

第三章 2. 4. 6. 7. 8. 19题

2. I3与I2存在RAW数据依赖, 因为I2的结果被I3使用. I5与I1、I4存在WAR数据依赖, 因为I1和I4的结果都会在I5中被使用。

4. (1) 处理器B相比处理器A的加速比为: $\text{加速比} = \frac{\text{处理器A的时钟周期}}{\text{处理器B的时钟周期}} = \frac{1\text{ns}}{0.6\text{ns}} = 1.67$

(2) 处理器A的CPI可以表示为: $\text{CPI-A} = (5 + 0.2 \times 2 + \text{错误预测率} \times \text{错误预测代价}) / 5 = (5 + 0.2 \times 2 + 0.05 \times 2) / 5 = 1.14$;

处理器B的CPI可以表示为: $\text{CPI-B} = (12 + 0.2 \times 3 + \text{错误预测率} \times \text{错误预测代价}) / 8 = (12 + 0.2 \times 3 + 0.05 \times 5) / 8 = 1.65$ 。

6. (1) ld指令和sd指令之间存在RAW数据相关, 因为ld指令将读取a2所指向的内存位置, 并将结果保存到a1中, 而后面的sd指令又将a1中的值写回到a2所指向的内存位置。如果在这两个指令执行期间, 流水线中的前一条指令的结果未被完全计算出来, 后一条指令就使用了该结果, 就会导致RAW数据冲突; addi指令和bnez指令之间存在WAR数据相关, 因为addi指令将修改a2的值, 而bnez指令又要使用最新的a2的值判断是否跳转。如果在这两个指令执行期间, 流水线中的addi指令尚未将修改后的值写回到寄存器文件, bnez指令就读取了旧值, 则会导致WAR数据冲突; ld指令和sub指令之间存在WAW数据相关, 因为ld指令将从内存中加载一个值, 而sub指令又将其结果写回到与ld指令

相同的目标操作数a4中。如果在这两个指令执行期间，流水线中的ld指令的结果未被完全计算出来，sub指令就使用了该目标操作数，则会导致WAW数据冲突。

7. (1) 在一个5级RISC流水线中，该代码段在一次循环中的完整执行时序如下：

时钟周期	指令	IF	ID	EX	MEM	WB
1		ld a1, 0(a2)				
2	addi a1, a1, 1	ld a1, 0(a2)				
3		addi a1, a1, 1	ld a1, 0(a2)			
4	sd a1, 0(a2)		addi a1, a1, 1	ld a1, 0(a2)		
5		sd a1, 0(a2)		addi a1, a1, 1	ld a1, 0(a2)	
6	addi a2, a2, 4		sb a1, 0(a2)		addi a1, a1, 1	ld a1, 0(a2)
7		addi a2, a2, 4		sb a1, 0(a2)		addi a1, a1, 1
8	sub a4, a1, a2		addi a2, a2, 4		sd a1, 0(a2)	
9		sub a4, a3, a2		addi a2, a2, 4		sd a1, 0(a2)
10	bne2 a4, loop		sub a4, a3, a2		addi a2, a2, 4	
11		bne2 a4, loop		sub a4, a3, a2		addi a2, a2, 4

因为该代码段是有一个循环，因为执行完成所有循环共需要11个时钟周期。

(2) 12个周期。

8. (1) 在一个10级深流水线中，该代码段在一次循环中的完整执行时序如下：

时钟周期	指令	IF1	IF2	ID1	ID2	EX1	EX2	M1	M2	WB1	WB2
1		ld a1, 0(a2)									
2			ld a1, 0(a2)								
3				ld a1, 0(a2)							
4					ld a1, 0(a2)						
5						ld a1, 0(a2)					
6							ld a1, 0(a2)				
7	addi a1, a1, 1						s a1, 0(a2)				
8								sd a1, 0(a2)			
9									sd a1, 0(a2)		
10										addi a1, a1, 1	
11											sd a1, 0(a2)
12	addi a2, a2, 4										
13											addi a1, a1, 1
14											
15											
16											
17											
18											
19											
20											

因为该代码段有一个循环，因此执行完成所有循环共需要20个时钟周期。

2. 原始代码段在一个5级RISC流水线中的CPI为： $\frac{1}{5} \times \frac{1}{1} = 1$ 。
 在一个5级RISC流水线中添加分支预测器后的CPI为： $\frac{1}{5} \times \frac{1}{1} = 1$ 。

$t_1 = 12$; 在一个10级深流水线中的CPL为: $t_1 + \text{trace}$ 对 $t_1 = 20$ 年可 \sim 相
出, 添加分支预测器可以显著地降低CPL, 而深流水线则会增加CPL。

19. (1) 需要两周期完成ID阶段的指令有: lw, bne, jal, jalr.

(2) 在单个读端口寄存器堆系统中, 循环单次迭代需要的周期数为7。

执行时序表如下:

时钟 周期	指令	IF	ID1	ID2	EX	MEM	WB
1		lw a4, 0(a3)					
2			lw a4, 0(a3)				
3				addw a1, a4, a1			
4				addw a2, a1, 1			
5				addw a3, a3, 4			
6	bnez a2, loop						

(3) 在引入前馈后, 上述代码段单次迭代需要的周期数为5。执行

时序表如下:

时钟周期	指令	IF	ID	EX	MEM	WB
1		lw a4, 0(a3)	addw a1, a4, a1			
2			addw a2, a1, 1			
3				addw a3, a3, 4		
4	bnez a2, loop					
5						

可以看到, 在引入前馈后, 循环单次迭代所需的周期数减少32。