

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

UNIDAD ENSENADA

ESCUELA DE INGENIERÍA

"MEDIDOR DE PARÁMETROS METEOROLÓGICOS"

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO EN ELECTRÓNICA
PRESENTA:**

CARLO MENELIO MORALES ALVAREZ

ENSENADA B.C., MARZO DE 1995

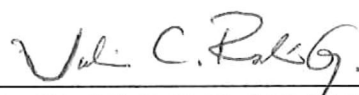
MEDIDOR DE PARÁMETROS METEOROLÓGICOS

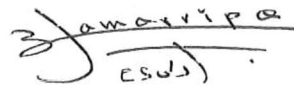
TESIS QUE PRESENTA:

CARLO MENELIO MORALES ALVAREZ

APROBADA POR:


M.C. MIGUEL ANGEL PEREZ CHAVARRIA
DIRECTOR DE TESIS


M.C. JULIO C. ROLON GARRIDO
SINODAL


M.C. JESUS ZAMARRIPA TOPETE
SINODAL


ING. ANTONIO MICHEL MACARTY
SINODAL


ING. JUAN DE DIOS SANCHEZ L.
SINODAL

Agradecimientos

A mi amigo y director de tesis Miguel Angel Pérez por sus valiosas aportaciones y por darme la oportunidad de trabajar en este proyecto.

Al INSTITUTO DE INVESTIGACIONES OCEANOLOGICAS por el apoyo brindado durante la realización de este trabajo.

A todos mis Maestros por sus enseñanzas.

Contenido

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. DESCRIPCIÓN DEL INSTRUMENTO.....	3
2.1. Descripción general.....	3
2.2. Principio de operación.....	6
2.3. Características	8
3. LA MICROCOMPUTADORA	9
3.1. Introducción.	9
3.2. Microcontrolador.....	9
3.3. Temporizador.	12
3.4. Memoria de respaldo.....	13
4. ADQUISICIÓN DE LAS VARIABLES FÍSICAS.	15
4.1. Introducción.	15
4.2. Medición de la temperatura ambiental.	16
4.3. Medición de la dirección del viento.	18
4.4. Medición de la rapidez del viento.	19
4.5. Medición de la presión atmosférica.....	22
4.6. Conversión de analógico a digital.	23
5. PROGRAMACIÓN.....	26
5.1. Introducción	26
5.2. Descripción del programa	26

continuación del contenido...

6. CONCLUSIONES.....	31
Bibliografía.....	32
Apéndice I. Comparación entre equipos similares.....	33
Apéndice II. Diagramas electrónicos	36
Apéndice III. Especificaciones del instrumento.....	37
Apéndice IV. Hojas de datos de los sensores.....	40

Lista de figuras

Figura 2.1. Diagrama general del instrumento.....	4
Figura 2.2. Diagrama de flujo del principio de operación del sistema METEORO.	7
Figura 3.1. Diagrama a bloques de la microcomputadora.	10
Figura 3.2. Organización de la memoria de respaldo.....	13
Figura 4.1. Circuito acondicionador de señal de la temperatura ambiente.	17
Figura 4.2. Medición de la dirección del viento.....	18
Figura 4.3. Acondicionamiento de la señal del transductor de rapidez del viento.....	20
Figura 4.4. Conteo de pulsos para determinar la rapidez del viento.	20
Figura 4.5. Relación entre pulsos contados por el microcontrolador y la rapidez del viento.	21
Figura 4.6. Interfaz entre el transductor de presión y el microcontrolador.	23
Figura 5.1. Diagrama de flujo del programa	28

Lista de tablas

Tabla 3.1. Lineas del microcontrolador y su relación con otros circuitos.	11
Tabla 3.2. Direcciones de los registros de RTR.....	12
Tabla 4.3. Valores de programación del multicanalizador para seleccionar el canal de salida.	24
Tabla 4.4. Valores de programación del convertidor A/D para seleccionar el registro a utilizar.	25
Tabla A.1. Comparación entre equipos comerciales.....	34
Tabla A.2. Comparación de especificaciones de equipos comerciales.	35
Tabla A.3. Especificaciones de la Presión Atmosférica.....	37
Tabla A.4. Especificaciones de la Temperatura Ambiental.....	37
Tabla A.5. Especificaciones de la Rapidez del Viento.	38
Tabla A.6. Especificaciones de la Dirección del viento.....	38

1. INTRODUCCIÓN.

Las estaciones meteorológicas son instrumentos ampliamente usados en el área de oceanografía, en particular en la física y la meteorología debido a que las variables medidas están estrechamente relacionadas con el comportamiento climático global y fenómenos físicos de gran importancia como el oleaje y la distribución energética a nivel mundial debido a la interacción océano-atmósfera.

En el presente trabajo se desarrolló el prototipo de una estación meteorológica programable (METEORO) con capacidad para medir cuatro variables: Presión atmosférica, temperatura ambiente, rapidez y dirección del viento. Dicha estación pretende ser una opción mas para el investigador que requiera de un equipo semejante, ya que sus características son comparables con las de los equipos comerciales.

El instrumento que aquí se describe reúne ciertas ventajas sobre los instrumentos semejantes existentes en el mercado¹, como son su bajo costo, programación mediante un puerto serie, capacidad de almacenamiento y tecnología propia.

La tesis esta distribuida de la siguiente forma; el capítulo dos describe el instrumento, las partes que lo integran, su funcionamiento y principio de operación,

¹ La comparación de las características y especificaciones de los instrumentos comerciales y el instrumento diseñado se muestra en el apéndice I.

también las características del aparato y las especificaciones de cada uno de los parámetros meteorológicos. En el capítulo 3 se describe la microcomputadora que es la parte digital del instrumento, y sus etapas principales como son el microcontrolador, el temporizador y la memoria de respaldo de datos. El capítulo 4 describe la adquisición de los datos, los sensores utilizados para medir cada parámetro, las técnicas de medición utilizadas, y la etapa de conversión de analógico a digital. El capítulo 5 describe la programación del microcontrolador, y por último se encuentran las conclusiones.

2. DESCRIPCIÓN DEL INSTRUMENTO

2.1. Descripción general.

El medidor de parámetros meteorológicos (METEORO), es un sistema de adquisición de datos de campo, basado en un microcontrolador, cuya tarea principal consiste en medir las variables de temperatura ambiental, presión atmosférica, rapidez y dirección del viento. Dichas mediciones se llevan a cabo a intervalos de tiempo programados por el usuario, desde uno hasta 180 minutos a incrementos de un minuto.

Los datos de los parámetros muestreados se almacenan en una memoria de estado sólido de lectura/escritura (RAM) con una capacidad de 512 K octetos, lo cual permite respaldar hasta 65,248 muestras (cada muestra incluye los cuatro parámetros), mismas que se recuperan por medio de una computadora personal a través del puerto serie.

En la figura 2.1 se muestra el diagrama a bloques del instrumento. Las etapas principales son: los sensores, acondicionamiento de señales, conversión analógico-digital, microcomputadora, y fuentes de alimentación. A continuación se explican brevemente cada una de estas etapas.

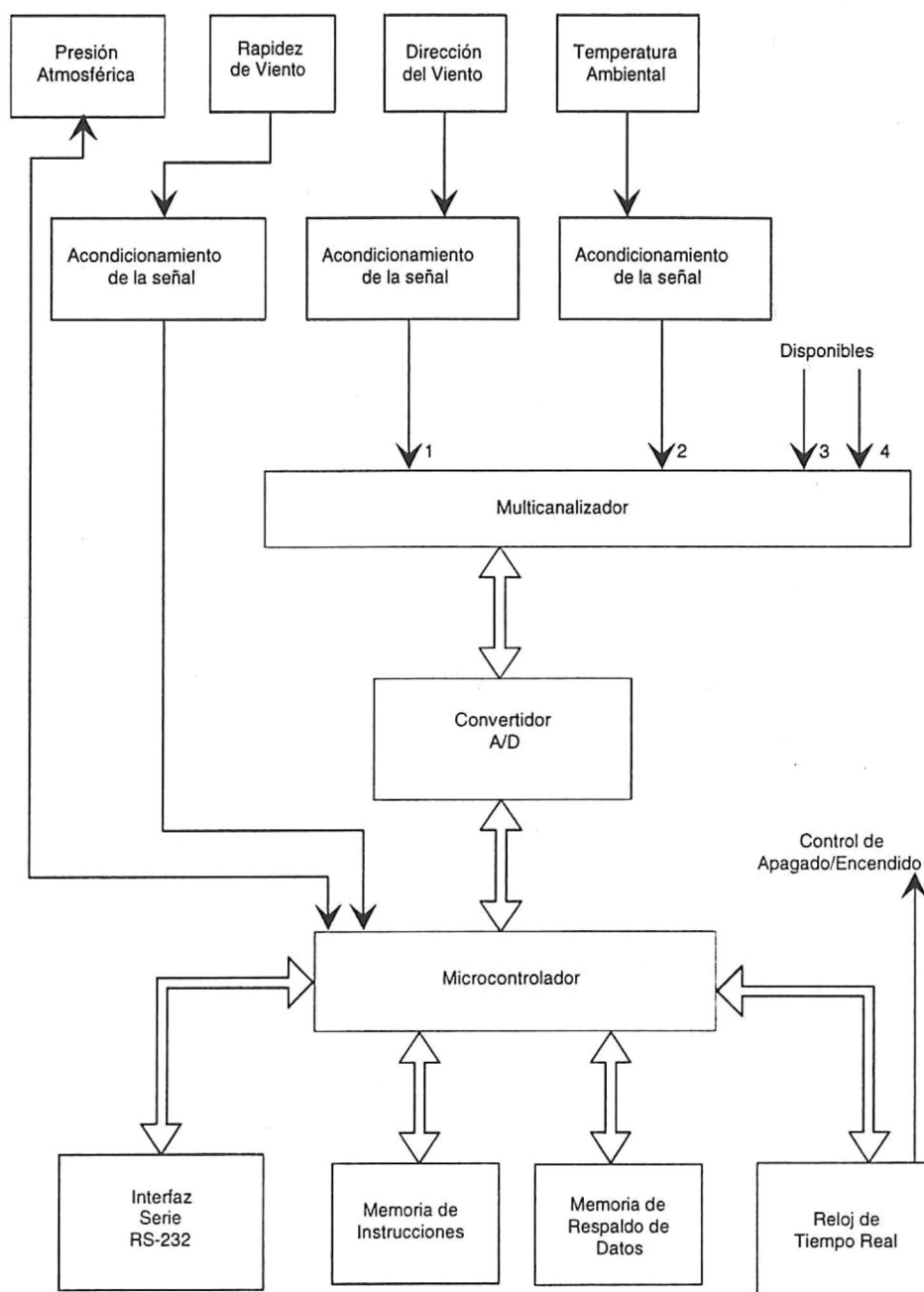


Figura 2.1. Diagrama general del instrumento.

