



Presión atmosférica

Cómo construir una estación meteorológica



En el artículo de este mes presentamos la sección de la estación meteorológica que se encarga de la medida de la presión atmosférica. Este tipo de dispositivos se denominan barómetros.

El término bar procede de la palabra griega «baros», que significa peso. También del griego procede «metron», que significa medida. Por lo tanto, un barómetro es un aparato que mide el peso (en este caso del aire). En la «Figura 1» se muestra la relación de la presión con la altitud, dado que a mayor altitud menor será el peso de aire.

La capa gaseosa de aire que rodea a la Tierra es la atmósfera. Debido a su expansibilidad, el aire se aleja de la Tierra enraciándose, pero gracias a la gravedad o fuerza con que su masa es atraída por la Tierra, se aleja sin rebasar los 1.000 kilómetros de altura.

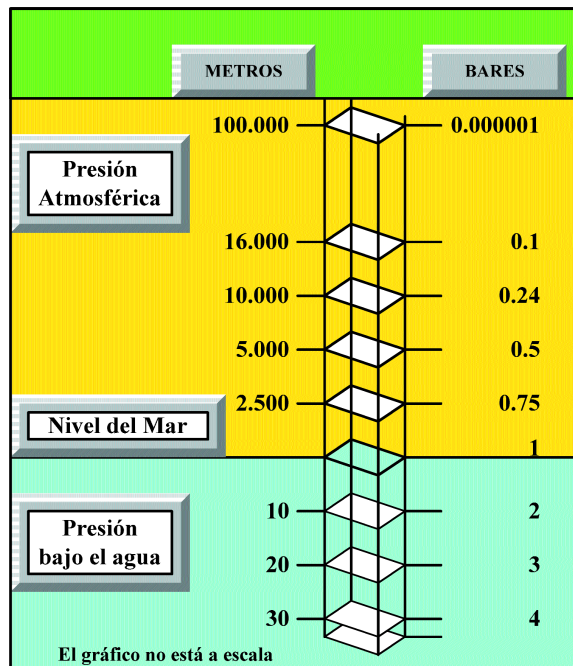
Se define presión atmosférica a la fuerza con la que la columna de aire, de unos 1.000 kilómetros de altura, actúa en virtud de su peso sobre cada cm^2 de la superficie de la Tierra. La presión barométrica se puede medir utilizando un barómetro de mercurio (Torricelli 1608-1674). Un tubo («Figura 2») de vidrio de unos 90 cm de longitud, cerrado por un extremo y abierto por el otro, se llena de mercurio y se tapa con el dedo pulgar.

Invirtiéndolo, se introduce el extremo así tapado en una cubeta de mercurio y se retira después el dedo. Entonces el nivel del mercurio en el tubo bajará un poco y quedará sobre el nivel del mercurio de la cubeta a una altura h , llamada altura barométrica, de unos 760 mm (si nos encontramos al nivel del mar).

La presión atmosférica normal, llamada atmósfera física (1 atmósfera), es la presión ejercida sobre su base por el peso de una columna de mercurio de 760 mm de altura y de 1 cm^2 de base, que es el valor medio de la altura barométrica a nivel del mar, a 0°C y

a 45° de latitud. Como se ha mostrado en la «Figura 1», la presión barométrica varía con la altitud, disminuyendo aproximadamente 1 mm de mercurio por cada 10 metros de subida en los primeros 1.000 metros.

La unidad internacional de presión es el Pascal (Pa). Un Pascal (1 Pa) es igual a la presión de un Newton/ m^2 . El Bar es una unidad relacionada que se define como $1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$. Su nombre se inspira en el término barómetro. La presión atmosférica nominal es de $14.7 \text{ psi} = 1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$,

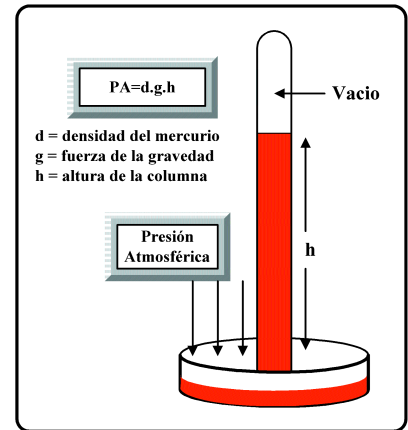


Relación de la presión barométrica y la altitud. También se muestra la relación de la presión hidrostática con la profundidad bajo el agua (Figura 1).

es decir, 1 atmósfera. La unidad más común, sin embargo, son milímetros de mercurio. Una presión atmosférica de 14.7 psi es igual a 760 mm de Hg.

