

## ENUNCIADO

Sea una máquina de 64 bits que utiliza una MMU con direcciones de 48 bits y tabla de páginas de tres niveles. Las direcciones se dividen de la siguiente forma:

| seg | n  | pág | byte |
|-----|----|-----|------|
| 6   | 14 | 14  | 14   |

### Pregunta 1.

Indique el tamaño de página que soporta esta MMU.

Indique el número de páginas totales que tiene el espacio virtual.

Indique el número total de páginas que puede tener un segmento.

Estime el tamaño de de las entradas de cada uno de los tres niveles de la tabla de páginas.

### Pregunta 2

Considere un proceso que consta de las siguientes necesidades de memoria:

Segmento 1: formado por una única zona de memoria contigua de 1200MB

Segmento 2: formado por una única zona de memoria contigua de 500KB

Segmento 3: formado por dos zonas de memoria contigua una de 200KB y otra de 24KB

Segmento 4: formado por una única zona de memoria contigua de 100KB

Segmento 5: formado por tres zonas de memoria contigua de 2MB, 240KB y 53KB.

Indicar el número total de páginas que emplea dicho proceso.

Realizar un dibujo con la estructura total de las tablas de páginas necesarias.

Calcular en KB el espacio ocupado por el total de las tablas de páginas, suponiendo que la MMU utiliza tablas completas.

### Pregunta 3.

Considere que dicha MMU soporta hiperpáginas. Indicar cómo se especifica una hiperpágina así como el tamaño de la misma.

### Pregunta 4

Supondremos ahora que se trata de un proceso servidor que requiere un gran espacio de datos (segmento 1) de tamaño fijo, por lo que este segmento es un buen candidato para la utilización de hiperpáginas.

Indicar el número total de páginas e hiperpáginas que emplearía dicho proceso.

Realizar un dibujo con la estructura total de las tablas de páginas necesarias.

Calcular en KB el espacio ocupado por el total de las tablas de páginas, suponiendo que la MMU utiliza tablas completas. Comparar este valor con el anterior y comentar el resultado.

### Pregunta 5

¿Le parece indicado el esquema de tablas de página propuesto en el enunciado? ¿Podría proponer una solución mejor, resaltando sus ventajas?

## SOLUCIÓN

### Pregunta 1

En el esquema de direccionamiento de la MMU se reservan 14 bits para direccionar el byte, por lo tanto, el tamaño de la página es de  $2^{14} \text{ B} = 16\text{KB}$ .

Para direccionar la página se dispone de  $6+14+14 \text{ bits} = 34 \text{ bits}$ , por lo que hay un total de  $2^{34}$  páginas = 16 Gpáginas.

Por cada segmento hay  $14+14 \text{ bits} = 28 \text{ bits}$  para direccional las páginas, por lo que hay un total de  $2^{28}$  páginas = 256 Mpáginas.

Las entradas de las distintas tablas deben contener la siguiente información:

- Dirección de la tabla siguiente, o del marco, en la tabla de páginas. Dado que la MMU solamente es capaz de utilizar direcciones de 48 bits, aunque la máquina sea de 64 bits bastarán con 48 bits en todos los casos.
- Bits de protección.
- En la tabla de páginas bits de referenciado, sucio, que utiliza cache, etc.

Es, por tanto, necesario en todos los casos disponer de algo más de 48 bits. Seleccionamos 64 bits = 8 B, puesto que de esta manera cada entrada de las tablas ocupa una palabra.

Con ello, podemos obtener el tamaño de la tabla de segmentos, de las tablas n y de las de páginas:

- Tamaño de la tabla de segmentos =  $2^6 \cdot 8 = 512 \text{ B} = 0,5 \text{ KB}$
- Tamaño de las tablas n y de páginas =  $2^{14} \cdot 8 = 131.072 \text{ B} = 128 \text{ KB}$

