

# Homework 2

PB17000297 罗晏宸

March 20 2020

## 1

使用以下代码段 (假定 R3 的初值为 R2+396):

```
① Loop:   LD      R1, 0(R2);  
②          DADDI   R1, R1, #1;  
③          SD      R1, 0, (R2);  
④          DADDI   R2, R2, #4;  
⑤          DSUB    R4, R3, R2;  
⑥          BNEZ    R4, Loop;
```

**a** 列出上述代码中的所有数据相关, 需写出数据相关类型, 并记录寄存器, 源指令和目标指令。例如, 从指令①到指令②存在对于寄存器 R1 的 RAW 相关。

**b** 给出这一指令序列对于 5 级 RISC 流水线的时序, 该流水线没有设置任何旁路定向路径 (Bypass or Forwarding), 但假定在同一时钟周期中的寄存器读取与写入通过该寄存器堆进行“转发”, 且分支是通过冲刷流水线来处理的。如果所有存储器引用耗时一个周期, 这一循环的执行需要多少个周期?

**c** 给出这一指令序列对于拥有完整旁路定向路径的 5 级 RISC 流水线的时序。如果所有存储器引用耗时一个周期, 且在处理分支时采用预测转移失败策略, 这一循环的执行需要多少个周期?

d 给出这一指令序列对于拥有完整旁路定向路径的 5 级 RISC 流水线的时序。如果所有存储器引用耗时一个周期，且在处理分支时采用预测转移成功策略，这一循环的执行需要多少个周期？

解

a

- 从指令①到指令②存在对于寄存器 R1 的 RAW 相关。
- 从指令①到指令②存在对于寄存器 R1 的 WAW 相关。
- 从指令①到指令③存在对于寄存器 R1 的 RAW 相关。
- 从指令②到指令③存在对于寄存器 R1 的 WAW 相关。
- 从指令③到指令④存在对于寄存器 R1 的 WAR 相关。
- 从指令③到指令④存在对于寄存器 R2 的 WAR 相关。
- 从指令④到指令⑤存在对于寄存器 R2 的 RAW 相关。
- 从指令⑤到指令⑥存在对于寄存器 R4 的 RAW 相关。

b R3 初值为 R2+396，每次循环都给 R2 加 4，直到 R2=R3 时终止循环。一共要  $396 \div 4 = 99$  个周期。根据题意，要解决所有的数据相关，需要在指令 3, 4, 5, 6 的 IF 段后加入两个 stall，停止两个周期来保证解决数据相关。时序为：

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Loop: LD R1, 0(R2);	IF	ID	EX	M	WB														
DADDI R1, R1, #1;		IF	ID	S	S	EX	M	WB											
SD R1, 0, (R2);			IF	S	S	ID	S	S	EX	M	WB								
DADDI R2, R2, #4;				S	S	IF	S	S	ID	EX	M	WB							
DSUB R4, R3, R2;							S	S	IF	ID	S	S	EX	M	WB				
BNEZ R4, Loop;										IF	S	S	ID	S	S	EX	M	WB	
													IF	S	S	S	S	IF	

循环需要 17 个时钟周期，因此总共的时钟周期数为

$$(99 - 1) \times 17 + (17 + 1) = 1684$$

c 在有完整旁路时，使用预测转移失败策略，需要在 BNEZ 指令之后冲刷流水线，时序为：

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Loop: LD R1, 0(R2);	IF	ID	EX	M	WB							
DADDI R1, R1, #1;		IF	ID	S	EX	M	WB					
SD R1, 0, (R2);			IF	S	ID	EX	M	WB				
DADDI R2, R2, #4;				S	IF	ID	EX	M	WB			
DSUB R4, R3, R2;						IF	ID	EX	M	WB		
BNEZ R4, Loop;							IF	ID	EX	M	WB	
LW R1, 0(R2);								IF	Miss	Miss	IF	

循环需要 10 个时钟周期，因此总共的时钟周期数为

$$(99 - 1) \times 9 + (9 + 1) = 991$$

d 在有完整旁路时，使用预测转移成功策略，不进行冲刷，时序为：

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Loop: LD R1, 0(R2);	IF	ID	EX	M	WB								
DADDI R1, R1, #1;		IF	ID	S	EX	M	WB						
SD R1, 0, (R2);			IF	S	ID	EX	M	WB					
DADDI R2, R2, #4;				S	IF	ID	EX	M	WB				
DSUB R4, R3, R2;						IF	ID	EX	M	WB			
BNEZ R4, Loop;							IF	S	ID	EX	M	WB	
									IF	ID	EX	M	

循环需要 9 个时钟周期，因此总共的时钟周期数为

$$(99 - 1) \times 8 + 12 = 796$$

## 2

有一条静态多功能流水线由 5 段组成，加法用 1,3,4,5 段，乘法用 1,2,5 段，第三段的时间为  $2\Delta t$ ，其余各段时间均为  $\Delta t$ ，而且流水线的输出可以直接返回输入端或暂存于相应的流水寄存器中。现要在该流水线上计算

$$\prod_{i=1}^4 (A_i + B_i),$$

画出其时空图，并计算其吞吐率、加速比和效率。



**b** 在考虑分支预测错误而导致 stall 的情况下，如果第一台机器的分支预测错误的额外代价为 2 个周期，而第二台机器为 5 个周期，则每种机器的 CPI 为多少？

解

**a** 仅考虑数据相关，加速比为：

$$S = \frac{\frac{8 \times 12 + 3}{8} \times 0.6}{\frac{5 \times 5 + 1}{5} \times 1} = \frac{297}{208} \approx 1.428$$

**b** 第一台机器：

$$\text{CPI} = 5 + \frac{1}{5} + 2 \times 0.2 \times 0.05 = 5.22$$

第二台机器：

$$\text{CPI} = 12 + \frac{3}{8} + 2 \times 0.2 \times 0.05 = 12.395$$