



Problemas Tema 7: **Diseño segmentado del procesador**

Fundamentos de computadores II

José Manuel Mendías Cuadros

*Dpto. Arquitectura de Computadores y Automática
Universidad Complutense de Madrid*





Problema 1a

- Multiciclo (resultado correcto en 12 ciclos):

- $t_1 = 22 + 5 = 27$
- $t_3 = 27 + 22 = 49$
- $t_4 = 27 + 15 = 42$

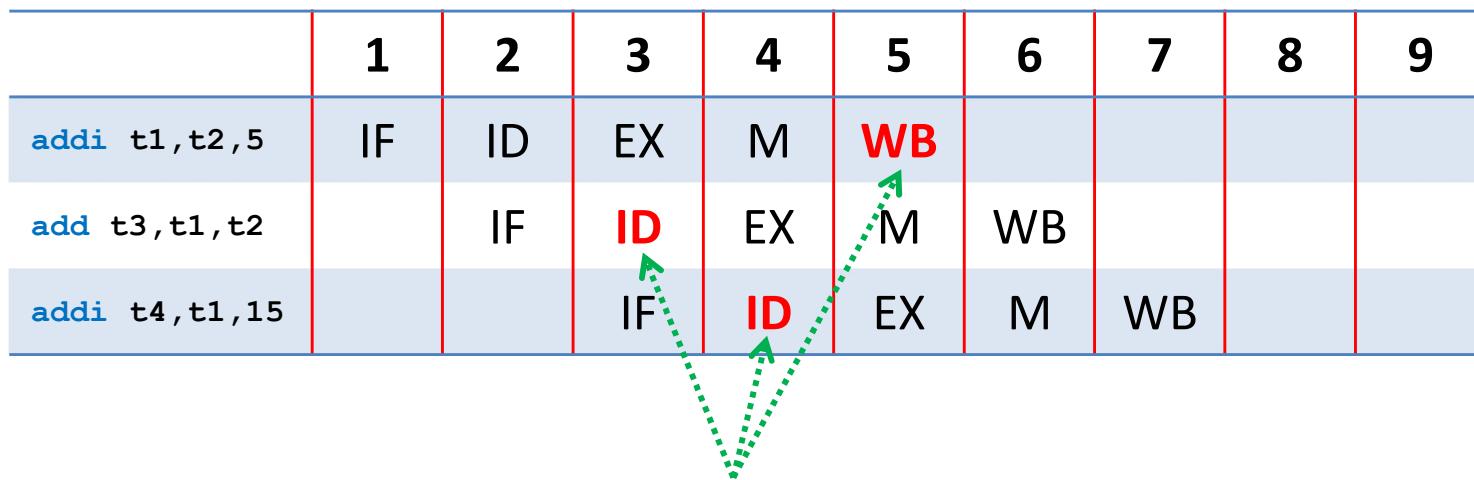
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
addi t1, t2, 5	IF	ID	EX	WB								
add t3, t1, t2				IF	ID	EX	WB					
addi t4, t1, 15						IF	ID	EX	WB			

Las instrucciones 2 y 3 leen t1 del BR en ciclos posteriores al ciclo en que la instrucción 1 actualiza t1 en el BR



Problema 1b

- Segmentado sin gestión de conflictos (resultado incorrecto en 7 ciclos):
 - $t1 = 22+5 = 27$
 - $t3 = 11+22 = 33$
 - $t4 = 11+15 = 26$



Existe conflicto de datos por t1:

Las instrucciones 2 y 3 leen t1 del BR en ciclos anteriores o iguales al ciclo en que la instrucción 1 actualiza t1 en el BR



Problema 1c

- Segmentado sin gestión de conflictos + Inserción de NOP
(resultado correcto en 10 ciclos):

- $t_1 = 22+5 = 27$
- $t_3 = 27+22 = 49$
- $t_4 = 27+15 = 42$

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
addi t1,t2,5	IF	ID	EX	M	WB					
nop		IF	ID	EX	M	WB				
nop			IF	ID	EX	M	WB			
nop				IF	ID	EX	M	WB		
add t3,t1,t2					IF	ID	EX	M	WB	
addi t4,t1,15						ID	IF	ID	EX	M WB

Las instrucciones 5 y 6 leen t_1 del BR en ciclos posteriores al ciclo en que la instrucción 1 actualiza t_1 en el BR

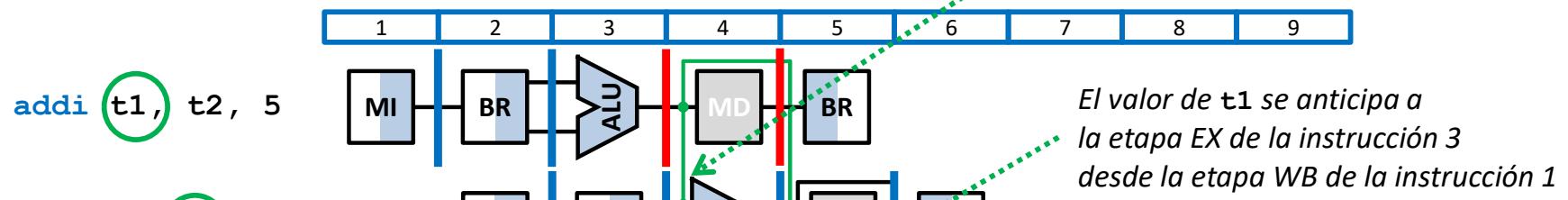


Problema 1d

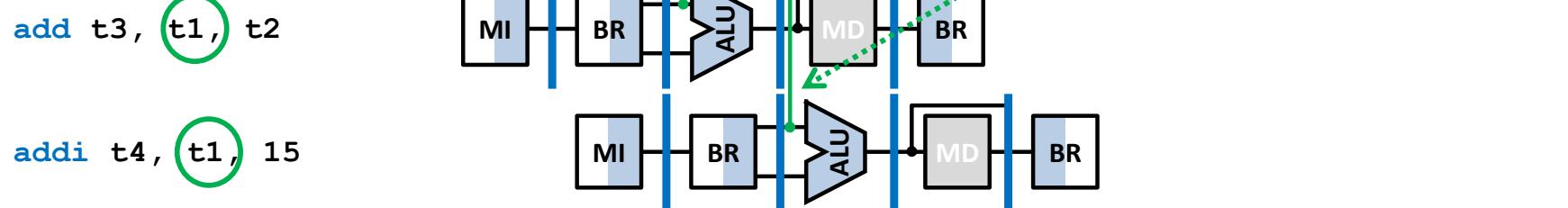
- Segmentado (resultado correcto en 7 ciclos):

- $t1 = 22+5 = 27$
- $t3 = (22+5)+22 = 49$
- $t4 = (22+5)+15 = 42$

El valor de t1 se anticipa a la etapa EX de la instrucción 2 desde la etapa MEM de la instrucción 1



El valor de t1 se anticipa a la etapa EX de la instrucción 3 desde la etapa WB de la instrucción 1

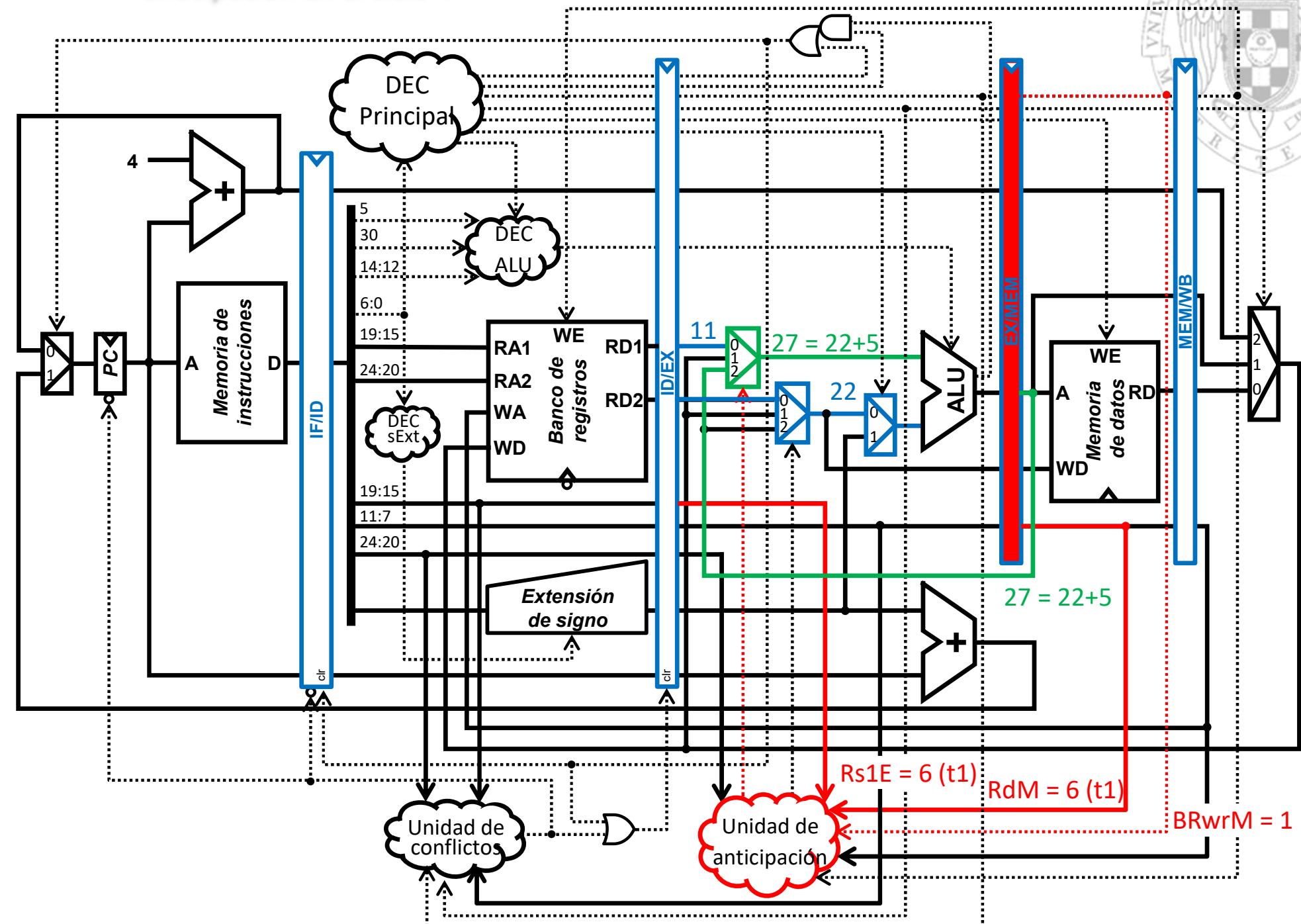


Problema 1d

anticipación en el ciclo 4

`add t3, t1, t2`

`addi t1, t2, 5`



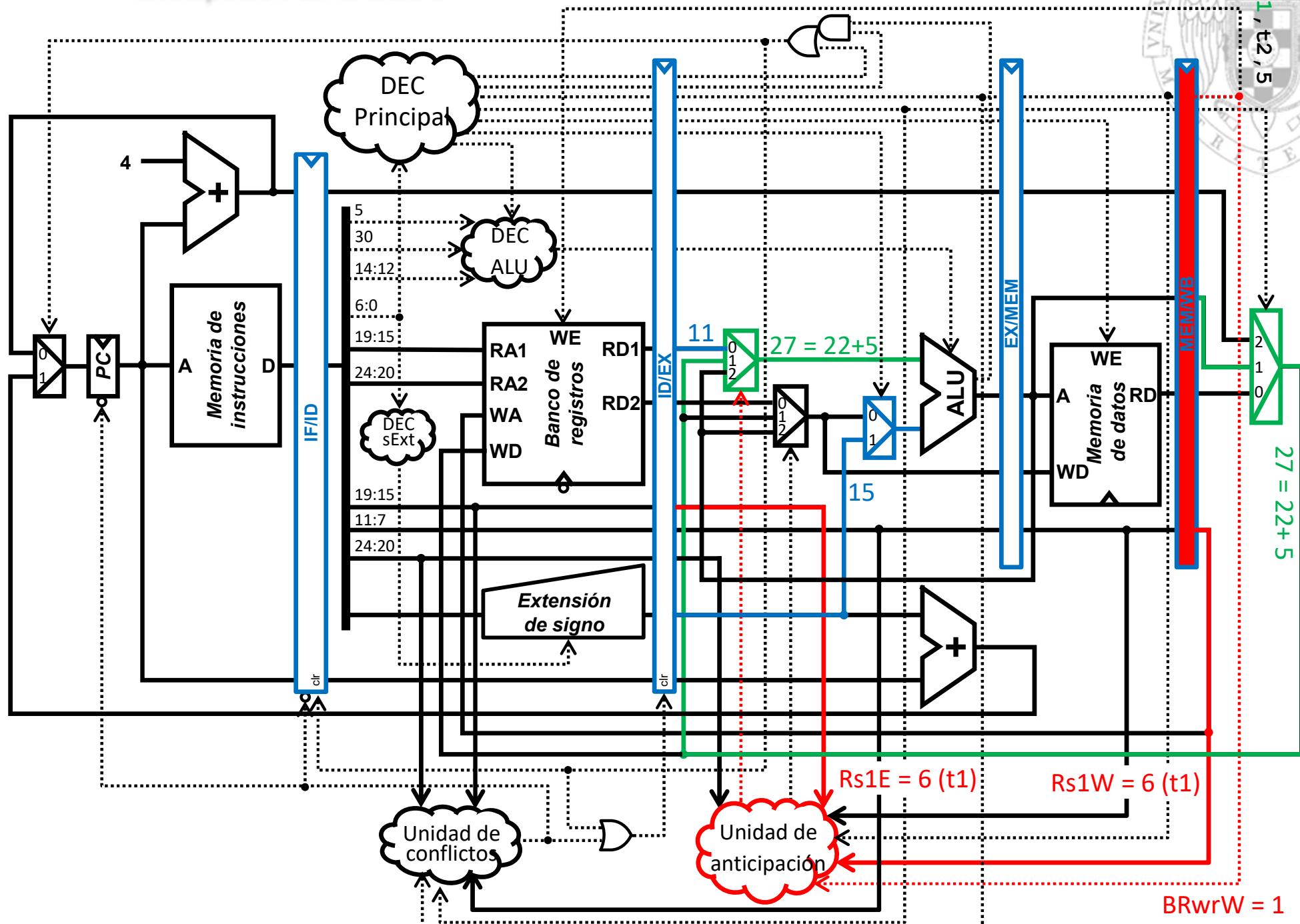
Problema 1d

anticipación en el ciclo 5

addi t4, t1, 15

add t3, t1, t2

addi t1, t2, 5





Problema 2a-2b

- Multiciclo (resultado correcto en 16 ciclos):
 - $t_1 = 22+5 = 27$
 - $t_3 = 27+22 = 49$
 - $t_4 = 27+15 = 42$
 - $t_5 = 27+27 = 54$
- Segmentado sin gestión de conflictos (resultado incorrecto en 8 ciclos):
 - $t_1 = 22+5 = 27$
 - $t_3 = 11+22 = 33$
 - $t_4 = 11+15 = 26$
 - $t_5 = 11+11 = 22$

	1	2	3	4	5	6	7	8
addi t1,t2,5	IF	ID	EX	M	WB			
add t3,t1,t2		IF	ID	EX	M	WB		
addi t4,t1,15			IF	ID	EX	M	WB	
add t5,t1,t1				IF	ID	EX	M	WB



Problema 2c

- Segmentado sin gestión de conflictos + Inserción de NOP
(resultado correcto en 11 ciclos):

- $t_3 = 27+22 = 49$
- $t_4 = 27+15 = 42$
- $t_5 = 27+27 = 54$

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	addi t1,t2,5	IF	ID	EX	M	WB					
	nop		IF	ID	EX	M	WB				
	nop			IF	ID	EX	M	WB			
	nop				IF	ID	EX	M	WB		
	add t3,t1,t2				IF	ID	EX	M	WB		
	addi t4,t1,15					IF	ID	EX	M	WB	
	add t5,t1,t1					IF	ID	EX	M	WB	



Problema 2d

- Segmentado sin gestión de conflictos + Escritura de BR a mitad de ciclo (resultado incorrecto en 8 ciclos):
 - $t_1 = 22+5 = 27$
 - $t_3 = 11+22 = 33$
 - $t_4 = 11+15 = 26$
 - $t_5 = 27+27 = 54$

	1	2	3	4	5	6	7	8
addi t1,t2,5	IF	ID	EX	M	WB			
add t3,t1,t2		IF	ID	EX	M	WB		
addi t4,t1,15			IF	ID	EX	M	WB	
add t5,t1,t1				IF	t1 ID	EX	M	WB



Problema 2e

- Segmentado sin gestión de conflictos + Escritura de BR a mitad de ciclo + Inserción de NOP en el programa (resultado correcto en 10 ciclos):
 - $t_1 = 22+5 = 27$
 - $t_3 = 27+22 = 49$
 - $t_4 = 27+15 = 42$
 - $t_5 = 27+27 = 54$

2 ciclos de retraso

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	addi t1, t2, 5	IF	ID	EX	M	WB				
2 NOP	nop		IF	ID	EX	M	WB			
	nop		IF	ID	EX	M	WB			
	add t3, t1, t2		IF	ID	EX	M	WB			
	addi t4, t1, 15		IF	ID	EX	M	WB			
	add t5, t1, t1		IF	ID	EX	M	WB			



Problema 2f

- Segmentado (resultado correcto en 8 ciclos):

- $t_1 = 22+5 = 27$
- $t_3 = (22+5)+22 = 49$
- $t_4 = (22+5)+15 = 42$
- $t_5 = 27+27 = 54$

	1	2	3	4	5	6	7	8
addi t1, t2, 5	IF	ID	EX	M	WB			
add t3, t1, t2		IF	ID	EX	M	WB		
addi t4, t1, 15			IF	ID	EX	M	WB	
add t5, t1, t1				IF	ID	EX	M	WB



Problema 3

	IF	ID	EX	M	WB
1	xor s1,s2,s3				
2					
3					
4					
5					



Problema 3

versión 15/01/25

Problemas Tema 7:
Diseño segmentado del procesador

	IF	ID	EX	M	WB
1	xor s1,s2,s3				
2	addi s0,s3,-4	xor s1,s2,s3			
3					
4					
5					

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
xor s1,s2,s3	IF	ID							
addi s0,s3,-4		IF							



Problema 3

	IF	ID	EX	M	WB
1	xor s1,s2,s3				
2	addi s0,s3,-4	xor s1,s2,s3			
3	lw s3,16(s7)	addi s0,s3,-4	xor s1,s2,s3		
4					
5					

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
xor s1,s2,s3	IF	ID	EX						
addi s0,s3,-4		IF	ID						
lw s3,16(s7)			IF						



Problema 3

	IF	ID	EX	M	WB
1	xor s1,s2,s3				
2	addi s0,s3,-4	xor s1,s2,s3			
3	lw s3,16(s7)	addi s0,s3,-4	xor s1,s2,s3		
4	sw s4,20(s1)	lw s3,16(s7)	addi s0,s3,-4	xor s1,s2,s3	
5					

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
xor s1,s2,s3	IF	ID	EX	M					
addi s0,s3,-4		IF	ID	EX					
lw s3,16(s7)			IF	ID					
sw s4,20(s1)				IF					



Problema 3

	IF	ID	EX	M	WB
1	xor s1,s2,s3				
2	addi s0,s3,-4	xor s1,s2,s3			
3	lw s3,16(s7)	addi s0,s3,-4	xor s1,s2,s3		
4	sw s4,20(s1)	lw s3,16(s7)	addi s0,s3,-4	xor s1,s2,s3	
5	or t2,s0,s1	sw s4,20(s1)	lw s3,16(s7)	addi s0,s3,-4	xor s1,s2,s3

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
xor s1,s2,s3	IF	ID	EX	M	WB				
addi s0,s3,-4		IF	ID	EX	M				
lw s3,16(s7)			IF	ID	EX <i>s1</i>				
sw s4,20(s1)				IF	ID				
or t2,s0,s1					IF				



Problema 3

	IF	ID	EX	M	WB
1	xor s1,s2,s3				
2	addi s0,s3,-4	xor s1,s2,s3			
3	lw s3,16(s7)	addi s0,s3,-4	xor s1,s2,s3		
4	sw s4,20(s1)	lw s3,16(s7)	addi s0,s3,-4	xor s1,s2,s3	
5	or t2,s0,s1	sw s4,20(s1)	lw s3,16(s7)	addi s0,s3,-4	xor s1,s2,s3

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
xor s1,s2,s3	IF	ID	EX	M	WB				
addi s0,s3,-4		IF	ID	EX	M	WB			
lw s3,16(s7)			IF	ID	EX s1	M	WB		
sw s4,20(s1)				IF	ID	EX	M	WB	
or t2,s0,s1					IF	ID	EX	M	WB



Problema 4

	IF	ID	EX	M	WB
1	addi s1,zero,11				
2	lw s2,25(s0)	addi s1,zero,11			
3	add s3,s3,s4	lw s2,25(s0)	addi s1,zero,11		
4	or s4,s1,s2	add s3,s3,s4	lw s2,25(s0)	addi s1,zero,11	
5	lw s5,16(s2)	or s4,s1,s2	add s3,s3,s4	lw s2,25(s0)	addi s1,zero,11
6		lw s5,16(s2)	or s4,s1,s2	add s3,s3,s4	lw s2,25(s0)
7			lw s5,16(s2)	or s4,s1,s2	add s3,s3,s4

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
addi s1,zero,11	IF	ID	EX	M	WB				
lw s2,25(s0)		IF	ID	EX	M	WB			
add s3,s3,s4			IF	ID	EX	M	WB		
or s4,s1,s2				IF	s1 ID	s2 EX	M	WB	
lw s5,16(s2)					IF	s2 ID	EX	M	WB



Problema 5a

- Segmentado sin gestión de conflictos.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
addi t1,t2,5	IF	ID	EX	M	WB								
nop		IF	ID	EX	M	WB							
nop			IF	ID	EX	M	WB						
nop				IF	ID	EX	M	WB					
add t3,t1,t2					IF	ID	EX	M	WB				
addi t4,t1,15						IF	ID	EX	M	WB			
nop							IF	ID	EX	M	WB		
nop								IF	ID	EX	M	WB	
add t5,t3,t2								IF	ID	EX	M	WB	



Problema 5b

- Segmentado sin gestión de conflictos + Escritura de BR a mitad de ciclo.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
addi t1,t2,5	IF	ID	EX	M	WB						
nop		IF	ID	EX	M	WB					
nop			IF	ID	EX	M	WB				
add t3,t1,t2				IF	t1 ID	EX	M	WB			
addi t4,t1,15					IF	ID	EX	M	WB		
nop						IF	ID	EX	M	WB	
add t5,t3,t2						IF	t3 ID	EX	M	WB	



Problema 5c

- Segmentado.

