



ESTACIONES METEOROLÓGICAS Y DE MONITOREO DE TEMPERATURAS DE LOS TELESCOPIOS DEL OBSERVATORIO DE SAN PEDRO MÁRTIR.

Reporte Técnico.

Septiembre de 2005

Raúl Michel, Enrique Colorado, Juan Francisco Martínez, y Alfredo Chapela.

Instituto de Astronomía. Universidad Nacional Autónoma de México
Km. 103 Carretera Tijuana-Ensenada, Ensenada, B. C., México

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.	4
1.1. Estación meteorológica	5
2. ANTECEDENTES.	5
3. OBJETIVO.	6
4. ELECTRÓNICA DE LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA.	7
4.1. Módulo de adquisición de datos.	7
4.2. Microcontrolador ADuC832	8
4.2.1 Características del microcontrolador ADuC832.....	8
4.3. Comunicación serie RS-232 y RS-485	9
4.3.1 Configuración del la comunicación serie.....	10
4.4. Diagrama electrónico.	11
5. SENSORES	14
5.1. Temperatura.	14
5.1.1. Calibración e instalación.	17
5.2. Humedad relativa.	18
5.3. Presión atmosférica.	20
5.4. Pluviómetro.	22
5.5. Radiación solar.	24
6. PROGRAMACIÓN	25
6.1. Programa del microcontrolador	25
6.2. Programa de la PC	27
6.3 Formato de salida del archivo de datos.	29
6.4 Archivo de calibración y localización de los sensores	30
6.4.2 Archivo de calibración del módulo instalado en el telescopio de 1.5m.....	32
6.4.3 Archivo de calibración del módulo instalado en el telescopio de 0.84m.....	33
6.5 Archivo de configuración estacion.cfg	33
7. RESULTADOS Y CONCLUSIONES.	35
8. REFERENCIAS.	37
<i>Apéndice A. Programa del Microcontrolador.</i>	38
<i>Apéndice B. Programa de la PC.</i>	45
<i>Apéndice C.- Esquemático de la electrónica.</i>	50
<i>Apéndice D.- Esquemático del circuito impreso</i>	53
<i>Apéndice E. Sensor de temperatura LM92</i>	55
<i>Apéndice F. Sensor de humedad relativa HIH-3610-003</i>	57

Apéndice G. Sensor de presión MPX4115A	61
Apéndice H. Pluviómetro.	62
Apéndice I. Sensor de radiación solar.	63

LISTA DE FIGURAS.

Figura 1. Diagrama a bloques de la estación meteorológica del 0.84m.....	6
Figura 2. Diagrama a bloques del módulo de adquisición.....	7
Figura 3. Diagrama a bloques del microcontrolador ADuC832.....	8
Figura 4. Diagrama de conexión del RS-232/RS-485.....	10
Figura 5. Diagrama esquemático del módulo.....	12
Figura 6. Diagrama a bloques del sensor de temperatura LM92.....	14
Figura 7. Diagrama de tiempos para lectura del sensor LM92.....	16
Figura 8. Aplicación típica del LM92.....	17
Figura 9. Sensor de humedad.....	20
Figura 10. Dependencia del sensor de humedad con la temperatura.....	20
Figura 11. Sensor de presión.....	21
Figura 12. Curva de respuesta del sensor de presión.....	22
Figura 13. Pluviómetro y el detalle del interruptor magnético.....	23
Figura 14. Circuito anti-rebote para el pluviómetro.....	23
Figura 15. Diagrama de flujo del programa del microcontrolador.....	26
Figura 16. Diagrama de flujo del programa de la PC.....	28
Figura 17. Gráfica de las mediciones adquiridas en el telescopio de 2m.....	36
Figura 18. Circuito impreso, capa superior.....	53
Figura 19. Circuito impreso, capa inferior.....	53
Figura 20. Distribución de los componentes del circuito impreso.....	54

LISTA DE TABLAS.

Tabla 1. Jumper para la configuración de la comunicación serie.....	11
Tabla 2. Señales utilizadas en el conector DB9.....	11
Tabla 3. Ejemplos del formato de datos de temperatura del LM92.....	15
Tabla 4. Características del sensor de temperatura LM92.....	15
Tabla 5. Características del sensor de humedad HIH-3610.....	19
Tabla 6. Valores de calibración de los sensores de humedad.....	19
Tabla 7. Características del sensor de presión MPX4115A.....	21
Tabla 8. Características del sensor de radiación solar 7821.....	24
Tabla 9. Formato del nombre del archivo.....	29
Tabla 10. Formato del los datos del archivo.....	30
Tabla 11. Formato del archivo estacion.cfg.....	33

1. INTRODUCCIÓN.

Debido a su excelente seeing y a su gran cantidad de noches despejadas (Cruz González et al. 2005), San Pedro Mártir (SPM) Baja California ha demostrado ser uno de los mejores sitios astronómicos en nuestro planeta. La Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) inició la construcción del Observatorio Astronómico Nacional (OAN) en 1967 de manera que para 1971 ya tenía instalados sus telescopios de 0.84 y 1.5m de diámetro. Actualmente cuenta con un telescopio de 2.1m el cual, por su variada instrumentación, está al nivel de los mejores telescopios de su clase en el mundo (López y Gutiérrez 2003). En el presente SPM está siendo evaluado como posible sitio para telescopios de mucho mayor tamaño tales como el telescopio gigante óptico/infrarrojo de 30 metros (<http://www.tmt.org/>) que, utilizando óptica adaptativa, ayudará a entender procesos como la formación de las galaxias distantes y otros fenómenos del universo que hasta ahora no han podido ser estudiados en detalle debido a las limitaciones de los telescopios actuales. Otro proyecto considerado para SPM es el Large Synoptic Survey Telescope (<http://www.lsst.org/>) ideado para localizar supernovas, estallidos gama y asteroides próximos a la tierra, así como para también estudiar la misteriosa energía oscura que acelera la expansión del universo. El LSST tendrá un espejo primario de 8.4m de diámetro y proveerá imágenes digitales de objetos astronómicos muy débiles. Este telescopio barrerá todo el cielo visible cada tres noches produciendo una especie de película que pondrá en evidencia a los objetos que cambian de brillo o que se mueven rápidamente.

La importancia de hacer estudios del clima en SPM reside principalmente en evaluar el retorno que se obtendrá de las grandes inversiones que se harán en el sitio. Para hacer una buena evaluación es indispensable conocer los parámetros más importantes del sitio tales como la cantidad de noches despejadas, el seeing, el clima y los cambios físicos que ocurren en su atmósfera.

1.1. Estación meteorológica.

Una estación meteorológica es un equipo dedicado a medir y registrar regularmente diversas variables meteorológicas. Las bases de datos generados por estos equipos se utilizan para hacer estudios climáticos así como para la elaboración de predicciones meteorológicas a partir de modelos numéricos.

En todos los observatorios astronómicos se requieren de estaciones meteorológicas funcionando de la manera más automática y continua posible. Aparte de los parámetros meteorológicos es de particular importancia la determinación de la diferencia de temperatura entre el espejo primario y el ambiente así como entre el exterior e interior del edificio los cuales afectan de manera directa la calidad de las imágenes obtenidas con los telescopios y por lo tanto la eficiencia de los mismos (Michel et al. 2001).

Algunos ejemplos de los parámetros físicos que se pueden medir en un sitio son: temperatura, humedad relativa, presión atmosférica, precipitación pluvial, velocidad del viento e insolación. Nuestras estaciones son capaces de medir todos ellos.

Ya que los altos niveles de humedad ponen en riesgo los equipos ópticos y electrónicos, es conveniente llevar un monitoreo continuo para también poder generar señales de alarma y así evitar posibles deterioros en la superficie de los espejos y daños a los equipos electrónicos.

2. ANTECEDENTES.

Por muchos años la información meteorológica de SPM fue recabada, de manera parcial, por los asistentes nocturnos quienes leían (al principio y final de cada noche) sensores analógicos de temperatura, presión atmosférica y humedad relativa instalados en el piso de telescopio del 2.1m. Debido a la necesidad de tener un registro más fidedigno y representativo del clima en SPM, a finales de 1998 se instalaron dos estaciones meteorológicas rudimentarias en los telescopios de 0.84 y 1.5m. Estas estaciones consistían en hasta ocho sensores conectados a una PC por medio de una tarjeta de adquisición de datos comercial y con ellas fue posible recabar información meteorológica de SPM por más de cuatro años (Michel, Hiriart y Chapela 2003).

En 2003 se instaló una nueva estación meteorológica en el telescopio de 0.84m (Chapela 2004), la cuál consistía en una PC conectada a varios módulos basados en el microcontrolador AT89C52 de Atmel y un convertidor analógico/digital (ADC). Ésto permitió seguir una filosofía de diseño

modular la cual proporcionaba cierta protección a la PC y a los otros módulos ya que en caso de que, por ejemplo, un módulo fuera destruido por una descarga eléctrica sólo se tenía que reemplazar el modulo dañado sin que éste afectara la operación de los demás módulos. Éste diseño también permitió reducir al mínimo el cableado y, lo que es más importante, aumentar el número de sensores empleados. La implementación de esta estación implicó también una mayor facilidad en su mantenimiento. En la Figura 1 se muestra un diagrama a bloques de dicha estación.

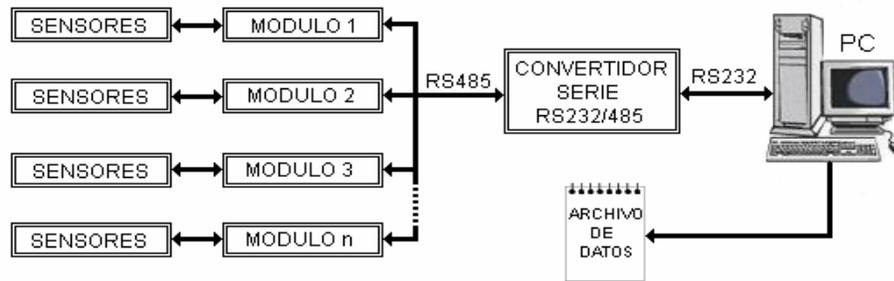


Figura 1. Diagrama a bloques de la estación meteorológica del 0.84m.

3. OBJETIVO.

El objetivo del presente trabajo fue el implementar nuevas estaciones meteorológicas, para todos los telescopios del OAN-SPM, que permitieran medir parámetros como velocidad del viento, temperatura, humedad relativa, presión barométrica, insolación y precipitación pluvial además de permitir el monitoreo de las temperaturas en los diferentes niveles del edificio y en la óptica de los telescopios para a su vez proponer maneras de mejorar el seeing de cúpula y eventualmente implementar sistemas de alarma para cuando el equipo esté en riesgo debido a condiciones meteorológicas adversas.

4. ELECTRÓNICA DE LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA.

En este capítulo se describen las partes que componen la estación meteorológica.

4.1. Módulo de adquisición de datos.

El módulo de adquisición de datos está basado en el diseño de la estación meteorológica de Chapela (2004) en el cual los módulos están conectados en paralelo al puerto serie de una computadora, lo cual proporciona las siguientes ventajas:

- Simplificación del diseño. Se diseñó un solo módulo y se usaron tantos como requería la aplicación.
- Rapidez en reparación ya que solo hay que reemplazar el módulo dañado.
- Bajo costo ya que es más barato construir copias de circuitos idénticos que hacer una serie de circuitos diferentes.
- Protección al sistema. Todos los módulos son independientes entre sí, por lo que cualquier problema no dañará al sistema completo, sino que solo al módulo afectado.

Los elementos y etapas principales son (véase la Figura 2):

- Microcontrolador.
- Etapa de transmisión/recepción serie.
- Etapa de acondicionamiento de las señales.

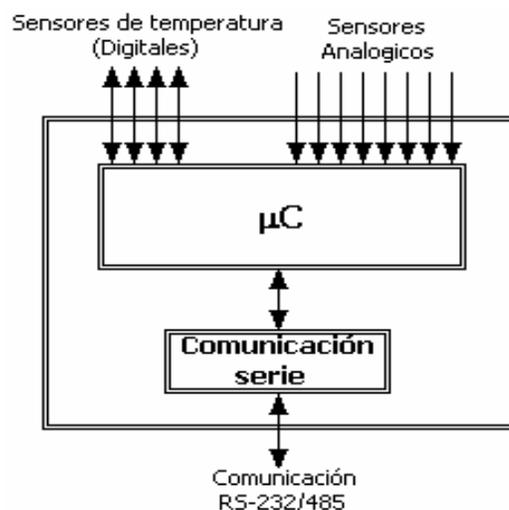


Figura 2. Diagrama a bloques del módulo de adquisición.

4.2. Microcontrolador ADuC832.

La función principal del microcontrolador es la de leer regularmente todos los sensores analógicos y digitales para después transmitir los promedios de dichas mediciones a una PC cuando esta última lo solicita.

4.2.1 Características del microcontrolador ADuC832.

El ADuC832 de Analog Devices (<http://www.analog.com>) es un microcontrolador de 8 bits que tiene integrado, entre otras cosas, un convertidor analógico/digital (ADC) con 12 bits de resolución y con 8 canales de entrada. Cuenta también con 2 convertidores digital/analógico (DAC) con 12 bits de resolución; todo esto en un sólo circuito integrado de 52 patas. Un diagrama a bloques de este dispositivo puede verse en la Figura 3.

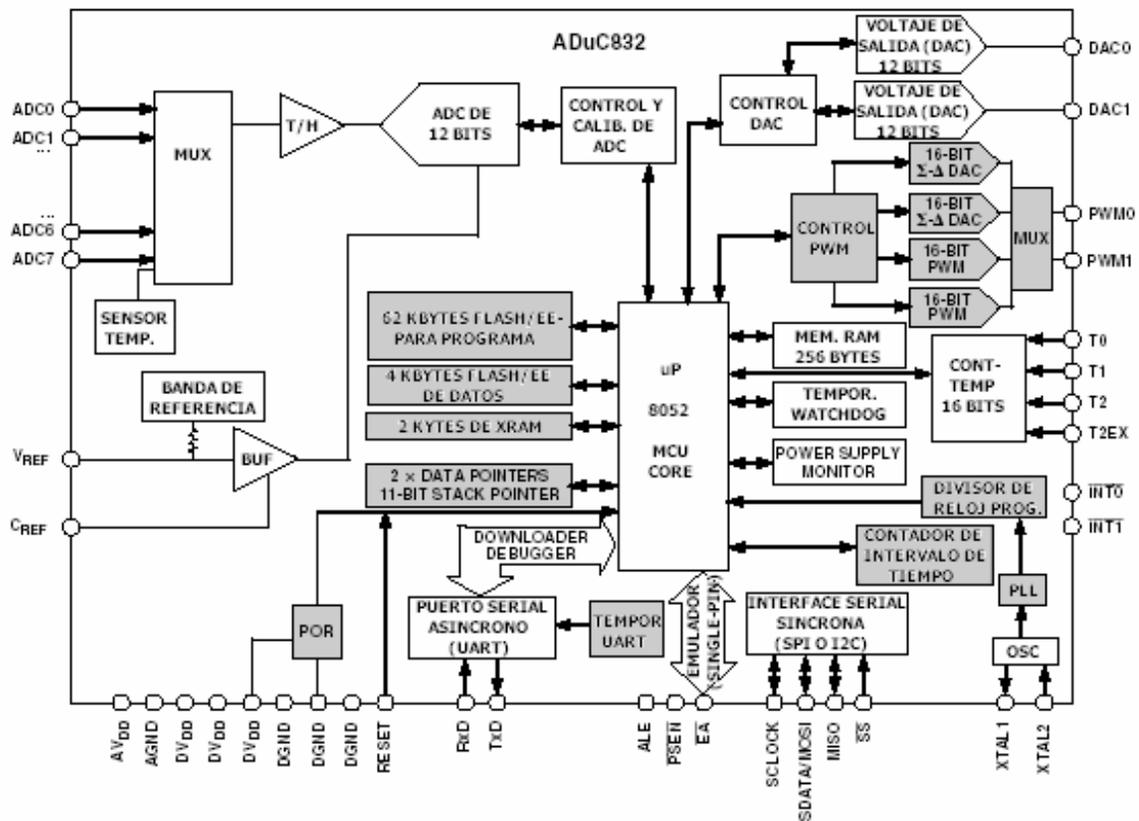


Figura 3. Diagrama a bloques del microcontrolador ADuC832.