A nivel del mar, la presión media se expresa como un valor de 1 bar, aunque podemos estar más acostumbrados a expresarlo como 1.000 milibares, o con mayor precisión, 1.013,25 mb a nivel del mar con una temperatura del aire de 0°C y latitud de 45° .

$1 \text{ bar} = 1 \text{ atmósfera} = 760 \text{ mm Hg} = 10^5 \text{ Pa} = 14.7 \text{ PSI}$.



Barómetro de mercurio de Torricelli (Figura 2).

Nuestro barómetro proporciona las medidas en Kpa ($1 \text{ KPa} = 10 \text{ mb}$).

La escala de un barómetro ordinario se extiende desde 940 a 1.060 mb, o de 700 a 790 mmHg. Normalmente la presión no desciende por debajo de estos valores. Por ejemplo, en 1987 una gran tormenta en el Canal de la Mancha registró una presión de 960 mb, llegando a descender hasta 954 mb. Históricamente el menor nivel de presión se registró el 24 de septiembre de 1958 durante el huracán Ida en el Pacífico.

Hardware

En la «Imagen 1» se presenta todo el montaje. Éste se divide en tres secciones diferenciadas:

—Sección analógica encargada del acondicionamiento de la señal procedente del sensor de presión MPX4115A. También se observa el sensor de humedad HIH-3605A del mes pasado.

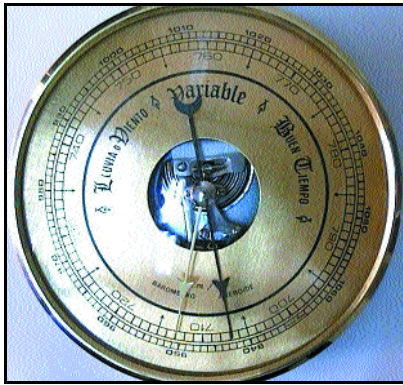
—Sección de presentación de los datos realizada mediante una pantalla de cristal líquido (LCD) con dos líneas de 16 caracteres.

—Sección de medida y control, de la que se encarga el Módulo-01SM28 con su microcontrolador, el PIC16F876.

Métodos sensores

La presión barométrica puede medirse de formas muy variadas utilizando un barómetro de mercurio como el que ya se ha explicado o variantes de éste: un barómetro metálico de Vidi o Aneroido.

En nuestro caso se ha utilizado un sensor de presión fabricado por la compañía

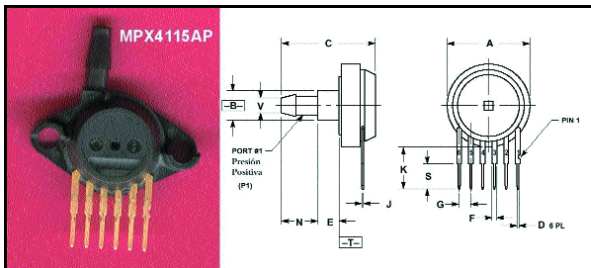


Barómetro aneróide.

estadounidense Motorola, en concreto el modelo MPX4115 que aparece en la «Imagen 2».

Este sensor está diseñado para la medida de la presión absoluta (SBPA) o la altura, y proporciona una señal de salida analógica compensada en temperatura. El sensor contiene un delgado diafragma que es presionado en mayor o menor grado por la presión atmosférica. Un elemento piezoeléctrico, unido a lo largo del flanco del diafragma, sigue fielmente sus movimientos. Al hacer esto, su resistencia varía en proporción directa al movimiento, y éste a su vez a la presión barométrica. En otras palabras, el sensor se comporta como un potenciómetro.

Cuando se aplica una tensión en los extremos del sensor, la tensión de salida resultante varía en relación directa con las variaciones de presión. En este tipo de sensor de valor absoluto, el espacio debajo del diafragma está aislado del resto del entorno y evacuado a una presión de referencia. La



Sensor de presión tipo MPX4115 (Imagen 2).

tensión de salida es proporcional a la presión atmosférica absoluta, lo que lo hace idóneo para su empleo como barómetro.