	1	2	3	4	5	6	7	8
addi t1,t2,5	IF	ID	EX M	WB				
add t3,t1,t2	IF	ID	EX t1	M	WB			
addi t4,t1,15		IF	ID	EX t1	M	WB		
add t5,t3,t2			IF	ID	EX t3	M	WB	



Problema 6a

- Segmentado sin gestión de conflictos.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
<code>add x7, x5, x8</code>	IF	ID	EX	M	WB												
<code>nop</code>		IF	ID	EX	M	WB											
<code>nop</code>			IF	ID	EX	M	WB										
<code>nop</code>				IF	ID	EX	M	WB									
<code>lw x6, 8 (x7)</code>					IF	ID	EX	M	WB								
<code>lw x5, 0 (x5)</code>						IF	ID	EX	M	WB							
<code>nop</code>						IF	ID	EX	M	WB							
<code>nop</code>							IF	ID	EX	M	WB						
<code>or x6, x7, x6</code>								IF	ID	EX	M	WB					
<code>nop</code>									IF	ID	EX	M	WB				
<code>nop</code>										IF	ID	EX	M	WB			
<code>nop</code>											IF	ID	EX	M	WB		
<code>sw x6, 0 (x7)</code>												IF	ID	EX	M	WB	



Problema 6b

- Segmentado sin gestión de conflictos + Escritura de BR a mitad de ciclo.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
<code>add x7, x5, x8</code>	IF	ID	EX	M	WB									
<code>nop</code>		IF	ID	EX	M	WB								
<code>nop</code>			IF	ID	EX	M	WB							
<code>lw x6, 8 (x7)</code>				IF	x7 ID	EX	M	WB						
<code>lw x5, 0 (x5)</code>					IF	ID	EX	M	WB					
<code>nop</code>						IF	ID	EX	M	WB				
<code>or x6, x7, x6</code>						IF	x6 ID	EX	M	WB				
<code>nop</code>							IF	ID	EX	M	WB			
<code>nop</code>							IF	ID	EX	M	WB			
<code>sw x6, 0 (x7)</code>								IF	x6 ID	EX	M	WB		



Problema 6c

- Segmentado.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<code>add x7, x5, x8</code>	IF	ID	EX	M	WB				
<code>lw x6, 8(x7)</code>		IF	ID	EX ^{x7}	M	WB			
<code>lw x5, 0(x5)</code>			IF	ID	EX ^{x7}	M	WB		
<code>or x6, x7, x6</code>				IF	ID	EX ^{x6}	M	WB	
<code>sw x6, 0(x7)</code>					IF	ID	EX ^{x6}	M	WB



Problema 6c

	1	2	3	4	5	6	7
<code>add x7, x5, x8</code>	F						
<code>lw x6, 8 (x7)</code>							
<code>lw x5, 0 (x5)</code>							
<code>or x6, x7, x6</code>							
<code>sw x6, 0 (x7)</code>							

Rs1E	?????
Rs2E	?????
RdM	?????
BRwrM	?
RdW	?????
BRwrW	?
ForwardA	??
ForwardB	??

clk

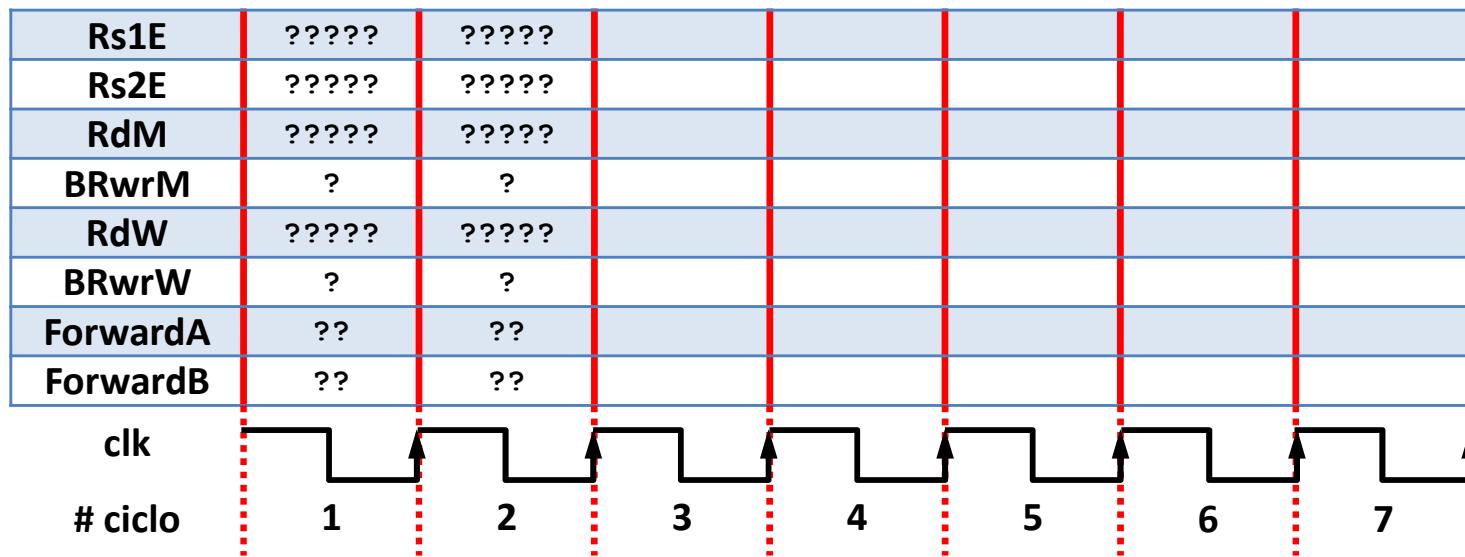
ciclo

1 2 3 4 5 6 7



Problema 6c

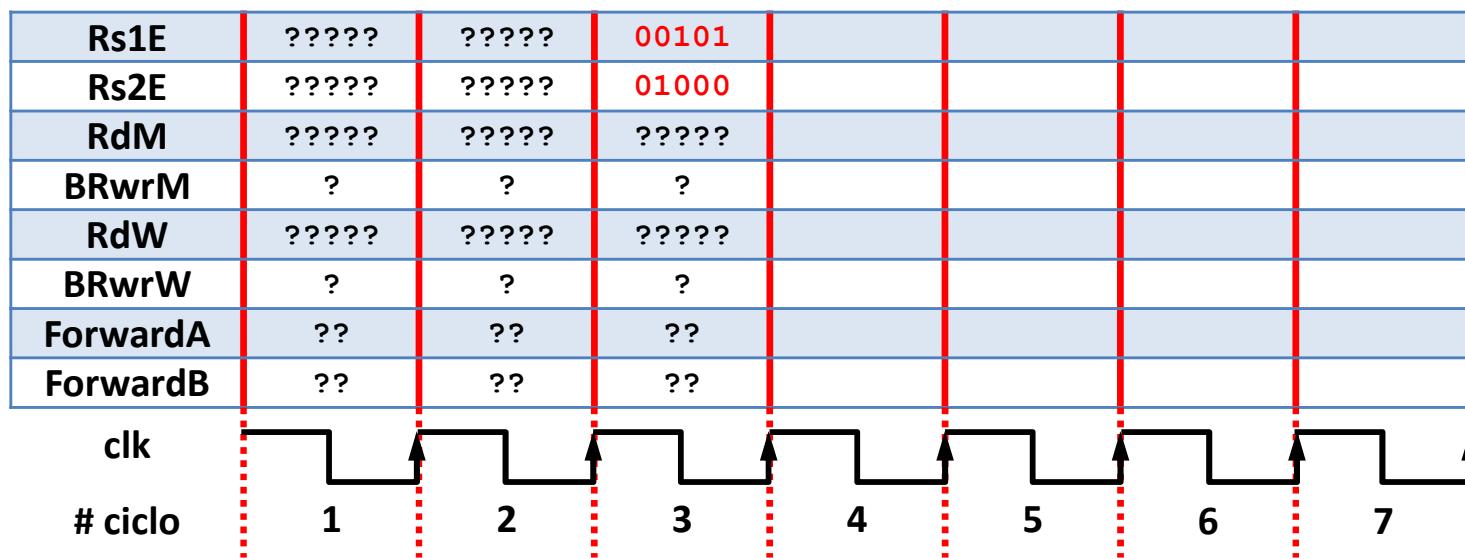
	1	2	3	4	5	6	7
<code>add x7, x5, x8</code>	IF	ID					
<code>lw x6, 8 (x7)</code>		IF					
<code>lw x5, 0 (x5)</code>							
<code>or x6, x7, x6</code>							
<code>sw x6, 0 (x7)</code>							





Problema 6c

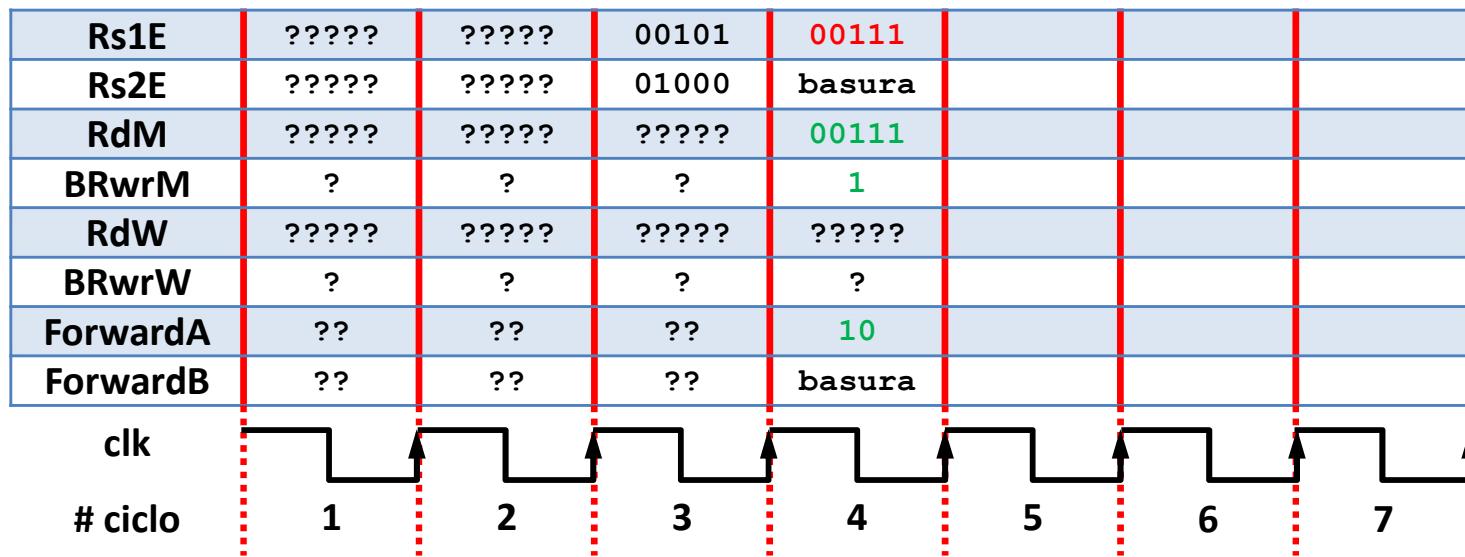
	1	2	3	4	5	6	7
<code>add x7, x5, x8</code>	IF	ID	EX				
<code>lw x6, 8 (x7)</code>		IF	ID				
<code>lw x5, 0 (x5)</code>			IF				
<code>or x6, x7, x6</code>							
<code>sw x6, 0 (x7)</code>							





Problema 6c

	1	2	3	4	5	6	7
<code>add x7, x5, x8</code>	IF	ID	EX	M			
<code>lw x6, 8 (x7)</code>		IF	ID	EX <i>x7</i>			
<code>lw x5, 0 (x5)</code>			IF	ID			
<code>or x6, x7, x6</code>				IF			
<code>sw x6, 0 (x7)</code>							

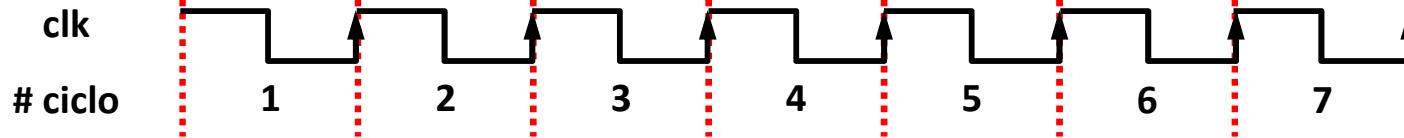




Problema 6c

	1	2	3	4	5	6	7
<code>add x7, x5, x8</code>	IF	ID	EX	M	WB		
<code>lw x6, 8 (x7)</code>		IF	ID	EX	M		
<code>lw x5, 0 (x5)</code>			IF	ID	EX x7	ID	
<code>or x6, x7, x6</code>				IF			
<code>sw x6, 0 (x7)</code>					IF		

Rs1E	?????	?????	00101	00111	00101		
Rs2E	?????	?????	01000	basura	basura		
RdM	?????	?????	?????	00111	00110		
BRwrM	?	?	?	1	1		
RdW	?????	?????	?????	?????	00111		
BRwrW	?	?	?	?	1		
ForwardA	??	??	??	10	00		
ForwardB	??	??	??	basura	basura		

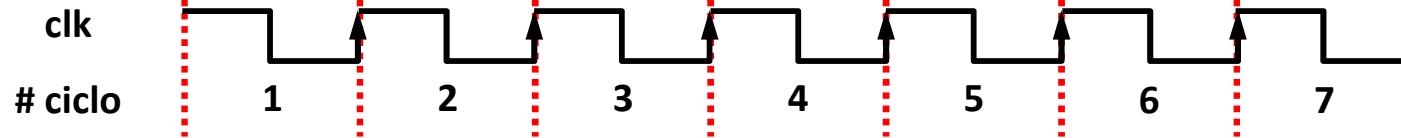




Problema 6c

	1	2	3	4	5	6	7
<code>add x7, x5, x8</code>	IF	ID	EX	M	WB		
<code>lw x6, 8(x7)</code>		IF	ID	EX	M	WB	
<code>lw x5, 0(x5)</code>			IF	ID	EX	M	
<code>or x6, x7, x6</code>				IF	ID	EX	
<code>sw x6, 0(x7)</code>					IF	ID	

Rs1E	?????	?????	00101	00111	00101	00111	
Rs2E	?????	?????	01000	basura	basura	00110	
RdM	?????	?????	?????	00111	00110	00101	
BRwrM	?	?	?	1	1	1	
RdW	?????	?????	?????	?????	00111	00110	
BRwrW	?	?	?	?	1	1	
ForwardA	??	??	??	10	00	00	
ForwardB	??	??	??	basura	basura	01	

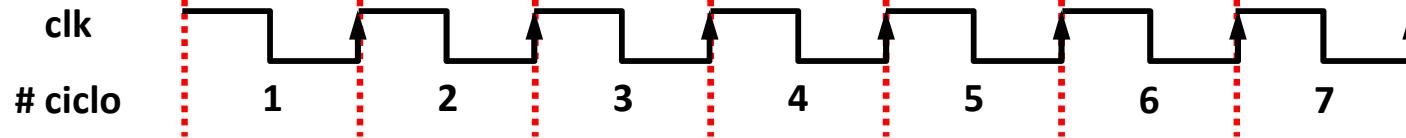




Problema 6c

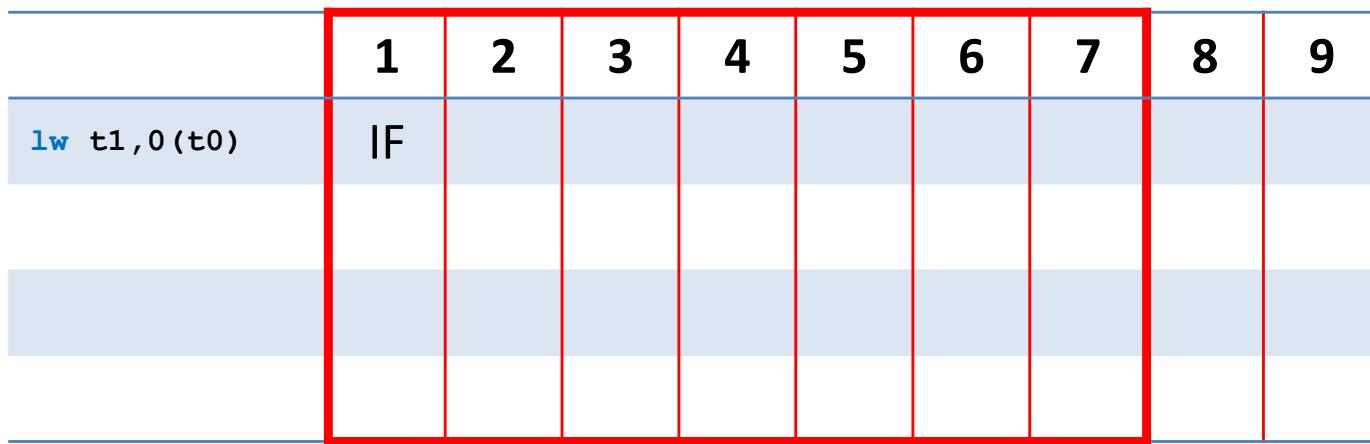
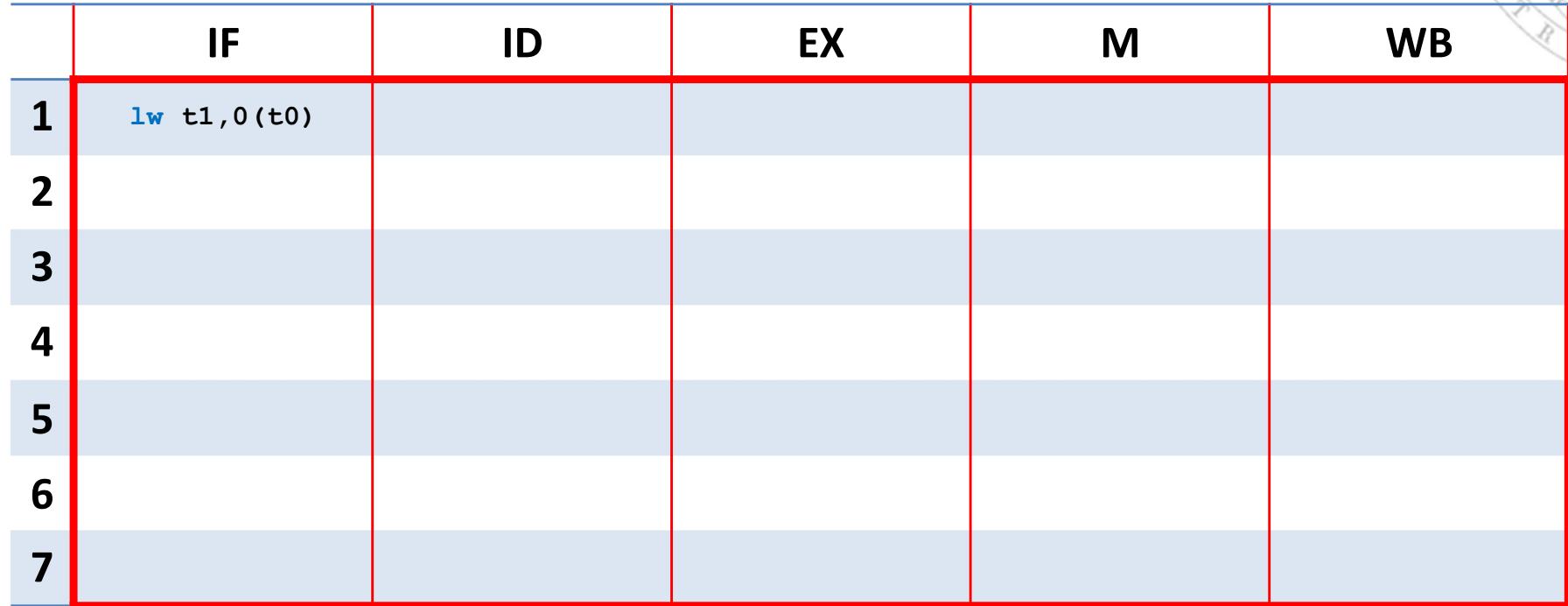
	1	2	3	4	5	6	7
<code>add x7, x5, x8</code>	IF	ID	EX	M	WB		
<code>lw x6, 8 (x7)</code>		IF	ID	EX	M	WB	
<code>lw x5, 0 (x5)</code>			IF	ID	EX	M	WB
<code>or x6, x7, x6</code>				IF	ID	EX	M
<code>sw x6, 0 (x7)</code>					IF	ID	EX

Rs1E	?????	?????	00101	00111	00101	00111	00111
Rs2E	?????	?????	01000	basura	basura	00110	00110
RdM	?????	?????	?????	00111	00110	00101	00110
BRwrM	?	?	?	1	1	1	1
RdW	?????	?????	?????	?????	00111	00110	00101
BRwrW	?	?	?	?	1	1	1
ForwardA	??	??	??	10	00	00	00
ForwardB	??	??	??	basura	basura	01	10



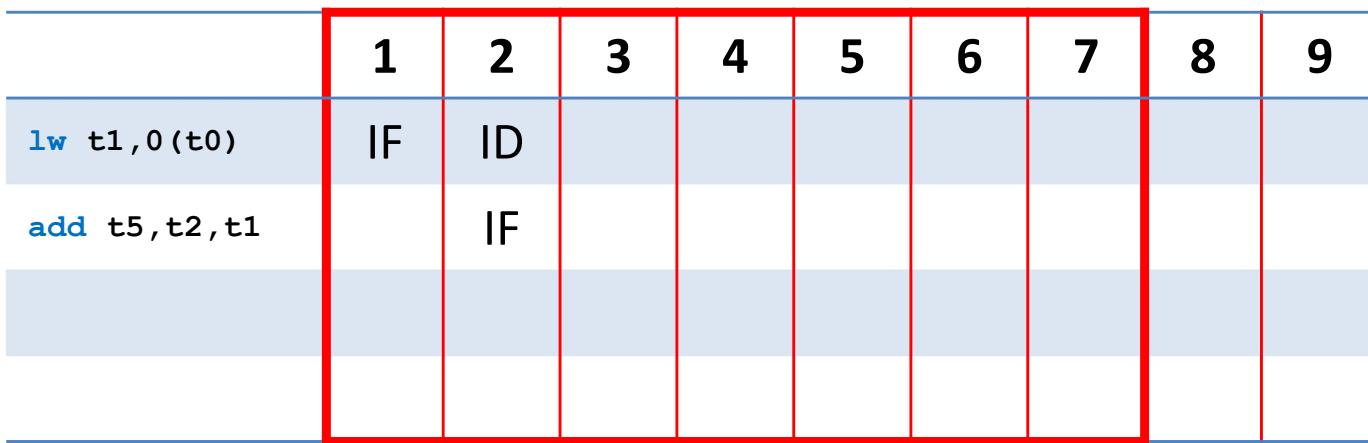
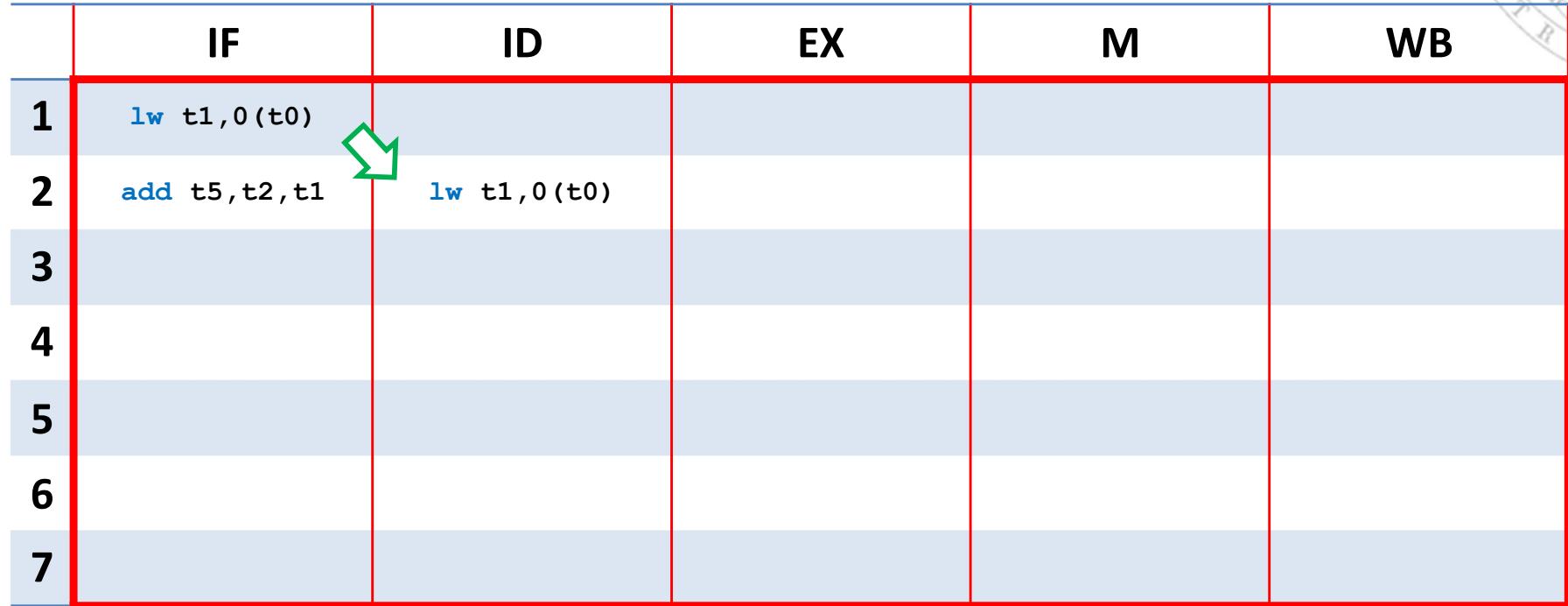


Problema 7a



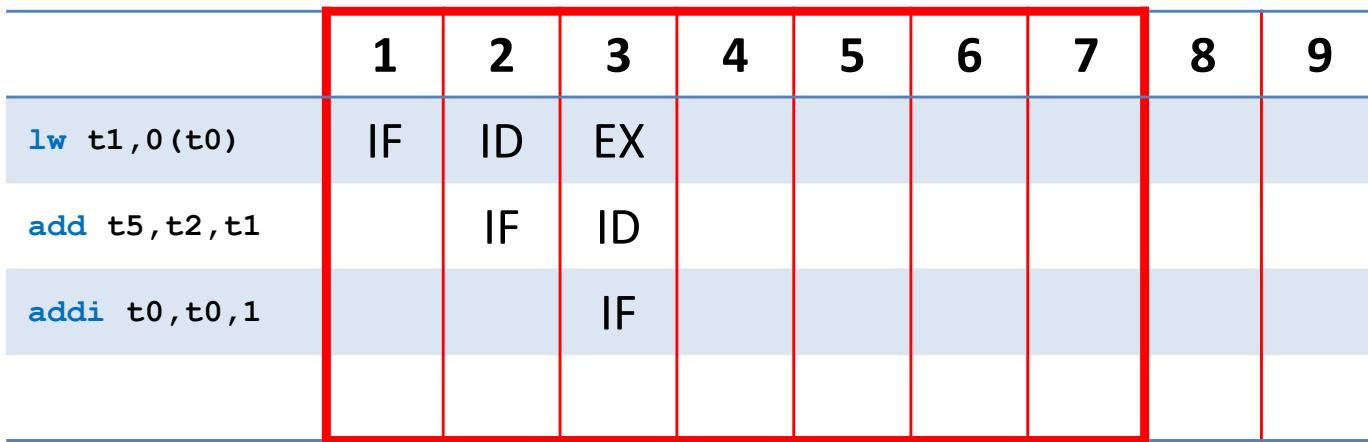
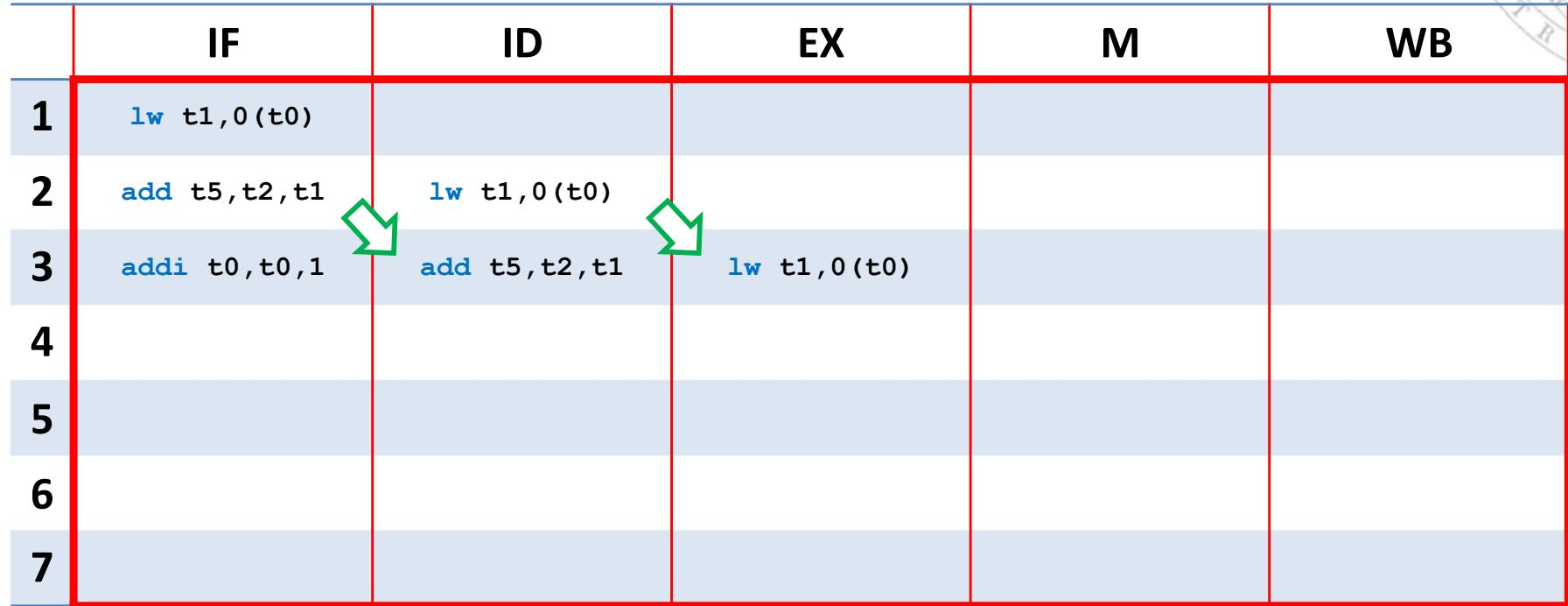


