

2. 解:

	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	L_6
L_1						
L_2						
L_3		RAW				
L_4						
L_5			RAW	RAW		
L_6					RAW	

4. 解: (1)
$$S = \frac{T_A}{T_B} = \frac{N \cdot CPl_A \cdot T_{Acycle} + T_{Astall}}{N \cdot CPl_B \cdot T_{Bcycle} + T_{Bstall}}$$

$$= \frac{N \cdot \frac{N+K_A-1}{N} \cdot T_{Acycle} + \frac{N}{5} \cdot T_{Acycle}}{N \cdot \frac{N+K_B-1}{N} \cdot T_{Bcycle} + \frac{N}{8} \cdot 3T_{Bcycle}}$$

$$= \frac{6N + 20}{\frac{33}{8}N + 33}$$

当 N 足够大时, $S = \frac{10}{11}$

因此处理器 B 相比处理器 A 的加速比为 $\frac{10}{11}$

(2) 不考虑分支指令时

$$CPLA = \frac{6}{5}, \quad CPLB = \frac{11}{8}$$

由于分支指令占所有指令的 20%

$$\begin{aligned} \text{故 } CPLA &= \frac{\frac{6}{5} + 0.4(N + K_A - 1) + 0.2[95\% \times (N + K_A - 1) + 5\%(3N + K_A - 1)]}{N} \\ &= \frac{1.22N + 4}{N} \end{aligned}$$

当 N 充分大, 得 $CPLA = 1.22$

$$\begin{aligned} \text{同理 } CPLB &= \frac{\frac{11}{8} + 0.4(N + K_B - 1) + 0.2[0.95(N + K_B - 1) + 0.05(6N + K_B - 1)]}{N} \\ &= \frac{1.425N + 9.02}{N} \end{aligned}$$

当 N 充分大, 得 $CPLB = 1.425$

因此处理器 A 的 CPL 为 1.22, 处理器 B 的 CPL 为 1.425

6. 解: (1) RAW: ① $\text{addi } a_1, a_1, 1$ 依赖 $\text{ld } a_1, 0(a_2)$ 的结果

② $\text{sd } a_1, 0(a_2)$ 依赖 $\text{addi } a_1, a_1, 1$ 的结果

③ $\text{sub } a_4, a_3, a_2$ 依赖 $\text{addi } a_2, a_2, 4$ 的结果

④ $\text{bnez } a_4, \text{Loop}$ 依赖 $\text{sub } a_4, a_3, a_2$ 的结果

WAR ① $\text{addi } a_1, a_1, 1$ 改变了 a_1 的值, 而 $\text{sd } a_1, 0(a_2)$ 要读取 a_1

② $\text{addi } a_2, a_2, 4$ 改变了 a_2 的值, 而 $\text{ld } a_1, 0(a_2)$ 需读取 a_2

WAW ① $\text{ld } a_1, 0(a_2)$ 与 $\text{addi } a_1, a_1, 1$ 均改变 a_1 的值, 后续的 $\text{sd } a_1, 0(a_2)$ 需读取 a_1 的值

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

该代码共执行21轮循环，执行所有循环的时钟周期数为 $17 \times 21 = 357$

7. 解: (1)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
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	S	IF	ID	EX	MEM	WB	
bnez a4, loop					S	S	IF	ID	EX	MEM	WB

执行完所有循环要23个周期

(2) 由于流水线中存在1个工作于IF级的固定预测跳转且能记录跳转位置的分支预测器

因此当预测正确时，bnez指令的IF后，即执行ld指令的IF

预测失败时，冲刷流水线，当前循环重新执行

因此执行完所有循环的周期数为 $7 \times 20 + 3 + 11 = 154$

8. 解: (1)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
ld a1, 0(a2)	IF	IF2	ID1	ID2	EX1	EX2	MEM1	MEM2	WB1	WB2										
addi a1, a1, 1		IF1	IF2	ID1	ID2	S	S	S	EX1	EX2	MEM1	MEM2	WB1	WB2						
sd a1, 0(a2)			IF1	IF2	ID1	S	S	S	ID2	EX1	EX2	MEM1	MEM2	WB1	WB2					
addi a2, a2, 4				IF1	IF2	S	S	S	ID1	ID2	EX1	EX2	MEM1	MEM2	WB1	WB2				
sub a4, a3, a2					IF1	S	S	S	ID2	ID1	ID2	S	EX1	EX2	MEM1	MEM2	WB1	WB2		
bnez a4, Loop						S	S	S	IF1	IF2	ID1	S	ID2	S	EX1	EX2	MEM1	MEM2	WB1	WB2

单个循环有 20 个时钟周期

共进行 21 次循环, 同时考虑静态分支预测器

执行所有循环的时钟周期数为 $9 + 11 \times 19 + 8 + 20 = 136$

(2) ① 题 6 情况下 $CPI = \frac{357}{21 \times 6} = 2.83$

② 题 7 情况下 $CPI = \frac{154}{21 \times 6} = 1.22$

③ 题 8 情况下 $CPI = \frac{136}{21 \times 6} = 1.08$

19. 解: (1)		add	addi	ld	sd	bne	jal	jalr
是否需要 2 周期?	是	否	否	否	是	否	否	否

(2)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
lw a4, 0(a3)	IF	ID	EX	MEM	WB							
addw a1, a4, a1		IF	ID	ID	S	EX	MEM	WB				
addiw a2, a2, -1			IF	S	S	ID	EX	MEM	WB			
addiw a3, a3, 4				S	S	IF	ID	EX	MEM	WB		
bnez a2, Loop					S	S	IF	ID	S	EX	MEM	WB

循环单次迭代需要的周期数为 10

(3) 为流水线引入前馈, 则

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
lw a4, 0(a3)	IF	ID	EX	MEM	WB					
addw a1, a4, a1		IF	ID	S	EX	MEM	WB			
addiw a2, a2, -1			IF	S	ID	EX	MEM	WB		
addiw a3, a3, 4				S	IF	ID	EX	MEM	WB	
bnez a2, Loop					S	IF	ID	EX	MEM	WB

此时上述代码单次迭代需要的周期数为 8