
Arquitectura de Computadores I

Rendimiento 1 (solución): Sincronización por encuesta

Tenemos un computador cuyo procesador trabaja con un reloj de 500 MHz y queremos calcular la sobrecarga que sufre el procesador al realizar una operación de Entrada/Salida por encuesta con un disco duro. Este disco transfiere los datos en bloques de 32 palabras (palabras de 32 bits) y su velocidad de funcionamiento es de 16 MB/s.

Para facilitar los cálculos, supongamos que el sistema funciona de forma estable durante un periodo de tiempo largo y que el disco duro trabaja de forma continua enviando un bloque de datos nuevo cuando acaba con el anterior.

La rutina de encuesta que ejecuta el procesador necesita 200 ciclos para consultar el registro de estado del dispositivo por primera vez. Si el dispositivo no está preparado, se seguirá con la encuesta hasta que lo esté. En ese momento, el procesador necesita 400 ciclos para ejecutar la rutina que realiza la transferencia del dato.

- ¿Cuál sería la sobrecarga si se utilizara una encuesta temporizada perfectamente sincronizada con la velocidad de funcionamiento del dispositivo?
- ¿Cuál sería la sobrecarga si el procesador necesitara un dato nuevo (y por lo tanto volver a acceder el disco) 2 μ s después de haber recibido el dato anterior?

Conviene recordar que la sobrecarga que sufre el procesador en una operación de E/S es el porcentaje de tiempo que le dedica a la operación de E/S frente al tiempo total que tiene.

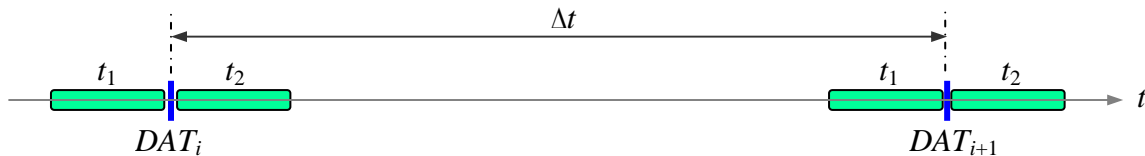
Solución

Para empezar, sabemos que la frecuencia del reloj que utiliza el procesador es de 500 MHz. De este dato podemos obtener el periodo de la señal de reloj o el tiempo de ciclo:

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{500 \text{ MHz}} = \frac{1}{500 \times 10^6 \text{ Hz}} = 2 \times 10^{-9} \text{ s} = 2 \text{ ns}$$

Para calcular la sobrecarga que sufre el procesador en una operación de E/S, necesitamos fijar el intervalo de tiempo que vamos a utilizar como base para los cálculos. Una vez fijado ese intervalo de tiempo, será suficiente diferenciar cuanto tiempo dentro de ese intervalo ha dedicado el procesador a realizar la operación de entrada/salida. Como conocemos el tiempo que necesita el procesador para obtener cada dato, lo más sencillo es utilizar el intervalo de tiempo entre la transferencia de dos datos consecutivos en una operación de entrada/salida.

En este ejercicio hay que calcular la sobrecarga para la sincronización por encuesta. Como se indica en el enunciado, el procesador necesita 200 ciclos de reloj para acceder por primera vez al registro de estado del periférico y comprobar si el dispositivo está preparado para realizar una transferencia (el procesador necesita un tiempo t_1 para realizar esta operación). Supongamos que en ese instante el periférico está preparado y tiene preparado el dato para transferirlo al procesador, entonces, el procesador necesita otros 400 ciclos de reloj para obtener el dato (tiempo t_2). Es decir, el procesador dedica un determinado intervalo de tiempo a la operación de entrada/salida antes de que pueda acceder al dato, y otro intervalo de tiempo para obtener el dato una vez que el dispositivo está preparado para comenzar con la transferencia del dato. Mientras tanto, el procesador podrá realizar otras tareas. De forma esquemática:



La sobrecarga (SC) la calculamos, en tanto por ciento, de la siguiente forma:

$$SC(\%) = \frac{t_1 + t_2}{\Delta t} \times 100$$

Por lo tanto, necesitamos conocer cuanto tiempo necesita el periférico entre la transferencia de dos datos consecutivos. Concretamente, el disco duro funciona a una velocidad conocida de 16 MB/s y transfiere bloques de 32 palabras, siendo las palabras de 32 bits = 4 bytes. Además sabemos que el disco duro funciona de forma continua, es decir, después de enviar un bloque, envía otro, y luego otro... sin parar. De esta forma, para calcular la sobrecarga lo que necesitamos calcular es el intervalo de tiempo entre la transferencia de dos bloques:

$$\Delta t = \frac{32 \text{ palabras} \times 4 \text{ bytes/palabra}}{16 \times 10^6 \text{ bytes/s}} = \frac{128 \text{ bytes}}{16 \times 10^6 \text{ bytes/s}} = 8 \times 10^{-6} \text{ s} = 8 \mu\text{s}$$

Por tanto, entre dos bloques consecutivos de 128 bytes, el disco duro necesita un intervalo de 8 μs .