El sensor proporciona una señal de salida comprendida entre 0,13 y 4,725 voltios, tensión que es directamente proporcional al rango 15 y 115 KPa. La función de transferencia es $V_{out} = V_s * (0.009 * P - 0.095)$, siendo $V_s = 5,1$ voltios.

Entre sus características destacan las siguientes:

- Máximo error 1,5% entre 0 y 85°C.
- Diseñado idealmente para su uso con microcontroladores.

- Gran durabilidad.
- Rango de presión 15 – 115 KPa.
- Salida 0,13 – 4,725 voltios.

En realidad el MPX4115 no es sólo un sensor, sino todo un sistema completo

que integra la circuitería analógica de acondicionamiento de la señal, suministrando un voltaje directamente proporcional a la presión barométrica. Esta circuitería incluye la compensación de temperatura, dos amplificadores y una circuitería de desplazamiento que convierte la diferencia de potencial medido en una tensión referida a masa. Es decir, el sensor suministra una salida ya preparada para la entrada al convertidor analógico/digital del microcontrolador y su consumo de corriente típico es de unos 7 miliamperios. Se ha añadido un *buffer* basado en un operacional *rail-to-rail*, el LMC660, cuya impedancia de entrada es mayor de 1 Teraohmio. Este operacional no carga la salida de alta impedancia del sensor y la adapta correctamente a la entrada A/D del PIC16F876. Hemos comprobado cierta inestabilidad, que se ha corregido alimentando los

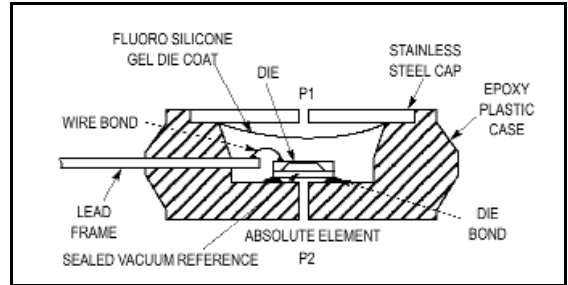
amplificadores operacionales del LMC660 con una tensión de 9 voltios. Para ello, partiendo del pin PWR del Módulo-01SM28, se ha añadido un regulador LM7809, de 9 voltios, con sus correspondientes condensadores de estabilización.

Secciones del montaje

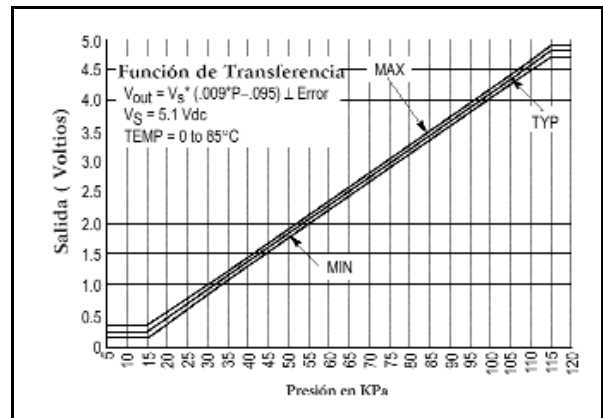
Aunque al final de la serie se presentará una placa de circuito impreso (PCB) definitiva, durante los meses que restan, que además de éste son los dedicados a la medida de la pluviometría y la dirección y velocidad del viento, utilizaremos una placa de circuito impreso diseñada para la realización de prototipos, el Módulo-01SM28 (y una pantalla de cristal líquido (LCD) para la presentación de los

datos.

