

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：加速比 = 处理器A的时钟周期 / 处理器B的时钟周期 = 1ns / 0.6ns = 1.67

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

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

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指令又将把它的结果写回到与ld指令

相同的目标操作数 a_4 中。如果在这两个指令执行期间，流水线中的 Id 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	MEMA	WB
1		$ld\ a_1.0(a_2)$				
2	$addi\ a_1.a_1.1$	$ld\ a_1.0(a_2)$				
3	$addi\ a_1.a_1.1$	$ld\ a_1.0(a_2)$				
4	$sd\ a_1.0(a_2)$		$addi\ a_1.a_1.1$	$ld\ a_1.0(a_2)$		
5		$sd\ a_1.0(a_2)$		$addi\ a_1.a_1.1$	$ld\ a_1.0(a_2)$	
6	$addi\ a_2.a_2.4$		$sb\ a_1.0(a_2)$		$addi\ a_1.a_1.1$	$ld\ a_1.0(a_2)$
7		$addi\ a_2.a_2.4$		$sb\ a_1.0(a_2)$		$addi\ a_1.a_1.1$
8	$sub\ a_2.a_3.a_2$		$addi\ a_2.a_2.4$		$sd\ a_1.0(a_2)$	
9		$sub\ a_2.a_3.a_2$		$addi\ a_2.a_2.4$		$sd\ a_1.0(a_2)$
10	$bneq\ a_2.\text{loop}$		$sub\ a_2.a_3.a_2$		$addi\ a_2.a_2.4$	
11		$bneq\ a_2.\text{loop}$		$sub\ a_2.a_3.a_2$		$addi\ a_2.a_2.4$

因为该代码段含有一个循环，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	IF1	IF2	ID1	ID2	EX1	EX2	M1	M2	WB1	WB2
1		id a1,0(02)								
2			id a1,0(02)							
3				id a1,0(03)						
4					id a1,D,(a2)					
5						id a1,0(03)				
6							id a1,0(02)			
7	add1 a1,a1,1							s		
8							sd a1,0(02)			
9								sd a1,0(02)		
10									add1 a1,a1,1	
11										sd a1,0(02)
12	add1 a1,a1,1									
13										add1 a1,a1,1
14										
15										
16										
17										
18										
19										
20										

因为该代码段只有一个循环，因此执行完成所有循环共需要20个时钟周期。

①原始代码段在一个5级RISC流水线中的CPI为： $\frac{1}{5} = 0.2$ 。

在一个5级RISC流水线中添加分支预测器后的CPI为： $\frac{1}{4} = 0.25$

(1)=12 \$; 在一个10级深流水线中的CPI为: $\lceil \log_2 12 \rceil + 1 = 2.09 \approx 3$ 。
出, 添加分支预测器可以显著地降低CPI, 而深流水线则会增加CPI。

19. (1) 需要两周期完成 LD 阶段的指令有: lw, bne, ja1, ja1r。

(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(r3)					
2			lw a4,r0(b3)				
3				addw a1,a4,a1			
4				addiw a2,a1,-1			
5					addiw 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

时钟周期	指令	IF	LD	EX	MEM	WB
1		lw a4 0(as)	addw a1,a4,a1			
2				addiw a1,a1,-1		
3					addiw 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到32。