

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

2.

$I_1$

$I_2$

$I_3$  WAW RAW

$I_4$  WAR WAR

$I_5$  RAW RAW RAW RAW

$I_6$

RAW

$$1) S_A = \frac{N_2 \cdot T_3}{N_1 \cdot T_1} \quad S = \frac{CPI_A \cdot T_A}{CPI_B \cdot T_B} = \frac{\frac{N + \frac{N}{2} - 1 + 5}{N}}{\frac{N + \frac{N}{2} \times 3 - 1 + 5}{N}} \cdot \frac{1}{0.6} = \frac{\frac{6}{5}}{\frac{11}{8}} \cdot \frac{1}{0.6}$$

$$= 1.45$$

$$2) CPI_A = \frac{100 \times (80\% + 20\% \times 95\%) \times CPI_1 + 100 \times 20\% \times 5\% \times CPI_2}{100}$$

$$CPI_1 = \frac{(5+5-1)+1}{5} = 2$$

$$CPI_2 = \frac{(5+5-1)+1+1}{5} = 2.2$$

$$\therefore CPI_A = 0.99 \times 2 + 0.01 \times 2.2 = 2.002$$

$$CPI_B = 0.99 CPI_1' + 0.01 CPI_2'$$

$$CPI_1' = \frac{(8+2-1)+3}{8} = \frac{11}{8}$$

$$CPI_2' = \frac{(8+2-1)}{8}$$

$$80\% + 20\% \times 95\% = 99\%$$

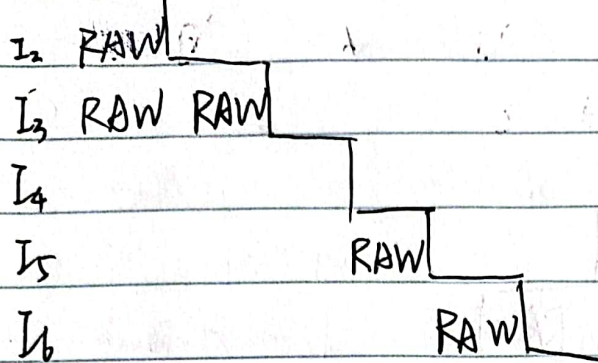
平均每 100 个指令有 1 个指令为错误预测的分支指令

$$CPI_A' = \frac{N + \frac{N}{5} - 1 + 5 + 20\% \times 5\% N}{N} \approx 1.21$$

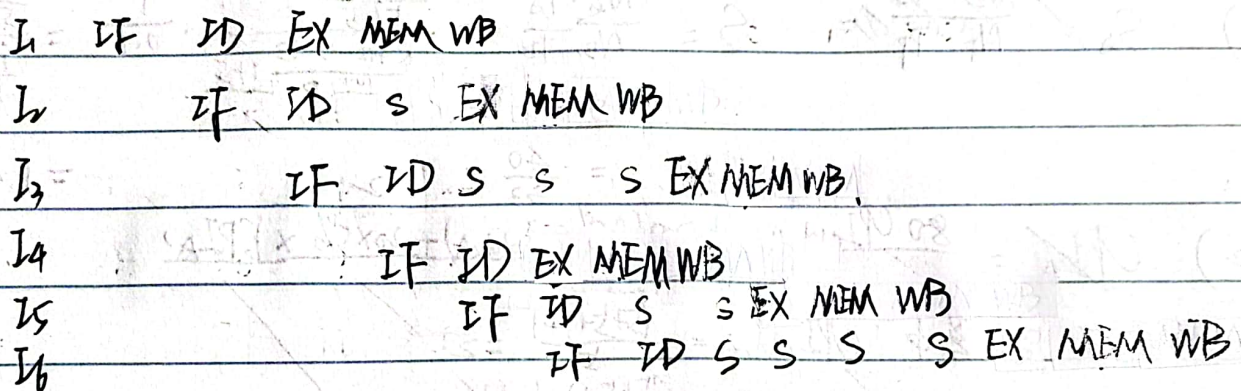
$$CPI_B' = \frac{N + \frac{N}{2} \times 3 - 1 + 5 + 20\% \times 5\% N \times 4}{N} \approx 1.45$$



