

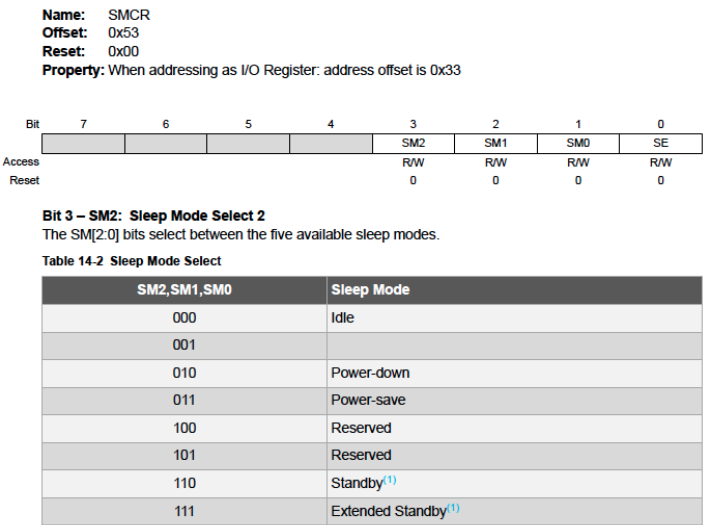
Modos de suspensión de bajo consumo de AVR®

Los microcontroladores AVR® de 8 bits incluyen varios modos de suspensión que permiten que la aplicación apague los módulos no utilizados en la MCU, ahorrando así energía. El dispositivo AVR proporciona varios modos de suspensión que le permiten adaptar el consumo de energía a los requisitos de la aplicación.

Hay cinco modos de suspensión para seleccionar:

- Modo inactivo
- Corriente cortada
- Ahorro de energía
- Apoyar
- Espera extendida

Para ingresar a cualquiera de los modos de suspensión, el bit de habilitación de suspensión en el **registro de control del modo de suspensión (SMCR.SE)** debe escribirse en '1' y debe ejecutarse una instrucción SLEEP. **Los bits de selección de modo de reposo (SMCR.SM[2:0])** seleccionan qué modo de reposo (inactivo, apagado, ahorro de energía, espera o espera extendida) se activará mediante la instrucción SLEEP. Las opciones de suspensión que se muestran son de ATmega328PB.



(/local--files/8avr:avrsleep/sleepmode.png)

Interrupciones

Si ocurre una **interrupción** habilitada mientras la MCU está en modo de suspensión, la MCU se activa. Luego, la MCU se detiene durante cuatro ciclos además del tiempo de inicio, ejecuta la rutina de interrupción y reanuda la ejecución desde la instrucción que sigue a SLEEP. El contenido del archivo de registro y SRAM no se altera cuando el dispositivo se despierta del modo de suspensión.

Reiniciar

Si se produce un **reinicio** durante el modo de suspensión, la MCU se activa y se ejecuta desde el vector de reinicio.

Breve resumen del modo de suspensión del AVR

AVR® Insights - Episode 4 - Sleep Modes



Descarga del proyecto: proyecto de muestra mencionado en el video
(<https://microchiptechnology.sharepoint.com/:u:/s/DeveloperHelp/EWtjQ0WKul5LryCcPDJydSIBCed1BT1izkjcnnuw5EAxQQ?e=NTjnlx>)

Modo inactivo

Cuando los bits **SM[2:0]** se escriben en **'000'**, la instrucción **SLEEP** hace que la MCU entre en modo inactivo, lo que detiene la CPU pero permite que la interfaz periférica en serie (SPI), el receptor/transmisor síncrono/asíncrono universal (USART), Comparador Analógico, Interfaz Serial de 2 hilos, Temporizador/Contadores, Watchdog y el sistema de interrupción para continuar operando. Este modo de suspensión básicamente detiene el **reloj de la CPU (clkCPU)** y el **reloj Flash (clkFLASH)**, mientras permite que se ejecuten los otros relojes.