El ADuC832 tiene 62kB de memoria de programa tipo Flash/EE no-volátil, para correr el código del usuario la cual proporciona las ventajas de una EEPROM de reprogramación flexible combinadas con la densidad y eficiencia de espacio de las EPROM comunes. Cuenta además con 4kB de memoria de datos (también de tipo Flash/EE) la cual es accesible por medio de un grupo de registros de control. Cuenta también con 256B de RAM de propósito general y 2kB de RAM extendida interna.

Este dispositivo requiere para su operación de un cristal de 32 kHz como entrada a un lazo de fijación de fase (PLL) que genera una frecuencia de reloj de hasta 16.77 MHz. El núcleo del microcontrolador es de la familia del 8052 y por lo tanto utiliza el juego de instrucciones del mismo. Cuenta con cuatro puertos bidireccionales de 8 bits cada uno, tres contadores-temporizadores de 16 bits, y puertos especialmente destinados a las comunicaciones que pueden ser de los tipos: dúcto de Circuitos Integrados (I²C), Interfaz Serial de Periféricos (SPI) y transmisor/receptor asíncrono universal (UART).

El bloque de conversión A/D incorpora un convertidor rápido de 8 canales, consistente en un multiplexor, un sistema de muestreo y retención y un ADC con 12 bits de resolución. Este ADC consiste en un convertidor convencional de aproximaciones sucesivas que acepta un rango de voltaje de entrada de 0V a V_{REF} , donde V_{REF} puede ser generado internamente por una referencia calibrada de fábrica de 2.5V o externo con un valor que puede estar entre 1V y el voltaje de alimentación.

El ADuC832 tiene coeficientes de calibración programados de fábrica que son automáticamente cargados al ADC al alimentarlo, asegurando su óptimo rendimiento, asimismo, el núcleo del ADC contiene registros de compensación (offset) interna así como de calibración de ganancia la cual puede ser ajustada por medio de hardware para minimizar errores del sistema.

La utilización de este microcontrolador nos facilitó la construcción de nuestro módulo, pues al tener integrado un ADC y un DAC se ahorraron esfuerzos en el diseño y las pruebas de laboratorio.

4.3. Comunicación serie RS-232 y RS-485.

Por medio del puerto serie (UART) es posible cargar el programa al microcontrolador y llevar a cabo la comunicación entre los módulos de adquisición y la PC.

Nota: Utilizando el protocolo RS-485 no es posible programar al microcontrolador.

En el telescopio de 2.2m los módulos se comunican utilizando el protocolo RS-485 y en los telescopios de 1.5m y 0.84m se utiliza el protocolo RS-232 ya que solo requieren de un módulo.

4.3.1 Configuración del la comunicación serie.

La Figura 4 presenta un diagrama esquemático de la etapa de comunicación serie. Observamos que tanto el circuito integrado MAX232 como el SN75176 están conectados a las patas RX y TX del microcontrolador por medio del puente JP2 con el cual se selecciona el tipo de comunicación que se desea (RS-232 ó RS-485), además por medio de un mismo conector DB9 se realiza la comunicación entre módulos (RS-485), la comunicación módulo-PC (RS-232) y la alimentación del módulo (de 9 a 30V).

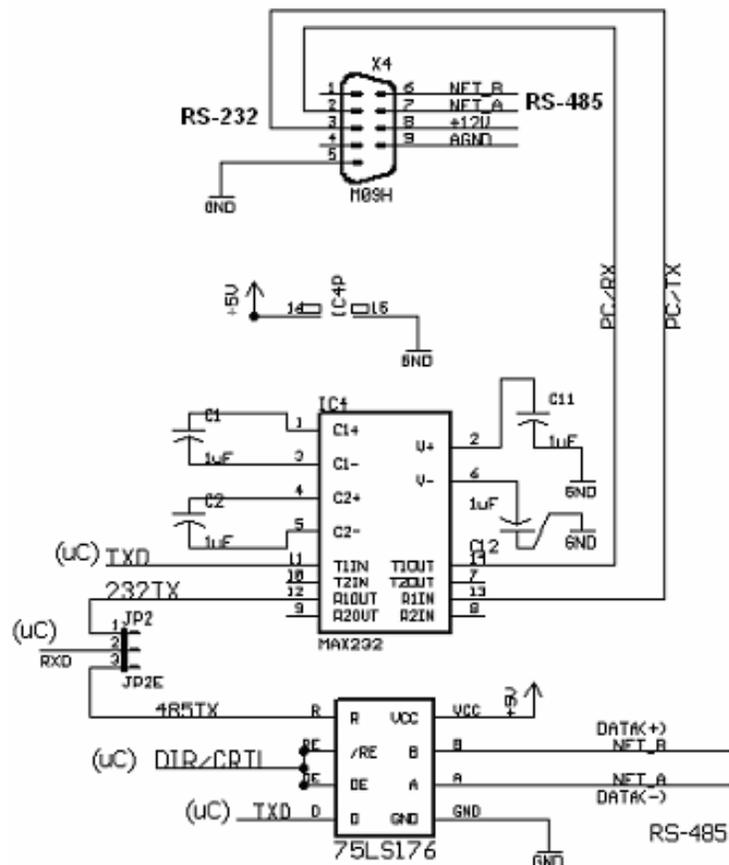


Figura 4. Diagrama de conexión del RS-232/RS-485.

La tabla siguiente, muestra la configuración de puerto serie usando el jumper JP2.

Posición Jumper	Comunicación
1-2	RS-232
2-3	RS-485

Tabla 1. Jumper para la configuración de la comunicación serie.

En la tabla 2, se listan las señales utilizadas en el conector serie DB9.

PIN DB9	Señal	Descripción
1		Sin conexión.
2	PC-RX	A recepción RS-232 de la PC
3	PC-TX	A transmisión RS-232 de la PC
4		Sin conexión.
5	GND	Tierra de RS-232.
6	NET A	Canal diferencial (+) del RS-485
7	NET B	Canal diferencial (-) del RS-485
8	+12V DC	Alimentación general del circuito.
9	GND	Tierra general del circuito.

Tabla 2 . Señales utilizadas en el conector DB9.

4.4. Diagrama electrónico.

El diseño del diagrama electrónico así como el de la tarjeta impresa se realizó con la ayuda del paquete EAGLE (<http://eagle-systems.net/>), la Figura 5 presenta el diagrama a bloques del esquemático del módulo.

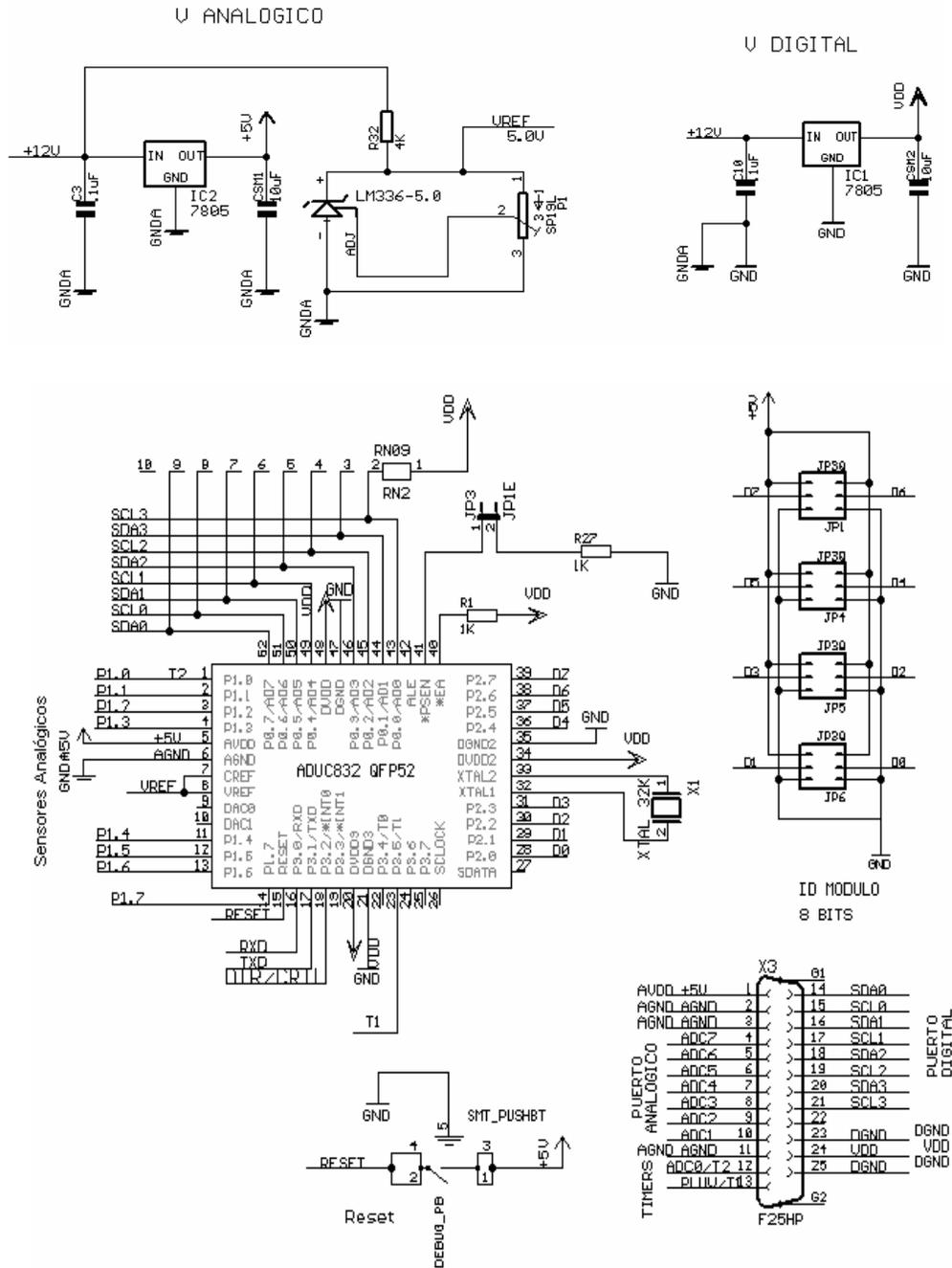


Figura 5. Diagrama esquemático del módulo.

Algunas etapas de nuestro diagrama ya fueron mencionadas, por lo que no aparecen en ésta figura. El diagrama completo podrá encontrarse en el apéndice C.

Se observa que los voltajes de alimentación son proporcionados por los reguladores de voltaje 7805 (IC1 e IC2) generando las alimentaciones digital y analógica de manera independiente.

También se cuenta con una referencia de voltaje de 5V LM336-5.0 para proporcionar una referencia externa al convertidor A/D.

La componente principal es el circuito integrado ADuC832 donde el puerto 1 está configurado como convertidor A/D. Los voltajes en las líneas AVDD y AGND (analógicos) son proporcionados por el regulador IC2 mientras que los voltajes de las líneas VDD y GND (digitales) son suministrados por el regulador IC1.

La línea RESET va conectada al un interruptor de contacto el cual se encarga de reiniciar al microcontrolador y dejarlo en condición de cargarle el programa (modo “*download*”) siempre y cuando se tenga el puente JP3 conectado a la línea $\overline{\text{PSEN}}$. La comunicación serie se da a través de las líneas RXD (P3.0) y TXD (P3.1) mientras que la línea P3.2 está destinada a controlar la línea de dirección del transmisor/receptor SN75176 (controla la dirección de transmisión/recepción de la comunicación serie RS-485). La línea P3.5 está configurada como contador de pulsos y es utilizada básicamente para recibir los pulsos generados por el pluviómetro y el anemómetro.

Como se comentó anteriormente, el microcontrolador requiere de un cristal de 32.768kHz el cual va conectado a las líneas XTAL1 y XTAL2. El puerto 2 está conectado a los puentes JP1, JP4, JP5 y JP6 con el propósito de proporcionar la identificación o nombre del módulo teniendo la línea P2.0 como el bit menos significativo.

La línea $\overline{\text{EA}}$ esta conectada a VDD a través de una resistencia de $1\text{k}\Omega$, con esto, al encender o reiniciar al dispositivo se accesan los 62kB de memoria de programa FLASH/EE interna. El puerto 0 se utiliza para la comunicación con los sensores digitales de temperatura ya que por medio de programación se generaron 4 ductos de comunicación I²C. En el apéndice D se muestra la tarjeta impresa del módulo.

5. SENSORES.

5.1. Temperatura.

El sensor de temperatura utilizado es el LM92 de National Semiconductor (<http://www.national.com/>) véase la Figura 6. Este es un sensor de salida digital, con una resolución de 13 bits, el cual se comunica por medio del estándar I²C. Su voltaje de alimentación debe estar entre 2.7V y 5.5 V y su rango de temperaturas de operación es de -55 a 150°C con una resolución de 0.0625°C.

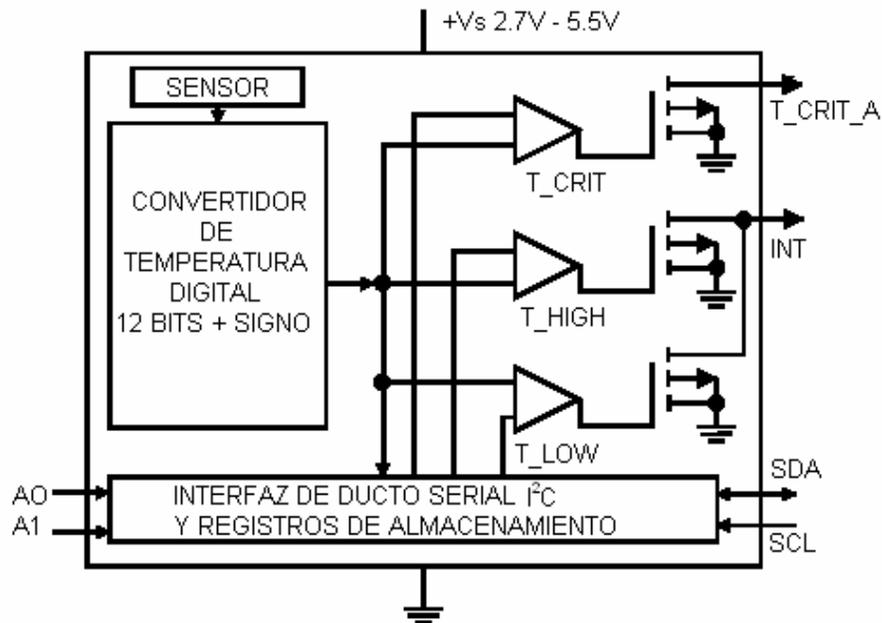


Figura 6. Diagrama a bloques del sensor de temperatura LM92.

