

2. 考虑以下指令序列：

I1: ld a1,0(s1)  
 I2: mul a2,a0,a2  
 I3: add a1,a2,a2  
 I4: ld a2,0(s2)  
 I5: add a3,a1,a2  
 I6: sd a3,0(s3)

不必考虑内存地址的相关性，在下表中列出所有的数据依赖。

	I1	I2	I3	I4	I5	I6
I1	-					
I2		-				
I3		RAW	-			
I4				-		
I5				RAW	-	
I6					RAW	-

$$4. (1) S = \frac{T_B}{T_B} \times \frac{CPI_B}{CPI_A} = \frac{0.6inst}{inst} \times \frac{\frac{3 \times 0.6inst}{8}}{\frac{inst}{S}} \times \frac{N+12-1}{N+5-1} = \frac{11}{16} \approx 1.45.$$

则加速比为 1.45

$$(2). CPI_A = \frac{N+5-1 + \frac{N}{8} + 20\%N \times 5\% \times 2}{N} = 1 + \frac{1}{8} + 0.02 = 1.122.$$

$$CPI_B = \frac{N+12-1 + \frac{N}{8} \times 3 + 20\%N \times 5\% \times 5}{N} = 1 + \frac{3}{8} + 0.2 \times 0.25 = 1.425$$

6.1 考虑如下所示的代码片段，假设 a2 寄存器的初值为 0，a3 寄存器的初值为 100。回答以下问题：

Loop: ld a1,0(a2)  $\triangleright$  RAW  
 addi a1,a1,1  
 sd a1,0(a2)  $\triangleright$  RAW  
 addi a2,a2,4  $\triangleright$  RAW  
 sub a4,a3,a2  
 bne a4,Loop

1) 列举代码中的数据相关，说明它们有可能导致什么类型的数据冲突（不考虑流水线级数）。

2) 考虑一个 5 级 RISC 流水线，该流水线不使用任何前馈硬件。假设 MEM 阶段均可在单个周期内完成，分支指令在 WB 阶段完成后取新指令。按照下表的格式补充表格，写出该代码段在一次循环中的完整执行时序，并计算执行完成所有循环共需要多少个时钟周期。

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ld a1,0(a2)	IF	ID	EX	MEM	WB					
addi a1,a1,1	IF	ID	S	S	EX	MEM	WB			
<b>sd a1,0(a2)</b>	<b>IF</b>	<b>S</b>	<b>S</b>	<b>S</b>	<b>S</b>	<b>ID</b>	<b>EX</b>	<b>MEM</b>	<b>WB</b>	
addi a2,a2,4										
sub a4,a3,a2										
bne a4,Loop										

	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
ld a1,0(a2)											
addi a1,a1,1											
<b>sd a1,0(a2)</b>											
addi a2,a2,4											
sub a4,a3,a2											
bne a4,Loop											

$$n = \frac{100}{5} \times 21 = 420$$

7. (1).  
 ld a<sub>1</sub>, 0(a<sub>2</sub>)    IF ID EX MEM WB    |  
 addi a<sub>1</sub>, a<sub>2</sub>, 1    IF ID S EX MEM WB    |  
 sd a<sub>1</sub>, 0(a<sub>2</sub>)    IF S ID EX MEM WB    |  
 addt a<sub>2</sub>, a<sub>2</sub>, 4    LF ID S S EX MEM WB  
 sub a<sub>4</sub>, a<sub>3</sub>, a<sub>2</sub>    IF S S ID EX MEM WB  
 bneq a<sub>4</sub>, Loop    IF ID EX MEM WB  
 n = 20 × 13 = 260

(2). n = 20 × 9 = 180.

8 (1)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
ld a <sub>1</sub> , 0(a <sub>2</sub> )	IF1	IF2	ID1	ID2	EX1	EX2	M1	M2	WB1	WB2				
addi a <sub>1</sub> , a <sub>1</sub> , 1	IF1	IF2	ID1	ID2	s	s	s	EX1	EX2	MEM1, MEM2	WB1	WB2		
sd a <sub>1</sub> , 0(a <sub>2</sub> )	IF1	IF2	ID1	S	S	S	ID2	S	EX1	EX2	MEM1, MEM2			
addt a <sub>2</sub> , a <sub>2</sub> , 4	IF1	IF2	S	S	S	S	ID1	S	S	S	S	S	S	
sub a <sub>4</sub> , a <sub>3</sub> , a <sub>2</sub>	IF1	S	S	S	IF2	S	S	S	S	S	S	S	S	
bneq a <sub>4</sub> , Loop	IF1	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	

15, 16, 17, 18 | 19    20    21    22    23    24    25    26

WB1    |    |  
 WB2    |    |  
 S | S | EX1 | EX2 | MEM1 | MEM2 | WB1 | WB2  
 S | S | ID1 | ID2 | EX1 | EX2 | M1 | M2 | W1 | W2  
 S | S | IF1 | IF2 | ID1 | ID2 | S | EX1 | EX2 | M1 | M2 | W1 | W2

$$n = 26 \times 20 = 520$$

$$(2). \text{① CPI} = \frac{420}{120} = 3.5$$

$$\text{② CPI}_1 = \frac{260}{120} = \frac{13}{6} \approx 2.17$$

$$\text{CPI}_2 = \frac{180}{120} = 1.5$$

$$\text{③ CPI} = \frac{520}{120} = \frac{13}{3} \approx 4.33$$

19. (1) 是 否 是 是 否 否

(2). IF ID ID E M W  
 IF S ID ID S E M W  
 IF S ID S S E M W  
 IF S S ID S E M W  
 IF S ID S E M W

n=15

(3). IF ID E M W  
 IF ID S S E M W  
 IF SS ID S E M W  
 IF S ID S E M W  
 IF S ID S E M W

n=14