

Jerarquía de memoria y memoria caché

Ejercicios propuestos

Ejercicio 1. Dado el siguiente fragmento de programa escrito en el ensamblador del MIPS 32

```
la      $t1, 0x04000
li      $t2, 0
li      $t3, 0
li      $t4, 1000
li      $t5, 80
bucle:  bgt  $t3, $t4, fin
        lw   $t5, ($t1)
        addi $t2, $t2, $t5
        addi $t1, $t1, 4
        addi $t3, $t3, 1
        addi $t5, $t5, 4
        b   bucle
fin:
```

Se pide:

- Indique de forma razonada el número de bytes que ocupa dicho programa en memoria y el número de accesos que se realizan a memoria cuando se ejecuta dicho fragmento de programa.
- Si el fragmento de programa se ejecuta en un computador que dispone de una única caché de 8 MB de tamaño y un tamaño de línea de 32 bytes, indique el número de aciertos y fallos que se producen, teniendo en cuenta que la caché se encuentra inicialmente vacía.

Ejercicio 2. Considere un computador de 32 bits con una caché de 64 KB asociativa por conjuntos de 4 vías y un tiempo de acceso de 4 ns. El tamaño de la línea es de 128 bytes. El tiempo para servir un fallo es de 120 ns. Indique de forma razonada:

- El número de líneas de la caché
- El número de conjuntos de la caché
- El tamaño del bloque que se transfiere en un fallo entre memoria principal y caché.
- Calcular la tasa de aciertos necesaria para que el tiempo medio de acceso al sistema de memoria sea de 20 ns.

Ejercicio 3. Sea un computador con una memoria caché y principal con las siguientes características:

- Tiempo de acceso a memoria caché de 4 ns
- Tiempo de acceso a memoria principal de 80 ns
- Tiempo para servir un fallo de caché de 120 ns
- Política de escritura inmediata

En este computador se ha observado que la tasa de aciertos a la memoria caché es del 95 % y que cada 100 accesos, 90 son de lectura. Calcular el tiempo medio de acceso a memoria.

Ejercicio 4. Sea un computador dotado de una memoria cache con las siguientes características:

- Tamaño: 16KB con bloques de 32 bytes (8 palabras)
- Tiempo de acceso: 10ns

Esta memoria está conectada a través de un bus de 32 bits a una memoria principal que es capaz de transferir un bloque de 8 palabras en 120 ns. Se pide:

Calcular la tasa de aciertos que es necesaria para que el tiempo medio de acceso al sistema de memoria sea de 20 ns.

Ejercicio 5. Se dispone de un sistema con una memoria caché de 2 niveles. En la ejecución de una determinada aplicación, la tasa de aciertos de la caché de nivel 1 es del 90% y la tasa de aciertos de la caché de nivel 2 es del 95%. La aplicación genera durante su ejecución un millón de accesos a memoria. Indique de forma razonada:

- El número de accesos que se genera a la caché de nivel 1.
- El número de accesos que se genera a la caché de nivel 2.
- El número de accesos que se genera a memoria principal.

Ejercicio 6. Se dispone de un computador con direcciones de memoria de 32 bits, que direcciona la memoria por bytes. El computador dispone de una memoria caché asociativa por conjuntos de 4 vías, con un tamaño de línea de 64 bytes. Dicha caché tiene un tamaño de 128 KB. El tiempo de acceso a la memoria caché es de 2 ns y el tiempo necesario para tratar un fallo de caché es de 80 ns. Considere el siguiente fragmento de programa.

```
float v1[10000];  
float v2[10000];  
  
for (i = 0; i < 10000; i = i + 1)  
    v1[i] = v1[i] + v2[i];
```

Indique de forma razonada:

- El tamaño en MB de la memoria que se puede direccionar en este computador.
- El número de palabras que se pueden almacenar en la memoria caché de este computador.
- El número de líneas de la caché y número de conjuntos de la caché.
- Indique la tasa de aciertos necesaria para que el tiempo medio de acceso al sistema de memoria de este computador sea de 10 ns.
- Indique de forma razonada la tasa de aciertos a la caché para el fragmento de código anterior teniendo en cuenta solo los accesos a datos (considere que la variable *i* se almacena en un registro y que la caché esta inicialmente vacía).

