

AMPLIACIÓN DE ESTRUCTURA DE COMPUTADORES

Grado en Ingeniería Informática

Examen Final – Problemas – 26 de mayo de 2022

IMPORTANTE: Es necesario entregar esta hoja junto con los folios del examen.

- | | |
|--------------------------|---------|
| <input type="checkbox"/> | Grupo 1 |
| <input type="checkbox"/> | Grupo 2 |
| <input type="checkbox"/> | Grupo 3 |
| <input type="checkbox"/> | Grupo 9 |

Apellidos, Nombre: _____

1. (1.5 puntos) Se pretende mejorar el rendimiento del servidor de una agencia de viajes *on-line*. En su versión actual la máquina es capaz de procesar 500 transacciones por segundo (*tps*) y se quiere obtener una capacidad de procesamiento de al menos 1500 *tps*. Se ha probado a cambiar los procesadores de la máquina por otros que son el doble de rápidos. Otra posibilidad aún no evaluada es reemplazar los discos duros por otros que son un 80% más rápidos. Se sabe que con la máquina actual se dedica el 37,5% del tiempo en los accesos a disco, mientras que el resto del tiempo es ocupado por el procesador. Se pide:
- a) (0,5 puntos) ¿Qué capacidad de procesamiento en *tps* se conseguiría realizando cada una de las mejoras por separado?
 - b) (0,5 puntos) ¿Qué capacidad de procesamiento en *tps* se conseguiría aplicando ambas mejoras conjuntamente?
 - c) (0,5 puntos) ¿Qué capacidad de procesamiento en *tps* se podría conseguir si se considera que la velocidad de los procesadores se puede mejorar como máximo hasta el triple del original, mientras que los discos duros se pueden reemplazar por otros que obtienen la máxima rapidez?
2. (1.5 puntos) Disponemos de un procesador con la siguiente estructura de *pipeline*: **F1 F2 D X1 X2 M1 M2 M3 W**. Su funcionamiento está basado en el procesador DLX estudiado en clase y, aunque todas las etapas están perfectamente segmentadas, la búsqueda en la caché de instrucciones necesita dos ciclos (*F1*, *F2*) mientras que el acceso a la caché de datos necesita tres ciclos (*M1*, *M2*, *M3*). Además, la ALU de tipo entero emplea dos ciclos de ejecución (*X1*, *X2*). Por otro lado, las instrucciones de salto condicional se resuelven al final de la etapa *X2*, buscando en el ciclo siguiente la instrucción del camino correcto. En lo que respecta a las instrucciones de punto flotante, la ALU de punto flotante emplea cuatro ciclos de ejecución (*A1*, *A2*, *A3*, *A4*). Suponiendo que se puede realizar la lectura y escritura del banco de registros en el mismo ciclo de reloj, muestra la temporización del siguiente bucle y calcula el tiempo total de ejecución si inicialmente $R2 = R3 + 600$ en los siguientes casos:
- a) (0,75 puntos) El cauce no utiliza adelantamiento hardware y se aplica la estrategia de detener el cauce para los saltos.
 - b) (0,75 puntos) El cauce sí utiliza adelantamiento hardware y el salto se resuelve en la etapa *D*, aplicándose la estrategia de predecir no tomado. Señala todos los adelantamientos que se produzcan.

loop:	LD	F2, 0(R3)
	ADDD	F4, F2, F6
	SD	0(R3), F4
	ADDI	R3, R3, #8
	SUB	R5, R2, R3
	BNEZ	R5, loop

3. (2 puntos) Tenemos un cauce de 7 etapas (**F1 F2 D X M1 M2 WB**), donde la dirección destino de los saltos se obtiene en la etapa *D* y si el salto se toma o no se calcula en la etapa *X*. Para las aplicaciones que se ejecutan, el compilador junto con la técnica de adelantamiento son capaces de mitigar todos los riesgos de datos. Las aplicaciones tienen un 20% de saltos condicionales de los cuales el 75% son tomados.
- a) (0,5 puntos) Asumiendo que los riesgos de control se resuelven deteniendo el cauce, pon un ejemplo de instrucción de salto condicional seguida de otra instrucción cualquiera, mostrando qué etapas de cada instrucción se ejecutarían en cada ciclo y de los ciclos de parada para este cauce por riesgos de control.
 - b) (0,5 puntos) Vamos a mejorar nuestro procesador añadiendo predicción de saltos estática. Razona sobre si es mejor predecir siempre tomado o siempre no tomado. Para ello calcula el CPI que se obtendría en cada caso.
 - c) (0,5 puntos) Ahora mejoramos nuestro cauce añadiendo un BTB en la etapa *F1* capaz de predecir si el salto es tomado o no. La tasa aciertos en el BTB es del 90% y tiene una tasa de aciertos en la predicción del 60%. Calcula el CPI.
 - d) (0,5 puntos) Por último mejoramos nuestro procesador, además de con un BTB que no ofrece predicción sobre si el salto es tomado o no, con un predictor de saltos con correlación también en la etapa *F1*, que ofrece dicha predicción. Un 88% de las veces la predicción de dirección y de si el salto se toma son correctas. Un 3% de las veces falla sólo la predicción en la dirección del salto. Un 6% de las veces falla sólo la predicción sobre si el salto se toma o no. El 3% restante fallan ambas predicciones. Calcula el CPI.

