



Examen de prueba

3 de mayo de 2023

Fundamentos de computadores II

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





Ejercicios 1, 2, y 3

①

prólogo

```
addi sp, sp, -12
sw    s0, 8(sp)
sw    s1, 4(sp)
sw    s2, 0(sp)
```

epílogo

```
lw    s0, 8(sp)
lw    s1, 4(sp)
lw    s2, 0(sp)
addi sp, sp, 12
```

②

prólogo

```
addi sp, sp, -16
sw    ra, 12(sp)
sw    s0, 8(sp)
sw    s1, 4(sp)
sw    s2, 0(sp)
```

epílogo

```
lw    ra, 12(sp)
lw    s0, 8(sp)
lw    s1, 4(sp)
lw    s2, 0(sp)
addi sp, sp, 16
```

③

La función invocante recogería el resultado del registro a0
Esta función respeta el estándar de llamadas del RISC-V



Ejercicio 4

Dependencias de datos

```
...  
bucle:  
    beq t0, s2, finb  
    sw  zero, 0(s0)  
    sw  t1, 0(s0)  
    slli a0, a0, 1  
    lw  a1, 0(s1)  
    or  a0, a0, a1  
    addi t0, t0, 1  
    j   bucle  
finb:  
...
```



Ejercicio 4

Diagrama de ejecución

$C_{iteración} = 11$

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
<code>beq t0,s2,finb</code>	IF	ID	EX	M	WB									
<code>sw zero,0(s0)</code>		IF	ID	EX	M	WB								
<code>sw t1,0(s0)</code>			IF	ID	EX	M	WB							
<code>slli a0,a0,1</code>				IF	ID	EX	M	WB						
<code>lw a1,0(s1)</code>					IF	ID	EX	M	WB					
<code>or a0,a0,a1</code>						IF	IDp	ID	EX	M	WB			
<code>addi t0,t0,1</code>							IFp	IF	ID	EX	M	WB		
<code>j bucle</code>									IF	ID	EX	M	WB	
<code>lw s0,8(sp)</code>										IF	ID	×		
<code>lw s1,4(sp)</code>											IF	×		
<code>beq t0,t0,finb</code>												IF	ID	EX

epílogo

No hay conflicto entre `addi` y `beq` porque `beq` lee `t0` del BR en un ciclo posterior al ciclo en que lo escribe `addi`



Ejercicio 5

$C_{iteración} = 10$

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
<code>beq t0,s2,finb</code>	IF	ID	EX	M	WB									
<code>sw zero,0(s0)</code>		IF	ID	EX	M	WB								
<code>sw t1,0(s0)</code>			IF	ID	EX	M	WB							
<code>slli a0,a0,1</code>				IF	ID	EX	M	WB						
<code>lw a1,0(s1)</code>					IF	ID	EX	M	WB					
<code>addi t0,t0,1</code>						IF	ID	EX	M	WB				
<code>or a0,a0,a1</code>							IF	ID	EX	M	WB			
<code>j bucle</code>								IF	ID	EX	M	WB		
<code>lw s0,8(sp)</code>									IF	ID	×			
<code>lw s1,4(sp)</code>										IF	×			
<code>beq t0,t0,finb</code>											IF	ID	EX	M

epílogo

Intercambiando el orden de la instrucción `or` y `addi` se evita la parada obligada por el conflicto entre la instrucción `lw` y la `or`



Ejercicios 6, 7 y 8

versión 15/01/23

```
...  
bucle:  
    beq    t0,s2,finb  
    sw     zero,0(s0)  
    sw     t1,0(s0)  
    slli   a0,a0,1  
    lw     a1,0(s1)  
    or     a0,a0,a1  
    addi   t0,t0,1  
    j      bucle  
finb:  
...
```

24+1 veces
(24 no salta, 1 salta)

24 veces

$$N = 8 \times 24 + 1 = 193$$

⑥

$$C_{\text{monociclo}} = 193$$

$$C_{\text{multiciclo}} = (3 + 5 + 4 \times 6) \times 24 + 3 = 771$$

C_{beq} C_{lw} C_{resto} C_{beq}

$$C_{\text{segmentado}} = 11 \times 24 + 3 = 267$$

$C_{\text{iteración}}$ $C_{\text{beq (salto tomado)}}$

$$CPI_{\text{monociclo}} = 193 / 193 = 1$$

⑦ $CPI_{\text{multiciclo}} = 771 / 193 = 3.99$

$$CPI_{\text{segmentado}} = 267 / 193 = 1.38$$

$$t_{\text{monociclo}} = 193 \times 27.6 \text{ ns} = 5.33 \mu\text{s}$$

⑧ $t_{\text{multiciclo}} = 771 \times 9.8 \text{ ns} = 7.56 \mu\text{s}$

$$t_{\text{segmentado}} = 267 \times 10.5 \text{ ns} = 2.8 \mu\text{s}$$

Ejercicio 9



$$B/MP = 1 \text{ MB} = 2^{20}$$

$$\rightarrow n = 20$$

$$B/\text{palabra} = 4 = 2^2$$

$$\rightarrow k = 2$$

$$\text{palabras/bloque} = 16B/4B = 4 = 2^2 \rightarrow p = 2$$

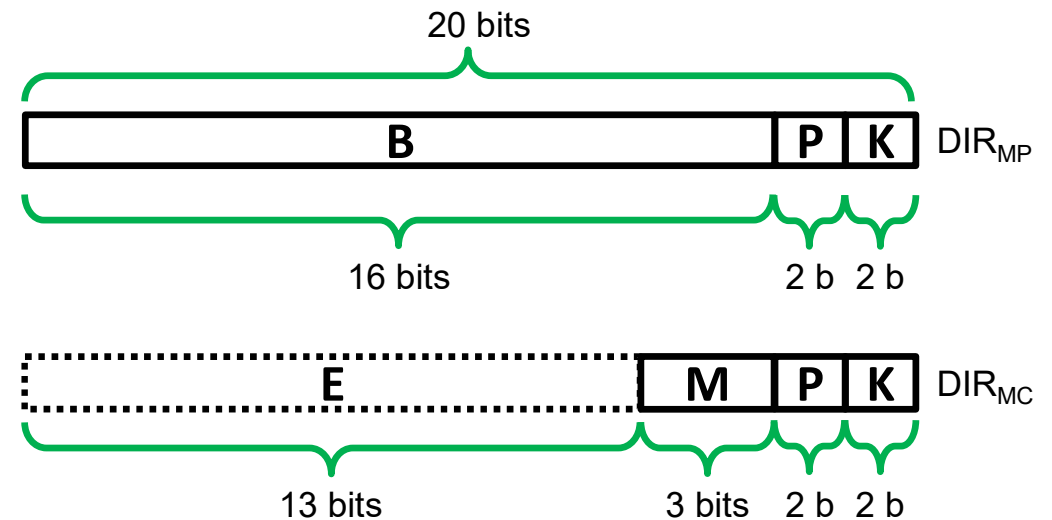
$$n = b + p + k$$

$$\rightarrow b = 16$$

$$\text{marcos/MC} = 128B/16B = 8 = 2^3 \rightarrow m = 3$$

$$b = e + m$$

$$\rightarrow e = 13$$





Ejercicio 10

Procesador multiciclo

versión 15/01/23

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
<code>beq t0,s2,finb</code>	IF	ID	EX																	
<code>sw zero,0(s0)</code>				IF	ID	EX	M													
<code>sw t1,0(s0)</code>								IF	ID	EX	M									
<code>slli a0,a0,1</code>												IF	ID	EX	WB					
<code>lw a1,0(s1)</code>																IF	ID	EX	M	WB
...																				

```
...
bucle:
0x00050  beq  t0,s2,finb
0x00054  sw   zero,0(s0)
0x00058  sw   t1,0(s0)
0x0005c  slli a0,a0,1
0x00060  lw   a1,0(s1)
0x00064  or   a0,a0,a1
0x00068  addi t0,t0,1
0x0006c  j    bucle
finb:
...
```

dir. instr.
(ciclo*)

dir. datos
(ciclo*)

0x00050	(1)		---
0x00054	(4)	→	0x01000 (7)
0x00058	(8)	→	0x01000 (11)
0x0005c	(12)		---
0x00060	(16)	→	0x01004 (19)
0x00064	(21)		---
0x00068	(25)		---
0x0006c	(29)		---