Con las entradas A0 y A1 se define (mediante puentes conectados a tierra ó +Vs) la dirección, o identificación, de cada sensor por lo que es posible tener hasta cuatro sensores compartiendo los mismos cables.

Las salidas digitales INT y T_CRIT_A podrían ser utilizadas para controlar sistemas. La línea INT produce una señal que se activa cuando la temperatura se sale de dos límites programados por el usuario mientras que T_CRIT_A se activa cuando la temperatura excede un límite también programado por el usuario. Estas salidas no son empleadas en nuestra aplicación.

La línea de entrada SCL proporciona la sincronía para la transmisión y recepción de datos los cuales fluyen a través de la línea bidireccional SDA. La comunicación está apegada al protocolo de comunicación definido por el estándar I²C.

Los datos de temperatura están representados por 13 bits en formato complemento a dos. En la Tabla 3 se muestran algunos ejemplos de esta relación.

VALOR BINARIO	TEMPERATURA (°C)
0 0001 1001 0000	+25
0 0000 0000 0001	+0.0625
0 0000 0000 0000	0
1 1111 1111 1111	-0.0625
1 1110 0111 0000	-25

Tabla 3. Ejemplos del formato de datos de temperatura del LM92.

Para nuestra aplicación, el rango de temperaturas que nos interesa medir va de -20 a 30°C aproximadamente. En la Tabla 4 se muestran los valores de precisión del sensor a diferentes temperaturas, así como algunas especificaciones ya mencionadas según su hoja de datos.

PARAMETRO	VALOR
Voltaje de alimentación	2.7V a 5.5V
Corriente de alimentación	350µA
Linealidad	±0.5 °C
Resolución	.0625°C/ADU
Rango de operación	-50 a 150 °C

Tabla 4. Características del sensor de temperatura LM92.

El LM92 opera como esclavo en el ducto serial, así la línea SCL es una entrada (no genera ningún reloj, sino que siempre es recibido del dispositivo maestro) y la línea SDA es una línea de datos bidireccional. En la Figura 7 se presenta un diagrama de tiempos para el funcionamiento de este sensor en el modo de lectura (el único empleado en esta aplicación). Siguiendo el diagrama se observa que primero se debe tener una condición de inicio, la cual siempre es generada por el maestro del ducto. Esta condición sucede sólo si se realiza una transición de alto a bajo en la línea SDA mientras la línea SCL se encuentre en estado alto. Una vez realizada dicha condición, se dice que el ducto está ocupado o en funcionamiento.

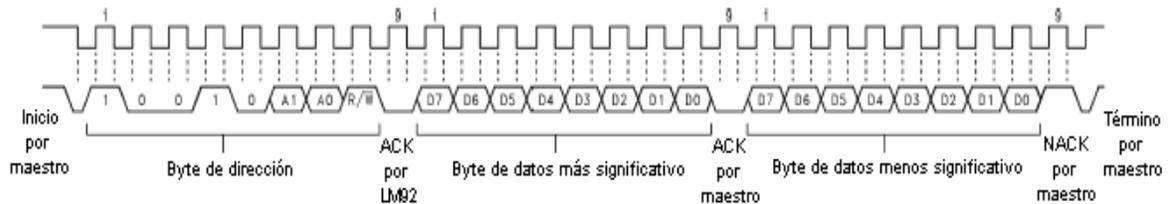


Figura 7. Diagrama de tiempos para lectura del sensor LM92.

Después de esto el maestro envía un byte (con el bit más significativo por delante) por la línea SDA junto con 8 pulsos de reloj, los primeros 7 bits son de dirección, de los cuales los 5 bits más significativos están pre-programados en un registro interno del LM92, siendo estos (10010) y los 2 bits menos significativos de la dirección son definidos por las entrada A1-A0. El bit 8 (menos significativo) es un bit de reconocimiento de lectura/escritura (R/\overline{W}) el cual determina la dirección del mensaje, que para esta aplicación deberá ser de lectura. El siguiente bit es de reconocimiento (ACK) generado por el LM92 reflejado en un nivel lógico bajo en la línea SDA señalando que recibió la dirección.

Siguiendo lo anterior tenemos ya el dato de temperatura guardado en los registros del LM92, el sensor transmite primero el byte más significativo, seguido de un bit de reconocimiento (ACK) generado por el maestro del ducto reflejado en un nivel lógico bajo en la línea SDA señalando que recibió el byte satisfactoriamente. Posteriormente el LM92 envía el byte menos significativo siendo los últimos tres bits de éste las banderas de alarma CRIT, HIGH y LOW, un bit de nivel lógico alto deberá ser generado por el maestro (NACK) para aprobar satisfactoriamente la transferencia de los datos, el cual va seguido de la condición de término que siempre es generada por el maestro del ducto. Ésta condición sucede sólo si se realiza una transición de bajo a alto en la línea SDA

mientras la línea SCL se encuentre en estado alto. Una vez realizada esta condición se dice que el ducto ha sido liberado o que está en reposo.

Es indispensable mencionar que un dato es válido sólo si la línea SDA está estable durante un periodo de reloj alto, ésto es, una transición en la línea SDA sólo puede ocurrir cuando la señal de reloj en la entrada SCL sea bajo.

En la Figura 8 se muestra la aplicación típica del sensor LM92. El uso del condensador de desacoplo es indispensable cuando se utilizan cables largos pero si el sensor está cerca del módulo entonces se puede prescindir de él. En el apéndice E se muestra las características principales de la hoja de datos del sensor LM92.

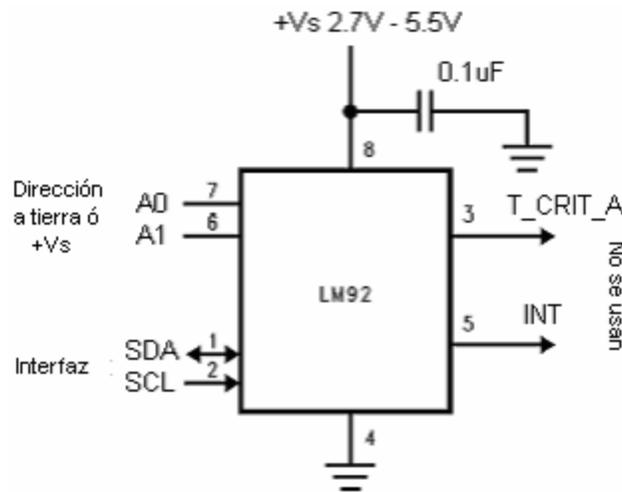


Figura 8. Aplicación típica del LM92.

5.1.1. Calibración e instalación.

Antes de la instalación de los termómetros fue necesaria su calibración por lo cual se habilitaron dos módulos que nos permitieron calibrar hasta 32 sensores a la vez. Como referencia para la calibración se emplearon termómetros comerciales calibrados de fábrica. Se pusieron los sensores y las puntas de los termómetros en el interior de una hielera lo más cercanos posible entre sí. La hielera se cubrió con una cobija para evitar la entrada de corrientes de aire por las ranuras. Con la

hielera apagada y con ayuda de un calentón, se calentó el aire dentro de la hielera a una temperatura de aproximadamente 40°C. Después se ejecutó un programa de adquisición de datos que leía los promedios de temperatura de los sensores cada minuto y se encendió la hielera dejándola enfriar hasta aproximadamente -20°C. El programa tomó datos por alrededor de 2 horas. Procesando estos datos se obtuvieron valores de calibración para todos los termómetros. Como se verá adelante, estas calibraciones se escriben en un archivo el cual es leído por el programa de la PC de manera que se corrigen los valores entregados por cada sensor.

Los termómetros utilizados para la calibración de los sensores fueron:

- Un termómetro de mercurio de laboratorio.
- Un termómetro OMEGA modelo DP460 con termopar, que tiene una precisión de $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$.
- Un transductor RTD (sensor de temperatura resistivo) Honeywell modelo HEL-707, consistente en una película delgada de platino con salida de 100Ω a 0°C . Este sensor tiene una precisión de $\pm 0.3^{\circ}\text{C}$ en el rango de temperatura de -75 a 540°C .

5.2. Humedad relativa.

La humedad relativa es la relación entre la cantidad de vapor de agua contenido en el aire y la máxima cantidad que puede contener. Cuanto mayor es la temperatura, mayor es la capacidad del aire para absorber vapor de agua, por lo que esta capacidad depende directamente de la temperatura del aire. La humedad relativa se expresa en porcentaje, así, cuando la humedad relativa llega al 100% significa que el aire está saturado de agua.

El sensor de humedad relativa utilizado es el HIH-3610-003 de Honeywell (<http://www.honeywell.com/>) el cual produce un voltaje lineal de salida que es directamente proporcional a la humedad relativa. Este sensor cuenta con un capacitor plano con una segunda capa de polímero para protegerlo del polvo, suciedad, etc. En la Tabla 5 se muestran algunas de sus características y en el apéndice F se lista sus hojas de datos.

Parámetro	Min.	Típico	Máx.
Voltaje de alimentación (V)	4	5	5.8
Corriente de alimentación (μA)	-	200	-
Rango de humedad (%)	0	-	100
Temperatura de operación (°C)	-40	-	85
Precisión (%)	-	±2 (a 25°C)	-

Tabla 5. Características del sensor de humedad HIH-3610.

Cada sensor viene de fábrica con valores de calibración propios. Los valores de calibración de los sensores utilizados se muestran en la Tabla 6.

Sensor	89	404	386	268
Vsal @ 0% RH (V)	0.866	0.885	0.851	0.884
Vsal @75.3% RH (V)	3.269	3.235	3.182	3.244

Tabla 6. Valores de calibración de los sensores de humedad.

En la Figura 9 se muestra la construcción de este tipo de sensores mientras que en la Figura 10 se ve la dependencia que tienen con la temperatura. Según el fabricante esta dependencia no deseada puede ser corregida con la ecuación $RH = RH_0 / (1.0546 - 0.00216T)$ donde RH_0 es la salida del sensor y T es la temperatura en grados centígrados.

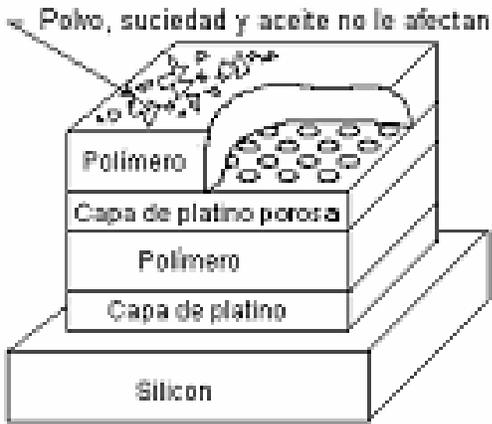


Figura 9. Sensor de humedad.

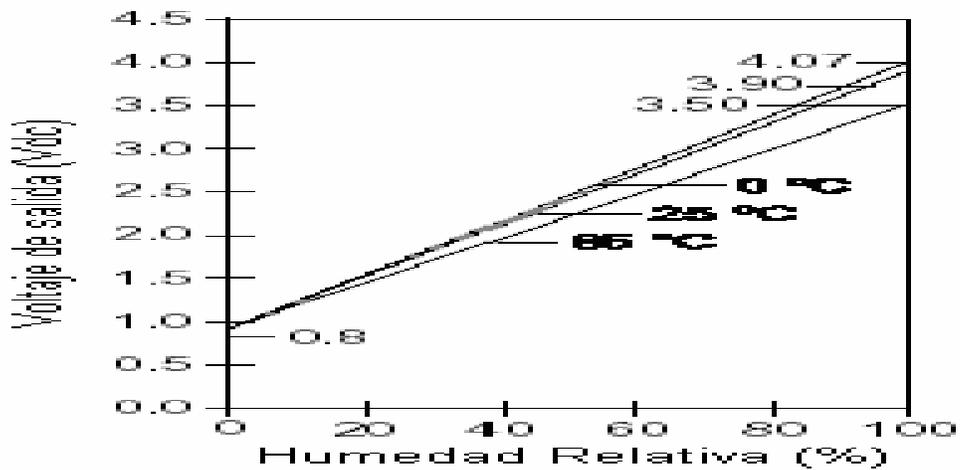


Figura 10. Dependencia del sensor de humedad con la temperatura.

5.3. Presión atmosférica.

Se define como la fuerza por unidad de superficie ejercida por el peso de la atmósfera (aire). Al nivel del mar, la presión atmosférica es de alrededor de 101.3 kPa (equivalente a 760 mmHg), mientras que a una altura de aproximadamente 5500 metros esta presión se reduce a aproximadamente la mitad.

El sensor de presión atmosférica utilizado es el MPX4115A de Motorola (<http://www.motorola.com/>). Este sensor proporciona un voltaje de salida compensado por temperatura y está compuesto por un transductor piezo-resistivo monolítico de silicio que genera una señal de salida precisa que es proporcional a la presión aplicada. Algunas de sus características se muestran en la Tabla 7.

Parámetro	Min.	Típico	Máx.
Rango de operación (kPa)	15	-	115
Voltaje de alimentación (V)	4.85	5.1	5.35
Corriente de alimentación (mA)	-	7	10
Voltaje de salida (V)	0.2	-	4.8
Tiempo de respuesta (ms)	-	1.0	-
Temperatura de operación (°C)	-40	-	125

Tabla 7. Características del sensor de presión MPX4115A

La Figura 11 muestra la construcción del sensor de presión atmosférica, mientras que la Figura 12 muestra la curva de respuesta del sensor, voltaje de salida contra presión. En el apéndice G se muestra la primera hoja de datos de este sensor.

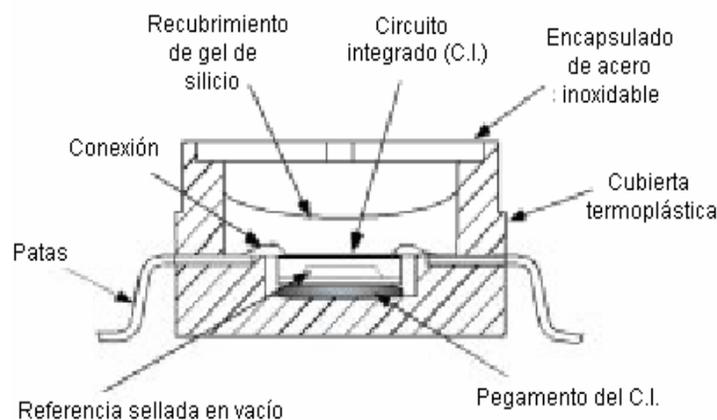


Figura 11. Sensor de presión.

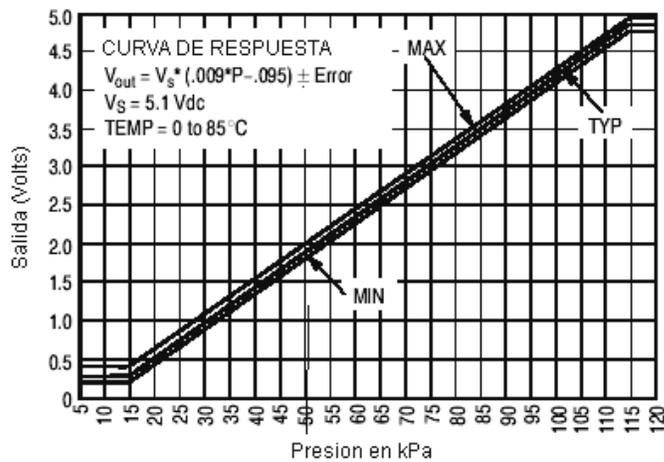


Figura 12. Curva de respuesta del sensor de presión.

