



Control total de la temperatura

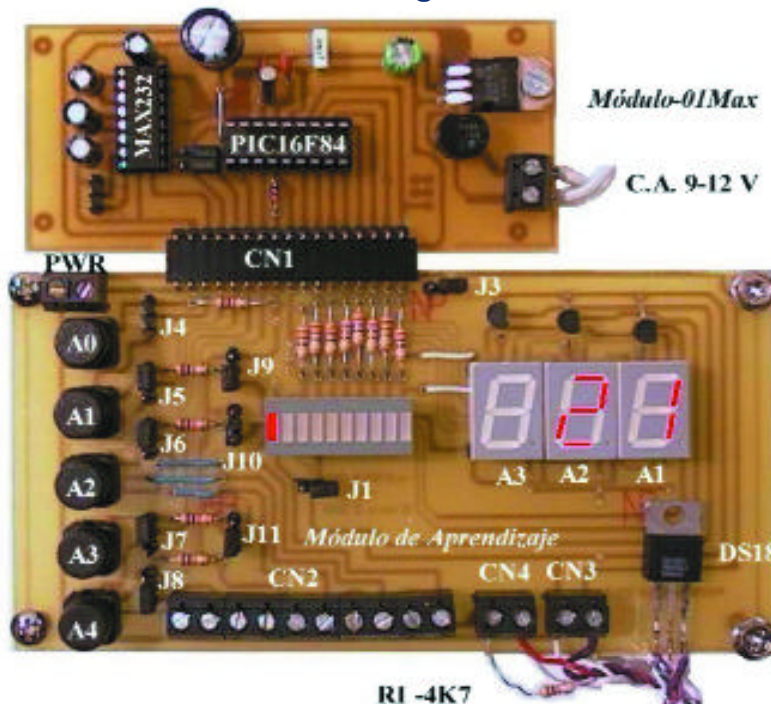
Cómo construir una estación meteorológica

Después de un breve período de tiempo, retomamos nuestros artículos sobre microcontroladores con la construcción de una estación meteorológica. Aquellos lectores que por cualquier motivo no hayan podido seguirlos, pueden consultarlos en la página web <http://curtis.ugr.es/Microcont-01.htm>

Iniciamos este mes una serie que concluirá con el montaje de una completa estación meteorológica cuyo esquema sinóptico se presenta en la «Figura 1». Una vez concluida su construcción, la estación meteorológica permitirá medir las siguientes variables: temperatura, humedad relativa, presión atmosférica, velocidad del viento, dirección del viento, intensidad luminosa y pluviosidad.

Comenzaremos explicando cómo realizar las anteriores medidas con el empleo de los módulos ya descritos en anteriores artículos, aunque poco a poco se irán introduciendo nuevos módulos.

Por último, indicar que más adelante se propondrán programas que permitan obtener los datos de nuestra estación meteorológica a través de Internet.

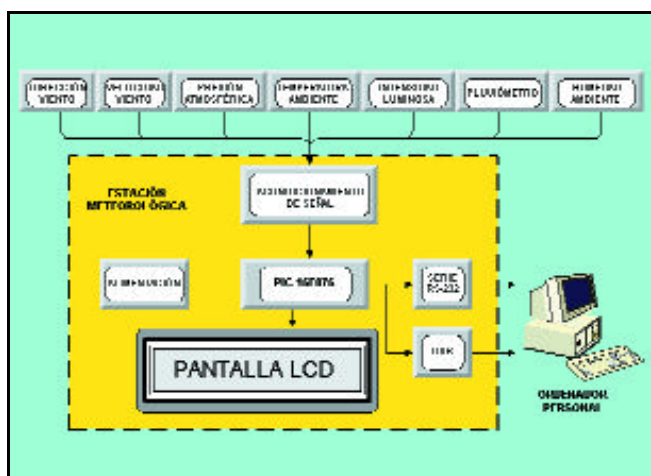


Conexión del transductor DS1821 al módulo de aprendizaje. En los displays de éste aparece el valor de la temperatura (fotografía 1).