Las variaciones en los parámetros meteorológicos son detectadas por sensores analógicos cuyas señales de salida son proporcionales a cada uno de los parámetros físicos, estas señales pasan a una etapa de acondicionamiento individual para transformarse

en señales aceptables para su procesamiento, dentro de esta etapa, la presión atmosférica y la rapidez del viento son transformadas en señales digitales que son procesadas directamente por el microcontrolador, mientras que la dirección del viento y la temperatura ambiental proporcionan una señal analógica, que requiere de la siguiente etapa.

La etapa de conversión analógico a digital consta de un convertidor A/D con una resolución de 18 bits mas signo con interfaz tipo serie y un multicanalizador externo que permite seleccionar alternadamente cada una de las señales para su entrada, esta etapa entrega al microcontrolador el correspondiente valor digital de la señal seleccionada.

La microcomputadora se conforma por el microcontrolador el cual efectúa todas las tareas de control, adquisición, almacenamiento y recuperación de datos. Un reloj de tiempo real (RTR) con el cual se programa el encendido/apagado del sistema para la toma de lecturas. Memoria de lectura exclusiva (EPROM) para guardar el programa de control y memoria de lectura/escritura (RAM) donde se almacenan los datos adquiridos en el campo. Consta también de un circuito acoplador de niveles RS-232 para establecer la comunicación entre la computadora personal y el microcontrolador.

Para su funcionamiento el sistema se energiza con dos fuentes de alimentación, una de 7 V para los circuitos analógicos (sensores, circuitos integrados de la etapa de acondicionamiento de señales, el multicanalizador y parte del convertidor analógico-digital), y otra de 5 V para alimentar los circuitos digitales del sistema en operación normal. Para el estado de bajo consumo se emplea un selector de niveles que permite que el voltaje de 5 V que energiza a la memoria de respaldo de datos y al reloj de tiempo real disminuya a 3 V en el momento en que se apague el regulador de tensión de 5 V a causa de la terminación de una lectura.

2.2. Principio de operación.

El instrumento tiene tres modos de funcionamiento, uno mientras se encuentra conectado a una computadora que se denomina "modo de comunicación", otro cuando se encuentra tomando muestras "modo de adquisición", y el otro cuando se encuentra (entre muestras) en espera de una interrupción, llamado "modo de reposo".

En el momento en que se conecta la interfaz de comunicación entre la computadora y el instrumento, se activa la señal de encendido del regulador de tensión de 5 V, se enciende el sistema y empieza a trabajar el microcontrolador, entrando a la subrutina de comunicación[RIVBI]², en donde espera hasta que se le ordene efectuar un proceso mediante un programa interactivo, con el cual se programa el instrumento y se recuperan los datos almacenados.

Una vez que el instrumento ha sido programado para un nuevo experimento, se desconecta la interfaz de comunicación, quedando el sistema en modo de reposo, en donde el sistema se encuentra desenergizado, permaneciendo encendida la fuente de 3 V que alimenta la memoria de datos y el reloj de tiempo real. Este proceso se muestra en el diagrama de flujo de la figura 2.2.

² Esta subrutina se detalla en el capítulo 5. Programación.

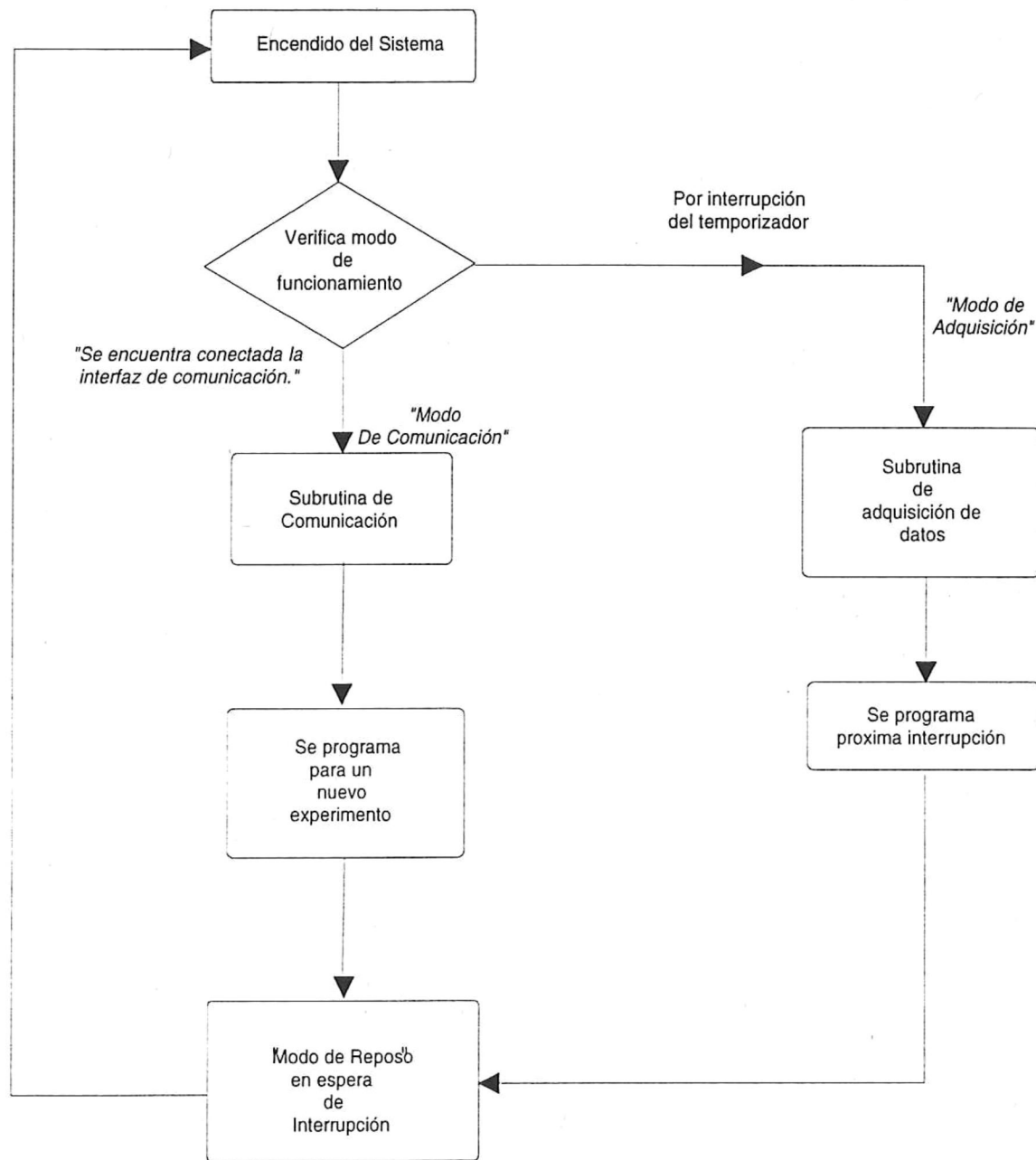


Figura 2.2. Diagrama de flujo del principio de operación del sistema METEORO.

El instrumento espera hasta la fecha y hora de inicio del experimento programado, para hacer la primer lectura, en este momento el temporizador genera una interrupción que activa la señal de encendido del regulador de tensión de 5 V, con esto se encienden todos los circuitos digitales del sistema, el microcontrolador verifica que no se encuentre

conectada la interfaz de comunicación y entra a la subrutina de adquisición en donde se ordena tomar lecturas de cada uno de los parámetros meteorológicos, almacenando a su vez esta información en la memoria de respaldo de datos. Al finalizar con el último parámetro el microcontrolador programa la próxima interrupción en el reloj de tiempo real y ordena apagar los reguladores de tensión, quedando el sistema en modo de reposo, en espera de la siguiente interrupción.

Cuando el instrumento haya efectuado la última lectura de datos de un experimento, el sistema entrará en modo de reposo hasta el momento de ser conectado a una computadora.

2.3. Características.

Entre las características mas importantes de este medidor de parámetros meteorológicos se pueden mencionar las siguientes:

Autónomo. Es decir el instrumento es energizado con baterías comerciales.

Bajo consumo. Toda la circuitería es de bajo consumo de potencia, la cual se energiza solo durante muestreos, ya que de ello depende la capacidad del instrumento para permanecer en el campo operando adecuadamente.

Programable. Tiene capacidad para programar la fecha y hora de inicio de un experimento, así como la terminación de este. El intervalo entre muestras se puede programar desde un minuto hasta 180 minutos, con incrementos de un minuto.

Comunicación externa. El instrumento puede ser accedido a través de un puerto serie RS-232 para programarlo y recuperar la información muestreada y almacenarla en el disco duro de una computadora personal.

3. *LA MICROCOMPUTADORA*

3.1. Introducción.

Esta parte del instrumento es la encargada de ejecutar las diferentes tareas de control, adquisición, almacenamiento y recuperación de datos. Se compone de un microcontrolador (80C31), un cerrojo de direcciones/datos, memoria de instrucciones de lectura/exclusiva de 32 K octetos, memoria de datos de lectura/escritura de 512 K octetos, un circuito acoplador de niveles RS-232 y un reloj de tiempo real.

Para poder direccionar los 512 K octetos de memoria se utilizan 3 líneas adicionales del puerto del microcontrolador. El reloj de tiempo real programable funciona como sistema de alarma, permitiendo al microcontrolador conmutar entre modo de reposo y modo activo.

Los circuitos que se utilizan en la microcomputadora son de tecnología CMOS de bajo consumo. Su interconexión se muestra en la figura 3.1.

3.2. Microcontrolador.

El microcontrolador es el encargado de ejecutar todas las tareas de control. Tiene una unidad central de procesamiento (UCP) de 8 bits, oscilador interno, 32 líneas de entrada/salida, dos temporizadores/contadores de 16 bits, una estructura de 5

interrupciones con dos niveles de prioridad, puerto serie "full duplex", entre sus características mas importantes.