5.4. Pluviómetro.

La precipitación pluvial es cualquier tipo de agua que cae sobre la superficie de la Tierra. Las diferentes formas de precipitación incluyen lluvia, neblina, nieve, agua nieve, y granizo.

La Figura 12 muestra la composición interna del sensor de precipitación pluvial “*Rain Collector*” 7852M de Davis Instruments (<http://www.davisnet.com/>). En este sensor, la lluvia entra a un cono colector para posteriormente pasar a través de un pequeño filtro (malla) y llenar una de las cámaras del contenedor. Cuando se colecta una cantidad de agua correspondiente a una altura de 0.2mm, se inclina mecánicamente el contenedor de manera que esta agua es vertida. Cuando el contenedor se inclina, se activa un interruptor magnético cuyo contacto genera un pulso de voltaje que será recibido por el contador del microcontrolador. Al inclinarse se pone automáticamente la otra cámara del contenedor en posición de coleccionar.

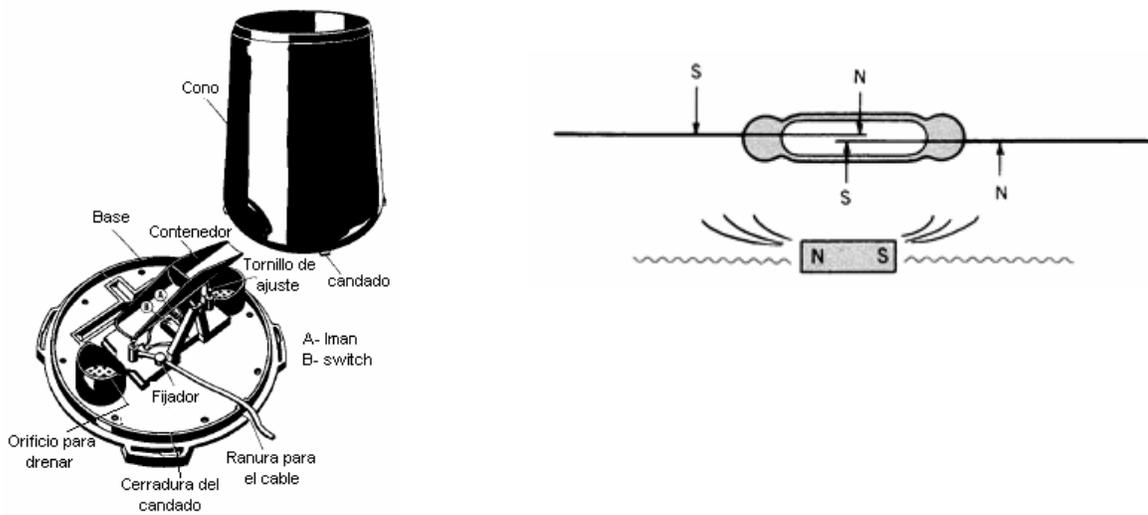


Figura 13. Pluviómetro y el detalle del interruptor magnético.

Para el mejor funcionamiento del contador, se integró el circuito anti-rebote mostrado en la Figura 14. Este circuito se basa en un schmitt trigger que evita que los transitorios parásitos sean registrados.

Al cerrar el interruptor del pluviómetro, el capacitor se descargará a través de R2 hasta 0.9V y la salida del schmitt trigger pasará a nivel alto. Al abrir el interruptor el capacitor se volverá a cargar y cuando alcance 1.7V, la salida pasará a nivel bajo, así los rebotes del interruptor mecánico no tendrán efecto, porque serán absorbidos por el capacitor mientras éste se carga o se descarga.

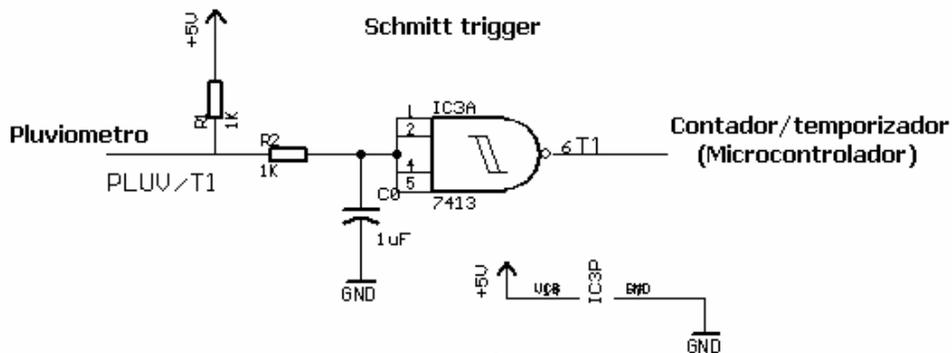


Figura 14. Circuito anti-rebote para el pluviómetro.

5.5. Radiación solar.

Se conoce por radiación solar al conjunto de radiaciones electromagnéticas que son emitidas por el sol. Estas van desde los rayos gama hasta las ondas de radio. La unidad práctica que describe la radiación solar que llega a la tierra es la irradiancia y está medida en watts por metro cuadrado.

El sensor de radiación solar que utilizamos es el modelo 7821 de Davis Instruments (<http://www.davisnet.com/>). Este sensor consiste en un fotodiodo de silicio de respuesta espectral ancha, el cual convierte la radiación incidente en un voltaje. Este sensor mide la radiación global, por lo que toma en cuenta tanto la componente directa así como la componente difusa de la radiación solar.

La Tabla 8 muestra algunas características de este sensor.

Parámetro	Valor
Voltaje de alimentación	5V, $\pm 10\%$: 3mA típico
Voltaje de salida	0V a 3V. (1.67 mV por W/m^2)
Precisión	$\pm 5\%$
Resolución	1 W/m^2

Tabla 8. Características del sensor de radiación solar 7821.

6. PROGRAMACIÓN

6.1. Programa del microcontrolador

El programa del microcontrolador se encarga de muestrear los sensores (digitales y analógicos), procesar los datos muestreados y enviar los resultados a la computadora. En el caso de los sensores digitales de temperatura, el resultado entregado de cada sensor es el promedio de la temperatura en grados centígrados así como su desviación estándar, para los sensores analógicos, se entregan los promedios de los voltajes medidos junto con sus desviaciones estándar. En el Apéndice A se podrá encontrar un listado de este programa.

El promedio está dado por

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

La desviación estándar está dada por la aproximación

$$\sigma = \sqrt{\overline{x^2} - (\bar{x})^2}$$

donde $\overline{x^2}$ es el promedio de los cuadrados y está dado por

$$\overline{x^2} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i^2}{n}$$

Por lo que para calcular estos valores solo es necesario que el microcontrolador lleve registro de las sumatorias de las mediciones, las sumatorias de los cuadrados de las mediciones y el número de lecturas.

Un diagrama de flujos de este programa puede verse en la Figura 15. Al iniciar el programa se configuran los puertos de entrada/salida y serie del microcontrolador, los contadores-temporizadores, las interrupciones y el convertidor A/D. Ya que se realizó la configuración se lee la identificación (nombre) del módulo, se inicializa el contador T1 y las variables. Posteriormente se inicia el muestreo de los sensores primero el contador, después los sensores digitales (temperatura) y por último los sensores analógicos. Se van haciendo las sumatorias del valor de cada sensor leído así como la sumatoria del mismo valor al cuadrado hasta que se produce una interrupción por el puerto serie. Al realizarse la interrupción, el microcontrolador recibirá su identificación (nombre),

cuando esto sucede, guarda el valor del contador y lo reinicializa, después calcula el promedio y la desviación estándar para cada sensor (tanto analógicos como digitales) y envía los resultados a la PC junto con el número de muestras y los pulsos del contador. Una vez terminada la transmisión de los datos se ponen en ceros los registros de las sumatorias y de las sumatorias de cuadrados y se repite el ciclo.

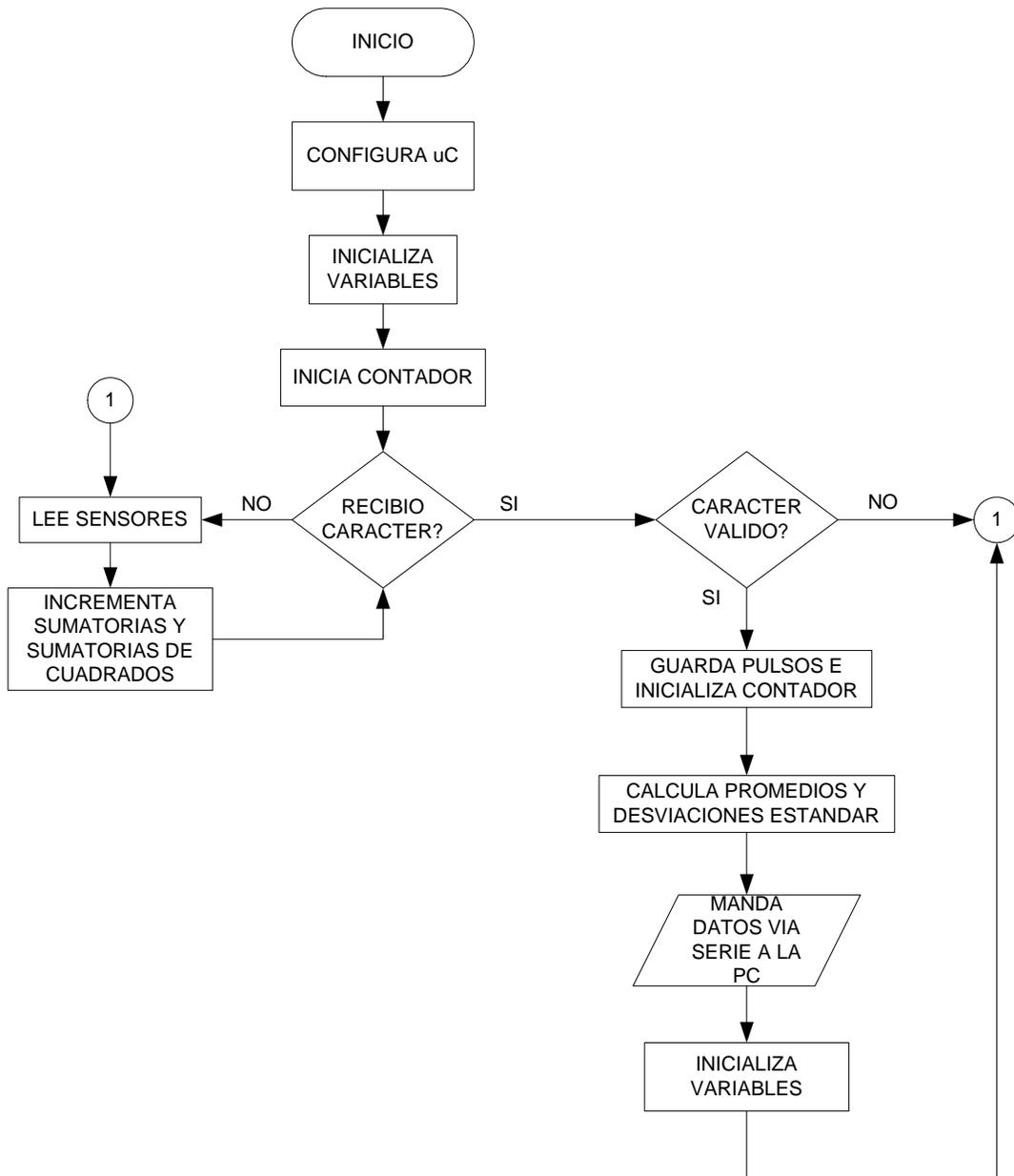


Figura 15. Diagrama de flujo del programa del microcontrolador.

6.2. Programa de la PC

Este programa, desarrollado en lenguaje de programación C bajo el sistema operativo Linux, se ejecuta en la PC y se encarga de muestrear todos los módulos cada minuto y de generar un archivo de datos diario para cada módulo. En el apéndice B se puede encontrar un listado de dicho programa.

Como se muestra en el diagrama de flujo de la Figura 16, al iniciar el programa se configura el puerto serie de la PC para una velocidad de 9600 baudios y se abre la comunicación con el puerto, posteriormente abre un archivo de configuración que contiene el nombre del telescopio así como la identificación de los módulos conectados. Después de esto, abre el archivo de datos de calibración de los sensores y posteriormente inicializa los módulos con el fin de eliminar datos erróneos. Monitoreando el reloj interno de la PC, espera a que sea el inicio de un minuto (segundo 0), cuando esto sucede, envía el comando de identificación de los módulos y después escribe los resultados procesados en el archivo diario de datos para luego esperar a que pase otro minuto antes de repetir el ciclo.

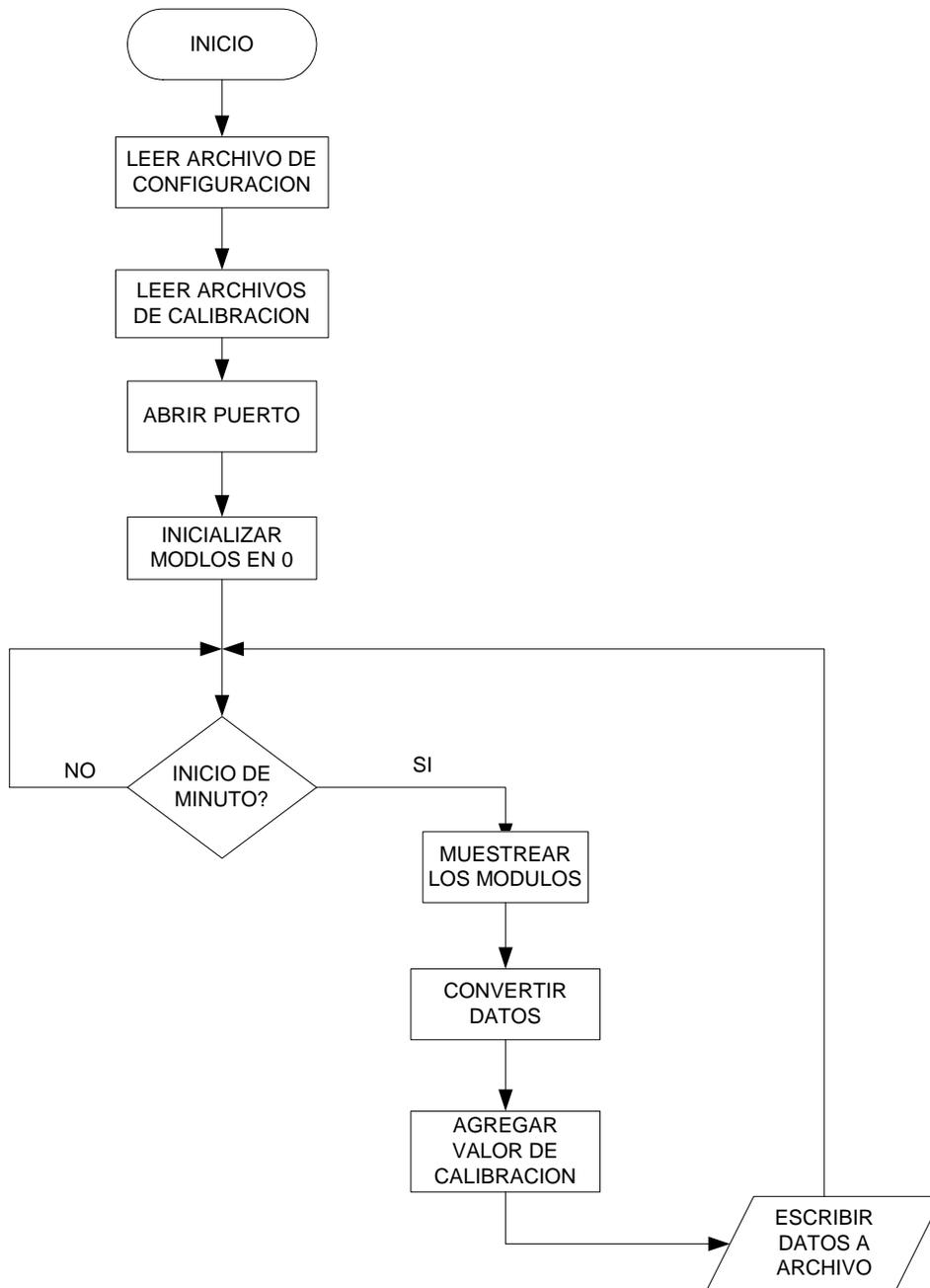


Figura 16. Diagrama de flujo del programa de la PC.