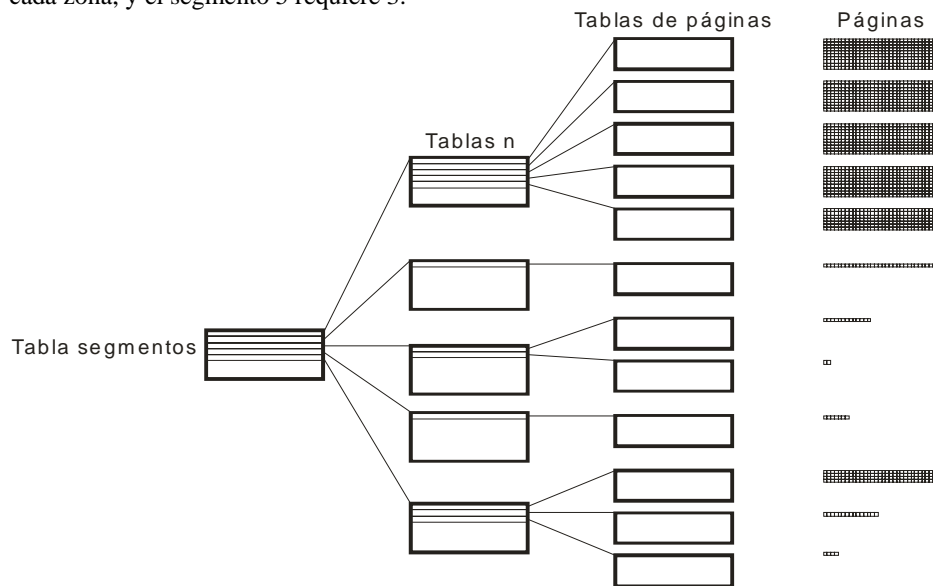
### Pregunta 2

El número de páginas es el siguiente:

| Segmento     | Zona | Páginas                                    | Total páginas |
|--------------|------|--|---------------|
| 1            | 1    | $(1200 \cdot 2^{20}) / 2^{14} = 76800$     | 76.800        |
| 2            | 1    | $(500 \cdot 2^{10}) / 2^{14} = 31,25 < 32$ | 32            |
| 3            | 1    | $(200 \cdot 2^{10}) / 2^{14} = 12,5 < 13$  | 15            |
|              | 2    | $(24 \cdot 2^{10}) / 2^{14} = 1,5 < 2$     |               |
| 4            | 1    | $(100 \cdot 2^{10}) / 2^{14} = 6,25 < 7$   | 7             |
| 5            | 1    | $(2 \cdot 2^{20}) / 2^{14} = 128$          | 147           |
|              | 2    | $(240 \cdot 2^{10}) / 2^{14} = 15$         |               |
|              | 3    | $(53 \cdot 2^{10}) / 2^{14} = 3,32 < 4$    |               |
| <b>TOTAL</b> |      |  | 77.001        |

Como cada tabla de páginas soporta  $2^{14}$  páginas, el segmento 1 requiere  $76.800 / 2^{14} = 4,6875$ , es decir 5 tablas de página.

Lo segmentos 2 y 4 requieren una sola tabla de páginas, mientras que el segmento 3 requiere dos, una para cada zona, y el segmento 5 requiere 3.



El tamaño ocupado por las tablas es el siguiente:

| Tipo         | Número | Tamaño | Total      |
|--------------|--------|--------|------------|
| Segmento     | 1      | 0,5 KB | 0,5 KB     |
| N            | 5      | 128 KB | 640 KB     |
| Página       | 12     | 128 KB | 1.536 KB   |
| <b>TOTAL</b> |        |        | 2.176,5 KB |

Se observa que se ocupan unos 2MB en las tablas de páginas. Esta cantidad parece excesiva, máxime cuando una gran parte de ellas están casi vacías.

### Pregunta 3

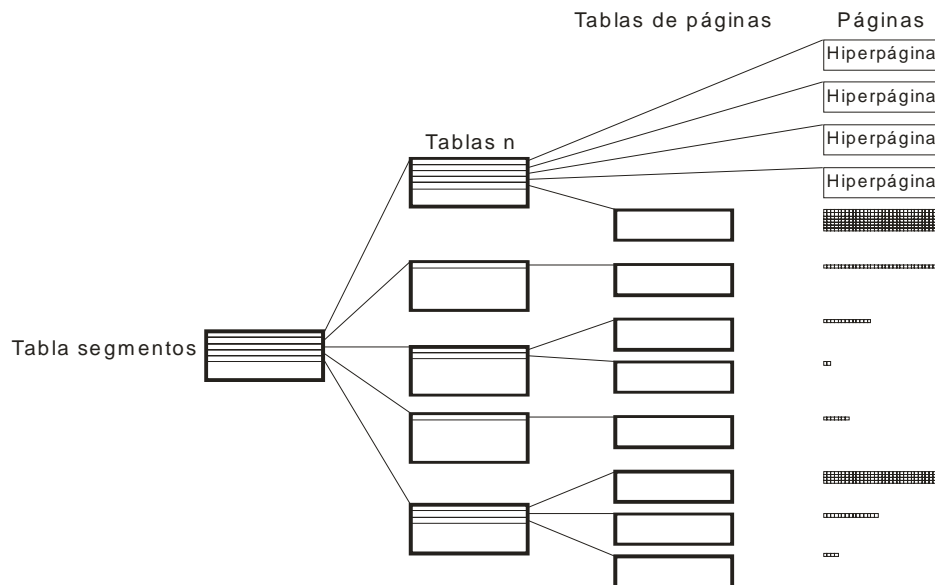
La hiperpágina es una página que engloba a todas las páginas del último nivel de la tabla de páginas. En nuestro caso engloba las  $2^{14} = 16$  Kpáginas de la tabla de páginas, lo que significa que tiene un tamaño de  $2^{14} \cdot 2^{14} = 2^{28} = 256$  MB. Para identificar las hiperpáginas debe existir un bit en la tabla anterior que indique que la tabla siguiente es una tabla de páginas o una hiperpágina. En nuestro caso la tabla n deberá contener dicho bit (como tenemos en cada entrada 16 bits, además de los 48 de dirección, no hay problema para soportar dicho bit de hiperpágina).

