

# Sensor de temperatura interna AVR

Algunos dispositivos AVR tienen un sensor de temperatura interno. Se puede utilizar para medir la temperatura central del dispositivo (no la temperatura ambiente alrededor del dispositivo). El voltaje medido tiene una relación lineal con la temperatura. La sensibilidad de voltaje es de aproximadamente 1 mV/°C, la precisión de la medición de temperatura es de  $\pm 10^\circ\text{C}$ .

La medición de temperatura se basa en el sensor de temperatura en el chip que está acoplado a un canal ADC de un solo extremo. Seleccionar el canal ADC 8 escribiendo '1000' en ADMUX.MUX[3:0] habilita el sensor de temperatura. La referencia de voltaje interno de 1,1 V también debe seleccionarse para la fuente de referencia de voltaje ADC. Cuando el sensor de temperatura está habilitado, el convertidor ADC se puede usar en modo de conversión simple para medir el voltaje sobre el sensor de temperatura.

## Muestra de datos de medición

Temperature	-45°C	+25°C	+85°C
Voltage	242mV	314mV	380mV

(/local--files/8avr:avrtemp/temp1.png)

## Calibración

Los resultados de las mediciones de temperatura tienen errores de compensación y ganancia. La referencia de temperatura interna puede corregirse para estos errores realizando mediciones de calibración a una o dos temperaturas conocidas y ajustando los valores de salida. Esto puede resultar en mediciones de temperatura muy precisas, a veces tan precisas como  $\pm 2^\circ\text{C}$ .

Se pueden encontrar más detalles en esta nota de aplicación. ([http://www.atmel.com/Images/Atmel-8108-Calibration-of-the-AVR's-Internal-Temperature-Reference\\_ApplicationNote\\_AVR122.pdf](http://www.atmel.com/Images/Atmel-8108-Calibration-of-the-AVR's-Internal-Temperature-Reference_ApplicationNote_AVR122.pdf))

# Configuración del ADC

La referencia de voltaje interno de 1,1 V debe seleccionarse como fuente de referencia de voltaje ADC cuando se usa el sensor de temperatura interno. Escribir "11" en los bits **REFS1** y **REFS0** del **registro ADMUX** selecciona la referencia de voltaje interna de 1,1 V.

El ADC tiene múltiples canales de entrada y modos de operación. El modo **de conversión** simple se puede usar para convertir la señal del sensor de temperatura conectado al canal 8. Para seleccionar el canal 8, escribir "1000" en los bits MUX3 a MUX0 selecciona el canal 8 o el sensor de temperatura.

Una vez que se completa la conversión, el resultado se almacena en dos registros de datos ADC de 8 bits ADCH (8 bits superiores) y ADCL (8 bits inferiores). El resultado de 10 bits puede estar justificado a la izquierda o a la derecha. Si el bit ADLAR se establece en "1", el resultado se deja ajustado a los 10 bits superiores de los dos registros. Si se establece en "0", el resultado ocupa los 10 bits inferiores de los dos registros. De forma predeterminada, cada bit se borra y la palabra se justifica a la derecha.

Esta declaración de código establecerá los bits como se describe.

```
ADMUX = (1«REF1) | (1«REF0) | (0«ADLR) | (1«MUX3) | (0«MUX2) | (0«MUX1) | (0«MUX0);
```

**Name:** ADMUX  
**Offset:** 0x7C  
**Reset:** 0x00  
**Property:** -

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
	REFS1	REFS0	ADLAR		MUX3	MUX2	MUX1	MUX0
Access	R/W	R/W	R/W		R/W	R/W	R/W	R/W
Reset	0	0	0		0	0	0	0

## Bits 7:6 – REFSn: Reference Selection [n = 1:0]

These bits select the voltage reference for the ADC. If these bits are changed during a conversion, the change will not go in effect until this conversion is complete (ADIF in ADCSRA is set). The internal voltage reference options may not be used if an external reference voltage is being applied to the AREF pin.

**Table 29-3 ADC Voltage Reference Selection**

REFS[1:0]	Voltage Reference Selection
00	AREF, Internal $V_{ref}$ turned off
01	$AV_{CC}$ with external capacitor at AREF pin
10	Reserved
11	Internal 1.1V Voltage Reference with external capacitor at AREF pin

(/local--files/8avr:avrtemp/temp2.png)

**Bits 3:0 – MUXn: Analog Channel Selection [n = 3:0]**  
The value of these bits selects which analog inputs are connected to the ADC. If these bits are changed during a conversion, the change will not go in effect until this conversion is complete (ADIF in [ADCSRA](#) on page 323 is set).

