

Ejercicio 4 junio 2015 AC

- a) Considerad un procesador no segmentado con una ruta de datos de 5 etapas de ejecución que funciona a 2GHz, en el que las operaciones ALU y salto requieren 4 ciclos de reloj y las de memoria 5. Suponed que las frecuencias relativas para estas operaciones son 45%, 25% y 30% respectivamente. Se quiere segmentar la máquina con 5 etapas y debido al sesgo del reloj y a los registros de segmentación se alarga el período de reloj en un 10%. El procesador utiliza una caché unificada para datos e instrucciones con un único puerto para el acceso a la memoria lo que provoca un riesgo estructural entre las etapas IF y MEM y por consiguiente una parada de 1 ciclo de reloj. Suponed que el CPI ideal del procesador segmentado ignorando el riesgo estructural es 1. ¿Cuál es la ganancia que se puede conseguir con la segmentación?

La ganancia se calcula de la siguiente manera:

$$Aceleración_{mejorada} = \frac{T.CPU_{normal}}{T.CPU_{segmentado}} = \frac{RI_{normal} \cdot CPI_{normal} \cdot CLK_{normal}}{RI_{segmentado} \cdot CPI_{segmentado} \cdot CLK_{segmentado}}$$

La mejora de segmentación no modifica el Recuento de Instrucciones (y, por tanto, son iguales):

$$Aceleración_{mejorada} = \frac{CPI_{normal} \cdot CLK_{normal}}{CPI_{segmentado} \cdot CLK_{segmentado}}$$

Podemos calcular el CPI del procesador sin segmentar con los datos que nos da el enunciado:

$$CPI_{normal} = \%_{ALU} \cdot CPI_{ALU} + \%_{JMP} \cdot CPI_{JMP} + \%_{MEM} \cdot CPI_{MEM} = 0'45 \cdot 4 + 0'25 \cdot 4 + 0'30 \cdot 5 \\ = 4'3$$

En el procesador segmentado, el porcentaje de uso sigue siendo el mismo (el RI no cambia), pero ahora el CPI nuevo es el ideal:

$$CPI_{segmentado} = \%_{ALU} \cdot CPI_{ideal} + \%_{JMP} \cdot CPI_{ideal} + \%_{MEM} \cdot CPI_{ideal} \\ = 0'45 \cdot 1 + 0'25 \cdot 1 + 0'30 \cdot 1 = 1$$

Sabemos que ahora el reloj del segmentado es un 10% más lento que el del normal:

$$CLK_{segmentado} = 1'1 \cdot CLK_{normal}$$

Conociendo todos los datos, ya podemos averiguar la ganancia:

$$Aceleración_{mejorada} = \frac{4'3 \cdot CLK_{normal}}{1 \cdot 1'1 CLK_{normal}} = \frac{4'3}{1'1} = 3'91$$

- b) Suponed ahora que además se consideran las detenciones por dependencia de datos de 1 ciclo de reloj que representan el 20% de todas las instrucciones ejecutadas y las detenciones por riesgo de control de 2 ciclos y que representan el 5% de todas las instrucciones ejecutadas. ¿Cuál es ahora el nuevo CPI? ¿En qué porcentaje se reduce la ganancia al considerar esta nueva situación?

Al CPI ideal le debemos de sumar las detenciones que causan los riesgos de la segmentación por la frecuencia con la que ocurren.

$$CPI_{segmentado} = 1 + 0'2 \cdot 1 + 0'05 \cdot 2 = 1'3$$

Ahora la ganancia es la siguiente:

$$Aceleración_{mejorada} = \frac{4'3 \cdot CLK_{normal}}{1'3 \cdot 1'1 CLK_{normal}} = \frac{4'3}{1'43} = 3'007$$

Por tanto, la ganancia se ve reducida en un:

$$\frac{3'91}{3'007} = 0'76 = -23\%$$

c) Suponed que el siguiente código MIPS se ejecuta en la máquina segmentada:

addi \$3, \$0, 100

add \$4, \$0, \$0

Loop: lw \$5, 0(\$1)

add \$4, \$4, \$5

lw \$6, 0(\$2)

sub \$4, \$4, \$6

addi \$1, \$1, 4

addi \$2, \$2, 4

addi \$3, \$3, -1

bne \$3, \$0, Loop

Muestra el diagrama de temporización para una iteración del bucle suponiendo que no hay forwarding. Completa para ello la siguiente tabla y muestra todos los ciclos de paradas. Suponed que los saltos paran la segmentación solo durante un ciclo de reloj.

Antes de empezar, recordemos las restricciones:

- ⑩ Hay riesgo estructural entre IF y MEM
- ⑩ No habla de que no se pueda leer y escribir en registros a la vez (escribir en flanco de subida y leer en flanco de bajada), así que suponemos que se puede
- ⑩ No hay forwarding
- ⑩ Los saltos provocan una burbuja de tan sólo un ciclo

Instrucción	Ciclos de reloj																									
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
addi \$3, \$0, 100	IF	ID	EX	ME	WB																					
add \$4, \$0, \$0		IF	ID	EX	ME	WB																				
lw \$5, 0(\$1)			IF	ID	EX	ME	WB																			
add \$4, \$4, \$5				S	S	S	IF	ID	EX	ME	WB															
lw \$6, 0(\$2)								IF	ID	EX	ME	WB														
sub \$4, \$4, \$6									IF	S	S	ID	EX	ME	WB											
addi \$1, \$1, 4												IF	ID	EX	ME	WB										
addi \$2, \$2, 4													IF	ID	EX	ME	WB									
addi \$3, \$3, -1														S	S	S	IF	ID	EX	ME	WB					
bne \$3, \$0, Loop																		IF	S	S	ID	EX	ME	WB		
lw \$5, 0(\$1)																					S	S	S	IF	ID	EX
add \$4, \$4, \$5																									IF	ID

Leyenda: amarillo → riesgo estructural, verde → dependencia de datos, azul → riesgo de control