El modo inactivo permite que la MCU se despierte de las interrupciones externas, así como de las internas, como el desbordamiento del temporizador y las interrupciones de transmisión completa de USART. Si no se requiere la activación de la interrupción del comparador analógico, el comparador analógico se puede apagar configurando el bit ACD en el registro de control y estado del comparador analógico - ACSR. Esto reducirá el consumo de energía en el modo inactivo.

Modo de apagado

Cuando los bits **SM[2:0]** se escriben en **'010'**, la instrucción **SLEEP** hace que la MCU ingrese al modo de apagado. En este modo, el Oscilador externo se detiene, mientras que las interrupciones externas, el reloj de dirección de la Interfaz Serial de 2 hilos y el Watchdog continúan operando (si está habilitado). Solo uno de estos eventos puede despertar la MCU:

- Restablecimiento externo
- Restablecimiento del sistema de vigilancia
- Interrupción de vigilancia
- Restablecimiento de oscurecimiento
- Coincidencia de dirección de interfaz serial de 2 hilos
- Interrupción de nivel externo en INT
- Interrupción por cambio de pin

Este modo de suspensión básicamente detiene todos los relojes generados, lo que permite la operación de módulos asíncronos únicamente.

Nota: Si se usa una interrupción activada por nivel para activarse después de un apagado, el nivel requerido debe mantenerse el tiempo suficiente para que la MCU complete la activación para activar la interrupción de nivel. Si el nivel desaparece antes de que finalice el tiempo de inicio, la MCU aún se activará, pero no se generará ninguna interrupción. El tiempo de inicio está definido por el **temporizador de inicio (SUT)** y los fusibles de selección de reloj (**CKSEL**) .

Cuando se activa desde el modo de apagado, hay un retraso desde que ocurre la condición de activación hasta que la activación se hace efectiva. Esto permite que el reloj se reinicie y se establezca después de haber sido detenido. El período de activación está definido por los mismos fusibles **CKSEL** que definen el **periodo de tiempo de espera de restablecimiento** .

Modo ahorro de energía

Cuando los bits **SM[2:0]** se escriben en **011** , la instrucción SLEEP hace que la MCU ingrese al modo de ahorro de energía. Este modo es idéntico al Apagado, con una excepción: si el Temporizador/Contador2 está habilitado, seguirá funcionando durante la suspensión.

El dispositivo puede despertarse del evento de desbordamiento del temporizador o de comparación de salida del temporizador/contador2 si los bits correspondientes de habilitación de interrupción del temporizador/contador2 están configurados en el **registro de máscara de interrupción del temporizador (TIMSK2)** y el bit de **habilitación de interrupción global en el registro de estado (SREG)** es establecer.

Si Timer/Counter2 no está funcionando, se recomienda el modo de apagado en lugar del modo de ahorro de energía.

El Timer/Counter2 se puede cronometrar de forma sincrónica y asincrónica en el modo de ahorro de energía. Si Timer/Counter2 no está usando el reloj asíncrono, el Timer/Counter Oscillator se detiene durante la suspensión. Si Timer/Counter2 no está usando el reloj síncrono, la fuente del reloj se detiene durante la suspensión. Incluso si el reloj síncrono está funcionando en ahorro de energía, este reloj solo está disponible para Timer/Counter2.

Modo de espera

Cuando los bits **SM[2:0]** se escriben en **'110'** y se selecciona una opción de reloj externo, la instrucción SLEEP hace que la MCU entre en modo de espera. Este modo es idéntico a Power-Down con la excepción de que el Oscilador sigue funcionando. Desde el modo de espera, el dispositivo se activa en seis ciclos de reloj.

Modo de espera extendido

Cuando los bits **SM[2:0]** se escriben en **'111'** y se selecciona una opción de reloj externo, la instrucción SLEEP hace que la MCU ingrese al modo de espera extendida. Este modo es idéntico al modo de ahorro de energía con la excepción de que el oscilador se mantiene en funcionamiento. Desde el modo de espera extendida, el dispositivo se activa en seis ciclos de reloj.