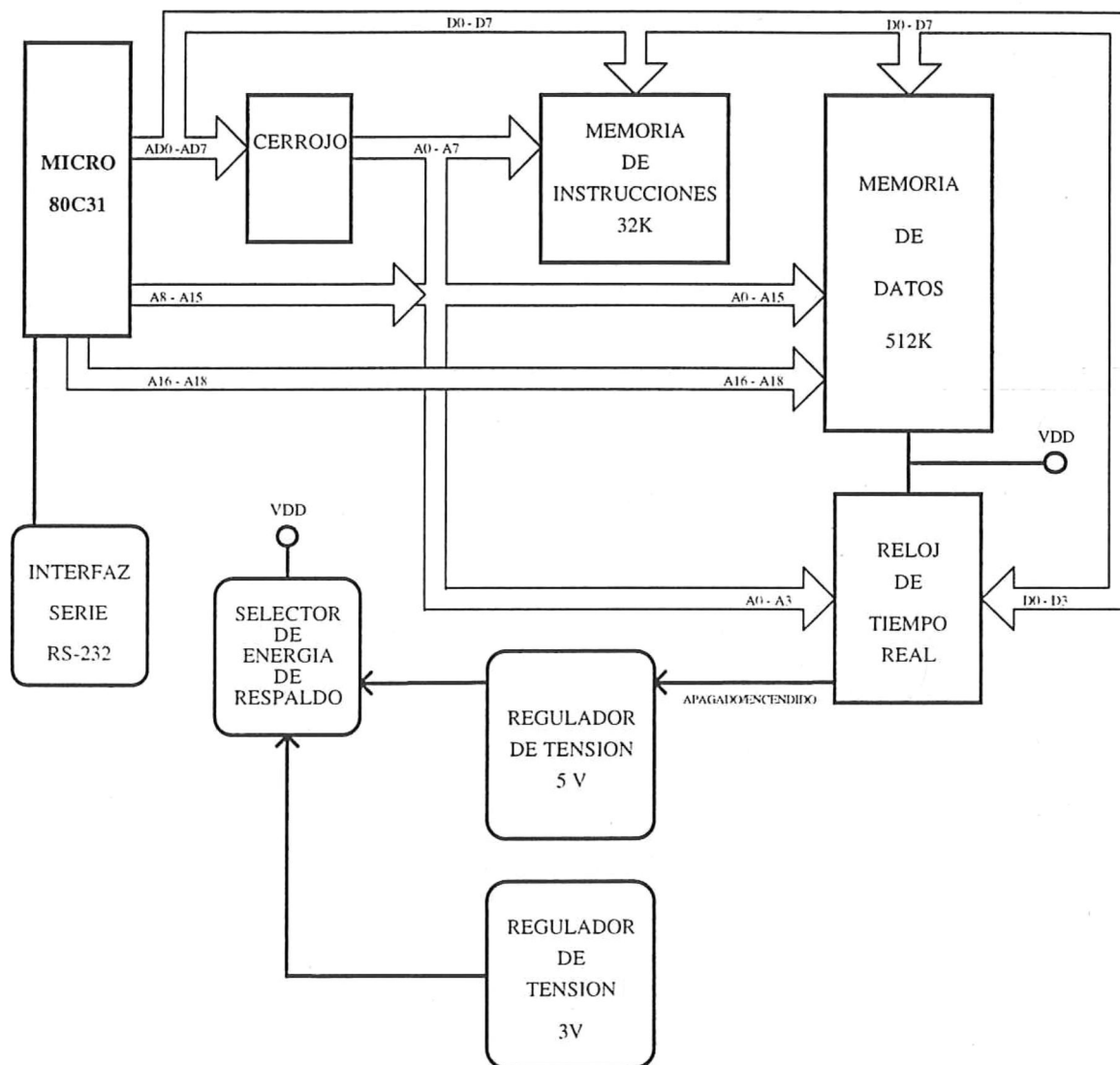


Figura 3.1. Diagrama a bloques de la microcomputadora.

El microcontrolador tiene un oscilador interno que es usado como reloj para la UCP, con la ayuda de un cristal de cuarzo de 7.3728 MHz, la duración de un ciclo máquina es de 1.62 μ seg. (12 ciclos de reloj). La comunicación entre el instrumento y la

computadora personal se lleva a cabo por el puerto serie del microcontrolador a una velocidad de transmisión de 9600 bauds, para lograr la compatibilidad entre el microcontrolador y el puerto serie de la computadora, se utiliza un circuito acoplador de niveles RS-232.

La conexión de las líneas del microcontrolador con los demás circuitos se presenta en la tabla 3.1.

<i>Línea del Microcontrolador</i>	<i>Tipo de señal</i>	<i>Línea de conexión</i>
P1.0	Salida	A16 - Bit de dirección de memoria de datos.
P1.1	Salida	A17 - Bit de dirección de memoria de datos.
P1.2	Salida	A18 - Bit de dirección de memoria de datos.
P1.3	Salida	A19 - Selector de memoria de datos externa.
P1.4	Entrada	SDATA - Datos de salida del transductor de presión.
P1.5	Entrada	COM - Línea de verificación de interfaz de comunicación.
P1.6	Salida	SCLK - Reloj de sincronía del convertidor A/D.
P1.7	Entrada	DOUT - Datos de salida del convertidor A/D.
INT0	Salida	DIN - Datos de entrada al convertidor A/D.
INT1	Salida	CS - Selector de circuito convertidor A/D.
T0	Entrada	PCLK - Reloj del transductor de presión.
T1	Entrada	WND - Señal de la rapidez del viento.
RXD	Entrada	RX - Recepción de datos en serie.
TXD	Salida	TX - Transmisión de datos en serie.

Tabla 3.1. Líneas del microcontrolador y su relación con otros circuitos.

3.3. Temporizador.

El reloj de tiempo real utilizado como temporizador (M6242B de OKI), tiene un oscilador interno que junto con un cristal de 32.768 KHz forman una base de tiempo para proporcionar segundos, minutos, horas, día, mes y año. Dicho circuito se controla con 5 líneas, dos de selección (CS0, CS1), una de lectura (READ), una de escritura (WRITE) y una de temporización (ALE). Tiene además una línea de salida (STD.P) que es por donde se genera la interrupción.

Los registros de fecha y hora del reloj de tiempo real, así como los necesarios para programar una interrupción se encuentran en las direcciones que se indican en la tabla 3.2. Para seleccionar este circuito se debe activar la línea P1.3 del microcontrolador.

<i>Dirección</i>	<i>Valor</i>	<i>Descripción</i>
0000H	0 ~ 9	Registro del dígito 1-segundo
0001H	0 ~ 5	Registro del dígito 10-segundos
0002H	0 ~ 9	Registro del dígito 1-minuto
0003H	0 ~ 5	Registro del dígito 10-minutos
0004H	0 ~ 9	Registro del dígito 1-hora
0005H	0 ~ 1	Registro del dígito 10-horas
0006H	0 ~ 9	Registro del dígito 1-día
0007H	0 ~ 3	Registro del dígito 10-días
0008H	0 ~ 9	Registro del dígito 1-mes
0009H	0 ~ 1	Registro del dígito 10-meses
000AH	0 ~ 9	Registro del dígito 1-año
000BH	0 ~ 9	Registro del dígito 10-años
000CH	0 ~ 6	Registro de semana
000DH	-	Registro de control D
000EH	-	Registro de control E
000FH	-	Registro de control F

Tabla 3.2 Direcciones de los registros del RTR.

El temporizador es capaz de generar una interrupción a la hora o al minuto, la cual controla el encendido/apagado del regulador de tensión de 5 V, energizando al sistema solo cuando se requiere tomar una muestra. Con esto el instrumento permanece apagado la mayor parte del tiempo, con lo cual se logra un ahorro de energía considerable.

3.4. Memoria de respaldo.

La función de este circuito es almacenar la información que el instrumento proporciona, como resultado de las lecturas de los diferentes parámetros medidos. El circuito utilizado es una memoria de lectura/escritura, con capacidad de almacenamiento de 512 K octetos.

La organización de esta memoria se representa en la figura 3.2. La parte mas baja esta reservada para las variables de programación del instrumento, y a partir de la dirección 0200H se encuentran las localidades de memoria para los datos.

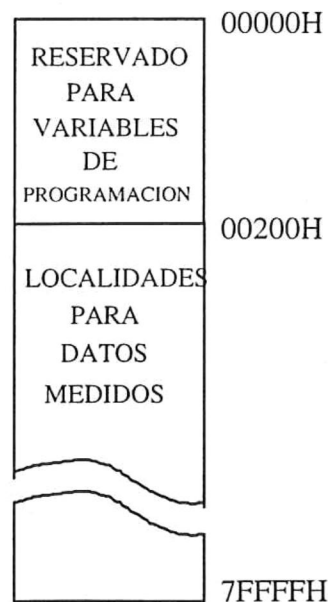


Figura 3.2. Organización de la memoria de respaldo.

Este instrumento es capaz de almacenar hasta 65,248 muestras de cuatro parámetros cada una (ocupando 2 octetos cada parámetro). Con esta capacidad, el tiempo que puede permanecer el instrumento midiendo en el campo, dependerá del intervalo de muestreo programado por el usuario. Por ejemplo, si se programa con un intervalo de muestreo de 10 minutos, el instrumento permanecerá midiendo durante un año tres meses, aproximadamente.

Para seleccionar los 512 K octetos de memoria se necesitan 19 líneas de direccionamiento. Las dieciséis menos significativas (A0 - A15) son proporcionadas por el ducto de direcciones del microcontrolador, las tres mas significativas (A16, A17, Y A18) son proporcionadas por las líneas (P1.0, P1.1, y P1.2) del puerto del microcontrolador. Mientras que la señal necesaria para habilitar la memoria ($\overline{CE}$) es proporcionada por la línea P1.3 del microcontrolador a través de un decodificador.

4. ADQUISICIÓN DE LAS VARIABLES FÍSICAS.

4.1. Introducción.

Las señales físicas que se van a adquirir por este instrumento son los parámetros meteorológicos de temperatura ambiental, dirección del viento, rapidez del viento y presión atmosférica. Existe la posibilidad de anexar dos parámetros mas que se hayan acondicionado previamente para tener un alcance en voltaje analogico de +/- 512 mV, para que sean compatibles con el convertidor A/D.

Para la alimentación de los circuitos analógicos se utiliza un regulador de tensión ICL7663, el cual se programa para una salida de 7 V mediante dos resistores externos. Por medio del puerto P3 del convertidor A/D se enciende dicho regulador de tensión para energizar la parte analógica cuando el sistema ha entrado a la subrutina de adquisición.

Las variables meteorológicas son transformadas en señales analógicas o digitales por medio de un transductor. A continuación se muestra la manera en que dichas señales son acondicionadas para ser procesadas por el microcontrolador.

4.2. Medición de la temperatura ambiental.

Para determinar las variaciones de temperatura en el medio ambiente se utiliza un dispositivo que convierte una variación de la temperatura ambiental en un cambio de resistencia. Este dispositivo es el RTD (Resistance Temperature Detector), en el cual un aumento en la temperatura ocasiona un incremento en su resistencia. Las ventajas que tiene este sensor con respecto al termistor y al termopar, son su mayor estabilidad, exactitud, y linealidad.

El RTD seleccionado tiene una resistencia de $1000\ \Omega$ a una temperatura de 0°C . La relación entre la temperatura y la resistencia se determina mediante la siguiente función.

$$T (^{\circ}\text{C}) = (1.1279 \times 10^{-5} R^2) + (2.3985 \times 10^{-1} R) - 251.1326 \quad (1)$$

Donde R es la resistencia del detector de temperatura.

Como el intervalo de temperatura que se va a medir con el instrumento empieza desde -5°C , de acuerdo a la ecuación anterior tenemos que la resistencia de referencia es de $980.943\ \Omega$. Por lo tanto el sensor se puede representar por esta resistencia más un incremento denominado ΔR . El circuito para medir los cambios de resistencia ocasionados por las variaciones en la temperatura se muestra en la figura 4.1.