Ejercicio 7. Sea un computador de 32 bits que dispone de una memoria caché de 512 KB, asociativa por conjuntos de 4 vías y líneas de 128 bytes. Sobre este computador se desea ejecutar el siguiente fragmento de código:

```
int a1[200];  
int a2[200];  
int i;  
int s;  
  
for (i=0; i < 200; i++)  
    s = s + a1[i] + a2[i];
```

Se pide:

- Indique de forma razonada el número de líneas y conjuntos de de la caché.
- Si se considera que la caché se encuentra vacía y que los valores de las variables *i* y *s* del código anterior se almacenan en registros, indique, considerando solo los accesos al vector *a1* y *a2*, la tasa de aciertos que se obtiene al ejecutar el fragmento de código anterior.

Ejercicio 8. Sea un computador de 32 bits con una memoria caché de 256 KB, líneas de 64 bytes y un tiempo de acceso de 5 ns. La caché es asociativa por conjuntos de 4 vías y se emplea la política de reemplazo LRU. Se pide:

- Indique el número de líneas y de conjuntos de la memoria caché del enunciado.
- ¿Cuál es el tamaño de los bloques que se transfieren entre la memoria caché y la memoria principal?
- Si el tiempo para transferir un bloque de memoria principal a caché es de 200 ns, indique la tasa de aciertos a caché necesaria, de forma que el tiempo medio de acceso al sistema de memoria sea de 20 ns.

Ejercicio 9. Se dispone de un computador con una memoria caché con un tamaño de 64 KB para guardar instrucciones o datos de los procesos. El tamaño de la línea es de 64 bytes. La caché tiene un tiempo de acceso de 20 ns y un tiempo de penalización por fallo de 120 ns. La caché es asociativa por conjuntos de dos vías. Se pide:

- Indique el número total de líneas de caché
- Indique el número de conjuntos que tiene la caché.
- Indique el número de líneas por conjunto
- Haga un esquema con la estructura de la caché

5. Diga cuánto tiempo tardaríamos en obtener un dato si se produce un fallo en la caché.

Ejercicio 10. Sea un computador de 32 bits con el juego de instrucciones del MIPS, que ejecuta el siguiente fragmento de código cargado a partir de la dirección 0x00000000

```
li    $t0, 1000
li    $t1, 0
li    $t2, 0
bucle: addi $t1, $t1, 1
      addi $t2, $t2, 4
      beq  $t1, $t0, bucle
```

Este computador dispone de una memoria caché asociativa por conjunto de 4 vías, de 32 Kbytes y líneas de 16 bytes. Calcule de forma razonada el número de fallos de caché y la tasa de aciertos que produce el fragmento de código anterior, asumiendo que se ejecuta sin ninguna interrupción y que la memoria caché está inicialmente vacía.

Ejercicio 11. Sea un computador de 32 bits con una memoria caché para datos de 8 KB y línea de 64 bytes, política de correspondencia directa y política de escritura diferida o aplazada. Calcule la tasa de fallos global

```
double a[1024], b[1024], c[1024], d[1024];
// considere que los vectores se encuentran
// dispuestos en memoria de forma consecutiva.

for (int i = 0; i < 1024; i++)
    a[i] = b[i] + c[i] + d[i];
```

Ejercicio 12. Resuelva el ejercicio 3 asumiendo que la caché es totalmente asociativa, con política de sustitución LRU.

Ejercicio 13. Resuelva el ejercicio 3 asumiendo que la caché es asociativa por conjuntos de dos vías y de cuatro vías y política de sustitución LRU.

Ejercicio 14. Sea un computador de 32 bits con una memoria caché para datos de 32 KB y línea de 64 bytes. La caché es asociativa por conjuntos de 2 vías. Considere los dos siguientes fragmentos de código:

```
int  m[512][512];
sum = 0;

for (i = 0; i < 512; i++)
    for (j = 0; j < 512; j++)
        sum = sum + m[i][j];

int  m[512][512];
sum = 0;

for (i = 0; i < 512; i++)
    for (j = 0; j < 512; j++)
        sum = sum + m[j][i];
```

considerando que la variable sum se almacena en un registro, calcule la tasa de fallos a memoria caché de los dos fragmentos (Observación: la matriz se almacena por filas).