

**S&S**  
*SENSORES AL SERVICIO*

# ESTACIONES DE MONITOREO OPENSOURCE



# DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA ESTACIÓN DE MONITOREO Y ALARMA DE VARIABLES CLIMATOLÓGICAS BASADA EN DISPOSITIVOS DE HARDWARE Y SOFTWARE LIBRE

Miguelangel López Madrid

Estudiante de último semestre de Ingeniería de Sonido, Universidad de San Buenaventura Bogotá  
Correspondencia para el autor: m.lopez.m@ieee.org

Recibido: 23 de septiembre de 2014

Aprobado: 12 de octubre de 2014

## RESUMEN

A través de los tiempos el hombre, en su búsqueda del conocimiento, ha desarrollado grandes inventos que han contribuido de manera significativa al avance de la ciencia en muchos campos. Uno de esos inventos, que marcó la historia del hombre pensante, es el sensor, una herramienta capaz de percibir y capturar diferentes y complejas variables físicas para realizar una posterior transducción de dicha información en otras variables, antes conocidas, para su posterior análisis. En éste artículo se muestra la importancia de los sensores electrónicos de medición de variables como la humedad y la temperatura para el uso de los mismos en estaciones de monitorización. Adicionalmente, se pretende ilustrar el proceso de implementación de una estación de monitoreo de variables climatológicas, mediante el uso de plataformas de desarrollo de hardware libre.

**Palabras clave:** electrónica, sensores, estación de monitoreo, climatología, hardware y software libre.

## SUMMARY

Through time man in his quest for knowledge has made great invention that developments have contributed greatly to the progress of science in many fields. One of those inventions that marked the history of the thinking man is the sensor. The sensor is a tool able to perceive and capture different and complex physical variables, and then make a subsequent transduction of this information in other previously known variables and subsequent analysis. The purpose will be to show the importance of electronic sensors measuring variables such as humidity and temperature to use them in monitoring stations. This article intends to illustrate the process of implementing a climatological monitoring station using open hardware development platforms which is open hardware.

**Key words:** Electronics, sensors, monitoring station, climatology, hardware and software open source.

## INTRODUCCIÓN

A través de los años se han venido realizando importantes avances en el campo de la electrónica, más específicamente en el campo de la microelectrónica y las telecomunicaciones. Al ser la electrónica una ciencia tan importante para el desarrollo tecnológico actual, puede definirse como el ligamento principal entre diferentes campos de la ingeniería y las ciencias puras.

Dentro de la electrónica un elemento clave para llevar a cabo el desarrollo de proyectos interdisciplinarios es el sensor. Técnicamente el sensor es definido como un dispositivo electrónico capaz de percibir cambios en cuanto a parámetros físicos o químicos de un medio determinado y convertir esa información en datos interpretables (Pallas, 2004, pp 1-2).

En el ámbito de mediciones climatológicas el sensor se presenta como la pieza más importante en toda la cadena de adquisición de datos y generación de estadísticas, debido a que sin el elemento sensor no sería posible reconocer los cambios propios del ambiente, haciendo innecesario cualquier esfuerzo adicional.

Una estación de monitoreo es un dispositivo electrónico capaz de llevar a cabo la captura de información. Para el procesamiento de dicha información puede utilizarse el mismo dispositivo antes mencionado o transmitirse a otro para su posterior procesamiento y almacenamiento. En el presente caso, la estación diseñada tendrá como propósito la recolección de información climatológica. Lo anterior, se llevará a cabo mediante el uso de sensores de temperatura, humedad relativa y un sensor diferencial

de presión que se adicionó para futuras aplicaciones.

Con este tipo de estaciones se pretende monitorear variables climatológicas que puedan prevenir desastres, o tener un carácter informativo, reduciendo costos de compra de una estación profesional e incentivando a la comunidad académica a realizar este tipo de proyectos para complementar las estaciones. Esto permite la expansión de los módulos generando un sin fin de posibilidades.

## METODOLOGÍA

Este proyecto tiene un enfoque empírico analítico bajo el cual se delimitó un problema y sobre el que se generó la siguiente hipótesis:

Es posible realizar una estación de monitoreo de variables climatológicas de bajo costo para su posterior *aplicación en lugares específicos*

A partir de esto, se inicia con la búsqueda de la información pertinente al tema y de aporte al proyecto.

El siguiente paso es determinar los sensores, elementos electrónicos y tarjetas de adquisición que son necesarios para el proyecto teniendo en cuenta:

- Costos
- Fiabilidad
- Facilidad de Programación

Posteriormente, se realiza el diseño teniendo en cuenta los conocimientos teóricos del tema a nivel ingenieril.