*Suponiendo $t_{\text{penalización}}$ de MC = 0



Ejercicio 10

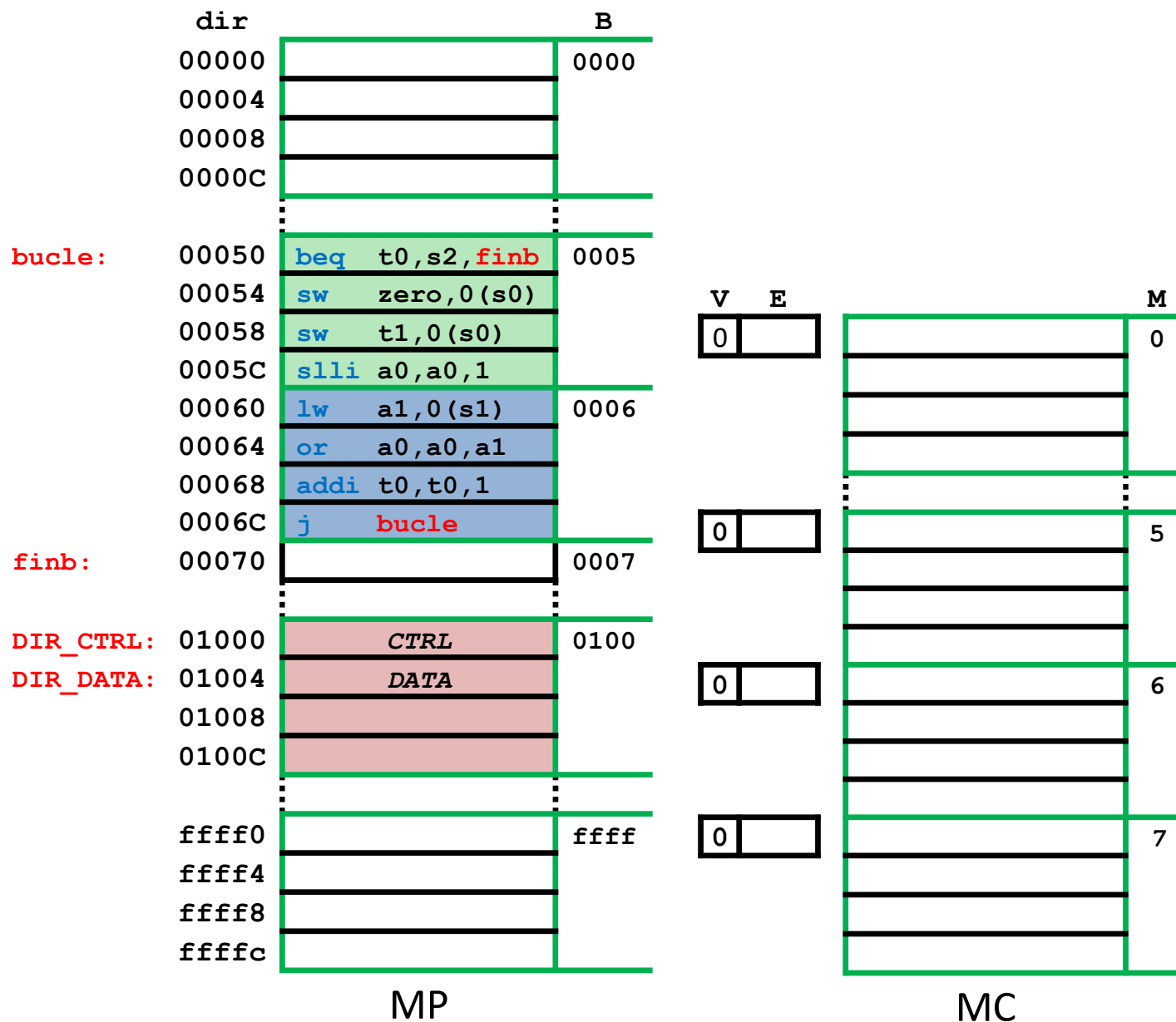
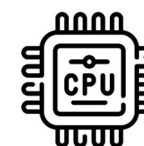
Simulación

versión 15/01/23

Examen de prueba
3 de mayo de 2023

FC-2

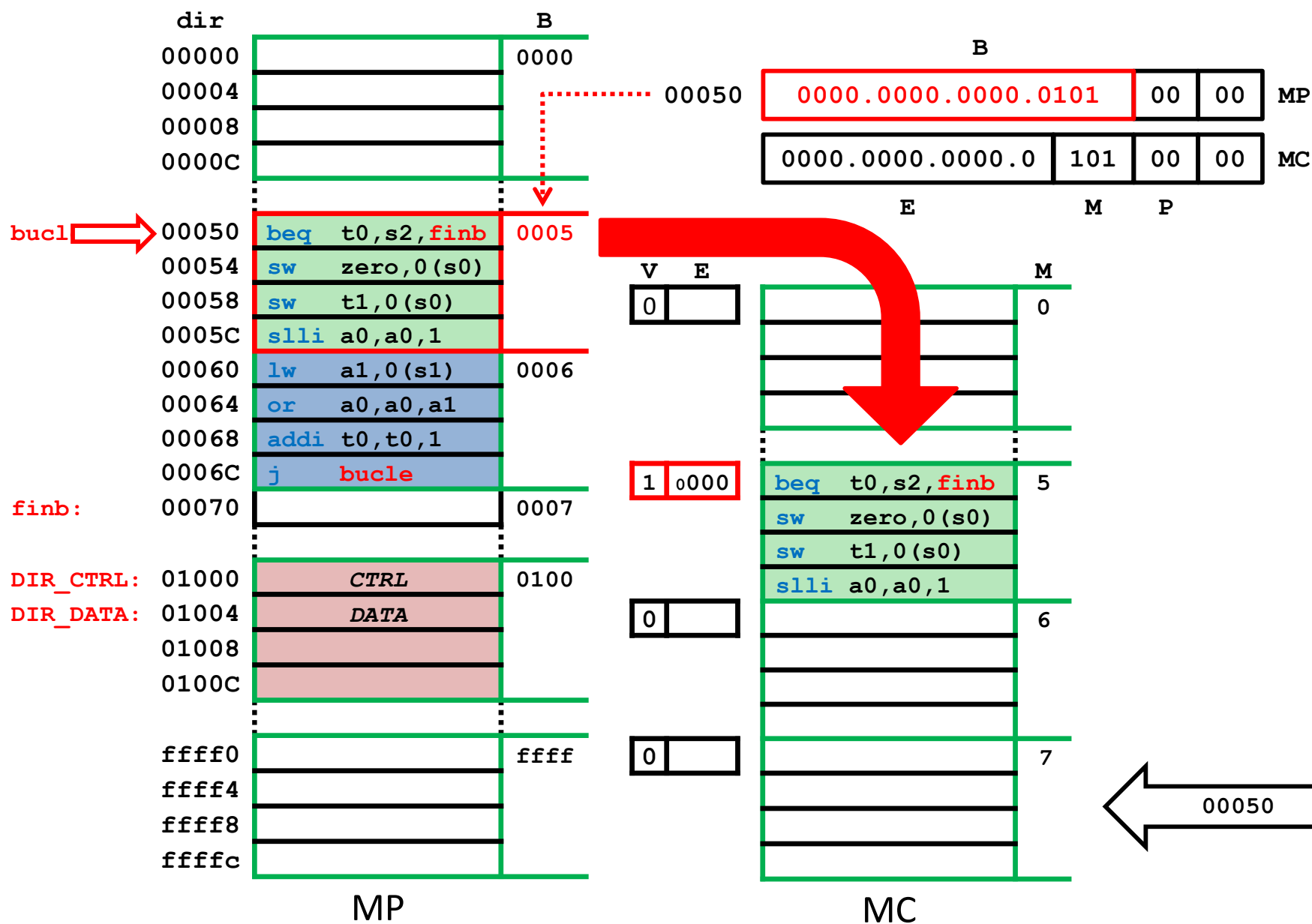
9





Ejercicio 10

Simulación (ciclo 1)





