

## Esercizio 1

Dato il seguente codice assembly:

```
ADD    R5, R6, R7
LW     R6, 200(R5)
SUB    R3, R1, R2
ADD    R4, R3, R4
```

1. Identificare le dipendenze dati del seguente codice

Dipendenza RAW su R5 tra ADD1 e LW2

Dipendenza RAW su R3 tra SUB3 e ADD4

Dipendenza WAR su R6 tra ADD1 e LW2

2. Risolvere i conflitti presenti utilizzando le NOP e calcolare il CPI

CICLO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ADD1	F	D	E	M	W							
NOP		F	D	E	M	W						
NOP			F	D	E	M	W					
LW2				F	D	E	M	W				
SUB3					F	D	E	M	W			
NOP						F	D	E	M			
NOP							F	D	E	M	W	
ADD4								F	D	E	M	W

$$CPI = \frac{\# \text{ TOTALE CICLI}}{\# \text{ TOTALE ISTRUZIONI}} = \frac{12}{4} = 3$$

3. Risolvere i conflitti presenti utilizzando gli STALLI e calcolare il CPI

CICLO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ADD1	F	D	E	M	W							
LW2		F	X	X	D	E	M	W				
SUB3					F	D	E	M	W			
ADD4						F	X	X	D	E	M	W

$$CPI = \frac{\# \text{ TOTALE CICLI}}{\# \text{ TOTALE ISTRUZIONI}} = \frac{12}{4} = 3$$

4. Risolvere i conflitti presenti RIORDINANDO le istruzioni e introducendo STALLI dove necessario.  
Calcolare infine il CPI

CICLO	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ADD1	F	D	E	M	W				
SUB3		F	D	E	M	W			
LW2			F	X	D	E	M	W	
ADD4					F	D	E	M	W

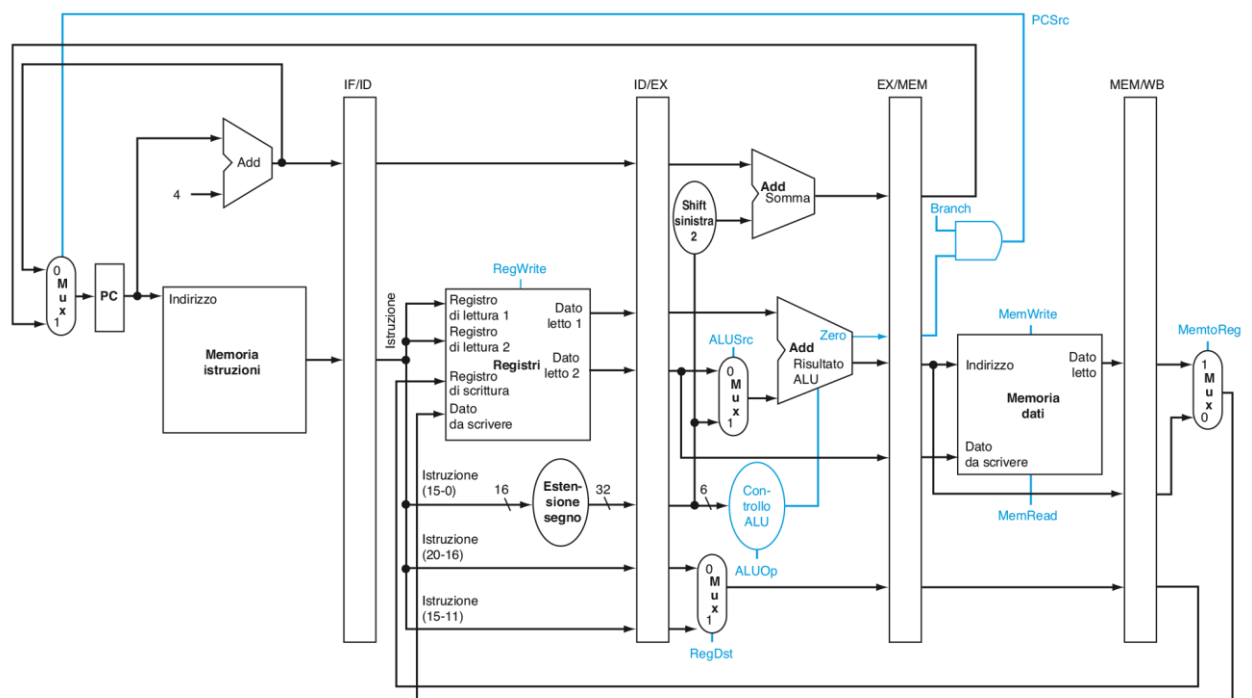
$$CPI = \frac{\# \text{ TOTALE CICLI}}{\# \text{ TOTALE ISTRUZIONI}} = \frac{9}{4} = 2.25$$

