
Arquitectura de Computadores I

Rendimiento 3 (solución): transferencia por DMA

Tenemos un computador cuyo procesador trabaja con un reloj de 1 GHz y queremos calcular la sobrecarga que sufre el procesador al realizar una operación de Entrada/Salida por DMA con un disco duro.

Cada vez que se programa una transferencia por DMA (se necesitan 2000 ciclos de reloj para ello) el disco duro transfiere directamente a memoria un bloque de 8kB, siendo la velocidad de funcionamiento del disco de 8MB/s.

Cuando acaba la transferencia de un bloque, el procesador recibe una petición de interrupción. El procesador necesita 1000 ciclos de reloj en total para detectar la interrupción, identificarla, saltar a la rutina de atención correspondiente y ejecutar dicha rutina.

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.

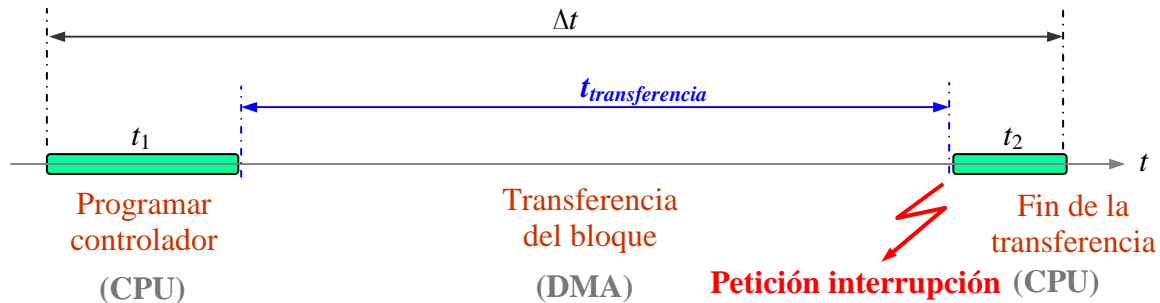
Solución

Partiendo de que la frecuencia del reloj es de 1 GHz podemos calcular el periodo de la señal de reloj o la duración del ciclo de reloj:

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{1 \text{ GHz}} = \frac{1}{1 \times 10^9 \text{ Hz}} = 1 \times 10^{-9} \text{ s} = 1 \text{ ns}$$

En este ejercicio, tenemos que calcular la sobrecarga para una transferencia por DMA. Para iniciar una transferencia por DMA el procesador debe programar tanto el controlador de DMA como el controlador del disco duro, y para ello, como nos indican en el enunciado, el procesador necesita 2000 ciclos de reloj (en general el procesador utilizará un tiempo t_1 para programar los controladores). Cuando el procesador haya programado el controlador de DMA, éste cogerá el control del bus y comenzará a realizar la transferencia. Mientras dure la transferencia (el controlador necesitará un tiempo $t_{\text{transferencia}}$ para transferir el bloque entero) el procesador podrá dedicarse a otras tareas. Sin embargo cuando acabe la transferencia, el controlador de DMA enviará una petición de interrupción al procesador para que éste sepa que la transferencia ha terminado. En este último paso el procesador dedicará 1000 ciclos a la operación de entrada salida (t_2 es el tiempo que dedica el procesador a finalizar la transferencia por DMA).

El disco duro en este tipo de transferencias no está trabajando de forma continua, realiza una única transferencia de un bloque grande. Esto implica que a la hora de calcular la sobrecarga no podemos considerar el intervalo de tiempo entre dos datos consecutivos como referencia. El intervalo de tiempo a considerar es el siguiente: se empieza a contar desde que el procesador decide iniciar la transferencia, incluyendo el tiempo para que transfiera el bloque entero hasta que termine de ejecutar la rutina del final de la transferencia. De forma esquemática:



Por lo tanto la sobrecarga (SC) la calculamos (en tanto por ciento) de la siguiente forma:

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

Necesitamos conocer cuanto tiempo necesita el periférico para transferir un bloque entero. La velocidad de funcionamiento de este disco duro es de 8 MB/s y los bloques que transfiere son de 8 kB:

$$t_{transferencia} = \frac{8 \text{ kB}}{8 \text{ MB/s}} = \frac{8 \times 2^{10} \text{ bytes}}{8 \times 10^6 \text{ bytes/s}} = 1024 \times 10^{-6} \text{ s} = 1024 \mu\text{s}$$

Si nos fijamos bien en la ecuación anterior, vemos que por una parte decimos que 8 kB = 8 × 2¹⁰ bytes, mientras que por otra parte tenemos que 8 MB/s = 8 × 10⁶ bytes/s. Es muy importante diferenciar estos dos casos, ya que los múltiplos (kilo, mega) no representan lo mismo en ambos casos. Cuando hablamos de cantidad de información o capacidad de almacenamiento de los dispositivos los múltiplos (kilo, mega, giga...) representan potencias de 2 (2¹⁰, 2²⁰, 2³⁰..., respectivamente), sin embargo cuando hablamos de velocidad, los múltiplos representan potencias de 10 (10³, 10⁶, 10⁹..., respectivamente).

A la hora de calcular la sobrecarga los tiempos t₁ y t₂ los tenemos que indicar en segundos y no en ciclos para realizar correctamente la división con Δt. Para ello realizamos el siguiente cálculo:

$$t_1 = 2000 \text{ ciclos} \times 1 \text{ ns/ciclo} = 2000 \text{ ns}$$

$$t_2 = 1000 \text{ ciclos} \times 1 \text{ ns/ciclo} = 1000 \text{ ns}$$

Y la sobrecarga será:

$$SC(\%) = \frac{(2000 + 1000) \text{ ns}}{(2000 + 1000) \text{ ns} + 1024 \mu\text{s}} \times 100 = \frac{3 \mu\text{s}}{1027 \mu\text{s}} \times 100 = \%0,29$$

Nota: hay que tener en cuenta que en la ecuación anterior los tiempos están indicados en distintas unidades, dos están en nanosegundos, y el tercero en microsegundos. Los tres tiempos se deben poner en la misma unidad de tiempo, en este caso en microsegundos.

La sobrecarga en este caso es muy pequeña, el procesador dedica poco tiempo a la operación de entrada/salida puesto que el controlador de DMA libera de gran parte de ese trabajo al procesador.