

Diseñando con microcontroladores de consumo eficiente

Por Dr. William Marshall



Dr. William Marshall,
Artículo cedido por RS
Components

Un mayor uso de microcontroladores integrados en los equipos electrónicos, junto con la crisis energética mundial forzarán a los ingenieros electrónicos a considerar las características de reducción de consumo de estos dispositivos que hasta el momento no se habían tenido en cuenta.

Perspectiva histórica

En 1976 se lanzó un nuevo ordenador: el Cray 1. En aquel entonces se ganó el título de "Superordenador" por su increíble poder de procesamiento, de 160 MIP a una frecuencia de reloj de 80 MHz. Pero no sólo destacaba por su poder de computación: el Cray 1 necesitaba una fuente de alimentación de 115 kW y tenía un tamaño similar al de una cabina de teléfono. Para evitar que se derritiera, a su estructura se le incorporó una potente planta de refrigeración a base de freón. Lo podemos comparar con la tecnología actual, por ejemplo el microcontrolador Parallax Propeller que es una máquina con bus de 32 bit en lugar de los 64 del Cray, pero que también consigue 160 MIP con una frecuencia de reloj de 80 MHz. La principal diferencia (además del tamaño físico) radica en la energía que se necesita para lograr ese rendimiento. El consumo medio del Propeller es de tan solo 1 vatio, y muchos dispositivos nuevos pueden lograr consumos mucho más bajos. El ordenador Intel Atom de 64 bit de doble núcleo con el que estoy escribiendo este artículo consume tan poco que el sensor de corriente de la toma múltiple a la que está enchufado ni siquiera nota que está enchufado...

La llegada de la integración a escala muy grande (VLSI) a los ordenadores ha llevado inevitablemente a un ratio potencia de procesamiento-alimentación mucho mejor. La primera tecnología de chips NMOS dejó paso a la CMOS, que prometía un consumo de energía menor. Una característica de los CMOS es que sólo se toma una corriente significativa cuando un dispositivo lógico cambia de estado. Esto significa que

cuanto más rápida es la frecuencia de reloj, mayor es el consumo medio de un microcontrolador dado. Así que un microcontrolador contribuirá de dos maneras al consumo: estática y dinámicamente.

Reducción de la tensión estática

El dispositivo consume energía debido a las pérdidas, incluso si el reloj está apagado. En los dispositivos más nuevos, los elementos individuales de los circuitos se encapsulan juntos para reducir la resistencia de aislamiento y hacer que requieran una tensión menor. Actualmente, la lógica capaz de operar a +1,8 V es muy común, habiendo incluso algunas capaces de funcionar con un suministro tan bajo como +0,9 V. Por ejemplo, la gama de controladores PIC Microchip nanoWatt XLP_P puede funcionar con una corriente de +2,5 V a +5,5 V a una frecuencia de reloj máxima de 32 MHz. Si se puede realizar el trabajo a 16 MHz, entonces la alimentación puede bajar a +1,8 V siempre que los dispositivos periféricos puedan funcionar a una tensión tan baja.

Esto genera una caída tanto en la tensión como en el consumo eléctrico, que depende de la frecuencia.

Reducción de la frecuencia estática

Si no existen modos de ahorro de energía especiales, se debe considerar utilizar la velocidad de reloj más baja que permita realizar la tarea en cuestión en el tiempo disponible. Para algo tan sencillo como el control remoto de un televisor, por ejemplo, se suele usar una frecuencia de 32 kHz..