5. Risolvere i conflitti presenti assumendo che l'architettura supporti la PROPAGAZIONE e calcolare il CPI

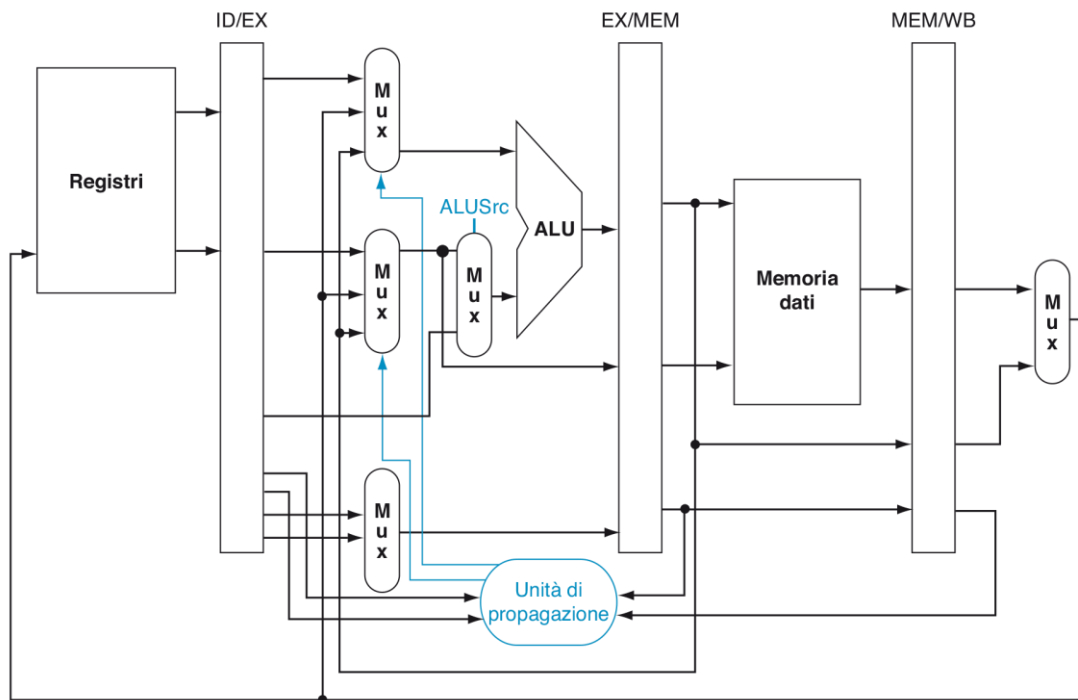
CICLO	1	2	3	4	5	6	7	8
ADD1	F	D	E	M	W			
LW2		F	D	E	M	W		
SUB3			F	D	E	M	W	
ADD4				F	D	E	M	W

$$CPI = \frac{\# \text{ TOTALE CICLI}}{\# \text{ TOTALE ISTRUZIONI}} = \frac{8}{4} = 2$$

6. Mostrare i segnali di controllo dell'architettura con propagazione nel ciclo 4



	IF/ID	ID/EX	EX/MEM	MEM/WB
<b>ISTR</b>	<b>SUB3</b>	<b>LW2</b>	<b>ADD1</b>	<b>X</b>
EX.ALUSrc		1	0	
EX.RegDest		0	1	
M.MemWrite		0	0	
M.MemRead		1	0	
M.Branch		0	0	
WB.MemToReg		1	0	
WB.RegWrite		1	1	



	Valore
PropagaA	10
PropagaB	00

## Esercizio 2

Dato il seguente codice assembly:

```
ADD    R5, R6, R7
LW     R6, 200(R5)
SUB     R5, R6, R7
```

1. Identificare le dipende dati del seguente codice

Dipendenza RAW su R5 tra ADD1 e LW2

Dipendenza RAW su R6 tra LW2 e SUB3

Dipendenza WAW su R5 tra ADD1 e SUB3

Dipendenza WAR su R6 tra ADD1 e LW2

Dipendenza WAR su R5 tra LW2 e SUB3

2. Risolvere i conflitti presenti utilizzando le NOP e calcolare il CPI

CICLO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ADD1	F	D	E	M	W						
NOP		F	D	E	M	W					
NOP			F	D	E	M	W				
LW2				F	D	E	M	W			
NOP					F	D	E	M	W		
NOP						F	D	E	M	W	
SUB3							F	D	E	M	W

$$CPI = \frac{\# \text{ TOTALE CICLI}}{\# \text{ TOTALE ISTRUZIONI}} = \frac{11}{3} = 3.67$$

3. Risolvere i conflitti presenti utilizzando gli STALLI e calcolare il CPI

CICLO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ADD1	F	D	E	M	W						
LW2		F	X	X	D	E	M	W			
SUB3					F	X	X	D	E	M	W

$$CPI = \frac{\# \text{ TOTALE CICLI}}{\# \text{ TOTALE ISTRUZIONI}} = \frac{11}{3} = 3.67$$

4. Risolvere i conflitti presenti RIORDINANDO le istruzioni e introducendo STALLI dove necessario.  
Calcolare infine il CPI

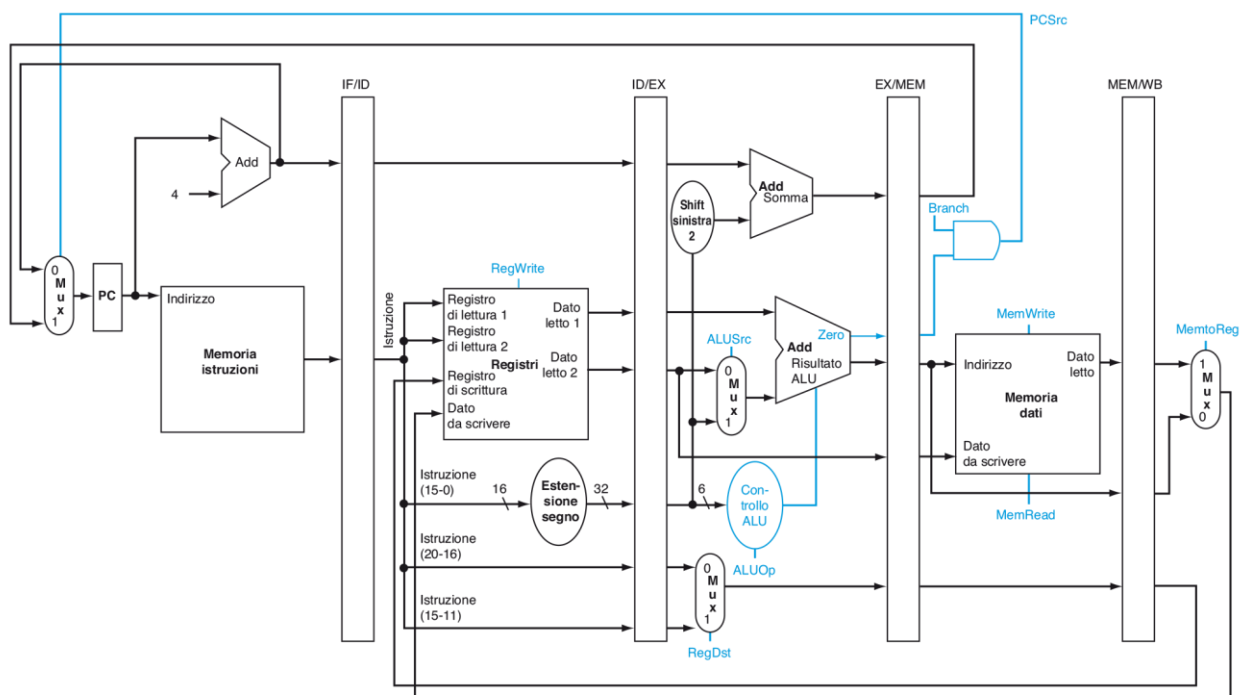
Non è possibile introdurre nessun ordinamento per migliorare le prestazioni quindi l'esecuzione rimane identica al punto precedente.

