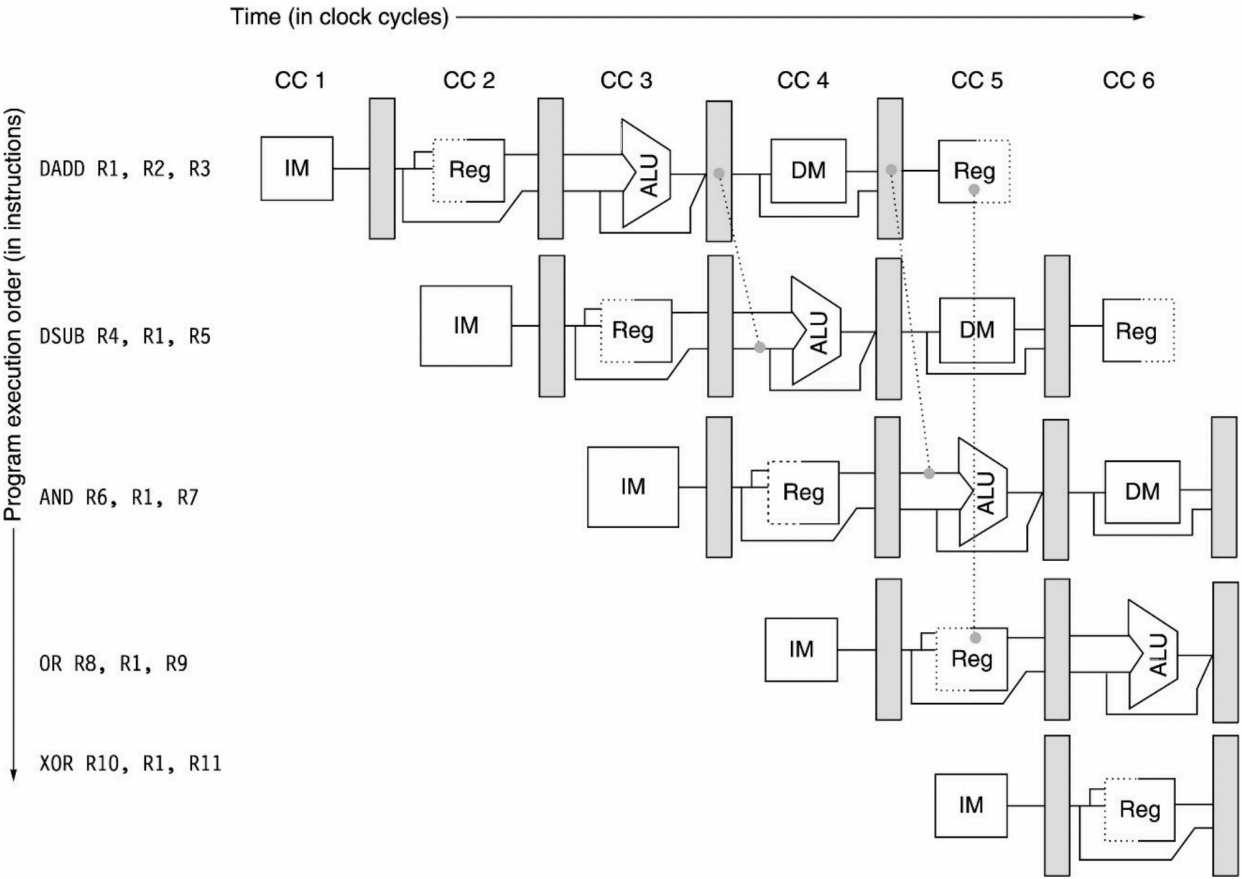


图 2.2 指令数据相关示意图

解答：

在没有前向或者旁路硬件情况下5段RISC流水线中上述指令序列的定时图如下：

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ld x1, 0(x2)	IF	ID	EX	MEN	WB							
addi x1, x1, 1		IF	S	S	ID	EX	MEM	WB				
sd x1, 0(x2)					IF	S	S	ID	EX	MEM	WB	
addi x2, x1, 4								IF	ID	EX	MEM	WB
sub x4, x3, x2									IF	S	S	ID
benz x4, loop												IF
Next Loop												

	13	14	15	16	17	18	19	20	21
ld x1, 0(x2)									
addi x1, x1, 1									
sd x1, 0(x2)									
addi x2, x2, 4									
sub x4, x3, x2	EX	MEM	WB						
benz x4, loop	S	S	ID	EX	MEM	WB			
Next Loop					IF	ID	EX	MEM	WB

循环次数：396/4 = 99次，总执行周期：16 × 99 + 2 = 1586

T3

3. (15) 画出具有完整向前或旁路硬件情形下 5 段 RISC 流水线中上述指令序列的定时图（如图 2.1）。假设：分支转移指令采用预测为不发生转移的方法处理。如果访问内存需要 1 个周期，那么这段循环代码的执行需要多少个周期？