Escalado de tensión dinámico

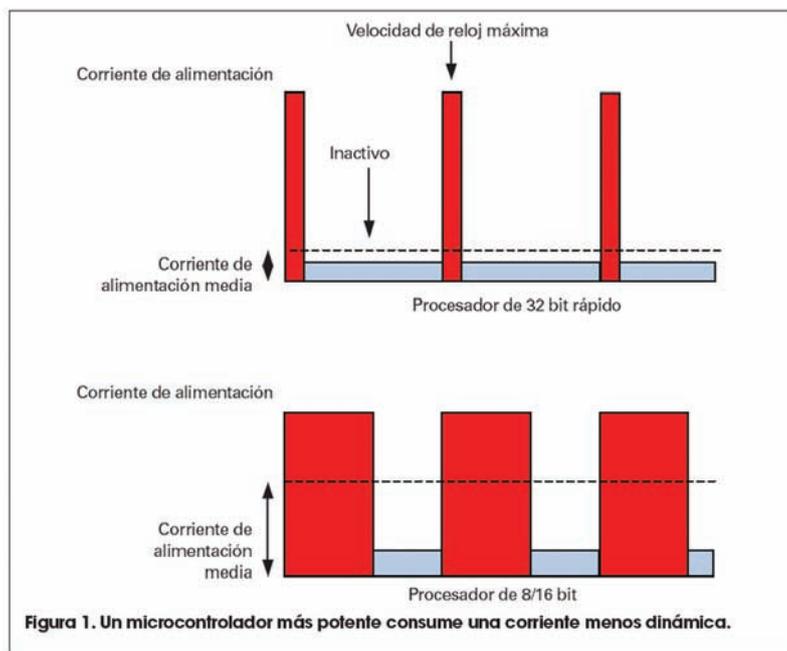
En situaciones más complejas, estas soluciones fijas o estáticas podrían no ser adecuadas ya que la carga de procesamiento podría variar

por lo que el funcionamiento a alta velocidad se mantiene "por si acaso". En estas situaciones se puede usar una técnica denominada escalado dinámico de tensión (DVS) en la que el software analiza la demanda del procesador y hace que la velocidad del reloj y la tensión de alimentación se ajusten en consecuencia. Sin embargo, el cálculo de los ahorros que se logran es complejo, debiéndose considerar muchos factores, como por ejemplo el uso de memoria.

"Dozing" y "Sleeping"

Los primeros microcontroladores carecían de modos de funcionamiento destinados a ahorrar energía: tal vez porque su potencia de procesamiento era tan baja que se creía poco probable que hubiera aplicaciones que dejaran descansar al procesador. La invención de los instrumentos digitales portátiles con batería cambió esa concepción. Los requisitos de diseño de los teléfonos móviles han impulsado los desarrollos tanto en microcontroladores de bajo consumo como en la tecnología de las baterías. Uno de los primeros microcontroladores con modo de inactividad fue el Intel 80C51. Los nuevos dispositivos han introducido todo un menú de modos de ahorro de energía, la mayoría de los cuales consiste en apagar ciertas funciones cuando no se necesitan. Ahora, la mayoría de los microcontroladores se usa en situaciones de control en "tiempo real" que requieren irrupciones de actividad seguidas tal vez de periodos prolongados de completa inactividad. El control remoto del televisor es un claro ejemplo de cómo el procesador se puede apagar completamente hasta que se pulsa un botón. El consumo de corriente medio puede ser poco más que el factor de autodescarga de la batería.

Cada vez más, los sistemas en tiempo real abandonan el modelo de procesador central único por un controlador central de alto nivel alimentado por datos semiprocesados provenientes de sensores "intelligen-



tes". El microcontrolador conectado a cada sensor toma muestras analógicas a intervalos fijos, realizando algunas operaciones DSP y luego transmitiendo el resultado por un bus serie. En este caso, un temporizador "despierta" el microcontrolador sensor a cada intervalo de muestra. Ahora es cuando las cosas se ponen interesantes: ¿con un núcleo Cortex M0, se ha de elegir un sencillo microcontrolador de 8 bit o uno más rápido de 32 bit? Lógicamente, el microcontrolador de 8 bit parece más eficiente porque es barato y trabajará plenamente la mayor parte del tiempo de procesamiento. Pero de hecho, el dispositivo de 32 bit puede ser mejor en cuanto al consumo medio de corriente ya que puede completar la tarea más rápidamente y luego pasar al modo de inactividad (Fig. 1).