Como se ha mencionado, aunque el sensor de presión barométrica absoluta MPX4115, así como el de humedad HIH-3605 integran toda la sección de acondi-



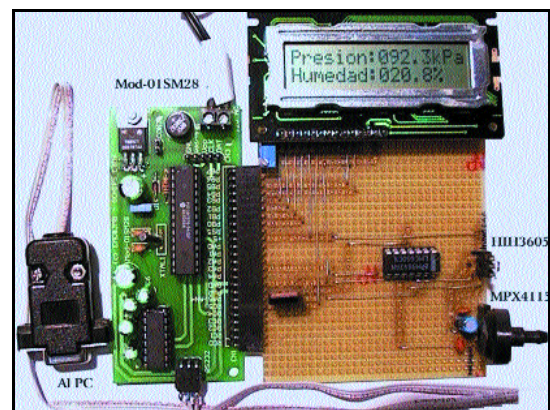
Corte esquemático de una sección transversal del sensor. Para poder realizar las medidas de presión absoluta dispone de un espacio en el que se ha hecho el vacío debajo del diafragma.



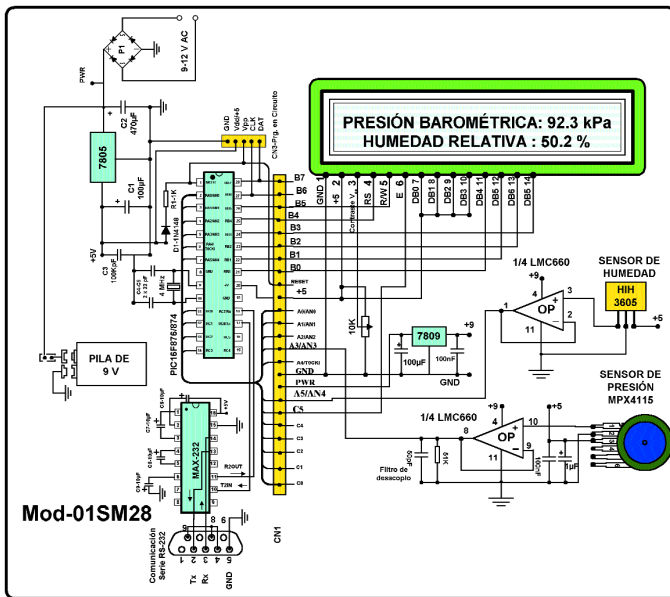
Curva de características de la tensión de salida en función de la presión. El sensor es lineal entre 150 y 1150 milibares.

cionamiento de la señal en su interior, hemos acoplado a cada uno de ellos un *buffer* basado en un LMC660, cuya elevadísima impedancia de entrada constituye una carga despreciable para el sensor.

Ahora debemos observar detenidamente la «Figura 3», en particular las nuevas partes del esquema eléctrico. Con respecto al sensor de presión barométrica MPX4115, puede verse que su salida (pin 1) se introduce en el



Aquí vemos todo el montaje del hardware (Imagen 1).



Esquema eléctrico del circuito analógico de medida y presentación de la presión barométrica y la humedad relativa (Figura 3).

pin 10, entrada positiva, de uno de los operacionales del LMC660 configurado como *buffer* seguidor, ganancia 1. La salida se obtiene por el pin 8 del operacional. El pin 2 del MPX4115 se conecta a masa.

Se ha añadido una alimentación de 9 voltios obtenida desde la línea PWR con la ayuda de un regulador tipo 7809. Al MPX4115, concretamente en su pin 3, se aplica una tensión de +5 obtenida del conector del Módulo-01SM28. A esta patita también se incluyen dos condensadores, uno de 1 µF y otro de 100 nF cuya función es desacoplar la tensión de alimentación. Una pequeña modificación respecto al mes pasado y el sensor de humedad HIH3605 es que también se alimenta con esta tensión de 9 voltios. La salida de este operacional que se obtiene en la patita 8 del LMC660 se introduce por la entrada analógico/digital número 3 del microcontrolador PIC16F876 (pin A3).

