

Rel-2-EC.pdf



mxjito



Estructura de Computadores



2º Grado en Ingeniería Informática



Escuela Técnica Superior de Ingeniería Informática
Universidad de Málaga



Fibra 1Gb

Movistar
Plus+ Lite

Durante 9 meses
29,90€/mes
Sin permanencia

Contrátala ya



	\$11			\$22			\$22					
	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
#1	Instrucción											
	addi \$5, \$0, 0											
#2 etiq :	lw \$11, 3000(\$22)											
#3	add \$5, \$5, \$11											
#4	and \$11, \$11, \$5	WB										
#5	sw \$11, 3000(\$22)	10	EX	M	WB							
#6	subi \$22, \$22, 4	IF	ID	EX	M	WB						
#7	bne \$22, \$0, etiq	IF	O	O	10	EX	M	WB				
#8	subi \$22, \$22, 4				IF	ID	EX	M	WB			
#9	sw \$5, 3000(\$22)				IF	O	O	10	EX	M	WB	
	...											
	...											

última iteración
(continuada)

- b) El bucle se efectúa 1000 veces, el salto tiene éxito 999 veces y a continuación no tiene éxito:

	PRIMERA INSTRUCCIÓN	N-ITERACIONES (BUCLE)	ÚLTIMA ITERACIÓN
NC	1	17(n-1)	22
NI	1	6(n-1)	8

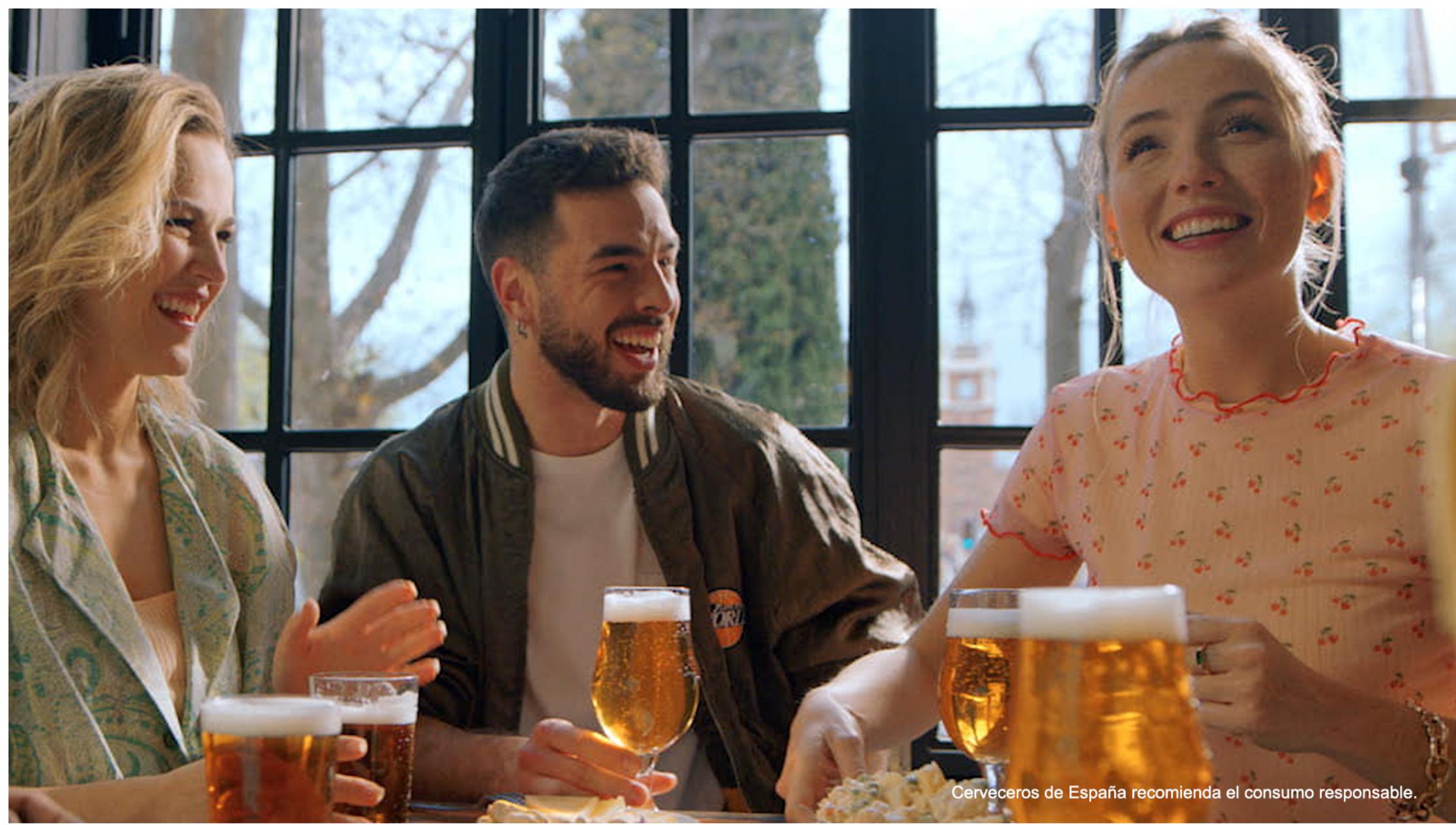
n iteraciones

- La instrucción #8 se ha cancelado: 999 veces
- ¿Cuántas instrucciones han terminado de ejecutarse?: 6003 $\rightarrow NI = 1 + 6(1000-1) + 8 = 6003$
- ¿Cuántos ciclos han transcurrido en total?: 17006 $\rightarrow NC = 1 + 17(1000-1) + 22 = 17006$
- ¿Cuál sería el CPI de este trozo de código?: 2,832916875

$$\hookrightarrow CPI = \frac{NC}{NI} \Rightarrow CPI = \frac{17006}{6003} = 2,832916875$$

a)

- Para los riesgos por dependencias de datos, ¿cuántas burbujas han sido necesarias por cada iteración del bucle?: 8
¿Y cuántas cuando se sale del mismo?: 2
- ¿Cuántos ciclos de pérdida se introducen cada vez que la inst. #7 falla en la predicción?: 3
- Para ejecutar correctamente la instrucción 3 ha sido necesario: Insertar dos burbujas
