

Problema 2. Repaso Cache

Disponemos de un procesador de 16 bits con un bus de direcciones de 16 bits. Este procesador tiene una memoria cache de datos con las siguientes características:

- Tamaño de bloque = 16 bytes = $2^4 \rightarrow 4 \text{ bits } (\# \text{ byte})$
- Asociatividad = 2 (reemplazo = LRU) $\left. \begin{array}{l} \\ \end{array} \right\} 8/2 = 4 = 2^2 \rightarrow 2 \text{ bit } (\# \text{ conj})$
- Número de líneas = 8
- Política de escritura: write through + write no allocate \rightarrow write miss \Rightarrow MP (no MC)
todo W \rightarrow MP directamente

$$\text{TAG} = 16 - 4 - 2 = 10 \text{ bit}$$

TAG	# conj	# byte
10 bit	2 bit	4 bit

Suponiendo que el contenido de la cache es el siguiente:

conjunto 0 00		conjunto 1 01		conjunto 2 10		conjunto 3 11	
EC8	1	EC5	1	EC6	0	EC7	1
AB4	0	libre	0	AB2	1	libre	0

Teniendo en cuenta que:

- En el contenido de la MC para simplificar hemos dejado el número de bloque de memoria en vez del tag.
- El bit a 1, en el contenido de la cache, indica que es la línea más recientemente referenciada.
- R-byte (lectura de 1 byte), R-word (lectura de 2 bytes), W-byte (escritura de 1 byte), W-word (escritura de 2 bytes).
- El tamaño de las lecturas (y escrituras) se ha de indicar en bytes.

Rellenad la siguiente tabla:

Tipo	@ en hex	Bloque de memoria	Conjunto de MC	Acierto / Fallo	Lectura de MP			Escritura en MP		
					si / no	@	tamaño	si / no	@	tamaño
R byte	8890	889	1	X	Sí	8890	1	No	/	/
W word	EC51	EC5	1	✓	No	/	/	Sí	EC51	2
W byte	EC62	EC6	2	✓	No	/	/	Sí	EC62	1
W word	23D3	23D	1	X	No	/	/	Sí	23D3	2
W byte	ABA4	ABA	2	X	No	/	/	Sí	ABA4	1
R word	ABA5	ABA	2	X	Sí	ABA5	2	No	/	/
R byte	23D6	23D	1	X	Sí	23D6	1	No	/	/
W word	EC57	EC5	1	✓	No	/	/	Sí	EC57	2
R byte	EC68	EC6	2	✓	No	/	/	No	/	/
R word	8899	889	1	X	Sí	8899	2	No	/	/

Indicad también cómo queda la cache después de realizar los 10 accesos a memoria:

conjunto 0		conjunto 1		conjunto 2		conjunto 3	
EC8	1	EC5	0	EC6	1	EC7	1
AB4	0	889	1	ABA	0	—	0

Problema 4. Repaso Cache

Se quiere diseñar la memoria cache para un determinado procesador. Se barajan dos alternativas:

- (1) Con escritura inmediata (write through) y sin carga en caso de fallo de escritura. *w no albrate*
- (2) Con escritura cuando reemplazo (copy back) y carga en caso de fallo de escritura *w albrate*

Se han obtenido por simulación las siguientes medidas:

- porcentaje de escrituras: 20%
- porcentaje de bloques modificados: 33.33%
- tasa de aciertos caso (1): 0.9
- tasa de aciertos caso (2): 0.85

R

MC

MP

El tiempo de acceso a memoria cache es de 10 ns y el tiempo de memoria principal para escribir una palabra es de 80 ns. Para leer o escribir un bloque en la memoria principal se emplean 100 ns.

Se pide:

- a) **Calculad** el tiempo invertido en ejecutar 1000 accesos para las dos alternativas. Detallad el número de accesos de cada tipo y el tiempo empleado para cada uno de ellos.

