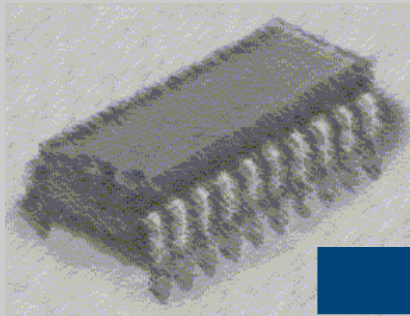


*Soluciones a los
problemas impares*

Tema 6: Periféricos y entrada-salida

***Estructura de
Computadores***



I. T. Informática de Gestión / Sistemas

Curso 2008-2009

Base teórica

Al diseñar un computador, uno de los puntos a tener en cuenta es el diseño del sistema de entrada-salida, ya que de él dependerá el rendimiento con el que el computador se comunicará con los periféricos, y en definitiva, con el mundo exterior, no digital (figura 1)

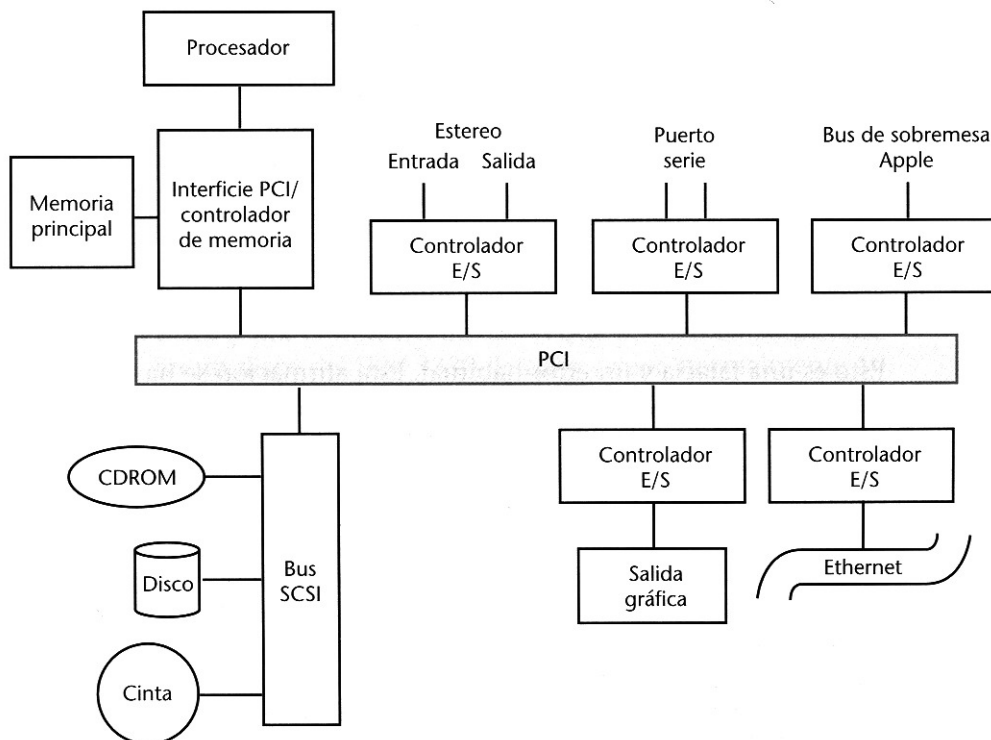


Figura 1. Sistema de entrada-salida del Apple Macintosh 7200

Los periféricos los hay de entrada, de salida y de entrada-salida. Destinados a la comunicación con el ser humano o con otros computadores, pero todos ellos constan de dos partes claramente diferenciadas, el controlador y el dispositivo.

- **El controlador del periférico** es el encargado de la comunicación con la CPU. El que lleva a cabo el protocolo de comunicación y el que realiza la transferencia de datos propiamente dicha.

- **El dispositivo** es realmente el periférico, electrónico una memoria USB, electromecánico como un disco duro, un transductor como en el caso de los sensores de temperatura o movimiento.

Gestión de la comunicación CPU-periféricos

En la gestión de la comunicación de la entrada salida se deben tener en cuenta tres aspectos:

- **Selección del periférico:** identificar el periférico entre todos los disponibles mediante el direccionamiento de los registros de datos y de control
- **Sincronización con la CPU:** evitar los problemas surgidos de las diferentes velocidades de trabajo de la CPU y de los periféricos. Evitar inundar al periférico con datos provenientes de la CPU y evitar que ésta se quede esperando los datos del periférico
- **Gestión de las señales de control:** determinar para cada tipos de sincronización y cada tipo de selección de periférico el conjunto de señales de control que deberán ser tenidos en cuenta por la Unidad de Control para la correcta gestión de la comunicación

Selección del periférico

Para elegir un periférico y comunicarse con él se emplean los puertos de entrada-salida que en su versión más simple se corresponden con un registro

Para comunicarse con un periférico la CPU debe:

- **Especificar la dirección:** identificar el puerto de entrada-salida entre todos los que tenga (normalmente tienen varios puertos de entrada salida)
- **Indicar el sentido de la comunicación:** especificar si se trata de una lectura o de una escritura.
- **Enviar el dato:** si se trata de una escritura

Para especificar las direcciones de los puertos existen dos métodos:

- **Espacio de direcciones separado:** los espacios de direccionamiento de puertos y de direcciones de memoria son diferentes por lo que se deberán incluir instrucciones propias de entrada-salida. Por ejemplo, en el i80x86 instrucciones IN y OUT
- **Espacio de direcciones común:** tanto direcciones de memoria como de puertos de entrada-salida forman un espacio de direcciones común por lo que las instrucciones del repertorio son las mismas para ambos tipos de transferencia

Sincronización con la CPU

El objetivo de la sincronización es ajustar la diferencia de velocidades de proceso de la CPU y de los periféricos. Los mecanismos más empleados según el uso de CPU (de más implicación a menos) son:

- **Entrada-salida programada:** la CPU gestiona la comunicación con los periféricos mediante la ejecución de un programa.
 1. **Entrada-salida por interrupciones:** los periféricos avisan a la CPU cuando están listos para ser atendidos. Cuando la interrupción es aceptada por la CPU, ésta abandona momentáneamente el programa principal para ejecutar la rutina de tratamiento de la interrupción y realiza la transferencia.
- **Entrada-salida mediante acceso directo a memoria (DMA):** los periféricos trabajan directamente con la memoria escribiendo o leyendo bloques de datos
- **Entrada-salida mediante procesadores de entrada-salida:** emplean una CPU secundaria dedicada a la gestión de la operación de entrada-salida.

1. Sea un computador capaz de ejecutar 10 MIPS (10^7 instrucciones por segundo) Se desea conectar al computador, únicamente un periférico con una velocidad de transferencia de 20.000 bytes/sg. y sobre el que se realizan operaciones de lectura de bloques de 1.024 bytes.

Se pretende ver el comportamiento de la pareja computador-periférico ante las diferentes técnicas de entrada-salida (programada, mediante interrupciones y por DMA)

Se sabe que:

- La rutina de transferencia de E/S programada consta de 10 instrucciones.
- La rutina de tratamiento de interrupción en la E/S mediante interrupciones consta de 20 instrucciones.
- La rutina de inicialización del DMA consta de 8 instrucciones. Y en cada operación de escritura de un dato en memoria el controlador ocupa los buses durante 500 ns.

Se pide:

Indicar el número de instrucciones de otros procesos que puede realizar el computador durante cada uno de los tipos de E/S previstos.

-
-
2. Realizar el ejercicio anterior suponiendo que la velocidad de transferencia del periférico es de 25.000 bytes por segundo y los bloques de 512 bytes.

-
-
3. Calcular el tiempo medio de lectura o escritura de un sector de 512 bytes en un disco duro que gira a 5.400 r.p.m. suponiendo que:
 - El tiempo medio de posicionado es de 18 ms.
 - La velocidad de transferencia es de 5 MB/sg.

- La sobrecarga debida al controlador es de 3 ms.
 - No existe tiempo de espera porque el disco está desocupado
-
-

4. Calcular el tiempo medio de lectura o escritura de un sector de 1024 bytes en un disco duro que gira a 7.200 r.p.m. suponiendo que:

- El tiempo medio de posicionado es de 12 ms.
 - La velocidad de transferencia es de 15 MB/sg.
 - La sobrecarga debida al controlador es de 2 ms.
 - No existe tiempo de espera porque el disco está desocupado
-
-

5. Calcular el tiempo medio de lectura o escritura de un sector de 1024 bytes en un disco duro que gira a 3.600 r.p.m. suponiendo que:

- El tiempo medio de posicionado es de 12 ms.
 - La velocidad de transferencia es de 10 MB/sg.
 - La sobrecarga debida al controlador es de 2 ms.
 - No existe tiempo de espera porque el disco está desocupado
-
-

6. Si tenemos un computador que puede ejecutar 1000.000 de instrucciones, en el tiempo que se tarda en leer un bloque de 2.048 bytes, indicar cuantas de esas instrucciones quedarían disponibles para otros procesos si le conectamos un sistema de entrada-salida mediante acceso directo a memoria cuya rutina de inicialización del DMA consta de 8 instrucciones. Y en cada operación de escritura de un dato en memoria el controlador ocupa los buses durante 750 ns.

7. Si tenemos un computador que puede ejecutar 1000.000 de instrucciones, en el tiempo que se tarda en leer un bloque de 2.048 bytes, indicar cuantas de esas instrucciones quedarían disponibles para otros procesos si le conectamos un sistema de entrada-salida mediante interrupciones, al que se conecta únicamente el periférico anterior y cuya rutina de tratamiento de interrupción consta de 20 instrucciones.
-
-

Solución ejercicio 1

El periférico suministra 20.000 bytes/sg. Enviará un dato cada 50 μ sg.

