

2. I<sub>1</sub>: ld a1, 0(s1)  
 I<sub>2</sub>: mul a2, a0, a2  
 I<sub>3</sub>: add a1, a2, a2  
 I<sub>4</sub>: ld a2, 0(s2)  
 I<sub>5</sub>: add a3, a1, a2  
 I<sub>6</sub>: sd a3, 0(s3).

I <sub>1</sub>	I <sub>2</sub>	I <sub>3</sub>	I <sub>4</sub>	I <sub>5</sub>	I <sub>6</sub>
I <sub>1</sub>	I <sub>2</sub>	I <sub>3</sub>	I <sub>4</sub>	I <sub>5</sub>	I <sub>6</sub>
I <sub>1</sub> WAW	RAW	I <sub>4</sub> WAW	I <sub>5</sub> RAW	I <sub>6</sub> RAW	

4. (1)  $\frac{1}{S} = \frac{T_B \times CPI_B \times N}{T_A \times CPI_A \times N} = \frac{T_B}{T_A} \times \frac{CPI_B}{CPI_A}$   $N$  为指涉，且  $N \rightarrow \infty$

' B 有 0.6ns 时钟周期且为 12 级流水线  
 A 有 1ns 时钟周期且为 5 级流水线.

$T_B = \cancel{\cancel{0.6ns}}$

$T_A = \cancel{\cancel{1ns}}$

$CPI_B = \frac{N + 12 - 1 + \frac{3N}{8}}{N}$

$CPI_A = \frac{N + 5 - 1 + \frac{N}{5}}{N}$

$$\begin{aligned}
 (1) \quad S &= \frac{T_B}{T_A} \times \frac{CPI_B}{CPI_A} \\
 &= \frac{0.6 \text{ ns}}{0.2 \text{ ns}} \times \frac{N + 1 + \frac{3N}{8}}{N + 4 + \frac{N}{5}} = \frac{3}{5} \times \frac{11 + \frac{11}{8}N}{4 + \frac{6}{5}N} \quad (N \rightarrow \infty) \\
 &= \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{3}{5} \times \frac{\frac{11}{8} + \frac{11}{8}N}{\frac{6}{5} + \frac{6}{5}N} = \frac{3}{5} \times \frac{\frac{11}{8}}{\frac{6}{5}} = \frac{11}{16}
 \end{aligned}$$

(1) 加速比  $S = \frac{16}{11}$

(2) 设指令数为  $N$  则分支预测指令数为  $0.2N$   
对于 A: 执行  $N$  条指令所需周期数为:

$$\begin{aligned}
 &N + 5 - 1 + \frac{N}{5} + 0.2N \times 5\% \times 2 \\
 &= 4 + \frac{61}{50}N
 \end{aligned}$$

$$(1) CPI_A = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{4 + \frac{61}{50}N}{N} = \frac{61}{50}$$

对于 B: 执行  $N$  条指令所需周期数为:

$$\begin{aligned}
 &N + 12 - 1 + \frac{3N}{8} + 0.2N \times 5\% \times 5 \\
 &= 11 + \frac{57}{40}N
 \end{aligned}$$

$$(1) CPI_B = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{11 + \frac{57}{40}N}{N} = \frac{57}{40}$$

6. (1)  $\left. \begin{array}{l} ld \quad a1, 0(a2) \\ addi \quad a1, a1, 1 \end{array} \right\} RAW$   
 $\left. \begin{array}{l} sd \quad a1, 0(a2) \\ addi \quad a2, a2, 4 \end{array} \right\} \begin{array}{l} RAW \\ RAW \end{array}$   
 $\left. \begin{array}{l} sub \quad a4, a3, a2 \\ bneq \quad a4, Loop \end{array} \right\} \begin{array}{l} WAR \\ RAW \end{array}$

(2)

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23

(d al, o(a)) IF LD EX MEM WB

lddi al,al

sd al, o(a)

addi a2, a2, a4

sub a4, a3, a2

bnez, a4,loop

IF LD S S EX MEM WB  
it's auto(B2D).  
IF LD S EX MEM WB

IF S LD S S EX MEM WB

→

另一条指令同 a2 才能计算 a3-a2.

程序总共执行 25 个周期不  
1 个循环有 17 个周期.  
“有  $25 \times 17 = 425$  个时钟周期.”