Consejos y trucos para minimizar el consumo de energía

Hay varias posibilidades a considerar cuando se trata de minimizar el consumo de energía en un sistema controlado por AVR. En general, los modos de suspensión se deben usar tanto como sea posible, y el modo de suspensión se debe seleccionar de modo que estén operando la menor cantidad posible de funciones del dispositivo. Todas las funciones que no sean necesarias deben desactivarse.

En particular, los siguientes módulos pueden necesitar una consideración especial cuando se trata de lograr el menor consumo de energía posible.

Conversor analógico a digital

Si está habilitado, el ADC estará habilitado en todos los modos de suspensión. Para ahorrar energía, el ADC debe desactivarse antes de ingresar a cualquier modo de suspensión. Cuando el ADC se apaga y se vuelve a encender, la próxima conversión será una conversión extendida.

Comparador analógico

Al ingresar al modo inactivo, el comparador analógico debe desactivarse si no se usa. Al ingresar al modo de reducción de ruido ADC, el comparador analógico debe estar desactivado. En otros modos de reposo, el comparador analógico se desactiva automáticamente. Sin embargo, si el comparador analógico está configurado para usar la referencia de voltaje interno como entrada, el comparador analógico debe desactivarse en todos los modos de reposo. De lo contrario, se habilitará la referencia de voltaje interno, independientemente del modo de reposo.

Detector de oscurecimiento

Si la aplicación no necesita el detector Brown-Out (BOD), este módulo debe apagarse. Si el BOD está habilitado por los fusibles BODLEVEL, estará habilitado en todos los modos de suspensión y, por lo tanto, siempre consumirá energía. En los modos de suspensión más profunda, esto contribuirá significativamente al consumo total de corriente.

Referencia de voltaje interno

La referencia de voltaje interno se habilitará cuando sea necesario para la detección de Brown-Out, el comparador analógico o el convertidor de analógico a digital. Si estos módulos se deshabilitan como se describe en las secciones anteriores, la referencia de voltaje interno se deshabilitará y no consumirá energía. Cuando se vuelve a encender, el usuario debe permitir que la referencia se inicie antes de que se use la salida. Si la referencia se mantiene en modo de reposo, la salida se puede utilizar inmediatamente.

Temporizador de vigilancia

Si no se necesita el temporizador de vigilancia en la aplicación, el módulo debe apagarse. Si el temporizador de vigilancia está habilitado, estará habilitado en todos los modos de suspensión y, por lo tanto, siempre consumirá energía. En los modos de suspensión más profunda, esto contribuirá significativamente al consumo total de corriente.

Pines de puerto

Al ingresar al modo de suspensión, todos los pines del puerto deben configurarse para usar la energía mínima. Entonces, lo más importante es asegurarse de que ningún pasador impulse cargas resistivas. En los modos de suspensión en los que se detienen tanto el reloj de E/S (clkI/O) como el reloj del ADC (clkADC), los búferes de entrada del dispositivo se desactivarán. Esto asegura que la lógica de entrada no consume energía cuando no se necesita. En algunos casos, la lógica de entrada es necesaria para detectar las condiciones de activación y luego se habilitará. Consulte la sección Habilitación de entrada digital y modos de suspensión para obtener detalles sobre qué pines están habilitados. Si el búfer de entrada está habilitado y la señal de entrada se deja flotando o tiene un nivel de señal analógica cercano a $VCC/2$, el búfer de entrada usará una potencia excesiva.

Para los pines de entrada analógica, el búfer de entrada digital debe estar deshabilitado en todo momento. Un nivel de señal analógica cercano a $VCC/2$ en un pin de entrada puede causar una corriente significativa incluso en modo activo. Los búferes de entrada digital se pueden desactivar escribiendo en los registros de desactivación de entrada digital (DIDR0 para ADC, DIDR1 para AC).

Sistema de depuración en chip

Si el sistema de depuración en chip está habilitado por el fusible DWEN y el chip entra en modo de suspensión, la fuente de reloj principal está habilitada y, por lo tanto, siempre consume energía. En los modos de suspensión más profunda, esto contribuirá significativamente al consumo total de corriente.