### Pregunta 4

El segmento 1 ocupa  $1200 \text{ MB} = 1200/256$  hiperpáginas = 4,6875 hiperpáginas. Se nos plantean dos soluciones:

- Utilizar 5 hiperpáginas, lo que supone desperdiciar  $(1-0,6875) \cdot 256 = 80$  MB en la quinta hiperpágina, lo que no parece una buena solución.
- Utilizar 4 hiperpáginas, con lo que quedan  $1200 - 256 \cdot 4 = 176$  MB, que se cubren con páginas, por lo que el número total de páginas es el siguiente:

| Segmento     | Zona | Páginas                                    | Total páginas | Hiperpáginas |
|--------------|------|--|---------------|--------------|
| 1            | 1    | $(176 \cdot 2^{20}) / 2^{14} = 11.264$     | 11.264        | 4            |
| 2            | 1    | $(500 \cdot 2^{10}) / 2^{14} = 31,25 < 32$ | 32            |              |
| 3            | 1    | $(200 \cdot 2^{10}) / 2^{14} = 12,5 < 13$  | 15            |              |
|              | 2    | $(24 \cdot 2^{10}) / 2^{14} = 1,5 < 2$     |               |              |
| 4            | 1    | $(100 \cdot 2^{10}) / 2^{14} = 6,25 < 7$   | 7             |              |
| 5            | 1    | $(2 \cdot 2^{20}) / 2^{14} = 128$          | 147           |              |
|              | 2    | $(240 \cdot 2^{10}) / 2^{14} = 15$         |               |              |
|              | 3    | $(53 \cdot 2^{10}) / 2^{14} = 3,32 < 4$    |               |              |
| <b>TOTAL</b> |      |  | 11.465        | 4            |



El tamaño ocupado por las tablas es el siguiente:

| Tipo     | Número | Tamaño | Total  |
|----------|--------|--------|--------|
| Segmento | 1      | 0,5 KB | 0,5 KB |

|        |   |        |            |
|--------|---|--------|------------|
| N      | 5 | 128 KB | 640 KB     |
| Página | 8 | 128 KB | 1.024 KB   |
| TOTAL  |   |        | 1.664,5 KB |

Se observa que el ahorro en tablas de página es de 512 KB, lo que es bastante significativo.

### Pregunta 5

Los tamaños de las tablas n y de páginas son de 128 KB, lo que es un tamaño excesivo si la MMU utiliza tablas completas, como suele ser habitual. Se ha visto en la realización del problema que se gasta mucho espacio vacío en la metainformación de páginas.

Por otro lado, el tamaño de la página también es bastante grande. Reduciendo a la mitad la página y utilizando cuatro niveles se podría hacer el siguiente reparto de la dirección de 48 bits que maneja la MMU:

Segmento        6 bits.  
 Nivel 2:        9 bits.  
 Nivel 3:        10 bits.  
 Páginas:        10 bits.  
 Byte:            13 bits.

Con esta solución tendremos que:

- El tamaño de la página es de 8KB.
- Cada página puede albergar una tabla de 1 Entradas siendo las entradas de 8 B.
- Las tablas de nivel 3 y de páginas (de las que existirán más) ocupan una página y las de nivel 2 media página.
- El segmento sigue teniendo un tamaño máximo de  $2^{42}$  B

Reduciendo aún más el tamaño de la página se puede plantear la siguiente solución:

Segmento        9 bits.  
 Nivel 2:        9 bits.  
 Nivel 3:        9 bits.  
 Páginas:        9 bits.  
 Byte:            12 bits.

Con esta solución tendremos que:

- El tamaño de la página es de 4KB.
- Cada página puede albergar una tabla de 512 entradas siendo las entradas de 8 B.
- Todas las tablas ocupan una página.
- El segmento tiene ahora un tamaño máximo de  $2^{39}$  B = 512 GB, que se puede considerar suficientemente grande.