Ejercicio 10

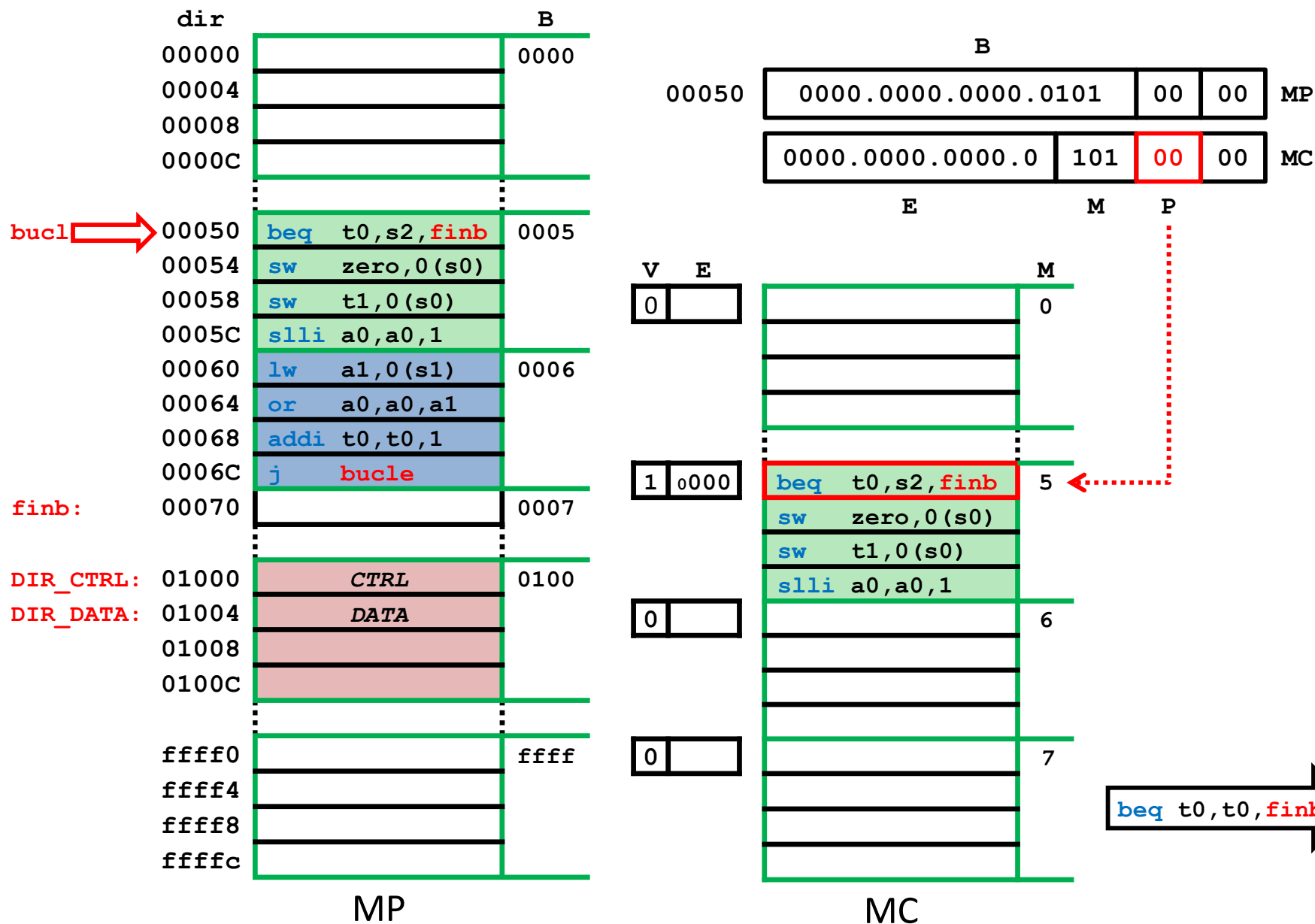
Simulación (ciclo 1)

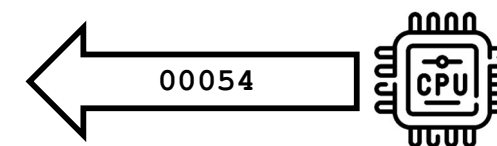
versión 15/01/23

Examen de prueba
3 de mayo de 2023

FC-2

12







Ejercicio 10

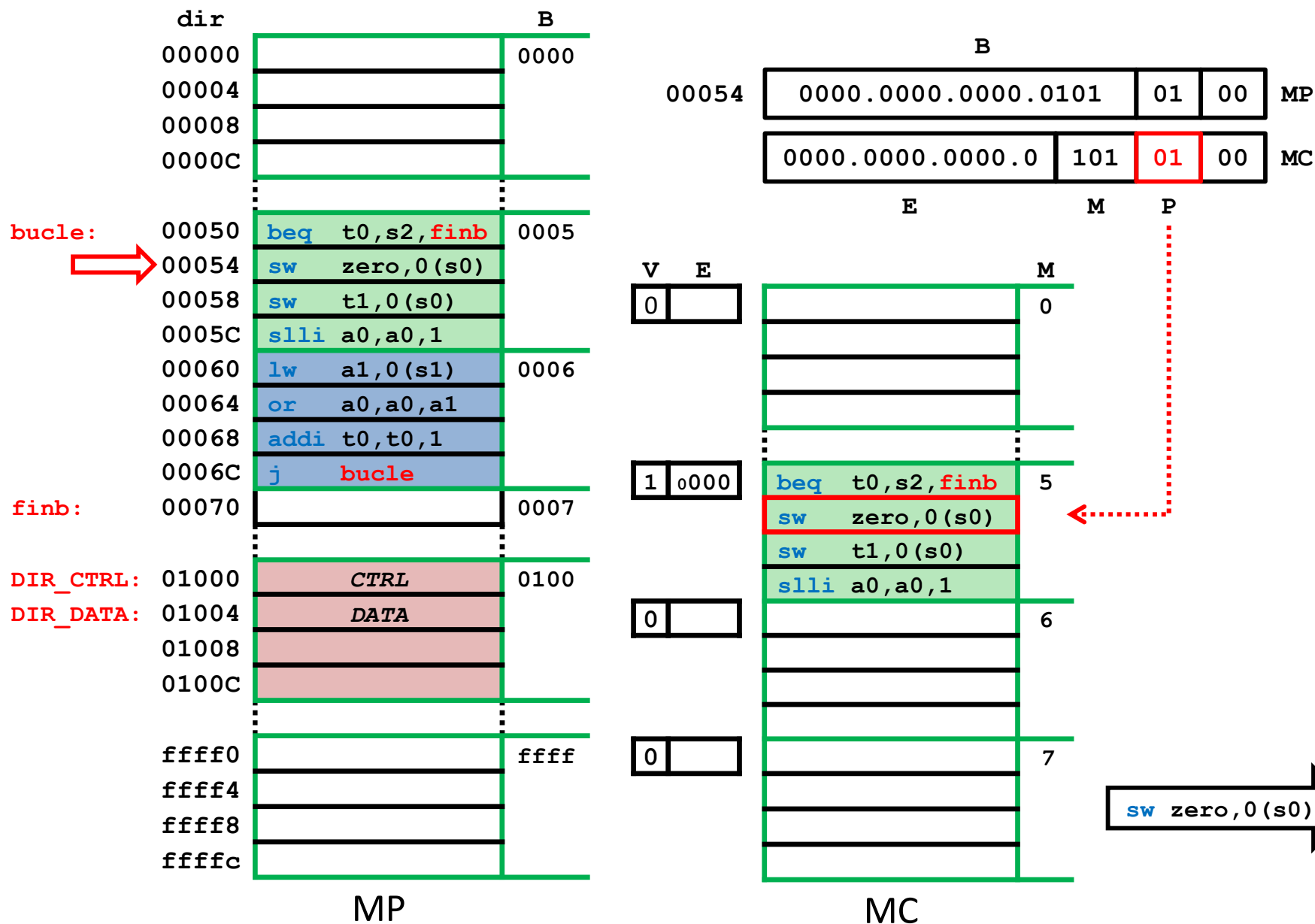
Simulación (ciclo 4)

versión 15/01/23

Examen de prueba
3 de mayo de 2023

FC-2

14





Ejercicio 10

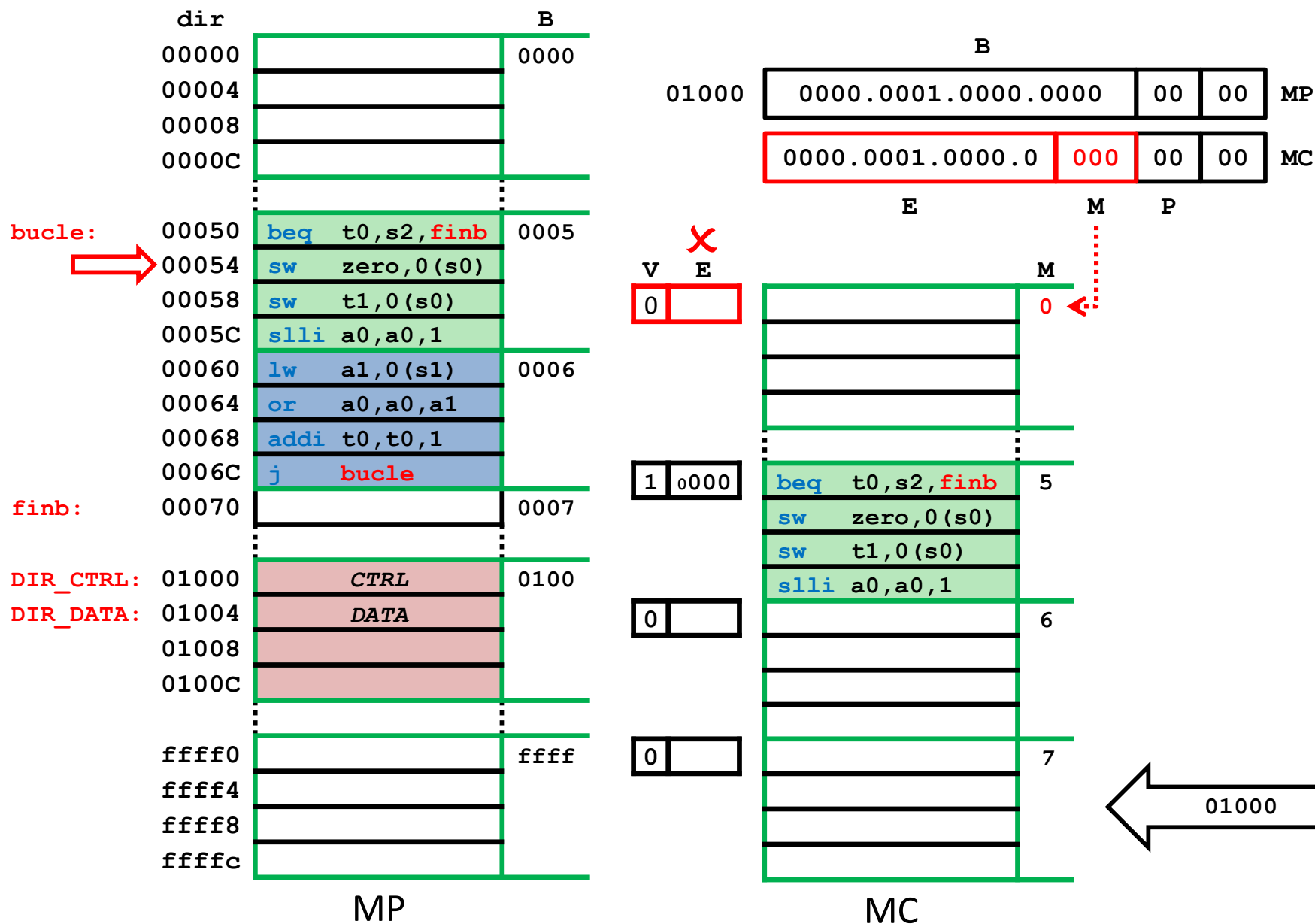
Simulación (ciclo 7)