6.3 Formato de salida del archivo de datos.

El programa de la PC genera un archivo de datos diario por cada modulo utilizado. El formato del archivo generado es el siguiente:

aaaammddi_tt.dat

Donde el significado de cada parámetro en el siguiente:

Parámetro	Descripción
aaaa	4 dígitos del año.
mm	2 dígitos del mes.
dd	2 dígitos del día.
i	Número de modulo
tt	Identificación del telescopio (21, 15, 84)

Tabla 9. Formato del nombre del archivo.

Los datos almacenados en el archivo contienen el siguiente formato:

hh mm Meas Counts A0 A1 A2 A3 A4 A5 A6 A7 T0 T1 T2 T3 T4 T5 T6 T7 T8 T9 T10 T11
T12 T13 T14 T15 sAO sA1 sA2 sA3 sA4 sA5 sA6 sA7 sT0 sT1 sT2 sT3 sT4 sT5 sT6 sT7 sT8 sT9
sT10 sT11 sT12 sT13 sT14 sT15

Donde el significado de cada parámetro es el siguiente:

Parámetro	Descripción
hh	Hora cuando se tomaron las mediciones
mm	Minutos cuando se tomaron las mediciones
Meas	Número de muestras adquiridas
Counts	Número de pulsos registrados por el contador
A0 a A7	Promedios de las señales analógicas adquiridas
T0 a T15	Promedios de las temperaturas adquiridas
sA0 a sA7	Desviaciones estándar de las señales analógicas adquiridas
sT0 a sT15	Desviaciones estándar de las temperaturas adquiridas

Tabla 10. Formato del los datos del archivo.

6.4 Archivo de calibración y localización de los sensores.

El programa de la PC buscara el archivo de calibración *Offsets{i}.dat*, donde *i* corresponde al número de módulo, por cada módulo utilizado. En este archivo se encontrara en cada línea cuatro datos correspondiente a un polinomio hasta de orden tres y posteriormente habrá un comentario sobre la localización del sensor.

6.4.1 Archivo de calibración de los módulos instalados en el telescopio de 2.1m.

A continuación se muestran los 3 archivos de calibración utilizados en el telescopio de 2.1m.

Módulo 0 (archivo Offset0.dat):

0.0 0.0 0.0 0.0	NC-(A0)
0.0 0.0 0.0 0.0	NC-(A1)
0.0 0.0 0.0 0.0	NC-(A2)
0.0 0.0 0.0 0.0	NC-(A3)
0.0 0.0 0.0 0.0	NC-(A4)
0.0 0.0 0.0 0.0	NC-(A5)
0.0 0.0 0.0 0.0	NC-(A6)
0.0 0.0 0.0 0.0	NC-(A7)
0.0 0.0 0.0 0.0	NC-(D0)
0.0 0.0 0.0 0.0	NC-(D0)
0.0 0.0 0.0 0.0	NC-(D2)
0.0 0.0 0.0 0.0	NC-(D3)
-2.579516 1.019303 0.0 0.0	pasillo_de_electronica_____ (000b)-(D04)
-2.878613 1.026155 0.0 0.0	almacen_de_electronica_____ (010b)-(D05)
-2.973963 1.020491 0.0 0.0	mitad_electronica_____ (100b)-(D06)
-2.880137 1.007255 0.0 0.0	electronica_ventana_____ (110b)-(D07)
-3.099647 1.004972 0.0 0.0	catacumba_electr-astron_____ (002b)-(D08)
-2.516422 1.001288 0.0 0.0	catacumba_alumin-electr_____ (012b)-(D09)
-3.102282 1.012364 0.0 0.0	piso_de_limpieza_espejos_____ (102b)-(D10)
-2.149701 0.998966 0.0 0.0	bombas_de_vacio_____ (112b)-(D11)
-3.294434 1.021676 0.0 0.0	simon_____ (001b)-(D12)
-2.897074 1.002915 0.0 0.0	cuarto_asistente_____ (011b)-(D13)
-2.688772 1.004380 0.0 0.0	cuarto_de_astronomos_____ (101b)-(D14)
-2.828487 1.010446 0.0 0.0	bagno_astronomos_____ (111b)-(D15)

Modulo 1 (archivo Offset1.dat):

0.0 0.0 0.0 0.0	NC-(A0)
0.0 0.0 0.0 0.0	NC-(A1)
0.0 0.0 0.0 0.0	NC-(A2)
0.0 0.0 0.0 0.0	NC-(A3)
10.3629 22.2222 0.0 0.0	Presion-(A4)
-21.156 28.408 0.0 0.0	Humedad(268)-(A5)
10.6814 22.2222 0.0 0.0	Presion-(A6)
-14.940 32.711 0.0 0.0	Humedad(386)-(A7)
0.0 0.0 0.0 0.0	NC-(D0)
0.0 0.0 0.0 0.0	NC-(D0)
0.0 0.0 0.0 0.0	NC-(D2)
0.0 0.0 0.0 0.0	NC-(D3)
-2.719758 1.005267 0.0 0.0	Temperatura_exterior_____ (003b)-(D04)
0.0 0.0 0.0 0.0	NC-(D5)
0.0 0.0 0.0 0.0	NC-(D6)
0.0 0.0 0.0 0.0	NC-(D7)
-1.487849 1.003781 0.0 0.0	Escalera_nivel_de_cupula_____ (003a)-(D08)
-1.807819 1.014587 0.0 0.0	Escalera_nivel_astronomos_____ (013a)-(D09)
-1.783069 1.009053 0.0 0.0	Escalera_nivel_electronica_____ (103a)-(D10)
-2.058698 1.009203 0.0 0.0	Escalera_planta_baja_____ (113a)-(D11)
0.0 0.0 0.0 0.0	NC-(D12)
-2.892560 1.024894 0.0 0.0	Catacumba_norte_____ (012a)-(D13)
-2.424068 1.019885 0.0 0.0	Catacumba_mitad_____ (102a)-(D14)
-2.088897 1.020894 0.0 0.0	Catacumba_sur_____ (112a)-(D15)

Modulo 2 (archivo Offset2.dat):

0.0 0.0 0.0 0.0	NC-(A0)
0.0 0.0 0.0 0.0	NC-(A1)
0.0 0.0 0.0 0.0	NC-(A2)
0.0 0.0 0.0 0.0	NC-(A3)
0.0 0.0 0.0 0.0	NC-(A4)
0.0 0.0 0.0 0.0	NC-(A5)
0.0 0.0 0.0 0.0	NC-(A6)
0.0 0.0 0.0 0.0	NC-(A7)
0.0 0.0 0.0 0.0	NC-(D0)
0.0 0.0 0.0 0.0	NC-(D1)
0.0 0.0 0.0 0.0	NC-(D2)
0.0 0.0 0.0 0.0	NC-(D3)
0.0 0.0 0.0 0.0	NC-(D4)
0.0 0.0 0.0 0.0	NC-(D5)
0.0 0.0 0.0 0.0	NC-(D6)
0.0 0.0 0.0 0.0	NC-(D7)
-2.090773 1.034014 0.0 0.0	Tubo_nivel_del_primario_____(000a)-(D08)
-2.524062 1.026447 0.0 0.0	Tubo_a_1/3_de_prim-sec_____(010a)-(D09)
-1.814987 1.024044 0.0 0.0	Tubo_a_2/3_de_prim-sec_____(100a)-(D10)
-1.899400 1.025045 0.0 0.0	Secundario_____(110a)-(D11)
-2.710766 1.019915 0.0 0.0	Primario_oeste_____(001a)-(D12)
-2.055273 1.024230 0.0 0.0	Primario_sur_____(011a)-(D13)
-2.109800 1.016101 0.0 0.0	Primario_al_aire_____(101a)-(D14)
-2.221342 1.030998 0.0 0.0	Primario_noroeste_____(111a)-(D15)

6.4.2 Archivo de calibración del módulo instalado en el telescopio de 1.5m.

A continuación se muestran el archivo de calibración utilizado en el telescopio de 1.5m.

Modulo 0 (archivo Offset0.dat):

0.0 0.0 0.0 0.0	NC-(A0)
0.0 0.0 0.0 0.0	NC-(A1)
0.0 0.0 0.0 0.0	NC-(A2)
0.0 0.0 0.0 0.0	NC-(A3)
0.0 0.0 0.0 0.0	NC-(A4)
0.0 1.0 0.0 0.0	Radiacion_Solar_____(A5)
10.5555 22.2222 0.0 0.0	Presion_____(A6)
-27.13683 31.33583 0.0 0.0	Humedad(89)_____(A7)
0.0 0.0 0.0 0.0	NC-(D00)
0.0 0.0 0.0 0.0	NC-(D01)
0.0 0.0 0.0 0.0	NC-(D02)
0.0 0.0 0.0 0.0	NC-(D03)
-3.21493 1.02843 0.0 0.0	Temperatura_exterior_____(003a)-(D04)
-2.50059 1.01781 0.0 0.0	Cupula_norte_____(013a)-(D05)
-2.52869 1.01781 0.0 0.0	Cupula_este_____(103a)-(D06)
-3.32706 1.02601 0.0 0.0	Cupula_sur_____(113a)-(D07)
-2.49911 1.01557 0.0 0.0	Cuarto_de_bombas_y_agua_____(000a)-(D08)
-2.59749 1.01722 0.0 0.0	Entre_telescopio_y_astronomos__(010a)-(D09)
-2.75461 1.01638 0.0 0.0	Bagno_____(100a)-(D10)
-2.36165 1.01646 0.0 0.0	Cuarto_de_astronomos_____(110a)-(D11)
-2.41630 1.01623 0.0 0.0	Secundario_____(002a)-(D12)
-2.68769 1.01784 0.0 0.0	Entre_secundario_y_primario_____(012a)-(D13)
-2.29522 1.01158 0.0 0.0	Entre_mitad_y_primario_____(102a)-(D14)
-2.83001 1.01880 0.0 0.0	Primario_____(112a)-(D15)

6.4.3 Archivo de calibración del módulo instalado en el telescopio de 0.84m.

A continuación se muestran el archivo de calibración utilizado en el telescopio de 0.84m.

Modulo 0 (archivo Offset0.dat):

```

0.0 0.0 0.0 0.0      NC-(A0)
0.0 0.0 0.0 0.0      NC-(A1)
0.0 0.0 0.0 0.0      NC-(A2)
0.0 0.0 0.0 0.0      NC-(A3)
0.0 0.0 0.0 0.0      NC-(A4)
0.0 0.0 0.0 0.0      NC-(A5)
10.5555 22.2222 0.0 0.0  Presion-(A6)
-28.35766 32.04255 0.0 0.0  Humedad(404)-(A7)
0.0 0.0 0.0 0.0      NC-(D00)
0.0 0.0 0.0 0.0      NC-(D01)
0.0 0.0 0.0 0.0      NC-(D02)
0.0 0.0 0.0 0.0      NC-(D03)
-2.08399 1.02931 0.0 0.0  Bagno_____ (001b)-(D04)
-1.97662 1.03013 0.0 0.0  Cuarto_de_maquinas_____ (011b)-(D05)
-2.26785 1.03059 0.0 0.0  2do._Nivel_____ (101b)-(D06)
-2.36317 1.03653 0.0 0.0  Astronomos_____ (111b)-(D07)
-2.35067 1.03046 0.0 0.0  Escalera_abajo_____ (000b)-(D08)
-2.27098 1.03180 0.0 0.0  Escalera_arriba_____ (010b)-(D09)
-2.07546 1.02952 0.0 0.0  Exterior_____ (100b)-(D10)
-1.88367 1.03266 0.0 0.0  Cupula_____ (110b)-(D11)
-2.64615 1.02492 0.0 0.0  Telescopio_arriba_____ (001a)-(D12)
-2.84290 1.02631 0.0 0.0  Telescopio_mitad_____ (011a)-(D13)
-2.60739 1.02489 0.0 0.0  Telescopio_abajo_____ (101a)-(D14)
-3.07294 1.03944 0.0 0.0  Telescopio_primario_____ (111a)-(D15)

```

6.5 Archivo de configuración estacion.cfg

Al iniciar el programa de la PC, éste lee el archivo de configuración “**estacion.cfg**”, el cual contiene varios renglones con 2 parámetros, el segundo parámetro es siempre un comentario, el formato del archivo es el siguiente

Renglón	Parámetro 1	Descripción
1	21, 15 ó 84	Numero que identifica el telescopio
2	/dev/ttyS0 ó /dev/ttyS1	Trayectoria del dispositivo serie a utilizar
3	m	Numero de modulos instalados
n	id	m renglones con la identificación (id) de los módulos instalados

Tabla 11. Formato del archivo estacion.cfg

Un ejemplo del archivo de configuración utilizado en el telescopio de 2m se muestra a continuación:

```
21      Telescopio
/dev/ttyS1 COM2
3      Numero_de_modulos
0      Modulo_Simon
1      Modulo_Puerta_Barandal
2      Modulo_Telescopio
```

6.6 Página Web.

Para visualizar la información adquirida por los las estaciones meteorológicas, se desarrolló una página para cada telescopio en donde se muestran los datos actuales de los sensores y además una gráfica con los cambios registrados por los sensores durante el transcurso de las últimas 24 horas.

A continuación se listan los link de las páginas para cada telescopio:

Menú principal:

- <http://132.248.4.10/~tlaloc/>

Telescopio 2.1m:

- <http://132.248.4.10/~tlaloc/210cm.html>

Telescopio 1.5m:

- <http://132.248.4.10/~tlaloc/150cm.html>

Telescopio 0.84m:

- <http://132.248.4.10/~tlaloc/84cm.html>

7. RESULTADOS Y CONCLUSIONES.

Se han diseñado y construido nuevas estaciones meteorológicas y de monitoreo de temperaturas para todos los telescopios del observatorio en SPM. Dichas estaciones constan de módulos de adquisición de datos basados en el microcontrolador ADuC832 de arquitectura 8052. Los módulos de cada estación están conectados en una cadena tipo “*daisy chain*” al puerto serie de una computadora que opera bajo el ambiente Linux. Las estaciones han estado operando de manera continua desde finales de noviembre del 2004, un ejemplo de los resultados entregados se puede observar en la Figura 17.

