

	I_1	I_2	I_2		
3.2	I_2	无	I_2		
	I_3	WAW	RAW	I_3	
	I_4	无	WAW	WAR	I_4
	I_5	RAW	RAW	RAW	RAW
	I_6	无	无	无	RAW

55

(1)
 $3.4 A_2 CPI = \frac{5+1}{5} = 1.2$ $T_{instruction} = 1ns \times 1.2 = 1.2ns$

$B_2 CPI = \frac{8+3}{8} = \frac{11}{8}$ $T_{instruction} = 0.6ns \times \frac{11}{8} = 0.825ns$
 则 B 相比 A 的加速比 $S = \frac{T_A}{T_B} = \frac{1.2}{0.825} = 1.455$
 (2) $A_1 CPI = 1.2 \times [0.8 + 0.2 \times (0.95 + 0.05 \times 3)] = 1.224$
 $B_2 CPI = \frac{11}{8} \times [0.8 + 0.2 \times (0.95 + 0.05 \times 6)] = 1.44375$

3.6 Loop: ld a1, 0(a2) ① RAW: ①②, ②③, ③④, ④⑤
 addi a1, a1, 1 ② WAR: ①②, ①③, ③④
 sd a1, 0(a2) ③ WAW: ①②
 addi a2, a2, 4 ④
 sub a4, a3, a2 ⑤
 bne2 a4, Loop ⑥

(2)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
① IF	ID	EX	MEM	WB												
②	IF	ID	S	S	EX	MEM	WB									
③		IF	S	S	ID	EX	S	MEM	WB							
④			IF	ID	S	EX	MEM	WB								
⑤				IF	S	ID	S	S	EX	MEM	WB					
⑥					IF	S	S	ID	S	S	EX	MEM	WB			

执行一次循环需要 17 个周期。共循环 25 次，则完成所有循环需要 425 个周期。

(1) 该分支预测器可在第 8 周期时取下一循环首条指令地址 (IF)，
 故执行一次循环相当于需 7 个周期，
 但最后一次循环预测错误，分支预测器要在 EX 结束后才能得到正确的 a4，因此停顿两周期。
 总周期数为 $25 \times 7 + 2 = 177$

3.8 (1) 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20

① IF1 IF2 ID1 ID2 EX1 EX2 M1 M2 WB1 WB2

② IF1 IF2 ID1 ID2 S S S EX1 EX2 M1 M2 WB1 WB2

③ IF1 IF2 ID1 S S S ID2 EX1 EX2 M1 M2 WB1 WB2

④ IF1 IF2 S S S ID1 ID2 EX1 EX2 M1 M2 WB1 WB2

⑤ IF1 S S S IF2 ID1 ID2 S EX1 EX2 M1 M2 WB1 WB2

⑥ IF1 IF2 ID1 S ID2 S EX1 EX2 M1 M2 WB1 WB2

静态分支预测从第10周期执行下一循环，但也要在12与14周期停顿。相当于一次循环需要

执行9+2=11周期，最后一次循环在EX2后重新IF，总周期数为25×11+5=280

(2) 题6: $CPI = \frac{425}{25 \times 6} = 2.833$ 题7 (1): $CPI = \frac{275}{25 \times 6} = 1.833$

题7 (2): $CPI = \frac{172}{150} = 1.18$ 题8: $CPI = \frac{500}{25 \times 6} = 3.333$

3.9 (1) add addi ld sd bne jal jalr

是否需要2周期 √ X X √ X X

(2) Loop: lw a4, 0(a3) ① RAW数据冲突有:

addw a1, a4, a1 ② ①②, ③⑤

addiw a2, a2, -1 ③

addiw a3, a3, 4 ④

bnez a2, Loop ⑤

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12

① IF ID EX MEM WB

② IF ID ID S EX MEM WB

③ IF S S ID EX MEM WB

④ IF ID EX MEM WB

⑤ IF ID S EX MEM WB

单次迭代需要12个周期

(3) 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

① IF ID EX MEM WB

② IF ID S EX MEM WB

③ IF S ID EX MEM WB

④ IF ID EX MEM WB

⑤ IF ID EX MEM WB

单次迭代需要10个周期