Problema 7a





Problema 7a





Problema 7a

	IF	ID	EX	M	WB
1	<code>lw t1,0(t0)</code>				
2	<code>add t5,t2,t1</code>	<code>lw t1,0(t0)</code>			
3	<code>addi t0,t0,1</code>	<code>add t5,t2,t1</code>	<code>lw t1,0(t0)</code>		
4					
5					
6					
7					

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<code>lw t1,0(t0)</code>	IF	ID	EX						
<code>add t5,t2,t1</code>		IF	ID						
<code>addi t0,t0,1</code>			IF						



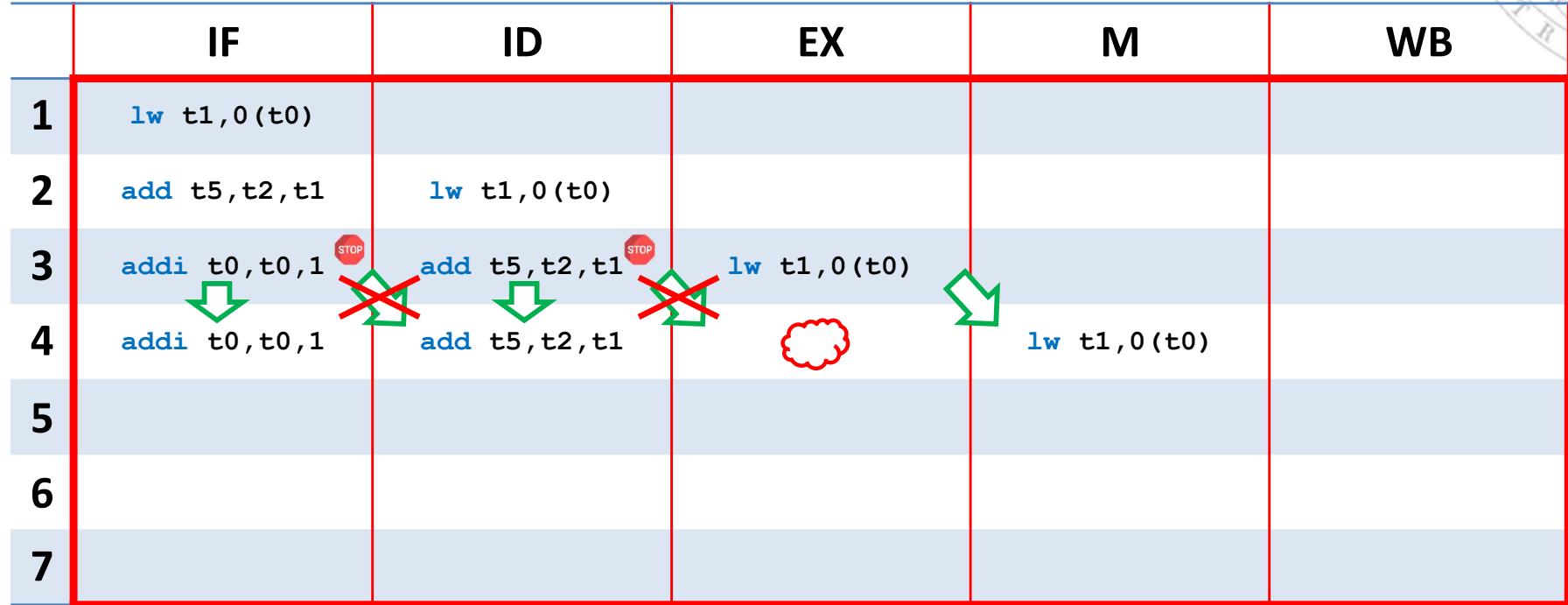
Problema 7a

	IF	ID	EX	M	WB
1	<code>lw t1,0(t0)</code>				
2	<code>add t5,t2,t1</code>	<code>lw t1,0(t0)</code>			
3	<code>addi t0,t0,1</code> <small>STOP</small>	<code>add t5,t2,t1</code> <small>STOP</small>	<code>lw t1,0(t0)</code>		
4					
5					
6					
7					

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<code>lw t1,0(t0)</code>	IF	ID	EX						
<code>add t5,t2,t1</code>		IF	IDp						
<code>addi t0,t0,1</code>			IFp						



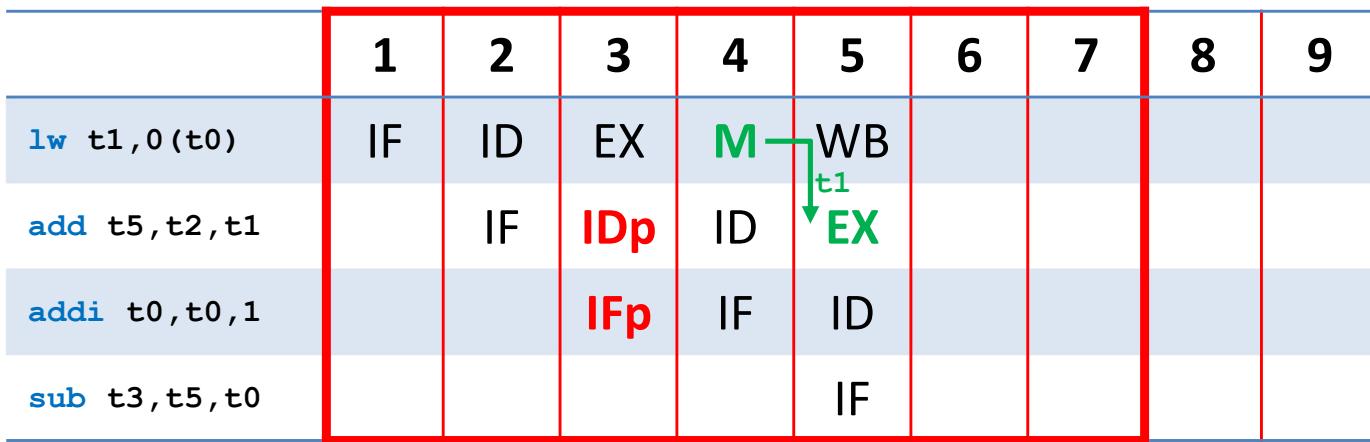
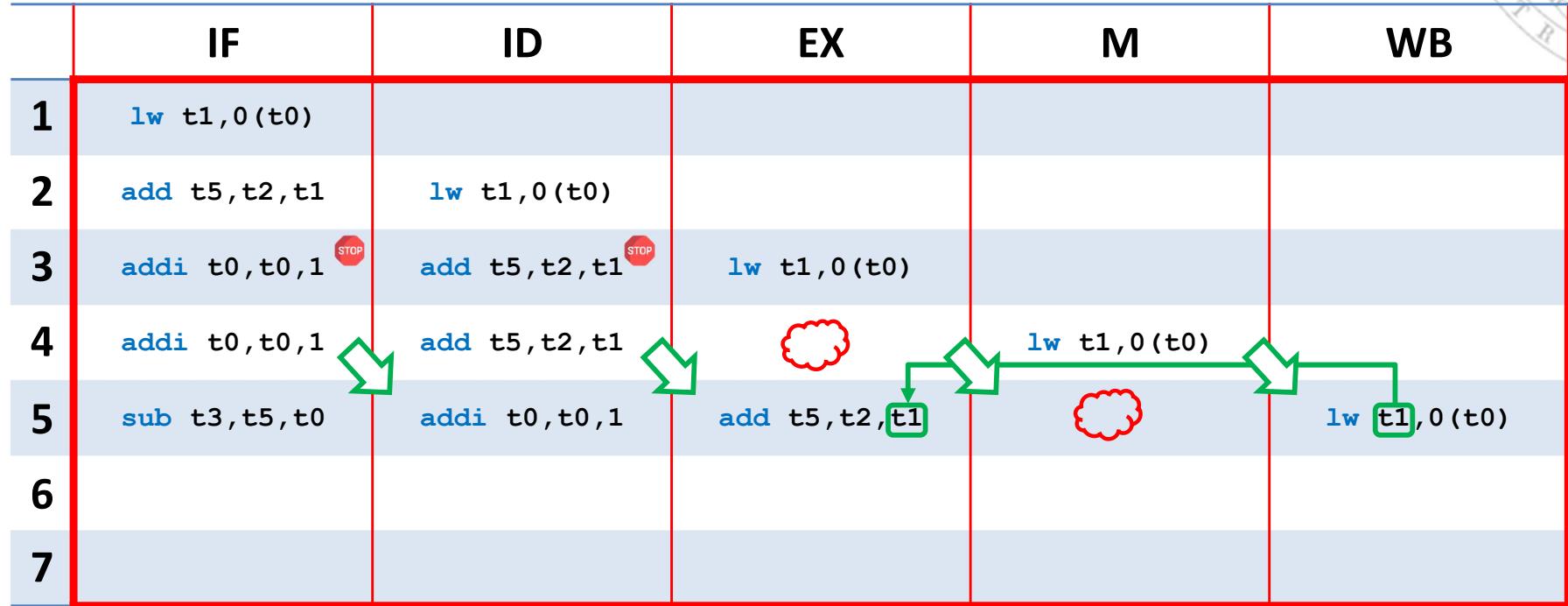
Problema 7a



	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<code>lw t1,0(t0)</code>	IF	ID	EX	M					
<code>add t5,t2,t1</code>		IF	IDp	ID					
<code>addi t0,t0,1</code>			IFp	IF					

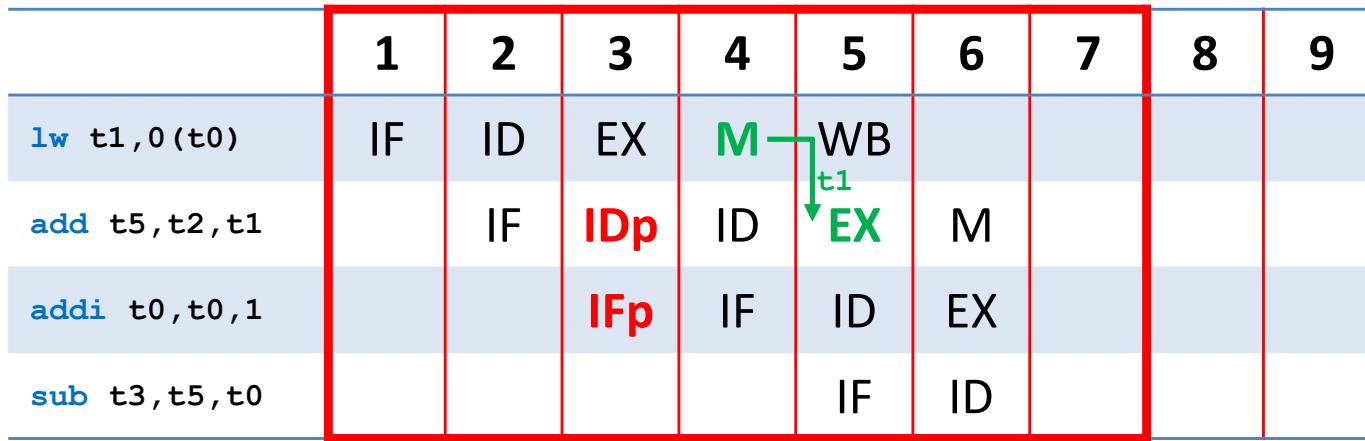
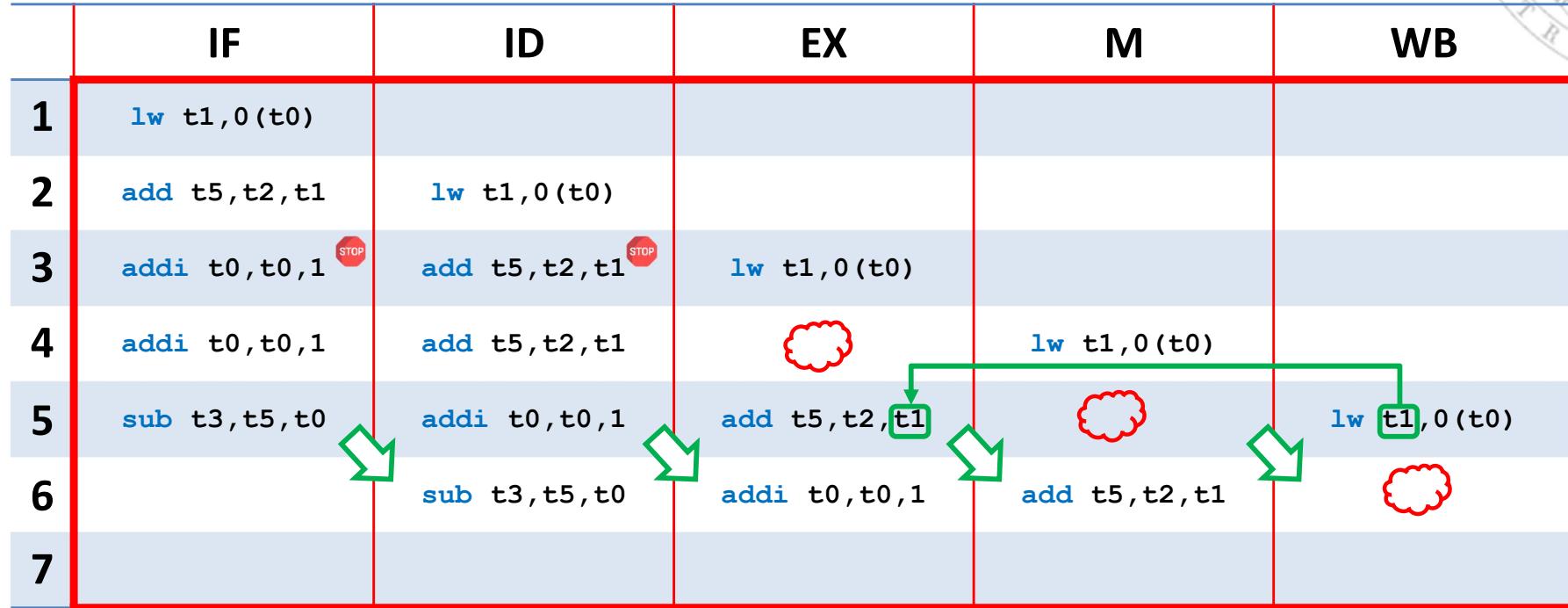


Problema 7a



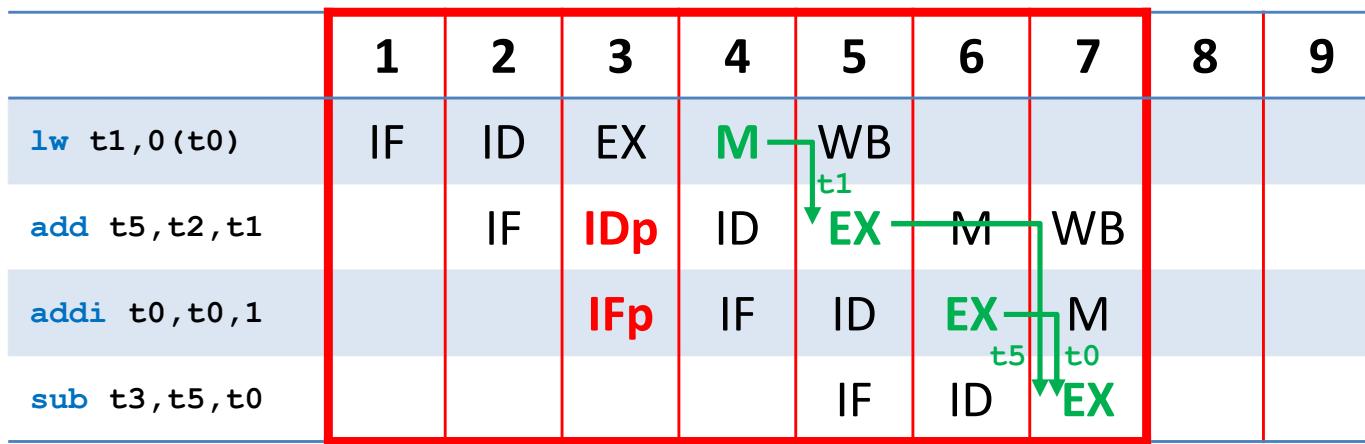
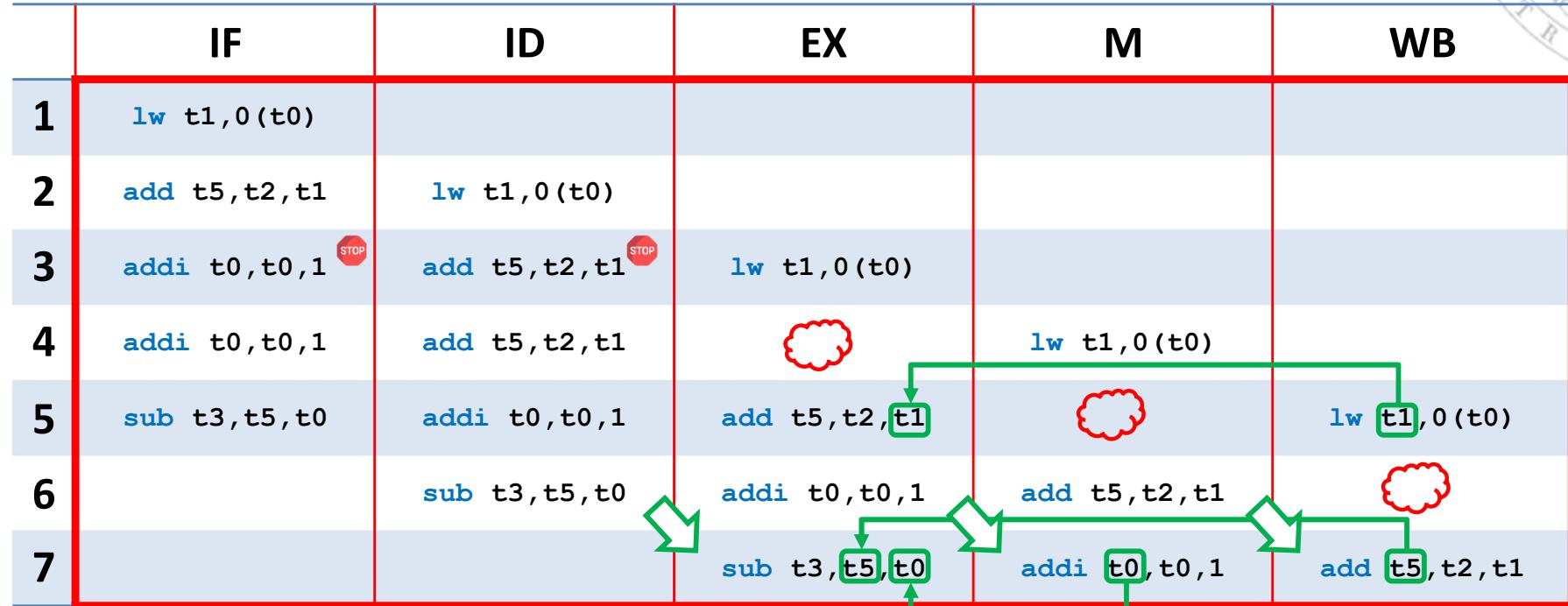


Problema 7a



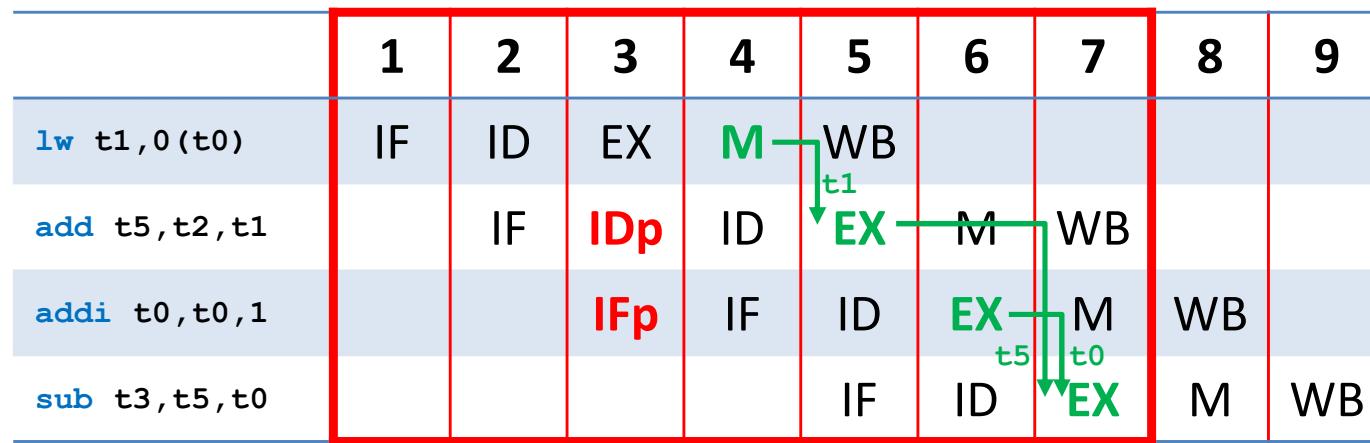
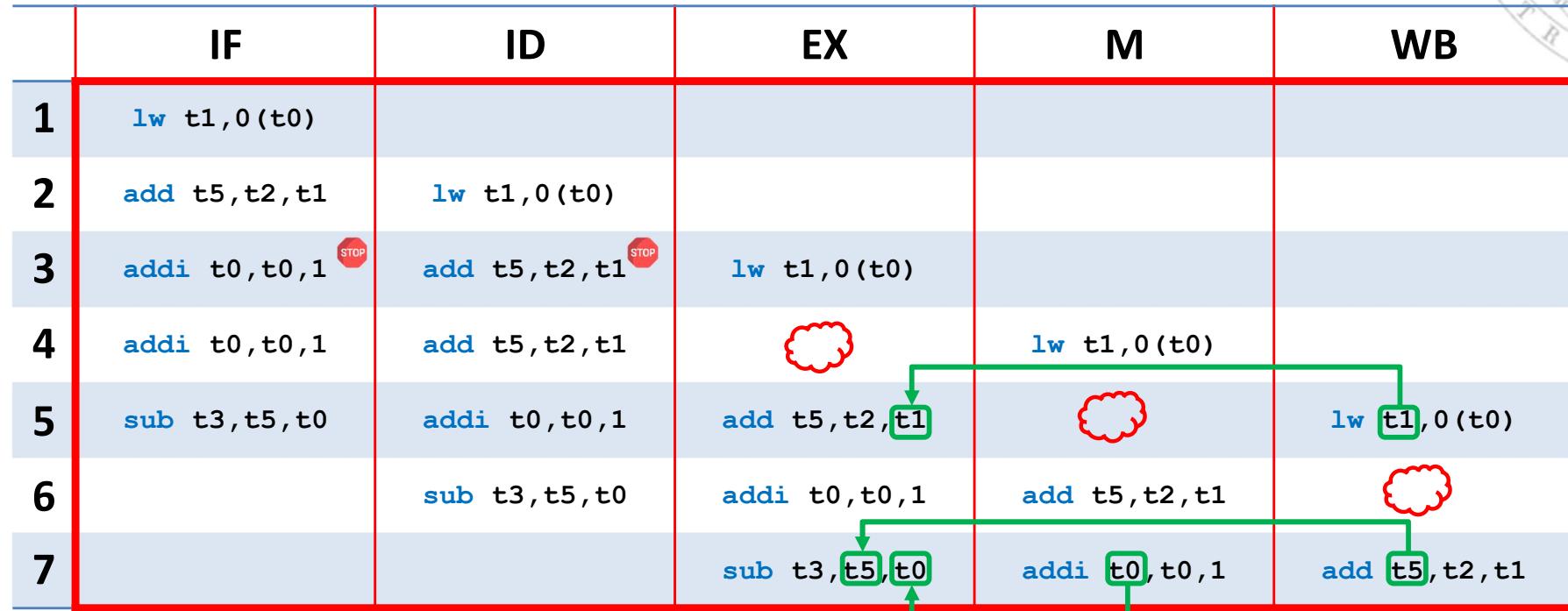


Problema 7a





Problema 7a





Problema 7b

	IF	ID	EX	M	WB
1	lw t1,0(t0)				
2	addi t0,t0,1	lw t1,0(t0)			
3	add t5,t2,t1	addi t0,t0,1	lw t1,0(t0)		
4	sub t3,t5,t0	add t5,t2,t1	addi t0,t0,1	lw t1,0(t0)	
5		sub t3,t5,t0	add t5,t2,t1	addi t0,t0,1	lw t1,0(t0)
6			sub t3,t5,t0	add t5,t2,t1	addi t0,t0,1
7				sub t3,t5,t0	add t5,t2,t1

```
...
lw t1, 0(t0)
add t5, t2, t1
addi t0, t0, 1
sub t3, t5, t0
...
```

	1	2	3	4	5	6	7	8
lw t1,0(t0)	IF	ID	EX	M	WB			
addi t0,t0,1		IF	ID	EX	M	WB		
add t5,t2,t1			IF	ID	EX	M	WB	
sub t3,t5,t0				IF	ID	EX	M	WB



Problema 8a-8b

- Segmentado sin gestión de conflictos.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
lw t1,0(t0)	IF	ID	EX	M	WB					
nop		IF	ID	EX	M	WB				
nop			IF	ID	EX	M	WB			
nop				IF	ID	EX	M	WB		
add t5,t2,t1					IF	ID	EX	M	WB	
add t2,t1,14						IF	ID	EX	M	WB

- Segmentado sin gestión de conflictos + Escritura de BR a mitad de ciclo.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
lw t1,0(t0)	IF	ID	EX	M	WB				
nop		IF	ID	EX	M	WB			
nop			IF	ID	EX	M	WB		
add t5,t2,t1				IF	ID	EX	M	WB	
add t2,t1,14					IF	ID	EX	M	WB



Problema 8c-8d

- Segmentado con gestión parcial de conflictos.

