

3-2.

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

3-4.

1) 考虑运行N条指令的运行时间:

$$T_B = T_{B\text{clock}} \times \left(\frac{11}{8}N + K_B - 1 \right), \quad T_A = T_{A\text{clock}} \times \left(\frac{6}{5}N + K_A - 1 \right)$$

$$\Rightarrow \text{加速比 } S = \frac{T_A}{T_B} \approx \frac{1}{0.6} \times \frac{6 \times 8}{5 \times 11} = 1.45.$$

2) 同样考虑N条指令, 其中预测错误的分支指令条数为 $N \times 20\% \times 5\%$

$$\Rightarrow CPI_A = \frac{(N + N \times 20\% \times 5\%) \times \frac{6}{5} + K_A - 1}{N} \approx 1.212$$

$$CPI_B = \frac{(N + N \times 20\% \times 5\%) \times \frac{11}{8} + K_B - 1}{N} \approx 1.389$$

3-6.

1) 首先给指令作编号如右图, 然后列出数据冲突如下:

	①	②	③	④	⑤	⑥
①	X	WAW	WAR	RAW	X	X
②	RAW	RAW	WAR	X	X	X
③	RAW	RAW	X	RAW	X	X
④	WAR	X	WAR	RAW	WAR	X
⑤	X	X	X	RAW	WAW	WAR
⑥	X	X	X	X	RAW	X

\Rightarrow 注: 右上部分表示对下一个 Loop 的指令的影响.

Loop: ① ld a1,0(a2)
 ② addi a1,a1,1
 ③ sd a1,0(a2)
 ④ addi a2,a2,4
 ⑤ sub a4,a3,a2
 ⑥ bnez a4,Loop

3-6.

2) (出于大小原因, MEM简写为ME).

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
ld a1,0(a2)	IF	ID	EX	ME	WB														
addi a1,a1,1		IF	ID	S	S	EX	ME	WB											
sd a1,0(a2)			IF	S	S	ID	EX	ME	WB										
addi a2,a2,4						IF	ID	EX	ME	WB									
sub a4,a3,a2							IF	ID	S	S	EX	ME	WB						
bnez a4,Loop								IF	S	S	ID	S	S	EX	ME	WB			
ld a1,0(a2)																	IF	ID	...

可以看出一次循环需要16个周期.

该段代码每次循环将a2加4, a4减4(从100开始),直到a4=0,结束循环.

所以共有25次循环. 故时钟周期数为: $25 \times 16 = 400$.

3-7.

1)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
ld a1,0(a2)	IF	ID	EX	ME	WB										
addi a1,a1,1		IF	ID	S	EX	ME	WB								
sd a1,0(a2)			IF	S	ID	EX	ME	WB							
addi a2,a2,4					IF	ID	EX	ME	WB						
sub a4,a3,a2						IF	ID	EX	ME	WB					
bnez a4,Loop							IF	ID	EX	ME	WB				
ld a1,0(a2)										IF	←	IF	ID	...	

一次循环需要11个周期. 总周期数: $11 \times 25 = 275$.

2) 如上图蓝色部分所示. IF前移2个周期.

因此总周期数: $9 \times 25 + 2 = 227$. (2是由于MEM与WB需要额外周期.)

3-8. 1):

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
ld a1,0(a2)	IF ₁	IF ₂	ID ₁	ID ₂	EX ₁	EX ₂	ME ₁	ME ₂	WB ₁	WB ₂											
addi a1,a1,1		IF ₁	IF ₂	ID ₁	ID ₂	S	S	S	EX ₁	EX ₂	ME ₁	ME ₂	WB ₁	WB ₂							
sd a1,0(a2)			IF ₁	IF ₂	ID ₁	S	S	S	ID ₂	S	EX ₁	EX ₂	ME ₁	ME ₂	WB ₁	WB ₂					
addi a2,a2,4				IF ₁	IF ₂	S	S	S	ID ₁	S	ID ₂	EX ₁	EX ₂	ME ₁	ME ₂	WB ₁	WB ₂				
sub a4,a3,a2					IF ₁	S	S	S	IF ₂	S	ID ₁	ID ₂	S	EX ₁	EX ₂	ME ₁	ME ₂	WB ₁	WB ₂		
bnez a4,Loop									IF ₁	S	IF ₂	ID ₁	S	ID ₂	S	EX ₁	EX ₂	ME ₁	ME ₂	WB ₁	WB ₂
ld a1,0(a2)																		IF ₁	IF ₂	...	

一次循环需要17个周期 \Rightarrow 总周期数: $17 \times 25 + 4 = 429$.

$$CPI_6 = \frac{400}{6 \times 25} = 2.67, \quad CPI_{7(1)} = \frac{275}{6 \times 25} = 1.83$$

$$CPI_{7(2)} = \frac{227}{6 \times 25} = 1.51, \quad CPI_8 = \frac{429}{6 \times 25} = 2.86$$

2-19.

1)

	add	addi	ld	sd	bne	jal	jalr
是否需要2周期?	✓	X	X	✓	✓	X	X

2)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
(w a4,0(a3))	IF	ID	EX	ME	WB										
addw a1,a4,a1		IF	ID	ID	S	EX	ME	WB							
addiw a2,a1,-1			S	IF	S	ID	EX	ME	WB						
addiw a3,a3,4					S	IF	ID	EX	ME	WB					
bnez a2,Loop							IF	ID	S	EX	ME	WB			

周期数为12.

这个停顿是因为ID不能同时对两条指令进行.

3)

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

周期数为10.