5. Risolvere i conflitti presenti assumendo che l'architettura supporti la PROPAGAZIONE e calcolare il CPI

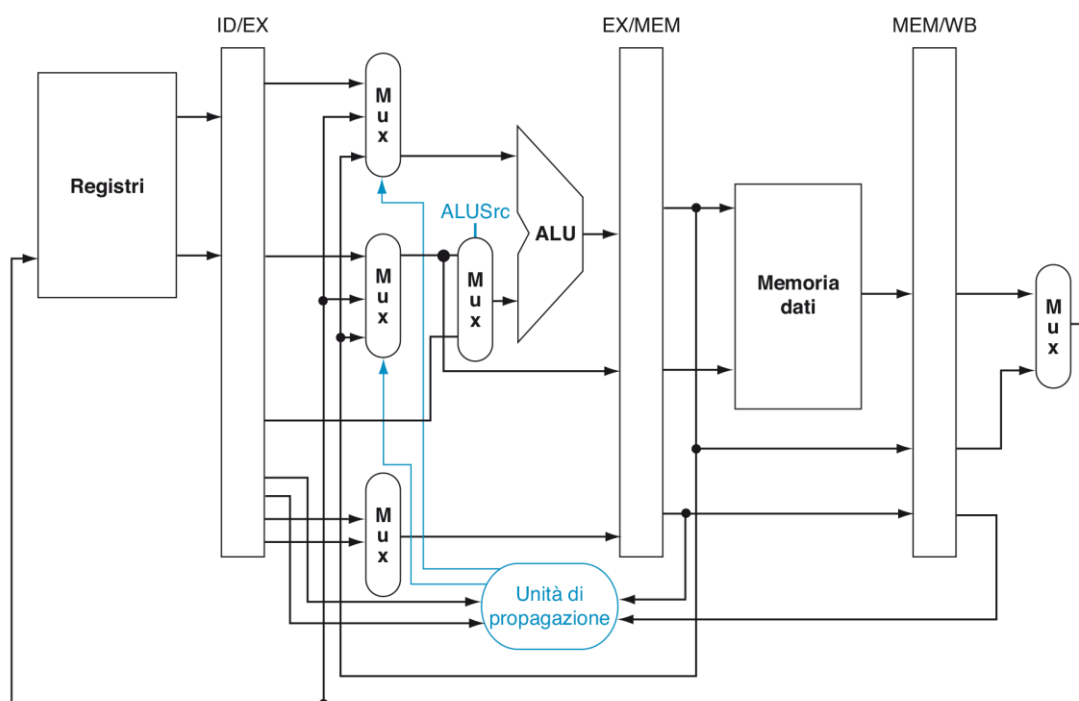
CICLO	1	2	3	4	5	6	7	8
ADD1	F	D	E	M	W			
LW2		F	D	E	M	W		
SUB3			F	X	D	E	M	W

$$CPI = \frac{\# \text{ TOTALE CICLI}}{\# \text{ TOTALE ISTRUZIONI}} = \frac{8}{3} = 2.67$$

6. Mostrare i segnali di controllo dell'architettura con propagazione nel ciclo 6



	IF/ID	ID/EX	EX/MEM	MEM/WB
<b>ISTR</b>	X	SUB3	NOP	LW2
EX.ALUSrc		0	-	-
EX.RegDest		1	-	-
M.MemWrite		0	0	-
M.MemRead		0	0	-
M.Branch		0	0	-
WB.MemToReg		0	0	1
WB.RegWrite		1	0	1



	Valore
PropagaA	01
PropagaB	00

### Esercizio 3

Dato il seguente codice assembly:

```
ADD    R3, R6, R7
SUB     R5, R3, R1
LW      R6, 100(R3)
SUB     R7, R3, R6
```

1. Identificare le dipende dati del seguente codice

Dipendenza **RAW** su R3 tra ADD1 e SUB2

Dipendenza **RAW** su R3 tra ADD1 e LW3

Dipendenza **RAW** su R3 tra ADD1 e SUB4

Dipendenza **RAW** su R6 tra LW3 e SUB4

Dipendenza WAR su R6 tra ADD1 e LW3

2. Risolvere i conflitti presenti utilizzando le NOP e calcolare il CPI

CICLO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ADD1	F	D	E	M	W							
NOP		F	D	E	M	W						
NOP			F	D	E	M	W					
SUB2				F	D	E	M	W				
LW3					F	D	E	M	W			
NOP						F	D	E	M	W		
NOP							F	D	E	M	W	
SUB4								F	D	E	M	M

$$CPI = \frac{\# \text{ TOTALE CICLI}}{\# \text{ TOTALE ISTRUZIONI}} = \frac{12}{4} = 3$$

3. Risolvere i conflitti presenti utilizzando gli STALLI e calcolare il CPI

CICLO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ADD1	F	D	E	M	W							
SUB2		F	X	X	D	E	M	W				
LW3					F	D	E	M	W			
SUB4						F	X	X	D	E	M	W

$$CPI = \frac{\# \text{ TOTALE CICLI}}{\# \text{ TOTALE ISTRUZIONI}} = \frac{12}{4} = 3$$



4. Risolvere i conflitti presenti RIORDINANDO le istruzioni e introducendo STALLI dove necessario.  
Calcolare infine il CPI

