

2. $I_1: ld \ a_1, 0(s_1)$

$I_2: mul \ a_2, a_0, a_1$

$I_3: add \ a_1, a_2, a_2$

$I_4: ld \ a_2, 0(s_2)$

$I_5: add \ a_3, a_1, a_2$

$I_6: sd \ a_3, 0(s_3)$

	I_1	I_2	I_3	I_4	I_5	I_6
I_1	x	x	x	x	x	x
I_2		x	x	x	x	x
I_3	WAW	RAW	x	x	x	x
I_4				WAR	x	x
I_5				RAW	RAW	x
I_6						RAW x

4. 10个处理器=看都处理N条指令, ~~$T_{\text{总}} = T_{\text{pipe}} \times \text{CPI}$~~

则A总经历的时间为

~~$= T_{\text{pipe}} \times$~~

↓

~~$T_{\text{pipe}} \times (N-5+1)$~~

$$T_A = T_{\text{pipe}} \times (N-5+1 + \frac{N}{5}) = \frac{6}{5}N - 4 = \frac{6}{5}N \quad (N \gg 4)$$

A B总经历时间 $T_B = T_{\text{pipe}} \times (N-12+1 + \frac{N}{8} \times 3) = 0.6 \left(\frac{11}{8}N \right) \quad (N \gg 11)$

\therefore B相对A加速比 $S = \frac{T_A}{T_B} = \frac{\frac{6}{5}}{\frac{0.6}{8}} = 1.455$

$$2) CPI = 0.8 \times \frac{6}{5} + 0.2 \times 0.95 \times \frac{6}{5} + 0.2 \times 0.05 \times 2 =$$

$CPI_A = 0.8 \times$ 若不考虑分支预测, 对A来说, 平均每个指令的周期数为 $\frac{26}{5}$; 对B来说, 为 $\frac{12 \times 8 + 3}{8}$

$$CPI_A = 0.8 \times \frac{26}{5} + 0.2 \left(\frac{26}{5} + 0.05 \times 2 \right) = 4.4096 \approx 5.22$$

$$CPI_B = 0.8 \times \frac{119}{8} + 0.2 \left(\frac{119}{8} + 0.05 \times 5 \right) = 14.925$$

b. Loop: ld a1, 0(a2) -- ① a_2 初始值为0, a_3 为100.

addi a1, a1, 1 -- ②

sd a1, 0(a2) -- ③

addi a2, a2, 4 -- ④

sub a4, a3, a2 -- ⑤

bnez a4, Loop -- ⑥

11. ①、② 中 a_1 , 有'写后读'(RAW)

③、④ 中 a_1 , 有'写后读'(RAW)

⑤、⑥ 中 a_2 , 有'写后读'(RAW)

⑥、⑦ 中 a_4 , 有'写后读'(RAW)

(2)

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 ID S S S S EX MEM WB

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

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

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

读图, 一次循环17个周期.

共25个周期. 共425个周期.
循环.

MEM
WB

7. $ld\ a1, 0(a2)$ IF ID EX MEM WB
 $addi\ a1, a1, 1$ IF ID S EX MEM WB
 $sd\ a1, 0(a2)$ IF ID S EX MEM WB
 $addi\ a2, a2, 4$ IF ID S EX MEM WB
 $sub\ a4, a3, a2$ IF ID S EX MEM WB
 $bnez\ a4, Loop$ IF ID S EX MEM WB

(1) 一个循环 12 个周期, 总共同样时为 25 个周期 $\Rightarrow C_{总} = 275$ (个)

(2) 为 $12 + 23 \times 11 + 12 + 24 \times 7 + 10 = 179$ (个)

8.

$ld\ a1, 0(a2)$ IF₁ IF₂ ID₁ ID₂ EX₁ EX₂ M₁ M₂ W₁ W₂
 $addi\ a1, a1, 1$ IF₁ IF₂ ID₁ ID₂ S S S EX₁ EX₂ M₁ M₂ W₁ W₂
 $sd\ a1, 0(a2)$ IF₁ IF₂ ID₁ ID₂ S S S S EX₁ EX₂ M₁ M₂ W₁ W₂
 $addi\ a2, a2, 4$ IF₁ IF₂ ID₁ ID₂ S S S S EX₁ EX₂ M₁ M₂ W₁ W₂
 $sub\ a4, a3, a2$ IF₁ IF₂ ID₁ ID₂ S S S S EX₁ EX₂ M₁ M₂ W₁ W₂
 $bnez\ a4, Loop$ IF₁ IF₂ S S S S S S ID₁ ID₂ EX₁ EX₂ M₁ M₂ W₁ W₂

(1) 预测成功: 8 周期. \therefore 需要 $8 \times 24 + 17 = 209$ (个).
 不成功: 17 周期

(2) 无前馈: $\frac{425}{25 \times 6} = 2.83$ 有前馈无预测: $\frac{275}{25 \times 6} = 1.83$

有前馈有预测: 1.39
 误差为 0.2

有前馈有预测: 1.187

19. 1) add addi ld sd bne jal jalr
 要 不要 要 要 不要 不要 要

12) 100

~~lw a4, 0(a3) IF ID₁ ID₂ EX MEM WB~~
~~addw a1, a4, a1 IF ID₁ ID₂ S S EX MEM WB~~ 单次循环周期
~~addiw a2, a2, -1 IF ID₁ ID₂ S ID₂ EX MEM WB~~
~~addiw a3, a3, 4 IF S S ID₁ ID₂ EX MEM WB~~
~~bnez a2, loop IF ID₁ S EX MEM WB~~

13) 12

~~lw a4, 0(a3) IF ID₁ EX MEM WB~~
~~addw a1, a4, a1 IF ID₁ ID₂ S EX MEM WB~~
~~addiw a2, a2, -1 IF ID₁ EX MEM WB~~ 11个周期
~~addiw a3, a3, 4 IF ID₁ EX MEM WB~~
~~bnez a2, loop IF ID₁ EX MEM WB~~

13)

~~lw a4, 0(a3) IF ID₁ EX MEM WB~~
~~addw a1, a4, a1 IF ID₁ S EX MEM WB~~
~~addiw a2, a2, -1 IF ID₁ EX MEM WB~~ 10个周期
~~addiw a3, a3, 4 IF ID₁ EX MEM WB~~
~~bnez a2, loop IF ID₁ EX MEM WB~~