



Estructura de Computadores

Grado MI

E/S

Enunciados de problemas de examen

mayo 2019

1 Indique en pseudocódigo los pasos que debe realizar la RTI.

2 Indique, de forma razonada, cuáles de las siguientes afirmaciones son verdaderas y cuáles falsas:

- La técnica de E/S por DMA consume el mismo tiempo de CPU que la E/S por interrupciones para periféricos con la misma velocidad de transferencia.
- El tiempo de operación de un periférico está principalmente determinado por su velocidad de transferencia y el tamaño de sus bloques, independientemente de la técnica de E/S utilizada.
- El mejor momento para aceptar peticiones de interrupción es cuando acabe el ciclo de bus en curso.
- Si dos periféricos que actúan por interrupciones deben operar simultáneamente, la mayor prioridad debe darse al periférico con mayor importancia.
- El método de identificación de dispositivo que permite anidamientos de rutinas de servicio de interrupción es encadenada o daisy-chain.

3 Sea un computador con un procesador de 64 bits con capacidad de procesamiento de 1.000 MIPS, con una secuencia de reconocimiento de interrupción (SRI) de 5 ns de duración, y entre sus dispositivos de entrada/salida hay:

- un módulo de red Ethernet que opera por interrupciones con las siguientes características:
 - Velocidad de transmisión de 1 Gigabit por segundo (10^9 bits/s).
 - Buffer de 4 registros de datos de 64 bits.
 - Las rutinas de inicio y fin de una operación de E/S constan de 100 y de 80 instrucciones respectivamente.
 - Su rutina de tratamiento de interrupciones consta de 100 instrucciones.
 - Tamaño de bloque: 1024 bytes.
- un disco duro que opera por DMA con:
 - Velocidad de transferencia de $40 \cdot 10^6$ bytes/s.
 - Buffer de 8 registros de datos de 64 bits.
 - Las rutinas de inicio y fin de una operación de E/S constan de 200 y de 50 instrucciones respectivamente.
 - Tiempo medio de acceso: 5 ms.
 - Su rutina de tratamiento de interrupciones consta de 100 instrucciones.
 - El protocolo de concesión y liberación de los buses dura 4 ns.
 - El ciclo de acceso a memoria tiene una duración de 2 ns.
 - Tamaño del sector: 1024 bytes.

a) Si sólo operara la red Ethernet, determine el máximo número de instrucciones que puede tener su rutina de tratamiento de interrupciones (RTI).

b) Indique y justifique cuál debe ser el periférico más prioritario.

c) Calcule el tiempo que dura una operación de disco.

d) Calcule el tiempo que dura una operación de la red Ethernet.

e) Calcule cuánto tiempo de CPU se ocupa en una operación la red Ethernet.

f) Calcule cuánto tiempo de CPU se ocupa para una operación de disco (1 sector).

g) A partir del instante $t=0$, se lee un fichero de 256 KB del disco y, a medida que van estando disponibles sus datos, se transmiten simultáneamente por la red Ethernet en bloques de 1024 bytes.

Calcule en qué instante terminan las operaciones para la lectura y transmisión del fichero.

4 Sea un computador con capacidad de procesamiento de 2.000 MIPS. Entre sus dispositivos de entrada/salida hay un disco duro con las siguientes características:

- Velocidad de transferencia: $20 \cdot 10^6$ bytes/s.
- Tiempo medio de acceso: 4 ms.
- Buffer de 2 registros de datos de 32 bits.
- Tamaño del sector: 1.024 bytes.
- Las rutinas de inicio y fin de una operación de E/S para la transferencia de un bloque de datos constan de 100 y de 200 instrucciones respectivamente.
- Operación por Interrupciones.

a) Calcule el máximo número de instrucciones que puede ejecutar la rutina de tratamiento de interrupciones del disco suponiendo que sólo opera él por interrupciones.

b) Calcule cuánto tiempo dura una operación de disco.

5 Responda *razonadamente* a las siguientes cuestiones relativas al sistema de E/S:

a) Sea un periférico P que opera mediante interrupciones y que está conectado a un computador con 32 bits de ancho de palabra y que ejecuta 1.000 MIPS y cuya secuencia de reconocimiento de interrupción, SRI, tiene una duración equivalente a 6 instrucciones. Si dispone de un *buffer* de cuatro palabras y la velocidad de transferencia es de 10^9 bits/s, determine cuántas instrucciones se pueden ejecutar como máximo en su rutina de tratamiento de interrupción.

b) ¿Por qué surge la necesidad de las diferentes técnicas de E/S? Señale cuál o cuáles de ellas implican una modificación en la Arquitectura del procesador y en qué consiste.

c) Razone si la duración de una operación de E/S depende sustancialmente de la técnica de E/S que se emplee.