	1	2	3	4	5	6	7	8
lw t1,0(t0)	IF	ID	EX	M	WB			
nop		IF	ID	EX	M	WB		
add t5,t2,t1			IF	ID	EX	M	WB	
add t2,t1,14				IF	EX	EX	M	WB

- Segmentado.

	1	2	3	4	5	6	7	8
lw t1,0(t0)	IF	ID	EX	M	WB			
add t5,t2,t1		IF	IDp	ID	EX	M	WB	
add t2,t1,14			IFp	IF	ID	EX	M	WB



Problema 8e

versión 15/01/25

Problemas Tema 7:
Diseño segmentado del procesador

	IF	ID	EX	M	WB
1	lw t1,0(t0)				
2	add t5,t2,t1	lw t1,0(t0)			
3	add t2,t1,14 STOP	add t5,t2,t1 STOP	lw t1,0(t0)		
4	add t2,t1,14	add t5,t2,t1		lw t1,0(t0)	
5		add t2,t1,14	add t5,t2,t1 t1		lw t1,0(t0)
6			add t2,t1,14	add t5,t2,t1	
7				add t2,t1,14	add t5,t2,t1

	1	2	3	4	5	6	7	8
lw t1,0(t0)	IF	ID	EX	M	WB t1			
add t5,t2,t1		IF	IDp	ID	EX t1	M	WB	
add t2,t1,14			IFp	IF	ID	EX	M	WB



Problema 9

	IF	ID	EX	M	WB
1	addi s1,zero,11				
2	lw s2,25(s1)	addi s1,zero,11			
3	lw s5,16(s2)	lw s2,25(s1)	addi s1,zero,11		
4	add s3,s2,s5 STOP	lw s5,16(s2) STOP	lw s2,25(s1)	addi s1,zero,11	
5	add s3,s2,s5	lw s5,16(s2)		lw s2,25(s1)	addi s1,zero,11
6	or s4,s3,t4 STOP	add s3,s2,s5 STOP	lw s5,16(s2)		lw s2,25(s1)
7	or s4,s3,t4	add s3,s2,s5		lw s5,16(s2)	
8	and s2,s3,s4	or s4,s3,t4	add s3,s2,s5		lw s5,16(s2)
9		and s2,s3,s4	or s4,s3,t4	add s3,s2,s5	
10			and s2,s3,s4	or s4,s3,t4	add s3,s2,s5

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
addi s1,zero,11	IF	ID	EX	M	WB							
lw s2,25(s1)		IF	ID	EX								
lw s5,16(s2)			IF	IDp	IF	EX						
add s3,s2,s5				IFp	IF	IDp	IF	EX				
or s4,s3,t4					IFp	IF	ID	EX	M	WB		
and s2,s3,s4						IF	ID	EX	M	WB		



Problema 10a

	IF	ID	EX	M	WB
1	addi s1,zero,52				
2	addi s0,s1,-4	addi s1,zero,52			
3	lw s3,16(s0)	addi s0,s1,-4	addi s1,zero,52		
4	sw s3,20(s0)	lw s3,16(s0)	addi s0,s1,-4	addi s1,zero,52	
5	xor s2,s0,s3	sw s3,20(s0) STOP	lw s3,16(s0)	addi s0,s1,-4	addi s1,zero,52
6	xor s2,s0,s3	sw s3,20(s0)	(Cloud)	lw s3,16(s0)	addi s0,s1,-4
7	or s2,s2,s3	xor s2,s0,s3	sw s3,20(s0)	(Cloud)	lw s3,16(s0)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
addi s1,zero,52	IF	ID	EX	M	WB						
addi s0,s1,-4		IF	ID	EX	M	WB					
lw s3,16(s0)			IF	ID	EX	M	WB				
sw s3,20(s0)				IF	IDp	IF	WB				
xor s2,s0,s3					IFp	IF	ID	WB			
or s2,s2,s3						IF	EX	M	WB		



Problema 10b

	IF	ID	EX	M	WB
1	addi s1,zero,52				
2	addi s0,s1,-4	addi s1,zero,52			
3	lw s3,16(s0)	addi s0,s1,-4	addi s1,zero,52		
4	sw s3,20(s0)	lw s3,16(s0)	addi s0,s1,-4	addi s1,zero,52	
5	xor s2,s0,s3	sw s3,20(s0)	lw s3,16(s0)	addi s0,s1,-4	addi s1,zero,52
6	or s2,s2,s3	xor s2,s0,s3	sw s3,20(s0)	lw s3,16(s0)	addi s0,s1,-4
7		or s2,s2,s3	xor s2,s0,s3	sw s3,20(s0)	lw s3,16(s0)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
addi s1,zero,52	IF	ID	EX	M	WB						
addi s0,s1,-4		IF	ID	EX	M	WB					
lw s3,16(s0)			IF	ID	EX	M	WB				
sw s3,20(s0)				IF	ID	EX	M	WB			
xor s2,s0,s3					IF	ID	EX	M	WB		
or s2,s2,s3						IF	ID	EX	M	WB	



Problema 11a

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<code>lw s3, 0 (s4)</code>	IF	ID	EX	M	WB								
<code>add s5, s4, s3</code>	IF	IDLp	ID	EX	s3								
<code>add s2, s3, s6</code>		IFp	IF	ID	EX	M	WB						
<code>and s1, s1, s2</code>				IF	ID	EX	M	WB					
<code>lw s5, 0 (t3)</code>					IF	ID	EX	M	WB				
<code>sw s5, 0 (t3)</code>						IF	IDLp	ID	EX	M	WB		
<code>or s2, s2, s5</code>						IFp	IF	ID	EX	M	WB		



Problema 11b

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<code>lw s3, 0 (s4)</code>	IF	ID	EX	M	WB								
<code>add s5, s4, s3</code>	IF	IDp	ID	EX	WB								
<code>add s2, s3, s6</code>		IFp	IF	ID	EX	M	WB						
<code>and s1, s1, s2</code>				IF	ID	EX	M	WB					
<code>lw s5, 0 (t3)</code>					IF	ID	EX	M	WB				
<code>sw s5, 0 (t3)</code>						IF	ID	EX	M	WB			
<code>or s2, s2, s5</code>							IF	ID	EX	M	WB		



Problema 12a

$s_0 \neq 0$

- Multiciclo (resultado correcto en 19 ciclos):

- $t_1 = 11 - 1 = 10$
- $t_2 = 22 - 1 = 21$
- $t_3 = 10 + 1 = 11$
- $t_4 = 21 + 1 = 22$

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
beq zero,s0,L1	IF	ID	EX																
addi t1,t1,-1				IF	ID	EX	WB												
addi t2,t2,-1								IF	ID	EX	WB								
L1: addi t3,t1,1												IF	ID	EX	WB				
addi t4,t2,1															IF	ID	EX	WB	



Problema 12b

$s0 \neq 0$

- Segmentado sin gestión de conflictos de control
(resultado correcto en 9 ciclos):

- $t1 = 11-1 = 10$
- $t2 = 22-1 = 21$
- $t3 = (11-1)+1 = 11$
- $t4 = (22-1)+1 = 22$

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
beq zero,s0,L1	IF	ID	EX	M	WB				
addi t1,t1,-1		IF	ID	EX	M	WB			
addi t2,t2,-1			IF	ID	EX	M	WB		
L1: addi t3,t1,1				IF	ID	EX	M	WB	
addi t4,t2,1					IF	ID	EX	M	WB



Problema 12c

$s_0 \neq 0$

- Segmentado sin gestión de conflictos de control + Inserción de NOP
(resultado correcto en 11 ciclos):

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<code>beq zero,s0,L1</code>	IF	ID	EX	M	WB						
<code>nop</code>		IF	ID	EX	M	WB					
<code>nop</code>			IF	ID	EX	M	WB				
<code>addi t1,t1,-1</code>				IF	ID	EX	M	WB			
<code>addi t2,t2,-1</code>					IF	ID	EX	M	WB		
<code>L1: addi t3,t1,1</code>						IF	ID	EX	M	WB	
<code>addi t4,t2,1</code>							IF	ID	EX	M	WB



Problema 12d

$s_0 \neq 0$

- Segmentado con gestión de conflictos de control por parada (resultado correcto en 11 ciclos):

	IF	ID	EX	M	WB
1	beq zero,s0,L1				
2					
3					
4					
5					
6					
7					

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
beq zero,s0,L1	IF										



Problema 12d

$s_0 \neq 0$

- Segmentado con gestión de conflictos de control por parada (resultado correcto en 11 ciclos):

	IF	ID	EX	M	WB
1	beq zero,s0,L1				
2	addi t1,t1,-1	beq zero,s0,L1			
3					
4					
5					
6					
7					

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
beq zero,s0,L1	IF	ID									
addi t1,t1,-1		IF									



Problema 12d

$s_0 \neq 0$

- Segmentado con gestión de conflictos de control por parada (resultado correcto en 11 ciclos):

	IF	ID	EX	M	WB
1	beq zero,s0,L1				
2	addi t1,t1,-1	beq zero,s0,L1			
3					
4					
5					
6					
7					

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
beq zero,s0,L1	IF	ID									
addi t1,t1,-1		IFp									



Problema 12d

$s_0 \neq 0$

- Segmentado con gestión de conflictos de control por parada (resultado correcto en 11 ciclos):

	IF	ID	EX	M	WB
1	beq zero,s0,L1				
2	addi t1,t1,-1	STOP	beq zero,s0,L1		
3	addi t1,t1,-1	X	beq zero,s0,L1		
4					
5					
6					
7					

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
beq zero,s0,L1	IF	ID	EX								
addi t1,t1,-1		IFp	IF								



Problema 12d

$s_0 \neq 0$

- Segmentado con gestión de conflictos de control por parada (resultado correcto en 11 ciclos):

	IF	ID	EX	M	WB
1	beq zero,s0,L1				
2	addi t1,t1,-1 ^{STOP}	beq zero,s0,L1	no saltar		
3	addi t1,t1,-1 ^{STOP}		beq zero,s0,L1		
4					
5					
6					
7					

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
beq zero,s0,L1	IF	ID	EX								
addi t1,t1,-1		IFp	IFp								



Problema 12d

$s0 \neq 0$

- Segmentado con gestión de conflictos de control por parada (resultado correcto en 11 ciclos):

	IF	ID	EX	M	WB
1	beq zero,s0,L1				
2	addi t1,t1,-1	beq zero,s0,L1			
3	addi t1,t1,-1		beq zero,s0,L1		
4	addi t1,t1,-1			beq zero,s0,L1	
5					
6					
7					

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
beq zero,s0,L1	IF	ID	EX	M							
addi t1,t1,-1		IFp	IFp	IF							



Problema 12d

$s_0 \neq 0$

- Segmentado con gestión de conflictos de control por parada (resultado correcto en 11 ciclos):

	IF	ID	EX	M	WB
1	beq zero,s0,L1				
2	addi t1,t1,-1	beq zero,s0,L1			
3	addi t1,t1,-1		beq zero,s0,L1		
4	addi t1,t1,-1			beq zero,s0,L1	
5	addi t2,t2,-1	addi t1,t1,-1			beq zero,s0,L1
6					
7					

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
beq zero,s0,L1	IF	ID	EX	M	WB						
addi t1,t1,-1		IFp	IFp	IF	ID						
addi t2,t2,-1				IF							



Problema 12d

$s_0 \neq 0$

- Segmentado con gestión de conflictos de control por parada (resultado correcto en 11 ciclos):

	IF	ID	EX	M	WB
1	beq zero,s0,L1				
2	addi t1,t1,-1	beq zero,s0,L1			
3	addi t1,t1,-1		beq zero,s0,L1		
4	addi t1,t1,-1			beq zero,s0,L1	
5	addi t2,t2,-1	addi t1,t1,-1			beq zero,s0,L1
6	L1: addi t3,t1,1	addi t2,t2,-1	addi t1,t1,-1		
7					

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
beq zero,s0,L1	IF	ID	EX	M	WB						
addi t1,t1,-1		IFp	IFp	IF	ID	EX					
addi t2,t2,-1				IF	ID						
L1: addi t3,t1,1					IF						



Problema 12d

$s_0 \neq 0$

- Segmentado con gestión de conflictos de control por parada (resultado correcto en 11 ciclos):

	IF	ID	EX	M	WB
1	beq zero,s0,L1				
2	addi t1,t1,-1	beq zero,s0,L1			
3	addi t1,t1,-1		beq zero,s0,L1		
4	addi t1,t1,-1			beq zero,s0,L1	
5	addi t2,t2,-1	addi t1,t1,-1			beq zero,s0,L1
6	L1: addi t3,t1,1	addi t2,t2,-1	addi t1,t1,-1		
7	addi t4,t2,1	L1: addi t3,t1,1	addi t2,t2,-1	addi t1,t1,-1	

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
beq zero,s0,L1	IF	ID	EX	M	WB						
addi t1,t1,-1		IFp	IFp	IF	ID	EX	M				
addi t2,t2,-1				IF	ID	EX					
L1: addi t3,t1,1					IF	ID					
addi t4,t2,1						IF					



Problema 12d

$s_0 \neq 0$

- Segmentado con gestión de conflictos de control por parada (resultado correcto en 11 ciclos):

	IF	ID	EX	M	WB
1	beq zero,s0,L1				
2	addi t1,t1,-1	beq zero,s0,L1			
3	addi t1,t1,-1		beq zero,s0,L1		
4	addi t1,t1,-1			beq zero,s0,L1	
5	addi t2,t2,-1	addi t1,t1,-1			beq zero,s0,L1
6	L1: addi t3,t1,1	addi t2,t2,-1	addi t1,t1,-1		
7	addi t4,t2,1	L1: addi t3,t1,1	addi t2,t2,-1	addi t1,t1,-1	

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
beq zero,s0,L1	IF	ID	EX	M	WB						
addi t1,t1,-1		IFp	IFp	IF	ID	EX	M	WB			
addi t2,t2,-1					IF	ID	EX	M	WB		
L1: addi t3,t1,1						IF	ID	EX	M	WB	
addi t4,t2,1							IF	ID	EX	M	WB



Problema 12e

$s_0 \neq 0$

- Segmentado (con predicción de salto no tomado)
(resultado correcto en 9 ciclos):

	IF	ID	EX	M	WB
1	beq zero, s0, L1				
2					
3					
4					
5					
6					
7					

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
beq zero, s0, L1	IF								



Problema 12e

$s_0 \neq 0$

- Segmentado (con predicción de salto no tomado)
(resultado correcto en 9 ciclos):

	IF	ID	EX	M	WB
1	beq zero,s0,L1				
2	addi t1,t1,-1	beq zero,s0,L1			
3					
4					
5					
6					
7					

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
beq zero,s0,L1	IF	ID							
addi t1,t1,-1		IF							



Problema 12e

$s_0 \neq 0$

- Segmentado (con predicción de salto no tomado)
(resultado correcto en 9 ciclos):

	IF	ID	EX	M	WB
1	beq zero,s0,L1				
2	addi t1,t1,-1	beq zero,s0,L1			
3	addi t2,t2,-1	addi t1,t1,-1	beq zero,s0,L1		
4					
5					
6					
7					

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
beq zero,s0,L1	IF	ID	EX						
addi t1,t1,-1		IF	ID						
addi t2,t2,-1			IF						



Problema 12e

$s_0 \neq 0$

- Segmentado (con predicción de salto no tomado)
(resultado correcto en 9 ciclos):

	IF	ID	EX	M	WB
1	<code>beq zero,s0,L1</code>				
2	<code>addi t1,t1,-1</code>	<code>beq zero,s0,L1</code>	no saltar: predicción correcta <code>beq zero,s0,L1</code>		
3	<code>addi t2,t2,-1</code>	<code>addi t1,t1,-1</code>			
4					
5					
6					
7					

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<code>beq zero,s0,L1</code>	IF	ID	EX						
<code>addi t1,t1,-1</code>		IF	ID						
<code>addi t2,t2,-1</code>			IF						



Problema 12e

$s_0 \neq 0$

- Segmentado (con predicción de salto no tomado)
(resultado correcto en 9 ciclos):

	IF	ID	EX	M	WB
1	beq zero,s0,L1				
2	addi t1,t1,-1	beq zero,s0,L1			
3	addi t2,t2,-1	addi t1,t1,-1	beq zero,s0,L1 no saltar: predicción correcta		
4	L1:addi t3,t1,1	addi t2,t2,-1	addi t1,t1,-1	beq zero,s0,L1	
5					
6					
7					

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
beq zero,s0,L1	IF	ID	EX	M					
addi t1,t1,-1		IF	ID	EX					
addi t2,t2,-1			IF	ID					
L1:addi t3,t1,1				IF					



Problema 12e

$s_0 \neq 0$

- Segmentado (con predicción de salto no tomado)
(resultado correcto en 9 ciclos):

	IF	ID	EX	M	WB
1	beq zero,s0,L1				
2	addi t1,t1,-1	beq zero,s0,L1			
3	addi t2,t2,-1	addi t1,t1,-1	beq zero,s0,L1		
4	L1: addi t3,t1,1	addi t2,t2,-1	addi t1,t1,-1	beq zero,s0,L1	beq zero,s0,L1
5	addi t4,t2,1	L1: addi t3,t1,1	addi t2,t2,-1	addi t1,t1,-1	beq zero,s0,L1
6					
7					

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
beq zero,s0,L1	IF	ID	EX	M	WB				
addi t1,t1,-1		IF	ID	EX	M				
addi t2,t2,-1			IF	ID	EX				
L1: addi t3,t1,1				IF	ID				
addi t4,t2,1					IF				



Problema 12e

$s_0 \neq 0$

- Segmentado (con predicción de salto no tomado)
(resultado correcto en 9 ciclos):

	IF	ID	EX	M	WB
1	beq zero,s0,L1				
2	addi t1,t1,-1	beq zero,s0,L1			
3	addi t2,t2,-1	addi t1,t1,-1	beq zero,s0,L1		
4	L1: addi t3,t1,1	addi t2,t2,-1	addi t1,t1,-1	beq zero,s0,L1	
5	addi t4,t2,1	L1: addi t3,t1,1	addi t2,t2,-1	addi t1,t1,-1	beq zero,s0,L1
6		addi t4,t2,1	L1: addi t3,t1,1	addi t2,t2,-1	addi t1,t1,-1
7					

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
beq zero,s0,L1	IF	ID	EX	M	WB				
addi t1,t1,-1		IF	ID	EX	M	WB			
addi t2,t2,-1			IF	ID	EX	M			
L1: addi t3,t1,1				IF	ID		t1 EX		
addi t4,t2,1					IF	ID			



Problema 12e

$s_0 \neq 0$

- Segmentado (con predicción de salto no tomado)
(resultado correcto en 9 ciclos):

	IF	ID	EX	M	WB
1	beq zero,s0,L1				
2	addi t1,t1,-1	beq zero,s0,L1			
3	addi t2,t2,-1	addi t1,t1,-1	beq zero,s0,L1		
4	L1: addi t3,t1,1	addi t2,t2,-1	addi t1,t1,-1	beq zero,s0,L1	
5	addi t4,t2,1	L1: addi t3,t1,1	addi t2,t2,-1	addi t1,t1,-1	beq zero,s0,L1
6		addi t4,t2,1	L1: addi t3,t1,1	addi t2,t2,-1	addi t1,t1,-1
7			addi t4,t2,1	L1: addi t3,t1,1	addi t2,t2,-1

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
beq zero,s0,L1	IF	ID	EX	M	WB				
addi t1,t1,-1		IF	ID	EX	M	WB			
addi t2,t2,-1			IF	ID	EX	M	WB		
L1: addi t3,t1,1				IF	ID	EX	M	WB	
addi t4,t2,1					IF	ID	EX	M	WB

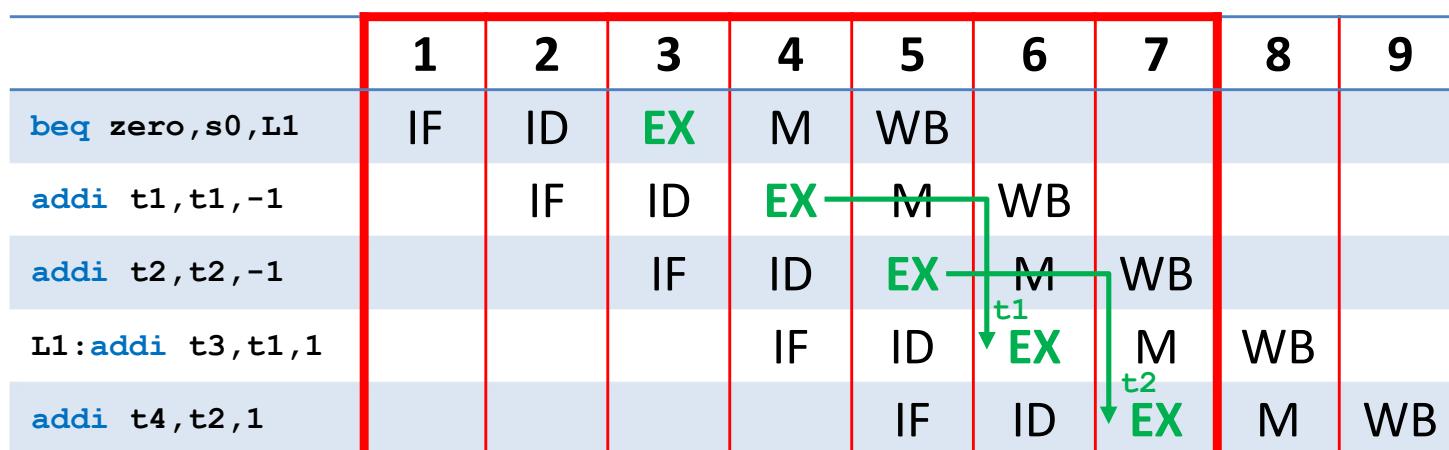


Problema 12e

$s_0 \neq 0$

- Segmentado (con predicción de salto no tomado)
(resultado correcto en 9 ciclos):

	IF	ID	EX	M	WB
1	beq zero,s0,L1				
2	addi t1,t1,-1	beq zero,s0,L1			
3	addi t2,t2,-1	addi t1,t1,-1	beq zero,s0,L1		
4	L1: addi t3,t1,1	addi t2,t2,-1	addi t1,t1,-1	beq zero,s0,L1	
5	addi t4,t2,1	L1:addi t3,t1,1	addi t2,t2,-1	addi t1,t1,-1	beq zero,s0,L1
6		addi t4,t2,1	L1:addi t3,t1,1	addi t2,t2,-1	addi t1,t1,-1
7			addi t4,t2,1	L1:addi t3,t1,1	addi t2,t2,-1



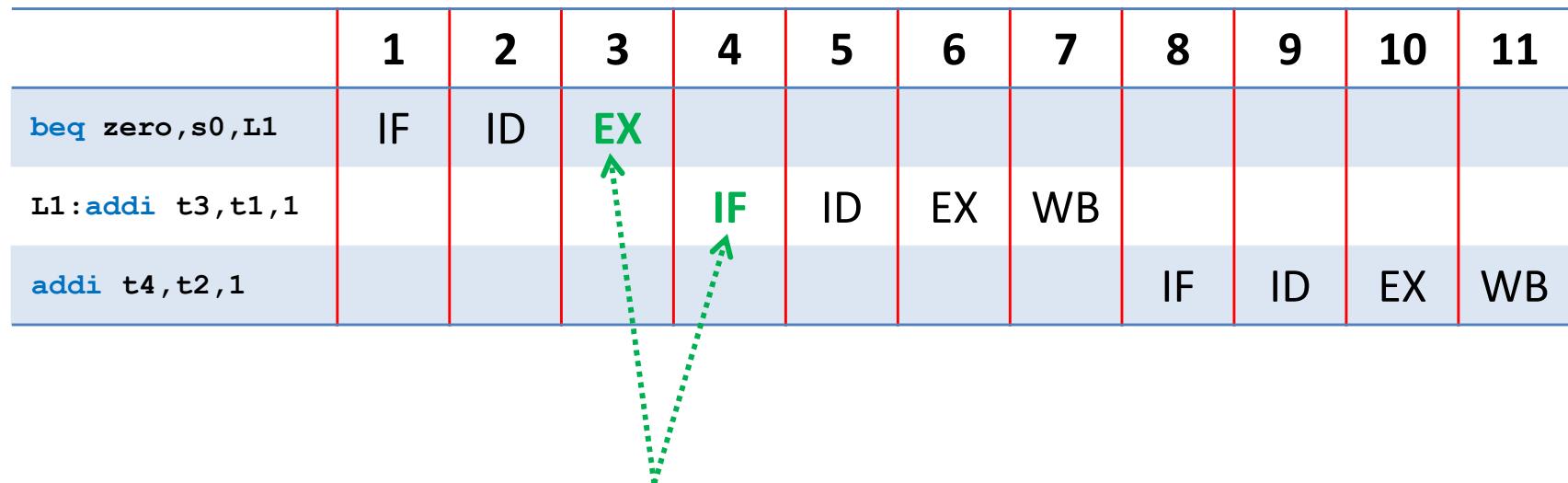
Problema 12f

s0 = 0



- Multiciclo (resultado correcto en 11 ciclos):

- $t_1 = 11$
- $t_2 = 22$
- $t_3 = 11+1 = 12$
- $t_4 = 22+1 = 23$



La instrucción a ejecutar tras `beq` se lee de memoria en un ciclo posterior al ciclo en que decide si debe saltarse o no



Problema 12g

s0 = 0

- Segmentado sin gestión de conflictos de control
(resultado incorrecto en 9 ciclos):

- $t_1 = 11-1 = 10$
- $t_2 = 22-1 = 21$
- $t_3 = (11-1)+1 = 11$
- $t_4 = (22-1)+1 = 22$

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
beq zero,s0,L1	IF	ID	EX	M	WB				
addi t1,t1,-1		IF	ID	EX	M	WB			
addi t2,t2,-1		IF	ID	EX	M	WB			
L1: addi t3,t1,1			IF	ID	EX	M	WB		
addi t4,t2,1				IF	ID	EX	M	WB	

Existe conflicto de control:

Se leen instrucciones de memoria en ciclos anteriores o iguales
al ciclo en que la instrucción `beq` decide si debe saltarse o no



Problema 12h

s0 = 0

- Segmentado sin gestión de conflictos de control + Inserción de NOP (resultado correcto en 9 ciclos):





Problema 12i

s0 = 0

- Segmentado con gestión de conflictos de control por parada (resultado correcto en 9 ciclos).