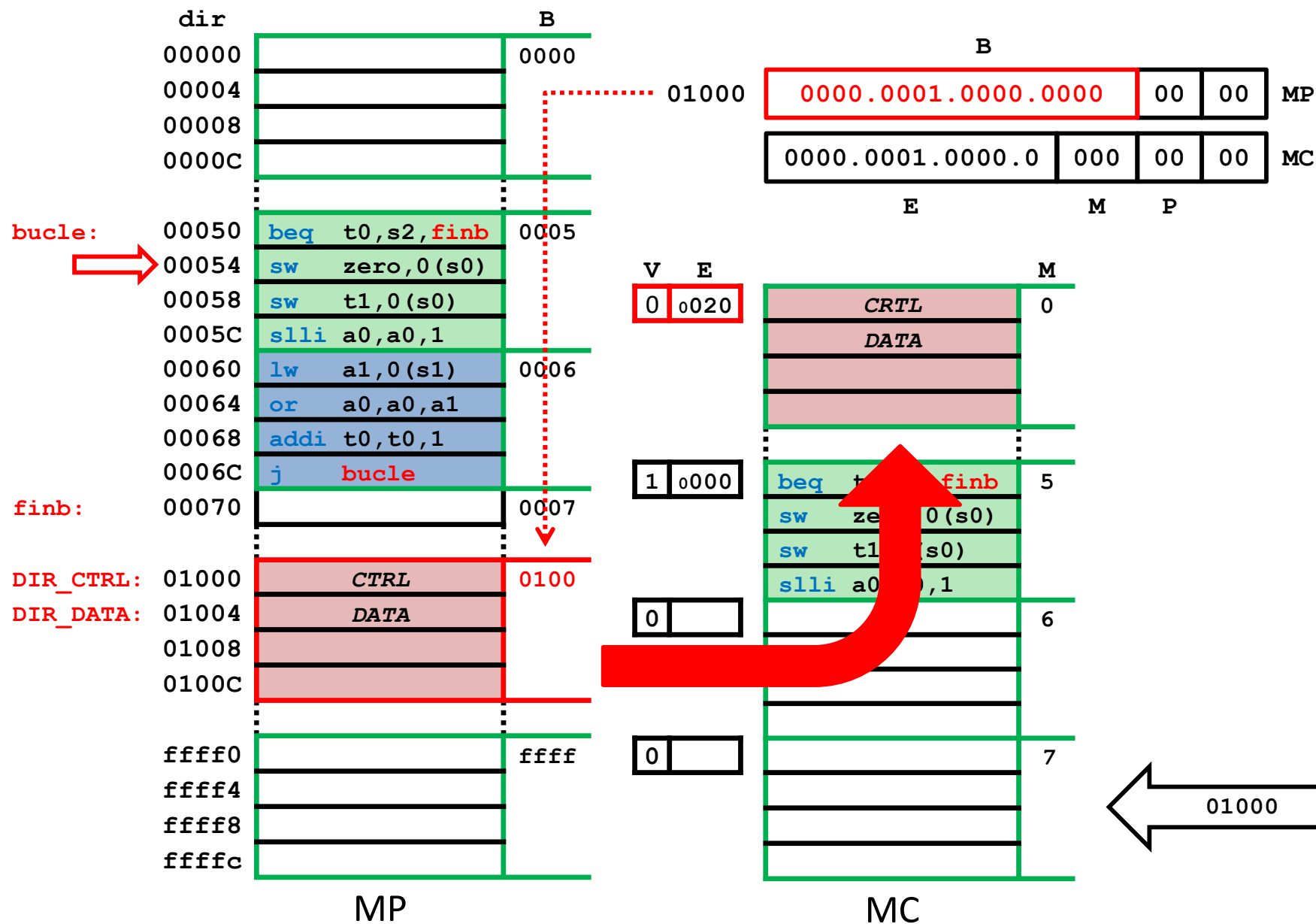
versión 15/01/23

Examen de prueba
3 de mayo de 2023

FC-2

15







Ejercicio 10

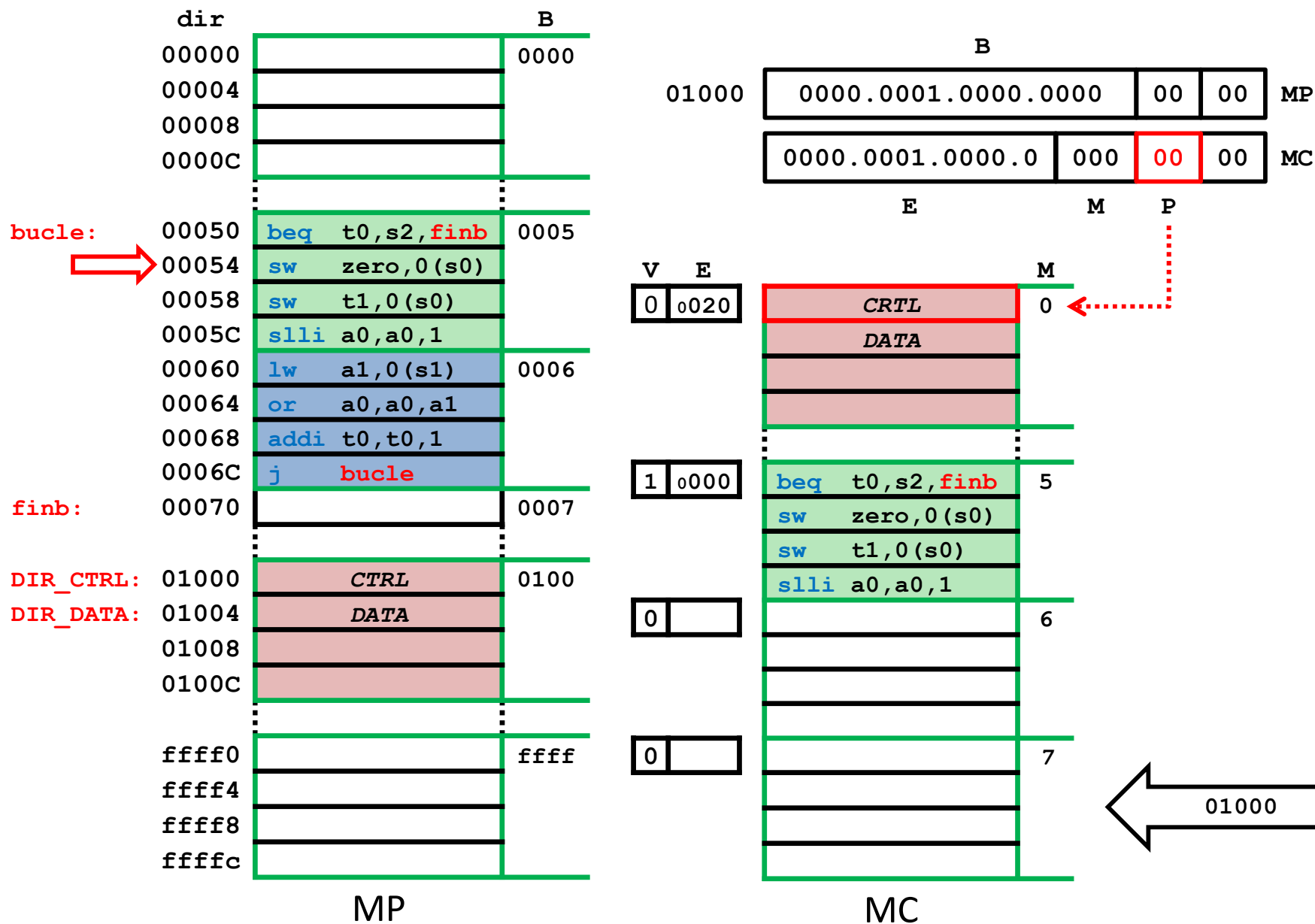
Simulación (ciclo 7)