Como los bloques son de 1.024 bytes, una operación de E/S durará:

$$50\mu\text{sg/dato.} \times 1.024 \text{ datos} = 51.200\mu\text{sg.}$$

E/S programada

El periférico proporcionará un dato cada 50 μ sg. La CPU en ese tiempo es capaz de ejecutar 500 instrucciones (ya que el computador trabaja a 10 MIPS). La mayor parte de las instrucciones estarán dedicadas a realizar el muestreo sobre el periférico.

La rutina de E/S programada consta de 10 instrucciones, pero el tiempo de ejecución es despreciable frente las 500 instrucciones que es capaz de realizar la CPU en el tiempo de transmitir un dato. Y dado que en transmitir los 1.024 bytes se emplean 51.200 μ sg. las instrucciones que podría haber realizado la CPU serían 512.000. Además, al ser entrada-salida programada, la CPU está plenamente dedicada a ejecutar las instrucciones de la rutina de entrada-salida, con lo que no es capaz de ejecutar ninguna instrucción de otro proceso.

E/S mediante interrupciones

La rutina de interrupción consta de 20 instrucciones, y se ejecutará cada vez que está lista para entregarnos un dato nuevo. Al ser los bloques de 1.024 bytes, ejecutaremos un total de $20 \times 1.024 = 20.480$ instrucciones dedicadas a la transferencia de datos, con lo que la CPU podría dedicar tiempo a otros procesos.

El número de instrucciones de otros procesos que puede ejecutar la CPU es de:

$$512.000 \text{ instrucciones} - 20.480 \text{ instrucciones} = 491.520$$

E/S mediante DMA

La CPU dedicará el tiempo necesario para poder programar el controlador de DMA. El DMA emplea robo de ciclo, con lo que el periférico ocupará los buses 500 ns. por byte. Con lo que para leer 1.024 bytes, tardará: $500 \text{ ns.} \times 1.024 \text{ bytes} = 512.000 \text{ ns.} = 512 \mu\text{s}$. Dado que la rutina de inicialización del controlador del DMA consta de 8 instrucciones, podemos aproximar el cálculo a los $512 \mu\text{s}$. que se corresponden con los robos de ciclo.

En ese tiempo, la CPU habrá ejecutado 5.120 instrucciones, que se corresponderán con el hecho de que durante el robo de ciclo por cada dato, la CPU no puede acceder a los buses.

La CPU podrá ejecutar $512.000 - 5.120 = 506.880$ instrucciones correspondientes a otros procesos.

Resumiendo:

Tipo de E/S	Instrucciones totales	Instrucciones para otros procesos
E/S programada	512.000	0
E/S mediante interrupciones	20.480	491.520
E/S mediante DMA	5.120	506.880

Solución ejercicio 3

El tiempo medio de lectura o de escritura, es decir, el tiempo medio de acceso al disco es la suma de:

- El tiempo de posicionado
- El retardo medio de rotación
- El tiempo de transferencia
- El tiempo introducido por la sobrecarga del controlador

En nuestro caso:

- El tiempo de posicionado: 12 ms.
- El retardo medio de rotación: $0,5 \text{ rotación} / 5.400 \text{ r.p.m} = 0,5 / (5.400 \text{ r.p.m.} / 60 \text{ sg./min}) = 0,00555 \text{ sg.} = 5,55 \text{ ms.} =$
- El tiempo de transferencia: $1 \text{ KB} / 5 \text{ MB/sg.} = 0,2 \text{ ms.}$
- El tiempo introducido por la sobrecarga del controlador: 2 ms.

Por tanto, el tiempo medio de acceso será de:

$$12 \text{ ms.} + 5,55 \text{ ms.} + 0,2 \text{ ms.} + 2 \text{ ms.} = 19,75 \text{ ms.}$$

Solución ejercicio 5

El tiempo medio de lectura o de escritura, es decir, el tiempo medio de acceso al disco es la suma de:

- El tiempo de posicionado
- El retardo medio de rotación
- El tiempo de transferencia
- El tiempo introducido por la sobrecarga del controlador

En nuestro caso:

- El tiempo de posicionado: 12 ms.

- El retardo medio de rotación: $0,5 \text{ rotación} / 3.600 \text{ r.p.m} = 0,5 / (3.600 \text{ r.p.m.} / 60 \text{ sg./min}) = 0,0083 \text{ sg.} = 8,3 \text{ ms.} =$
- El tiempo de transferencia: $1 \text{ KB} / 10 \text{ MB/sg.} = 0,1 \text{ ms.}$
- El tiempo introducido por la sobrecarga del controlador: 2 ms.

Por tanto, el tiempo medio de acceso será de:

$$12 \text{ ms.} + 8,3 \text{ ms.} + 0,1 \text{ ms.} + 2 \text{ ms.} = 22,4 \text{ ms.}$$

Solución ejercicio 7

Al ser un sistema de entrada-salida mediante interrupciones, la rutina de tratamiento se ejecutará una vez por byte con lo que:

$$2.048 \text{ bytes/bloque} \times 20 \text{ instrucciones/byte} = 40.960 \text{ instrucciones / bloque}$$

Quedarán libres para otros procesos:

$$1.000.000 - 40.960 = 959.040 \text{ instrucciones.}$$
