

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) 首先给指令作偏移量加石图，然后列出数据流冲突如下：

	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

→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 bneza4,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						
bneq 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, 循环结束.

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								
bneq 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 <sub>1</sub>	IF <sub>2</sub>	ID <sub>1</sub>	ID <sub>2</sub>	EX <sub>1</sub>	EX <sub>1</sub>	ME <sub>1</sub>	ME <sub>2</sub>	WB <sub>1</sub>	WB <sub>2</sub>												
addi a1,a1,1		IF <sub>1</sub>	IF <sub>2</sub>	ID <sub>1</sub>	ID <sub>2</sub>	S	S	S	EX <sub>1</sub>	EX <sub>2</sub>	ME <sub>1</sub>	ME <sub>2</sub>	WB <sub>1</sub>	WB <sub>2</sub>								
sd a1,0(a2)			IF <sub>1</sub>	IF <sub>2</sub>	ID <sub>1</sub>	S	S	S	ID <sub>2</sub>	S	EX <sub>1</sub>	EX <sub>2</sub>	ME <sub>1</sub>	ME <sub>2</sub>	WB <sub>1</sub>	WB <sub>2</sub>						
addi a2,a2,4				IF <sub>1</sub>	IF <sub>2</sub>	S	S	S	ID <sub>1</sub>	S	ID <sub>2</sub>	EX <sub>1</sub>	EX <sub>2</sub>	ME <sub>1</sub>	ME <sub>2</sub>	WB <sub>1</sub>	WB <sub>2</sub>					
sub a4,a3,a2					IF <sub>1</sub>	S	S	S	IF <sub>2</sub>	S	ID <sub>1</sub>	ID <sub>2</sub>	S	EX <sub>1</sub>	EX <sub>2</sub>	ME <sub>1</sub>	ME <sub>2</sub>	WB <sub>1</sub>	WB <sub>2</sub>			
bneq a4,Loop									IF <sub>1</sub>	S	IF <sub>2</sub>	ID <sub>1</sub>	S	ID <sub>2</sub>	S	EX <sub>1</sub>	EX <sub>2</sub>	ME <sub>1</sub>	ME <sub>2</sub>	WB <sub>1</sub>	WB <sub>2</sub>	
ld a1,0(a2)																		IF <sub>1</sub>	IF <sub>2</sub>	...		

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.

	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					
bneq 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	
bneq a2,Loop						IF	ID	EX	ME	WB

周期数为 10.