	IF	ID	EX	M	WB
1	beq zero,s0,L1				
2					
3					
4					
5					
6					
7					

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
beq zero,s0,L1	IF								



Problema 12i

s0 = 0

- Segmentado con gestión de conflictos de control por parada (resultado correcto en 9 ciclos).

	IF	ID	EX	M	WB
1	beq zero,s0,L1				
2	addi t1,t1,-1	beq zero,s0,L1			
3					
4					
5					
6					
7					

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
beq zero,s0,L1	IF	ID							
addi t1,t1,-1		IF							



Problema 12i

s0 = 0

- Segmentado con gestión de conflictos de control por parada (resultado correcto en 9 ciclos).

	IF	ID	EX	M	WB
1	beq zero,s0,L1				
2	addi t1,t1,-1	STOP beq zero,s0,L1			
3					
4					
5					
6					
7					

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
beq zero,s0,L1	IF	ID							
addi t1,t1,-1		IFp							



Problema 12i

s0 = 0

- Segmentado con gestión de conflictos de control por parada (resultado correcto en 9 ciclos).

	IF	ID	EX	M	WB
1	beq zero,s0,L1				
2	addi t1,t1,-1	STOP	beq zero,s0,L1		
3	addi t1,t1,-1	X		beq zero,s0,L1	
4					
5					
6					
7					

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
beq zero,s0,L1	IF	ID	EX						
addi t1,t1,-1		IFp	IF						



Problema 12i

s0 = 0

- Segmentado con gestión de conflictos de control por parada (resultado correcto en 9 ciclos).

	IF	ID	EX	M	WB
1	beq zero,s0,L1				
2	addi t1,t1,-1	beq zero,s0,L1 STOP	salta		
3	addi t1,t1,-1	STOP	beq zero,s0,L1		
4					
5					
6					
7					

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
beq zero,s0,L1	IF	ID	EX						
addi t1,t1,-1		IFp	IFp						



Problema 12i

s0 = 0

- Segmentado con gestión de conflictos de control por parada (resultado correcto en 9 ciclos).

	IF	ID	EX	M	WB
1	beq zero,s0,L1				
2	addi t1,t1,-1	beq zero,s0,L1			
3	addi t1,t1,-1		beq zero,s0,L1		
4	L1: addi t3,t1,1			beq zero,s0,L1	
5					
6					
7					

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
beq zero,s0,L1	IF	ID	EX	M					
addi t1,t1,-1		IFp	IFp						
L1: addi t3,t1,1				IF					



Problema 12i

s0 = 0

- Segmentado con gestión de conflictos de control por parada (resultado correcto en 9 ciclos).

	IF	ID	EX	M	WB
1	beq zero,s0,L1				
2	addi t1,t1,-1	beq zero,s0,L1			
3	addi t1,t1,-1		beq zero,s0,L1		
4	L1: addi t3,t1,1			beq zero,s0,L1	
5	addi t4,t2,1	L1: addi t3,t1,1			beq zero,s0,L1
6					
7					

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
beq zero,s0,L1	IF	ID	EX	M	WB				
addi t1,t1,-1		IFp	IFp	X					
L1: addi t3,t1,1				IF	ID				
addi t4,t2,1					IF				



Problema 12i

s0 = 0

- Segmentado con gestión de conflictos de control por parada (resultado correcto en 9 ciclos).

	IF	ID	EX	M	WB
1	beq zero,s0,L1				
2	addi t1,t1,-1	beq zero,s0,L1			
3	addi t1,t1,-1		beq zero,s0,L1		
4	L1: addi t3,t1,1			beq zero,s0,L1	
5	addi t4,t2,1	L1: addi t3,t1,1			beq zero,s0,L1
6		addi t4,t2,1	L1: addi t3,t1,1		
7					

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
beq zero,s0,L1	IF	ID	EX	M	WB				
addi t1,t1,-1		IFp	IFp	X					
L1: addi t3,t1,1				IF	ID	EX			
addi t4,t2,1					IF	ID			



Problema 12i

$s0 = 0$

- Segmentado con gestión de conflictos de control por parada (resultado correcto en 9 ciclos).

	IF	ID	EX	M	WB
1	beq zero,s0,L1				
2	addi t1,t1,-1	beq zero,s0,L1			
3	addi t1,t1,-1		beq zero,s0,L1		
4	L1: addi t3,t1,1			beq zero,s0,L1	
5	addi t4,t2,1	L1:addi t3,t1,1			beq zero,s0,L1
6		addi t4,t2,1	L1:addi t3,t1,1		
7			addi t4,t2,1	L1:addi t3,t1,1	

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
beq zero,s0,L1	IF	ID	EX	M	WB				
addi t1,t1,-1		IFp	IFp	X					
L1: addi t3,t1,1			IF	ID	EX	M			
addi t4,t2,1				IF	ID	EX			



Problema 12i

s0 = 0

- Segmentado con gestión de conflictos de control por parada (resultado correcto en 9 ciclos).

	IF	ID	EX	M	WB
1	beq zero,s0,L1				
2	addi t1,t1,-1	beq zero,s0,L1			
3	addi t1,t1,-1		beq zero,s0,L1		
4	L1: addi t3,t1,1			beq zero,s0,L1	
5	addi t4,t2,1	L1:addi t3,t1,1			beq zero,s0,L1
6		addi t4,t2,1	L1:addi t3,t1,1		
7			addi t4,t2,1	L1:addi t3,t1,1	

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
beq zero,s0,L1	IF	ID	EX	M	WB				
addi t1,t1,-1		IFp	IFp	X					
L1: addi t3,t1,1			IF	ID	EX	M	WB		
addi t4,t2,1				IF	ID	EX	M	WB	



Problema 12j

s0 = 0

- Segmentado (con predicción de salto no tomado)
(resultado correcto en 9 ciclos):

	IF	ID	EX	M	WB
1	beq zero, s0, L1				
2					
3					
4					
5					
6					
7					

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
beq zero, s0, L1	IF								



Problema 12j

s0 = 0

- Segmentado (con predicción de salto no tomado)
(resultado correcto en 9 ciclos):

	IF	ID	EX	M	WB
1	beq zero,s0,L1				
2	addi t1,t1,-1	beq zero,s0,L1			
3					
4					
5					
6					
7					

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
beq zero,s0,L1	IF	ID							
addi t1,t1,-1		IF							



Problema 12j

s0 = 0

- Segmentado (con predicción de salto no tomado)
(resultado correcto en 9 ciclos):

	IF	ID	EX	M	WB
1	beq zero,s0,L1				
2	addi t1,t1,-1	beq zero,s0,L1			
3	addi t2,t2,-1	addi t1,t1,-1	beq zero,s0,L1		
4					
5					
6					
7					

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
beq zero,s0,L1	IF	ID	EX						
addi t1,t1,-1		IF	ID						
addi t2,t2,-1			IF						



Problema 12j

s0 = 0

- Segmentado (con predicción de salto no tomado)
(resultado correcto en 9 ciclos):

	IF	ID	EX	M	WB
1	beq zero,s0,L1				
2	addi t1,t1,-1	beq zero,s0,L1	saltar: predicción fallida beq zero,s0,L1		
3	addi t2,t2,-1	addi t1,t1,-1			
4					
5					
6					
7					

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
beq zero,s0,L1	IF	ID	EX						
addi t1,t1,-1		IF	ID						
addi t2,t2,-1			IF						



Problema 12j

s0 = 0

- Segmentado (con predicción de salto no tomado)
(resultado correcto en 9 ciclos):

	IF	ID	EX	M	WB
1	beq zero,s0,L1				
2	addi t1,t1,-1	beq zero,s0,L1			
3	addi t2,t2,-1	addi t1,t1,-1	beq zero,s0,L1		
4	L1: addi t3,t1,1				beq zero,s0,L1
5					
6					
7					

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
beq zero,s0,L1	IF	ID	EX	M					
addi t1,t1,-1		IF	ID						
addi t2,t2,-1			IF						
L1: addi t3,t1,1					IF				



Problema 12j

s0 = 0

- Segmentado (con predicción de salto no tomado)
(resultado correcto en 9 ciclos):

	IF	ID	EX	M	WB
1	beq zero,s0,L1				
2	addi t1,t1,-1	beq zero,s0,L1			
3	addi t2,t2,-1	addi t1,t1,-1	beq zero,s0,L1		
4	L1: addi t3,t1,1			beq zero,s0,L1	
5	addi t4,t2,1	L1: addi t3,t1,1			beq zero,s0,L1
6					
7					

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
beq zero,s0,L1	IF	ID	EX	M	WB				
addi t1,t1,-1		IF	ID						
addi t2,t2,-1			IF						
L1: addi t3,t1,1				IF	ID				
addi t4,t2,1					IF				



Problema 12j

s0 = 0

- Segmentado (con predicción de salto no tomado)
(resultado correcto en 9 ciclos):

	IF	ID	EX	M	WB
1	beq zero,s0,L1				
2	addi t1,t1,-1	beq zero,s0,L1			
3	addi t2,t2,-1	addi t1,t1,-1	beq zero,s0,L1		
4	L1: addi t3,t1,1				beq zero,s0,L1
5	addi t4,t2,1	L1: addi t3,t1,1			
6			addi t4,t2,1	L1: addi t3,t1,1	
7					

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
beq zero,s0,L1	IF	ID	EX	M	WB				
addi t1,t1,-1		IF	ID						
addi t2,t2,-1			IF						
L1: addi t3,t1,1				IF	ID	EX			
addi t4,t2,1					IF	ID			



Problema 12j

s0 = 0

- Segmentado (con predicción de salto no tomado)
(resultado correcto en 9 ciclos):

	IF	ID	EX	M	WB
1	beq zero,s0,L1				
2	addi t1,t1,-1	beq zero,s0,L1			
3	addi t2,t2,-1	addi t1,t1,-1	beq zero,s0,L1		
4	L1:addi t3,t1,1				beq zero,s0,L1
5	addi t4,t2,1	L1:addi t3,t1,1			beq zero,s0,L1
6		addi t4,t2,1	L1:addi t3,t1,1		
7			addi t4,t2,1	L1:addi t3,t1,1	

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
beq zero,s0,L1	IF	ID	EX	M	WB				
addi t1,t1,-1		IF	ID						
addi t2,t2,-1			IF						
L1:addi t3,t1,1				IF	ID	EX	M		
addi t4,t2,1					IF	ID	EX		



Problema 12j

$s0 = 0$

- Segmentado (con predicción de salto no tomado)
(resultado correcto en 9 ciclos):

	IF	ID	EX	M	WB
1	beq zero,s0,L1				
2	addi t1,t1,-1	beq zero,s0,L1			
3	addi t2,t2,-1	addi t1,t1,-1	beq zero,s0,L1		
4	L1: addi t3,t1,1				beq zero,s0,L1
5		L1: addi t3,t1,1			beq zero,s0,L1
6			L1: addi t3,t1,1		
7				L1: addi t3,t1,1	

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
beq zero,s0,L1	IF	ID	EX	M	WB				
addi t1,t1,-1		IF	ID						
addi t2,t2,-1			IF						
L1: addi t3,t1,1				IF	ID	EX	M	WB	
addi t4,t2,1					IF	ID	EX	M	WB



Problema 13

	IF	ID	EX	M	WB
1	jal x0,L1				
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					

	1	2	3	4	5	6	7	8
jal x0,L1	IF							



Problema 13

	IF	ID	EX	M	WB
1	jal x0,L1				
2	addi t1,x0,5	jal x0,L1			
3					
4					
5					
6					
7					
8					

	1	2	3	4	5	6	7	8
jal x0,L1	IF	ID						
addi t1,x0,5		IF						



Problema 13

	IF	ID	EX	M	WB
1	jal x0,L1				
2	addi t1,x0,5	jal x0,L1			
3	add t3,t1,t2	addi t1,x0,5	jal x0,L1		
4					
5					
6					
7					
8					

	1	2	3	4	5	6	7	8
jal x0,L1	IF	ID	EX					
addi t1,x0,5		IF	ID					
add t3,t1,t2			IF					



Problema 13

	IF	ID	EX	M	WB
1	jal x0,L1				
2	addi t1,x0,5	jal x0,L1			
3	add t3,t1,t2	addi t1,x0,5	jal x0,L1 saltar: predicción fallida		
4					
5					
6					
7					
8					

	1	2	3	4	5	6	7	8
jal x0,L1	IF	ID	EX					
addi t1,x0,5		IF	ID					
add t3,t1,t2			IF					



Problema 13

	IF	ID	EX	M	WB
1	jal x0,L1				
2	addi t1,x0,5	jal x0,L1			
3	add t3,t1,t2	addi t1,x0,5	jal x0,L1		
4	L1: sw t4,0(t3)			jal x0,L1	
5					
6					
7					
8					

	1	2	3	4	5	6	7	8
jal x0,L1	IF	ID	EX	M				
addi t1,x0,5		IF	ID		X			
add t3,t1,t2			IF		X			
L1: sw t4,0(t3)				IF				



Problema 13

	IF	ID	EX	M	WB
1	jal x0,L1				
2	addi t1,x0,5	jal x0,L1			
3	add t3,t1,t2	addi t1,x0,5	jal x0,L1		
4	L1: sw t4,0(t3)				
5		L1: sw t4,0(t3)			
6					
7					
8					

	1	2	3	4	5	6	7	8
jal x0,L1	IF	ID	EX	M	WB			
addi t1,x0,5		IF	ID	X	X			
add t3,t1,t2			IF	X	X			
L1: sw t4,0(t3)				IF	ID			



Problema 13

	IF	ID	EX	M	WB
1	jal x0,L1				
2	addi t1,x0,5	jal x0,L1			
3	add t3,t1,t2	addi t1,x0,5	jal x0,L1		
4	L1:sw t4,0(t3)				jal x0,L1
5		L1:sw t4,0(t3)			jal x0,L1
6			L1:sw t4,0(t3)		
7					
8					

	1	2	3	4	5	6	7	8
jal x0,L1	IF	ID	EX	M	WB			
addi t1,x0,5		IF	ID					
add t3,t1,t2			IF					
L1:sw t4,0(t3)				IF	ID	EX		



Problema 13

	IF	ID	EX	M	WB
1	jal x0,L1				
2	addi t1,x0,5	jal x0,L1			
3	add t3,t1,t2	addi t1,x0,5	jal x0,L1		
4	L1:sw t4,0(t3)				jal x0,L1
5		L1:sw t4,0(t3)			jal x0,L1
6			L1:sw t4,0(t3)		
7				L1:sw t4,0(t3)	
8					L1:sw t4,0(t3)

	1	2	3	4	5	6	7	8
jal x0,L1	IF	ID	EX	M	WB			
addi t1,x0,5		IF	ID					
add t3,t1,t2			IF					
L1:sw t4,0(t3)				IF	ID	EX	M	



Problema 13

	IF	ID	EX	M	WB
1	jal x0,L1				
2	addi t1,x0,5	jal x0,L1			
3	add t3,t1,t2	addi t1,x0,5	jal x0,L1		
4	L1:sw t4,0(t3)				jal x0,L1
5		L1:sw t4,0(t3)			jal x0,L1
6			L1:sw t4,0(t3)		
7				L1:sw t4,0(t3)	
8					L1:sw t4,0(t3)

	1	2	3	4	5	6	7	8
jal x0,L1	IF	ID	EX	M	WB			
addi t1,x0,5		IF	ID					
add t3,t1,t2			IF					
L1:sw t4,0(t3)				IF	ID	EX	M	WB



Problema 14

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
<code>addi s0, x0, 0</code>	IF	ID	EX	M	WB											
<code>L1:beq t0, x0, L2</code>		IF	ID	EX	M	WB										
<code>add s0, s0, t0</code>		IF	ID	EX	M	WB										
<code>addi t0, t0, -1</code>			IF	ID	EX	M	WB									
<code>jal x0, L1</code>				IF	ID	EX	M	WB								
<code>L2:add s0, s0, s0</code>					IF	ID	EX	M	WB							
<code>sw s0, 0(gp)</code>						IF	EX	M	WB							
<code>L1:beq t0, x0, L2</code>							IF	ID	EX	M	WB					
<code>add s0, s0, t0</code>							IF	ID	EX	M	WB					
<code>addi t0, t0, -1</code>							IF	ID	EX	M	WB					
<code>L2:add s0, s0, s0</code>								IF	ID	EX	M	WB				
<code>sw s0, 0(gp)</code>								IF	ID	EX	M	WB				

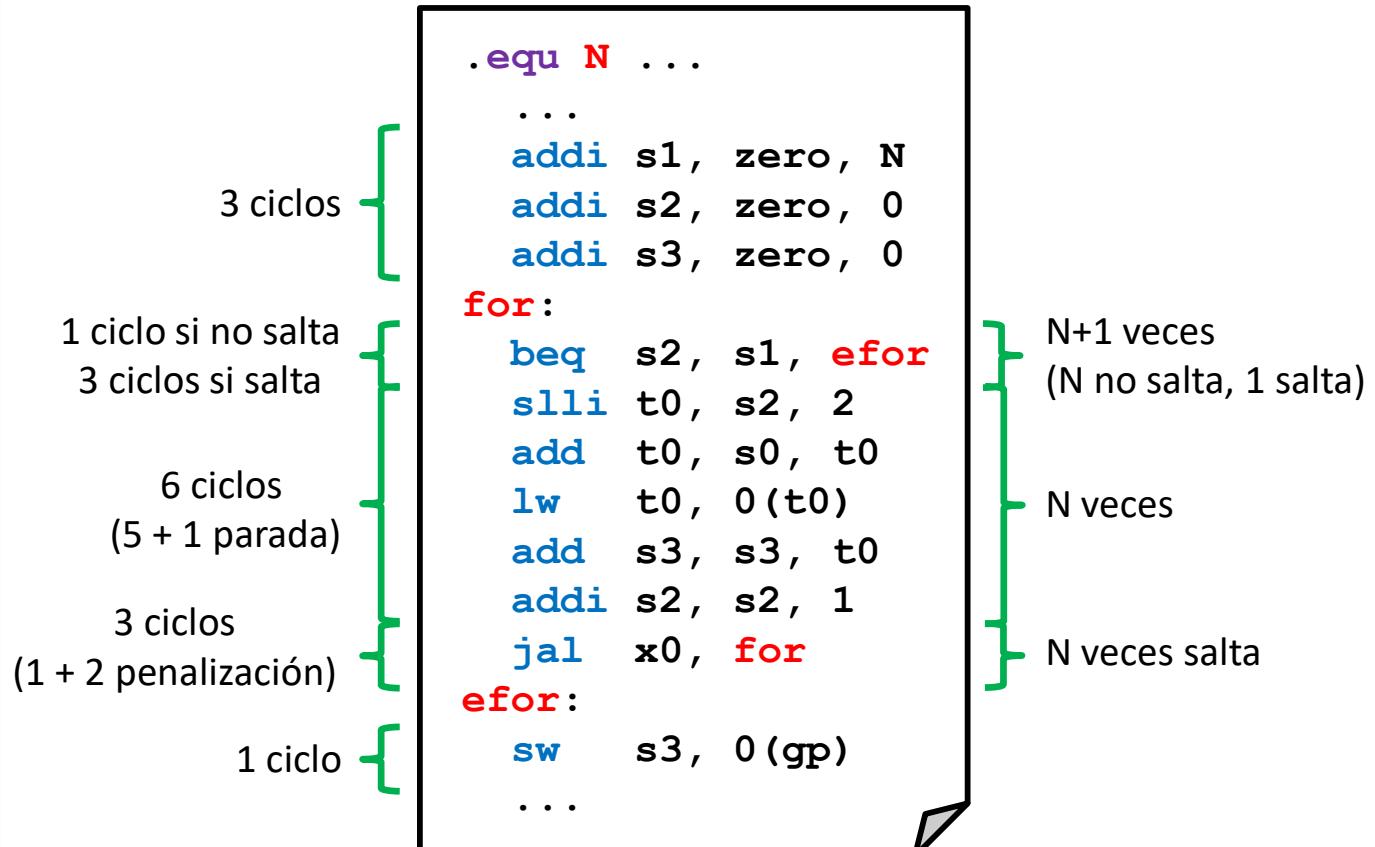


Problema 15

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
<code>addi s0,x0,0</code>	IF	ID	EX	M	WB															
<code>lw t0,4(gp)</code>		IF	ID	EX	M-WB															
<code>L1:beq t0,x0,L2</code>		IF	IDp	ID	EX	M	WB													
<code>add s0,s0,t0</code>			IFp	IF	EX	M	WB													
<code>addi t0,t0,-1</code>					IF	ID	EX	M	WB											
<code>jal x0,L1</code>						IF	ID	EX	M	WB										
<code>L2:lw s1,0(gp)</code>							IF	ID												
<code>add s1,s0,s1</code>							IF													
<code>L1:beq t0,x0,L2</code>								IF	ID	EX	M	WB								
<code>add s0,s0,t0</code>									IF	ID										
<code>addi t0,t0,-1</code>										IF										
<code>L2:lw s1,0(gp)</code>											IF	ID	EX	M-WB						
<code>add s1,s0,s1</code>											IF	IDp	ID	EX	s1	M	WB			
<code>sw s1,0(gp)</code>											IFp	IF	ID	EX	s1	M	WB			