Dado que deseamos medir la variación de la resistencia del sensor se hace pasar a través del mismo una corriente constante ($I = 0.5\ \text{mA}$) y se ajusta V_{ref} mediante un potenciómetro a que sea igual a V_{trans} cuando la temperatura es igual a -5°C . De esta manera V_1 es igual a $0\ \text{V}$ en el límite inferior del intervalo de medición.

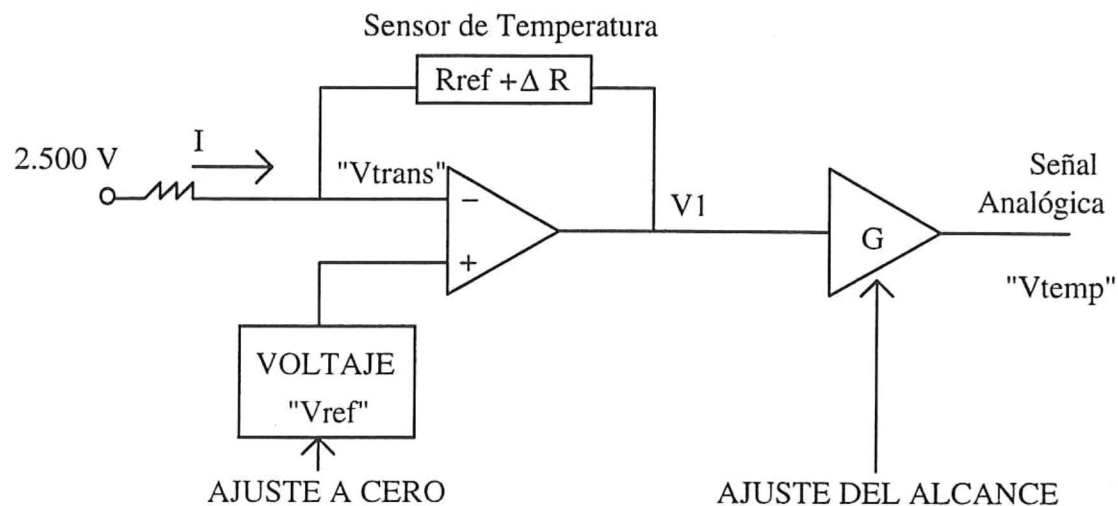


Figura 4.1. Circuito acondicionador de señal de la temperatura ambiente.

En la figura anterior ΔR es la entrada y $V1$ la salida. Así que la relación salida - entrada esta dada por:

$$V1 = -I \Delta R \quad (2)$$

La función del segundo amplificador consiste en ajustar a 500 mV el nivel del límite superior de la señal de salida para que esta sea compatible con la entrada del convertidor A/D. Por lo tanto V_{temp} varía de 0 a 500 mV para un cambio en la temperatura de -5 a 45 °C.

De la ecuación (1) se observa que ésta es una función cuadrática, sin embargo en el intervalo de medición el comportamiento es casi lineal. La exactitud que se logró alcanzar con el circuito descrito fue de ± 0.2 °C.

Para medir la temperatura del aire es necesario proteger al sensor de temperatura de las radiaciones solares directas o reflejadas, para esto se utiliza un protector de radiación, que tiene como propósito bloquear la radiación solar permitiendo el fácil flujo de aire a través de sus discos, estos discos están especialmente fabricados para tener alta

reflectividad, baja conductividad térmica y máxima resistencia al clima. Dentro de este protector se encuentra adaptado el sensor de temperatura.

4.3. Medición de la dirección del viento.

Para determinar la dirección del viento se utiliza un anemómetro. En donde la posición de la veleta indica la dirección del viento, y esta posición es detectada por un potenciómetro de $10\text{K}\Omega$, al cual se le aplica una excitación de voltaje regulado, para que la señal de salida V_{dir} sea proporcional a la dirección del viento.

En la figura 4.2, se muestra la parte del sensor y la circuitería necesaria para tener un voltaje proporcional a la dirección del viento.

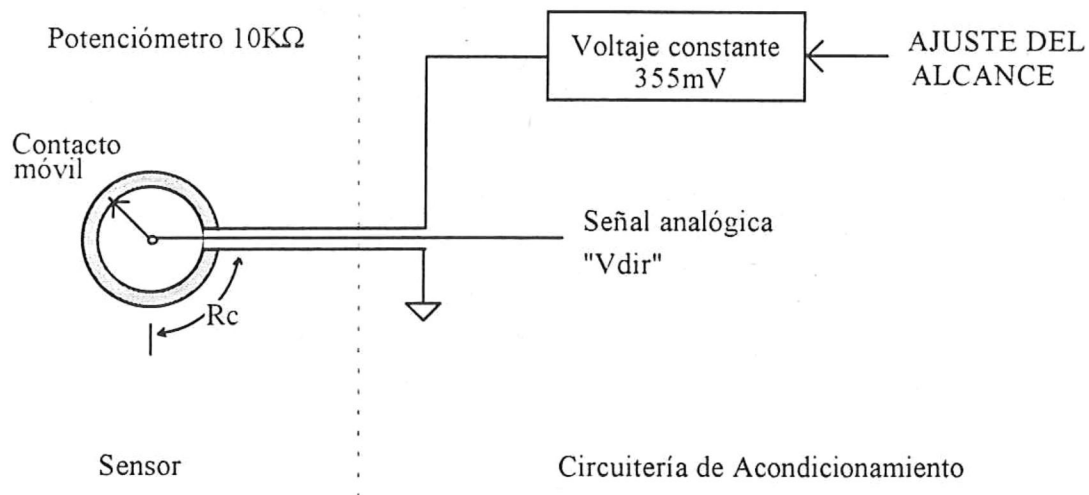


Figura 4.2. Medición de la dirección del viento.

El contacto móvil del potenciómetro varía dependiendo de la dirección del viento, de tal manera que para una dirección de 0° , la salida entregada V_{dir} es igual a 0 V ya que el contacto estará en el límite del potenciómetro donde se encuentra conectado a tierra.

Por otra parte cuando la dirección del viento se refiera a una dirección de 90°, tendremos en la salida Vdir un voltaje de 90 mV. Esta señal se puede determinar con la siguiente fórmula.

$$V_{dir} = (R_c \times 355 \text{ mV}) / 10 \text{ K}\Omega \quad (3)$$

Donde R_c es la resistencia entre el contacto móvil del potenciómetro y tierra. La salida Vdir será igual a cero para valores entre 355 y 360°.

El comportamiento de la salida Vdir con respecto a los cambios en la dirección del viento (señal de entrada) es igual a 1 mV por grado.

4.4. Medición de la rapidez del viento.

El mismo anemómetro mide la rapidez horizontal del viento, a través de una hélice, que al rotar produce una onda senoidal de corriente alterna (C.A.) con una frecuencia proporcional a la rapidez del viento. Esta señal de C.A. es inducida en una bobina estacionaria por un imán de seis polos montado en el eje de la hélice, por lo que se producen tres ciclos de onda senoidal por cada revolución de la hélice. Cada ciclo completo representa un desplazamiento del viento de .098 m. De esta manera la rapidez del viento es directamente proporcional a la frecuencia generada por el transductor y esta dada por:

$$\text{Rapidez} = (0.098 \text{ m}) (\text{número de ciclos}) / \text{tiempo de medición del número de ciclos} \quad (4)$$

Para que el microcontrolador pueda interpretar esta información es necesario hacer una conversión de la señal de C.A. a niveles lógicos de voltaje. Esto es, tener un pulso de

+5V cada vez que se genere un ciclo completo a causa del giro de la hélice. Esta conversión se lleva a cabo con un circuito comparador de cruce por cero.

En el circuito que se muestra en la figura 4.3, cuando la entrada es positiva, el interruptor del comparador se cierra y conecta la salida a tierra. Vrap esta a 0 V para los medios ciclos positivos de la entrada, y a +5V para los medios ciclos negativos.

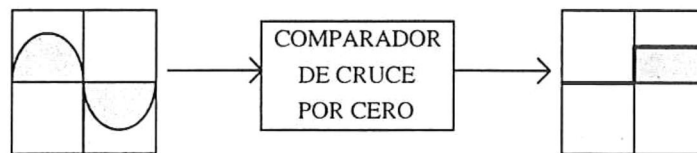


Figura 4.3. Acondicionamiento de la señal del transductor de rapidez del viento.

Ahora tenemos una señal que sirve como interfaz al microcontrolador, el cual va a efectuar un conteo de estos pulsos durante un determinado tiempo³, para determinar la rapidez del viento. Esto se representa en la figura 4.4.

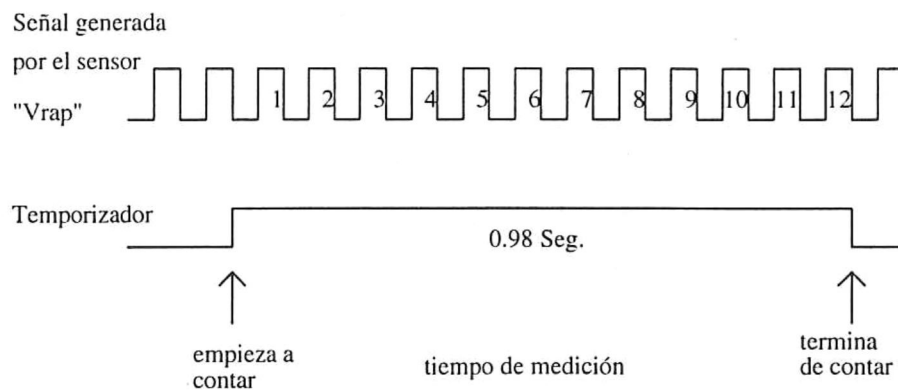


Figura 4.4. Conteo de pulsos para determinar la rapidez del viento.

³ El tiempo calculado para esta medición es de 0.98 segundos.

Cuando es el momento de hacer una medición de la rapidez del viento, el temporizador (TIMER 0) se ajusta para hacer un retardo de tiempo de 0.98 segundos, al mismo tiempo se activa el contador (TIMER 1) para hacer el conteo de pulsos entregados por el comparador en la línea T1 del microcontrolador, los cuales corresponden a la señal del sensor de rapidez. De tal manera que la rapidez del viento es igual al número de cuentas que se hayan logrado registrar en el contador en un tiempo de 0.98 segundos multiplicado por el factor (0.1 m/s).

En la siguiente figura se puede observar que la relación entre los pulsos contados por el microcontrolador y la rapidez del viento es lineal.