Finalmente, se realizan pruebas para determinar el éxito del proyecto mediante los resultados obtenidos.

## DESARROLLO INGENIERIL

La estación desarrollada en este proyecto tiene la habilidad de medir variables climatológicas, que son visualizadas mediante una pantalla LCD integrada en el dispositivo. El sistema de alarma consiste en un bombillo incandescente activado cuando se cumple alguna de las condiciones predeterminadas. Si el dispositivo registra una temperatura superior a 30 grados centígrados o una humedad relativa superior al 70% el sistema de alarma es activado inmediatamente.

La estación de monitorización nombrada está compuesta por cuatro sensores a saber:

- **LM335:** Sensor de temperatura absoluta (grados Kelvin), comercial y de fácil instalación; su funcionamiento es similar al de un termistor o resistencia sensible a cambios de temperatura (Pallas, 2004, p.30).
- **Honeywell HIH 400-002:** Sensor de humedad que presenta diferencias lineales de voltaje de salida respecto a la humedad relativa de entrada.
- **Motorola MPXV5004DP:** Basado en el principio de funcionamiento del tubo de Pitot o diferenciales de presión entre sus puertos (Pallas, 2004, p.32). Dicho sensor entrega diferenciales de voltaje de acuerdo con la presión percibida en cualquiera de sus dos puertos; la salida se calibra de acuerdo a las necesidades propias.
- **Seeed Studio SEN118A2B:** Termopar o sensor de temperatura, formado por dos alambres de diferentes tipos de metal los cuales generan una salida mínima de voltaje al percibir un cambio de temperatura con cual-

quier elemento que se encuentre en contacto con el sensor (Garrido, 2008; Alzate, Montes & Silva, 2007).

Los anteriores sensores fueron polarizados mediante una tarjeta diseñada a medida en el programa (Proteus 7.5), en una tarjeta de desarrollo (Seeed Studio) que posee el mismo microcontrolador (Atmega 168) y principio de funcionamiento que la reconocida plataforma Arduino. Posteriormente, dichos sensores fueron linealizados mediante el entorno de programación de Arduino, donde también fue desarrollado un algoritmo que habilita la comunicación de la estación mediante puerto serial a un computador y permite llevar a cabo el almacenamiento o transmisión de la información capturada.

## ACONDICIONAMIENTO ELECTRÓNICO DE SENSORES

### LM335 (Temperatura Ambiente)

Según las especificaciones del fabricante, un voltaje de salida de 2,95 V en el potenciómetro sería la calibración para 25 °C. Para obtener ese voltaje en dicho potenciómetro es necesario realizar una reducción del voltaje de alimentación mediante la resistencia de ¼ de Watt antes mencionada, ubicada en el esquemático en la parte inferior del sensor y del resistor variable de calibración.

Se determinó una temperatura máxima a sensar en grados centígrados (°C) la cual se tomó como 40°C (313°K). El voltaje de salida en este caso fue de 3,13 V, por tanto la corriente a través del potenciómetro fue:

$$\frac{(3,13V)}{10k\Omega} = 313\mu A,$$

Como se tienen 5 V de voltaje de polarización ( $V_{cc}$ ) y  $313\mu A$ , de corriente que proporcionó el puerto serial, entonces:

$$R1 = \frac{(5V - 3,13V)}{313\mu A} = 5,9k\Omega.$$

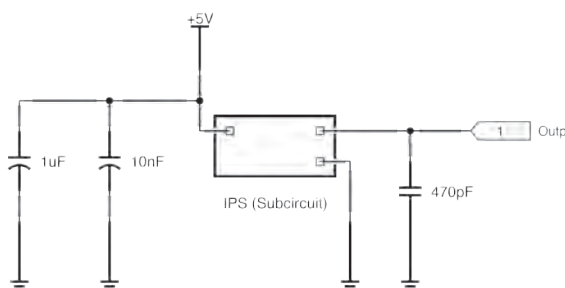
Al momento del diseño es necesario tener en cuenta que el puerto serial de un ordenador puede entregar como máximo 500 mA. Por esta razón, para la protección del puerto se necesitó hacer el cálculo de corriente requerida mínima y máxima. Posteriormente, la salida del sensor ya calibrada se ingresó al microcontrolador por el puerto análogo No.1.

#### Honeywell HIH 400-002 (Humedad Relativa)

El sensor de humedad se conectó directamente de ( $V_{cc}$ ) de 5 V como el sensor de temperatura, pero con la salida directamente al puerto análogo No.2 ya que no se necesita ningún acondicionamiento de hardware adicional.