Diagramas Ejercicio 2

Apartado a)

[illegible]

Apartado b)

[illegible]

SOLUCIONES

SOLUCIÓN EJERCICIO 1

- a) Calculamos primero la mejora de rendimiento que se obtendría mediante la sustitución de los discos duros por otros más rápidos. Para ellos aplicamos la Ley de Amdahl directamente:

$$s_{p_de} = \frac{1}{(1-f) + \frac{f}{S}} = \frac{1}{(1-0,3) + \frac{0,3}{1,8}} = 1,2$$

En cuanto al cambio de los procesadores por otros que son el doble de rápidos, tendríamos la siguiente expresión utilizando la Ley de Amdahl:

$$\text{Speedup}_{\text{proc}} = 1 / (1 - 0,625) + 0,625/2 = 1,45$$

Dados estos factores de mejora, la capacidad en tps de la máquina será:

$$\begin{aligned} tps_{\text{disk}} &= 500 \times 1,2 = 600 \text{ tps} \\ tps_{\text{proc}} &= 500 \times 1,45 = 725 \text{ tps} \end{aligned}$$

- b) En este caso tenemos que aplicar la Ley de Amdahl teniendo en cuenta que ambas mejoras pueden ser aplicadas simultáneamente:

$$\text{Speedup}_{\text{disk+proc}} = 1 / (1 - 0,625 - 0,375) + 0,625/2 + 0,375/1,8 = 1,92$$

$$tps_{\text{disk+proc}} = 500 \times 1,92 = 960 \text{ tps}$$

- c) Para calcular el factor de mejora suponemos que el segundo aspecto pueden acelerarse hasta el infinito y aplicamos la Ley de Amdahl:

$$\text{Speedup}_{\text{disk+proc}} = 1 / (1 - 0,625 - 0,375) + 0,625/3 + 0,375/\infty = 4,8$$

$$tps_{\text{disk+proc}} = 500 \times 1,92 = 2400 \text{ tps}$$

SOLUCIÓN EJERCICIO 2

a) Número de Iteraciones = $600/8 = 75$ iteraciones. Ciclos = $74 \text{ iteraciones} \times 32 \text{ ciclos} + 36 \text{ ciclos (última iteración)} = 2404 \text{ ciclos}$.

Instrucciones	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	29	30	31	32	33	34	35	36	
LD F2,0(R3)	F1	F2	D	X1	X2	M1	M2	M3	W																												
ADDD F4,F2,F6		F1	F2						D	A1	A2	A3	A4	M1	M2	M3	W																				
SD 0(R3),F4			F1						F2								D	X1	X2	M1	M2	M3	W														
ADDI R3,R3,#8									F1								F2	D	X1	X2	M1	M2	M3	W													
SUB R5,R2,R3																	F1	F2						D	X1	X2	M1	M2	M3	W							
BNEZ R5,loop																		F1						F2						D	X1	X2	M1	M2	M3	W	
LD F2,0(R3)																								F1						F2			F1	F2	D	X1	

b) Ciclos = $74 \text{ iteraciones} \times 17 \text{ ciclos} + 23 \text{ ciclos (última iteración)} = 1281 \text{ ciclos}$.

Instrucciones	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	29	30	31	32	33	34	35	36
LD F2,0(R3)	F1	F2	D	X1	X2	M1	M2	M3	W																											
ADDD F4,F2,F6		F1	F2	D					A1	A2	A3	A4	M1	M2	M3	W																				
SD 0(R3),F4			F1	F2					D	X1	X2			M1	M2	M3	W																			
ADDI R3,R3,#8				F1					F2	D	X1			X2	M1	M2	M3	W																		
SUB R5,R2,R3									F1	F2	D				X1	X2	M1	M2	M3	W																
BNEZ R5,loop										F1	F2						D	X1	X2	M1	M2	M3	W													
LD F2,0(R3)											F1						F2	F1	F2	D	X1	X2	M1	M2	M3	W										

Detención para resolver el riesgo estructural en M1

SOLUCIÓN EJERCICIO 3

a) Ciclo 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11
 beqz r1, etiq F1 F2 D X M1 M2 WB
 and r2, r3, r5 F1 F2 D X M1 M2 WB

3 ciclos de parada.

b) Siempre no tomado. Si se acierta no hay penalización. Si se falla 3 ciclos:

$$CPI = 1 + 0.2 * (0.75 * 3) = 1.45$$

Siempre tomado. Si se acierta 2 ciclos (sabemos en D la dirección destino). Si se falla 3 ciclos:

$$CPI = 1 + 0.2 * (0.75 * 2 + 0.25 * 3) = 1.45$$

Para este cauce y aplicaciones da exactamente igual la solución que se tome.

c) Tendíamos 3 ciclos de parada cuando el predictor del BTB se equivoque y cero ciclos si no:

$$CPI = 1 + 0.2 * (0.9 * 0.4 * 3 + 0.1 * 0.75 * 3) = 1.261$$

d) Tendríamos 0 ciclos de parada en caso de acierto de ambos. Si falla la dirección destino 2 ciclos de parada y si falla la predicción de si el salto se toma o no 3 ciclos de parada:

$$CPI = 1 + 0.2 * (0.03 * 2 + 0.09 * 3) = 1.066.$$