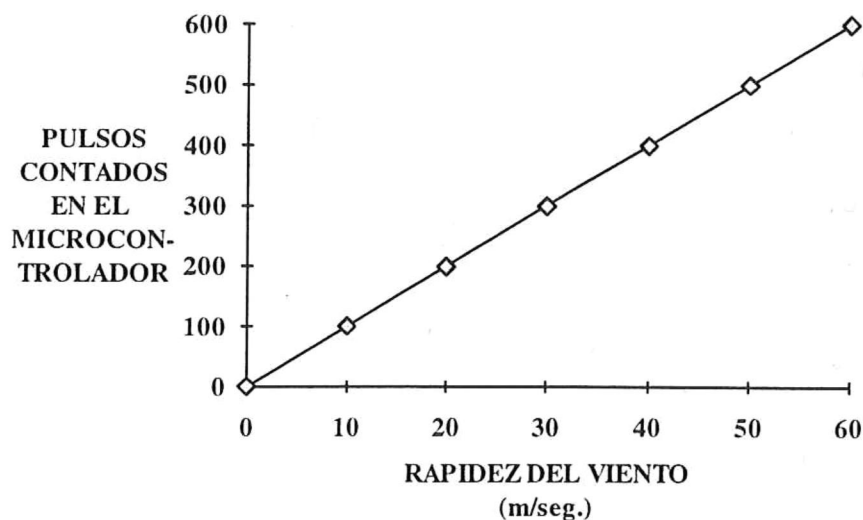


Figura 4.5. Relación entre pulsos contados por el microcontrolador y la rapidez del viento.

4.5. Medición de la presión atmosférica.

Para medir la presión atmosférica se utiliza un transductor de presión absoluta (de galgas extensiométricas) con una alta precisión que se encuentra digitalmente compensado. Esta técnica de compensación reduce errores como la no linealidad de la presión y el error de la no linealidad por efecto de la temperatura.

La salida de datos es en serie y se entrega en dos palabras de ocho bits. En la figura 4.6 se muestra la interfaz entre el transductor de presión y el microcontrolador para recuperar dichos datos.

En el momento que se desea hacer una lectura de la presión atmosférica, se le envía al transductor una señal digital de un uno lógico a través del puerto P2 del convertidor A/D, esta primer señal aplicada en la línea "CONV" del transductor, indica que este debe empezar una conversión, dicho proceso dura 80 ms y es hasta entonces que la señal aplicada en "CONV" se baja a cero. La transmisión de los datos se lleva a cabo de una manera sincronizada con el reloj del transductor (PCLK), de manera que cuando se encuentra un pulso de reloj del transductor, se encuentra un dato en la línea de datos de salida (SDATA).

Los valores entregados al microcontrolador van desde 6100 a 10149, estos datos son almacenados en la memoria de respaldo, para obtener su correspondiente valor en unidades de presión (mmHg), el dato es multiplicado por el factor 0.08128.

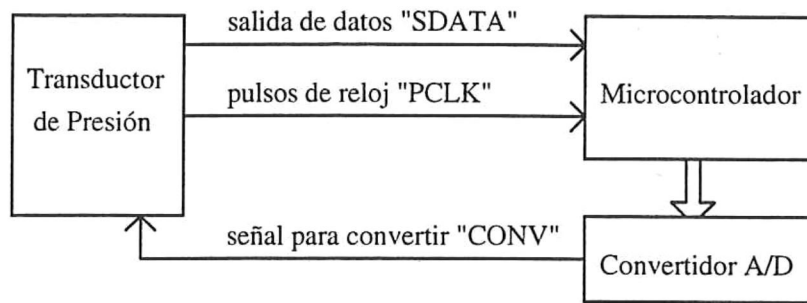


Diagrama a bloques de la interconexión

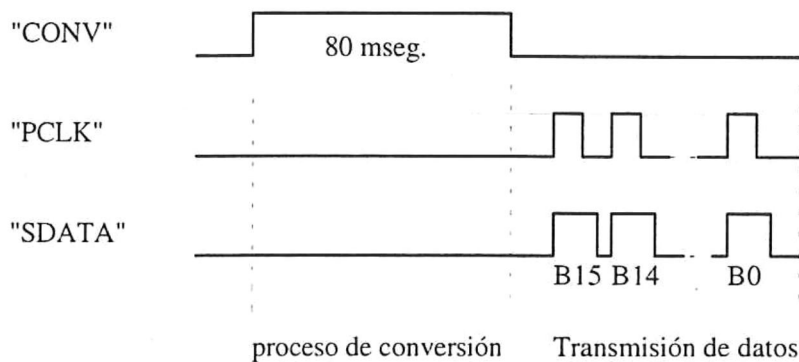


Diagrama de tiempo para la lectura de datos

Figura 4.6. Interfaz entre el transductor de presión y el microcontrolador.

4.6. Conversión de analógico a digital.

Para llevar a cabo la conversión de las señales de analógico a digital, lo cual es necesario para el procesamiento digital de datos, se utiliza un convertidor analógico a digital con resolución de 18 bits mas signo, de bajo consumo e interfaz serie. Tiene además un puerto de salida digital programable de cuatro líneas.

El convertidor esta configurado para admitir señales de entrada, en un alcance de +/- 512 mV. La técnica de conversión es por integración.

Como se tienen dos señales analógicas correspondientes a la temperatura y a la dirección del viento, y capacidad para dos señales más, se utiliza un multicanalizador analógico de cuatro canales.

Para seleccionar el canal deseado, se programan las líneas A1 y A0 del multicanalizador mediante los puertos P0 y P1 del convertidor, utilizando la siguiente tabla:

A1	A0	Canal
0	0	S1A (Temperatura ambiental)
0	1	S2A (Dirección del viento)
1	0	S3A (Opcional)
1	1	S3A (Opcional)

Tabla 4.3. Valores de programación del multicanalizador para seleccionar el canal de salida.

El convertidor A/D utiliza para su funcionamiento dos registros de entrada y tres de salida cada uno de ocho bits. Los registros de salida contienen el dato muestreado y el estado en que se encuentra el convertidor. A continuación se describen los registros de entrada.

Registro 0, entrada de comandos.

Este registro contiene el bit de inicio el cual se habilita para empezar una conversión, los bits que definen el modo de operación, y de bajo consumo de corriente.

Además se selecciona el registro de datos que se va a leer en el siguiente ciclo, haciendo uso de los bits RS1 y RS0 como se muestra en la tabla 4.4.

RS1	RS0	DEFINICIÓN
0	0	Selecciona el registro 0; Datos de salida B3-B10
0	1	Selecciona el registro 1; Datos de salida B11-B18
1	0	Selecciona el registro 2; bits de estado
1	1	Datos inválidos

Tabla 4.4. Valores de programación del convertidor A/D para seleccionar el registro a utilizar.

Registro 1, entrada de comandos.

Con este registro se controla el estado de los puertos de salida P0 al P3.

Una vez que el convertidor A/D haya terminado la conversión, los datos digitales son entregados en serie a través de DOUT en paquetes de 8 bits en formato complemento a dos. El registro 0 de salida contiene la parte baja (bits B3 al B10) de los datos de conversión, mientras que el registro 1 contiene la parte alta (bits B11 al B18) de los datos. Los bits menos significativos (B0 al B2) se encuentran en el registro 2, pero estos no son utilizados en la lectura de datos.

5. PROGRAMACIÓN.

5.1. Introducción.

En este capítulo se describe en forma general la programación que le permite al instrumento funcionar adecuadamente, dicha programación esta hecha en lenguaje ensamblador, y los procesos principales que realiza son el de programación del instrumento y el adquisición de datos.

El programa de comunicación (MetCom), que comunica directamente al instrumento con la computadora, es el que permite programar al instrumento para que opere bajo las condiciones requeridas por el usuario.

5.2. Descripción del programa.

Al encenderse por alguna razón el regulador de tensión de 5 V, se inicializa el microcontrolador y empieza a ejecutar desde el inicio el programa. En el diagrama de la figura 5.1 se muestra todo el proceso que efectúa dicho programa, empezando por verificar si el sistema se encuentra conectado a la interfaz de comunicación. Si no fuese así, entonces la razón por la que se encendió el sistema se debió a la interrupción generada por el reloj de tiempo real, y el programa entrará a la subrutina de adquisición. En el caso de que el sistema se haya conectado a la interfaz de comunicación, se entenderá que se

esta solicitando la intercomunicación computadora - instrumento, entonces el microcontrolador configura su puerto serie para dicha comunicación, y espera a recibir un mando que será enviado desde la computadora. Las opciones de mando que se tienen son; verificar fecha y hora actual (FECHA), programación de la fecha y hora actual (RELOJ), programar un experimento (PROG), revisar datos del experimento (INTRO), y recuperar datos (RECDAT). Las variables utilizadas para fecha y hora actual son: año, mes, día, hora y minutos, mientras que para programar un experimento son: año, mes, día y hora de inicio, así como año, mes, día y hora de fin del experimento, y el intervalo de tiempo entre muestras. Al terminar de ejecutar un mando, el programa regresa a la subrutina de espera. Después de haber acabado el proceso de programación de un experimento, al desconectar la interfaz de comunicación se apagará el sistema, quedando programado para generar una interrupción dentro de una hora.

Cuando el programa entra a la subrutina de adquisición, se comparan los registros de fecha y hora del reloj de tiempo real con los registros de fecha y hora de inicio, para poder determinar si es hora de tomar una muestra, en caso contrario, el RTR programa la próxima interrupción dentro de una hora o minuto, y se desactiva la interrupción para apagar el sistema.

Al verificar que los registros comparados son iguales, se ordena encender la fuente de alimentación de los circuitos analógicos y se procede a tomar muestras de cada uno de los parámetros, almacenando a su vez el resultado en la memoria de respaldo de datos.

Para terminar, se programa la próxima interrupción para que ocurra dentro de un tiempo igual al intervalo de muestreo designado por el usuario. En el caso de que se haya llegado al fin de toma de lecturas, se programa el RTR para que no genere otra interrupción, y se apaga el sistema.

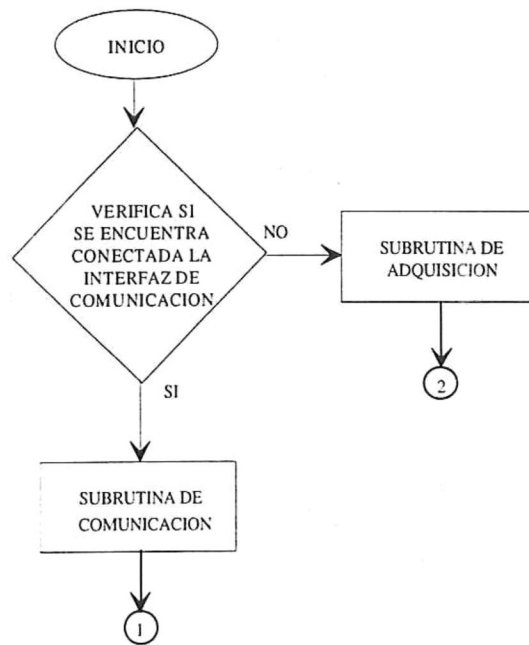


Figura 5.1 Diagrama de flujo del programa.

