

(2) 没指令总数为 N

$$S = \frac{T_{old}}{T_{new}} = \frac{N \cdot 7ns}{(N+5-1) \cdot 2 \cdot ns} = \frac{7N}{(N+4) \cdot 2} = \frac{10N}{3(N+4)}$$

~~(3) 当 N 趋向于无穷大时，能达到 $\lim_{N \rightarrow \infty} \frac{10N}{3(N+4)} = \frac{10}{3}$ 的加速比~~

(3) 无穷多个分支时，时钟周期最小为 0.1ns $S \rightarrow \frac{7ns}{0.1ns} = 70$ 加速比极限

2. $I_1 \quad I_2 \quad I_3 \quad I_4 \quad I_5 \quad I_6$

$I_1 \quad // \quad // \quad // \quad // \quad //$

$I_2 \quad - \quad // \quad // \quad // \quad //$

$I_3 \quad WAW \quad RAW \quad // \quad // \quad //$

$I_4 \quad - \quad WAW/WAR \quad WAR \quad // \quad // \quad //$

$I_5 \quad RAW \quad RAW \quad - \quad RAW \quad // \quad //$

$I_6 \quad - \quad - \quad - \quad WAW \quad //$

4. (1) $CPI_A = \frac{6}{5} = 1.2 \quad CPI_B = \frac{8+3}{8} = \frac{11}{8}$

$$(2) S = \frac{T_A}{T_B} = \frac{\text{Cycle A} \cdot CPI_A}{\text{Cycle B} \cdot CPI_B} = \frac{\frac{6}{5} \times 1}{\frac{11}{8} \times \frac{3}{5}} = \frac{16}{11} \quad \text{加速比为 } 16:11$$

(2) A: 分支指令的 CPI :

若连续执行 N 条分支指令，则总周期数： $N + 5\% \cdot N \cdot 2 + 4 \Rightarrow CPI = 1.1$

~~95% \cdot N +~~ $CPI_A = (\frac{1}{5} \times 1.1 + \frac{4}{5} \times 1) \times \frac{6}{5} = 1.224$

B: 分支 ~~预测~~ 指令 $CPI = 1 + 5\% \times 5 = 1.25$

$CPI_B = (\frac{1}{5} \times 1.25 + \frac{4}{5} \times 1) \times \frac{11}{8} = 1.44375$

6. (1) 指令按顺序分为 $I_1, I_2, I_3, I_4, I_5, I_6$

数据冲突有： $I_2 \oplus I_1: WAW / RAW \quad I_3 \oplus I_1: WAW \quad I_3 \oplus I_2: WAW / WAR$

$I_4 \oplus I_1: WAR \quad I_4 \oplus I_3: WAR \quad I_5 \oplus I_4: RAW \quad I_6 \oplus I_5: ~~RAW~~ RAW$

(2) 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 ID EX MEM WB

addi a1, a1, 1 IF ID S S EX MEM WB

sd a1, 0(a2) IF S S ID EX S MEM WB

addi a2, a2, 4 IF ID S EX MEM WB

sub a4, a3, a2 IF ID S S EX MEM WB

bnez a4, Loop IF S S ID S S EX MEM WB

ld a1, 0(a2) IF ...

可执行 7 次循环不要 7 个周期
执行 $\frac{102}{4} = 25$ 次 $\Rightarrow 25 \times 7 = 175$ 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

addi a1, a1, 1 IF ID S EX MEM WB

sd a1, 0(a2) IF S ID EX MEM WB

addi a2, a2, 4 IF ID EX MEM WB

sub a4, a3, a2 IF ID EX MEM WB

bnez a4, loop IF ID EX MEM WB

完成所有循环: $25 \times 11 = 275$ 个周期

(2) 此时: 不用写 bnez 写回才执行 7 次循环 IF 可接受

~~7x25 + 4 = 179~~ 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 22 23

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 M₁ M₂ WB₁ WB₂

sd a1, 0(a2) IF₁ IF₂ ID₁ SS S ID₂ EX₁ EX₂ M₁ M₂ WB₁ WB₂

addi a2, a2, 4 IF₁ IF₂ SS S ID₁ ID₂ EX₁ EX₂ M₁ M₂ WB₁ WB₂

sub a4, a3, a2 IF₁ SS S IF₂ ID₁ ID₂ S EX₁ EX₂ M₁ M₂ WB₁ WB₂

bnez a4, Loop IF₁ IF₂ ID₁ S ID₂ S EX₁ EX₂ M₁ M₂ WB₁ WB₂

如上，完成一次循环不要 20 个周期 因冲突导致多 5 个周期

总共 25 次循环 共 6 条指令

$25 \times 6 + 25 \times 5 + (10 - 1) = 25 \times 11 + 9 = 284$ 共需 284 个周期

(2) 是总共执行指令数：均为 $25 \times 6 = 150$

$$题 6: CPI = \frac{425}{150} = 2.83$$

$$题 7: 无预测 CPI = \frac{275}{150} = 1.83$$

$$\text{有预测} CPI = \frac{179}{150} = 1.19$$

$$题 8: CPI = \frac{284}{150} = 1.89$$

19.

(1) add ✓ addi x id ~~x~~ sd ✓ bne ✓ jal x jalr x

(2) 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19

lw a4, 0(a3) IF ID EX MEM WB

addiw a1, a4, a1 IF ID₁ S S ID₂ EX MEM WB

addiw a2, a2, -1 IF S S ~~ID₂~~ EX MEM WB

addiw a3, a3, 4 IF ID EX MEM WB

bnez a2, Loop IF ID S EX MEM WB

首次迭代需要 9 个周期

13

13) 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

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 IF ID EX MEM WB

bnez a₂, Loop IF ID EX MEM WB

单次迭代所需周期为 10