#### Motorola MPXV5004DP (Diferencial de presión)

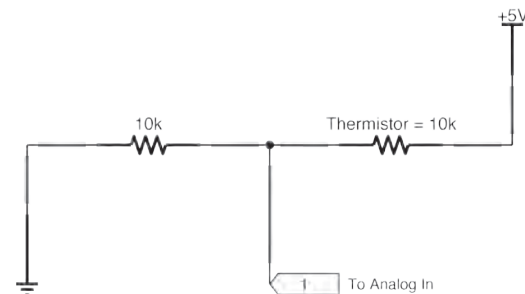
Como se mencionó anteriormente, el sensor diferencial de presión necesita un desacople del voltaje de polarización ( $V_{cc}$ ) y un filtro a la salida, razón por la cual se debe polarizar como se muestra en la imagen a continuación:



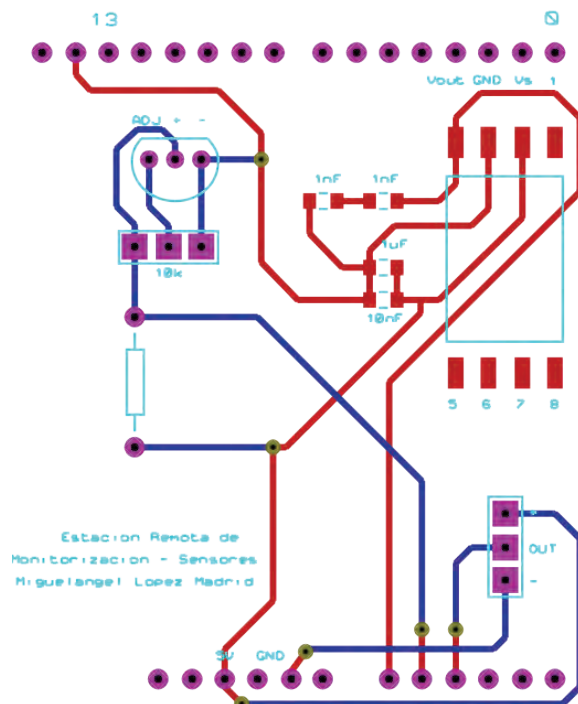
Desacople de  $V_{cc}$  y filtrado de salida sensor MPXV5004DP. Fuente: Hoja de datos sensor.

#### Termopar (Sensor de temperatura en tierra)

El esquema de polarización del termopar, mostrado a continuación, plantea un simple diseño de divisor de voltaje, teniendo en cuenta que la resistencia aproximada del sensor es de 10 kilo ohmios.



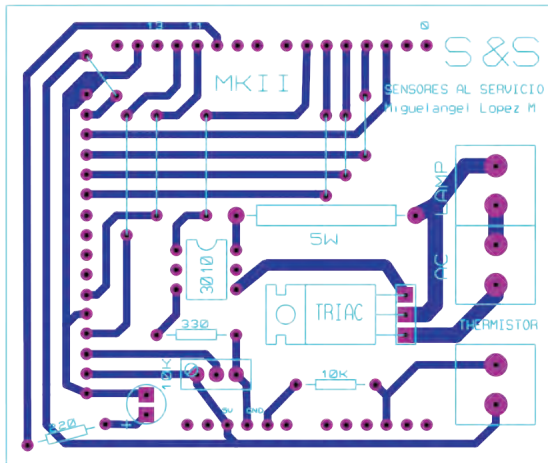
Acondicionamiento de termopar. Fuente: Arduino.cc.



Diseño de PCB de sensores en Proteus 7.5. Fuente: autor.

En términos generales para el desarrollo del sistema de alarma se utilizó un opto acoplador para la activación de un transistor de potencia, el cual encenderá un bombillo incandescente al momento de aumentar la temperatura del termopar

anclado en una superficie. Lo anterior, con el fin de medir la temperatura de los suelos.



Diseño de PCB de sistema de alarma y termopar en Proteus 7.5. Fuente: autor.

## CONEXIÓN DEL DISPOSITIVO Y LECTURA DE DATOS EN TIEMPO REAL

Lo que se busca con el presente proyecto es una alta conectividad, con la mayor cantidad de protocolos posibles, generando el menor trauma. Para lograrlo se procuró dejar de lado el entorno de programación de Arduino. Dicho entorno fue utilizado únicamente para comunicación con el microcontrolador (ATMEL168) montado en la tarjeta al momento de subir el algoritmo de programación en el dispositivo.