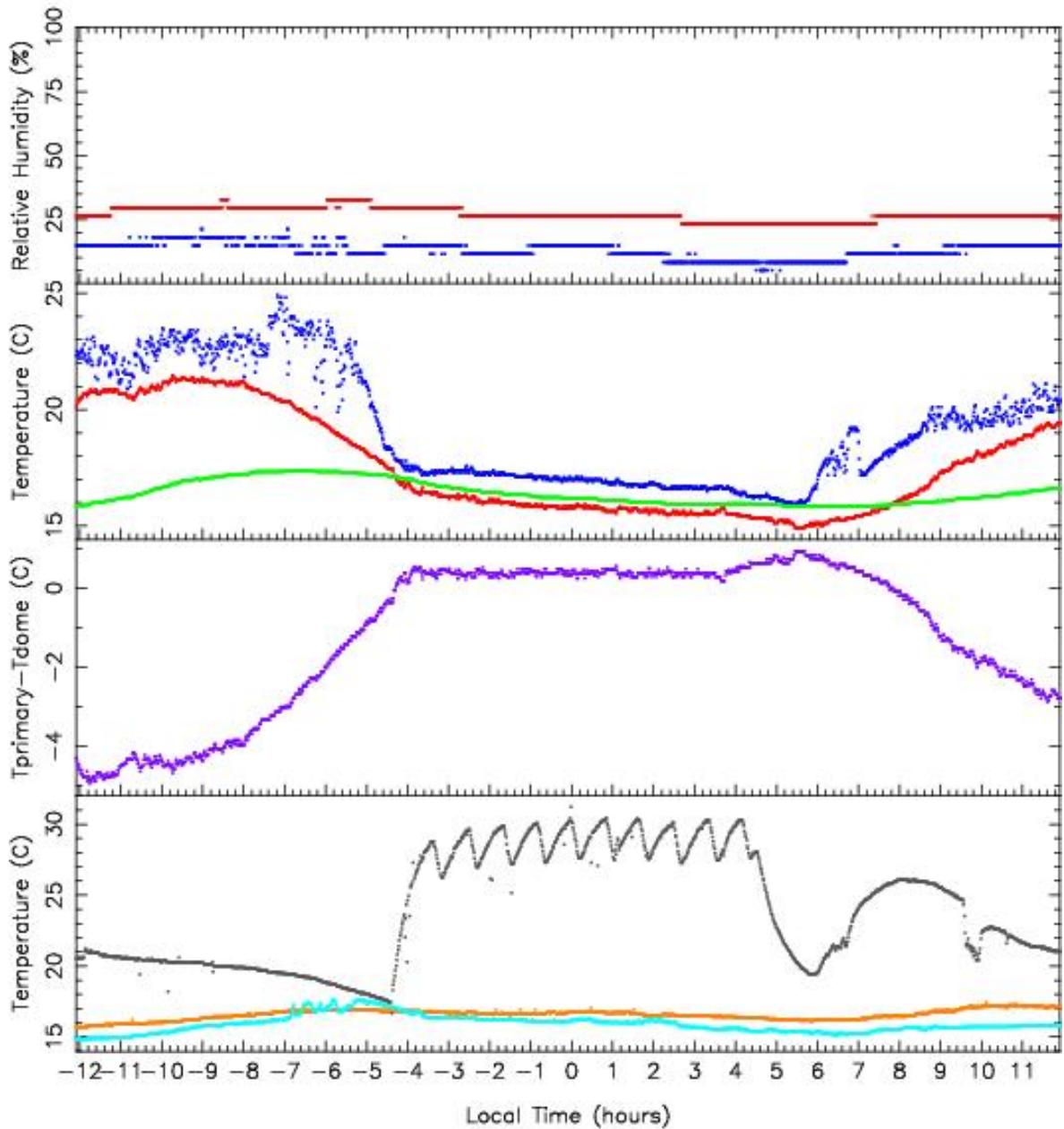


Figura 17. Gráfica de las mediciones adquiridas en el telescopio de 2m.

Figura 17. Ejemplo de algunas mediciones tomadas durante un día con la estación meteorológica del 2m. En la gráfica superior se presentan la humedad relativa dentro (rojo) y fuera (azul) del edificio. En la segunda gráfica se muestran las temperaturas del espejo primario (verde), del aire en la cúpula (rojo) y del aire en el exterior, nótese la caída de temperatura de aproximadamente 5°C durante la noche. La tercera gráfica presenta la diferencia de temperatura entre el espejo primario y el aire en la cúpula la cual afecta de manera directa la calidad de imagen del telescopio. En la última gráfica se presenta la temperatura en la planta baja del edificio (azul claro), en el primer piso (naranja) y en el baño (gris) donde claramente se ve el efecto del calefactor.

8. REFERENCIAS.

Chapela A. 2004. "*Estación Meteorológica para el Telescopio de 84cm de San Pedro Mártir*". Tesis de licenciatura. UABC.

Cruz González et. al. 2004. SPIE. Vol. 5382, pp. 634-642.

Michel R. Bohigas J., Arroyo E. Zazueta S. 2001. "*The meteorological stations of the 1.5 and 0.84m Telescopes of the OAN: Description and results*", Rev. Méx. AA, Vol. 37, pp. 165-171.

Michel R., Echeverría J., Costero R., Harris O., Magallón J. y Escalante K. 2003a. "*Seeing measurements at San Pedro Mártir observatory using the DIMM method*", Rev. Méx. AA Vol. 39, pp. 291-301.

Michel R., Hiriart D. y Chapela A. 2003b. "*Four years of meteorological measurements at San Pedro Mártir observatory*". Rev. Méx. AA Vol. 19, pp. 19-102.


```

        comando[2] = comando[3];
        comando[3] = comando[4];
        comando[4] = comando[5];
        comando[5] = com_getchar();
        if (comando[0]==':' &&
            comando[1]=='2' &&
            comando[2]=='M' &&
            comando[3]==ID &&
            comando[5]==';') {
            if (comando[4] == 'V')
            {
                N--;
                lee_pulsos();
                TH1=0;
                TL1=0;
                manda_resultados();
                inicializa_variables();
                i=0; j=0;
                PCTL=0;
            }
            if (comando[4] == 'I'){
                printf("\n\rSoy el modulo:%c\r\n",ID);
                printf("Version V1.1\r\n");
                PCTL=0;
            }
        }
    }
}
lee_pulsos(); // Pulsos en el contador T1.
lee_termometros(); // Procesa sensores de temperatura //(digitales).
lee_analogicos(); // Procesa sensores analogicos.
N++; // Incrementa contador de muestras.
} while(1);
}

/*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*
void inicializa_variables(void)
{
    N=1;
    a=0;
    adc_volts=0;
    for(j=0;j<4;j++)
    {
        temp0[j]=0; temp0_2[j]=0;
        temp1[j]=0; temp1_2[j]=0;
        temp2[j]=0; temp2_2[j]=0;
        temp3[j]=0; temp3_2[j]=0;
    }
    for(j=0;j<8;j++) {sum[j]=0; sum_2[j]=0;}
}

/*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*
float read_ADC(char sensor)
{
    ADCCON2= 0x80|sensor;
    BUSY=0xFF;
    SCONV=1; // Inicia una conversion
    while (BUSY) // Esperar a que termine
    {
        CADBUSY=ADCCON3; //El bit 7 se pone en 0 al termino de la conversion
    }
}

```

```

    }
    a=(unsigned int)ADCDATAH&0x0F;
    a=a<<8;
    a|=(unsigned int)ADCDATAL;
    volts=a*0.00122100122;          // para `Vref=5V
    return(volts);
}

/*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*
void lee_analogicos(void)
{
    for (i=0; i<8; i++)
    {
        adc_volts=read_ADC(i);
        sum[i]=adc_volts+sum[i];
        sum_2[i]+=adc_volts*adc_volts;
    }
}

/*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*
void delay(unsigned int pause)
{
    for(x=0;x<=pause;x++);
}

/*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*
void lee_ID(void)
{
    ID=(P2&0x07);          //ID del micro (comando [3])
    ID = ID + 48;
}

/*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*
void lee_pulsos(void)
{
    b=(unsigned int)TH1&0x0F;
    b=b<<8;
    b|=(unsigned int)TL1;
}

/*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*
void configura_micro(void)
{
    CFG831=0x81; // Registro que permite acceso a la memoria externa
    com_initialize(); // Inicializa I/O serial usando el TIMER 3.
    com_baudrate(); // 9600 baudios
    T1 = 1; // Habilita TIMER 1 para no usar P3.5.
    ADCCON1 = 0xEC; // Configura ADC'S.
    ADCCON2 = 0x80; // ADCH 0
    EX0 = 0; // Deshabilita la interrupcion INTO
    IT0 = 1; // INTO interrupt edge triggered
    ET0 = 0; // Deshabilita el timer 0 INT.
    EA = 1; // Habilita interrupciones (P3.2=1)

    SPICON=0x0F; // Configura I2C
    I2CM=1;

    for (bus=0; bus<=3; bus++){send_data(1); send_clock(1);}
}

```



```

        send_clock(0);
    } while(i);

    send_data(1);          // Mandar R/W BYTE
    send_clock(1);
    delay(dd);
    send_clock(0);

    send_clock(1);        // Read ACK
    ack=get_data();
    if (ack==0)
    {
        send_clock(0);
        i2c_data=0;      // Limpiar variable
        // LECTURA 8 BITS MSB
        send_data(1);
        for(i=15;i>=8;i--)
        {
            send_clock(1);
            delay(dd);
            k=get_data();
            send_clock(0);
            i2c_data=((unsigned int)k<<i)|i2c_data;
            d=((unsigned int)k<<i);
            i2c_data=d|i2c_data;
        }
        // MASTER ACK
        send_data(0);
        send_clock(1);
        delay(dd);
        send_clock(0);
        // LECTURA 8 BITS LSB
        send_data(1);
        for(i=0,x=7;i<=7;i++,x--)
        {
            send_clock(1);
            delay(dd);
            k=get_data();
            send_clock(0);
            if(x==0) i2c_data=((unsigned int)k)|i2c_data;
            else i2c_data=((unsigned int)k<<x)|i2c_data;
        }
        // MASTER NACK
        send_data(1);
        send_clock(1);
        delay(dd);
        send_clock(0);
        // STOP
        i2c_stop();
        d=i2c_data>>3;
        if(signo==1) {d=(~d+1)*-1;}
        f=(d*0.0625);
    }
    return(f);
}
else
    return(-55);
}

```



```

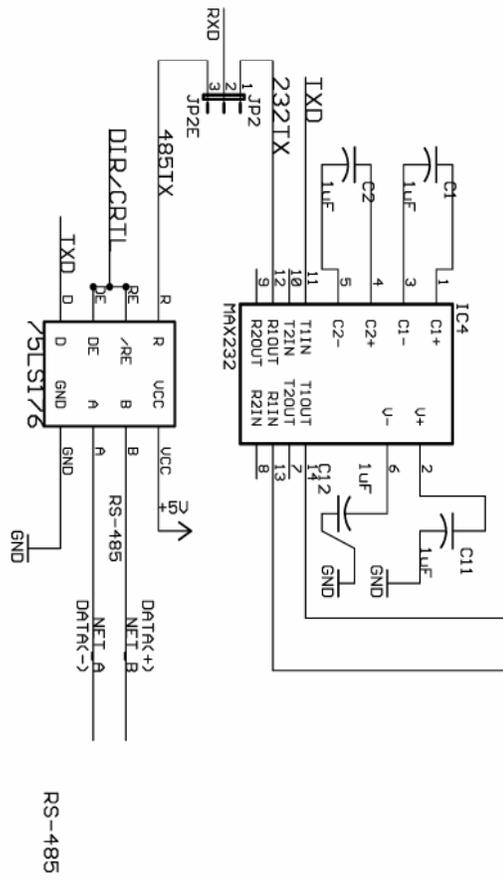
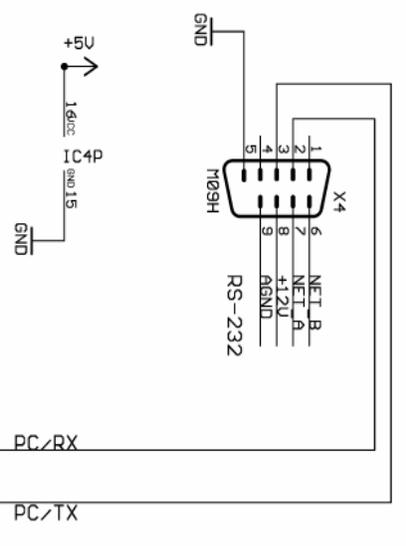
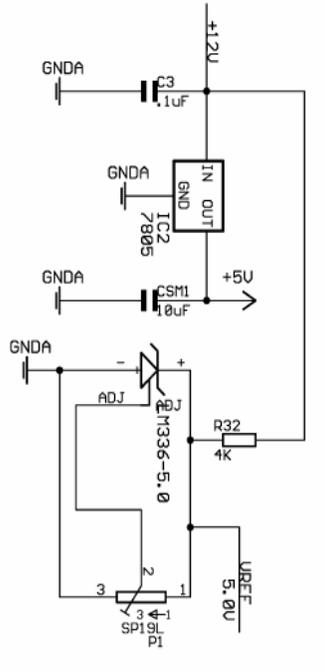
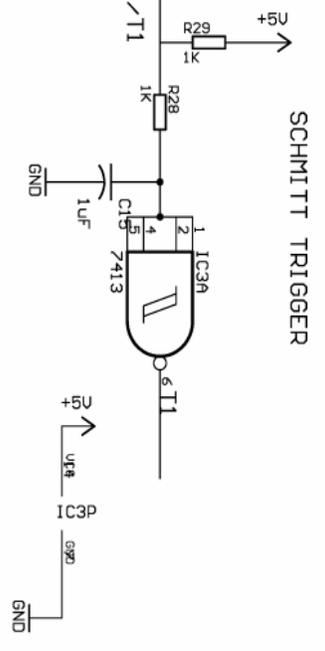
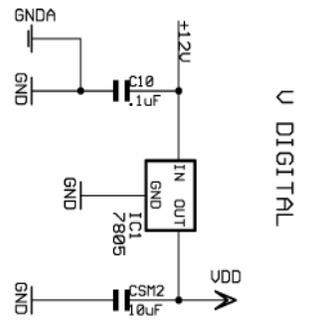
//-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-* PRINCIPAL -*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*
int main (void)
{
    printf("\nEstacion meteorologica SPM V3.0 (mayo 2005)\n");
    LeeConfiguracion();
    LeeCalibraciones();
    AbrePuerto();
    printf("\n Corriendo ... \n\n");

    for (k=0; k<NumModulos; k++) {LeeModulo(); sleep(3);} // Resetea modulos.
    do // Esperar el primer minuto.
    {
        time (&rawtime);
        ptm = gmtime(&rawtime);
        seg_ini = ptm->tm_sec;
    } while (seg_ini < 56);

    // printf ("\nUniversal Date: %4d/%02d/%02d\n",
    //         ptm->tm_year+1900,ptm->tm_mon+1,ptm->tm_mday);
    // printf ("Universal time:  %2d:%02d:%02d\n",
    //         ptm->tm_hour,ptm->tm_min, ptm->tm_sec);

    do // Ciclo infinito de adquisicion de datos.
    {
        EsperaUnMinuto();
        horas = ptm->tm_hour;
        minutos = ptm->tm_min;
        for (k=0; k<NumModulos; k++)
        {
            LeeModulo();
            Convierte_a_Numeros();
            Calibra();
            ArchivaDatos();
            sleep(1);
        }
        if(minutos % 5 == 1) system("/home/tlalloc/estacion/programa/make_page_21");
    } while(1);
    return 0;
}

```

TITLE: mon2	
Document Number:	
Date: 9/09/2004 12:11:42p	Sheet: 2/4
REV:	

Apéndice D.- Esquemático del circuito impreso.