Problema 16



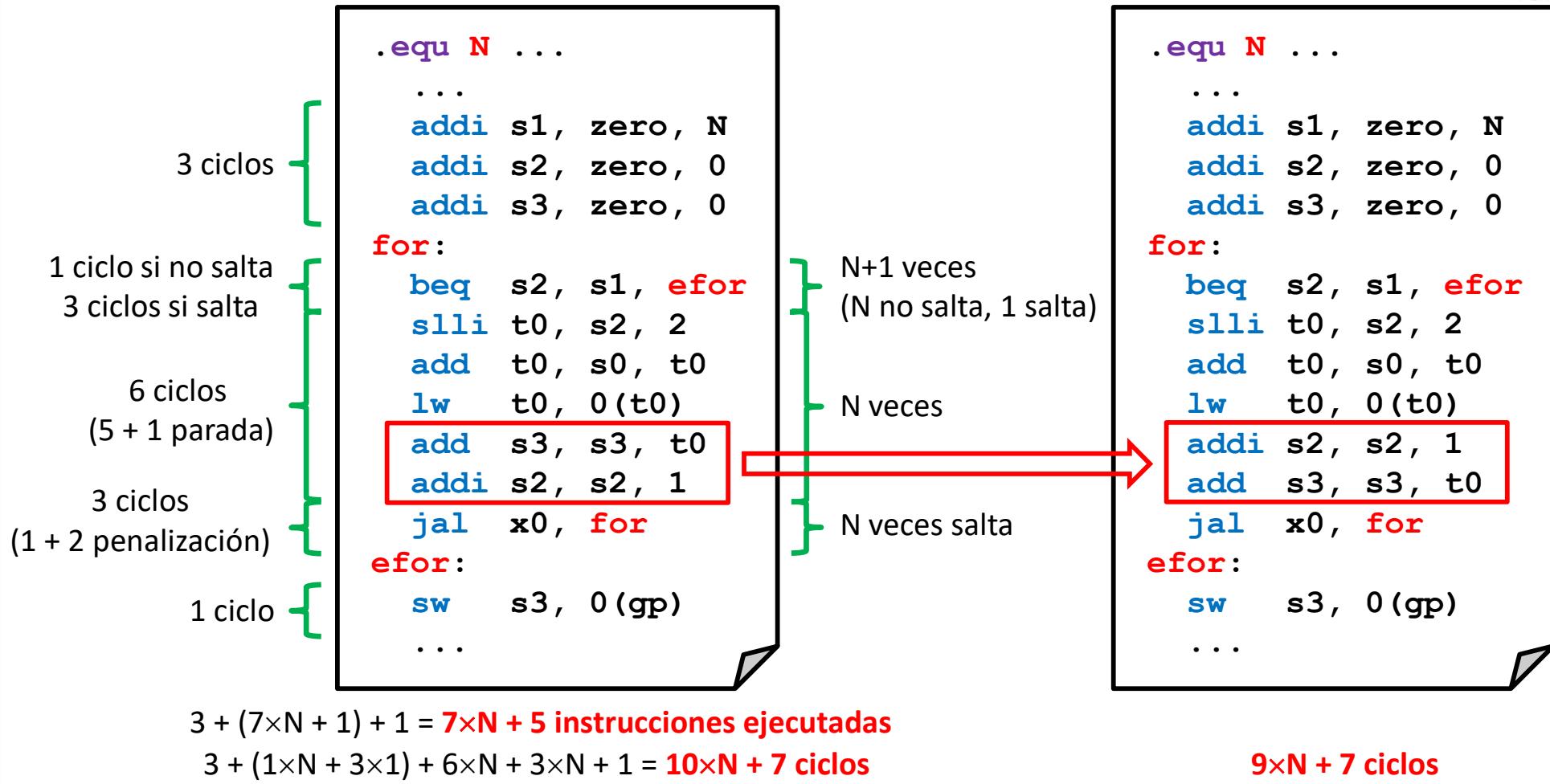
$$3 + (7 \times N + 1) + 1 = 7 \times N + 5 \text{ instrucciones ejecutadas}$$

$$3 + (1 \times N + 3 \times 1) + 6 \times N + 3 \times N + 1 = 10 \times N + 7 \text{ ciclos}$$

$$\text{CPI} = 10 \times N + 7 / 7 \times N + 5 \approx 10/7 = 1.43$$



Problema 16





Problema 17

- El programa que ejecuta 500 instrucciones tal que:
 - 20% de las instrucciones son de tipo **lw**
 - 50% seguidas de una instrucción aritmética que lee el registro cargado
 - 15% de las instrucciones son de tipo **sw**
 - 25% de las instrucciones son de tipo **beq**
 - 70% de los casos se salta
 - 5% de las instrucciones son de tipo **jal**
 - 35% de las instrucciones son aritmético-lógicas

$$\begin{aligned} \textcolor{red}{CPI} &= 0.2 \cdot (0.5 \cdot 1 + 0.5 \cdot 2) + 0.15 \cdot 1 + 0.25 \cdot (0.7 \cdot 3 + 0.3 \cdot 1) + 0.05 \cdot 3 \\ &+ 0.35 \cdot 1 = \textcolor{red}{1.55} \end{aligned}$$

Alternativamente:

$$\begin{aligned} \textcolor{red}{CPI} &= 1 + \text{penalización} \\ &= 1 + (0.2 \cdot 0.5 \cdot 1 + 0.25 \cdot 0.7 \cdot 2 + 0.05 \cdot 2) = \textcolor{red}{1.55} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \textcolor{red}{t_{ejec}} &= \frac{500 \cdot 1.55}{1.5 \cdot 10^9} = \textcolor{red}{516.7 \text{ ns}} \end{aligned}$$



Problema 18a

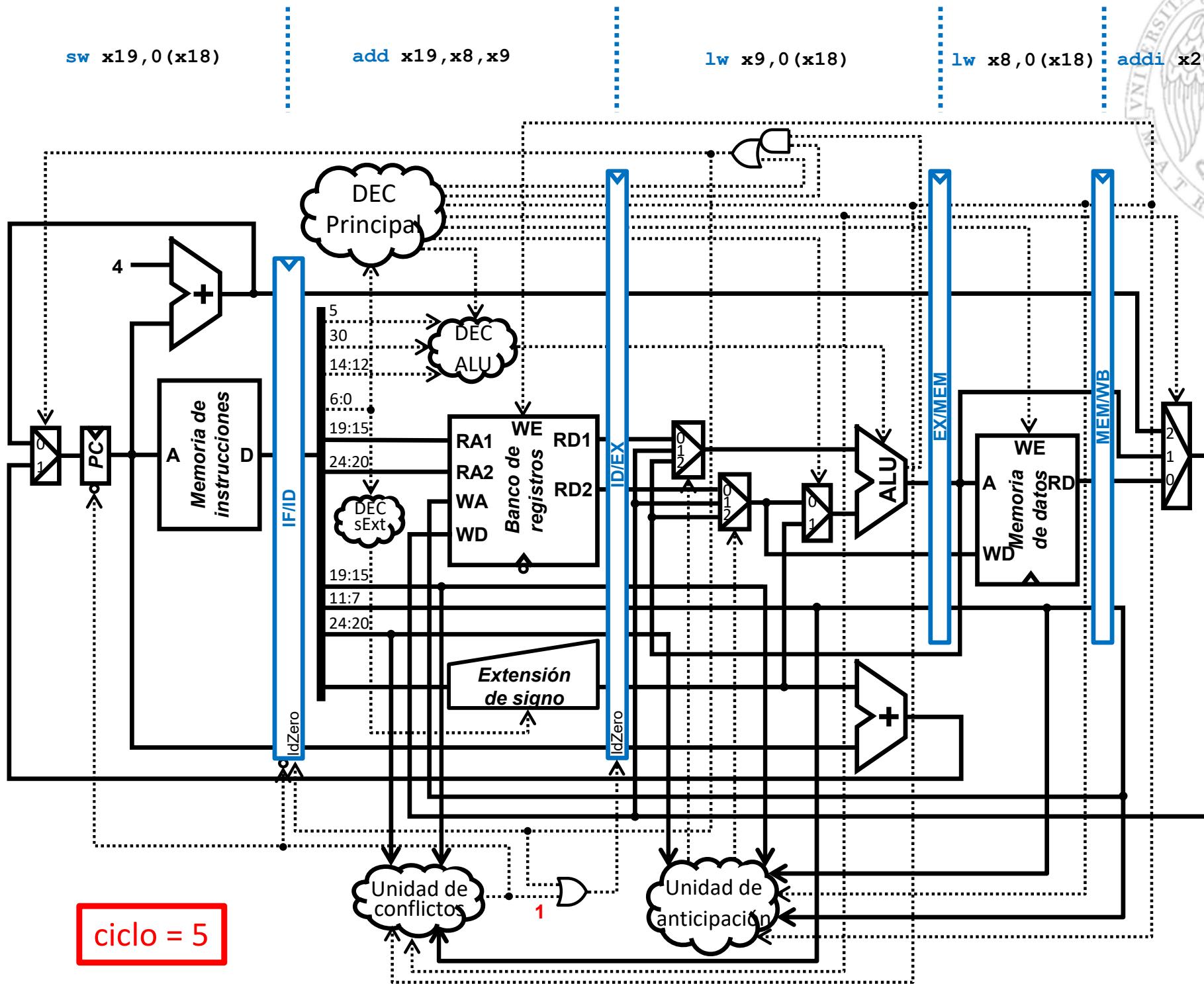
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
<code>addi s4,zero,2</code>	IF	ID	EX	M	WB										
<code>L1:lw s0,0(s2)</code>		IF	ID	EX	M	WB									
<code>lw s1,0(s2)</code>			IF	ID	EX	M	WB								
<code>add s3,s0,s1</code>				IF	IDp	WB	EX	M	WB						
<code>sw s3,0(s2)</code>					IFp	IF	ID	EX	M	WB					
<code>add s2,s3,s6</code>						IF	ID	EX	M	WB					
<code>and s1,s1,s2</code>							IF	ID	EX	M	WB				
<code>beq s4,zero,L1</code>								IF	ID	EX	M	WB			
<code>addi s2,s2,1</code>								IF	ID	EX	M	WB			
<code>or s3,s2,s4</code>									IF	ID	EX	M	WB		

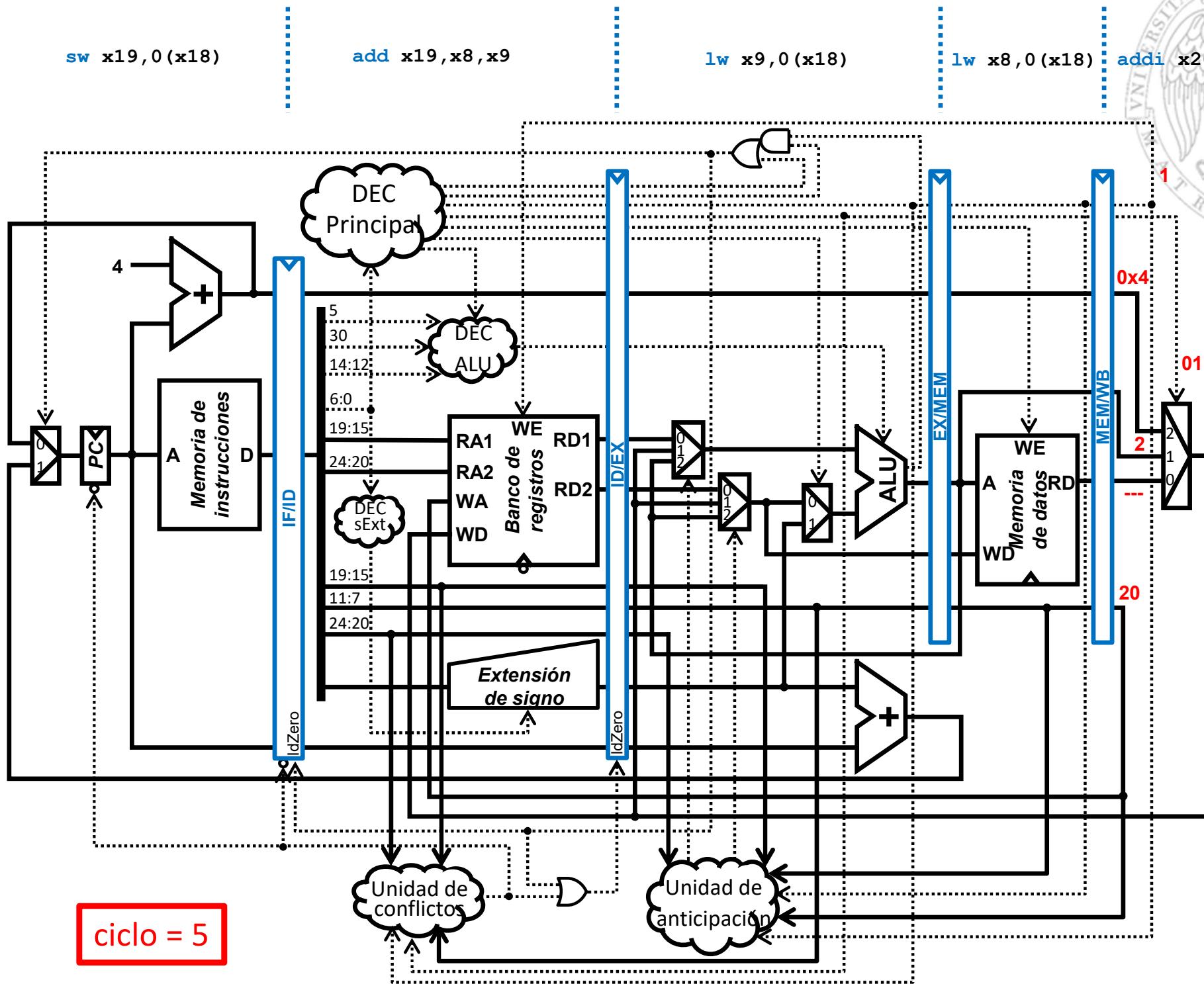


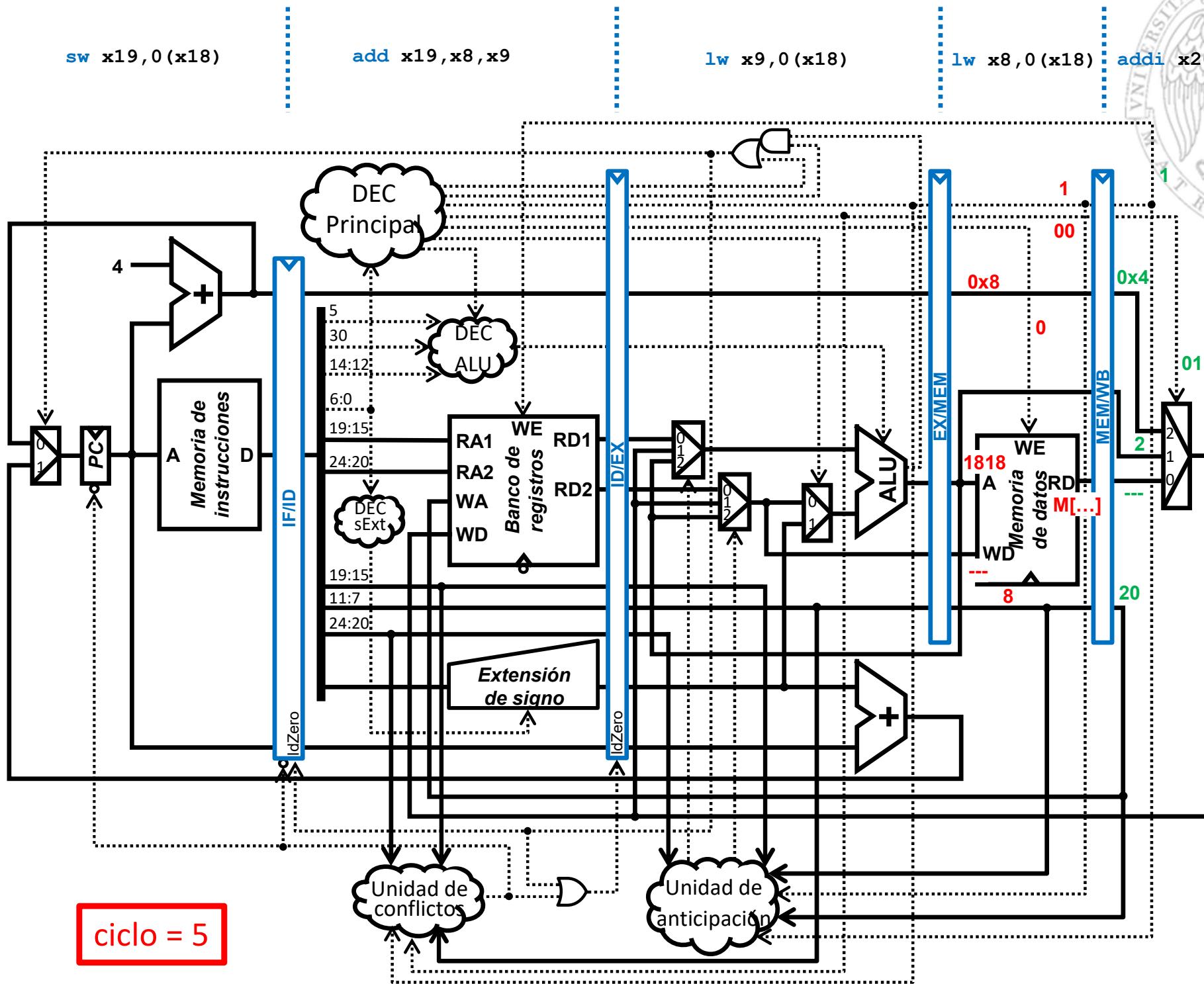
Problema 18b

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0x0	addi s4,zero,2	IF	ID	EX	M	WB									
0x4	L1:lw s0,0(s2)		IF	ID	EX	M	WB								
0x8	lw s1,0(s2)			IF	ID	EX	M	WB							
0xc	add s3,s0,s1			IF	IDp	WB	ID	EX	M	WB					
0x10	sw s3,0(s2)				IFp	IF	ID	EX	M	WB					
0x14	add s2,s3,s6					IF	ID	EX	M	WB					
0x18	and s1,s1,s2						IF	ID	EX	M	WB				
0x1c	beq s4,zero,L1							IF	ID	EX	M	WB			
0x20	addi s2,s2,1							IF	ID	EX	M	WB			
0x24	or s3,s2,s4								IF	ID	EX	M	WB		

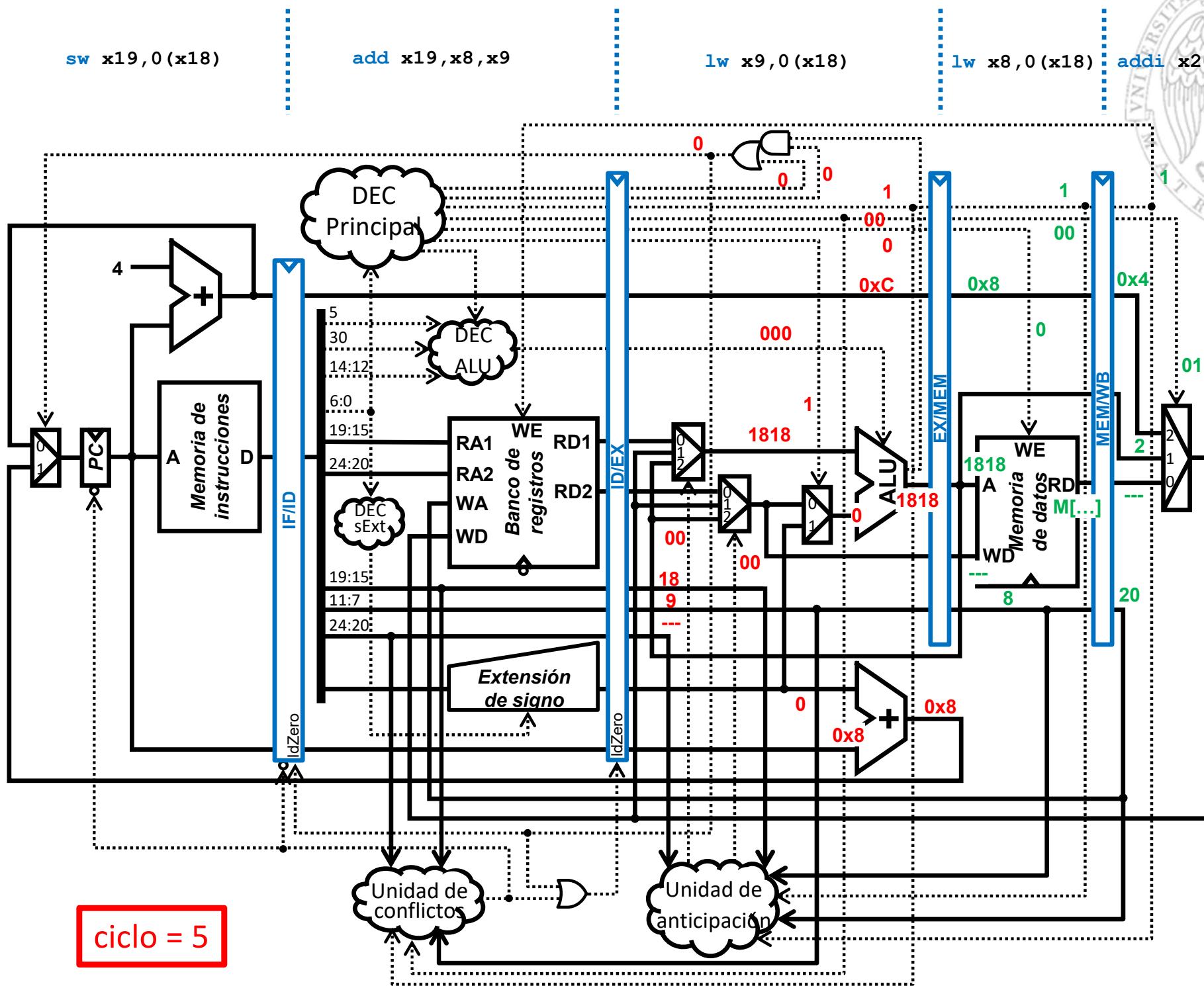
- $s_0 \text{ (x8)} = 88$
- $s_3 \text{ (x19)} = 1919$
- $s_1 \text{ (x9)} = 99$
- $s_4 \text{ (x20)} = 2020$
- $s_2 \text{ (x18)} = 1818$
- $s_6 \text{ (x22)} = 2222$

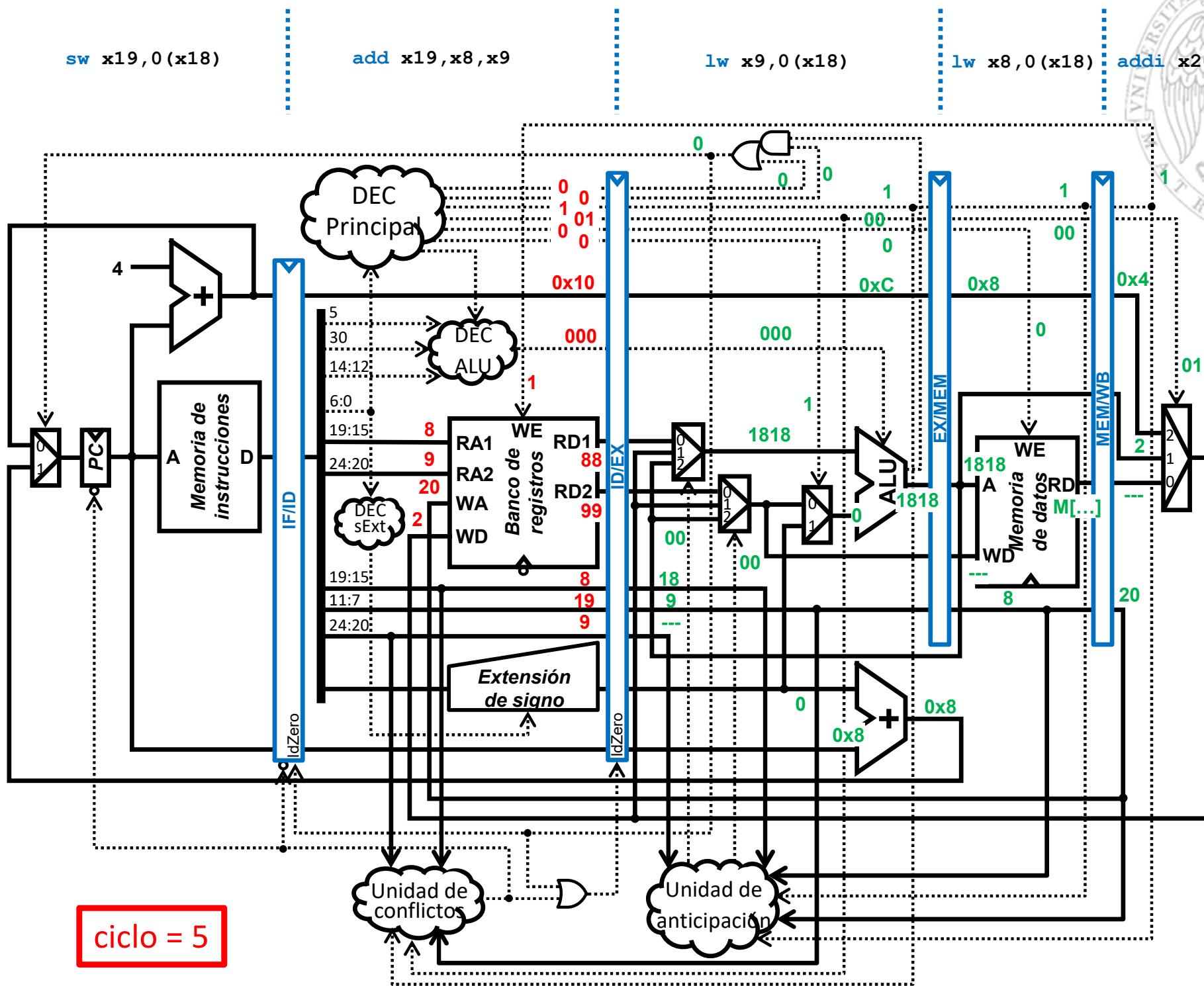


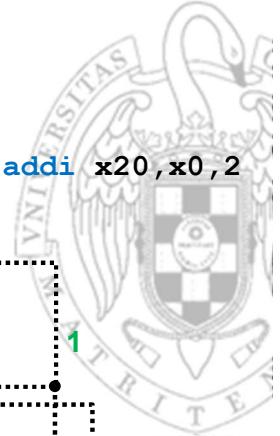
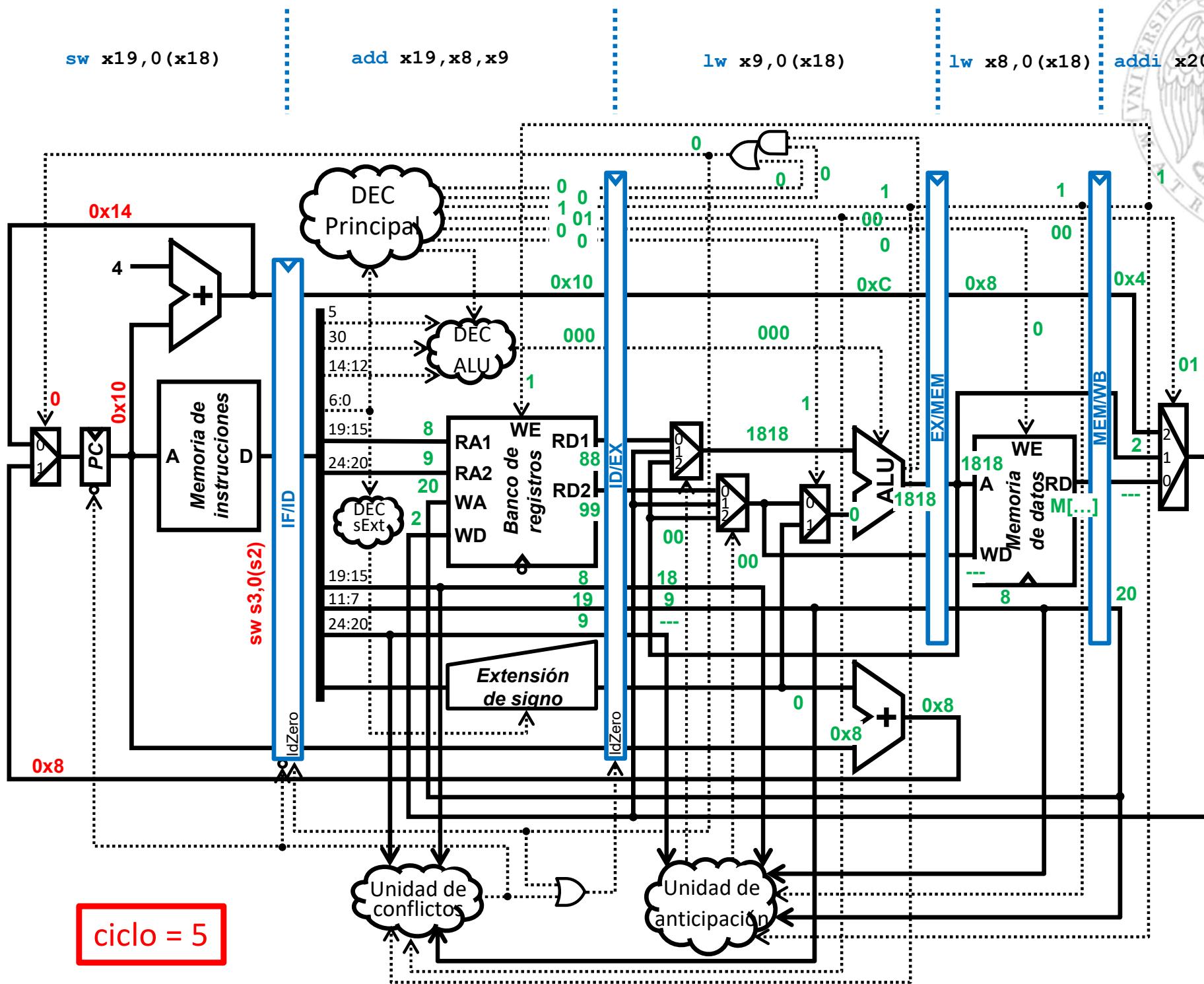