Para la comunicación se utilizó directamente la "terminal" del computador al que se encuentra conectado el dispositivo. La enorme ventaja que brinda el anterior proceso consiste en que no es necesaria la instalación de la interfaz gráfica propia de Arduino para la visualización del puerto serial utilizado, lo que permitió que el dispositivo sea capaz de

ser conectado a cualquier computador, ya sea de sobremesa, portátil o sistema embebido.

Antes de realizar la comunicación con el microcontrolador fue necesario seguir una serie de pasos para comprobar que el dispositivo se encontraba efectivamente conectado y donde (es decir, en qué puerto serial), para lo cual se conectó el dispositivo a uno de los puertos USB (universal serial bus) del computador que recibirá la información de la tarjeta de sensores. Posteriormente en la terminal se ingresó el comando (Unix):

```
ls /dev/tty.*
```

En el listado de los dispositivos seriales conectados en ese momento al computador se muestra la respuesta que dicho comando presentó en el sistema.

```
Terminal — bash — 80x24
Last login: Mon Nov 26 01:09:22 on ttys000
MacBook-Pro-de-MiguelAngel-Lopez-Madrid:~ lomaguca$ ls /dev/tty.*
/dev/tty.Bluetooth-Modem      /dev/tty.perkuthor-DataTransfer
/dev/tty.Bluetooth-PDA-Sync  /dev/tty.usbserial-A40095n7
/dev/tty.Mike-NokiaPCSuite
MacBook-Pro-de-MiguelAngel-Lopez-Madrid:~ lomaguca$
```

Imagen respuesta al comando de listado de dispositivos USB en terminal. Fuente: autor.

Como se observa en la imagen anterior, el puerto utilizado para la comunicación con el micro controlador es nombrado como `/dev/tty.usbserial-A40095n7`. Ello se puede asegurar pues al desconectar el dispositivo la lista se modifica automáticamente, no apareciendo el puerto antes nombrado:

```
Terminal — bash — 80x24
Last login: Mon Nov 26 10:45:33 on console
MacBook-Pro-de-MiguelAngel-Lopez-Madrid:~ lomaguca$ ls /dev/tty.*
/dev/tty.Bluetooth-Modem      /dev/tty.perkuthor-DataTransfer
/dev/tty.Bluetooth-PDA-Sync  /dev/tty.Mike-NokiaPCSuite
MacBook-Pro-de-MiguelAngel-Lopez-Madrid:~ lomaguca$
```

Imagen respuesta al comando de listado de dispositivos USB en terminal al desconectar el dispositivo. Fuente: autor.

Ya conociendo el nombre del puerto, el paso siguiente fue establecer comunicación con el mismo mediante el comando de *screen*. Éste comando lee los valores provenientes del puerto especificado y los muestra directamente en el “terminal” del computador. Dicho comando permite únicamente la visualización de la información sin poder almacenarla.

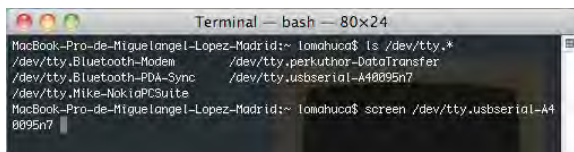


Imagen respuesta al comando de visualización del puerto especificado en terminal. Fuente: autor.

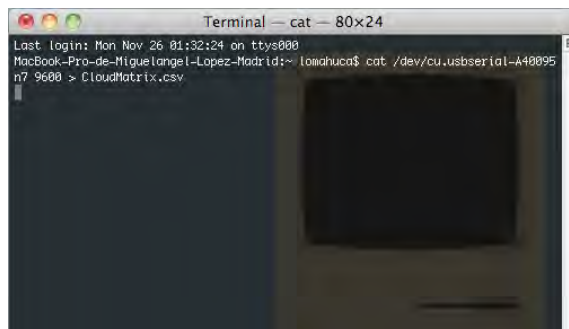
Lo obtenido como resultado del comando anterior se presenta en la imagen A.

Al haber comprobado la comunicación mediante el comando *screen* fue necesario cerrar el puerto serial y volver a ingresarlo en la terminal, debido a que el siguiente paso exigió almacenar los datos en una matriz para su posterior procesamiento, usando un archivo separado por puntos y comas o .csv.