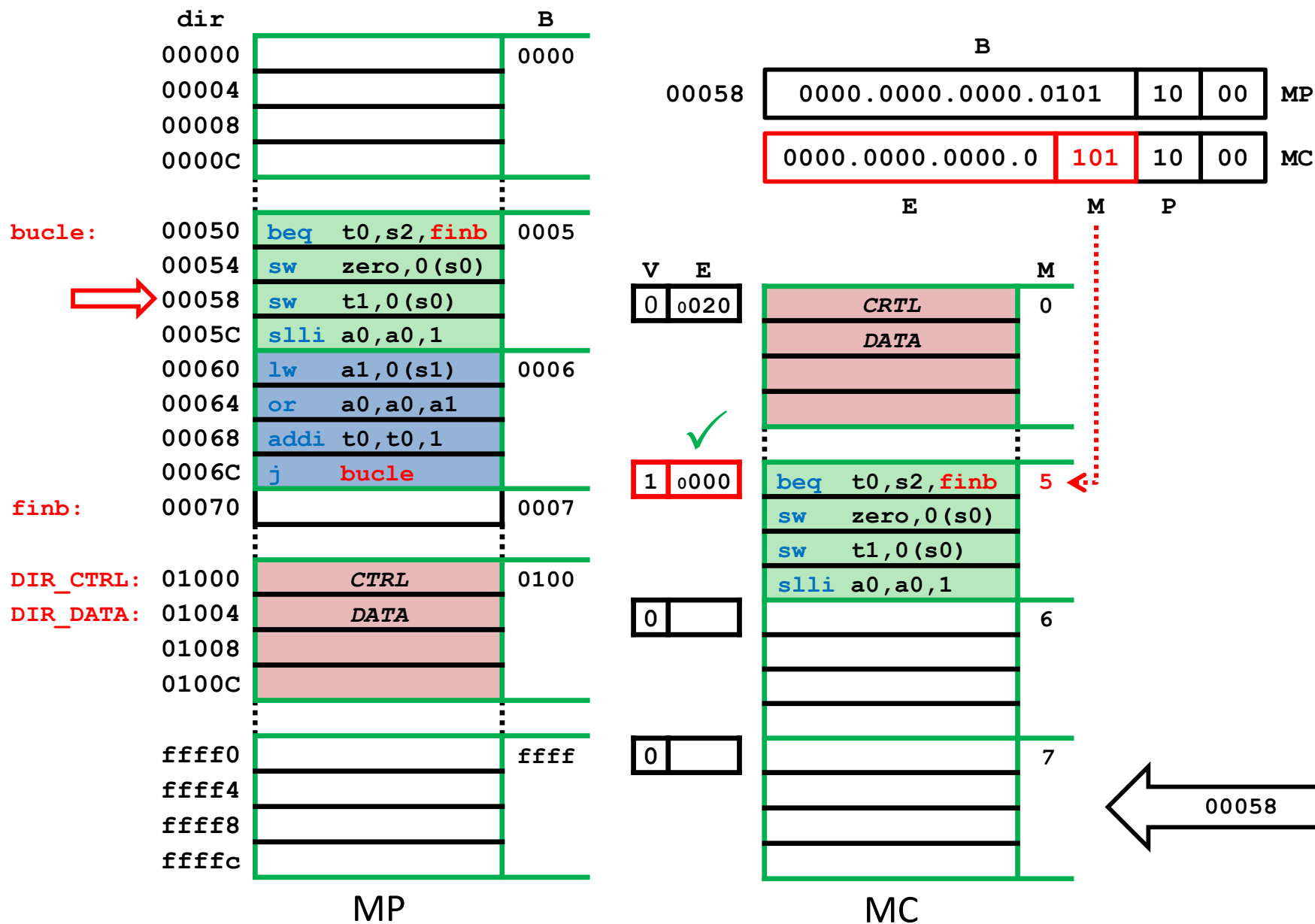
versión 15/01/23

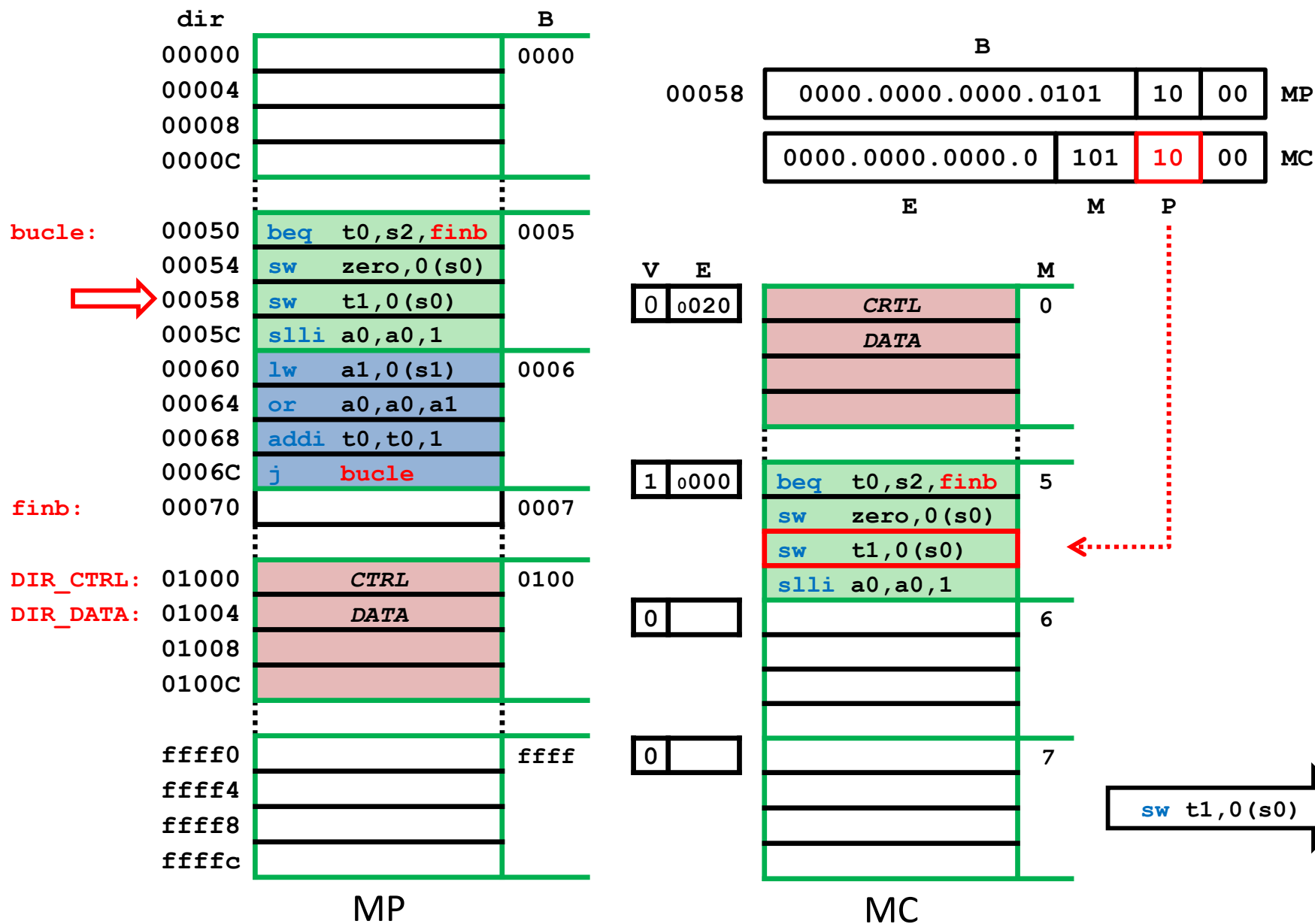
Examen de prueba
3 de mayo de 2023

FC-2

17









Ejercicio 10

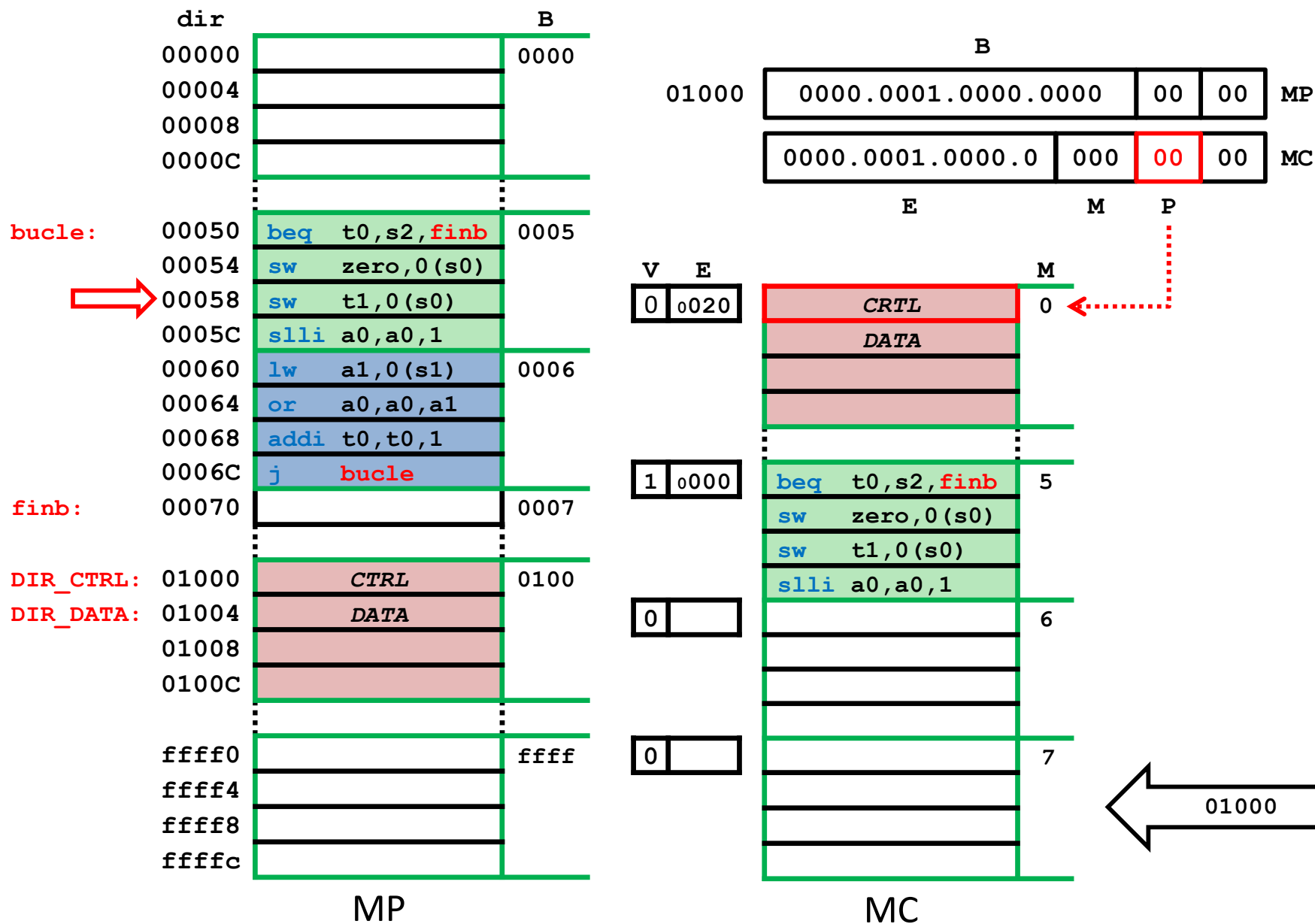