6.1)  $I_1 \quad I_2 \quad I_3 \quad I_4 \quad I_5 \quad I_6$



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

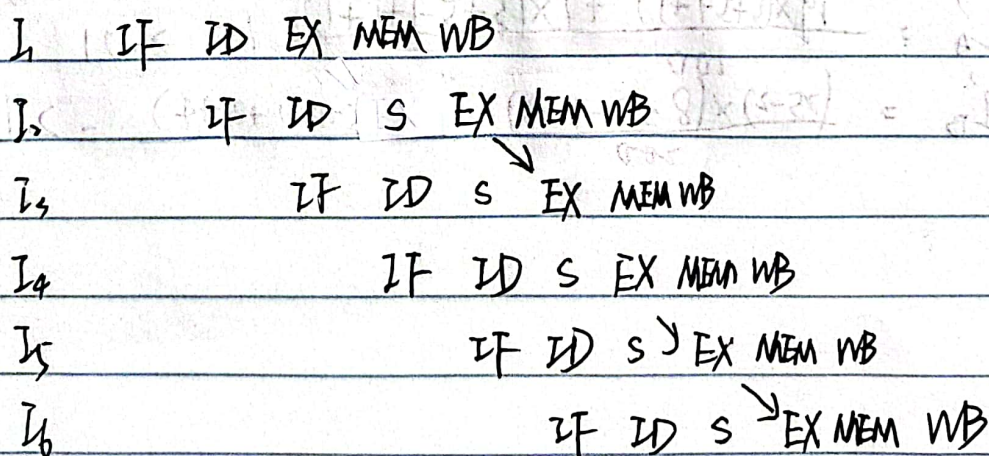


每次循环  $\Delta_4 = \Delta_3 - \Delta_2 = 100 - (0 + 4 \times T) = 100 - 4T$

当  $\Delta_4 = 0$  时  $T = 25$

到最后一次写回时共经过  $25 \times 14 = 350$  个周期

7. 1) 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11



共需  $25 \times 11 = 275$  个周期





2) 根据题意  $I_6$  的环之后 即会回到  $I_1$  指令

即前 24 个周期循环共经过  $7 \times 24 = 168$  个周期

最后一个循环经过 11 个周期

∴ 共需要 179 个周期

8 1)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$I_1$	IF <sub>1</sub>	IF <sub>2</sub>	ID <sub>1</sub>	ID <sub>2</sub>	EX <sub>1</sub>	EX <sub>2</sub>	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	WB <sub>1</sub>	WB <sub>2</sub>		
$I_2$		IF <sub>1</sub>	IF <sub>2</sub>	ID <sub>1</sub>	ID <sub>2</sub>	S	S	S	EX <sub>1</sub>	EX <sub>2</sub>	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>
$I_3$			IF <sub>1</sub>	IF <sub>2</sub>	ID <sub>1</sub>	ID <sub>2</sub>	S	S	S	S	EX <sub>1</sub>	EX <sub>2</sub>
$I_4$				IF <sub>1</sub>	IF <sub>2</sub>	ID <sub>1</sub>	ID <sub>2</sub>	EX <sub>1</sub>	EX <sub>2</sub>	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	WB <sub>1</sub>
$I_5$					IF <sub>1</sub>	IF <sub>2</sub>	ID <sub>1</sub>	ID <sub>2</sub>	S	EX <sub>1</sub>	EX <sub>2</sub>	M <sub>1</sub>
$I_6$						IF <sub>1</sub>	IF <sub>2</sub>	ID <sub>1</sub>	ID <sub>2</sub>	S	S	EX <sub>1</sub>
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
$I_1$												
$I_2$	WB <sub>1</sub>	WB <sub>2</sub>										
$I_3$	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	WB <sub>1</sub>	WB <sub>2</sub>								
$I_4$	WB <sub>2</sub>											
$I_5$	M <sub>2</sub>	WB <sub>1</sub>	WB <sub>2</sub>									
$I_6$	EX <sub>2</sub>	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	WB <sub>1</sub>	WB <sub>2</sub>							

同 7 中分析, 前 24 个循环共经过  $7 \times 24 = 168$  个周期

最后循环经过 17 周期

共 185 周期

$$2) \text{CPI}_6 = \frac{14}{6} = 2.33$$

$$\text{CPI}_{7(1)} = \frac{179}{15 \times 6} = 1.99$$

$$\text{CPI}_{7(2)} = \frac{11}{6} = 1.83$$

$$\text{CPI}_8 = \frac{185}{15 \times 6} = 2.06$$



19)    add    addi    ld    sd    bne    jal    jalr  
          ✓        X        ✓        ✓        X        X        ✓

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

I<sub>1</sub>    IF    ID<sub>1</sub>    ID<sub>2</sub>    EX    M    WB

I<sub>2</sub>        IF    ID<sub>1</sub>    ID<sub>2</sub>    S    EX    M    WB

I<sub>3</sub>            IF    ID    EX    M    WB

I<sub>4</sub>                IF    ID    S    EX    M    WB

I<sub>5</sub>                    IF    ID    S    EX    M    WB

单周期数为 10 个

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

I<sub>1</sub>    IF    ID<sub>1</sub>    ID<sub>2</sub>    EX    M    WB

I<sub>2</sub>        IF    ID<sub>1</sub>    ID<sub>2</sub>    S    EX    M    WB

I<sub>3</sub>            IF    ID    EX    M    WB

I<sub>4</sub>                IF    ID    S    EX    M    WB

I<sub>5</sub>                    IF    ID    S    EX    M    WB

∵ I<sub>1</sub> ID 无法合并, I<sub>2</sub> 由于 A<sub>1</sub> 通过寄存器得到, A<sub>4</sub> 只能从 I<sub>1</sub> 的 MEM 级得到

∴ 前馈用不上 单周期数依旧为 10 个