Analicemos ahora los dos casos que se nos plantean por separado:

- a) ¿Cuál sería la sobrecarga si se utilizara una encuesta temporizada perfectamente sincronizada con la velocidad de funcionamiento del dispositivo?

En este caso, como la encuesta está completamente sincronizada con la velocidad de funcionamiento del disco, cuando el procesador accede al registro de estado del controlador para ver si el dato está preparado, verá siempre que el periférico está preparado, y el procesador no perderá tiempo esperando a que el dato esté preparado: ejecutará inmediatamente la rutina para obtener el dato, y obtendrá el dato.

Por lo tanto, el esquema anterior refleja este caso y podremos directamente calcular la sobrecarga una vez expresados los tiempos t_1 y t_2 en segundos en vez de en ciclos para realizar de forma correcta la división con Δt :

$$t_1 = 200 \text{ ciclos} \times 2 \text{ ns/ciclo} = 400 \text{ ns}$$

$$t_2 = 400 \text{ ciclos} \times 2 \text{ ns/ciclo} = 800 \text{ ns}$$

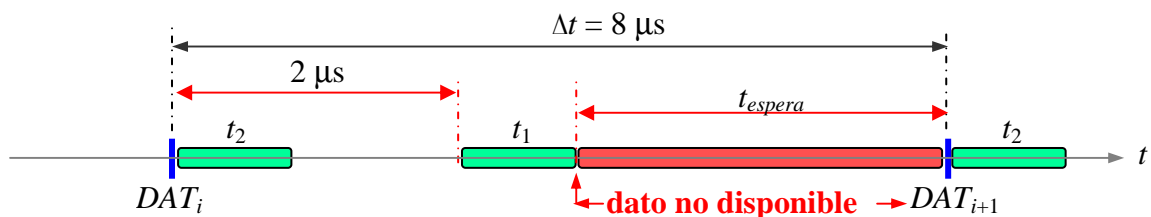
Y la sobrecarga:

$$SC(\%) = \frac{(400 + 800) \text{ ns}}{8 \mu\text{s}} \times 100 = \frac{(400 + 800) \times 10^{-9} \text{ s}}{8 \times 10^{-6} \text{ s}} \times 100 = \%15$$

- b) ¿Cuál sería la sobrecarga si el procesador necesitara un dato nuevo (y por lo tanto volver a acceder el disco) 2 μs después de haber recibido el dato anterior?

En este caso, el procesador realizará la encuesta cuando necesite el dato, sin conocer cual es la velocidad de trabajo del disco duro, y por lo tanto, puede ocurrir que cuando el procesador acceda el registro de datos del periférico éste no esté preparado, y que el procesador tenga que esperar hasta que el periférico esté preparado, y mientras tanto, lo único que hará será leer una y otra vez el registro de estado del periférico. Es decir, dedicará todo ese tiempo a la operación de entrada/salida aunque sea tiempo perdido.

Este es precisamente el caso en el que estamos. Como la velocidad de funcionamiento del disco duro es la misma que antes, el intervalo de tiempo entre dos bloques consecutivos es de 8 μs ahora también. Pero ahora, cuando el procesador obtiene un bloque de datos, necesita el siguiente bloque a los 2 μs y empezará a realizar la encuesta en ese instante. Sin embargo, el periférico no estará preparado por que necesita un intervalo de 8 μs para preparar el siguiente dato, y el procesador seguirá con la encuesta hasta que pasen esos 8 μs . En la siguiente figura podemos ver un esquema que representa este caso:



En este caso, la sobrecarga se calcula de la siguiente forma:

$$SC(\%) = \frac{t_1 + t_2 + t_{espera}}{\Delta t} \times 100$$

Hay que tener en cuenta que durante el tiempo t_{espera} el procesador está realizando la encuesta de forma continua, es decir, está realizando una fase determinada de la encuesta y no otro tipo de trabajo.

Si nos fijamos en la figura, nos daremos cuenta de que $t_1 + t_{espera} = 6 \mu\text{s}$, por lo que la sobrecarga queda como sigue:

$$SC(\%) = \frac{800 \text{ ns} + 6 \mu\text{s}}{8 \mu\text{s}} \times 100 = \frac{(0,8 + 6) \mu\text{s}}{8 \mu\text{s}} \times 100 = \%85$$

Como vemos, la sobrecarga es mucho mayor que en el caso anterior, el procesador le dedica mucho tiempo a la operación de entrada/salida, siendo gran parte de ese tiempo, tiempo perdido, ya que el procesador durante ese tiempo está esperando a que el dispositivo esté preparado.