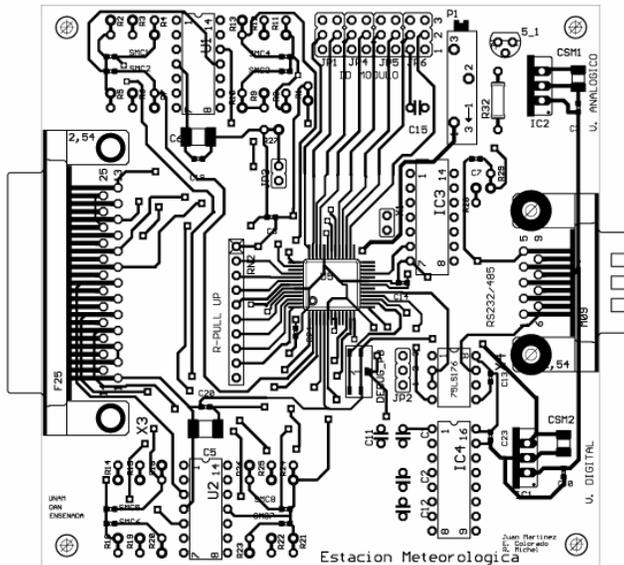


Figura 18. Circuito impreso, capa superior.

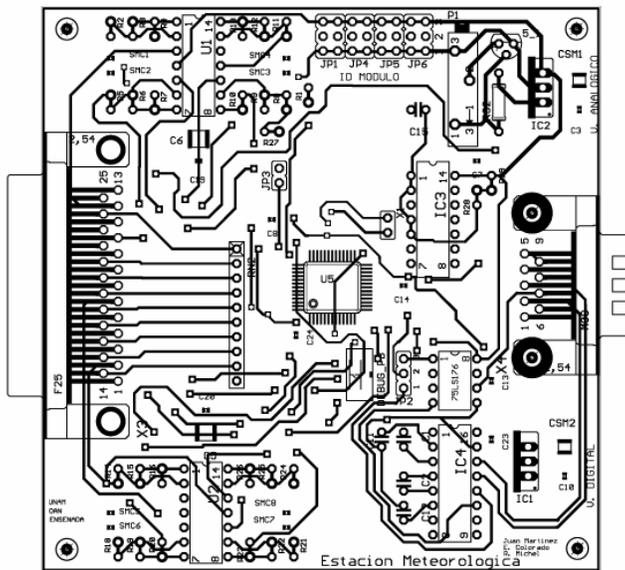


Figura 19. Circuito impreso, capa inferior.

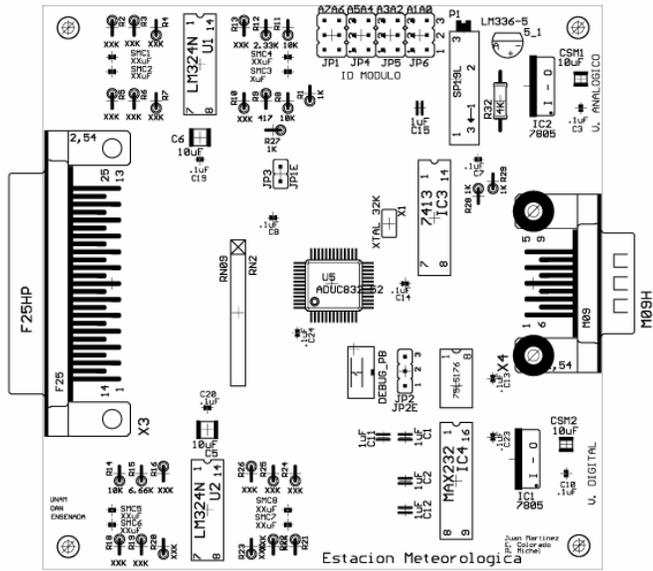


Figura 20. Distribución de los componentes del circuito impreso.



March 2000

LM92 ±0.33°C Accurate, 12-Bit + Sign Temperature Sensor and Thermal Window Comparator with Two-Wire Interface

General Description

The LM92 is a digital temperature sensor and thermal window comparator with an I²C™ Serial Bus interface and an accuracy of ±0.33°C. The window-comparator architecture of the LM92 eases the design of temperature control systems. The open-drain Interrupt (INT) output becomes active whenever temperature goes outside a programmable window, while a separate Critical Temperature Alarm (T_CRIT_A) output becomes active when the temperature exceeds a programmable critical limit. The INT output can operate in either a comparator or event mode, while the T_CRIT_A output operates in comparator mode only.

The host can program both the upper and lower limits of the window as well as the critical temperature limit. Programmable hysteresis as well as a fault queue are available to minimize false tripping. Two pins (A0, A1) are available for address selection. The sensor powers up with default thresholds of 2°C T_{HYST}, 10°C T_{LOW}, 64°C T_{HIGH}, and 80°C T_{CRIT}.

The LM92's 2.7V to 5.5V supply voltage range, Serial Bus interface, 12-bit + sign output, and full-scale range of over 128°C make it ideal for a wide range of applications. These include thermal management and protection applications in personal computers, electronic test equipment, office electronics, automotive, medical and HVAC applications.

Features

- Window comparison simplifies design of ACPI compatible temperature monitoring and control.
- Serial Bus interface
- Separate open-drain outputs for Interrupt and Critical Temperature shutdown

- Shutdown mode to minimize power consumption
- Up to 4 LM92s can be connected to a single bus
- 12-bit + sign output
- Operation up to 150°C

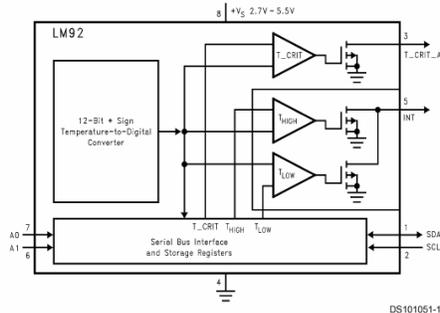
Key Specifications

■ Supply Voltage		2.7V to 5.5V
■ Supply Current	operating	350µA (typ) 625µA (max)
	shutdown	5µA (typ)
■ Temperature Accuracy	30°C	±0.33°C(max)
	10°C to 50°C	±0.50°C(max)
	-10°C to 85°C	±1.0°C(max)
	125°C	±1.25°C(max)
■ Linearity	-25°C to 150°C	±1.5°C(max)
		±0.5°C(max)
■ Resolution		0.0625°C

Applications

- HVAC
- Medical Electronics
- Electronic Test Equipment
- System Thermal Management
- Personal Computers
- Office Electronics
- Automotive

Simplified Block Diagram

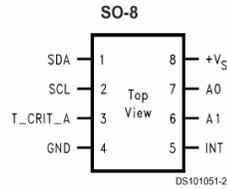


DS101051-1

I²C® is a registered trademark of Philips Corporation.

LM92 ±0.33°C Accurate, 12-Bit + Sign Temperature Sensor and Thermal Window Comparator with Two-Wire Interface

Connection Diagram



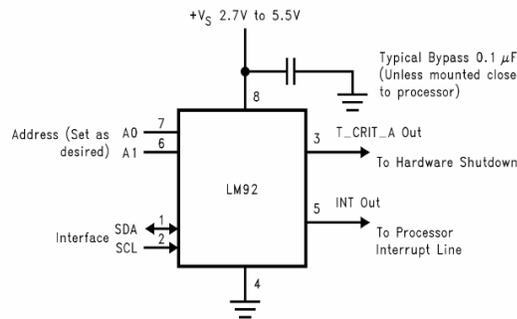
Ordering Information

Order Number	Supply Voltage	Supplied As
LM92CIM	2.7V to 5.5V	
LM92CIMX	2.7V to 5.5V	2500 Units on Tape and Reel

Pin Descriptions

Label	Pin #	Function	Typical Connection
SDA	1	Serial Bi-Directional Data Line. Open Drain Output	From Controller
SCL	2	Serial Bus Clock Input	From Controller
T_CRIT_A	3	Critical Temperature Alarm Open Drain Output	Pull Up Resistor, Controller Interrupt Line or System Hardware Shutdown
GND	4	Power Supply Ground	Ground
INT	5	Interrupt Open Drain Output	Pull Up Resistor, Controller Interrupt Line
+V _S	8	Positive Supply Voltage Input	DC Voltage from 2.7V to 5.5V
A0–A1	7,6	User-Set Address Inputs	Ground (Low, "0") or +V _S (High, "1")

Typical Application



Humidity Sensors Humidity Sensor

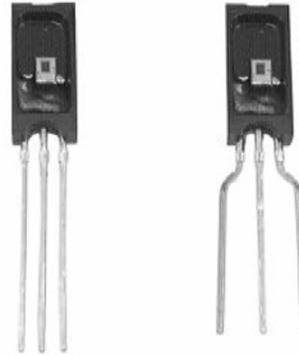
HIH-3610 Series

FEATURES

- Molded thermoset plastic housing with cover
- Linear voltage output vs %RH
- Laser trimmed interchangeability
- Low power design
- High accuracy
- Fast response time
- Stable, low drift performance
- Chemically resistant

TYPICAL APPLICATIONS

- Refrigeration
- Drying
- Metrology
- Battery-powered systems
- OEM assemblies



The HIH-3610 Series humidity sensor is designed specifically for high volume OEM (Original Equipment Manufacturer) users. Direct input to a controller or other device is made possible by this sensor's linear voltage output. With a typical current draw of only 200 μ A, the HIH-3610 Series is ideally suited for low drain, battery operated systems. Tight sensor interchangeability reduces or eliminates OEM production calibration costs. Individual sensor calibration data is available.

The HIH-3610 Series delivers instrumentation-quality RH (Relative Humidity) sensing performance in a low cost, solderable SIP (Single In-line Package). Available in two lead spacing configurations, the RH sensor is a laser trimmed thermoset polymer capacitive sensing element with on-chip integrated signal conditioning. The sensing element's multilayer construction provides excellent resistance to application hazards such as wetting, dust, dirt, oils, and common environmental chemicals.

⚠ WARNING

PERSONAL INJURY

- DO NOT USE these products as safety or emergency stop devices, or in any other application where failure of the product could result in personal injury.

Failure to comply with these instructions could result in death or serious injury.

⚠ WARNING

MISUSE OF DOCUMENTATION

- The information presented in this product sheet is for reference only. Do not use this document as system installation information
- Complete installation, operation, and maintenance information is provided in the instructions supplied with each product.

Failure to comply with these instructions could result in death or serious injury.

Humidity Sensors

Humidity Sensor

HIH-3610 Series

TABLE 1: PERFORMANCE SPECIFICATIONS

Parameter	Condition
RH Accuracy ⁽¹⁾	±2% RH, 0-100% RH non-condensing, 25 °C, V _{supply} = 5 Vdc
RH Interchangeability	±5% RH, 0-60% RH; ±8% @ 90% RH typical
RH Linearity	±0.5% RH typical
RH Hysteresis	±1.2% RH span maximum
RH Repeatability	±0.5% RH
RH Response Time, 1/e	15 sec in slowly moving air at 25 °C
RH Stability	±1% RH typical at 50% RH in 5 years
Power Requirements	
Voltage Supply	4 Vdc to 5.8 Vdc, sensor calibrated at 5 Vdc
Current Supply	200 µA at 5 Vdc
Voltage Output	V _{out} = V _{supply} (0.0062(Sensor RH) + 0.16), typical @ 25 °C (Data printout option provides a similar, but sensor specific, equation at 25 °C.)
V _{supply} = 5 Vdc	0.8 Vdc to 3.9 Vdc output @ 25 °C typical
Drive Limits	Push/pull symmetric; 50 µA typical, 20 µA minimum, 100 µA maximum Turn-on ≤ 0.1 sec
Temperature Compensation	True RH = (Sensor RH)/(1.093-0.0012T), T in °F True RH = (Sensor RH)/(1.0546-0.00216T), T in °C
Effect @ 0% RH	±0.007 %RH/°C (negligible)
Effect @ 100% RH	-0.22% RH/°C (<1% RH effect typical in occupied space systems above 15 °C (59 °F))
Humidity Range	
Operating	0 to 100% RH, non-condensing ⁽¹⁾
Storage	0 to 90% RH, non-condensing
Temperature Range	
Operating	-40 °C to 85 °C (-40 °F to 185 °F)
Storage	-51 °C to 125 °C (-60 °F to 257 °F)
Package ⁽²⁾	Three pin, solderable SIP in molded thermoset plastic housing with thermoplastic cover
Handling	Static sensitive diode protected to 15 kV maximum

Notes:

1. Extended exposure to ≥90% RH causes a reversible shift of 3% RH.
2. This sensor is light sensitive. For best results, shield the sensor from bright light.



Humidity/Moisture Sensors

Humidity Sensor

HIH-3610 Series

FACTORY CALIBRATION

HIH-3610 sensors may be ordered with a calibration and data printout (Table 2). See order guide on back page.