Simulación (ciclo 11)

versión 15/01/23

Examen de prueba
3 de mayo de 2023

FC-2

21





Ejercicio 10

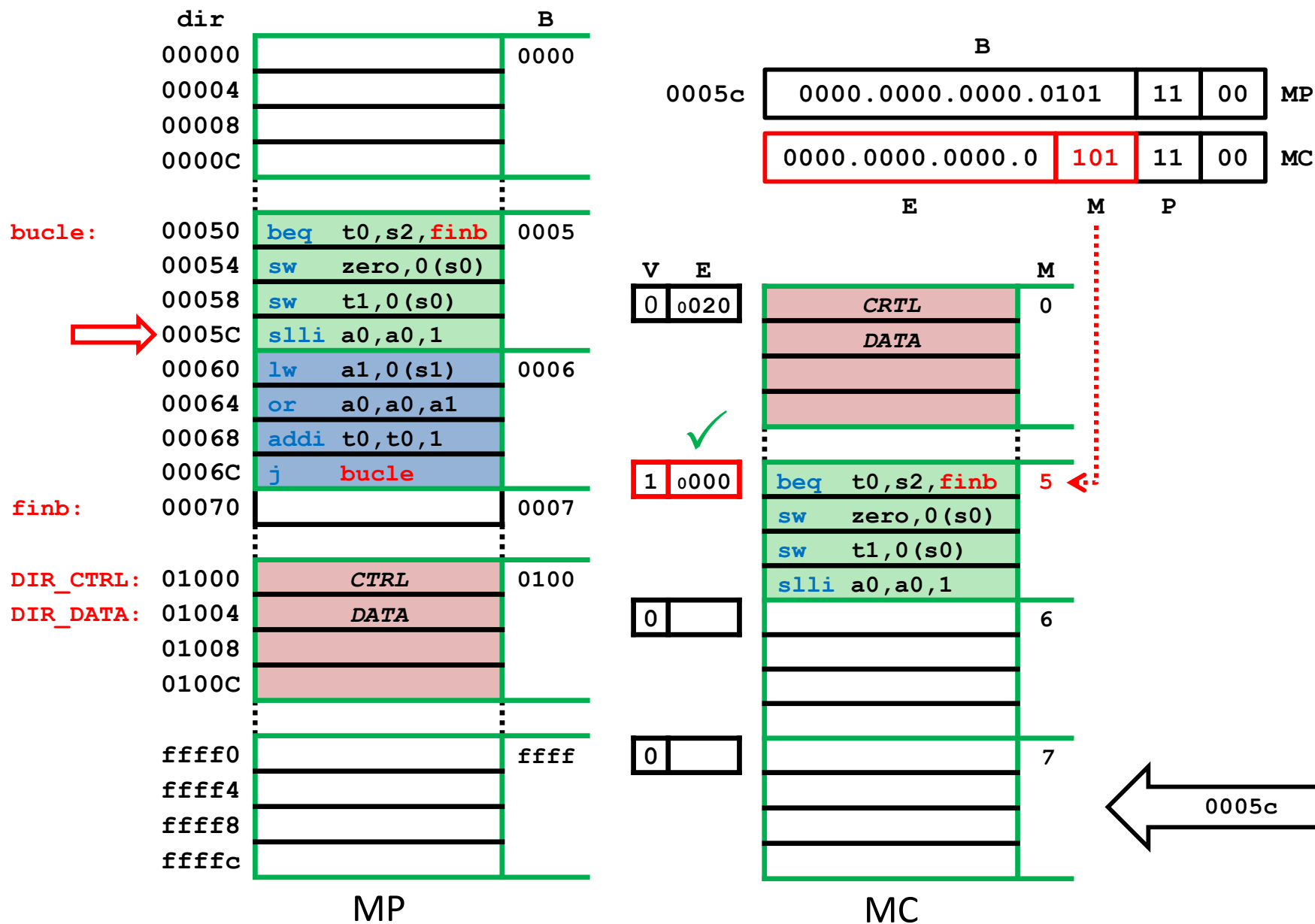
Simulación (ciclo 12)

