

(2) 设指令总数为 N

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

当 $N \rightarrow \infty$ 时 当 N 很大时, 能达到 $\lim_{N \rightarrow \infty} \frac{10N}{3(N+4)} = \frac{10}{3}$ 的加速比

(3) 无旁路延迟时, 时钟周期最小为 $0.1ns$ $S \rightarrow \frac{7ns}{0.1ns} = 70$ 加速比极大

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

I_1 // // // // //

I_2 - // // // //

I_3 WAW RAW // // //

I_4 - WAW/WAR WAR // //

I_5 RAW RAW - RAW // //

I_6 - - - - WAW //

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

则 $S = \frac{T_A}{T_B} = \frac{T_{cycle A} \cdot CPI_A}{T_{cycle B} \cdot CPI_B} = \frac{\frac{6}{5} \times 1}{\frac{11}{8} \times \frac{3}{5}} = \frac{16}{11}$ 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: $N + 5\%N \cdot 2 + 4 \Rightarrow CPI = 1.1$

$CPI_A = (\frac{1}{5} \times 1.1 + \frac{4}{5} \times 1) \times \frac{6}{5} = 1.224$

B: 分支指令 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. 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 与 I_1 : WAW/RAW I_3 与 I_1 : WAW I_3 与 I_2 : WAW/WAR

I_4 与 I_1 : WAR I_4 与 I_3 : WAR I_5 与 I_4 : RAW I_6 与 I_5 : 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	^S	ID	S	S	EX	MEM	WB								
bnez a4, loop							IF	S	S	ID	S	S	EX	MEM	WB					
ld a1, 0(a2)																				IF...

可见执行一次循环需要17个周期 共执行 $\frac{100}{4} = 25$ 次 $\Rightarrow 25 \times 17 = 425$ 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: 不用等 bnez 写回才进行下一次循环 IF 可接续

~~7x25~~ $7 \times 25 + 4 = 179$ 个周期

8. 11) 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 S S S ID₂ EX₁ EX₂ M₁ M₂ WB₁ WB₂

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

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

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

如上, 完成一次循环需要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

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

(2) 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 $CPI = \frac{275}{150} = 1.83$

有预测 $CPI = \frac{179}{150} = 1.19$

题8: $CPI = \frac{284}{150} = 1.89$

19.

11) add ✓ addi X ld ~~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

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

addw a2, a2, -1 IF S S ~~SD~~ ID EX MEM WB

addw a3, a3, 4 IF ID EX MEM WB

bnez a2, Loop IF ID S EX MEM WB

每次迭代需要7个周期

B) 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