7. (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 IO EX mem WB  $\rightarrow$  从内存之后就得到了 a1 的值。

addi a1,a1 IF ID S EX mem WB

sd a1.0(a1) IF S ID EX mem WB

addi a2,a1,f

IF ID EX mem WB  
(a2 的值已知)

sub a4,a3,a2

IF ID EX mem WB  
bneq a4,bop

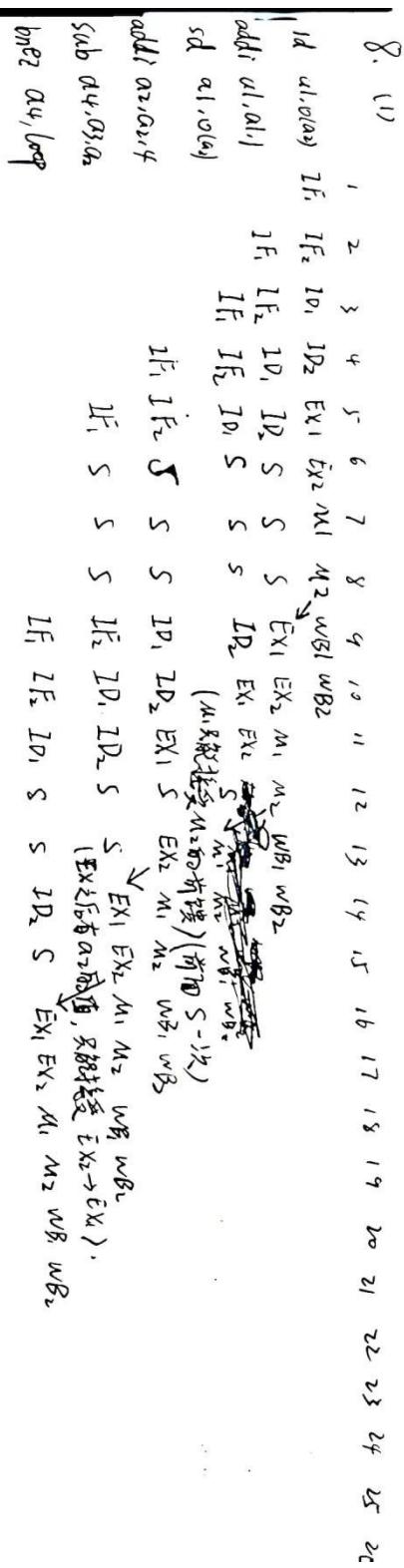
IF ID EX mem WB  
IF (用于跳转预测) 跳转，那么指针将按照不指向回继续 EX. mem. WB

11 共有:  $11 \times 25 = 275$  个时钟周期。

(2) 在 sub 经过 EX 后，可以得到 a4 的值，从而 ~~bneq~~ 可以跳转，即第 8 个周期跳转

最后一次循环不跳转执行 11 周期

11 共有  $11 + 8 \times 24 = 203$  个时钟周期。



共需要 21 × 25 = 525 个时钟周期

(2)

CPI 为单位指令所需时钟周期

$$6. \text{ CPI} = \frac{17}{6}$$

$$7. (1) \text{ CPI} = \frac{11}{6}$$

$$(2) \text{ CPI} = \frac{20^3}{6 \times 25} = \frac{20^3}{150}$$

$$8. \text{ CPI} = \frac{21}{6} = \frac{7}{2}$$

19.

(1) add 是

addi 否

ld 否

sd 否

bne 是

jal 否

jalr 否

无条件跳转及分支跳转  
计算 PC+4 及 RS1+RS2  
计算 PC+4 及 RS1+RS2

(2)

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14

lw a4,a3,1 IF ID EX MEM WB  
addw a1,a2,a1 IF ID ID S EX MEM WB  
addw a2,a2,-1 IF ID S EX MEM WB  
addiw a3,a3,4 IF S ID EX MEM WB

bne3 a2,loop. IF ID EX MEM WB  
10个周期.

(3)

lw a4,0(a3) IF ID EX MEM WB 通过前级获得a4的值  
addw a1,a4,a1 IF ID S EX MEM WB  
addw a2,a1 IF S ID EX MEM WB  
addiw a3,a3,4 IF ID EX MEM WB  
bne3 a2,loop. IF ID EX MEM WB

还是10个周期.