

④

11	-					
12	-					
13	WAW	RAW	-			
14	-	WAW	WAR	-		
15	RAW	RAW	RAW	-		
16	-	-	-	-	WAW	-

④ 1) 设处理器B相对处理器A的加速比为S, 指令数为N.

$$S = \frac{T_A}{T_B} = \frac{(N+5-1)t_A + \frac{N}{5} \cdot t_A}{(N+12-1)t_B + \frac{N}{8} \cdot 3t_B} = \frac{(\frac{6}{5}N+4) \cdot t_A}{(\frac{11}{8}N+11) \cdot t_B} \approx \frac{48t_A}{55t_B}$$

又有 $t_A = 1ns$, $t_B = 0.6ns$, 故 $S \approx \frac{48}{33} = \frac{16}{11}$ 处理器B相对A的加速比为 $16/11$.

$$2) CPI_A = \frac{N+5-1 + \frac{N}{5} + N \times 20\% \times 5\% \times 2}{N} \approx 1.22$$

$$CPI_B = \frac{N+12-1 + \frac{N}{8} \times 3 + N \times 20\% \times 5\% \times 1}{N} \approx 1.425$$

⑤ 1) 将 Loop 中的 b 条指令编号 I1, I2, I3, I4, I5, I6.

	I1	I2	I3	I4	I5	I6
I1						
I2	RAW WAW					
I3	AAW	RAW				
I4	WAR	-	WAR			
I5	-	-	-	RAW		
I6	-	-	-	-	RAW	

2) 假设流水线严格顺序执行, 则前面指令发生的停顿会向后续指令传播.

Loop:

```

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

```

先前需要等待上一条指令将写回数据写入内存才能进入 EX 阶段

判断易得完成所有循环共 25 次, 一个循环中有 17 个时钟周期
故共需 425 个时钟周期.

⑥

1) 假设流水线严格顺序执行

Loop:

```

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

```

一次循环中有 11 个周期, 共需 225 个周期.

2) 分支预测技术是指遇到分支指令时直接在取指阶段预测分支“跳”或者“不跳”以
及跳转目标地址, 由于固定预测发生跳转, 故新指令在分支指令的下一周期能够顺利取入.

由于循环要执行 25 次, 且每次跳转会省去 4 个时钟周期, 则执行完所有的循环能节省 96 个 cycle, 即 179 个 cycle.

⑧ 1) 假设该10级的流水线严格顺序执行:

```

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, 0, a2    IF1 S S S IF2 ID1 ID2 S EX1 EX2 M1 M2 WB1 WB2
bneq a4, Loop   S S S IF1 IF2 ID1 ID2 S S EX1 EX2 M1 M2 WB1 WB2
ld a1, 0(a2)    S S S IF1 IF2 ID1 S S ID2 EX1 EX2 M1 M2 WB1 WB2

```

-一次循环内需要 20 个 cycle, -共需要 25 个循环, 循环跳转处有 11 个 cycle 重叠, 故所需总时钟周期为 $20 \times 25 - 11 \times 24 = 236$ 个 cycle

2) 计算 6-8 问情况下各处理器的 CPI.

$$N - \text{instruction number} \quad N = 6 \times 25 = 150$$

$$6: CPI_1 = \frac{425}{150} = 2.85625$$

$$7: CPI_2 = \frac{275}{150} = 1.71875$$

$$CPI_2' = \frac{179}{150} = 1.11875$$

$$8: CPI_3 = \frac{236}{150} = 1.425$$

⑨ 1) 标记指令是否需要 2 周期完成 ID 阶段.

add	addi	ld	sd	bne	jal	jalr
✓	x	x	✓	✓	x	x

2) 假设流水线严格顺序执行:

Loop:

```

lw a4, 0(a3)    IF ID EX MEM WB
addw a1, a4, a1  IF S S ID1 ID2 EX MEM WB
addiw a2, a2, -1 S S IF S ID EX MEM WB
addiw a3, a3, 4  S S S IF ID EX MEM WB
bneq a2, Loop   S S S IF ID EX MEM WB

```

故完成单次迭代需要 12 个周期.

3) 假设流水线严格顺序执行:

Loop:

```

lw a4, 0(a3)    IF ID EX MEM WB
addw a1, a4, a1  IF S S ID EX MEM WB
addiw a2, a2, -1 S S IF ID EX MEM WB
addiw a3, a3, 4  S S IF ID EX MEM WB
bneq a2, Loop   S S IF ID EX MEM WB

```

故完成单次迭代需要 11 个周期.