versión 15/01/23

Examen de prueba
3 de mayo de 2023

FC-2

22





Ejercicio 10

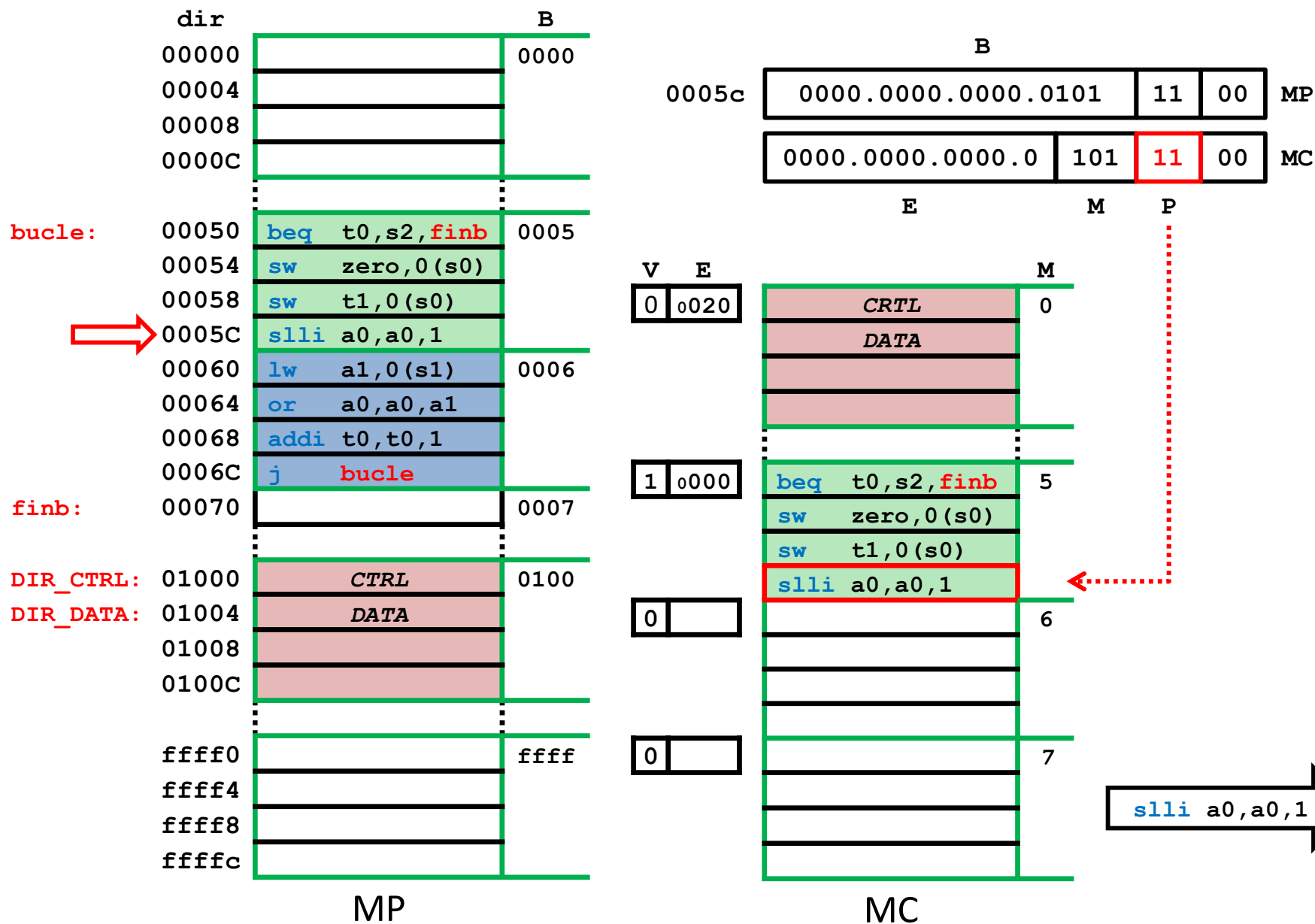
Simulación (ciclo 12)

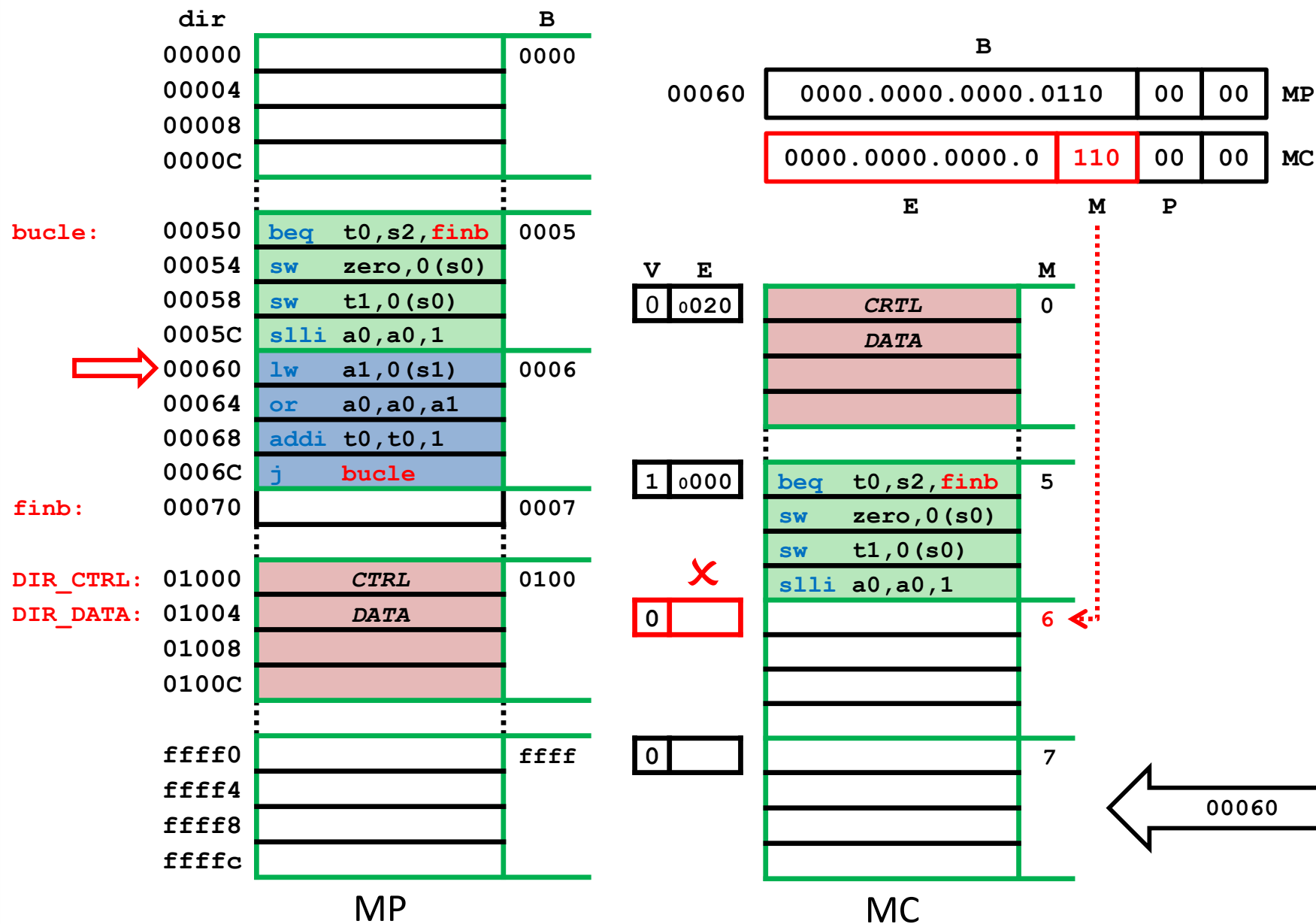
versión 15/01/23

Examen de prueba
3 de mayo de 2023

FC-2

23







Ejercicio 10

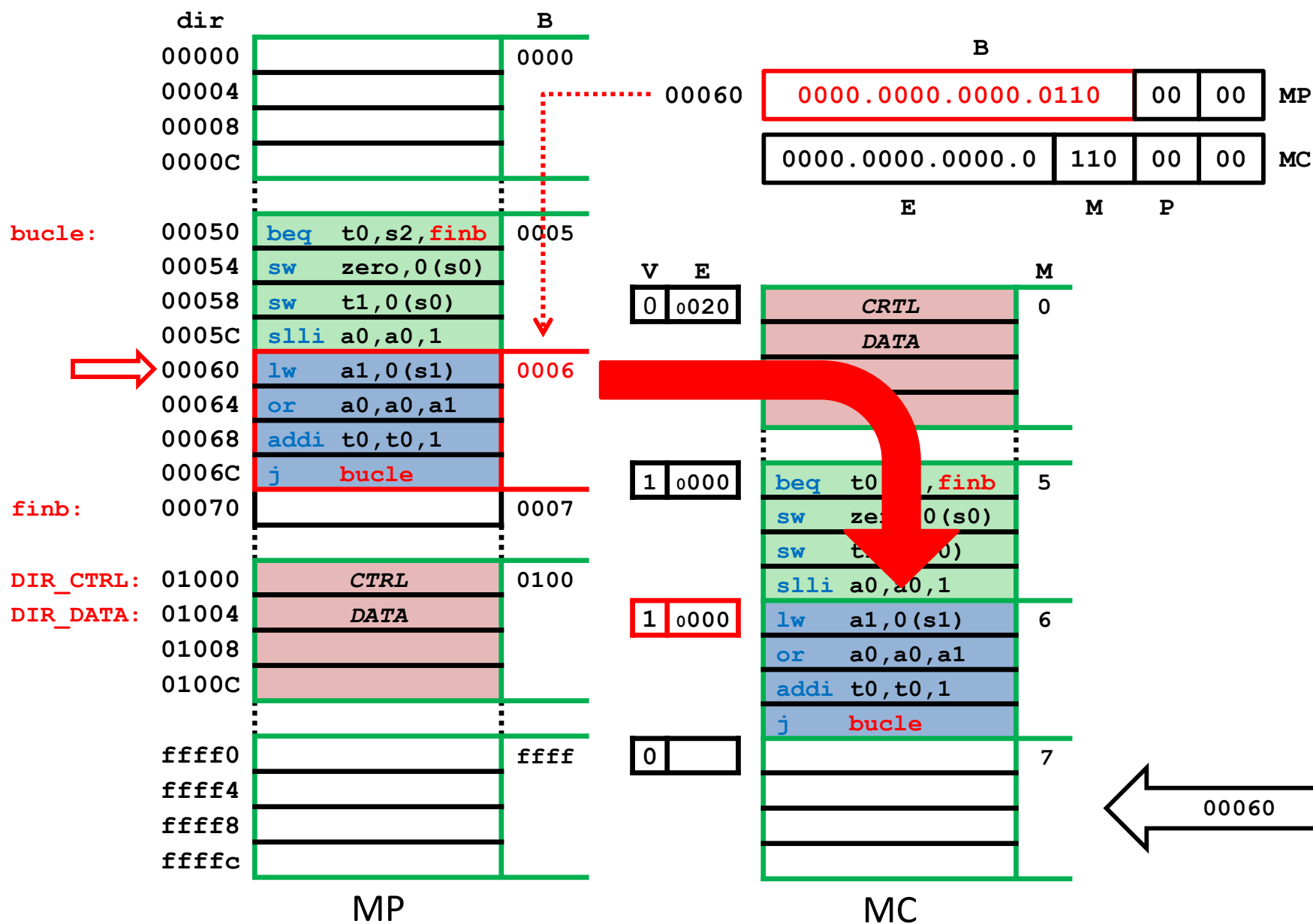
Simulación (ciclo 16)