Medida y control mediante el Módulo 01SM28

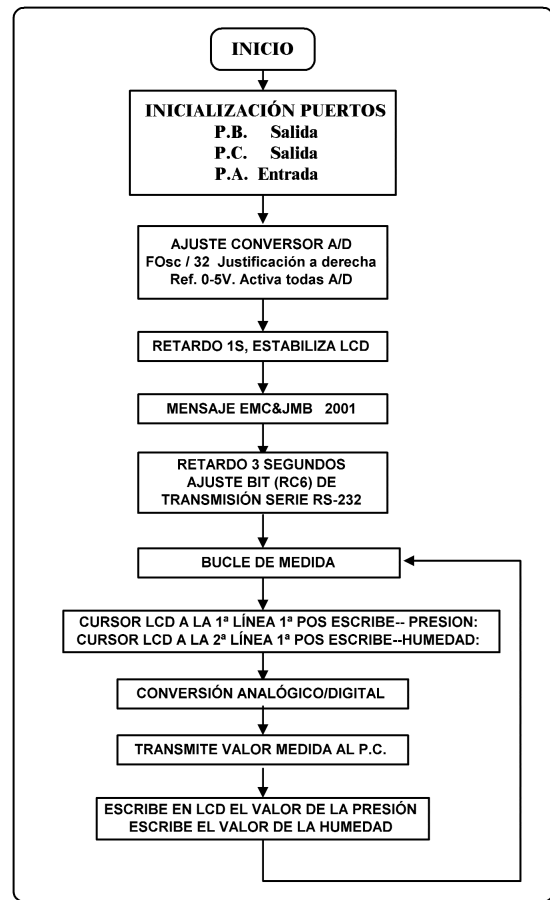
El voltaje de salida procedente de la sección analógica se introduce por la entrada número 3 pin (A3/AN3) y se mantiene la 4 (pin A5/AN4) del convertidor analógico-digital del PIC16F876 para el sensor de humedad. El microcontrolador realiza la conversión de este voltaje a un dato digital y a continuación presenta el valor de presión barométrica en la primera línea de la pantalla LCD y la hume-

dad relativa (HR%) en la segunda línea de la pantalla con un formato de tres enteros y un decimal.

Asimismo, el PIC16F876 envía por el puerto serie (pin RC6) el valor de la medida al ordenador personal, que lo presenta gráficamente en la pantalla. Este mes entregamos en el CD-ROM que acompaña la revista la primera versión *beta* del programa para el PC compatible Windows 98 y Windows NT.

Programa

Como es nuestra costumbre, presentamos un organigrama simplificado del programa,



Organigrama del programa.

escrito en ensamblador.

Una vez que se han configurado los puertos de entrada y salida, la rutina principal del programa es un bucle de medida sin fin, cuyo funcionamiento es el siguiente.

- 1.- En la primera línea de la pantalla LCD escribe la palabra «Presion:», mientras que en la segunda se escribe la palabra «Humedad:».
- 2.- Realiza la medida de la presión barométrica y la humedad relativa.
- 3.- Realizadas dichas conversiones, los valores obtenidos se transmiten vía serie RS-232 al PC para que los presente en su pantalla de forma gráfica y lo almacene en el disco duro.
- 4.- Se presenta al lado de la palabra «Presion:» así como de la de «Humedad:» los valores de presión barométrica en KPa y de humedad relativa en % medidos.
- 5.- Realizado todo lo anterior, se repite un nuevo bucle de medida.

Al estar gobernado por un microcontrolador, el dispositivo es muy preciso y ofrece un gran número de funciones adicionales, entre otras, almacenar y mostrar las medi-

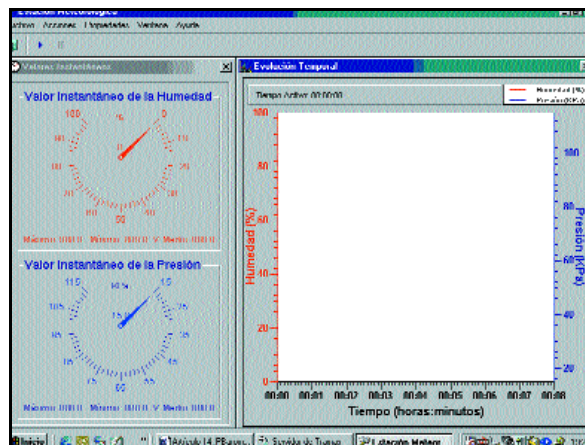


Imagen de la beta 0.1 del programa de la estación meteorológica. Se incluye en el CD-ROM de portada.

Más información

Bibliografía
 Martín Cuenca, E., Angulo J.M., y Angulo, I. (2.001). «Microcontroladores PIC. La solución en un chip». 5ª Edición. Paraninfo-ITP.

Dr. Eugenio Martín Cuenca ^{das}
 (emartin@goliat.ugr.es) ^{e n}
 Ing. José María Moreno Balboa
 http://curtis.ugr.es