CICLO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ADD1	F	D	E	M	W						
LW3		F	X	X	D	E	M	W			
SUB2					F	D	E	M	W		
SUB4						F	X	D	E	M	W

$$CPI = \frac{\# \text{ TOTALE CICLI}}{\# \text{ TOTALE ISTRUZIONI}} = \frac{11}{4} = 2.75$$

5. Risolvere i conflitti presenti assumendo che l'architettura supporti la PROPAGAZIONE e calcolare il CPI

CICLO	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ADD1	F	D	E	M	W				
SUB2		F	D	E	M	W			
LW3			F	D	E	M	W		
SUB4				F	X	D	E	M	W

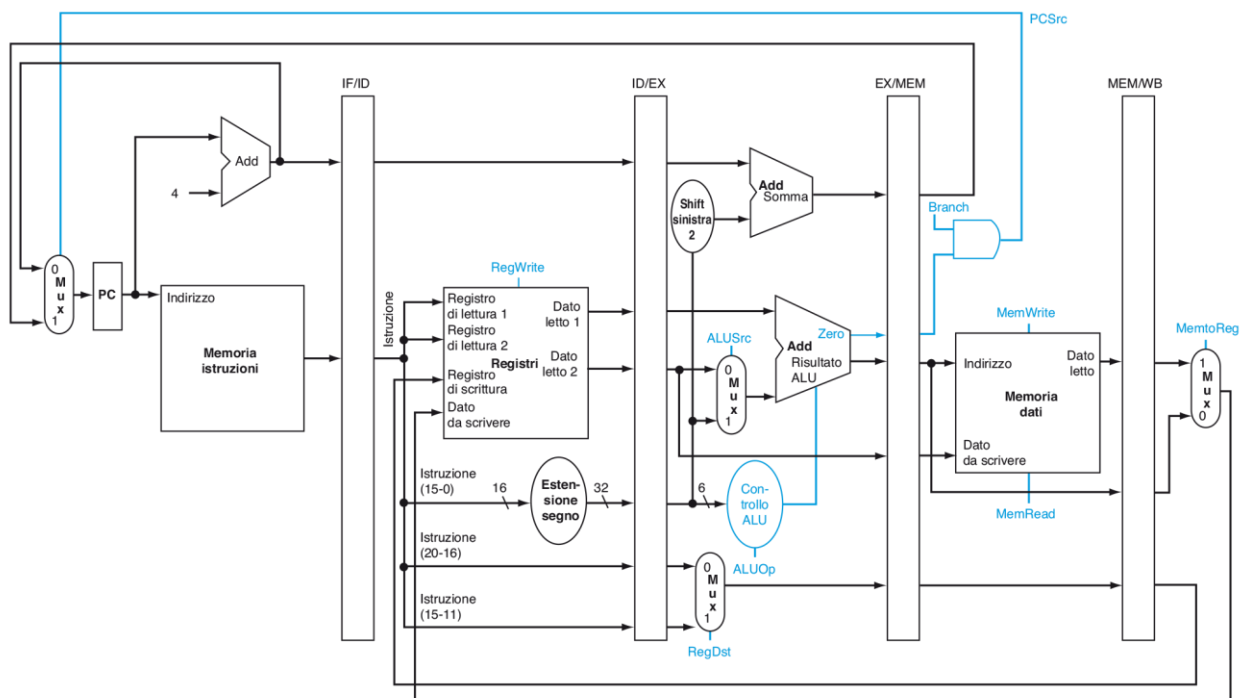
$$CPI = \frac{\# \text{ TOTALE CICLI}}{\# \text{ TOTALE ISTRUZIONI}} = \frac{9}{4} = 2.25$$

6. Risolvere i conflitti presenti assumendo che l'architettura supporti la PROPAGAZIONE e RIORDINO e calcolare il CPI

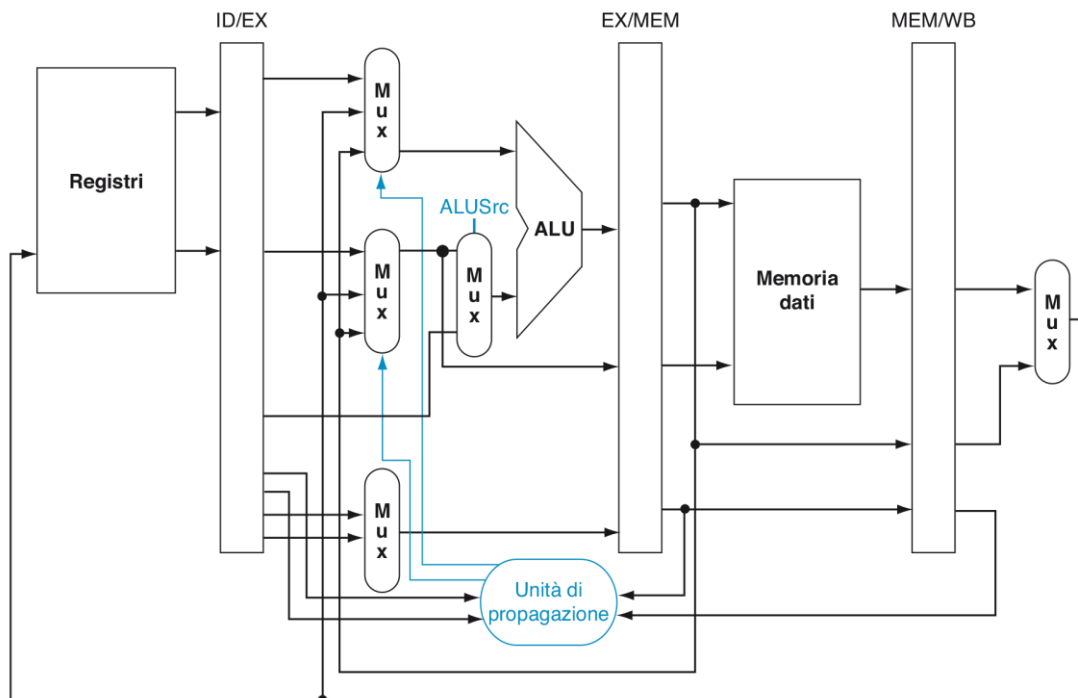
CICLO	1	2	3	4	5	6	7	8
ADD1	F	D	E	M	W			
LW3		F	D	E	M	W		
SUB2			F	D	E	M	W	
SUB4				F	D	E	M	W

$$CPI = \frac{\# \text{ TOTALE CICLI}}{\# \text{ TOTALE ISTRUZIONI}} = \frac{8}{4} = 2$$