6 Indique, de forma razonada, cuáles de las siguientes afirmaciones son verdaderas y cuáles falsas:

- La técnica de E/S por DMA consume el mismo tiempo de CPU que la E/S por interrupciones para periféricos con la misma velocidad de transferencia.
- El tiempo de operación de un periférico es independiente de la técnica de E/S que se utilice para comunicarse con la CPU.
- El mejor momento para aceptar peticiones de interrupción es cuando acabe el ciclo de bus en curso.
- Si una CPU debe atender a varios periféricos, unos que operan por interrupciones y otros que operan por DMA, dicha CPU sólo debe establecer algún mecanismo de prioridad de interrupciones entre los periféricos que operen por interrupciones.

7 Sea un computador con un procesador de 64 bits con capacidad de procesamiento de 2.000 MIPS, con una secuencia de reconocimiento de interrupción (SRI) de 5 ns de duración, y entre sus dispositivos de E/S hay:

- un módulo de red Ethernet que opera por interrupciones con las siguientes características:
 - Velocidad de transmisión de 1 Gigabit por segundo (10^9 bits/s).
 - Buffer de 8 registros de datos de 64 bits.
 - Las rutinas de inicio y fin de una operación de E/S tienen 100 y 50 instrucciones respectivamente.
 - Su rutina de reconocimiento de interrupciones (RTI) consta de 100 instrucciones.
 - Tamaño de bloque: 1024 bytes.
- un disco duro que opera por DMA con:
 - Velocidad de transferencia de $60 \cdot 10^6$ bytes/s.
 - Buffer de 16 registros de datos de 64 bits.
 - Las rutinas de inicio y fin de una operación de E/S tienen 100 y 50 instrucciones respectivamente.
 - Tiempo medio de acceso: 5 ms.
 - El protocolo de concesión y liberación de los buses dura 4 ns.
 - El ciclo de acceso a memoria tiene una duración de 2 ns.
 - Su RTI consta de 200 instrucciones.

- Tamaño del sector: 4096 bytes.

- a) Calcule el tiempo de operación del disco duro.
- b) Calcule el tiempo que está la CPU ocupada durante una operación de disco, si sólo opera este dispositivo.
- c) Indique cuál de los dos periféricos debe ser más prioritario.
- d) Calcule el porcentaje de tiempo que la CPU está ocupada si operan simultáneamente los dos periféricos (módulo Ethernet por interrupciones y disco por DMA).
- e) Calcule el tiempo total para la transferencia de un archivo de 50KB desde disco por la red. Haga las suposiciones que estime oportunas, detallándolas en su contestación.

8 Sea un computador con capacidad de procesamiento de 2.000 MIPS. Entre sus dispositivos de entrada/salida hay un disco duro con las siguientes características:

- Velocidad de transferencia: $40 \cdot 10^6$ bytes/s.
- Tiempo medio de acceso: 3 ms.
- Buffer de 16 registros de datos de 32 bits.
- Tamaño del sector: 4.096 bytes.
- Operación por Interrupciones.
- La secuencia de reconocimiento de interrupciones dura 10 ns.
- La rutina de tratamiento de interrupciones tiene 140 instrucciones.
- Las rutinas de inicio y fin de una operación de E/S para la transferencia de un bloque de datos constan de 100 y de 200 instrucciones respectivamente.

- a) Calcule cuánto tiempo dura una operación de disco.
- b) Calcule el tiempo total que tardaría la transferencia de un archivo de 200 KB desde disco a memoria.
- c) ¿Cuánto tiempo tardaría la transferencia del mismo fichero a memoria si el disco operase por DMA?

9 Justifique si la rutina de tratamiento de interrupción de un determinado periférico, que se muestra de forma esquemática a continuación, es o no correcta.

```
RTI_Pi: PUSH "registros usados por la rutina"
        LOAD .Ri, "/Parámetros de la operación"
        "Transferencia de un nuevo dato"
        STORE .Ri, "/Parámetros de la operación"
        "Comprobación de fin de operación"
        RET
```

10 Sea un computador con un procesador de 32 bits con una capacidad de procesamiento de 1.000 MIPS en el que la secuencia de reconocimiento de interrupciones tiene una duración de 3 unidades de tiempo (3 ut). A este computador están conectados los siguientes periféricos mediante sus correspondientes módulos de E/S:

- P1: Opera mediante interrupciones. Dispone de 2 registros de datos de 32 bits. Su RTI tiene una duración de 47 ut. Su nivel de prioridad es 2.
- P2: Opera mediante interrupciones. Dispone de 1 registro de datos de 32 bits. Su RTI tiene una duración de 42 ut. Su nivel de prioridad es 4.
- P3: Opera mediante interrupciones. Dispone de 6 registros de datos de 32 bits. Su RTI tiene una duración de 57 ut. Su nivel de prioridad es 6.
- P4: Opera mediante acceso directo a memoria y emplea 5 ut en cada ráfaga de DMA. Dispone de 4 registros de datos de 32 bits. De acuerdo con su velocidad de transferencia, solicita un acceso a memoria cada 100 ut. Su Rutina de Tratamiento de Interrupción, RTI, tiene una duración de 87 ut. Su nivel de prioridad es 1.