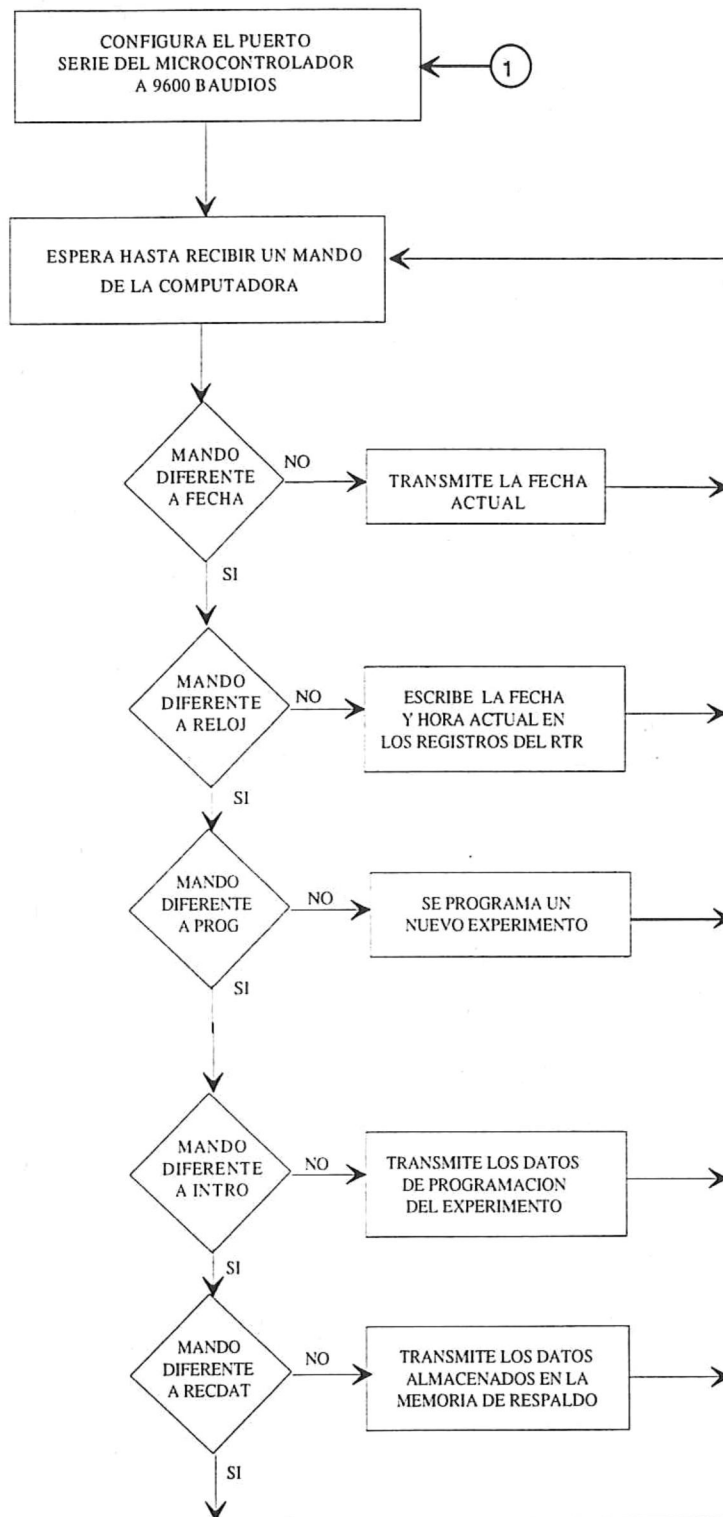


Figura 5.1 Diagrama de flujo del programa (continuación).

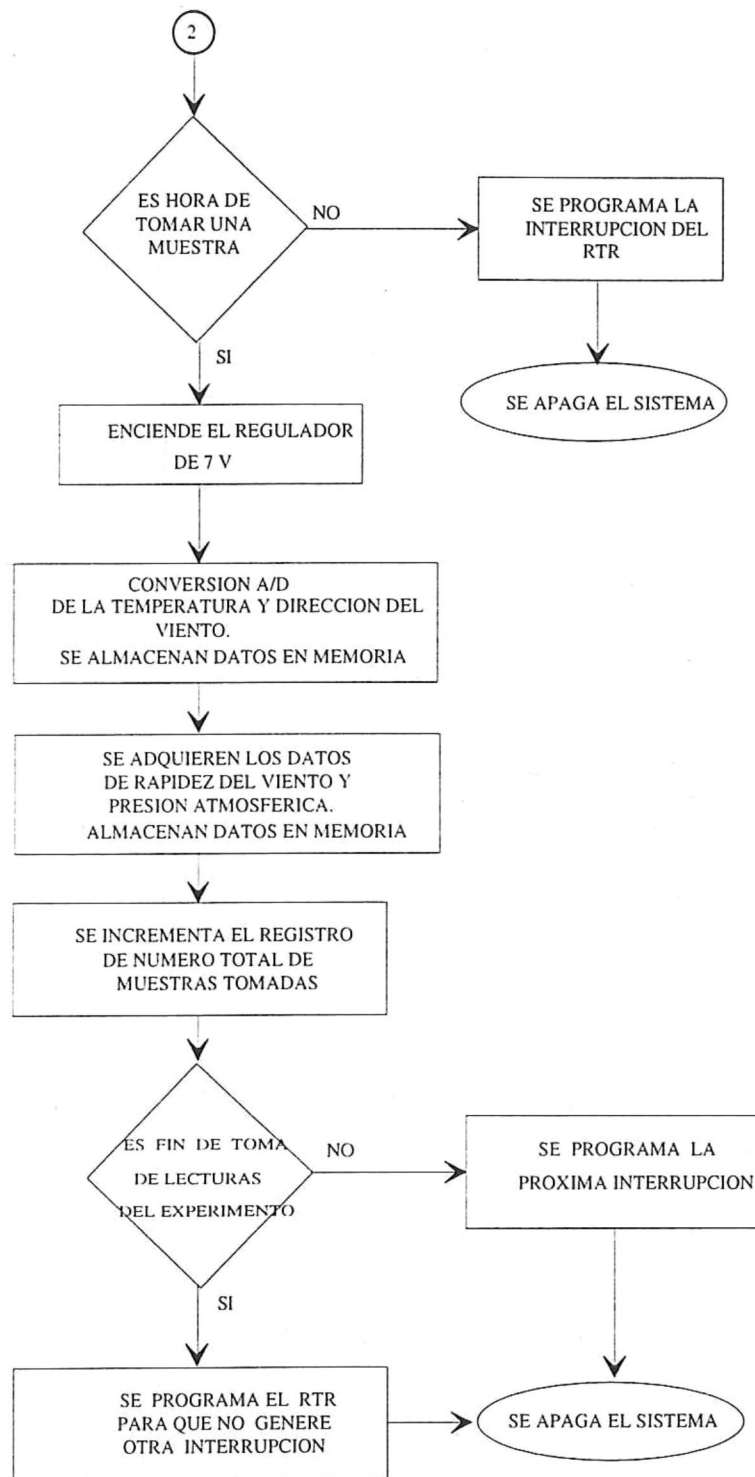


Figura 5.1 Diagrama de flujo del programa (continuación).

5. CONCLUSIONES.

El instrumento descrito, cumple con los objetivos que se establecieron inicialmente, lográndose con esto, el prototipo de una estación meteorológica con características y especificaciones que satisfacen las necesidades en aplicaciones prácticas.

Las características del instrumento desarrollado son similares a las de equipos comerciales, con la ventaja de que éste, fue totalmente diseñado y construido en nuestro país, lo cual permite tener un avance importante en la independencia tecnológica.

Otra de las cualidades importantes del instrumento, es su versatilidad con respecto a que puede ser accedido directamente a través de un puerto serie con ayuda de una computadora personal.

Se sugiere para una segunda versión, cambiar el transductor de presión, por uno de mayor exactitud y menor consumo de energía.

Comentario final:

El haber terminado satisfactoriamente el presente trabajo, significó un gran complemento en mi carrera, ya que este es el esfuerzo realizado durante un año, donde se aplicaron los conocimientos adquiridos en clase, y me ha dado la seguridad de poder desempeñarme en el área de diseño electrónico.

Bibliografía:

- Carr Joseph J., Sensors and Circuits, Prentice Hall, 1993.
- Coughlin Robert. F., Amplificadores Operacionales y Circuitos Integrados Lineales, Prentice Hall, 1993.
- Gómez Benjamin, Elementos Básicos para el manejo de Instrumental Meteorológico, CECSA, 1987.
- López Oscar R., "Termógrafo digital submarino", tesis de maestria CICESE, 1988.
- Pérez Miguel A., "Instrumentación electronica", apuntes del curso, 1993.
- Wist Abund Ottokar, Electronic Design of Microprocessor - Based Instruments and Control Systems, Prentice Hall, 1986.
- Telecommunications Device Data, Motorola, 1985, pag. 2-276.
- Integrated Circuits Data Book, Maxim, 1989, pag. 6-73, 6-117.
- New Releases Data Book, Maxim, 1992, pag. 1-17.
- New Releases Data Book, Maxim, 1993, pag. 4-141, 7-17, 11-3.
- Linear and Conversion Products, Precision Monolithics Inc., 1987, pag. 5-197.
- Component Data Catalog, Intersil, 1987, pag. 5-28.
- Linear Circuits, Texas Instruments, 1989, pag. 2-187, 3-29.
- 80C51-Based 8-Bit Microcontrollers, Phillips Semiconductors, 1993.
- Solid-State Pressure Sensors Handbook, Sensym, 1993.
- Precision Meteorological Instruments, R.M. Young Co., 1992.

Apéndice I

COMPARACIÓN ENTRE EQUIPOS COMERCIALES.

EQUIPO	Automatic Weather Station
FABRICANTE	Aandera Instruments, Noruega
PRECIO	\$ 16,400.00 Dlls.
VENTAJAS	Incluye su propia torre, las mediciones son mucha exactitud.
DESVENTAJAS	Su alto costo, almacena los datos en cinta magnética, lo cual limita el volumen de datos y la rapidez de recuperación de los mismos.
EQUIPO	Weather Monitor II
FABRICANTE	Davis Instruments, U.S.A.
PRECIO	\$ 685.00 Dlls.
VENTAJAS	Se pueden monitorear las mediciones en tiempo real.
DESVENTAJAS	Tiene muy poca exactitud, y necesita estar conectada a una computadora personal.
EQUIPO	Meteoro
FABRICANTE	I.I.O. - U.A.B.C.
PRECIO	\$ 2000.00 Dlls.
VENTAJAS	Puede durar hasta un año tomando muestras, es de bajo costo, y exactitudes apropiadas para investigaciones.
DESVENTAJAS	Requiere de una computadora personal para recuperar los datos.