7. Mostrare i segnali di controllo dell'architettura con propagazione nel ciclo 4

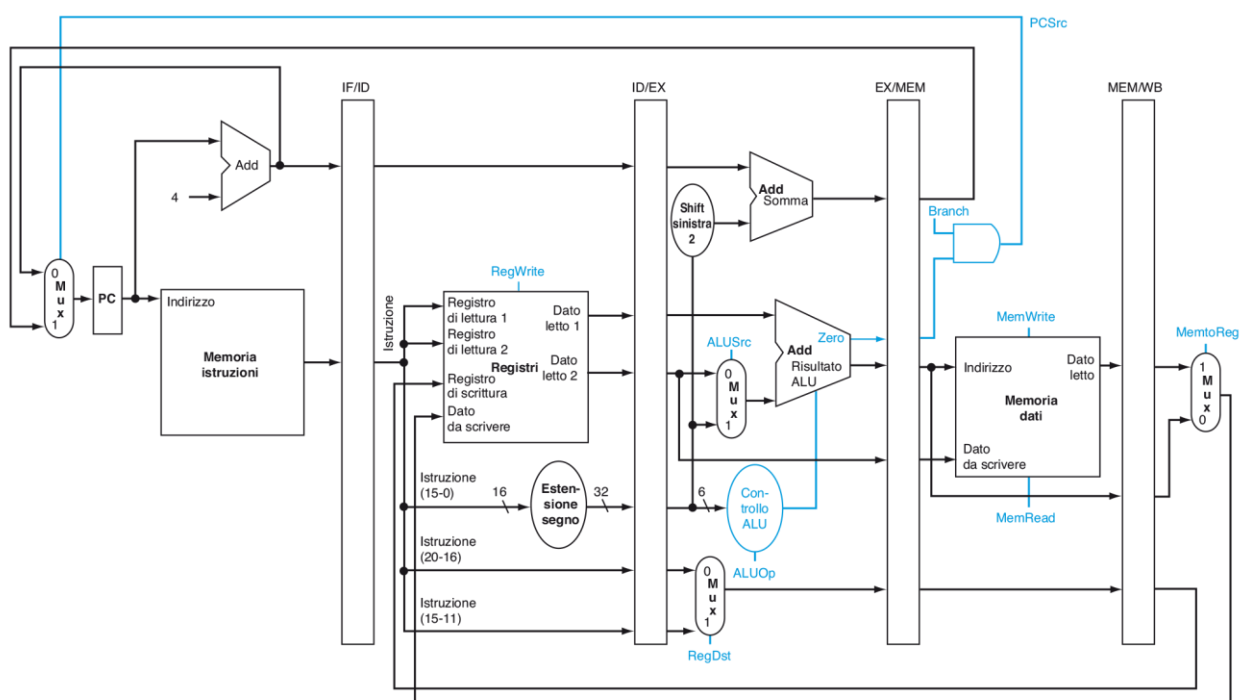


	IF/ID	ID/EX	EX/MEM	MEM/WB
<b>ISTR</b>	SUB2	LW3	ADD1	X
EX.ALUSrc	-	1	-	-
EX.RegDest	-	0	-	-
M.MemWrite	-	0	0	-
M.MemRead	-	1	0	-
M.Branch	-	0	0	-
WB.MemToReg	-	1	0	-
WB.RegWrite	-	1	1	-

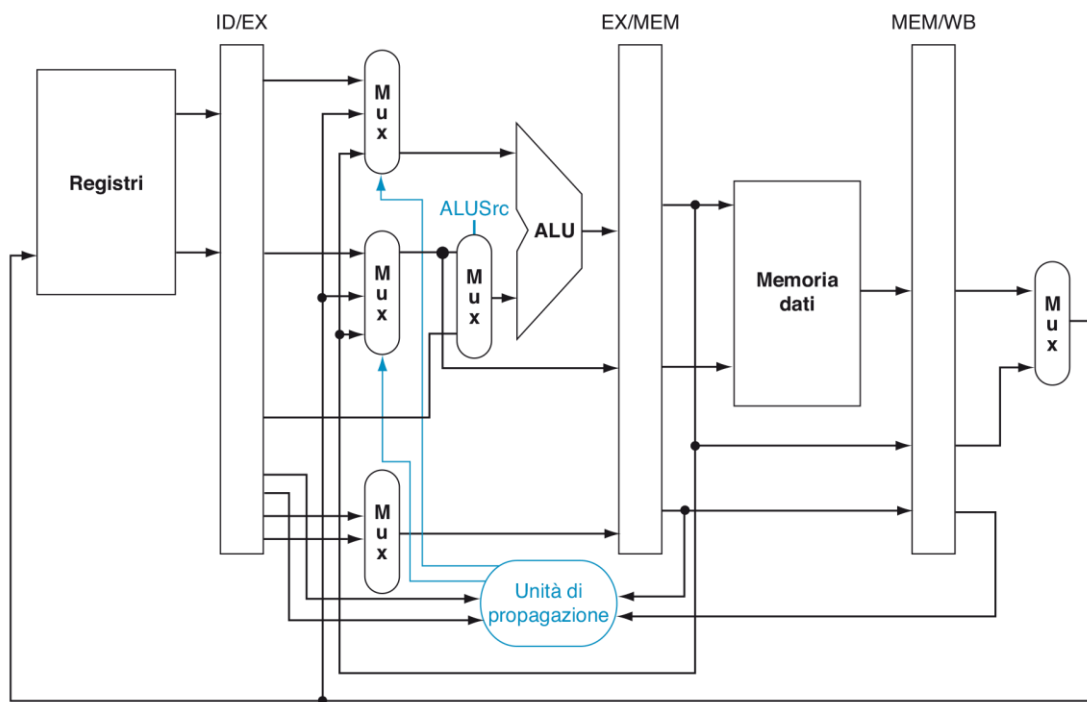


	Valore
PropagaA	10
PropagaB	00

8. Mostrare i segnali di controllo dell'architettura con propagazione nel ciclo 6



	IF/ID	ID/EX	EX/MEM	MEM/WB
ISTR	X	SUB4	SUB2	LW3
EX.ALUSrc	-	0	-	-
EX.RegDest	-	1	-	-
M.MemWrite	-	0	0	-
M.MemRead	-	0	0	-
M.Branch	-	0	0	-
WB.MemToReg	-	0	0	1
WB.RegWrite	-	1	1	1