$$(1) \quad t_{ma} = R \cdot (H \cdot \overset{R}{\text{cache}} + M(\overset{R}{\text{cache}} + \overset{R}{\text{disk}} + \overset{W}{\text{cache}})) + W \cdot t_w = \quad (1000 \text{ accesos})$$

$$= 0'8(0'9 \cdot 10 + 0'1(10 + 100 + 10)) + 0'2 \cdot 80 = 32'8 \text{ ms/acceso} \Rightarrow \boxed{32'8 \mu s}$$

$$(2) \quad t_{ma} = H \cdot \overset{R/W}{\text{cache}} + M \cdot \left(\overset{\# \text{ bloque mod}}{\text{bloque}} \cdot \left(\overset{\text{sustituir bloque viejo por nuevo}}{\overset{R}{\text{cache (old)}}} + \overset{W}{\text{disk (old)}} + \overset{R}{\text{disk (new)}} + \overset{W}{\text{cache (new)}} \right) + \overset{\# \text{ bloque no mod}}{\text{bloque}} \cdot \left(\overset{\text{traer bloque nuevo a cache}}{\overset{R}{\text{cache}}} + \overset{R}{\text{disk}} + \overset{W}{\text{cache}} \right) \right) =$$

$$= 0'85 \cdot 10 + 0'15 \left(\frac{1}{3} \cdot (10 + 100 + 100 + 10) + \frac{2}{3} \cdot (10 + 100 + 10) \right) = 31'5 \text{ ms} \Rightarrow \boxed{31'5 \mu s} \quad (1000 \text{ accesos})$$

Indicad qué alternativa sería la más rápida para un programa que sólo realizara lecturas.

$$\left. \begin{array}{l} \text{coste lectura cache} \\ \text{coste lectura disco} \end{array} \right\} \Rightarrow \text{iguales}$$

+ rápido el que menos acceda a disco \Rightarrow mayor tasa aciertos

la opción 1 solo cachea lecturas y $0'9 > 0'85 \Rightarrow$ opción 1

Indicad qué motivos pueden existir para que la escritura de una palabra tarde ligeramente menos que la escritura de un bloque.

[t_w = write time]

Depende del tamaño del bloque.

Si $\text{tam. bloque} > \text{tam. palabra} \Rightarrow t_w \text{ bloque} > t_w \text{ palabra}$

Problema 5. Repaso Cache

Tenim una CPU amb les següents característiques:

- CPI ideal: 1.5 cicles/instrucció
- Temps de cicle (T_c): 10 ns
- Nombre de referències per instrucció (nr): 1.6 referències/instrucció
- Cache d'instruccions i dades separades
- Cache de dades amb **copy back** i **write allocate**.

Les característiques de les dues caches son les següents:

Característica	Instruccions	Dades
Numero de referències a memòria per instrucció (nr)	1 ref/inst 1'5	0.6 ref/inst 0'4 ref/inst
Taxa de fallades (m)	4 %	10 %
Penalització (T_{pf}) al reemplaçar un bloc no modificat	10 cicles	15 cicles
Penalització (T_{pf}) al reemplaçar un bloc modificat	---	20 cicles
Temps de servei en cas d'encert (T_{sa})	1 cicles	1 cicles
Percentatge de blocs modificats (pm)	0 %	20 %

a) Calculeu el temps mig d'accés a memòria en cicles (T_{maI}) pels accessos a instruccions?

$$\begin{aligned} T_{maI} &= t_{sa} + M \cdot (pm \cdot t_{pfm} + (1-pm) \cdot t_{pfmm}) = \\ &= 1 + 0'04 \cdot (0 + 1 \cdot 10) = 1 + 0'4 = \boxed{1'4 \text{ cicles}} \end{aligned}$$

b) Calculeu el temps mig d'accés a memòria en cicles (T_{maD}) pels accessos a dades?

$$\begin{aligned} T_{maD} &= t_{sa} + M \cdot (pm \cdot t_{pfm} + (1-pm) \cdot t_{pfmm}) = \\ &= 1 + 0'1 \cdot (0'2 \cdot 20 + 0'8 \cdot 15) = \boxed{2'6 \text{ cicles}} \end{aligned}$$

c) Calculeu el temps mig d'accés a memòria en cicles (T_{ma}) per tots els accessos?

$$T_{ma} = \frac{nrI \cdot T_{maI} + nrD \cdot T_{maD}}{nr \text{ total}} = \frac{1 \cdot 1'4 + 0'6 \cdot 2'6}{1'6} = \boxed{1'85 \text{ cicles}}$$

d) Calculeu el temps d'execució en ns. (T_{exec}) d'una instrucció?

$$\begin{aligned} CPI &= CPI_{ideal} + CPI_{mem} = CPI_{ideal} + nr (T_{ma} - t_{hit}) = 1'5 + 1'6 \cdot (1'85 - 1) = \\ &= 2'86 \text{ cicles} \end{aligned}$$

$$T_{exec} = N \cdot CPI \cdot T_c = 1 \cdot 2'86 \cdot 10 = \boxed{28'6 \text{ ns}}$$