

2.

| | I1 | I2 | I3 | I4 | I5 | I6 |
|----|-----|-----|-----|-----|-----|----|
| I1 | - | | | | | |
| I2 | 无 | - | | | | |
| I3 | WAW | RAW | - | | | |
| I4 | 无 | WAW | WAR | - | | |
| I5 | RAW | RAW | RAR | RAW | - | |
| I6 | 无 | 无 | 无 | 无 | WAW | - |

4.

4. (1) 处理器A: 完成8条指令用时 $T_1 = T_{\text{pipeA}} (N_A + K_A - 1 + 1) = T_{\text{pipeA}} \cdot 10$
 处理器B完成8条指令用时 $T_2 = T_{\text{pipeB}} (N_B + K_B - 1 + 3) = T_{\text{pipeB}} \cdot 22$
 \therefore 加速比 $S = \frac{8T_1}{5T_2} \approx 1.21$

(2) A: 对80%的其他指令: $CPI_1 = \frac{5+5-1+1}{5} = 2$
 对20%的分支指令: $CPI_2 = 95\% \times 2 + 5\% \times \frac{5+5-1+2}{5}$
 $\therefore CPI_A = 80\% \times CPI_1 + 20\% \times CPI_2 = 2.004$
 同理, $CPI_B \approx 2.756$

6.(1)

| | ld | addi | sd | addi | sub | bnez |
|------|-----|------|-----|------|-----|------|
| ld | - | | | | | |
| addi | RAW | - | | | | |
| sd | RAW | RAW | - | | | |
| addi | WAR | 无 | RAW | - | | |
| sub | 无 | 无 | RAW | RAW | - | |
| bnez | 无 | 无 | 无 | 无 | RAW | - |

(2)

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
|------|----|----|----|-----|----|----|-----|----|----|-----|----|----|-----|----|-----|----|----|-----|----|----|
| ld | IF | ID | EX | MEM | WB | | | | | | | | | | | | | | | |
| addi | | IF | ID | s | s | EX | MEM | WB | | | | | | | | | | | | |
| sd | | | IF | ID | s | s | s | s | EX | MEM | WB | | | | | | | | | |
| addi | | | | IF | ID | s | s | s | s | s | s | EX | MEM | WB | | | | | | |
| sub | | | | | IF | ID | s | s | s | s | s | s | s | EX | MEM | WB | | | | |
| bnez | | | | | | IF | ID | s | s | s | s | s | s | s | s | s | EX | MEM | WB | |

即单个 Loop 循环需要 20 个时钟周期

而整个计算过程需要 25 次循环

所以总共需要 500 个时钟周期。

20 个时钟周期内执行了 6 条命令, 所以 $CPI=3.333$

7. (1)

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
|------|----|----|----|-----|----|-----|-----|----|----|-----|-----|-----|----|
| ld | IF | ID | EX | MEM | WB | | | | | | | | |
| addi | | IF | ID | s | EX | MEM | WB | | | | | | |
| sd | | | IF | ID | s | EX | MEM | WB | | | | | |
| addi | | | | IF | ID | s | s | s | EX | MEM | WB | | |
| sub | | | | | IF | ID | s | s | s | EX | MEM | WB | |
| bnez | | | | | | IF | ID | s | s | s | EX | MEM | WB |

此时需要的时钟周期变为 $13 \times 25 = 325$ 个

13 个时钟周期内执行了 6 条指令，所以 $CPI = 2.167$

(2) 最后一条指令除去 MEM 和 WB 过程，所以单次循环的时钟周期变为 12 个，但在第 11 个周期的时候最后一条分支指令的 EX 过程就完成了，在第 12 个周期会开始执行下一个周期，所以前 24 个循环每个循环都需要 11 个周期，最后一个循环需要访存和写回，需要加上这两个周期，最后一个循环需要 13 个周期。

所以总共需要 $11 \times 24 + 13 = 277$ 个时钟周期。

277 个时钟周期内执行了 $6 \times 25 = 150$ 条指令，所以 $CPI = 1.847$

8. (1)

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 |
|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|-----|-----|------|------|------|------|-----|-----|-----|------|------|------|-----|-----|
| ld | IF1 | IF2 | ID1 | ID2 | EX1 | EX2 | MEM1 | MEM2 | WB1 | WB2 | | | | | | | | | | | | |
| addi | | IF1 | IF2 | ID1 | ID2 | s | s | s | EX1 | EX2 | MEM1 | MEM2 | WB1 | WB2 | | | | | | | | |
| sd | | | IF1 | IF2 | ID1 | ID2 | s | s | s | s | EX1 | EX2 | MEM1 | MEM2 | WB1 | WB2 | | | | | | |
| addi | | | | IF1 | IF2 | ID1 | ID2 | s | s | s | s | s | s | s | EX1 | EX2 | MEM | MEM2 | WB1 | WB2 | | |
| sub | | | | | IF1 | IF2 | ID1 | ID2 | s | s | s | s | s | s | s | s | EX1 | EX2 | MEM1 | MEM2 | WB1 | WB2 |
| bnez | | | | | | IF1 | IF2 | ID1 | ID2 | s | s | s | s | s | s | s | s | s | EX1 | EX2 | | |

总时长为 $20 \times 24 + 24 = 504$ 个时钟周期，期间处理了 $6 \times 25 = 150$ 条指令

$CPI = 3.36$

(2)

6. (2) $CPI = 3.333$

7. (1) $CPI = 2.167$

(2) $CPI = 1.847$

8. (1) $CPI = 3.36$

19. (1)

| | | | | | | |
|-----|------|----|----|-----|-----|------|
| add | addi | ld | sd | bne | jal | jalr |
| 是 | 否 | 否 | 否 | 是 | 否 | 否 |

(2)

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|-------|----|----|-----|-----|----|----|-----|-----|-----|----|-----|----|
| lw | IF | ID | EX | MEM | WB | | | | | | | |
| addw | | IF | ID1 | ID2 | s | EX | MEM | WB | | | | |
| addiw | | | IF | ID | s | s | EX | MEM | WB | | | |
| addiw | | | | IF | ID | s | s | EX | MEM | WB | | |
| bnez | | | | | IF | ID | s | s | s | EX | MEM | WB |

循环单次迭代需要 12 个时钟周期

(3)

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|-------|----|----|----|-----|----|-----|-----|-----|-----|----|
| lw | IF | ID | EX | MEM | WB | | | | | |
| addw | | IF | ID | s | EX | MEM | WB | | | |
| addiw | | | IF | ID | s | EX | MEM | WB | | |
| addiw | | | | IF | ID | s | EX | MEM | WB | |
| bnez | | | | | IF | ID | s | EX | MEM | WB |

单次迭代需要 10 个周期