	Valore
PropagaA	00
PropagaB	01

## Esercizio 4

Dato il seguente codice assembly:

```

        ADDI   R1, ZERO, 2
        ADDI   R2, ZERO, 7
TAG:    LW     R3, 0(R4)
        ADD    R3, R3, R2
        SW     R3, 0(R4)
        ADDI   R4, R4, 8
        SUBI   R1, R1, 1
        BNEQ   R1, ZERO, TAG
        NOP
    
```

1. Identificare le dipende del seguente codice

Dipendenza RAW su R2 tra ADDI2 e ADD4

Dipendenza RAW su R3 tra LW3 e ADD4

Dipendenza RAW su R3 tra ADD4 e SW5

Dipendenza RAW su R1 tra ADD1 e SUBI7

Dipendenza RAW su R1 tra SUBI7 e BNEQ8

Dipendenza RAW su R4 tra ADDI6 e LW3 ( Interciclo )

Dipendenza RAW su R4 tra ADDI6 e SW4 ( Interciclo )

Dipendenza RAW su R4 tra ADDI6 e ADDI6 ( Interciclo )

Dipendenza RAW su R3 tra ADD4 e ADD4 ( Interciclo )

Dipendenza RAW su R1 tra SUBI7 e SUBI7 ( Interciclo )

Dipendenza di controllo su BNEQ8

2. Risolvere i conflitti presenti utilizzando gli STALLI e calcolare il CPI

CICLO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
ADDI1	F	D	E	M	W																
ADDI2		F	D	E	M	W															
LW3			F	D	E	M	W														
ADD4				F	X	X	D	E	M	W											
SW5							F	X	X	D	E	M	W								
ADDI6										F	D	E	M	W							
SUBI7											F	D	E	M	W						
BNEQ8												F	X	X	D	E	M	W			
LW3																		F	D	E	M

CICLO	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
BNEQ8	W																			
LW3	F	D	E	M	W															
ADD4		F	X	X	D	E	M	W												
SW5					F	X	X	D	E	M	W									
ADDI6								F	D	E	M	W								
SUBI7								F	D	E	M	W								
BNEQ8									F	X	X	D	E	M	W					
NOP9															F	D	E	M	W	

$$CPI = \frac{\# \text{ TOTALE CICLI}}{\# \text{ TOTALE ISTRUZIONI}} = \frac{37}{15} = 2.47$$

3. Risolvere i conflitti presenti utilizzando la PROPAGAZIONE e il DELAY SLOT e calcolare il CPI

CICLO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
ADDI1	F	D	E	M	W														
ADDI2		F	D	E	M	W													
LW3			F	D	E	M	W												
SUBI7				F	D	E	M	W											
BNEQ8					F	D	E	M	W										
ADD4						F	D	E	M	W									
SW5							F	D	E	M	W								
ADDI6								F	D	E	M	W							
LW3								F	D	E	M	W							
SUBI7									F	D	E	M	W						
BNEQ8										F	D	E	M	W					
ADD4											F	D	E	M	W				
SW5												F	D	E	M	W			
ADDI6													F	D	E	M	W		
NOP9														F	D	E	M	W	

$$CPI = \frac{\# \text{ TOTALE CICLI}}{\# \text{ TOTALE ISTRUZIONI}} = \frac{19}{15} = 1.26$$

## Esercizio 5

Dato il seguente codice assembly:

```

LOOP: LW    R2, A(R3)
      ADDI   R5, R5, 8
      SW     R5, A(R4)
      ADDI   R3, R3, R4
      BNEQ   R3, R8, LOOP
      ADD    R2, R2, R5
    
```

Con R3 = 0, R4 = 1 e R8 = 2

1. Identificare le dipende del seguente codice

Dipendenza RAW su R2 tra LW1 e ADD6

Dipendenza RAW su R5 tra ADDI2 e SW3

Dipendenza RAW su R5 tra ADDI2 e ADD6

Dipendenza RAW su R3 tra ADDI4 e BNEQ5

Dipendenza RAW su R5 tra ADDI2 e ADDI2 ( Interciclo )

Dipendenza RAW su R3 tra ADDI4 e LW1 ( Interciclo )

Dipendenza RAW su R3 tra ADDI4 e ADDI4 ( Interciclo )

Dipendenza di controllo su BNEQ5

2. Risolvere i conflitti presenti utilizzando gli STALLI e calcolare il CPI

CICLO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
LW1	F	D	E	M	W																
ADDI2		F	D	E	M	W															
SW3			F	X	X	D	E	M	W												
ADDI4						F	D	E	M	W											
BNEQ5							F	X	X	D	E	M	W								
LW1													F	D	E	M	W				
ADDI2														F	D	E	M	W			
SW3															F	X	X	D	E	M	W
ADDI4																		F	D	E	M
BNEQ5																			F	X	X

CICLO	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
ADDI4	F	D	E	M	W							
BNEQ5		F	X	X	D	E	M	W				
ADD6								F	D	E	M	W

$$CPI = \frac{\# \text{ TOTALE CICLI}}{\# \text{ TOTALE ISTRUZIONI}} = \frac{29}{11} = 2.63$$