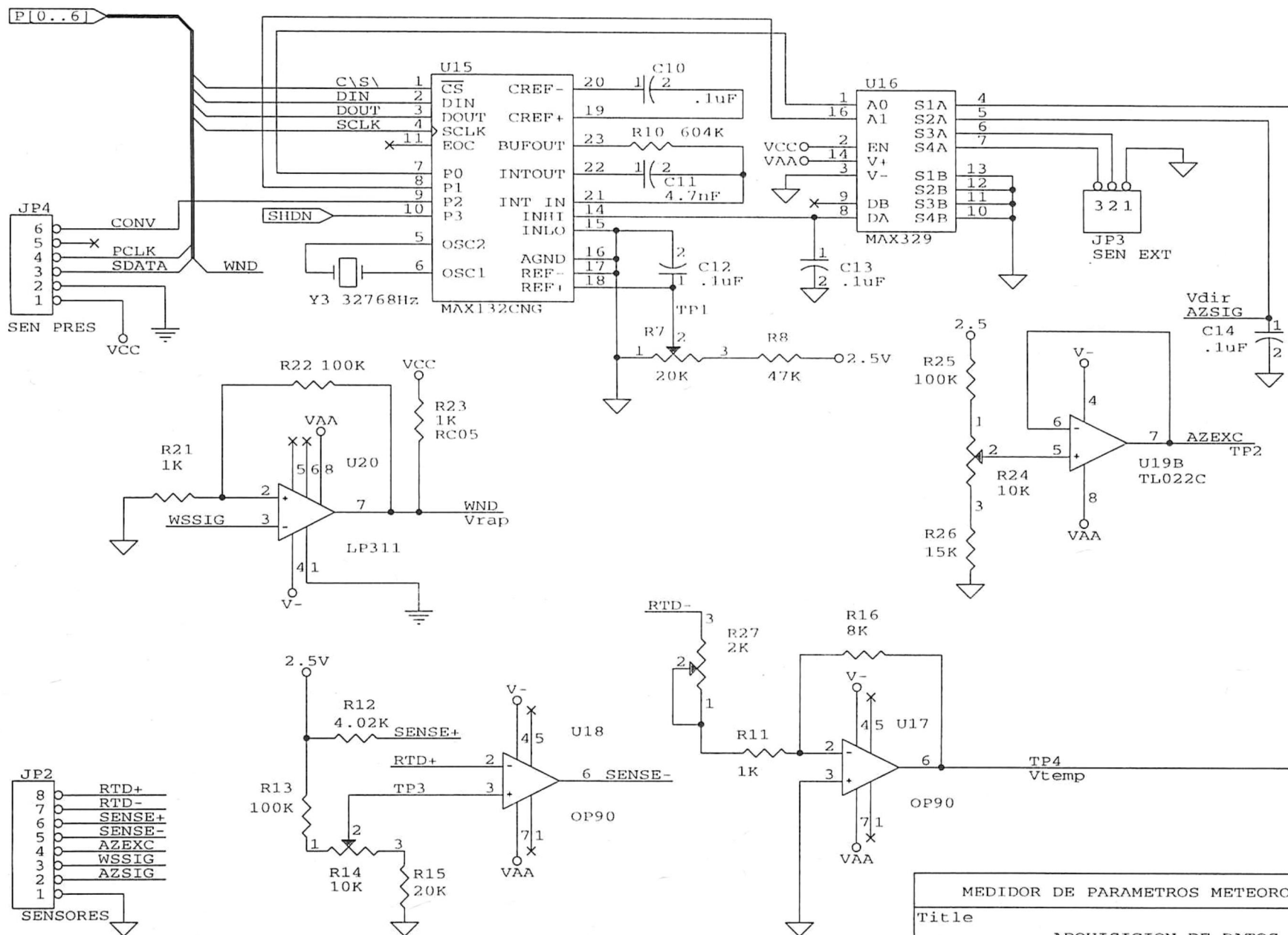
Tabla A.1. Comparación entre equipos comerciales.

PARÁMETRO	EQUIPO	INTERVALO DE MEDICIÓN	EXACTITUD
Presión Atmosférica	Aandera	735 - 810 mmHg	± 0.15 mmHg
	Davis	660 - 810 mmHg	± 1.27 mmHg
	Meteoro	496 - 824 mmHg	± 0.38 mmHg
Rapidez del Viento	Aandera	0.5 - 75 m/s	± 0.2 m/s
	Davis	0 - 78.2 m/s	± 0.4 m/s
	Meteoro	0 - 60 m/s	± 0.1 m/s
Dirección del Viento	Aandera	0 - 360 °	± 5 °
	Davis	0 - 360 °	± 10 °
	Meteoro	0 - 355 °	± 3 °
Temperatura Ambiental	Aandera	-5 a 45 °C	± 0.1 °C
	Davis	-45 a 60 °C	± 0.4 °C
	Meteoro	-5 a 45 °C	± 0.3 °C

Tabla A.2. Comparación de especificaciones de equipos comerciales.

Apéndice II

DIAGRAMAS ELECTRONICOS



MEDIDOR DE PARAMETROS METEOROLOGICOS

Title

ADQUISICION DE DATOS

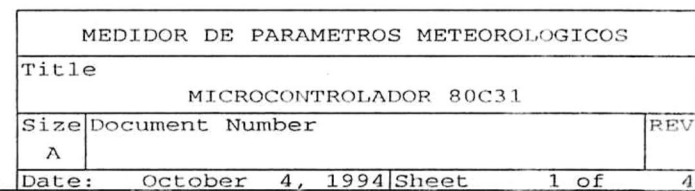
Size

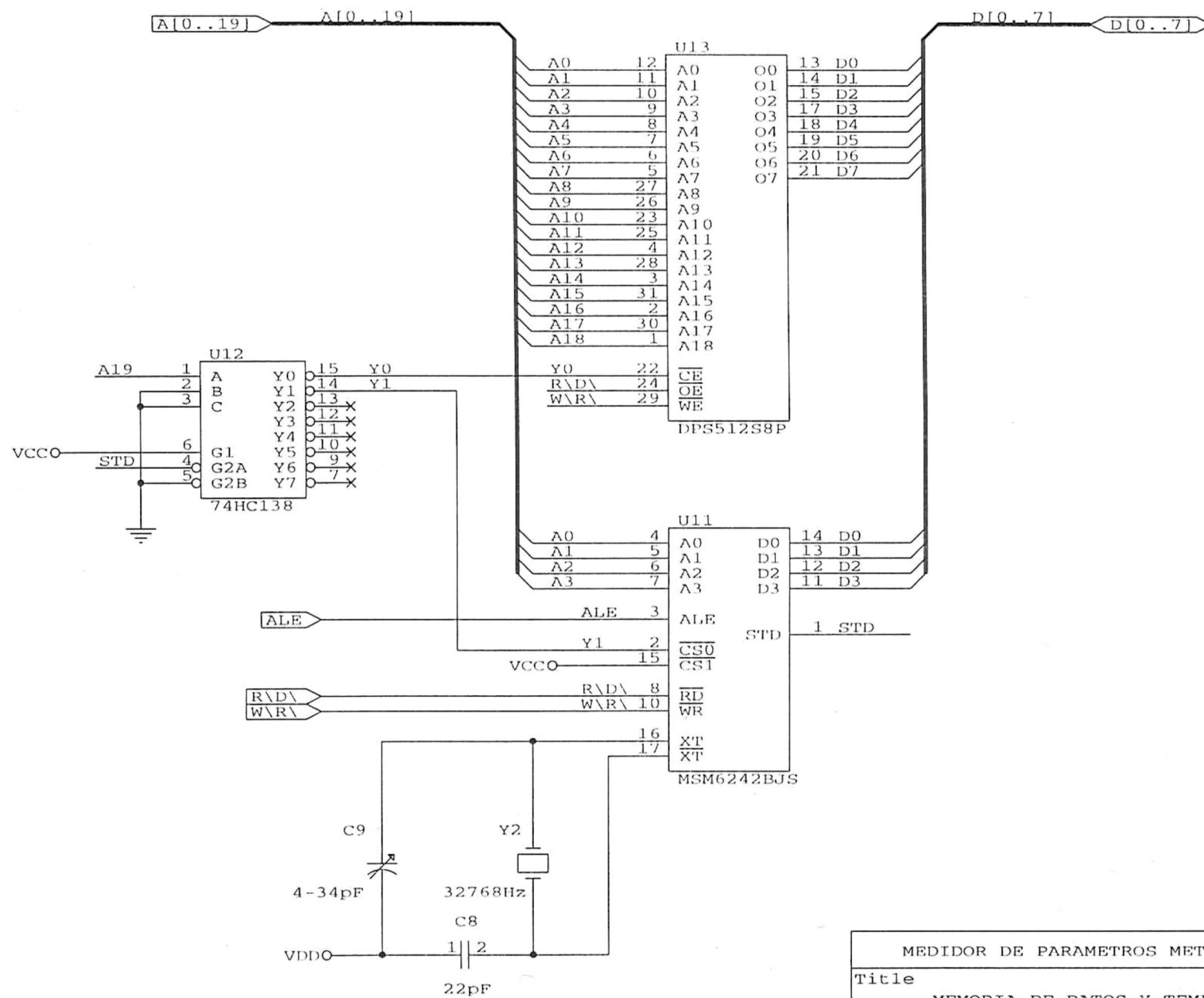
Document Number

REV

A

Date: October 4, 1994 Sheet 4 of 4





MEDIDOR DE PARAMETROS METEOROLOGICOS		
Title		
MEMORIA DE DATOS Y TEMPORIZADOR		
Size	Document Number	REV
A		
Date:	October 4, 1994	Sheet 3 of 4

Apéndice III

ESPECIFICACIONES DEL INSTRUMENTO

Presión atmosférica:

Dispositivo	Transductor de presión absoluta SMRTBAR01 (Sensym)
Intervalo de medición	496 a 824 mmHg
Exactitud	± 0.38 mmHg
Resolución	0.08128 mmHg

Tabla A.3. Especificaciones de la Presión Atmosférica.

Temperatura ambiental:

Dispositivo	Punta de platino RTD de 1000 Ohms modelo 41342 (Young)
Intervalo de medición	-5 a 45 °C
Exactitud	$\pm 0.3^{\circ}\text{C}$
Resolución	0.1 °C

Tabla A.4. Especificaciones de la Temperatura Ambiental.

Rapidez del viento:

Dispositivo	Hélice de cuatro aspas con rotor de 6 polos modelo 05103 (Young)
Intervalo de medición	0 a 60 m/s
Exactitud	± 0.1 m/s
Resolución	0.1 m/s

Tabla A.5. Especificaciones de la Rapidez del Viento.**Dirección del viento:**

Dispositivo	Veleta con potenciómetro de 10 K Ohmios modelo 05103 (Young)
Intervalo de medición	0 a 355 °
Exactitud	$\pm 3.0^\circ$
Resolución	1°

Tabla A.6. Especificaciones de la Dirección del viento.**Convertidor Analógico/Digital:**

Dispositivo	MAX132 Interfaz serie.
Resolución	18 bits mas signo.
Exactitud	± 0.006 %.
Alcance máximo de señales analógicas	± 512 mV.

