

②

	I1	I2	I3	I4	I5	I6
I1	-	-	-	-	-	-
I2	-	-	-	-	-	-
I3	WAW	RAW	-	-	-	-
I4	-	WAW	WAR	-	-	-
I5	RAW	RAW	RAW	RAW	-	-
I6	-	-	-	-	WAW	-

④

1) 设处理器B相比处理器A的加速比为S, 指令数为N.

$$S = \frac{T_A}{T_B} = \frac{(N+5-1)t_A + \frac{N}{8} \cdot t_A}{(N+12-1)t_B + \frac{N}{8} \cdot 2t_B} = \frac{(\frac{7}{8}N+4) \cdot t_A}{(\frac{11}{8}N+11) \cdot t_B} \approx \frac{48t_A}{55t_B}$$

又有 $t_A = 1ns$, $t_B = 0.6ns$. 故 $S \approx \frac{48}{55} = \frac{16}{11}$
处理器B相比A的加速比为16/11.

$$2) CPI_A = \frac{N+5-1 + \frac{N}{8} + N \times 20\% \times 5\% \times 2}{N} \approx 1.22$$

$$CPI_B = \frac{N+12-1 + \frac{N}{8} \times 3 + N \times 20\% \times 5\% \times 5}{N} \approx 1.425$$

⑥

1) 将Loop中的6条指令编号I1, I2, I3, I4, I5, I6.

	I1	I2	I3	I4	I5	I6
I1	-	-	-	-	-	-
I2	RAW	-	-	-	-	-
I3	RAW	RAW	-	-	-	-
I4	WAR	-	WAR	-	-	-
I5	-	-	-	RAW	-	-
I6	-	-	-	-	RAW	-

2) 假设流水线严格按顺序执行, 则前面指令发生的停顿会向后续指令传播.

Loop:

ld a1, 0(a2)	IF	ID	EX	MEM	WB										
addi a1, a1, 1		IF	ID	S	S	EX	MEM	WB							
sd a1, 0(a2)			IF	S	S	ID	EX	S	MEM	WB					
addi a2, a2, 4				S	S	IF	ID	S	EX	MEM	WB				
sub a4, a3, a2					S	S	IF	S	ID	S	S	EX	MEM	WB	
bnez a4, Loop						S	S	S	IF	S	S	ID	S	S	EX

判断易得完成所有循环共25次. 一个循环中有17个时钟周期
故共需425个时钟周期.

⑦

1) 假设流水线严格按顺序执行

Loop:

ld a1, 0(a2)	IF	ID	EX	MEM	WB										
addi a1, a1, 1		IF	ID	S	EX	MEM	WB								
sd a1, 0(a2)			IF	S	ID	EX	MEM	WB							
addi a2, a2, 4				S	IF	ID	EX	MEM	WB						
sub a4, a3, a2					S	IF	ID	EX	MEM	WB					
bnez a4, Loop						S	IF	ID	EX	MEM	WB				

一次循环中有11个周期, 共需25个周期.

2) 分支预测技术是指遇到分支指令时直接在取指阶段预测分支“跳”或者“不跳”以及跳转目标地址. 由于固定预测发生跳转, 故新指令在分支指令的下一周期能够顺利取入.

由于循环要执行25次, 且每次跳转能省去4个时钟周期, 则执行完所有的循环能节省96个cycle. 即179个cycle.

1) 假设该流水线的流水严格顺序执行:

ld a1, 0(a2)	IF1	IF2	ID1	ID2	EX1	EX2	M1	M2	WB1	WB2											
addi a1, a1, 1		IF1	IF2	ID1	ID2	S	S	S	EX1	EX2	M1	M2	WB1	WB2							
sd a1, 0(a2)			IF1	IF2	ID1	S	S	S	ID2	EX1	EX2	M1	M2	WB1	WB2						
addi a2, a2, 4				IF1	IF2	S	S	S	ID1	ID2	EX1	EX2	M1	M2	WB1	WB2					
sub a4, a3, a2					IF1	S	S	S	IF2	ID1	ID2	S	EX1	EX2	M1	M2	WB1	WB2			
bnez a4, Loop						S	S	S	IF1	IF2	ID1	ID2	S	S	EX1	EX2	M1	M2	WB1	WB2	
ld a1, 0(a2)							S	S	S	IF1	IF2	ID1	S	S	ID2	EX1	EX2	M1	M2	WB1	WB2

- 一个循环内需要 20 个 cycle, 一共需要 25 个循环, 循环跳转交界处有 11 个 cycle 重叠, 故所需总时钟周期为 $20 \times 25 - 11 \times 24 = 236$ 个 cycle

2) 计算 6-8 向情况下各处理器的 CPI.

N - instruction number $N = 6 \times 25 = 150$

$$6: CPI_1 = \frac{425}{150} = 2.8333$$

$$7: CPI_2 = \frac{275}{150} = 1.8333$$

$$CPI_3 = \frac{179}{150} = 1.1933$$

$$8: CPI_4 = \frac{236}{150} = 1.5733$$

1) 标记指令是否需要 2 周期完成 ID 阶段.

add	addi	ld	sd	bne	jal	jalr
✓	x	x	✓	✓	x	x

2) 假设流水严格顺序执行:

Loop:

lw a4, 0(a3)	IF	ID	EX	MEM	WB															
addw a1, a4, a1		IF	S	S	ID1	ID2	EX	MEM	WB											
addiw a2, a2, -1				S	S	IF	S	ID	EX	MEM	WB									
addiw a3, a3, 4					S	S	S	IF	ID	EX	MEM	WB								
bnez a2, Loop						S	S	S	IF	ID	EX	MEM	WB							

故完成单次迭代需要 12 个周期.

3) 假设流水严格顺序执行:

Loop:

lw a4, 0(a3)	IF	ID	EX	MEM	WB															
addw a1, a4, a1		IF	S	S	ID	EX	MEM	WB												
addiw a2, a2, -1			S	S	IF	ID	EX	MEM	WB											
addiw a3, a3, 4				S	S	IF	ID	EX	MEM	WB										
bnez a2, Loop					S	S	IF	ID	EX	MEM	WB									

故完成单次迭代需要 11 个周期.