解答：

定时图：

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ld x1, 0(x2)	IF	ID	EX	MEM	WB						
addi x1, x1, 1		IF	ID	S	EX	MEM	WB				
sd x1, 0(x2)			IF	S	ID	EX	MEM	WB			
addi x2, x2, 4					IF	ID	EX	MEM	WB		
sub x4, x3, x2						IF	ID	EX	MEM	WB	
benz x4, Loop							IF	ID	EX	MEM	WB
benz + 1								IF	Idle	Idle	Idle
benz + 2									IF	Idle	Idle
ld x1, 0(x2)										IF	ID

总执行周期： $9 \times 99 + 2 = 893$

T4

4. (15) 画出具有完整向前或旁路硬件情形下 5 段 RISC 流水线中上述指令序列的定时图（如图 2.1）。假设：分支转移指令采用预测为发生转移的方法处理。如果访问内存需要 1 个周期，那么这段循环代码的执行需要多少个周期？

解答：

定时图如下：

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ld x1, 0(x2)	IF	ID	EX	MEM	WB						
addi x1, x1, 1		IF	ID	S	EX	MEM	WB				
sd x1, 0(x2)			IF	S	ID	EX	MEM	WB			
addi x2, x2, 4					IF	ID	EX	MEM	WB		
sub x4, x3, x2						IF	ID	EX	MEM	WB	
benz x4, Loop							IF	ID	EX	MEM	WB
ld x1, 0(x2)								IF	ID	EX	MEM

总执行周期： $7 \times 99 + 4 = 697$

T5

5. (20) 高性能处理器具有非常深的指令流水线，一般超过 15 个流水段。假想一个 10 段流水线，是将 5 段流水线中的每个流水段分成两部分构成的。对于数据向前传输，唯一的问题是，数据从一对流水段的末尾传输到需要它们的两个流水段的头部，例如数据从第二个执行段的末尾传输到第一个执行段的头部，仍然导致 1 个周期的延迟。画出具有完整向前或旁路硬件情形下 10 段 RISC 流水线中上述指令序列的定时图（如图 2.1）（流水段标号使用 IF1, IF2, ID1.....）。假设：分支转移指令采用预测为发生转移的方法处理。如果访问内存需要 1 个周期，那么这段循环代码的执行需要多少个周期？

解答：

定时图：

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ld x1, 0(x2)	IF1	IF2	ID1	ID2	EX1	EX2	MEM1	MEM2	WB1	WB2		
addi x1, x1, 1		IF1	IF2	ID1	ID2	S	S	S	EX1	EX2	MEM1	MEM2
sd x1, 0(x2)			IF1	IF2	ID1	S	S	S	ID2	EX1	EX2	MEM1
addi x2, x2, 4				IF1	IF2	S	S	S	ID1	ID2	EX1	EX2
sub x4, x3, x2					IF1	IF2	S	S	S	ID1	ID2	S
benz x4, loop						IF1	IF2	S	S	S	ID1	ID2
ld x1, 0(x2)												

	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
ld x1, 0(x2)												
addi x1, x1, 1	WB1	WB2										
sd x1, 0(x2)	MEM2	WB1	WB2									
addi x2, x2, 4	MEM1	MEM2	WB1	WB2								
sub x4, x3, x2	EX1	EX2	MEM1	MEM2	WB1	WB2						
benz x4, loop	S	S	EX1	EX2	MEM1	MEM2	WB1	WB2				
ld x1, 0(x2)	IF1	IF2	ID1	ID2	EX1	EX2	MEM1	MEM2	WB1	WB2		

总执行周期：12 × 99 + 8 = 1196

T6

6. (5) 假设在 5 段流水线中，最长的流水段需要 0.8ns，流水线寄存器延迟 0.1ns，5 段流水线的时钟周期是多少？如果 10 段流水线将 5 段流水线的每个流水段分成两半，那么 10 段流水线的时钟周期是多少？

解答：

时钟周期为流水段中最长的时间, 为 $0.8 + 0.1 = 0.9ns$

10段流水线的时钟周期为 $0.8/2 + 0.1 = 0.5ns$

T7

7. (15) 使用你在 4. 和 5. 中的答案, 分别确定在 5 段流水线和 10 段流水线中, 上述循环代码的平均指令周期数(CPI)。注意: 确保仅在第一条指令到达写回阶段时开始计数, 直到结束, 不包括第一条指令的建立时间。使用在 6.中得到的时钟周期, 计算每种流水线的平均指令执行时间。

解答:

程序的指令总数为: $99 \times 6 = 594$ 条

第四题: $CPI = (697 - 4) / 594 = 1.167$

每种流水线平均执行的时间为: $1.167 \times 0.9ns = 1.05ns$

第五题: $CPI = (1196 - 8) / 594 = 2$

每种流水线平均执行的时间为: $2 \times 0.5ns = 1ns$