3. Risolvere i conflitti presenti utilizzando la PROPAGAZIONE e calcolare il CPI

CICLO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
LW1	F	D	E	M	W																
ADDI2		F	D	E	M	W															
SW3			F	D	E	M	W														
ADDI4				F	D	E	M	W													
BNEQ5					F	D	E	M	W												
LW1									F	D	E	M	W								
ADDI2										F	D	E	M	W							
SW3											F	D	E	M	W						
ADDI4												F	D	E	M	W					
BNEQ5													F	D	E	M	W				
ADD6																	F	D	E	M	W

$$CPI = \frac{\# \text{ TOTALE CICLI}}{\# \text{ TOTALE ISTRUZIONI}} = \frac{21}{11} = 1.90$$

4. Se R8 = 12 come cambierebbe il CPI

In quel caso il ciclo verrebbe eseguito 12 volte, quindi

$$CICLI = 12 * 8 = 96$$

Mentre

$$ISTRUZIONI = 12 * 5 = 60$$

Alla fine quindi il CPI è

$$CPI = \frac{\# \text{ TOTALE CICLI}}{\# \text{ TOTALE ISTRUZIONI}} = \frac{96 + 5}{60 + 1} = \frac{101}{61} = 1.65$$



## Esercizio 6

Dato il seguente codice C:

```
a = 6;
b = 2;
cond = 1;
c = b;
if( cond )
    c = a;
```

Tradotto con il seguente codice assembly

```
LW    R1, A
LW    R2, B
LW    R3, COND
ADD   R4, ZERO, R2
BEQ   R3, ZERO, END
ADD   R4, ZERO, R1
END:  SW    R4, C
```

Si supponga che l'architettura supporti la PROPAGAZIONE.

1. Risolvere i conflitti condizionati con gli STALLI e calcolare il CPI

COND = 1

CICLO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
LW1	F	D	E	M	W									
LW2		F	D	E	M	W								
LW3			F	D	E	M	W							
ADD4				F	D	E	M	W						
BEQ5					F	D	E	M	W					
ADD6						X	X	X	F	D	E	M	W	
SW7										F	D	E	M	W

$$CPI = \frac{\# \text{ TOTALE CICLI}}{\# \text{ TOTALE ISTRUZIONI}} = \frac{14}{7} = 2$$

COND = 0

CICLO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
LW1	F	D	E	M	W								
LW2		F	D	E	M	W							
LW3			F	D	E	M	W						
ADD4				F	D	E	M	W					
BEQ5					F	D	E	M	W				
SW7						X	X	X	F	D	E	M	W

$$CPI = \frac{\# \text{ TOTALE CICLI}}{\# \text{ TOTALE ISTRUZIONI}} = \frac{13}{6} = 2.16$$

D'ora in poi si suppone che l'architettura valuti le BEQ e BNEQ durante la fase di DECODE.

2. Scrivere l'esecuzione di questo codice utilizzando la tecnica BRANCH TAKEN per risolvere il conflitto condizionato

COND = 1

CICLO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
LW1	F	D	E	M	W							
LW2		F	D	E	M	W						
LW3			F	D	E	M	W					
ADD4				F	D	E	M	W				
BEQ5					F	D	E	M	W			
SW7						F	X	X	X	X		
ADD6							F	D	E	M	W	
SW7								F	D	E	M	W

$$CPI = \frac{\# \text{ TOTALE CICLI}}{\# \text{ TOTALE ISTRUZIONI}} = \frac{12}{7} = 1.71$$

COND = 0

CICLO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
LW1	F	D	E	M	W					
LW2		F	D	E	M	W				
LW3			F	D	E	M	W			
ADD4				F	D	E	M	W		
BEQ5					F	D	E	M	W	
SW7						F	D	E	M	W

$$CPI = \frac{\# \text{ TOTALE CICLI}}{\# \text{ TOTALE ISTRUZIONI}} = \frac{10}{6} = 1.67$$

3. Scrivere l'esecuzione di questo codice utilizzando la tecnica BRANCH NOT TAKEN per risolvere il conflitto condizionato

COND = 1

CICLO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
LW1	F	D	E	M	W						
LW2		F	D	E	M	W					
LW3			F	D	E	M	W				
ADD4				F	D	E	M	W			
BEQ5					F	D	E	M	W		
ADD6						F	D	E	M	W	
SW7							F	D	E	M	W

$$CPI = \frac{\# \text{ TOTALE CICLI}}{\# \text{ TOTALE ISTRUZIONI}} = \frac{11}{7} = 1.57$$

COND = 0

CICLO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
LW1	F	D	E	M	W						
LW2		F	D	E	M	W					
LW3			F	D	E	M	W				
ADD4				F	D	E	M	W			
BEQ5					F	D	E	M	W		
ADD6						F	X	X	X	X	
SW7							F	D	E	M	W

$$CPI = \frac{\# \text{ TOTALE CICLI}}{\# \text{ TOTALE ISTRUZIONI}} = \frac{11}{6} = 1.83$$

## Esercizio 7

Dato il seguente codice C

```
c = b;
if( a <= b )
    c = a;
```

Tradotto nei due seguenti codici assembly:

```
LW    R1, A
LW    R2, B
ADD   R4, ZERO, R2
SGT   R3, R1, R2
BNEQ  R3, ZERO, END
MOV   R4, R1
END:  SW    R4, C
```

Si supponga che l'architettura supporti la PROPAGAZIONE.

1. Si valuti quale delle due esecuzioni è migliore nel caso di risoluzione dei conflitti condizionati attraverso gli STALLI.

A<=B

CICLO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
LW1	F	D	E	M	W										
LW2		F	D	E	M	W									
ADD3			F	X	D	E	M	W							
SGT4					F	D	E	M	W						
BNEQ5						F	D	E	M	W					
MOV6							X	X	X	F	D	E	M	W	
SW7											F	D	E	M	W

$$CPI = \frac{\# \text{ TOTALE CICLI}}{\# \text{ TOTALE ISTRUZIONI}} = \frac{15}{7} = 2.14$$

A>B

CICLO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
LW1	F	D	E	M	W									
LW2		F	D	E	M	W								
ADD3			F	X	D	E	M	W						
SGT4					F	D	E	M	W					
BNEQ5						F	D	E	M	W				
SW7							X	X	X	F	D	E	M	W

$$CPI = \frac{\# \text{ TOTALE CICLI}}{\# \text{ TOTALE ISTRUZIONI}} = \frac{14}{6} = 2.33$$

D'ora in poi si suppone che l'architettura valuti le BEQ e BNEQ durante la fase di DECODE.