versión 15/01/23

Examen de prueba
3 de mayo de 2023

FC-2

25





Ejercicio 10

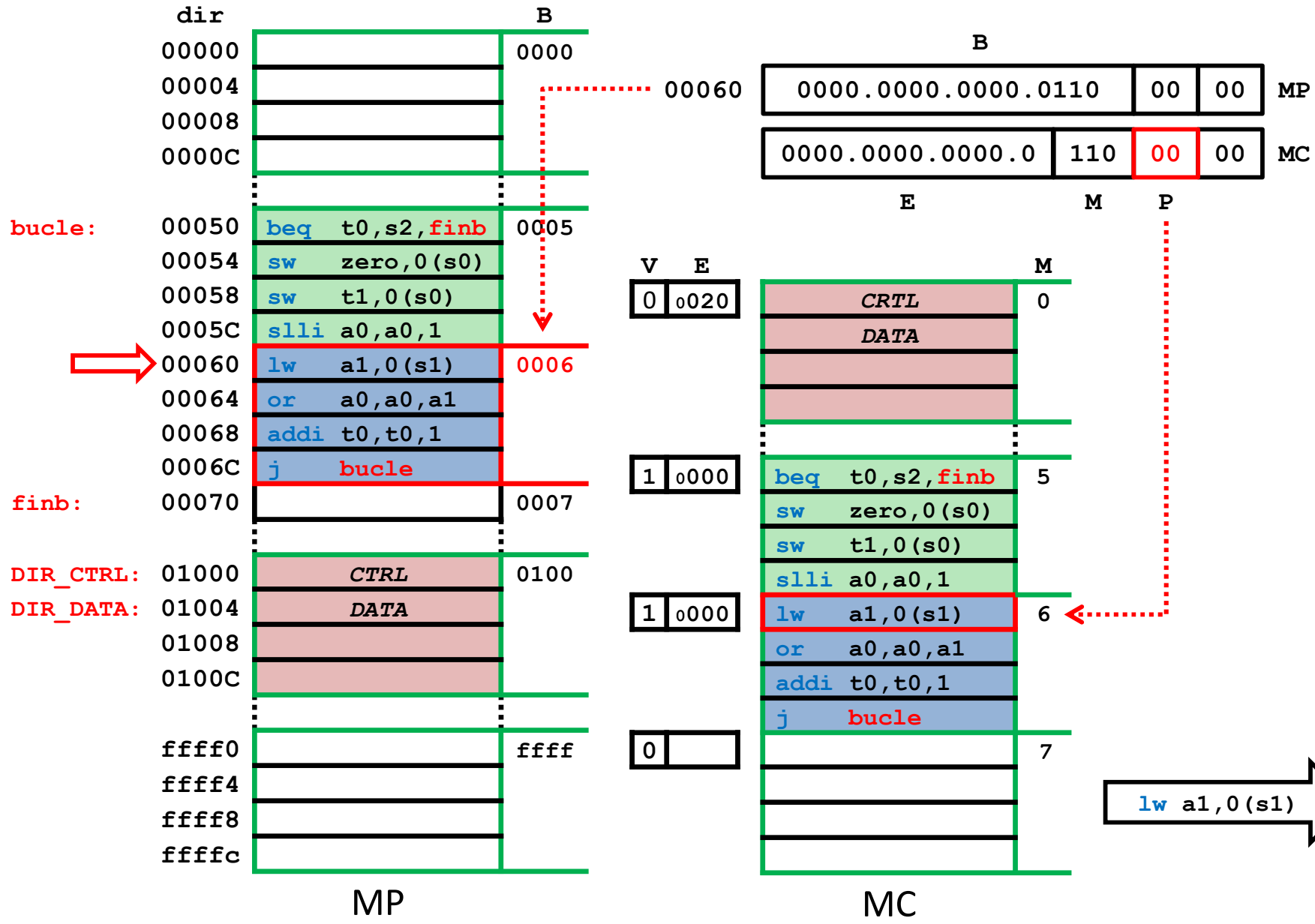
Simulación (ciclo 16)

versión 15/01/23

Examen de prueba
3 de mayo de 2023

FC-2

26



Ejercicio 10

Procesador multiciclo



```

...
bucle:
0x00050    beq   t0,s2,finb
0x00054    sw    zero,0(s0)
0x00058    sw    t1,0(s0)
0x0005c    slli  a0,a0,1
0x00060    lw    a1,0(s1)
0x00064    or    a0,a0,a1
0x00068    addi  t0,t0,1
0x0006c    j     bucle
finb:
...
    
```

DIR	B	M	num. iteración		
			1	2-24	25
0x00050	5	5	x	✓	✓
0x00054	5	5	✓	✓	
0x01000	100	0	x	✓	
0x00058	5	5	✓	✓	
0x01000	100	0	✓	✓	
0x0005c	5	5	✓	✓	
0x00060	6	6	x	✓	
0x01004	100	0	✓	✓	
0x00064	6	6	✓	✓	
0x00068	6	6	✓	✓	
0x0006c	6	6	✓	✓	

$$F = 3/(11 \times 24 + 1) = 1.13\%$$



Ejercicio 10 (bonus)

Procesador segmentado (i)

versión 15/01/23

Examen de prueba
3 de mayo de 2023

FC-2

28

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
beq t0,s2, finb	IF	ID	EX	M	WB									
sw zero,0(s0)		IF	ID	EX	M	WB								
sw t1,0(s0)			IF	ID	EX	M	WB							
slli a0,a0,1				IF	ID	EX	M	WB						
lw a1,0(s1)					IF	ID	EX	M	WB					
or a0,a0,a1						IF	IDp	ID	EX	M	WB			
addi t0,t0,1							IFp	IF	ID	EX	M	WB		
j bucle									IF	ID	EX	M	WB	
lw s0,8(sp)										IF	ID	×		
lw s1,4(sp)											IF	×		
beq t0,t0, finb												IF	ID	EX

dir. instr. (ciclo*)	dir. datos (ciclo*)
0x00050 (1)	0x01000 (5)
0x00054 (2)	0x01000 (6)
0x00058 (3)	0x01004 (8)
0x0005c (4)	
0x00060 (5)	
0x00064 (6)	
0x00068 (7)	
0x00068 (8)	
0x0006c (9)	
0x00070 (10)	
0x00074 (11)	
0x00050 (12)	

*Suponiendo $t_{\text{penalización}}$ de MC = 0



Ejercicio 10 (bonus)

Procesador segmentado (ii)

Cache de instrucciones

DIR	B	M	num. iteración		
			1	2-24	25
0x00050	5	5	x	✓	✓
0x00054	5	5	✓	✓	
0x00058	5	5	✓	✓	
0x0005c	5	5	✓	✓	
0x00060	6	6	x	✓	
0x00064	6	6	✓	✓	
0x00068	6	6	✓	✓	
0x00068	6	6	✓	✓	
0x0006c	6	6	✓	✓	
0x00070	7	7	x	✓	
0x00074	7	7	✓	✓	

$$F = 3/(11 \times 24 + 3) = 1.12\%$$

Cache de datos

DIR	B	M	num. iteración	
			1	2-25
0x01000	100	0	x	✓
0x01000	100	0	✓	✓
0x01004	100	0	✓	✓

$$F = 1/(3 \times 24) = 1.39\%$$

Ejercicio 11

Procesador multiciclo



```

...
bucle:
0x00080    beq    t0,s2,finb
0x00084    sw     zero,0(s0)
0x00088    sw     t1,0(s0)
0x0008c    slli   a0,a0,1
0x00090    lw     a1,0(s1)
0x00094    or     a0,a0,a1
0x00098    addi   t0,t0,1
0x0009c    j      bucle
finb:
...
    
```

DIR	B	M	1	2-24	25
0x00080	8	0	x	x	x
0x00084	8	0	✓	✓	
0x01000	100	0	x	x	
0x00088	8	0	x	x	
0x01000	100	0	x	x	
0x0008c	8	0	x	x	
0x00090	9	1	x	✓	
0x01004	100	0	x	x	
0x00094	9	1	✓	✓	
0x00098	9	1	✓	✓	
0x0009c	9	1	✓	✓	

$$F = (7+6 \times 23+1)/(11 \times 24+1) = 55,1 \%$$

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/>