

2.	I_1	I_2	I_3	I_4	I_5	I_6
I_1	\					
I_2	○	\				
I_3	WAW	RAW	\			
I_4	○	WAW	WAR	\		
I_5	RAW	RAW	○	RAW	\	
I_6	○	○	○	○	WAW	\

$$4. 1) \frac{T_A \cdot (n+5-1 + \lceil \frac{n}{5} \rceil)}{T_B \cdot (n+12-1 + \lceil \frac{3n}{8} \rceil)}$$

$$\wedge n = 40a$$

$$T_A \cdot (40a+4+8a)$$

$$T_B \cdot (40a+11+15a)_{28}$$

$$= \frac{T_A}{T_B} \cdot \left(\frac{48}{55} - \frac{5}{55a+11} \right)$$

$$\wedge a \rightarrow \infty \quad \text{此时} \quad \frac{1}{0.6} \cdot \frac{48}{55}$$

$$= \frac{16}{11}$$

B相对于A的加速比为 $\frac{16}{11}$

$$(2) CPI_A = \frac{n+5-1 + \frac{n}{5} + 0.2n \times 2 \times 0.65}{n}$$

$$= \frac{1.22n+4}{n}$$

$$CPI_B = \frac{n+12-1 + \frac{3n}{8} + 0.2n \times 5 \times 0.05}{n}$$

$$= \frac{1.425n+11}{n}$$

6. 由于不考虑流水线的改数, 且该代码是一个循环结构

以下绘制图表描述可能的数据冲突关系

以行数为标志, 由 $L_1, L_2 \dots L_6$, 循环后的 L_7 在图中仍表示为 L_1

前-循环 循环	L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	L ₅	L ₆
L ₁	\	WAR	WAW	RAW	○	○
L ₂	RAW	\	WAR	○	○	○
L ₃	WAW	RAW	\	WAR	WAR	○
L ₄	WAR	○	RAW	\	WAR	○
L ₅	○	○	RAW	RAW	\	WAR
L ₆	○	○	○	○	RAW	\

2)	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	ID	S	S	EX	S	MEM	WB				
addi a2, a2, 4				IF	ID	S	S				EX	MEM	WB	
sub a4, a3, a2					IF	ID	S	S	S	S	S	S	EX	MEM
bnez a4, Loop						IF	ID	S						
故需要14个周期														
sub a4, a3, a2														
bnez a4, Loop														
故需要18个周期														

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

共需12个时钟周期

2) 在执行 `bnez a4, Loop` 时, `EX` 执行后即可开启下一循环
故时钟周期变为10个时钟周期

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
<code>ld a1, 0(a2)</code>	IF ₁	IF ₂	ID ₁	ID ₂	EX ₁	EX ₂	M ₁	M ₂	WB ₁	WB ₂												
<code>addi a1, a1, 1</code>		IF ₁	IF ₂	ID ₁	ID ₂	S	S	S	EX ₁	EX ₂	M ₁	M ₂	WB ₁	WB ₂								
<code>sd a1, 0(a2)</code>			IF ₁	IF ₂	ID ₁	ID ₂	S	S	S	S	EX ₁	EX ₂	M ₁	M ₂	WB ₁	WB ₂						
<code>addi a2, a2, 4</code>				IF ₁	IF ₂	ID ₁	ID ₂	S	S	S	S	S	EX ₁	EX ₂	M ₁	M ₂	WB ₁	WB ₂				
<code>sub a4, a3, a2</code>					IF ₁	IF ₂	ID ₁	ID ₂	S	S	S	S	S	S	EX ₁	EX ₂	M ₁	M ₂	WB ₁	WB ₂		
<code>bnez a4, Loop</code>						IF ₁	IF ₂	ID ₁	ID ₂	S	S	S	S	S	S	S	EX ₁	EX ₂	M ₁	M ₂	WB ₁	WB ₂
<<第2个循环>>																		IF				

共需12个时钟周期

(2)	
6-2	$CPI = \frac{18}{6} = 3$
7-1	$CPI = \frac{2}{1} = 2$
7-2	$CPI = \frac{3}{3} = 1$
8-1	$CPI = \frac{12}{3} = 4$

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
<code>ld a1, 0(a2)</code>	IF ₁	IF ₂	ID ₁	ID ₂	EX ₁	EX ₂	M ₁	M ₂	WB ₁	WB ₂												
<code>add a1, a1, 1</code>		IF ₁	IF ₂	ID ₁	ID ₂	S	S	S	EX ₁	EX ₂	M ₁	M ₂	WB ₁	WB ₂								
<code>addi a1, a1, 1</code>			IF ₁	IF ₂	ID ₁	ID ₂	S	S	S	S	EX ₁	EX ₂	M ₁	M ₂	WB ₁	WB ₂						
<code>sd a1, 0(a2)</code>				IF ₁	IF ₂	ID ₁	ID ₂	S	S	S	S	S	EX ₁	EX ₂	M ₁	M ₂	WB ₁	WB ₂				
<code>bne jalr</code>					IF ₁	IF ₂	ID ₁	ID ₂	S	S	S	S	S	S	EX ₁	EX ₂	M ₁	M ₂	WB ₁	WB ₂		
需要12个周期																						

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<code>ldw a1, 0(a2)</code>	IF	ID	EX	MEM	WB					
<code>addw a1, a1, 1</code>		IF	ID	EX	MEM	WB				
<code>addw a2, a2, 4</code>			IF	ID	EX	MEM	WB			
<code>bnez a2, Loop</code>				IF	ID	EX	MEM	WB		