- ¿Cuántas veces ha sido útil la anticipación de R. para ahorrar ciclos por cada iteración del bucle?: 4
¿Y cuántos cuando se sale del mismo?: 1



Cerveceros de España recomienda el consumo responsable.

Cuando disfrutas de tu gente y de la cerveza,
con cabeza, disfrutas el doble.



**UNA GRAN CERVEZA.
UNA GRAN RESPONSABILIDAD.**

* CON CORTO-CIRCUITOS

- c)

 - Para resolver los riesgos por dependencias de datos, ¿cuántas burbujas han sido necesarias por cada iteración del bucle? : , ¿y cuando se sale del mismo?
 - Para ejecutar correctamente la instrucción #3 ha sido necesario:

Insertar una burbuja y activar el cortocircuito M-Ex
 - Para ejecutar correctamente la instrucción #5 ha sido necesario:

Activar el corto-circuito M-M
 - Cuántos ciclos han transcurrido en total (para las 1000 iteraciones)? : $\rightarrow NC = 1 + 10(1000 - 1) + 13 = 10004$
 - ¿Cuál sería el nuevo CPI? : 1,666560083

$$NC = 10004$$

$$NI = 1 + 6(1000 - 1) + 8 = 6003$$

$$CPI = \frac{NC}{NI} \Rightarrow CPI = \frac{10004}{6003} = 1,666500083$$

PREGUNTA 3:

4

Características MIPS: detección de riesgos, suposición de salto no realizado, saltos en etapa M, anticipación R

* Sin corto-circuitos

- Burbujas por riesgos de datos hasta que termina la inst. #6 : 5
 - Instrucciones que se cancelan por fallo en la predicción de la Inst #4 : 2
 - ¿Cuántas veces se ha ejecutado el salto en la inst #8 : 0
 - NI : 5
 - NC : 16
 - CPI = $\frac{NI}{NC} \Rightarrow \frac{15}{5} = 3,2$

* con corto-circuitos

- Para ejecutar correctamente la inst #2: activar el corto-circuito EX-EX la inst #3: activar cc EX-EX Y M-EX

$$\begin{aligned} \bullet \quad N1 &= 5 & CP1 = \frac{N1}{NC} &\Rightarrow \frac{12}{6} = 2,4 \\ \bullet \quad NC &= 12 \end{aligned}$$

quieres trabajar en Wuolah??