Table 29-4 Input Channel Selection

MUX[3:0]	Single Ended Input
0000	ADC0
0001	ADC1
0010	ADC2
0011	ADC3
0100	ADC4
0101	ADC5

(/local--files/8avr:avrtemp/temp3.png)

MUX[3:0]	Single Ended Input
0110	ADC6
0111	ADC7
1000	Temperature sensor
1001	Reserved
1010	Reserved
1011	Reserved
1100	Reserved
1101	Reserved
1110	1.1V (V <sub>BG</sub> )
1111	0V (GND)

(/local--files/8avr:avrtemp/temp4.png)

## Configuración del reloj ADC y el tiempo de conversión

El ADC puede preescalar el reloj del sistema para proporcionar un reloj ADC que esté entre 50 kHz y 200 kHz para obtener la máxima resolución. Si se requiere una resolución de ADC de menos de 10 bits, la frecuencia de reloj de ADC puede ser superior a 200 kHz. A 1 MHz es posible lograr hasta ocho bits de resolución.

El valor del preescalador se selecciona con **bits** ADPS en **el registro ADCSRA** . Por ejemplo; escribir "110" en el **registro ADCSRA** selecciona el preescalador de división por 64 que da como resultado un reloj ADC de 125 KHz cuando se usa un reloj oscilador de 8 MHz.

Registro A de control y estado del ADC

**Name:** ADCSRA  
**Offset:** 0x7A  
**Reset:** 0x00  
**Property:** -

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
	ADEN	ADSC	ADATE	ADIF	ADIE	ADPS2	ADPS1	ADPS0
Access	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

(/local--files/8avr:avrtemp/temp5.png)

#### Bit 7 – ADEN: ADC Enable

Writing this bit to one enables the ADC. By writing it to zero, the ADC is turned off. Turning the ADC off while a conversion is in progress, will terminate this conversion.

#### Bit 6 – ADSC: ADC Start Conversion

In Single Conversion mode, write this bit to one to start each conversion. In Free Running mode, write this bit to one to start the first conversion. The first conversion after ADSC has been written after the ADC has been enabled, or if ADSC is written at the same time as the ADC is enabled, will take 25 ADC clock cycles instead of the normal 13. This first conversion performs initialization of the ADC.

ADSC will read as one as long as a conversion is in progress. When the conversion is complete, it returns to zero. Writing zero to this bit has no effect.

#### Bit 5 – ADATE: ADC Auto Trigger Enable

When this bit is written to one, Auto Triggering of the ADC is enabled. The ADC will start a conversion on a positive edge of the selected trigger signal. The trigger source is selected by setting the ADC Trigger Select bits, ADTS in ADCSRB.

#### Bit 4 – ADIF: ADC Interrupt Flag

This bit is set when an ADC conversion completes and the Data Registers are updated. The ADC Conversion Complete Interrupt is executed if the ADIE bit and the I-bit in SREG are set. ADIF is cleared by hardware when executing the corresponding interrupt handling vector. Alternatively, ADIF is cleared by writing a logical one to the flag. Beware that if doing a Read-Modify-Write on ADCSRA, a pending interrupt can be disabled. This also applies if the SBI and CBI instructions are used.

#### Bit 3 – ADIE: ADC Interrupt Enable

When this bit is written to one and the I-bit in SREG is set, the ADC Conversion Complete Interrupt is activated.

#### Bits 2:0 – ADPSn: ADC Prescaler Select [n = 2:0]

These bits determine the division factor between the system clock frequency and the input clock to the ADC.

(/local--files/8avr:avrtemp/temp6.png)

**Table 29-5 Input Channel Selection**

ADPS[2:0]	Division Factor
000	2
001	2

(/local--files/8avr:avrtemp/temp7.png)

ADPS[2:0]	Division Factor
010	4
011	8
100	16
101	32
110	64
111	128

(/local--files/8avr:avrtemp/temp8.png)

## Iniciar una conversión

En el modo de conversión simple, el **bit ADSC** en el **registro ADCSRA** debe establecerse en un estado lógico uno para iniciar la conversión ADC. Este bit permanece en nivel lógico alto mientras la conversión está en curso y el hardware lo borra una vez que se completa la conversión.

La primera conversión después de encender el ADC requiere 25 ciclos de reloj del ADC para inicializar el circuito analógico. Luego, para conversiones posteriores, se necesitan 13 ciclos de reloj ADC (13,5 para conversiones activadas automáticamente).

## Proyecto de muestra

Un proyecto de muestra para usar el sensor de temperatura está disponible aquí.  
(/8avr:avradc)