Lo anterior se hizo mediante el comando (Unix):

```
cat /dev/cu.usbserial-A40095n7 9600
>> CloudMatrix.csv
```

El comando *cat* permitió escribir los datos del puerto serial visualizado anteriormente con el comando *screen*. La principal diferencia es que los datos leídos no fueron mostrados en la terminal sino que fueron almacenados en un archivo, en este caso nombrado *CloudMatrix.csv*, a una velocidad de 9600 baudios, la misma velocidad a la que se encuentra comunicado el micro controlador con el computador declarado anteriormente en el código de Arduino. Los dos signos de mayor que “>>” indican que este comando sobrescribirá un archivo ya existente con dicho nombre. Si el dispositivo se usara por primera vez, sería necesario cambiar los dos signos “>>” por un solo signo “>” para así crear el nuevo archivo destino.



Ingreso en terminal de comando para guardar datos en archivo .csv. Fuente: autor

Los resultados obtenidos después de cerrar el puerto serial fueron almacenados directamente desde la lectura en



Imagen A. Visualización en tiempo real del puerto anteriormente mencionado. Fuente: autor.

el archivo *CloudMatrix.csv*, creado en el momento de ingresar el comando y se muestran a continuación:

Kelvin: 301.27	Celsius: 25.62	Fahrenheit: 78.12	% Humedad: 51.79	Dif. Presion: 1.57	T.Tierra: 21
Kelvin: 301.27	Celsius: 25.62	Fahrenheit: 78.12	% Humedad: 51.79	Dif. Presion: 1.36	T.Tierra: 21
Kelvin: 301.27	Celsius: 25.62	Fahrenheit: 78.12	% Humedad: 51.31	Dif. Presion: 1.37	T.Tierra: 21
Kelvin: 301.27	Celsius: 25.62	Fahrenheit: 78.12	% Humedad: 51.63	Dif. Presion: 1.36	T.Tierra: 21
Kelvin: 300.78	Celsius: 25.13	Fahrenheit: 77.24	% Humedad: 51.47	Dif. Presion: 1.33	T.Tierra: 21
Kelvin: 300.78	Celsius: 25.13	Fahrenheit: 77.24	% Humedad: 51.15	Dif. Presion: 1.36	T.Tierra: 21
Kelvin: 300.78	Celsius: 25.13	Fahrenheit: 77.24	% Humedad: 51.78	Dif. Presion: 1.36	T.Tierra: 21
Kelvin: 300.78	Celsius: 25.13	Fahrenheit: 77.24	% Humedad: 51.63	Dif. Presion: 1.36	T.Tierra: 21
Kelvin: 300.78	Celsius: 25.13	Fahrenheit: 77.24	% Humedad: 51.31	Dif. Presion: 1.36	T.Tierra: 21
Kelvin: 300.78	Celsius: 25.13	Fahrenheit: 77.24	% Humedad: 51.31	Dif. Presion: 1.36	T.Tierra: 21
Kelvin: 300.78	Celsius: 25.13	Fahrenheit: 77.24	% Humedad: 51.31	Dif. Presion: 1.36	T.Tierra: 21

Archivo .csv obtenido. Fuente: autor.

## CONCLUSIONES

En esta primera fase se implementó un sistema de monitorización -capaz de medir la temperatura ambiente, temperatura en tierra y humedad relativa- para posteriormente establecer comunicación serial entre éste y cualquier dispositivo receptor (computador o sistema embebido) que cuente con un puerto serial.

Mediante el uso de nuevas tecnologías de hardware y software libre, como las utilizadas en el desarrollo ingenieril en el presente proyecto, se pueden lograr resultados bastante cercanos a los proporcionados por tecnologías comerciales de punta. Esto fue posible gracias a la amplia documentación que se encuentra a disposición, no solo de la comunidad académica sino de cualquiera que esté interesado en el desarrollo de nuevas tecnologías, de manera gratuita.

La aplicación del dispositivo aquí desarrollado es monitorizar la temperatura en tierra y condiciones ambientales de zonas de alto riesgo en temas de desastres naturales. Ponerlo a disposición de la comunidad, permitiría informar con anterioridad irregularidades en el fenómeno climático y así podría reducirse el número de personas afectadas.

La siguiente fase del proyecto, luego de obtener los resultados de las mediciones,

es implementarlo en un lugar público para tener una recolección continua de datos útiles a la comunidad.

## LISTA DE REFERENCIAS

Alzate, E., Montes, J., & Silva, C. (2007). Medición de Temperatura: Sensores Termoeléctricos. *Scientia Et Technica*, mayo, año XIII, volumen número 034.

Garrido, P. (2008). *El ABC de la Automatización, Sensores de Temperatura*. Santiago de Chile: Asociación de la Industria Eléctrica y Electrónica Chile.

Pallas, R. (2004). *Sensores y Acondicionadores de Señal*. Catalunya, España: Editorial Marcombo S.A.