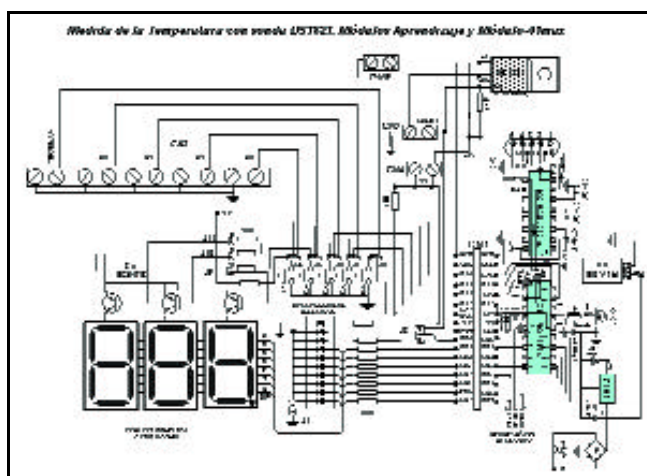
Medida de la temperatura ambiente

Para la medida de la temperatura ambiente pueden emplearse varios tipos de sondas o transductores. Se puede elegir entre termopares tipo K, sondas de platino PT-100, sensores electrónicos del tipo LM35 o sensores inteligentes DS1821.

En todos los casos anteriores, salvo uno, es necesario un circuito electrónico que adapte la señal del transductor a una entrada convertidora analógico/digital (A/D). Es decir, del transductor se obtiene una señal analógica que varía con la temperatura, por ejemplo una variación de la resistencia en función de la



Esquema sinóptico de la futura estación meteorológica (figura 1).



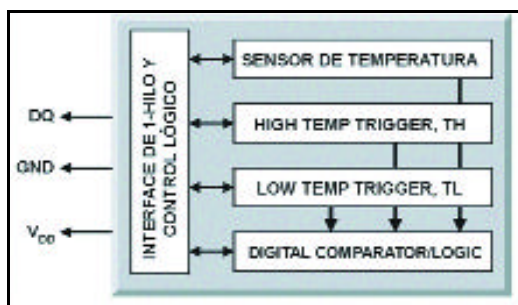
Esquema eléctrico del conexionado de la fotografía 1 (figura 4).



temperatura. Esta variación de resistencia debe acondicionarse mediante una circuitería analógica para luego atacar la entrada de un convertor A/D que suele ser de 0-5 voltios. Por último, el circuito convertor analógico/digital se encarga de transformar la señal de voltaje analógica en digital para que pueda ser manejada por el microcontrolador.

Dado que los módulos presentados hasta el momento se basan en el PIC 16F84 y éste no dispone de entrada A/D, sería necesario emplear otro tipo de microcontrolador como el PIC16C71 o en su defecto colocar un convertor A/D externo al 16F84.

Se ha desechado el empleo de microcontroladores del tipo PIC16C71, pues sólo existen modelos OTP o EPROM con ventana de programación, y en ambos casos no son de mucha utilidad para el aficionado. Los de tipo OTP (*One Time Programming*), como su nombre indica, sólo permiten su programación una vez; por lo tanto cualquier error en el código del programa inutilizará el micro-



Esquema interno del sensor de temperatura DS1821 (figura 2).

controlador. Por su parte, los microcontroladores del tipo EPROM poseen ventana de cristal que permite borrar el programa ya grabado mediante luz ultravioleta. Esta característica ayuda si se producen errores en el programa, pues puede borrarse y grabar otro programa corregido. Sin embargo, el proceso debe realizarse con un borrador de luz ultravioleta, gasto que hay que sumar al elevado precio de este tipo de PIC.