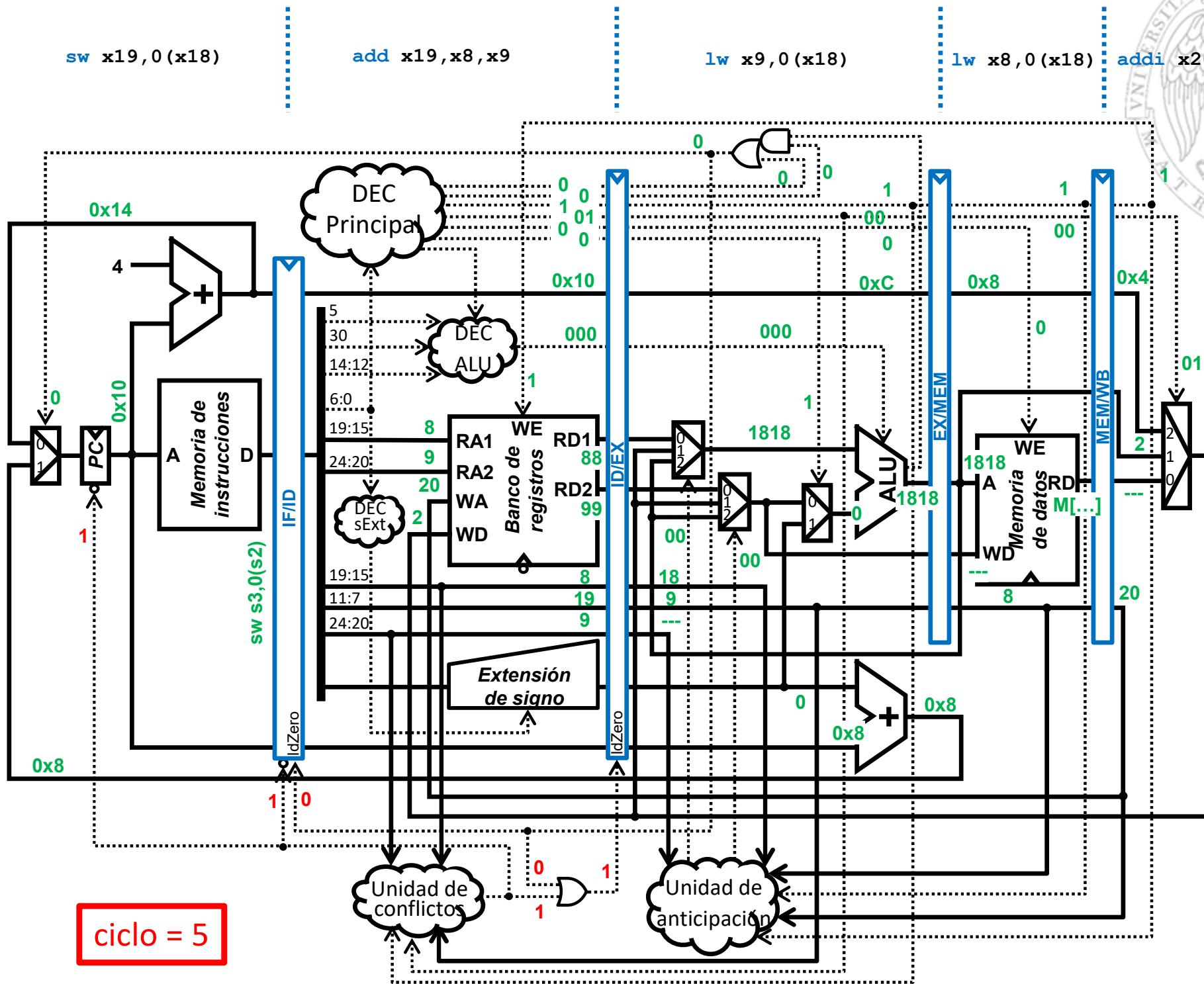


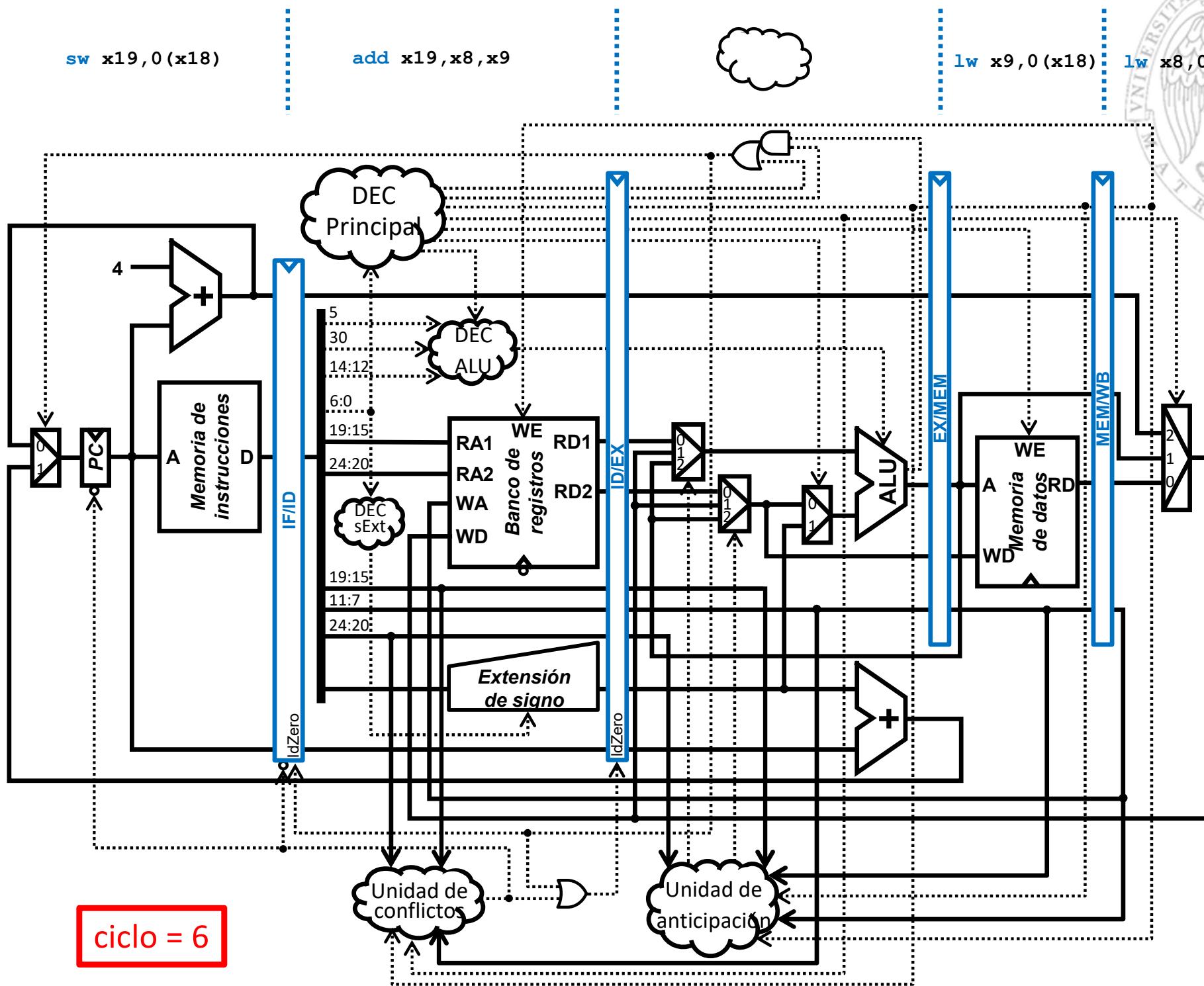
ciclo = 5

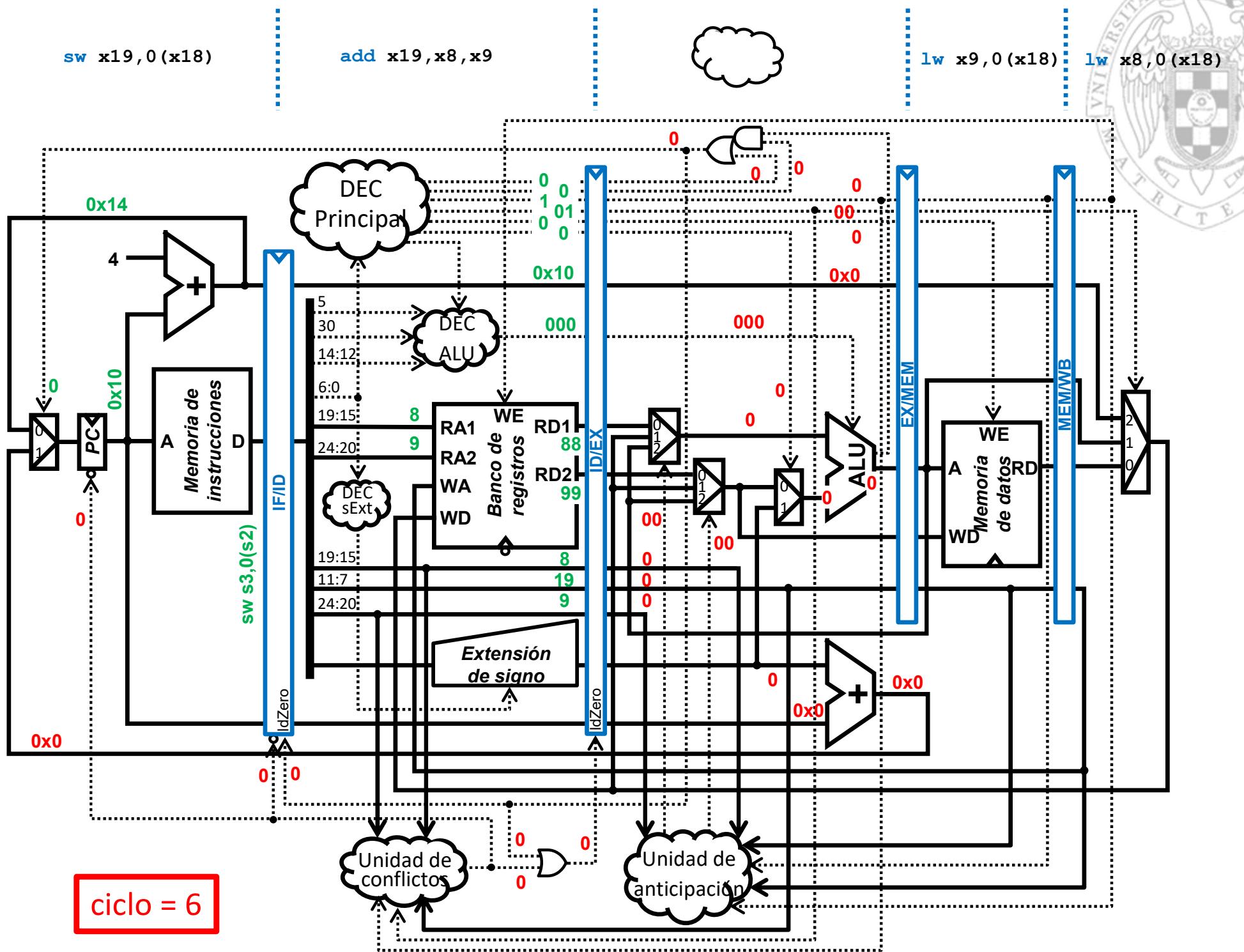


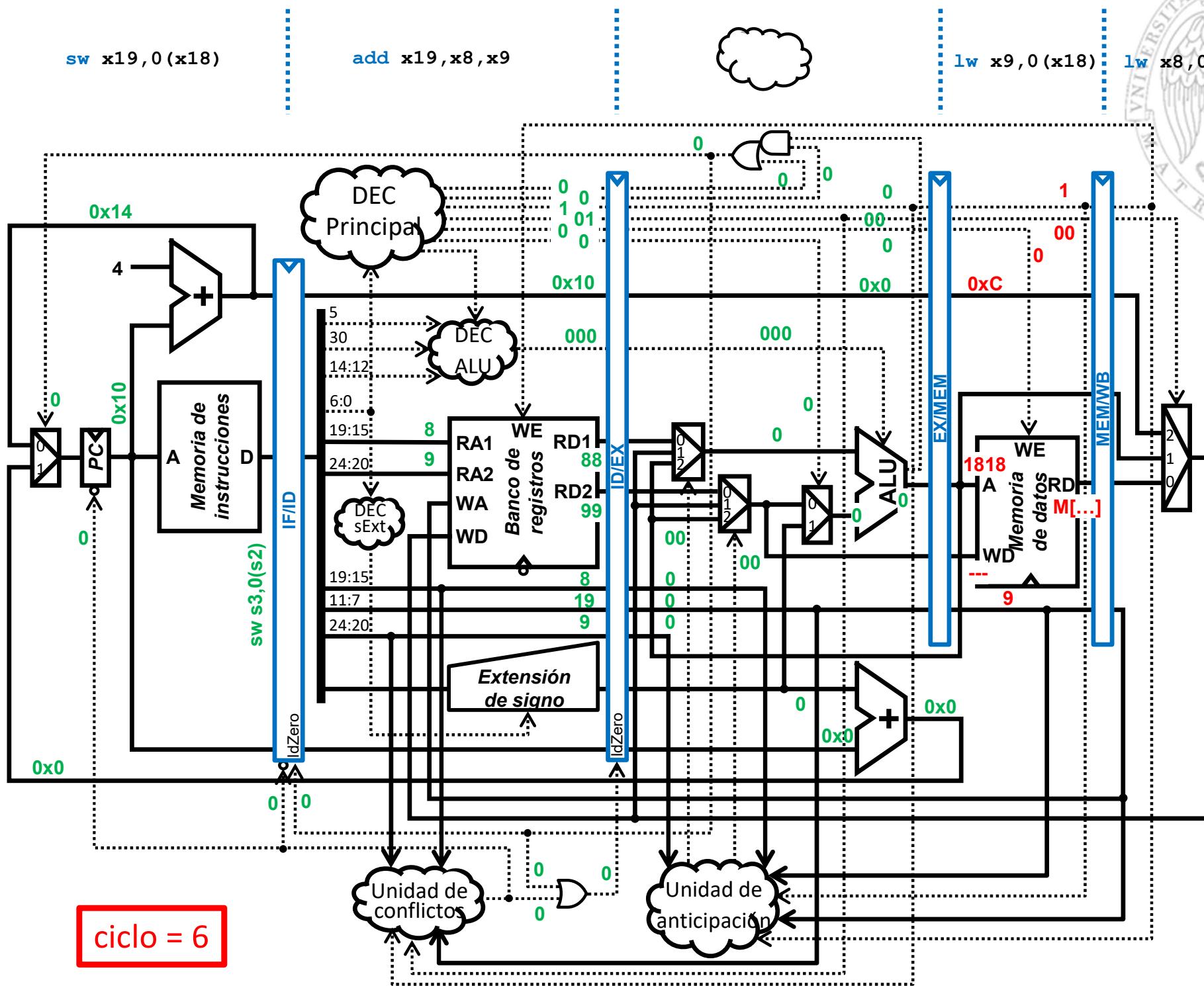


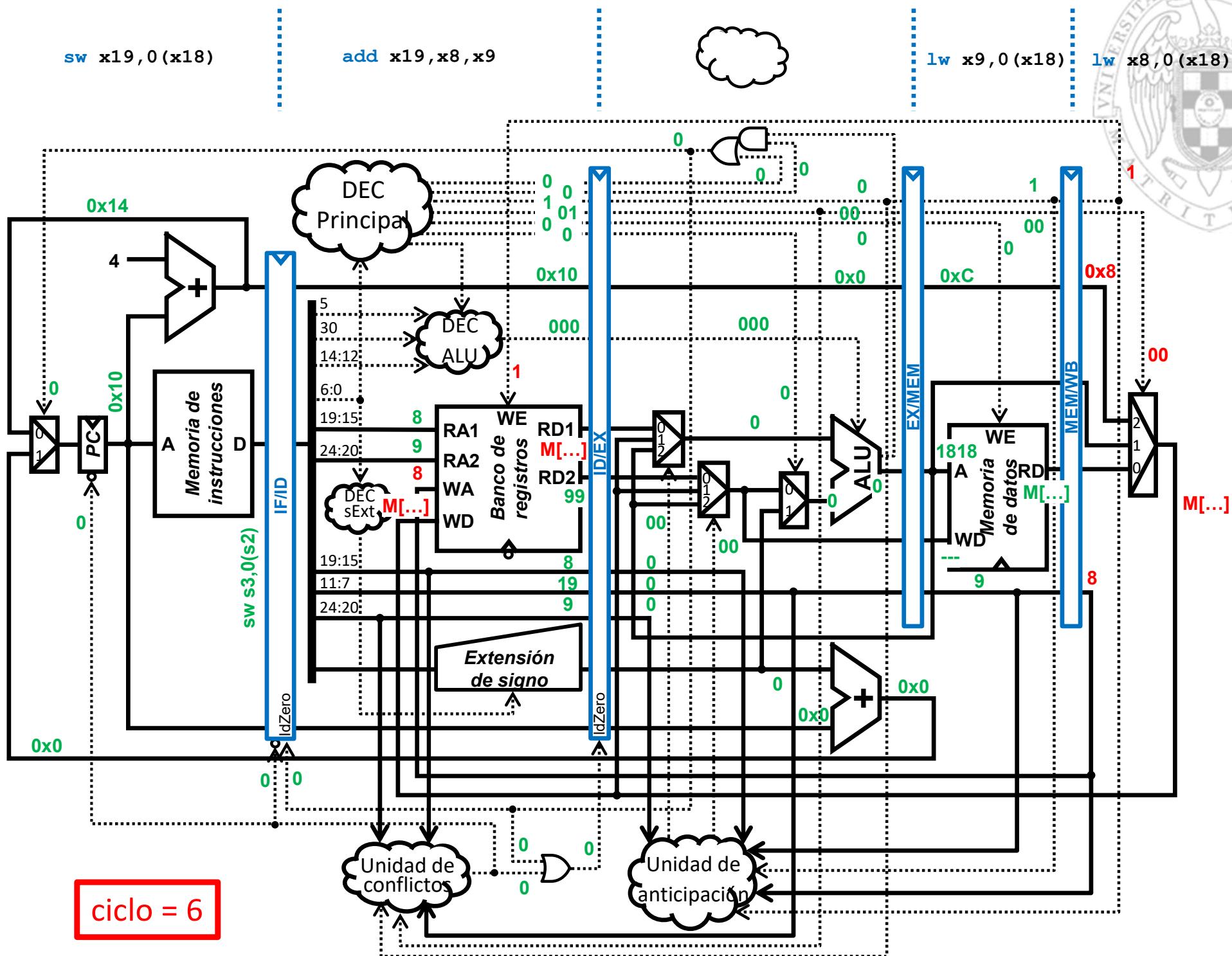


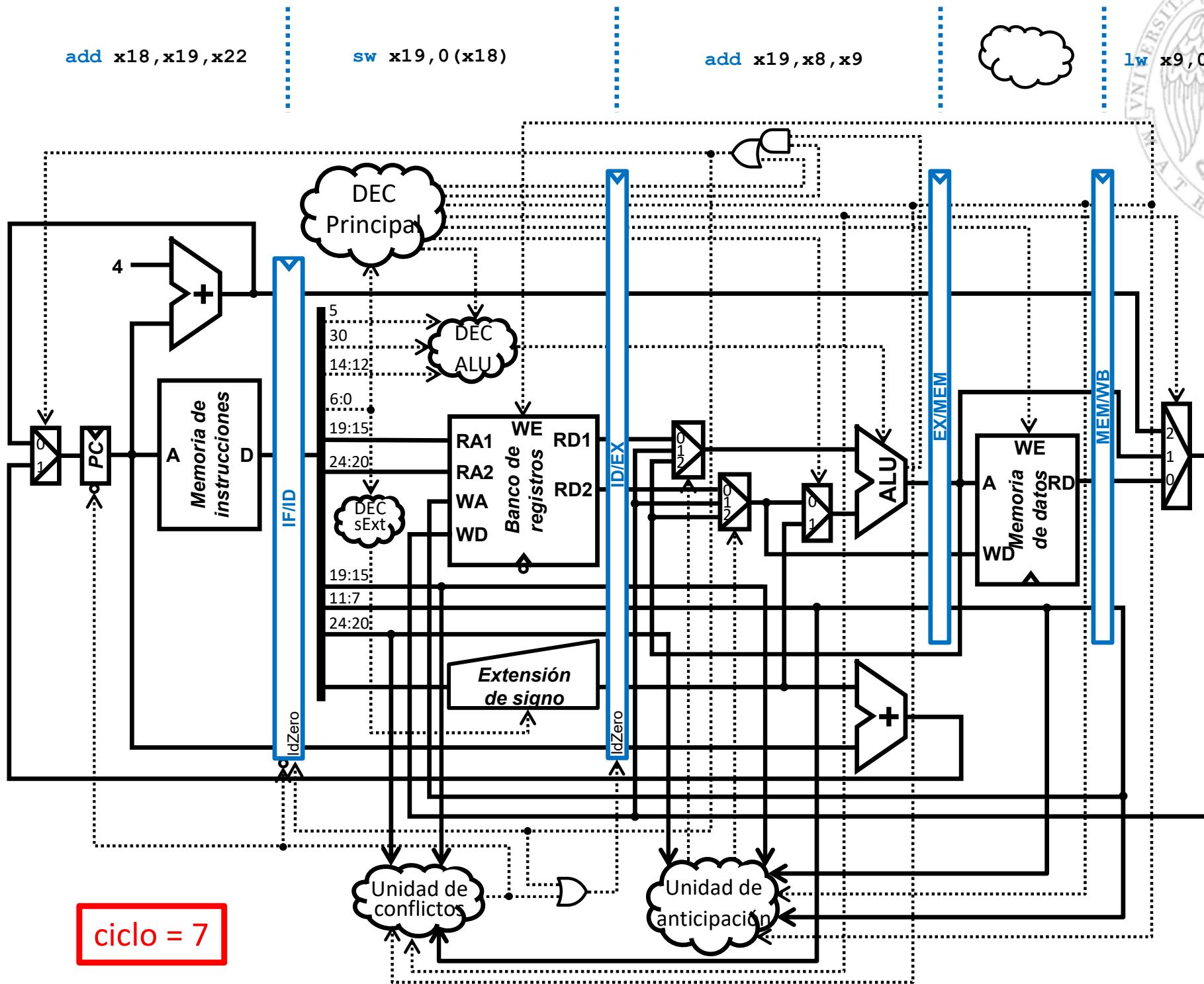


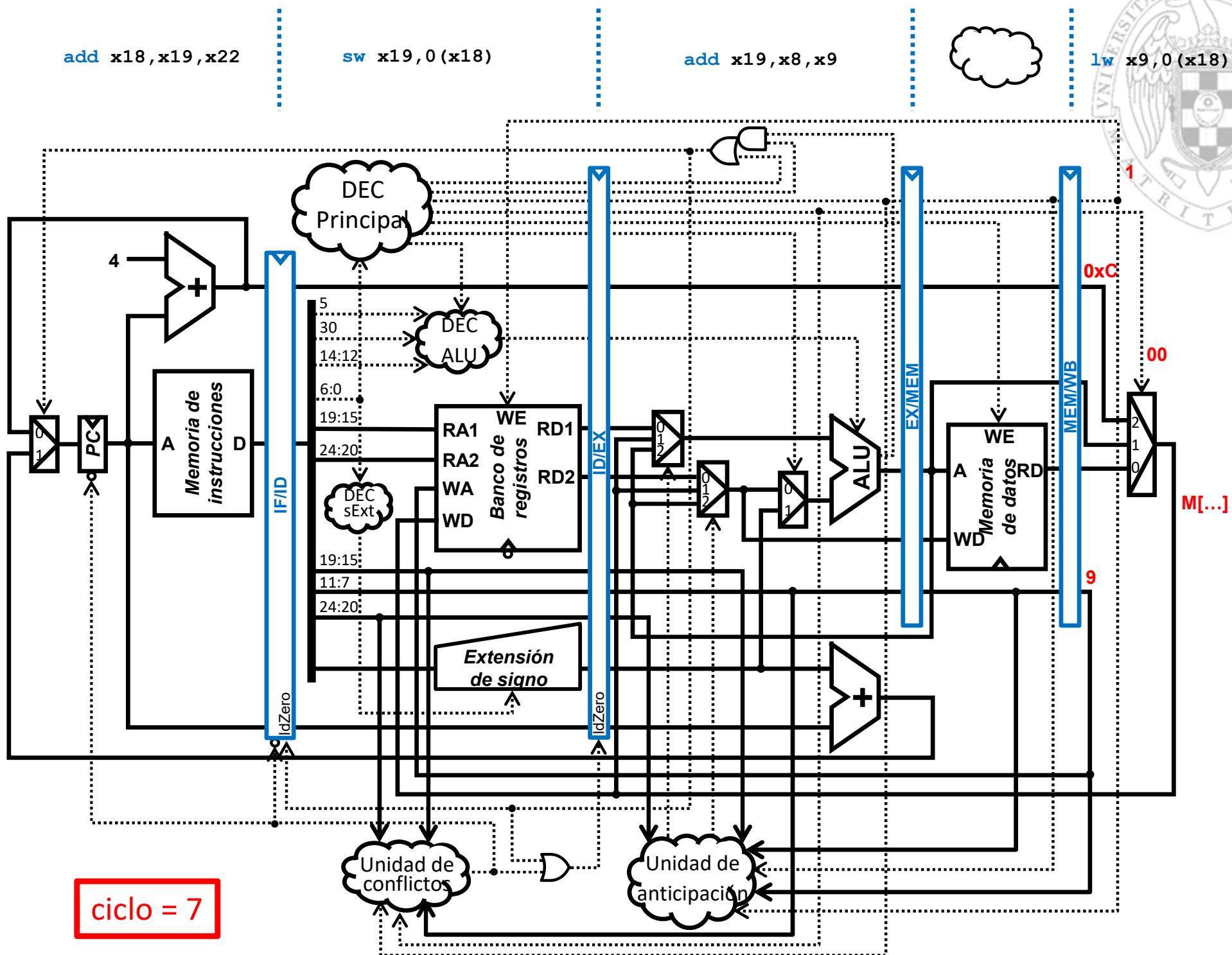


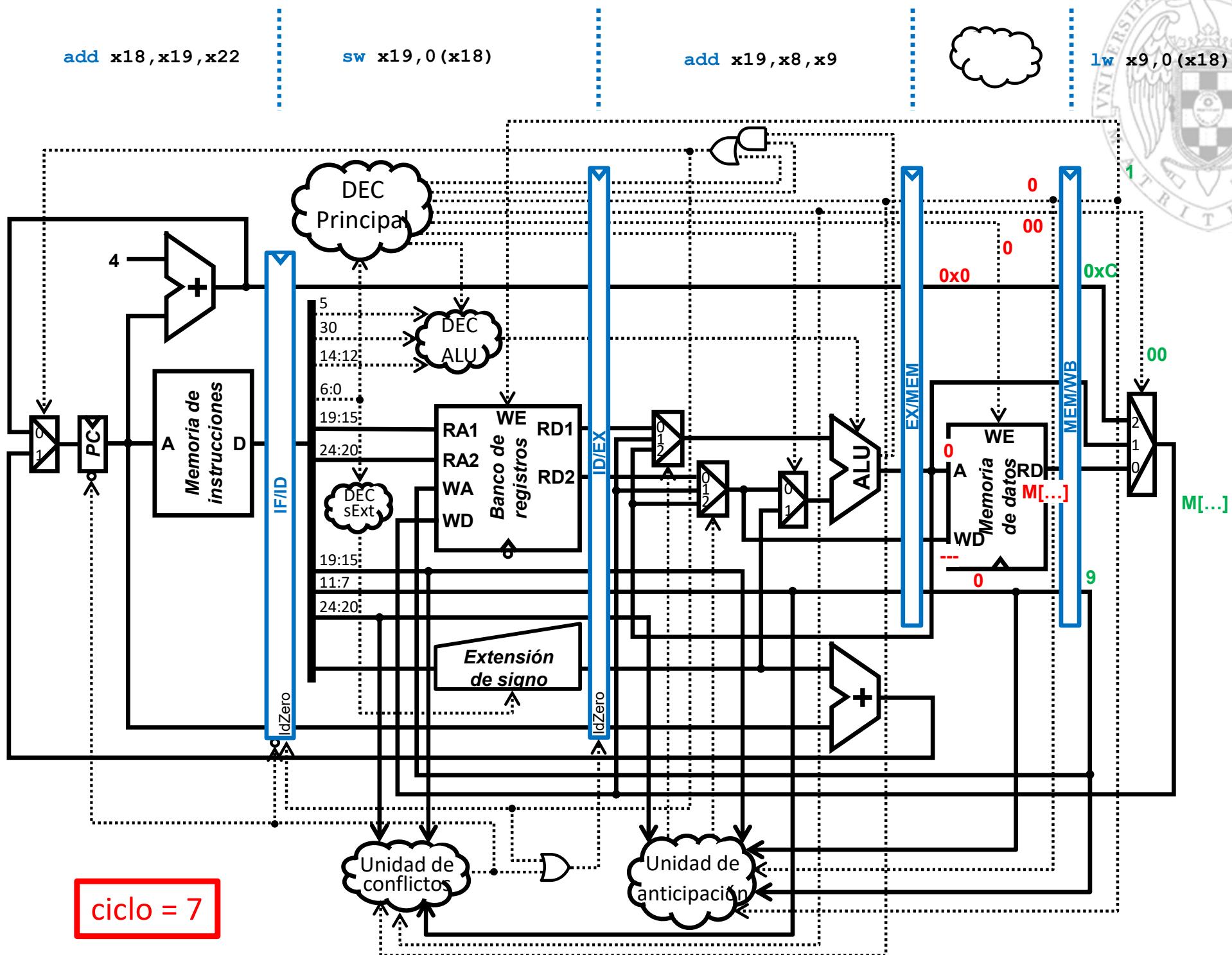


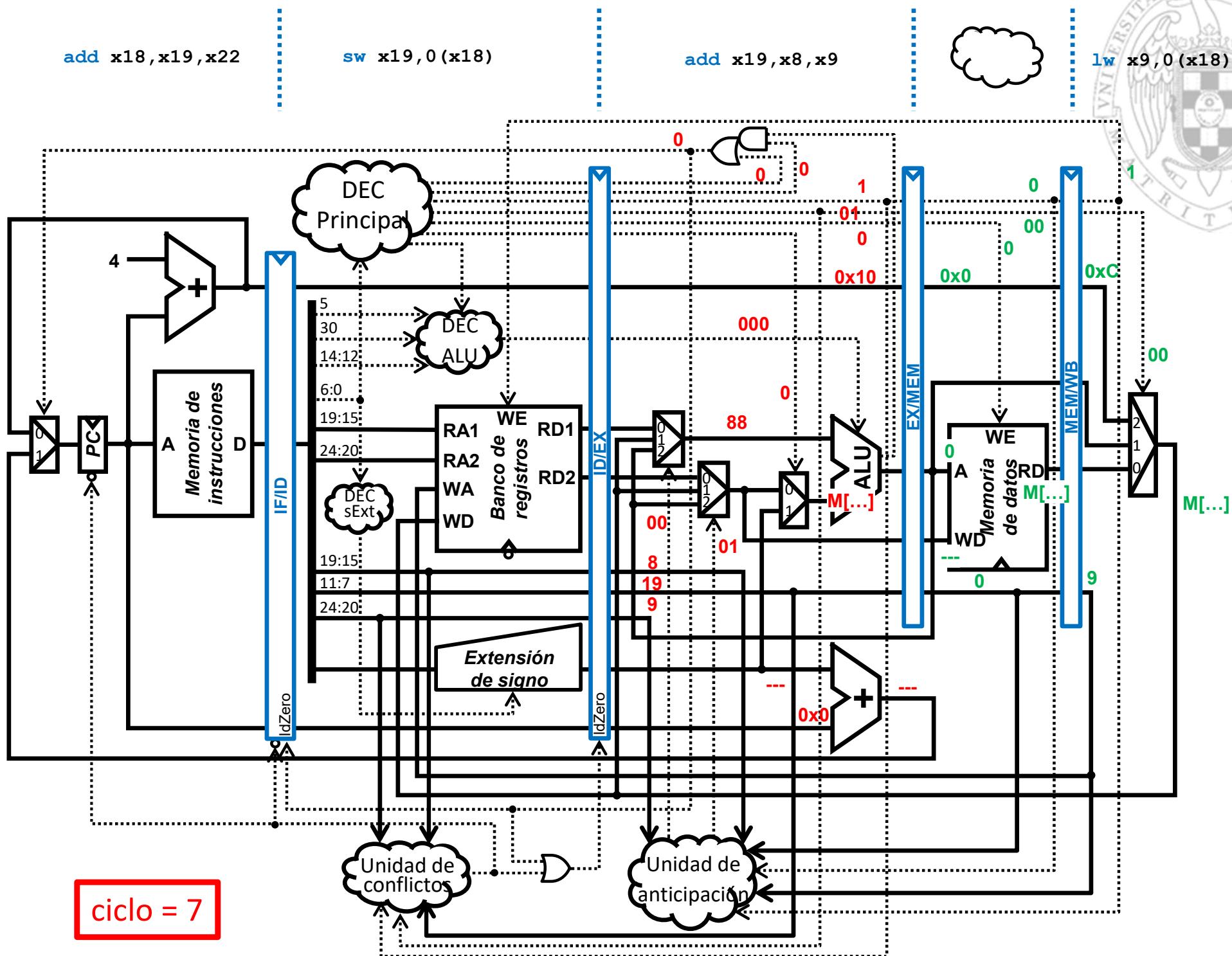


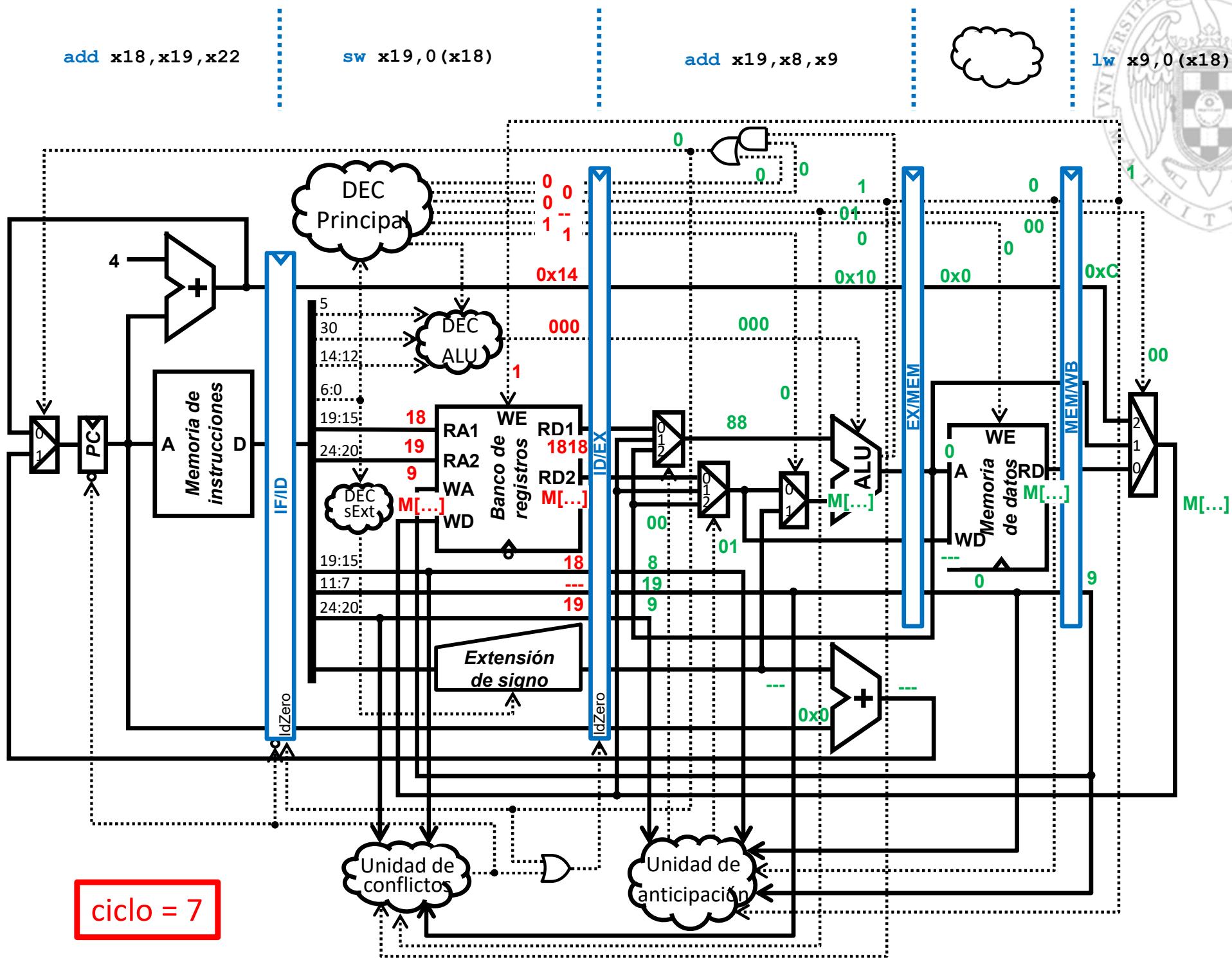


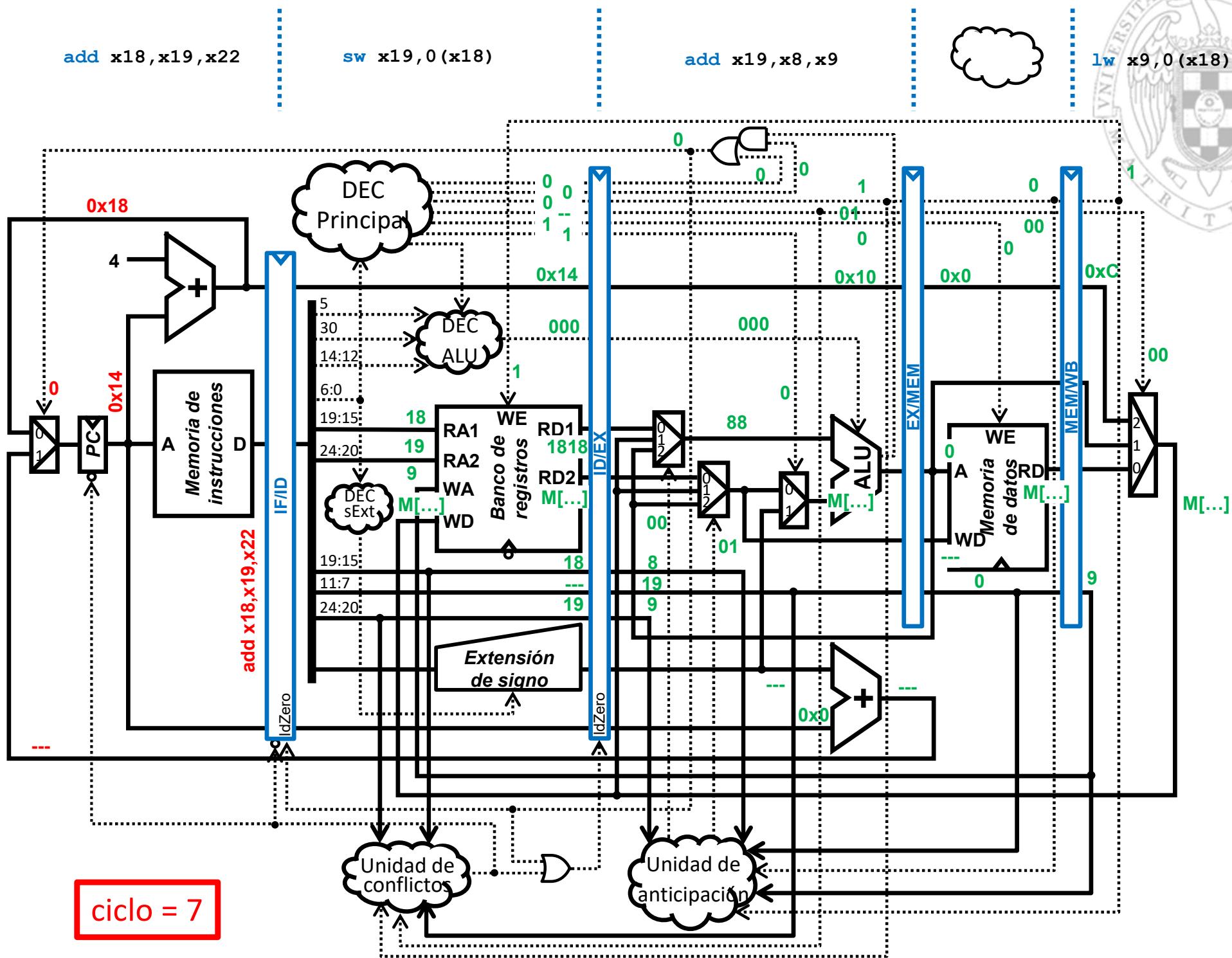


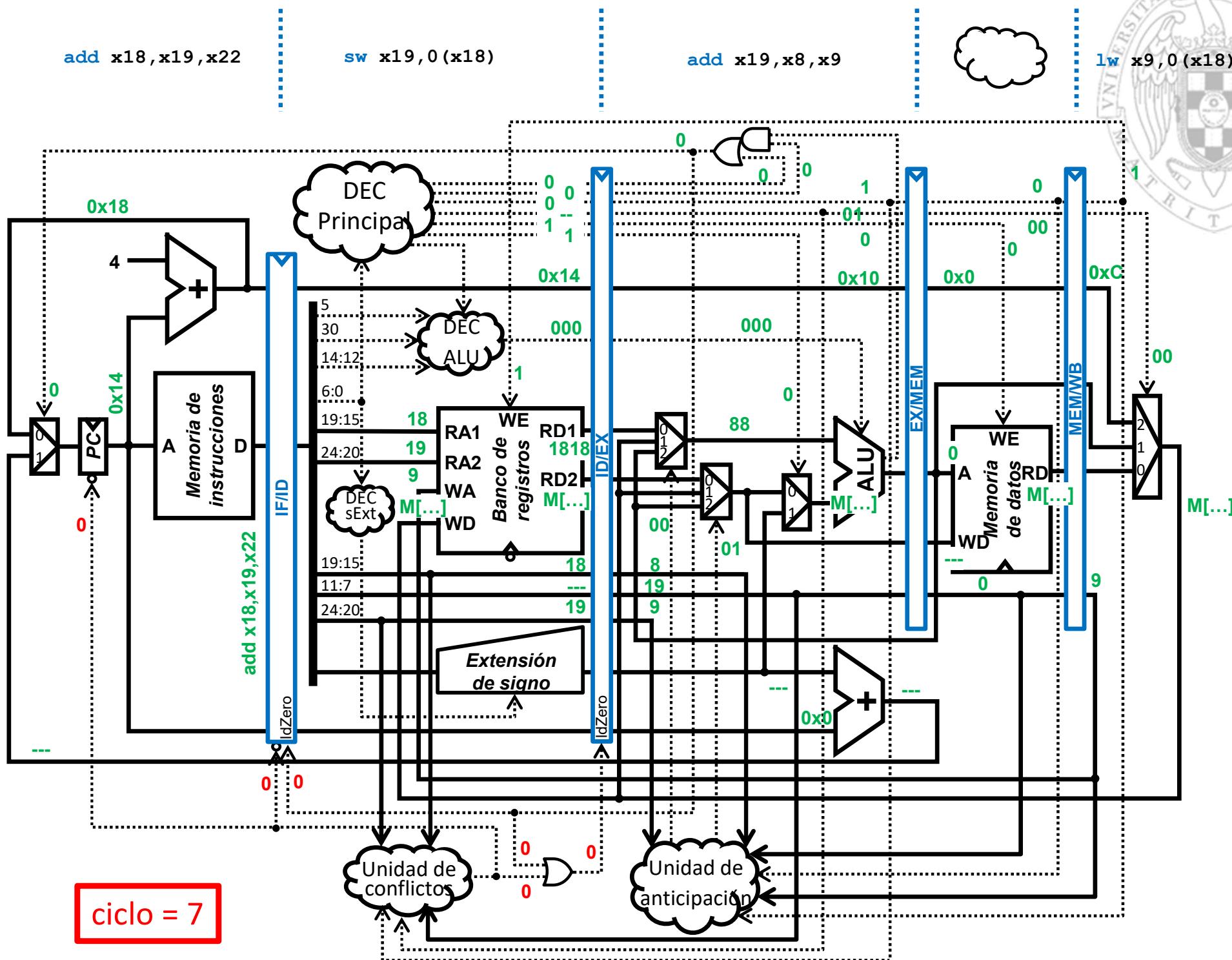














Problema 18c

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
addi s4,zero,2	IF	ID	EX	M	WB																			
L1:lw s0,0(s2)	IF	ID	EX	M	WB																			
lw s1,0(s2)		IF	ID	EX	M	WB																		
add s3,s0,s1		IF	IDp	IDp	1D		EX	M	WB															
sw s3,0(s2)			IFp	IFp	IF	IDp	IDp	1D		EX	M	WB												
add s2,s3,s6						IFp	IFp	IF	ID	EX	M	WB												
and s1,s1,s2							IFp	IFp	IF	IDp	IDp	1D		EX	M	WB								
beq s4,zero,L1								IFp	IFp	IF	ID	EX	M	WB										
addi s2,s2,1										IFp	IFp	IF	ID	EX	M	WB								
or s3,s2,s4											IFp	IFp	IF	IDp	IDp	1D		EX	M	WB				



Problema 19

t1 = t2

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
lw t1,0(s1)	IF	ID	EX	M	WB								
lw t2,0(s2)		IF	ID	EX	M	WB							
beq t1,t2, else			IF	IFp	WB								
add t3,t1,t2				IFp	IF	ID	X						
jal zero, eif					IF	X							
else: sub t3,t1,t2						IF	ID	EX	M	WB			
eif: and t4,t3,t1							IF	ID	EX	M	WB		
or t5,t3,t2								IF	ID	EX	M	WB	

Problema 19

$t_1 \neq t_2$



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
lw t1,0(s1)	IF	ID	EX	M	WB									
lw t2,0(s2)		IF	ID	EX	M	WB								
beq t1,t2, else			IF	IDp	1D	EX	M	WB						
add t3,t1,t2				IFp	IF	1D	EX	M	WB					