En la unidad de tiempo $ut = 0$ el procesador se encuentra ejecutando un programa con la atención a las interrupciones de nivel igual o inferior a 3 inhibidas (nivel de prioridad 3). Dicho programa debe ejecutar

durante otras 150 unidades de tiempo más antes de finalizar. Durante la ejecución de este programa se producen los siguientes eventos:

ut = 25: P4 tiene nuevos datos listos para transferir.
ut = 35: P1 solicita una interrupción.
ut = 100: P2 solicita una interrupción.
ut = 135: P3 solicita una interrupción.
ut = 240: El programa pasa a ejecutar con nivel de prioridad 0.

- a) Determine en qué instante concluye la ejecución del programa.
- b) Indique en qué instantes comienza y finaliza la ejecución de las rutinas de tratamiento de interrupción de cada periférico.

11 Sea un computador con un procesador de 32 bits con una capacidad de procesamiento de 1.000 MIPS en el que la secuencia de reconocimiento de interrupciones tiene una duración de 6 ns. El protocolo de petición y liberación de los buses dura 2 ns y el tiempo de acceso a memoria son 3 ns. A este computador están conectados los siguientes periféricos:

- P1:
 - Velocidad de transferencia de 100×10^6 bytes/s.
 - Tiempo de acceso: 1 ms.
 - Bloques de 1.024 bytes.
 - 1 registro de datos de 32 bits.
 - La rutina de inicio de una operación de E/S ejecuta 140 instrucciones.
 - La rutina de tratamiento de interrupciones ejecuta 114 instrucciones.
 - Funcionamiento por DMA.
- P2:
 - Velocidad de transferencia: 80×10^6 bytes/s.
 - Tiempo de acceso mínimo: 2 ms. Tiempo de acceso máximo: 10 ms. Tiempo de acceso medio: 5 ms.
 - Bloques de 512 bytes.
 - 2 registros de datos de 32 bits.
 - La rutina de inicio de una operación de E/S ejecuta 50.
 - La rutina de tratamiento de interrupciones ejecuta 44 instrucciones (Errata corregida durante la realización del examen).
 - La rutina de fin de operación ejecuta 150 instrucciones.
 - Funcionamiento por interrupciones.

Durante un periodo determinado, el periférico P1 se encuentra realizando operaciones de transmisión de forma continuada (en cuanto concluye una operación, da comienzo la operación siguiente). Por su parte, el periférico P2 realiza una media de 100 operaciones de lectura cada segundo. Durante ese periodo se encuentra en ejecución un programa que no realiza ninguna operación de E/S.

- a) Calcule cuántas instrucciones ejecuta el programa durante 5 segundos de ese periodo de tiempo.
- b) Calcule cuántas operaciones de E/S se ejecutan completamente durante dicho tiempo.
- c) Calcule la capacidad de procesamiento que se consume debido a la ejecución de las interrupciones, expresada en MIPS.

El programa necesita disponer al menos de un 40 % de la capacidad del procesador en todo momento para poder obtener resultados correctos.

- d) Justifique si P1 y P2 pueden operar simultáneamente sin afectar a la ejecución del programa.

12 Responda *razonadamente* a las siguientes cuestiones:

- a) ¿Cómo afecta la capacidad de ejecución de la CPU (número de MIPS) a la duración de las operaciones de E/S?
- b) ¿De qué manera el tamaño del *buffer* del módulo de E/S afecta al tiempo de CPU que se consume para la operación de E/S en el funcionamiento mediante interrupciones?

- c) Repita la cuestión del apartado anterior para el caso de la operación mediante DMA.
- d) ¿Es buen criterio para la asignación de prioridades de interrupción de periféricos considerar tan sólo la velocidad del periférico? ¿Por qué?

13 A una CPU de 64 bits de ancho de palabra y 2.000 MIPS de capacidad de ejecución se desea conectar un periférico P que tiene una velocidad de transferencia de 50 MB/s y cuyo módulo tiene un buffer de 4 registros de datos de 64 bits. Se supone un funcionamiento mediante interrupciones donde la Secuencia de Reconocimiento de Interrupción tiene una duración de 5 ns y su rutina de interrupción contiene 40 instrucciones. Calcule:

- a) La duración máxima posible de su rutina de interrupción.
- b) La frecuencia de interrupción del periférico.
- c) El número máximo de unidades de este tipo de periférico que podrían operar simultáneamente con la CPU.
- d) El porcentaje de CPU disponible para otros procesos durante la operación conjunta de dos periféricos.