Los motivos anteriores nos han hecho elegir para la medida de la temperatura un sensor inteligente de la casa Dallas Semiconductor: el DS1821. Este tipo de sensor

Set de comandos del DS1821 (tabla 1)

Valor	Comando	Descripción
Comandos de termostato		
0Ch	Almacenar configuración	Escribe la configuración en el registro de configuración
02h	Almacenar TL	Escribe el límite inferior en el registro TL
01h	Almacenar TH	Escribe el límite superior en el registro TH
Ach	Leer configuración	Lee la configuración del registro de configuración
A2h	Leer TL	Lee el límite inferior del registro TL
A1h	Leer TH	Lee el límite superior del registro TH
Comandos de conversión de temperatura		
Aah	Leer temperatura	Lee última temperatura medida del registro de temperatura
Eeh	Iniciar conversión temperatura	Inicia la medida de la temperatura
22h	Detener conversión temperatura	Detiene la medida de la temperatura

integra todo lo necesario, proporcionando una salida digital de la temperatura comprendida entre -55°C y $+125^{\circ}\text{C}$ que puede ser leída fácilmente por el PIC16F84 del Módulo-01Max. La precisión del DS1821 es de un grado, mientras que la del DS1820 es de medio grado. En lo que respecta a la programación, es similar para los dos transductores. Además, el sensor puede colocarse a una distancia de 200 metros del microcontrolador.

El DS1821 mide su propia temperatura, la cual es casi la misma que la que hay a su alrededor, y convierte este valor analógico de temperatura en una palabra digital que envía al microcontrolador a través de un interfaz serie de un solo hilo. El usuario no ha de preocuparse en absoluto por la tecnología analógica necesaria para realizar la calibración, amplificación de la tensión térmica con amplificadores operacionales y linealización de curvas de características, porque todo esto lo realiza el propio circuito integrado. Por lo tanto, no son necesarios los componentes externos mencionados para los casos anteriores. Además, este sensor inteligente proporciona funciones suplementarias de termostato.

Desgraciadamente, no siempre vamos a disponer de este tipo de sensores inteligentes

para realizar todas las medidas de nuestra estación meteorológica. Esto quiere decir que en futuros artículos tendremos que enfrentarnos con la conversión A/D y el acondicionamiento de las señales analógicas.

Para estos casos, como habréis observado en el esquema sinóptico de la estación meteorológica, aparece un PIC16F876. En próximos artículos, cuando empleemos otros tipos de sensores, se introducirá un nuevo módulo basado en el PIC 16F876, el Módulo-28Max. Este PIC de 28 pines es mucho más potente que su hermano menor, el PIC16F84, y posee 5 entradas A/D integradas con una resolución de 10 bits.

Aquellos lectores que hayan construido el Módulo-01, no deben preocuparse, pues en los próximos meses el fabricante Microchip lanzará al mercado los modelos PIC16F622 de 18 pines pero con entradas A/D. En ese momento podremos sustituir en el Módulo-01 el PIC16F84 por un PIC16F622 y emplear el convertor analógico digital integrado en éste.

Funcionamiento del DS1821

La «Figura 2» muestra el moderno sensor de temperatura DS1821. Consiste en un transductor de temperatura integrado y como puede verse tiene un conjunto de grupos funcionales que le permiten realizar un gran número de aplicaciones sin necesidad de una circuitería periférica demasiado compleja.

Dependiendo de la programación del microcontrolador, se puede disponer de una gran cantidad de funciones y aplicaciones. En nuestro caso la tarea principal del microcontrolador es la de regular el tráfico de los datos serie con el sensor.

El DS1821 mide la temperatura contando el número de ciclos de reloj producidos por un oscilador con un coeficiente de temperatura bajo, dentro de una ventana de tiempo dada. La anchura de esta ventana viene determinada por un segundo oscilador que tiene un gran coeficiente de temperatura. El contador se precarga con un valor que corresponde a una temperatura de -55°C . Si el valor del contador alcanza cero dentro de la

Programa de control

El programa permite al PIC16F84 leer la temperatura del DS1821 y mostrarla en los *displays* del módulo de aprendizaje con signo. Éste se ha escrito en ensamblador, por lo que aquellos lectores no familiarizados con el ensamblador pueden hacer uso del libro «Microcontroladores PIC. La solución en un chip», Cuarta Edición, donde este lenguaje se explica con detalle. El programa de control se ha documentado extensamente

para su correcta comprensión.

