

2.

|                | I1  | I2  | I3  | I4  | I5  | I6 |
|----------------|-----|-----|-----|-----|-----|----|
| ld a1, 0(a2)   | -   |     |     |     |     |    |
| mul a1, a1, a1 | -   | -   |     |     |     |    |
| add a1, a1, a1 | WAW | RAW | -   |     |     |    |
| ld a2, 0(a3)   | -   | WAW | WAR | -   |     |    |
| add a2, a2, a2 | RAW | RAW | RAW | RAW | -   |    |
| sd a3, 0(a3)   | -   | -   | -   | -   | WAW | -  |

4. (1) 设执行  $N$  条指令,  $N$  足够大, A 需要  $\frac{N}{5} \times 6 + (5-1) = \frac{6}{5}N + 4$  个周期

B 需要  $\frac{N}{8} \times 11 + 12 - 1 = \frac{11}{8}N + 11$  个周期

$$S = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{T_A}{T_B} \hookrightarrow \frac{\text{Cycle}_A \cdot \frac{6}{5}N}{\text{Cycle}_B \cdot \frac{11}{8}N} = \frac{16}{11} \hookrightarrow 1.45$$

(2) 执行  $N$  条指令, 分支指令场均 0.2  $N$  条, AB 平均处理错误  $0.2N \times 5\% = 0.01N$  条

$$\frac{CPI_A}{CPI_B} = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{\frac{6}{5}N + 5 - 1 + 0.01N \times 2}{\frac{11}{8}N + 12 - 1 + 0.01N \times 5} = 0.856$$

6. 1)

1 2 3 4 5 6

Loop: (d a1, 0(a2)) 1 - WAR WAR RAW → -

addi a1, a1, 1 2 RAW - WAW - - -

sd a1, 0(a3) 3 RAW WAW - RAW - -

addi a2, a2, 4 4 WAR - WAR - WAR -

sub a4, a3, a2 5 - - - RAW - WAR

bnez a4, Loop 6 - - - - RAW -

2)

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

一次循环 18 个周期, 共执行 25 次, 共  $18 \times 25 = 450$  个周期

7. (1)

|              | 1  | 2  | 3  | 4   | 5  | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11 |
|--------------|----|----|----|-----|----|-----|-----|-----|-----|-----|----|
| ld a1,0(a2)  | IF | ID | EX | MEM | WB | MEM | WB  |     |     |     |    |
| addi a1,a1,1 |    | IF | ID | s   | s  | EX  | MEM | WB  |     |     |    |
| sd a1,0(a2)  |    |    | ZF | s   | ZD | EX  | MEM | WB  |     |     |    |
| addi a2,a2,4 |    |    |    | s   | ZF | ZD  | EX  | MEM | WB  |     |    |
| sub a4,a2,a2 |    |    |    |     |    | IF  | ZD  | EX  | MEM | WB  |    |
| bne8 a4 loop |    |    |    |     |    |     | IF  | ZD  | EX  | MEM | WB |
| (d a1,0(a2)) |    |    |    |     |    |     |     | IF  | ID  |     |    |

一次循环共 11 个周期，共  $11 \times 25 = 275$  个周期

(2)

|              | 1  | 2  | 3  | 4   | 5  | 6  | 7   | 8   | 9   | 10  | 11 |
|--------------|----|----|----|-----|----|----|-----|-----|-----|-----|----|
| ld a1,0(a2)  | IF | ID | EX | MEM | WB | EX | MEM | WB  |     |     |    |
| addi a1,a1,1 |    | IF | ID | s   | s  | EX | MEM | WB  |     |     |    |
| sd a1,0(a2)  |    |    | ZF | s   | ZD | EX | MEM | WB  |     |     |    |
| addi a2,a2,4 |    |    |    | s   | ZF | ZD | EX  | MEM | WB  |     |    |
| sub a4,a2,a2 |    |    |    |     |    | IF | ZD  | EX  | MEM | WB  |    |
| bne8 a4 loop |    |    |    |     |    |    | IF  | ZD  | EX  | MEM | WB |
| (d a1,0(a2)) |    |    |    |     |    |    |     | IF  | ID  |     |    |