Pero, incluso esta técnica se ha de usar con precaución: existe una velocidad óptima del reloj, y ésta no es necesariamente la máxima. En otras palabras, completar la tarea cuanto antes con la frecuencia de reloj más rápida no siempre produce un consumo medio de corriente más bajo. Por suerte, gran parte de la mejora en velocidad con respecto al dispositivo de 8 bit se debe a un conjunto de instrucciones más potente, con multiplicación de ciclo único de 32 bit, por ejemplo. Pero no hay que desesperar si un anticuado diseño basado en un 8051 se ha de mejorar reteniendo la compatibilidad de software: la eficiencia de ejecución del

núcleo 8051 ha mejorado muchísimo (menos ciclos de reloj por instrucción) y también ha aumentado mucho la velocidad general del reloj. La gama de Silicon Laboratories, por ejemplo, proporciona instrucciones de ciclo único a hasta 100 MIP.

Cuando se usan los modos de inactividad, una consideración importante a tener en cuenta es el tiempo que tardan en despertarse. Los osciladores pueden tardar milisegundos en producir una salida estable, y esto representa tiempo y energía perdidos. Con los ciclos de tareas cortos, los microcontroladores apenas se han despertado cuando ya llega la siguiente llamada para que se despierten de nuevo.

Los microcontroladores de Microchip nanoWatt™ presentan un modo de descanso ("Doze"), que permite que el reloj del procesador funcione más despacio que los relojes periféricos. Éste entra en funcionamiento en situaciones en las que el dispositivo periférico ha de trabajar a máxima velocidad, pero el procesador no tiene mucho trabajo mientras espera una interrupción de los periféricos.

Recortar el gasto energético en la fuente de alimentación

Ha diseñado su sistema microcontrolador para lograr un consumo reducido, pero ¿y la fuente de alimentación? Si tiene experiencia en el tema

tal vez se decida por un regulador lineal de la serie 78xx que, pese a que actualmente se consideran obsoletos, siguen siendo muy populares. Si bien son más caros, decátese siempre por uno más nuevo de caída baja (LDO).

Un regulador 7805 de +5 voltios tiene una tensión de caída de 2 voltios, lo que significa que necesita al menos una entrada de +7 voltios. A una corriente máxima de 1 amperio, al menos 2 vatios se desperdician en forma de calor, por lo que es casi seguro que se necesitará un disipador de calor. Los reguladores de caída baja (LDO) cortan la caída a aproximadamente 300 mV. Eso significa que se puede usar un transformador de tensión de red más bajo, reduciendo así el gasto energético. O, incluso mejor, para mayor eficiencia se puede usar un regulador de conmutación. Recuerde, sin embargo, que la fuente de alimentación debe tener una potencia nominal adecuada para el consumo de corriente pico – no la corriente media.

Por último, se deben incluir resistencias pull-up en todas las entradas de E/S no utilizadas. El ruido aleatorio en una entrada flotante puede conmutar los circuitos internos y, aunque las señales resultantes estén bloqueadas y no causen un funcionamiento erróneo, aumentan la corriente dinámica total. Algunos dispositivos presentan resistencias pull-up débiles internas, aunque la opinión general parece estar dividida respecto a su eficacia, y muchos diseñadores prefieren utilizar resistencias externas.

Conclusión

En estos momentos, los costes energéticos son de suma importancia para todos, y a medida que siguen proliferando los equipos electrónicos en el mercado doméstico, los ingenieros de diseño han de suponer que el consumo de energía será un factor crítico en sus proyectos. Por suerte, la necesidad de dispositivos de bajo consumo en los equipos portátiles con batería hizo que se iniciara hace años el proceso de diseño de chips de consumo eficiente. Esta nueva tecnología en los chips, junto con el software de ahorro de energía, también contribuirá a reducir el gasto energético en los equipos conectados a la red eléctrica.

Referencias

- [1] Power Management and Dynamic Voltage Scaling: Myths and Facts David Snowdon, Sergio Ruocco and Gernot Heiser http://ertos.nicta.com.au/publications/papers/Snowdon_RH_05.pdf
- [2] EFM32 Introduction White Paper http://cdn.energymicro.com/dl/pdf/efm32_introduction_white_paper.pdf
- [3] The New ARM Cortex-M0 Processor http://ics.nxp.com/support/documents/microcontrollers/pdf/arm_cortex-m0.iq.pdf
- [4] Practical Applications of Low-Power Design with nanoWatt XLP™ <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/>