14 Sea un computador de 32 bits con una CPU capaz de ejecutar 1.000 MIPS y con un sistema de interrupciones cuya SRI tiene una duración de 5 ns.

Este computador tiene conectado dos periféricos, cuyas rutinas de inicio y fin de operación de E/S tienen ambas 100 instrucciones. Características de los periféricos:

Disco:

- Velocidad de transferencia: $20 \cdot 10^6$ bytes/s.
- Tiempo medio de acceso: 5 ms.
- Registro de datos de 32 bits.
- Tamaño del bloque: 2.048 bytes.
- En la rutina de tratamiento de interrupción se ejecutan 95 instrucciones.

Controlador ADSL:

- Velocidad de transmisión de 300 Mb/s por segundo (300×10^6 bits/s).
- Buffer de 16 registros de datos de 32 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 10 ns/palabra .
- Bloques de 512 bytes.
- La rutina de tratamiento de interrupción ejecuta 45 instrucciones.

- a) 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) Calcule el tiempo total de CPU que queda libre para otros procesos durante la transferencia del fichero anterior.

15 Indique, de forma razonada, cuáles de las siguientes afirmaciones son verdaderas y cuáles falsas:

- La técnica de E/S por DMA consume el mismo tiempo de CPU que la E/S por interrupciones para periféricos con la misma velocidad de transferencia.
- El tiempo de operación de un periférico es independiente de la técnica de E/S que se utilice para comunicarse con la CPU.
- El mejor momento para aceptar peticiones de interrupción es cuando acabe el ciclo de bus en curso.
- Si una CPU debe atender a varios periféricos, unos que operan por interrupciones y otros que operan por DMA, dicha CPU sólo debe establecer algún mecanismo de prioridad de interrupciones entre los periféricos que operen por interrupciones.

16 Indique, de forma razonada, cuáles de las siguientes afirmaciones son verdaderas y cuáles falsas:

- La técnica de E/S por DMA consume el mismo tiempo de CPU que la E/S por interrupciones para periféricos con la misma velocidad de transferencia.

- El tiempo de operación de un periférico es independiente de la técnica de E/S que se utilice para comunicarse con la CPU.
- El mejor momento para aceptar peticiones de interrupción es cuando acabe el ciclo de bus en curso.
- Si una CPU debe atender a varios periféricos, unos que operan por interrupciones y otros que operan por DMA, dicha CPU sólo debe establecer algún mecanismo de prioridad de interrupciones entre los periféricos que operen por interrupciones.

17 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.

18 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: $80 \cdot 10^6$ 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) 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) 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) 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.

19 Sea un computador de 64 bits con capacidad de procesamiento de 2.000 MIPS y con un sistema de interrupciones con 8 niveles de prioridad cuya SRI tiene una duración equivalente a 6 instrucciones.

Este computador tiene conectado dos periféricos con las siguientes características:

Disco: opera por interrupciones

- Velocidad de transferencia: $80 \cdot 10^6$ bytes/s.
- Tiempo medio de acceso: 5 ms.
- Registro de datos de 64 bits.
- Tamaño del sector: 4.096 bytes netos.
- La rutina de inicio de operación ejecuta 100 instrucciones.
- En la rutina de tratamiento de interrupción se ejecutan 94 instrucciones.

- La rutina de fin de operación ejecuta 200 instrucciones.

Red: opera por DMA en modo ráfaga.

- Velocidad de transmisión de 1 Gb/s por segundo (10^9 bits/s).
- Buffer de 4 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 2 ns/palabra .
- Bloques de 1.024 bytes.
- La rutina de inicio de operación ejecuta 300 instrucciones.
- La rutina de tratamiento de interrupción (o de fin de operación) ejecuta 244 instrucciones.

a) Determine el número máximo de instrucciones que podría ejecutar la rutina de tratamiento de interrupción de la unidad de disco para que ambos periféricos puedan operar simultáneamente.

A partir del tiempo $t=0$ comienza la recepción de un fichero de 800 KB por la unidad de red que, a medida que se van recibiendo sus datos, se almacena en sectores aleatorios del disco duro.

- b)** Calcule la duración total de la recepción y escritura en el disco del fichero.
- c)** Calcule el porcentaje de tiempo de CPU consumido por la recepción y escritura del fichero.

En $t=0$ comienza además la ejecución de un programa con prioridad cero que no realiza operaciones de E/S.

- d)** Calcule en qué instante concluirá dicho programa si requiere la ejecución de 2.000.000.000 instrucciones.
- e)** Indique qué ocurriría con la recepción y escritura del fichero si en el instante $t=3$ ms el programa aumentara su prioridad al nivel máximo y recalcule el instante en que concluiría la ejecución del programa.