

Ejercicios del tema 5. Jerarquía de de Memoria

Ejercicio 1. 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. El computador dispone de un sistema de memoria virtual que emplea páginas de 8 KB y tiene instalada una memoria principal de 1 GB. 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.
- El formato de la dirección virtual.
- El número máximo de páginas en este computador.
- ¿Qué es un marco de página?
- El número de marcos de página de este computador.
- El tamaño del bloque que se transfiere entre disco y memoria principal cuando ocurre un fallo de página
- Calcular la tasa de aciertos necesaria para que el tiempo medio de acceso al sistema de memoria sea de 20 ns.

Ejercicio 2. 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 3. 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 4 . 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 5. 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.

- c) El número de líneas de la caché y número de conjuntos de la caché.
- d) Indique la tasa de aciertos necesaria para que el tiempo medio de acceso al sistema de memoria de este computador sea de 10 ns.
- e) 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 6. 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:

- a) Indique de forma razonada el número de líneas y conjuntos de de la caché.
- b) 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 7. 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:

- a) Indique el número de líneas y de conjuntos de la memoria caché del enunciado.
- b) ¿Cuál es el tamaño de los bloques que se transfieren entre la memoria caché y la memoria principal?
- c) 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 8. 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:

1. Indique el número total de líneas de caché
2. Indique el número de conjuntos que tiene la caché.
3. Indique el número de líneas por conjunto
4. Haga un dibujo con la estructura de la caché
5. Diga cuánto tiempo tardaríamos en obtener un dato si se produce un fallo en la caché.

Ejercicio 9. 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 10. 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 un double ocupa 8 bytes y que los tres
// 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 11. Resuelva el ejercicio 3 asumiendo que la caché es totalmente asociativa, con política de sustitución LRU.

Ejercicio 12. 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 13. 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).

Ejercicios del tema de Memoria virtual

Ejercicio 1. Sea un computador de 20 bits con memoria virtual paginada con páginas de 1 KB y un total de memoria física de 256 KB. Se pide, de forma razonada y breve:

- ¿Cuál es el formato de la dirección virtual? Indique los campos y el número de bits de los mismos.
- ¿Cuál es el número máximo de entradas de la tabla de páginas (de un nivel)?
- ¿Cuántos marcos de página tiene la memoria principal?
- ¿Cuáles son los campos que se incluyen en una entrada de la tabla de páginas? Indique también para qué se utiliza cada uno de los campos.

Ejercicio 2. Se dispone de un computador que direcciona la memoria por bytes y utiliza direcciones virtuales de 32 bits. El sistema utiliza páginas de 4KB de tamaño. Se pide:

- ¿Cuál es el formato de la dirección?
- Si se utiliza una tabla de páginas de un único nivel y para cada entrada se requieren 32 bits ¿Cuál es el máximo tamaño de la tabla? Exprese su tamaño en bytes y justifique la respuesta
- Partiendo de la siguiente tabla de páginas virtual indique la dirección física correspondiente a la dirección virtual 0x000023F0. Asuma que todas las páginas están en memoria principal.

0	20
1	6
2	4
3	8
4	1
5	3
6	5
7	7

Ejercicio 3. Un computador posee un sistema de memoria virtual implementada mediante paginación que utiliza páginas de 8 KB. El computador proporciona un espacio de memoria virtual de 2^{32} bytes y tiene 2^{23} bytes de memoria física. Si la tabla de páginas correspondiente a un programa en ejecución es la siguiente:

Bit de presencia	Bit de modificado	Marco de página/ Bloque de swap
1	0	1
0	0	7
1	1	9
1	0	14
1	0	8
1	1	3
0	0	25
0	1	16
0	0	23
1	0	78

Se pide:

- Indique el formato de la dirección virtual.
- Indique la dirección física correspondiente a la dirección virtual 0x0000608A.
- ¿Cuál es el tamaño que ocupa el espacio de direcciones virtual de este programa?
- Exprese en MB el tamaño de la memoria principal.

Ejercicio 4. Sea un procesador con direcciones virtuales de 32 bits y páginas de 2 KB. Indique el formato de la dirección virtual, así como el número máximo de páginas que puede tener un programa en ejecución en este computador.

Ejercicio 5. Sea un computador de 18 bits con memoria virtual paginada con páginas de 4 KB y un total de memoria física de 512 KB. Se pide, de forma razonada y breve:

- e) ¿Cuál es el formato de la dirección virtual? Indique los campos y el número de bits de los mismos.
- f) ¿Cuál es el número máximo de entradas de la tabla de páginas (de un nivel)?
- g) ¿Cuántos marcos de página tiene la memoria principal?
- h) ¿Cuáles son los campos que se incluyen en una entrada de la tabla de páginas? Indique también para qué se utiliza cada uno de los campos.

Ejercicio 6. Si un computador trabaja con direcciones de 16 bits, y posee páginas de tamaño 2 KB

- ¿Qué tamaño de memoria virtual podremos direccionar?
- ¿Cuántas páginas tendrá la memoria Virtual?
- ¿Cuál será el tamaño del marco de página?
- ¿Suponiendo que la memoria física es de 8 KB, cuántos marcos tendremos?
- ¿Cuántos bits de la dirección de memoria virtual se utilizan para seleccionar entradas en la tabla de páginas si esta es de único nivel?
- ¿Para que emplearemos los bits restantes de la dirección de memoria virtual?
- ¿Cuántas entradas tendrá la tabla de páginas?

Ejercicio 7. Sea un computador que utiliza páginas de 8 KB y que direcciona la memoria por bytes. Dada la dirección virtual 0x20018004, indique el tamaño de la dirección virtual así como el número de página y el desplazamiento dentro de la página a la que hacen referencia.

Ejercicio 8. Sea un sistema con un espacio de direcciones virtual formado por 256 Kpáginas de 8 KB cada una y una memoria física de 128 MB. ¿Cuántos bits hay en la dirección virtual?

Ejercicio 9. Considere un computador que emplea direcciones virtuales de 32 bits con páginas de 8 KB. Se pide:

1. ¿Cuál es el formato de la dirección virtual?
2. ¿Cuál es el número máximo de entradas que puede tener una tabla de páginas de un único nivel? ¿Por qué?
3. Dado el siguiente fragmento de código:

```
int a[1000000];
for (j = 1; j < 890000; j++) {
    a[j] = a[j-1] + 1;
}
```

y suponiendo que no hay ninguna página en memoria física y que los datos y las instrucciones se almacenan en páginas distintas, indique el número mínimo de fallos de página que se produce cuando se ejecuta dicho fragmento.

Ejercicio 10. Dado un sistema que emplea un esquema de paginación con las siguientes características:

1. El número total de páginas es 512 y el tamaño de la página es 8KB.
2. La memoria se direcciona por bytes.
3. El espacio de memoria física es de 1MB.
4. El sistema no tiene memoria caché, pero sí TLB.
5. La tabla de páginas **no** está paginada ni segmentada.
6. El tiempo de acceso a disco es de 12ms, a memoria de 40ns y a la TLB de 20ns.

Se pide:

- a) El formato de las direcciones virtuales. Definir brevemente cada uno de los campos así como el número de bits que comprenden. Indicar también el tamaño del espacio direcciones virtuales.
- b) Explique razonadamente el tamaño en bits que ocupa la tabla de páginas, asumiendo que existen 3 bits de control en cada entrada de la tabla.
- c) Obtener razonadamente el tiempo de acceso máximo y mínimo a un dato de memoria.