TABLE 2: EXAMPLE DATA PRINTOUT

Model	HIH-3610-001
Channel	92
Wafer	030996M
MRP	337313
Calculated values at 5 V	
V_{out} @ 0% RH	0.958 V
V_{out} @ 75.3% RH	3.268 V
Linear output for 2% RH accuracy @ 25 °C	
Zero offset	0.958 V
Slope	30.680 mV/%RH
RH	$(V_{out}-zero\ offset)/slope$ $(V_{out}-0.958)/0.0307$
Ratiometric response for 0 to 100% RH	
V_{out}	V_{supply} (0.1915 to 0.8130)

FIGURE 1: RH SENSOR CONSTRUCTION

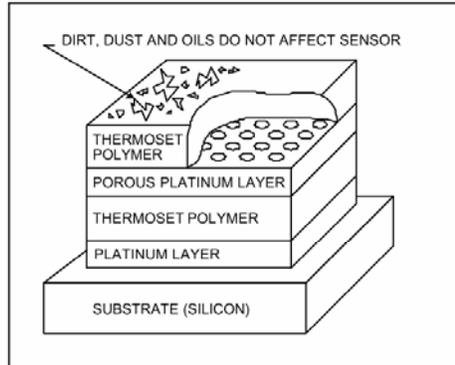


FIGURE 2: OUTPUT VOLTAGE VS RELATIVE HUMIDITY AT 0 °C

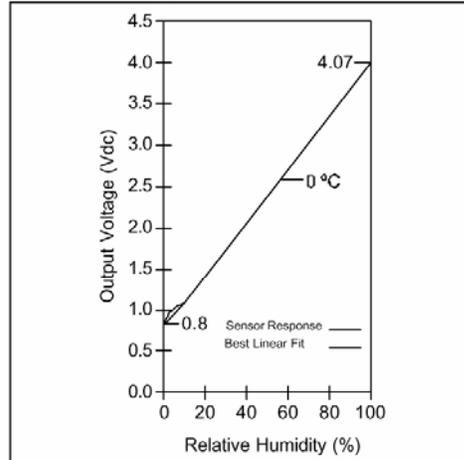
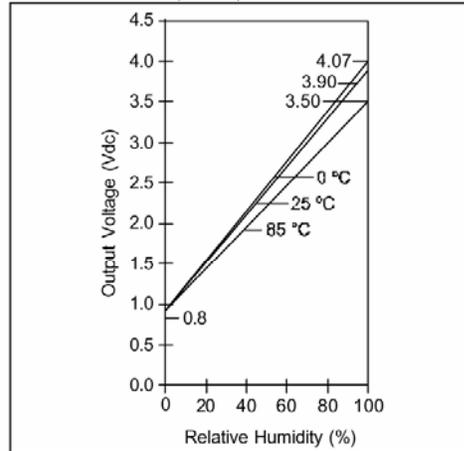


FIGURE 3: OUTPUT VOLTAGE VS RELATIVE HUMIDITY AT 0 °C, 25 °C, 85 °C



For application help: call 1-800-537-6945

Honeywell • Sensing and Control 3

Humidity/Moisture Sensors

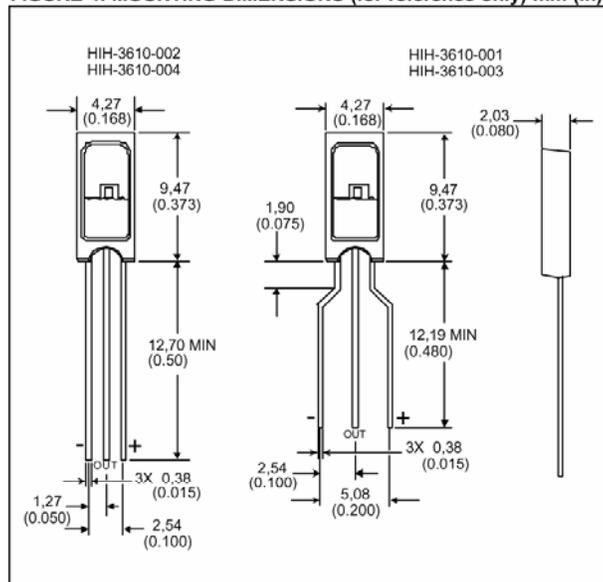
Humidity Sensor

HIH-3610 Series

ORDER GUIDE

Catalog Listing	Description
HIH-3610-001	Integrated circuit humidity sensor, 0.100 in lead pitch SIP
HIH-3610-002	Integrated circuit humidity sensor, 0.050 in lead pitch SIP
HIH-3610-003	Integrated circuit humidity sensor, 0.100 in lead pitch SIP with calibration and data printout
HIH-3610-004	Integrated circuit humidity sensor, 0.050 in lead pitch SIP with calibration and data printout

FIGURE 4: MOUNTING DIMENSIONS (for reference only) mm (in)



WARRANTY/REMEDY

Honeywell warrants goods of its manufacture as being free of defective materials and faulty workmanship. Contact your local sales office for warranty information. If warranted goods are returned to Honeywell during the period of coverage, Honeywell will repair or replace without charge those items it finds defective. The foregoing is Buyer's sole remedy and is **in lieu of all other warranties, expressed or implied, including those of merchantability and fitness for a particular purpose.**

Specifications may change without notice. The information we supply is believed to be accurate and reliable as of this printing. However, we assume no responsibility for its use.

While we provide application assistance personally, through our literature and the Honeywell web site, it is up to the customer to determine the suitability of the product in the application.

For application assistance, current specifications, or name of the nearest Authorized Distributor, check the Honeywell web site or call:

1-800-537-6945 USA
1-800-737-3360 Canada
1-815-235-6847 International

FAX

1-815-235-6545 USA

INTERNET

www.honeywell.com/sensing
info.sc@honeywell.com

Honeywell

Sensing and Control

Honeywell
11 West Spring Street
Freeport, Illinois 61032



Printed with Soy Ink
on 50% Recycled Paper
009012-2-EN IL50 GLO 501 Printed in USA

www.honeywell.com/sensing

Apéndice G. Sensor de presión MPX4115A

MOTOROLA
SEMICONDUCTOR TECHNICAL DATA

Order this document
by MPX4115A/D

Integrated Silicon Pressure Sensor for Manifold Absolute Pressure, Altimeter or Barometer Applications On-Chip Signal Conditioned, Temperature Compensated and Calibrated

**MPX4115A
MPXA4115A
SERIES**

INTEGRATED
PRESSURE SENSOR
15 to 115 kPa (2.2 to 16.7 psi)
0.2 to 4.8 Volts Output

Motorola's MPX4115A/MPXA4115A series sensor integrates on-chip, bipolar op amp circuitry and thin film resistor networks to provide a high output signal and temperature compensation. The small form factor and high reliability of on-chip integration make the Motorola pressure sensor a logical and economical choice for the system designer.

The MPX4115A/MPXA4115A series piezoresistive transducer is a state-of-the-art, monolithic, signal conditioned, silicon pressure sensor. This sensor combines advanced micromachining techniques, thin film metallization, and bipolar semiconductor processing to provide an accurate, high level analog output signal that is proportional to applied pressure.

Figure 1 shows a block diagram of the internal circuitry integrated on a pressure sensor chip.

Features

- 1.5% Maximum Error over 0° to 85°C
- Ideally suited for Microprocessor or Microcontroller-Based Systems
- Temperature Compensated from -40° to +125°C
- Durable Epoxy Unibody Element or Thermoplastic (PPS) Surface Mount Package

Application Examples

- Aviation Altimeters
- Industrial Controls
- Engine Control
- Weather Stations and Weather Reporting Devices

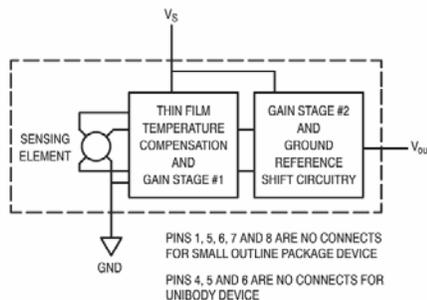


Figure 1. Fully Integrated Pressure Sensor Schematic

UNIBODY PACKAGE



MPX4115A
CASE 867

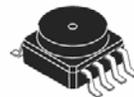


MPXA4115AP
CASE 867B

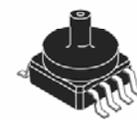


MPXA4115AS
CASE 867E

SMALL OUTLINE PACKAGE



MPXA4115A6U
CASE 482



MPXA4115AC6U
CASE 482A

PIN NUMBER			
1	N/C	5	N/C
2	V _S	6	N/C
3	Gnd	7	N/C
4	V _{out}	8	N/C

NOTE: Pins 1, 5, 6, 7, and 8 are internal device connections. Do not connect to external circuitry or ground. Pin 1 is noted by the notch in the lead.

PIN NUMBER			
1	V _{out}	4	N/C
2	Gnd	5	N/C
3	V _S	6	N/C

NOTE: Pins 4, 5, and 6 are internal device connections. Do not connect to external circuitry or ground. Pin 1 is noted by the notch in the lead.

REV 4

© Motorola, Inc. 2001



Apéndice H. Pluviómetro.

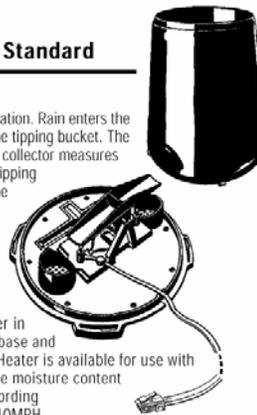
RAIN COLLECTOR, 0.01" (or 0.2 mm) Increments, Standard

7852(M)
SENSORS

The Rain Collector is designed to meet the guidelines of the World Meteorological Organization. Rain enters the collector cone, passes through a debris-filtering screen, and collects in one chamber of the tipping bucket. The bucket tips when it has collected an amount of water equal to the increment in which the collector measures (0.01" or 0.2 mm). As the bucket tips, it causes a switch closure and brings the second tipping bucket chamber into position. The rain water drains out through the screened drains in the base of the collector.

The collector is designed for years of accurate, trouble-free service. The body and base of the collector are constructed of tough, UV resistant plastic; the tipping bucket pivots on bearings that minimize friction and wear. Stainless steel adjustment screws under each chamber of the tipping bucket allow you to fine-tune the calibration of the Rain Collector.

Two types of collector are available; one measures in 0.01" increments and the other in 0.2 mm increments. Both rain collectors come with mounting holes pre-drilled in the base and a built-in leveling trough to aid you in installing the rain collector. The Rain Collector Heater is available for use with either of the Rain Collector units. This heater allows the Rain Collector to measure the moisture content of snowfall and protects the internal components from freezing rain. If mounted according to instructions, the Rain Collector is wind tunnel tested to be stable in winds up to 140MPH (224 Km/Hr).



SPECIFICATIONS

General

Sensor Type	Tipping bucket with magnetic reed switch
Output	Contact closure
Attached Cable Length	40' (12 m)
Cable Type	4-conductor, 26 AWG
Connector	Modular connector (RJ-11)
Recommended Maximum Cable Length	900' (270 m)
Housing Material	UV-stabilized ABS plastic
Dimensions	
Rain Collector	8.75" diameter x 9.5" high (16.5 cm diameter x 24 cm high)
Collection Area	31 in ² (200 cm ²)
Weight	2 lbs. 3 oz. (1 kg)

Console Data (These specifications apply to sensor output as converted by Davis Instruments weather station consoles.)

Weather Monitor/Wizard Range

Daily Rainfall	0.00" to 99.99" (0.0 mm to 999.8 mm)
Total Rainfall	0.00" to 99.99" (0.0 mm to 9999 mm)

GroWeather/EnviroMonitor Range

Daily Rainfall	0.00" to 40.95" (0.0 mm to 819 mm)
Total Rainfall	0.00" to 99.99" (0.0 mm to 9999 mm)
Rate of Rainfall	0.00" to 72.0" per hour (0 to 999 mm per hour)

Accuracy

Rainfall	+4%, ±1 rainfall count between 0.01" and 2.00" per hour (0.2 mm and 50.0 mm per hour); ±5%, ±1 rainfall count between 2.00" and 4.00" per hour (50.0 mm and 100.0 mm per hour)
----------------	--

Resolution

0.01" (0.2 mm)

Sample and Display Update Interval

16 seconds (max)

WeatherLink® Data (These specifications apply to sensor output as logged and displayed by the WeatherLink.)

Daily Rainfall	Total during archive interval
Total Rainfall	Total during archive interval
Rate of Rainfall	Maximum value during archive interval (GroWeatherLink, Energy WeatherLink, and Health WeatherLink)

Input/Output Connections

Black & Red	Switch terminal
Green & Yellow	Switch terminal

DAVIS  **Davis Instruments** 3465 Diablo Ave., Hayward, CA 94545-2778
(510) 732-9229 • FAX (510) 732-9188 • sales@davisnet.com • www.davisnet.com
DS7852-00 (Rev. B, 7/14/99)

Apéndice I. Sensor de radiación solar.

SOLAR RADIATION SENSOR, Standard



7821
SENSORS

The Solar Radiation Sensor, or solar pyranometer, measures global radiation, the sum at the point of measurement of both the direct and diffuse components of solar irradiance. The sensor's transducer, which converts incident radiation to electrical current, is a silicon photodiode with wide spectral response. From the sensor's output voltage, the console calculates and displays solar irradiance. It also integrates the irradiance values and displays total incident energy over a period.

The outer shell shields the sensor body from thermal radiation and provides an airflow path for convection cooling of the body, minimizing heating of the sensor interior. It includes a cutoff ring for cosine response, a level indicator, and fins to aid in aligning the sensor with the sun's rays. The space between the shield and the body also provides a run-off path for water, greatly reducing the possibility of rain- or irrigation-water entrapment. The diffuser is welded to the body for a weather-tight seal; it provides an excellent cosine response. The transducer is an hermetically sealed silicon photodiode; the included amplifier converts the transducer current into a 0 to +3V DC voltage. Spring-loaded mounting screws, in conjunction with the level indicator, enable rapid and accurate levelling of the sensor. Each sensor is calibrated against a secondary standard which is calibrated periodically against an Eppley Precision Spectral Pyranometer in natural daylight.

To ensure maximum readings when used with the Energy or Health EnviroMonitor systems you may want to tilt the sensor towards the sun. The Sensor Tilting Bracket (#7706) permits mounting the sensor at an adjustable angle. All GroWeather systems perform evapotranspiration calculations assuming the sensor is mounted horizontally; do not tilt the sensor when it is used with a GroWeather system.

SPECIFICATIONS

General

Operating Temperature	-40° to 150° F (-40° to 65° C)
Sensor Type	Silicon photodiode
Spectral Range (10% points)	400 to 1100 nanometers
Cosine Response	
Percent of Reading	±3% (0° to ±70° incident angle); ±10% (±70° to ±85° incident angle)
Percent of Full Scale	±2% (0° to ±90°)
Attached Cable Length	40' (12 m)
Cable Type	4-conductor, 26 AWG
Connector	Modular connector (RJ-11)
Recommended Maximum Cable Length	125' (38 m)
Housing Material	UV-resistant plastic
Dimensions	2" x 2.75" x 2.25" (51 mm x 70 mm x 57 mm)
Weight	12 oz. (340 g)

Console Data (These specifications apply to sensor output as converted by Davis Instruments weather station consoles.)

Range	
Solar Radiation Intensity	0 to 1500 W/m ²
Solar Energy	0 to 1999.9 Langleys
Accuracy	
Solar Global Radiation Intensity	±5%
Solar Energy	±5%
Resolution	
Solar Radiation Intensity	1 W/m ²
Solar Energy	0.1 Langleys
Sample and Display Update Interval	
Solar Radiation Intensity	12 seconds (6 seconds when selected for display)
Solar Energy	1 minute

WeatherLink® Data (These specifications apply to sensor output as logged and displayed by the WeatherLink.)

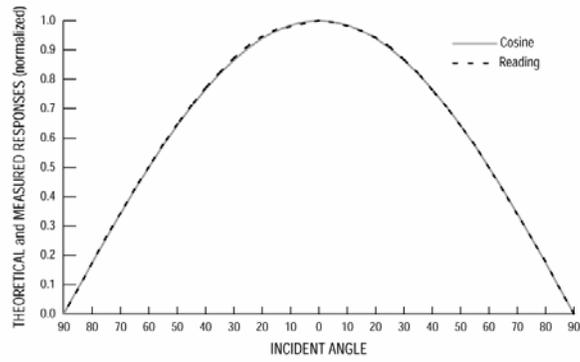
Solar Radiation Intensity	Average over archive interval
Solar Energy	Sum over archive interval in Langleys; sum over archive interval in Joules/cm ² (range: 0 to 1999.9; resolution: 0.1 J/cm ²) using Energy WeatherLink

Input/Output (These specifications apply to the sensor as a separately-sold item.)

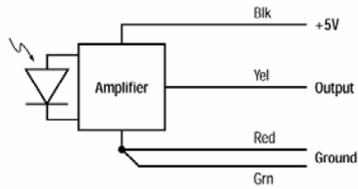
Connections (Diagram on reverse)	
Yellow	Output (0 to +3VDC); 1.67 mV per W/m ²
Red & Green	Ground
Black	+5V DC ±10%; 3mA (typical)
Temperature Coefficient	-0.034% per degree F (-0.063% per degree C); Reference temperature = 72°F (22°C)

DAVIS  **Davis Instruments** 3465 Diablo Ave., Hayward, CA 94545-2778
(510) 732-9229 • FAX (510) 732-9188 • sales@davisnet.com • www.davisnet.com
DS7821-00 (Rev. C, 7/14/99)

COSINE RESPONSE (TYPICAL)



CONNECTIONS



INSTALLATION OPTIONS