Su funcionamiento se basa en la ejecución continua de un bucle principal. Tras una parte de inicialización, este bucle va llamando a una serie de subrutinas. El organigrama podemos verlo en la «Figura 5». Debido a la gran extensión del programa, no lo incluimos reproducido en la revista, pero se puede encontrar en el CD ACTUAL de este mes en la sección «VNU Labs», apartado «Microcontroladores».





Estructura del byte de configuración (tabla 2)

Bit 8	DONE	1: Se ha completado la conversión. 0: No se ha completado la conversión
Bit 6	NVB	(Bandera de memoria no volátil). Se pone activo a 1 si se está escribiendo una celda de EEPROM. Esto puede ocurrir cada 10 ms.
Bit 5	THF	La bandera de temperatura alta se posiciona a 1 cuando el límite es igual o superior a la temperatura leída, y se mantiene a 1 hasta que la posición de memoria se sobrescribe con un 0
Bit 5	TLF	La bandera de temperatura baja se pone a 1 cuando el límite es igual o inferior a la temperatura leída, y se mantiene a 1 hasta que la posición de memoria se sobrescribe con un 0
Bit 3	T/R	Bit de <i>power-up</i> . Si se coloca a 1, el DS1821 pasa a modo de termostato cuando se enciende. Puesto a 0, el dispositivo arranca en modo lectura de un solo hilo. Bit no volátil
Bit 2	POL	Bit de polaridad de salida. Determina si la salida es activa a nivel alto (1) o nivel bajo (0). Bit no volátil
Bit 1	1SHOT	0: Medida continua de temperatura. 1: Medida de la temperatura después de la recepción de la orden de inicio de conversión CONVERT T

ventana de tiempo, el registro de temperatura (el cual también configura el valor representativo de -55° C) se incrementa para indicar que la temperatura es superior a -55° C. El contador cuenta hasta cero y después se reinicia, permaneciendo así mientras la ventana de tiempo esté abierta.

El contador no siempre acumula el mismo número de ciclos de reloj dentro de la ventana de tiempo para cada grado de diferencia de temperatura. Esto es porque se añade una desviación (variable) al contador a través del acumulador de pendiente (*slope accumulator*) para cada grado de diferencia de temperatura. De esta forma se compensa la no linealidad del oscilador en el rango de temperatura. Esto permite una resolución de temperatura relativamente alta, pudiendo llegar a alcanzar hasta 0,5° C en el DS1820.

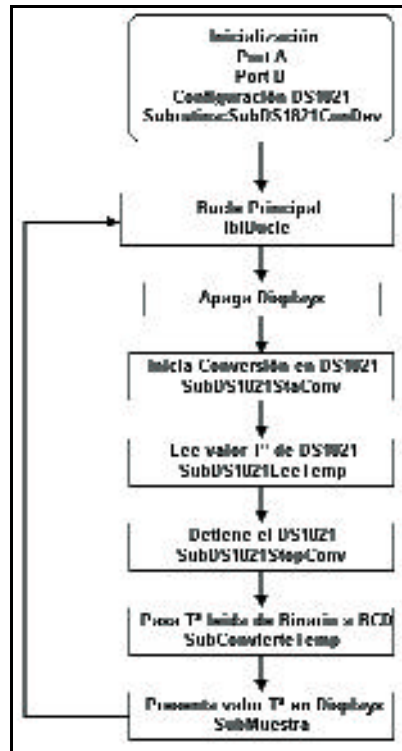
La temperatura medida y digitalizada se compara en la sección denominada «comparador lógico digital» (ver «Figura 2»). Dicha comparación se realiza con los dos límites denominados límite de superior temperatura (TH) y límite de inferior temperatura (TL). Dependiendo de la situación actual, el comparador activa una de sus tres salidas: TH cuando la temperatura excede el límite superior; TL cuando la temperatura cae por debajo del límite inferior y TCOM, que agrupa los límites TH y TL para obtener la función de histéresis (Fenómeno por el que el estado de un material depende de su historia previa. Se manifiesta por el retraso del efecto sobre la causa que lo produce).