TE BUSCAMOS

sin ánimo de lucro,
chequea esto:



tú puedes
ayudarnos a
llevar **WUOLAH**
al siguiente nivel
(o alguien que
conozcas)

PREGUNTA 4 :

Características MIPS: detección de riesgos, burbujas, una sola memoria para instrucciones y datos

	Instrucción	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
#1	lw \$8, 3000(\$7)	IF	ID	EX (M) WB																									
#2	sub \$4, \$4, \$5		IF	ID	EX M WB																								
#3	sw \$5, 3000(\$8)			IF E3	ID EX (M) WB																								
#4	add \$3, \$4, \$5				IF ID EX M WB																								
#5	and \$5, \$4, \$5					IF ID EX M WB																							
#6	sub \$9, \$4, \$0						IF ID EX M WB																						
#7	or \$8, \$8, \$5							IF ID EX M WB																					
#8	muli \$5, \$8, 100								conflicto																				
									de M																				



5

- # burbujas: 4
- # burbujas por conflictos de memoria: 1
- NC : 16
- NI : 8
- CPI = 2

PREGUNTA 5 :

Arquitectura RISC de 3 etapas IFD REX MEW y no hay anticipación del banco de registros.

IF / \ / \ / \ / \ ~ Actualiza PC
ID EX M (de inst y datos)

a) Riesgos

- ¿ Se pueden dar riesgos RAW ? : Si porque no hay anticipación del banco de registros
- ¿ Son posibles riesgos de control ? : Si, porque PC se actualiza en la etapa MEW
- ¿ Se pueden resolver totalmente los riesgos que puedan existir ? : No, existe el riesgo estructural ..

b)

	Instrucción	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
#1	sw \$5, 3000(\$7)	IFD REX (MEN)																											
#2	or \$5, \$4, \$5		IFD REX MEN																										
#3	sub \$8, \$4, \$7			IFD REX MEN																									
#4	lw \$4, 3000(\$8)				IFD C3 REX (MEW)																								
#5	bne \$7, \$0, etiq					IFD REX MEN																							
#6	add \$8, \$8, \$5						C3	IFD REX MEN																					
#7	etiq:								IFD C3 REX MEN																				

S A T Z N E E D C I L O

WUOLAH

- Cuando el salto no se efectúa:

→ ¿# ciclos detenidos por riesgos de datos? : [2] → ¿# ciclos por riesgos estructurales? : [2]

→ ¿# ciclos perdidos por riesgos de control? : [0] → NC : [13] → NI : [7] → CPI = $\frac{NC}{NI} = \frac{13}{7} = 1,857\dots$

	Instrucción	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
#1	sw \$5, 3000(\$7)	IFD	REX	(MEW)																									
#2	or \$5, \$4, \$5		IFD	REX	MEW																								
#3	sub \$8, \$4, \$7			E3	IFD	REX	MEW																						
#4	lw \$4, 3000(\$8)					IFD	E3	REX	(MEW)																				
#5	bne \$7, \$0, etiq							IFD	REX	MEW																			
#6	add \$8, \$8, \$5								E3	IFD	—																		
#7 etiq:	sw \$5, 3000(\$8)									IFD	REX	MEW																	
...																													
...																													

S
A
L
T
E
C
T
C
A
D
O
-

- Cuando el salto se efectúa:

→ ¿# ciclos detenidos por riesgos de datos? : [1] → NC : [12] → NI : [6] → CPI : $\frac{NC}{NI} = \frac{12}{6} = 2$

PREGUNTA 6: Para tratar riesgos de control:

M2: beq IF ID EX M WB																											
acuerdo	IF	ID	EX	M	WB																						
no acuerdo	IF	—	—	IF	ID	EX	M	WB																			
j/jal	IF	ID	EX	M	WB																						
	IF	—	—	IF	ID	EX	M	WB																			

4 ciclos

4 ciclos

M1: beq IF ID EX M WB																											
acuerdo	IF	ID	EX	M	WB																						
no acuerdo	IF	—	—	IF	ID	EX	M	WB																			
j/jal	IF	ID	EX	M	WB																						
	IF	—	—	IF	ID	EX	M	WB																			