相当于将一次循环周期减为 9 个，除了最后一个循环以外

故总周期为： $24 \times 9 + 11 = 227$  个周期

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)  | IF1 | IF2 | ID1 | ID2 | EX1 | EX2 | M1 | M2  | WB1 | WB2   |                         |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| addi a1,a1,1 |     | IF1 | IF2 | ID1 | ID2 | s   | s  | s   | EX1 | EX2   | ...                     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| sd a1,0(a2)  |     |     | ZF  | ZF2 | ZD1 | s   | s  | s   | ZD2 | s   | EX1, EX2, ...           |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| addi a2,a2,4 |     |     | ZF1 | ZF2 | s   | s   | s  | ZD1 | s   | ZD2, EX1, EX2, ...                                |                         |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| sub a4,a3,a3 |     |     |     | ZF1 | s   | s   | s  | ZF2 | s   | ZD1, ZD2, s EX1, EX2                              |                         |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| bne8 a4 loop |     |     |     |     | s   | s   | s  | ZF1 | s   | ZF2, ZD1, s ZD2, s EX1, EX2, MEM1, MEM2, WB1, WB2 |                         |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| (d a1,0(a2)) |     |     |     |     |     |     |    |     |     |   | s s s s s s s s s s ZF1 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |

在前 24 个周期，相当于花费 17 周期

共花费  $17 \times 24 + 21 = 429$  个周期

(2)

$$CPI_6 = \frac{475}{150} = 3.17$$

$$CPI_{7(1)} = \frac{275}{150} = 1.83$$

$$CPI_{7(2)} = \frac{277}{150} = 1.81$$

$$CPI_8 = \frac{429}{150} = 2.86$$

1.

|            | add | addi | ld | sd | bne | jal | jalr |
|------------|-----|------|----|----|-----|-----|------|
| 是否需要 2 周期？ | 是   | 否    | 否  | 是  | 是   | 否   | 否    |

2.

|  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
|--|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|
|--|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|

Loop: lw a4,0(a3) IF ZD1 EX MEM WB

addw a1 a4 a1

ZF +n +n C EX MEM WB

|       |          |   |                |                |    |    |     |     |    |     |     |    |  |  |  |
|-------|----------|---|----------------|----------------|----|----|-----|-----|----|-----|-----|----|--|--|--|
| addw  | a1,a1,a1 | I | D <sub>1</sub> | D <sub>2</sub> | S  | Ex | Mem | WB  |    |     |     |    |  |  |  |
| addiw | a2,a2,-1 |   |                |                | IF | S  | Ex  | Mem | WB |     |     |    |  |  |  |
| addiw | a3,a3,4  |   |                |                | S  | S  | IF  | ID  | Ex | Mem | WB  |    |  |  |  |
| bnez  | a2,Loop  |   |                |                | S  | S  | IF  | ID  | S  | Ex  | Mem | WB |  |  |  |

一次迭代 12 周期

3.

|       |       | 1        | 2  | 3  | 4  | 5   | 6   | 7  | 8   | 9   | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
|-------|-------|----------|----|----|----|-----|-----|----|-----|-----|----|----|----|----|----|----|----|
| Loop: | lw    | a4,0(a3) | IF | ID | Ex | Mem | WB  |    |     |     |    |    |    |    |    |    |    |
|       | addw  | a1,a4,a1 | IF | ID | S  | Ex  | Mem | WB |     |     |    |    |    |    |    |    |    |
|       | addiw | a2,a2,-1 |    |    | IF | S   | ID  | Ex | Mem | WB  |    |    |    |    |    |    |    |
|       | addiw | a3,a3,4  |    |    | S  | IF  | ID  | Ex | Mem | WB  |    |    |    |    |    |    |    |
|       | bnez  | a2,Loop  |    |    |    |     | IF  | ID | Ex  | Mem | WB |    |    |    |    |    |    |

需 10 个周期