

	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	Z_5	Z_6
I_1						
I_2	F					
I_3	WAW	RAW				
I_4	F	WAW	WAR			
I_5	F	RAW	RAW	RAW		
I_6	F	F	F	F	WAW	

3-4 (1) $T_{cycle(1)} = 1ns + 1ns \times \frac{1}{5} = 1.2ns$ $\Rightarrow \eta = \frac{T_{cycle(2)}}{T_{cycle(1)}} = \frac{\frac{8}{16}ns}{1.2} = \frac{1}{16}$

$$T_{cycle(2)} = 0.6ns + 0.6ns \times \frac{3}{8} = \frac{66}{8}ns$$

(2) $CPL_A = 5 \times (0.8 + 0.2 \times 0.95) + 7 \times 0.2 \times 0.05 + 0.2 = \frac{5.22}{5} = 1.044$
 $CPL_B = 2 \times (0.8 + 0.2 \times 0.95) + 17 \times 0.2 \times 0.05 + \frac{3}{8}$

3-6 (1) 參考3-2的圖
 $Z_1 \quad Z_2 \quad Z_3 \quad Z_4 \quad Z_5 \quad Z_6$

Z_1

Z_2 RAW

Z_3 F RAW

Z_4 WAR F WAR

Z_5 F F F RAW

(2) 补充后 sd Z_P Z_D EX S S S MEM WB

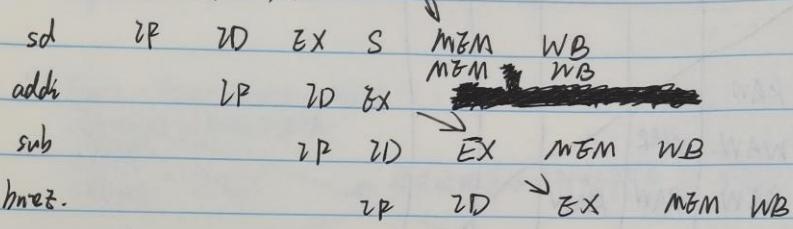
addi Z_P Z_D EX MEM WB

sub Z_P Z_D S S EX MEM WB

bnez Z_P Z_D S S S EX MEM WB

總共 $25 \times 10 = 350$ 個周期

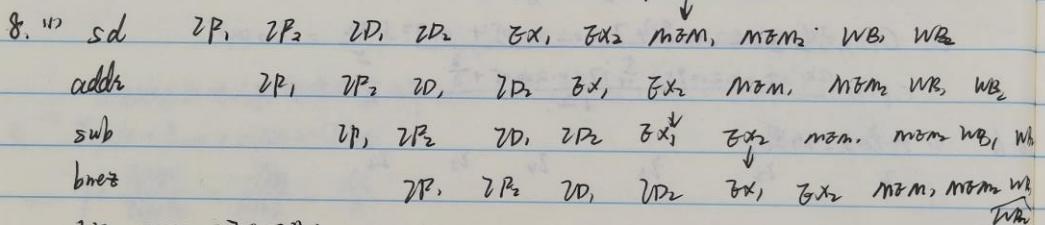
7. (1) 在分支指令中重取指令，有



$$\Rightarrow 25 \times 10 = 250 \text{ 个周期}$$

(2) 存储前缀硬件，第八周期完成 EX，此后 10 个周期完成 \rightarrow 8 周期，共 10 周期

$$8 + 8 \times 23 + 10 = 202 \text{ 个周期} ; \overbrace{\text{EX}_1 \text{ EX}_2}^{\downarrow}$$



$$202 \times 25 = 375 \text{ 个周期}$$

$$(2) CPZ_6 = \frac{14}{6} = 2.33 \quad CPZ_7 = \frac{10}{6} = 1.67 \quad CPZ_8 = \frac{15}{6 \times 2} = 1.25$$

19. (1) add addi ldl scl bne jal jalr
 2 周期 是 否 否 是 是 否 否

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
lw	IP	ID	EX	MEM	WB					
addw	IP	ID	ID	S	EX	MEM	WB			
addiw	IP	ID	EX	MEM	WB					
bnez.	IP	ID	S	EX	MEM	WB				

共需要 9 个周期。

(2) 在上述表内对 S 处进行指向下移减一个周期，共需要 8 个周期