4 ciclos

4 ciclos

* saltos se resuelven en M

M1
↓
detención
del cauce
b) CPIs

M2
↓
suposición de
saltos no realizados

$$\rightarrow CPI_{M2} = 0'68 \cdot 1 + 0'07 \cdot 4 + 0'25 (0'42 \cdot 4 + 0'58 \cdot 1) = 1'52$$

$$\rightarrow CPI_{M1} = 0'68 \cdot 1 + 0'32 \cdot 4 = 1'96$$

c) Aceleración: [2,58] $\rightarrow S = \frac{T_{CPUM_1}}{T_{CPUM_2}} = \frac{N_1 \cdot 1'96 \cdot T_{CM1}}{N_1 \cdot 1'5 \cdot T_{CM2}} = \frac{2 \cdot 1'96}{1'52}$

a) ¿Qué funcionalidad debe realizar el hardware añadido a M2 para la realización de saltos?: * se ha logrado doblar la f

si falla la predicción, deben eliminarse del cauce las instrucciones en IF, ID, EX

47. llamadas jal
31. saltos inc. j
251. branches \rightarrow 42% si salta \rightarrow 58% no salta
68% otras inst (1 ciclo)

PREGUNTA 7:

Características MIPS: detección de riesgos, corto-circuitos, suposición de salto no realizado, saltos en M, anticipación de R.

	Instrucción	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
#1 cambia:	xor \$4, \$4, \$5										IF	ID	EX	M	WB														
#2	xor \$5, \$4, \$5										IF	ID	EX	M	WB														
#3	xor \$4, \$4, \$5										IF	ID	EX	M	WB														
#4	jr \$31										IF	ID	EX	M	WB														
#5 inicio:	lw \$4, 1000(\$0)	IF	ID	EX	M	WB										IF	--												
#6	lw \$5, 1004(\$0)		IF	ID	EX	M	WB																						
#7	beq \$4, \$5, sigue			IF	①	ID	EX	M	WB																				
#8	jal cambia					IF	ID	EX	M	WB																			
#9 sigue:	sw \$4, 1008(\$0)						IF	--								IF	ID	EX	M	WB									
	...																												
	...																												

Corto-circuitos:

- EX-EX entre #1 y #2
- M-EX entre #1 y #3
- EX-EX entre #2 y #3
- M-EX entre #6 y #7

Burbujas por riesgos de datos: 1

NC = 20

Ciclos perdidos por riesgos de control: 6

N1 = 9

Características MIPS: detección de riesgos, corto-circuitos, suposición de salto no realizado, saltos en ID, anticipación de R.

PREGUNTA 8:

a)

- #1
- #2 loop:
- #3
- #4
- #5
- #6
- #7
- #8
- #9
- #20 rotar:
- #21
- #22

	Instrucción	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	
	ori \$2, \$0, 1000h	IF	ID	EX	M	WB																								
	lw \$1, 2800h(\$2)		IF	ID	EX	M	WB																							
	sub \$4, \$1, \$0			IF	③	ID	EX	M	WB																					
	jal rotar					IF	ID	EX	M	WB																				
	sw \$7, 7800h(\$2)						IF				IF	ID	EX	M	WB															
	sw \$1, C800h(\$2)										IF	ID	EX	M	WB															
	subi \$2, \$2, 4											IF	ID	EX	M	WB														
	bne \$2, \$0, loop											IF	④	ID	EX	M	WB													
	...															IF														
	add \$10, \$4, \$4										IF	ID	EX	M	WB															
	muli \$7, \$10, 2										IF	ID	EX	M	WB															
	jr \$31										IF	ID	EX	M	WB															
	...											IF																		
	...																													