2. Si valuti quale delle due esecuzioni è migliore nel caso di risoluzione dei conflitti condizionati attraverso la tecnica BRANCH TAKEN.

A<=B

CICLO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
LW1	F	D	E	M	W								
LW2		F	D	E	M	W							
ADD3			F	X	D	E	M	W					
SGT4					F	D	E	M	W				
BNEQ5						F	D	E	M	W			
SW7							F	X	X	X	X		
ADD6								F	D	E	M	W	
SW7									F	D	E	M	W

$$CPI = \frac{\# \text{ TOTALE CICLI}}{\# \text{ TOTALE ISTRUZIONI}} = \frac{13}{7} = 1.85$$

A>B

CICLO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
LW1	F	D	E	M	W						
LW2		F	D	E	M	W					
ADD3			F	X	D	E	M	W			
SGT4					F	D	E	M	W		
BNEQ5						F	D	E	M	W	
SW7							F	D	E	M	W

$$CPI = \frac{\# \text{ TOTALE CICLI}}{\# \text{ TOTALE ISTRUZIONI}} = \frac{11}{6} = 1.83$$

3. Si valuti quale delle due esecuzioni è migliore nel caso di risoluzione dei conflitti condizionati attraverso la tecnica BRANCH NOT TAKEN.

A<=B

CICLO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
LW1	F	D	E	M	W							
LW2		F	D	E	M	W						
ADD3			F	X	D	E	M	W				
SGT4					F	D	E	M	W			
BNEQ5						F	D	E	M	W		
ADD6							F	D	E	M	W	
SW7								F	D	E	M	W

$$CPI = \frac{\# \text{ TOTALE CICLI}}{\# \text{ TOTALE ISTRUZIONI}} = \frac{12}{7} = 1.71$$

A>B

CICLO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
LW1	F	D	E	M	W							
LW2		F	D	E	M	W						
ADD3			F	X	D	E	M	W				
SGT4					F	D	E	M	W			
BNEQ5						F	D	E	M	W		
ADD6							F	X	X	X	X	
SW7								F	D	E	M	W

$$CPI = \frac{\# \text{ TOTALE CICLI}}{\# \text{ TOTALE ISTRUZIONI}} = \frac{12}{6} = 2$$

## Esercizio 8

Dato il seguente codice assembly:

```

        LW    R1, A
        LW    R2, B
        ADD   R3, ZERO, ZERO
INIT:   ADD   R4, ZERO, ZERO
        BEQ   R2, R3, END
BODY:   ADD   R4, R4, R1
        ADDI  R3, R3, 1
        BNEQ  R2, R3, BODY
END:    NOP
    
```

sapendo che  $A = 5$  e  $B = 6$

Si supponga che l'architettura supporti la PROPAGAZIONE.

1. Si esegua questo codice risolvendo i conflitti condizionati attraverso gli STALLI.

CICLO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
LW1	F	D	E	M	W														
LW2		F	D	E	M	W													
ADD3			F	D	E	M	W												
ADD4				F	D	E	M	W											
BEQ5					F	D	E	M	W										
ADD6						X	X	X	F	D	E	M	W						
ADDI7										F	D	E	M	W					
BEQ8											F	D	E	M	W				
ADD6												X	X	X	F	D	E	M	W

$$CICLI = 6 * (15 - 9) = 6 * 6 = 36$$

Mentre

$$ISTRUZIONI = 6 * 3 = 18$$

$$CPI = \frac{\# \text{ TOTALE CICLI}}{\# \text{ TOTALE ISTRUZIONI}} = \frac{8 + 36 + 5}{5 + 18 + 1} = \frac{49}{24} = 2.04$$

D'ora in poi si suppone che l'architettura valuti le BEQ e BNEQ durante la fase di DECODE.

2. Si esegua questo codice risolvendo i conflitti condizionati attraverso la tecnica PREDIZIONE STATICA ( BRANCH NOT TAKEN ).

CICLO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
LW1	F	D	E	M	W									
LW2		F	D	E	M	W								
ADD3			F	D	E	M	W							
ADD4				F	D	E	M	W						
BEQ5					F	D	E	M	W					
ADD6						F	D	E	M	W				
ADDI7							F	D	E	M	W			
BEQ8								F	D	E	M	W		
NOP									F	X	X	X	X	
ADD6										F	D	E	M	W

$$CICLI = 5 * (10 - 6) + 1 * (9 - 6) = 5 * 4 + 1 * 3 = 23$$

Mentre

$$ISTRUZIONI = 6 * 3 = 18$$

$$CPI = \frac{\# TOTALE CICLI}{\# TOTALE ISTRUZIONI} = \frac{8 + 23 + 5}{5 + 18 + 1} = \frac{36}{24} = 1.5$$



3. Si esegua questo codice risolvendo i conflitti condizionati attraverso la tecnica PREDIZIONE STATICA ( BRANCH TAKEN ).

CICLO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14			
LW1	F	D	E	M	W												
LW2		F	D	E	M	W											
ADD3			F	D	E	M	W										
ADD4				F	D	E	M	W									
BEQ5					F	D	E	M	W								
NOP						F	X	X	X	X							
ADD6							F	D	E	M	W						
ADDI7								F	D	E	M	W					
BEQ8									F	D	E	M	W				
ADD6										F	D	E	M	W			

$$CICLI = 5 * (10 - 7) + 1 * (11 - 7) = 5 * 3 + 1 * 4 = 19$$

Mentre

$$ISTRUZIONI = 6 * 3 = 18$$

$$CPI = \frac{\# TOTALE CICLI}{\# TOTALE ISTRUZIONI} = \frac{8 + 19 + 5}{5 + 18 + 1} = \frac{32}{24} = 1.33$$