jal zero, eif					IF	ID	EX	M	WB					
else: sub t3,t1,t2						IF	ID			X				
eif: and t4,t3,t1							IF			X				
eif: and t4,t3,t1								IF	ID	EX	M	WB		
or t5,t3,t2								IF	ID	EX	M	WB		



Problema 20

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
<code>addi s1,zero,1</code>	IF	ID	EX	M	WB													
<code>L1: sub s5,s5,s2</code>		IF	ID	EX	M	WB												
<code>addi s2,s2,1</code>			IF	ID	EX	M	WB											
<code>addi s1,s1,-1</code>				IF	ID	EX	M	WB										
<code>beq s1,zero,L1</code>					IF	ID	EX	M	WB									
<code>and s5,s2,s3</code>						IF	EX	XX										
<code>or s3,s3,s4</code>							IF	XX										
<code>L1: sub s5,s5,s2</code>								IF	ID	EX	M	WB						
<code>addi s2,s2,1</code>									IF	ID	EX	M	WB					
<code>addi s1,s1,-1</code>										IF	ID	EX	M	WB				
<code>beq s1,zero,L1</code>											IF	ID	EX	M	WB			
<code>and s5,s2,s3</code>											IF	ID	EX	M	WB			
<code>or s3,s3,s4</code>												IF	ID	EX	M	WB		
<code>andi s4,s3,s2</code>													IF	ID	EX	M	WB	

2ª iteración ($s1=-1$) 1ª iteración ($s1=0$)
 no salta: acierto salta: fallo

Acerca de *Creative Commons*



■ Licencia CC (*Creative Commons*)



- Ofrece algunos derechos a terceras personas bajo ciertas condiciones. Este documento tiene establecidas las siguientes:



Reconocimiento (Attribution):

En cualquier explotación de la obra autorizada por la licencia hará falta reconocer la autoría.



No comercial (Non commercial):

La explotación de la obra queda limitada a usos no comerciales.



Compartir igual (Share alike):

La explotación autorizada incluye la creación de obras derivadas siempre que mantengan la misma licencia al ser divulgadas.

Más información: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>