Con el DS1821 funcionando en el modo de un hilo (1-Wire), asociado a un microcontrolador, se tiene acceso a los registros del circuito integrado tanto para leerlos como para modificarlos.

Como puede verse en la «Figura 2», donde se muestra un esquema interno del DS1821, éste es un circuito integrado de tres pines, denominados VDD (+5V), GND (masa) y DQ (In/Out), que es el pin de salida y entrada de datos. La figura presenta un DS1821 encapsulado en TO220, pero puede conseguirse en otro encapsulado más manejable tipo PR35.

El pin DQ es la puerta a través de

Bibliografía
 Martín Cuenca, E., Angulo J.M., y Angulo, I. (2000). «Microcontroladores PIC. La solución en un chip». 4ª Edición. Paraninfo-ITP.



Organigrama del programa que mide la temperatura (figura 5).

la cual los datos pueden ser leídos o escritos. La transferencia de un dato a través de la línea DQ se realiza por medio de dos bytes, uno es el comando propiamente dicho y otro es el dato.

En la «Tabla 1» se presenta el set de comandos del DS1821. Se dispone de tres comandos de escritura y cuatro de lectura. Además, los dos últimos comandos permiten iniciar o detener la medida de temperatura, sin necesidad de un segundo byte de datos que siga al byte de comando. Por último, se presenta en la «Tabla 2» el byte de configuración del registro denominado «registro de estado y control lógico», que es el *status register*.

Puesto que el rango de temperatura va de -55° C hasta los +125° C, con una resolución de 1° C, esto sig-

Relación entre temperatura y dato enviado (tabla 3)

Temperatura	Salida digital (binario)	Salida digital (Hex)
+ 125° C	01111101	7Dh
+ 25° C	00011001	19h
0° C	00000000	00h
- 1° C	11111111	FFh
- 25° C	11100111	E7h
- 55° C	11001001	C9h

nifica que disponemos de un total de 180 pasos de temperatura para mostrar en las pantallitas correspondientes. De acuerdo con el byte de comando, todos los comandos que conllevan una entrada o salida de temperatura deben disponer de 8 bits de datos y se transmiten vía serie, de modo que primero sale el LSB (bit menos significativo).

La relación que existe entre la temperatura y el dato que se envía se muestra en la «Tabla 3». Los valores van de 0000 (Hex) para 0° C hasta 007D (Hex) para +125° C. El rango negativo de la temperatura es el complemento a dos de las anteriores: -55° C se corresponde con el valor 00C9 (Hex). En esta distribución, el octavo bit MSB se convierte en el bit de signo.

Montaje del hardware necesario

Ahora ha llegado el momento de practicar. Para realizar esta experiencia, sólo necesitaremos conectar los módulos O1 y de aprendizaje como se muestra en la fotografía 1. El DS1821 se conectará teniendo en cuenta que sus tres pines han de unirse de la siguiente forma:

Pin central a GND (masa), la cual cogemos de una de las bornas del conector CN3 en el módulo de aprendizaje.

El pin DQ se conecta al pin PBO del PIC, que está disponible en la otra borna del conector CN3 del módulo de aprendizaje, siempre que se coloque el *jumper* J3 en la posición adecuada. Además se ha de colocar una resistencia de 4,7 K entre el pin DQ del DS1821 y la alimentación de +5 voltios.

El pin VDD a +5V obtenido del conector CN4 del módulo de aprendizaje.

Debe prestarse también atención a las parejas de *jumpers* (J7-J11 A3) (J6-J10 A2) y (J5-J9 A1), que se encargan de hacer funcionar indistintamente según su colocación los tres *displays* o los botones A3, A3 y A1. Como recordatorio y para aquellos lectores que se incorporen en este artículo, en la «Figura 4» se muestra el esquema eléctrico.

Dr. Eugenio Martín Cuenca
 Ing. José María Moreno Balboa

Más información

Para contactar con los autores del artículo:
 Dr. Eugenio Martín Cuenca
 Ing. José María Moreno Balboa
 Facultad de Ciencias, Universidad de Granada.
 E-mail: emartin@goliat.ugr.es
 http://curtis.ugr.es/Microcont-01.htm