

1 (1 punto) *Responda razonadamente a las siguientes cuestiones sobre el sistema de E/S:*

a) *Indique qué registros debe haber en un módulo de E/S que funciona por interrupciones vectorizadas y cuáles son sus funciones*

b) *Indique en qué consiste el sobrecoste (overhead) que conllevan las interrupciones. Indique por qué el incremento del tamaño del buffer empleado en el módulo de E/S representa en este caso un ahorro en el tiempo que la CPU consume durante las operaciones de E/S.*

SOLUCIÓN

a) Los registros que deben tener los módulos de E/S por interrupciones vectorizadas son:

- Registro de datos: registro para enviar/recibir datos con el periférico, y a su vez con la CPU
- Registro de control: registro para que la CPU programe las operaciones del periférico
- Registro de estado: registro para que la CPU pueda conocer el estado del periférico y realizar la sincronización con éste
- Registro de vector de interrupción: registro que contiene un identificador de periférico que tendrá que poner en el bus cuando le reconozca la CPU una interrupción

b) El sobrecoste de las interrupciones es el tiempo de CPU que no aparecería si la E/S fuese programada. Por cada interrupción, este sobrecoste sería el tiempo que tardaría en realizarse la secuencia de reconocimiento de interrupción, SRI, más los tiempos correspondientes al paso y actualización de los valores que usa la rutina (parámetros) y a la salvaguarda y reposición de los registros que se modifican en la rutina de tratamiento de interrupción, así como la instrucción RETI. Como consecuencia, cuantas menos interrupciones se produzcan, menor será el sobrecoste acumulado. El incremento del tamaño del buffer supondrá menos interrupciones.

2 (3 puntos) *Sea una unidad de disco duro de brazo móvil con las siguientes características:*

- 16 superficies, 1.000 cilindros y 400 sectores por pista.
- Sectores de 1.024 bytes de información neta.
- Velocidad de rotación: 7.500 rpm.
- Velocidad de transferencia: 60 MB/s ($60 \cdot 10^6$ bytes/s).
- Tiempo que emplea en mover la cabeza de una pista a otra consecutiva: 0,01 ms.
- Tiempo de estabilización de las cabezas: 0,1 ms.

Suponiendo que en el instante $t=0$ las cabezas de grabación están al comienzo del sector absoluto 5.006.250, calcule el tiempo de operación de lectura del sector absoluto 2.001.200

SOLUCIÓN

a) Las coordenadas CHS del sector absoluto 5.006.250 son (782, 3, 250):

$$5.006.250 \div (400 \times 16) = 782$$

$$5.006.250 \bmod (400 \times 16) = 1.450$$

$$1.450 \div (400) = 3$$

$$1.450 \bmod (400) = 250$$

Las coordenadas CHS del sector absoluto 2.001.200 son (312, 11, 0):

$$200.001.600 \div (400 \times 16) = 312$$

$$200.001.600 \bmod (400 \times 16) = 4.400$$

$$4.400 \div (400) = 11$$

$$4.400 \bmod (400) = 0$$

El tiempo que tarda el disco en dar una vuelta es $(60 \times 1.000 \text{ ms/m})/7.500 \text{ rpm} = 8 \text{ ms}$. El tiempo que tarda en avanzar un sector es $8 \text{ ms}/400 = 0,02 \text{ ms}$.

Lectura del sector (312, 11, 0):

Tiempo de búsqueda = $(1000-782+312) \cdot 0,01 \text{ ms} + 0,1 \text{ ms} = 530 \cdot 0,01 + 0,1 \text{ ms} = 5,4 \text{ ms}$. Durante este tiempo, el disco avanza $5,4/0,02 = 270$ sectores quedando ante el sector $(250 + 270) \bmod 400 = 120$. El tiempo de latencia es $(400 - 120) \cdot 0,02 = 5,6 \text{ ms}$. La lectura del sector se completa en el instante $t = 5,4 \text{ ms} + 5,6 \text{ ms} + 0,02 \text{ ms} = 11,02 \text{ ms}$.

3 (6 puntos) Sea un computador de 64 bits con capacidad de procesamiento de 2.000 MIPS. y con un sistema de interrupciones cuya SRI tiene una duración equivalente a 6 instrucciones.

Este computador tiene conectado dos periféricos, cuyas rutinas de inicio y fin de operación de E/S tienen ambas 200 instrucciones. Características de los periféricos:

Disco: opera por interrupciones

- Velocidad de transferencia: $80 \cdot 10^6 \text{ bytes/s}$.
- Tiempo medio de acceso: 3 ms.
- Registro de datos de 64 bits.
- Tamaño del sector: 4.096 bytes.
- En la rutina de tratamiento de interrupción se ejecutan 90 instrucciones.

Controlador red: opera por DMA en modo ráfaga.