si lees esto me debes un besito

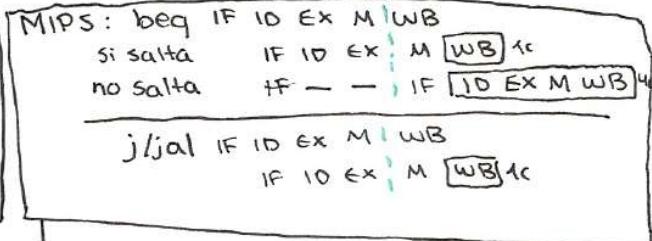
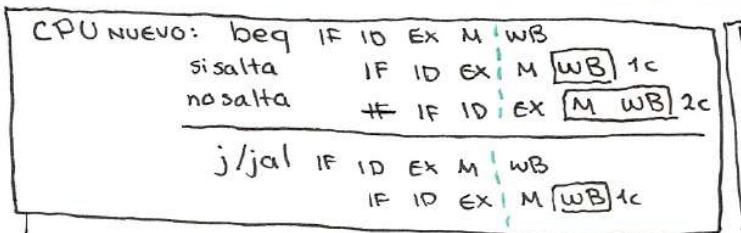
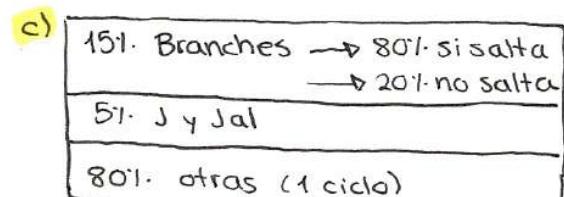
- b) • Corto-circuitos :
 - EX-EX entre #1 y #2 - EX-EX entre #20 y #21
 - M-EX entre #2 y #3 - EX-ID entre #7 y #8
- Burbujas por riesgos de datos: [3] · NC = 21 8
 • ciclos perdidos : [3] · NI = 12 CPI = $\frac{21}{12}$

PREGUNTA 9:

Nuevo procesador en el que los saltos se resuelven en ID.

a) ¿ Se eliminan por completo los riesgos de control? : No, porque conocemos la dir. de la siguiente inst hasta ID

b) ¿ Es conveniente introducir un nuevo camino de anticipación? : Sí, EX-ID y NEM-ID * salto realizado



$$CPI_{NUEVO} = 0'8 \cdot 1 + 0'05 \cdot 1 + 0'15(0'8 \cdot 1 + 0'2 \cdot 2) = 1'03$$

$$\text{Aceleración: } \frac{1'09}{1'03} = 1'0582$$

$$CPI_{MIPS} = 0'8 \cdot 1 + 0'05 \cdot 1 + 0'15(0'8 \cdot 1 + 0'2 \cdot 4) = 1'09$$

PREGUNTA 10:

a) CORTO-CIRCUITOS : M-A1 | M-M | A2-A1 | A2-M | A2-A2

b)

	Instrucción	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
#1	add \$9, \$0, \$0	IF	ID	A1	M	A2	WB																						
#2	add \$10, \$0, 58(\$9)		IF	⊕	⊕	ID	A1	M	A2	WB																			
#3	muli \$11, \$10, 4					IF	ID	A1	M	A2	WB																		
#4	lw \$3, 0(\$11)						IF	⊕	⊕	ID	A1	M	A2	WB															
#5	sw \$3, 0(\$10)									IF	ID	A1	M	A2	WB														
#6	sw \$3, 4(\$10)										IF	ID	A1	M	A2	WB													
#7	lw \$4, 4(\$11)											IF	ID	A1	M	A2	WB												
#8	sub \$9, \$9, 0(\$4)												IF	⊕	ID	A1	M	A2	WB										
...																													
...																													

si lees esto me debes un besito



LOS JUEGOS DEL CUATRI

- corto-circuitos habilitados:

- A2-A1 entre #1 y #2
- M-M entre #4 y #5
- A2-A2 entre #2 y #3
- A2-M entre #4 y #6
- A2-A1 entre #3 y #4
- M-A1 entre #7 y #8

- Burbujas datos: 5
- Burbujas control: 0
- $CPI = \frac{NC}{NI} = \frac{18}{8}$

$$\begin{aligned} NC &= 18 & 9 \\ NI &= 8 \end{aligned}$$

PREGUNTA 11:

CPU NUEVO: branches en EX y saltos incondicionales en ID

25%.	Branches → 80% si salta → 20% no salta
5%	j
10%	jal
60%	otras

a) ¿ Se eliminan los riesgos de control? : No, porque si falla entran inst inco..

b) * Predicción de salto no realizado:

CPU NUEVO: beq IF ID EX M WB
salta IF — IF ID [EX M WB] 3c
no salta IF ID EX M [WB] 1c
j/jal IF ID EX M WB
+ IF ID EX [M WB] 2c

$$\begin{aligned} CPI_{NUEVO} &= 0'6 \cdot 1 + 0'15 \cdot 2 \\ &+ 0'25(0'8 \cdot 3 + 0'2 \cdot 1) = 1'55 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} CPI_{MIPS} &= 0'6 \cdot 1 + 0'15 \cdot 4 \\ &+ 0'25(0'8 \cdot 4 + 0'2 \cdot 1) = 2,05 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Aceleración: } \frac{2,05}{1,55} &= 1,32258065, \end{aligned}$$

c) * Predicción de salto realizado:

CPU NUEVO: beq IF ID EX M WB
salta IF ID EX M [WB] 1c
no salta IF — IF ID [EX M WB] 3c
j/jal . IF ID EX M WB
IF ID EX M [WB] 1c

$$CPI_{NUEVO}: 0'6 \cdot 1 + 0'15 \cdot 1 + 0'25(0'8 \cdot 1 + 0'2 \cdot 1) = 1'1$$

$$CPI_{MIPS}: 0'6 \cdot 1 + 0'15 \cdot 1 + 0'25(0'8 \cdot 1 + 0'2 \cdot 4) = 1'15$$

$$\text{Aceleración: } \frac{1'15}{1'1} = 1'0454555$$

d) ¿Pred. más efectiva? : Salto realizado

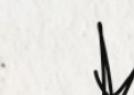
PREGUNTA 12:

a) CORTO-CIRCUITOS : EX-ID EX-EX M1-ID M1-EX M2-ID M2-EX M2-M1

b)

Instrucción	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
#1 addi \$2,\$0,16	IF	ID	EX	M1	M2	WB																						
#2 buc :			IF	ID	EX	M1	M2	WB																				
#3 lw \$3,0(\$2)			IF	ID	EX	M1	M2	WB																				
#4 lw \$4,4(\$2)				IF	②	②	ID	EX	M1	M2	WB																	
#5 add \$5,\$3,\$4					IF	③	③	ID	EX	M1	M2	WB																
#6 sw \$5,100(\$2)							IF	ID	EX	M1	M2	WB																
#7 subi \$2,\$2,8								IF	ID	EX	M1	M2	WB															
#8 bne \$2,\$0,buc									IF	④	ID	EX	M1	M2	WB													
add \$6,\$3,\$4										IF																		
...																												
...																												

es el momento de presentarte como tributo



- Corto-circuitos:
 - EX-EX entre #1 y #2
 - M1-EX entre #1 y #3
 - EX-ID entre #6 y #7
 - N2-EX entre #3 y #4
 - M1-M1 entre #4 y #5

- Burbujas datos : 6
- Burbujas control : 1
- NC = 26
- NI = 14

$$CPI = \frac{26}{14} = 1.857$$

10

PREGUNTA 13: corto-circuitos, predicción dinámica, saltos en M

a)

#1

#2 bucle:

#3

#4

#5

#6

Instrucción	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28			
addi \$2,\$0,1000	IF	ID	EX	M	WB																										
lw \$3,0(\$2)		IF	ID	EX	M	WB					IF	ID	EX	M	WB		IF	ID	EX	M	WB										
add \$4,\$3,\$3			IF	③	ID	EX	M	WB			IF	③	ID	EX	M	WB															
sw \$4,1000(\$2)					IF	ID	EX	M	WB					IF	ID	EX	M	WB													
sub \$2,\$2,8						IF	ID	EX	M	WB					IF	ID	EX	M	WB												
bne \$2,\$0,bucle							IF	ID	EX	M	WB					IF	ID	EX	M	WB											
...								IF	--	--																					
...																															

- CORTO-CIRCUITOS:
 - EX-EX entre #1 y #2
 - M-M entre #3 y #4
 - M- entre #2 y #3
 - EX-EX entre #5 y #6

- Burbujas datos : 2
- Ciclos perdida por salto : 3

b)

	PCInst	DirDest	Pred
1 ^a iteración	---	---	---
2 ^a iteración	000A5624h	000A5614	1
3 ^a iteración	000A5624h	000A5614	1
Última iteración	000A5624h	000A5614	1

PREGUNTA 14: a) saltos en la etapa de memoria

#1

#2 loop:

#3

#4

#5

#6 fin:

#7

Instrucción	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28				
ori \$4,\$0,10	IF	ID	EX	M	WB																											
add \$7,\$4,\$1		IF	ID	EX	M	WB				IF	ID	EX	M	WB																		
beq \$7,\$4,fin			IF	ID	EX	M	WB				IF	ID	EX	M	WB																	
lw \$1,100(\$7)				IF	ID	EX	M	WB																								
j loop					IF	ID	EX	M	WB																							
sw \$1,200(\$4)						IF	--	--									IF	ID	EX	M	WB											
sub \$5,\$1,\$4																		IF	ID	EX	M	WB										

si lees esto me debes un besito

CORTO-CIRCUITOS : • Ex-Ex entre #1 y #2 • Ex-Ex entre #2 y #3
• M-Ex entre #1 y #3 • M-Ex entre #2 y #4

- # Burbujas : 0
- NC = 705 • NI = 401

11

c) Saltos en la etapa 1D

- Corto-circuitos : - EX-EX entre #1 y #2 EX-ID entre #2 y #3

$$\# \text{ Burbujas} : [2] \quad . \quad NC = [605] \quad . \quad N1 = [401]$$

\$3 \$4 \$3 \$11

PREGUNTA 15:

	Instrucción	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
#1	addi \$9, \$0, NUM	IF	ID	EX	M	WB																							
#2	sub \$10, \$10, \$10		IF	ID	EX	M	WB																						
#3	add \$11, \$0, \$0			IF	ID	EX	M	WB																					
#4 SA:	j SB				IF	ID	EX	M	WB																				
#5	lw \$4, 8000(\$10)					IF	—																						
#6 SB:	lw \$3, 400(\$10)						IF	ID	EX	M	WB								IF	ID	EX	M	WB						
#7	lw \$4, 560(\$10)							IF	ID	EX	M	WB							IF	ID	EX	M	WB						
#8	sub \$3, \$3, \$4							IF	○	ID	EX	M	WB						IF	○	ID	EX	M	WB					
#9	sw \$3, 1200(\$10)								IF	ID	EX	M	WB						IF	ID	EX	M	WB						
#10	add \$11, \$11, \$3									IF	ID	EX	M	WB						IF	ID	EX	M	WB					
#11	sw \$11, 1600(\$10)										IF	ID	EX	M	WB						IF	ID	EX	M	WB				
#12	addi \$10, \$10, 4											IF	ID	EX	M	WB						IF	ID	EX	M				
#13	bne \$9, \$10, SB												IF	ID	EX	M	WB						IF	ID	EX	M			
#14	sw \$11, 400(\$10)													IF	ID	EX	M	WB							IF	ID			

a) #Burbujas por datos : [2]

- Para ejecutar la inst #8 ha sido necesario: Insertar 1 burbuja, anticipar br y activar M-EX
- Para ejecutar la inst #10 ha sido necesario: Activar M-EX . La inst #11: Activar M-M
- La instrucción #5 se ha cancelado: [1] vez b) NI : [21] . NC : [31] . CPI : [1.476190476]

PREGUNTA 16:

- salto no realizado, saltos inc en ID y saltos cond. en EX, anticipación BR.

a) ¿Son suficientes los corto-circuitos propuestos? [Si]

b)

#1 main:

#2

#3 loop:

#4

#5

#6

#7

#8 fin:

	Instrucción	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
	addi \$1, \$0, 0	IF	ID	EX	M	WB																							
	addi \$2, \$0, 100		IF	ID	EX	M	WB																						
	lw \$3, 0(\$2)			IF	ID	EX	M	WB			IF	ID	EX	M	WB														
	beq \$1, \$3, fin				IF	W	ID	EX	M	WB		IF	W	ID	EX	M	WB												
	add \$1, \$1, \$3					IF	ID	EX	M	WB																			
	addi \$2, \$2, 4						IF	ID	EX	M	WB																		
	j loop							IF	ID	EX	M	WB																	
	sw \$1, 100(\$2)								IF	ID	EX	M	WB																
	...																												
	...																												

c) #Burbujas datos : [2]

- Para ejecutar la inst #4 ha sido necesario: Activar M-EX
- El resultado producido por #3 es anticipado a : [1] instrucción mediante un c.c. y a [1] inst mediante anticipación BR.
- La inst #5 se ha cancelado: [1] vez

d) CPI

$$\begin{aligned} \textcircled{N} 1 &= 10 & \text{CPI} &= \frac{19}{10} = 1.9 \\ \textcircled{N} C &= 19 \end{aligned}$$