- Velocidad de transmisión de 1 Gb/s por segundo (10^9 bits/s).
- Buffer de 16 registros de datos de 64 bits.
- El protocolo de concesión/liberación de buses consume un total de 2 ns.
- El tiempo de un ciclo de acceso a memoria principal es de 5 ns/palabra .
- Bloques de 1.024 bytes.
- La rutina de tratamiento de interrupción ejecuta 60 instrucciones.

a) (3 puntos) Calcule el tiempo total para la transferencia de un archivo de 16KB desde disco a la red ADSL. Suponga que el fichero se encuentra en sectores de disco **no consecutivos**.

b) (1 punto) Calcule el tiempo total para la transferencia de un archivo de 16KB desde disco a la red, suponiendo en este caso que el fichero se encuentra en sectores de disco **consecutivos**.

c) (2 puntos) Para el supuesto del último fichero (sectores consecutivos), calcule el tiempo total de CPU que queda libre para otros procesos durante la transferencia del fichero anterior.

SOLUCIÓN

a) Como la capacidad de procesamiento de la CPU es de 2.000 MIPS, una instrucción ejecuta en 0,5 ns. Por lo tanto, la sri tarda 3 ns, y las rutinas de inicio y fin tardan 100 ns respectivamente . La RTI del disco tarda 45 ns y la de la red tarda 30 ns. El tamaño del archivo, 16 KB, corresponde a 4 operaciones de disco (4 KB/bloque) y 16 de red (1024 B/bloque). El funcionamiento lógico sería que cada vez que el disco acaba una operación se arranque la de la red, puesto que pueden funcionar en paralelo. El tiempo total de operación sería el de las 4 operaciones de disco más otras 4 de red para enviar el último bloque de disco por la red.

$$t_{opTotal} = 4 \times t_{opdisco} + 4 \times t_{opred}$$

Tiempo de operación del disco:

$$t_{opdisco} = T_{ini} + T_{acc} + T_{transf} + T_{INT} + T_{fin} = 100 \text{ ns} + 3 \text{ ms} + \frac{4.096 \text{ B}}{80 \cdot 10^6 \text{ B/s}} + (3 + 45) \text{ ns} + 100 \text{ ns} = 3.051.448 \text{ ns}$$

Tiempo de operación de la red:

$$\begin{aligned} t_{opred} &= T_{ini} + T_{acc} + T_{transf} + T_{dma} + T_{INT} + T_{fin} = \\ &= 100 \text{ ns} + 0 + \frac{1024 \text{ B} \times 8 \text{ b/B}}{10^9 \text{ b/s}} + (2 + 16 \times 5) \text{ ns} + (3 + 30) \text{ ns} + 100 \text{ ns} = 8.507 \text{ ns} \end{aligned}$$

Por lo que el tiempo de operación total es:

$$t_{opTotal} = 4 \cdot t_{opdisco} + 4 \cdot t_{opred} = 4 \times 3.051.448 \text{ ns} + 4 \times 8.507 \text{ ns} = 12.239.820 \text{ ns}$$

b) En el caso de sectores consecutivos del fichero, de las 4 operaciones de disco para su lectura, sólo la primera deberá considerar el tiempo medio de acceso, ya que para los siguientes sectores será cero.

$$t_{opTotal} = 3 \text{ ms} + 4 \times 51.448 \text{ ns} + 4 \times 8.507 \text{ ns} = 3.239.820 \text{ ns}$$

c) El tiempo de CPU que queda libre para otros procesos será el tiempo total de CPU una vez restado el tiempo de ocupación de CPU debida a la transferencia del fichero.

Tiempo de ocupación de CPU durante una operación de disco:

$$T_{CPUdisco} = t_{ini} + n^{\circ}int \times (t_{SRI} + t_{RTI}) + t_{fin}$$

$$t_{CPUdisco} = 100 \text{ ns} + \frac{4096B}{8B} \text{ int} \times (3 + 45)ns/int + 100ns = 24.776 \text{ ns}$$

Tiempo de ocupación de CPU durante una operación de red:

$$T_{CPUDMA} = t_{ini} + n^{\circ}DMA \times (t_{conc} + 16 \times t_{ciclo}) + T_{INT} + t_{fin}$$

$$t_{CPUred} = 100 \text{ ns} + \frac{1024B}{16 \times 8B} \text{ dma} \times (2 + 16 \times 5)ns/dma + (3 + 30 \text{ ns}) + 100ns = 889 \text{ ns}$$

Por lo que el tiempo total de ocupación de CPU es:

$$t_{CPUTot} = 4 \times t_{CPUdisco} + 16 \times t_{CPUred} = 4 \times 24.776 \text{ ns} + 16 \times 889 \text{ ns} = 113.328 \text{ ns}$$

Y el tiempo de CPU para otros procesos será: $3.239.820 \text{ ns} - 113.328 \text{ ns} = 3.126.492 \text{ ns}$ Este tiempo libre corresponde a un 96,50% de CPU libre.