Almacenamiento de datos:

Dispositivo	DPS512S8P.
Capacidad	512 K octetos.
Numero máximo de muestras	65,248 muestras.
Localidades de memoria por muestra	(2) x (4) Octetos.

Programación:

Fecha de inicio	Año, mes, día, hora.
Fecha de término	Año, mes, día, hora.
Intervalo entre muestras	1 - 180 minutos.

Energía:

Medio	6 Baterías AA de 1.5 V.
-------	-------------------------

Consumo:

Modo de comunicación	15 mA.
Modo de adquisición	21 mA.
Modo de reposo	13 μ A.

Apéndice IV

HOJAS DE DATOS DE LOS SENSORES.



MODEL 41342/43347

PLATINUM TEMPERATURE PROBE

GENERAL DESCRIPTION: The Model 41342/41347 Platinum temperature probe is a 1000 ohm RTD sensing element with stainless steel sheath and integral junction box. This device is designed to mount directly in YOUNG Models 41002 and 43408 Radiation Shields.

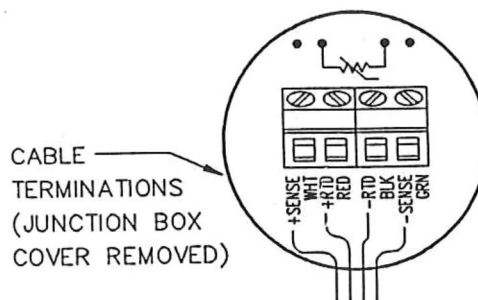
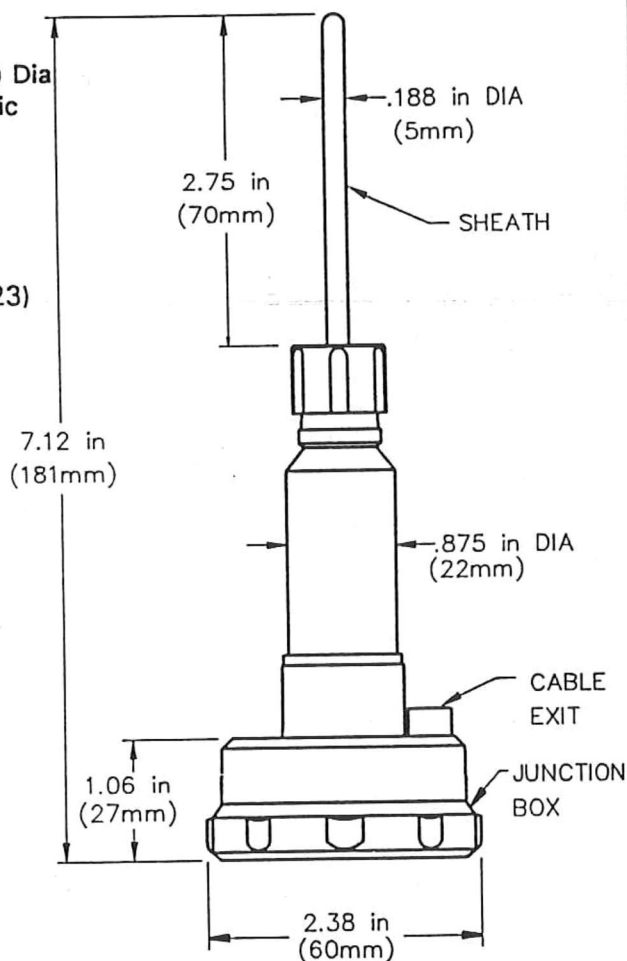
Sensor type: 1000 ohm Platinum RTD*
Sheath: Stainless steel, .125 in (3.2mm) Dia
Junction box: UV stabilized white thermoplastic with precision clamp terminals.
Accuracy: $\pm 0.3^{\circ}\text{C}$ standard at 0°C
 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ (optional) with NIST traceable calibration

Recommended cable: 2 pair shielded 22 AWG (#18723)

Recommended shield: 41342 - 41002 Multiplate
 43347 - 43408 Aspirated

Resistance vs. Temperature
 for 1000 Ω nominal probe
 Temperature Coefficient = $.0035 \Omega/\Omega/^{\circ}\text{C}$

Resistance Ω	$^{\circ}\text{F}$	$^{\circ}\text{C}$	Resistance Ω
1226.445	140	60	1226.445
1205.659	130	50	1189.005
1184.837	120	40	1151.445
1163.978	110	30	1113.764
1143.081	100	20	1075.963
1122.148	90	10	1038.042
1101.177	80	0	1000.000
1080.169	70	-10	961.837
1059.124	60	-20	923.550
1038.042	50	-30	885.132
1016.922	40	-40	846.576
995.766	30	-50	807.873
974.572	20		
953.340	10		
932.069	0		
910.759	-10		
889.407	-20		
868.013	-30		
846.576	-40		
825.093	-50		



Transfer function calculated from manufacturers data:
 $C^{\circ} = (1.1279 \times 10^{-5} \cdot R^2) + (2.3985 \times 10^{-1} \cdot R) - 251.1326$
 $F^{\circ} = (2.0302 \times 10^{-5} \cdot R^2) + (4.3174 \times 10^{-1} \cdot R) - 420.0387$

SenSym

SOLID STATE SENSORS

SMRT SERIES 0-1 psi to 0-100 psi

PRECISION PRESSURE MONITORING INSTRUMENTS

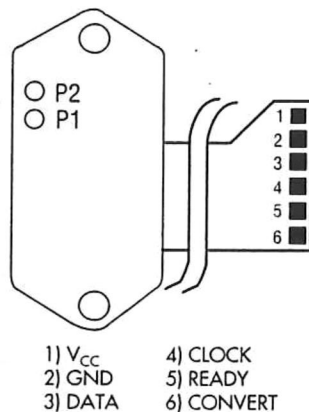
FEATURES

- Direct Digital Output
- Precision Accuracy-
0.5% Max Total Error
- Digitally Compensation

APPLICATIONS

- Barometer
- Medical Equipment
- Industrial Controls
- Precision Lab Equipment

ELECTRICAL CONNECTION



Note:
Flex circuit Mating Connector:

AMP 520315-6
(without cable retention)

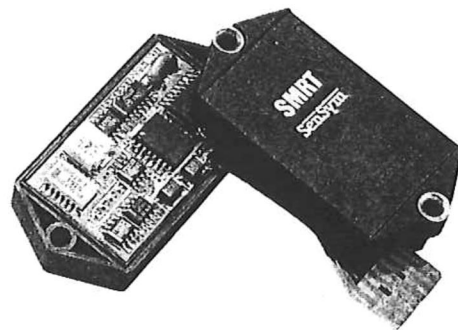
Dupont 68100-906
(with cable retention)

GENERAL DESCRIPTION

The SenSym SMRT series High Precision pressure transducers are low cost digitally compensated pressure transducers. This new compensation technique reduces errors such as pressure nonlinearity and temperature error nonlinearity which typically had to be tolerated and designed around in the past.

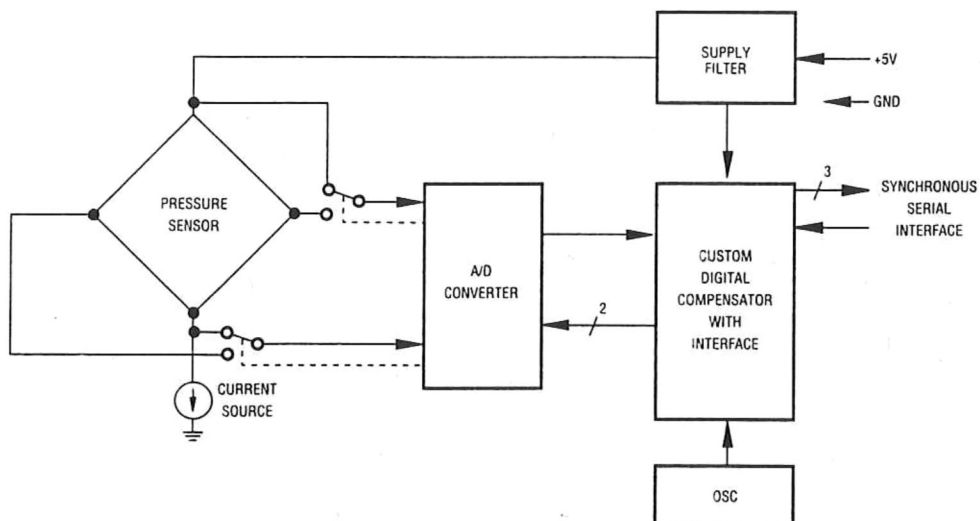
Each pressure sensor is now individually characterized over its pressure and temperature range and the resulting data is stored in the microprocessor memory. The stored data represents the ideal transfer curve of that pressure sensor. During normal operation, the microprocessor measures the temperature and pressure sensor output for each reading and looks up the compensated data that has been stored in memory. The result is a pressure transducer with a maximum error (including temperature) of 0.5% of F.S. maximum over a temperature range of -20°C to +85°C.

The SMRT precision instruments are available to measure pressures as low as 0 to 1 psi and as high as 0 to 100 psi.



The transducers are packaged in a thermoplastic nylon housing, providing convenient pressure connection and P.C. board mounting. They are designed for use with non-corrosive gases. For corrosive media applications, SenSym's stainless steel isolated transducers should be used.

EQUIVALENT CIRCUIT



PRODUCT SPECIFICATIONS

INDIVIDUAL OPERATING CHARACTERISTICS

SenSym Part #	Operating Pressure Range	Burst Pressure
SMRT01D1	0–1 psid	10 psig
SMRT01D2	±1 psid	10 psig
SMRT05D1	0–5 psid	20 psig
SMRT05D2	± 5 psid	20 psig
SMRT15D1	0–15 psid	45 psig
SMRT15D2	± 15 psid	45 psig
SMRT15A1	0–15 psia	45 psia
SMRTBAR01	20–32 in Hg (Abs)	75 in Hg (Abs)
SMRT30D1	0–30 psid	60 psig
SMRT30A1	0–30 psia	60 psia
SMRT100D1	0–100 psid	150 psig
SMRT100A1	0–100 psia	150 psia

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Ambient Temperature Under Bias	–40°C to +95°C
Storage Temperature	–40°C to +105°C
Supply Voltage (V_{CC})	7V _{DC}
Voltage on Any Pin with Respect to Gnd	–0.6V to $V_{CC} + 0.6V$

OPERATING CONDITIONS

Compensated Temperature Range	–20°C to +85°C
Supply Voltage (V_{CC})	+4.75V _{DC} to +5.25V _{DC}
Supply Current	8mA typ, 12mA max

REFERENCE CONDITIONS

Supply Voltage	5.0V _{DC}
Reference Temperature	–20 to +85°C
Common-mode Pressure	0 psig

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Parameter	Characteristic
Logic Inputs	Standard TTL input levels with a 10,000 ohm pull up resistor to V_{CC} .
Logic outputs	Standard TTL output levels capable of driving 1 standard LS load.

SERIAL DATA OUTPUT FORMAT

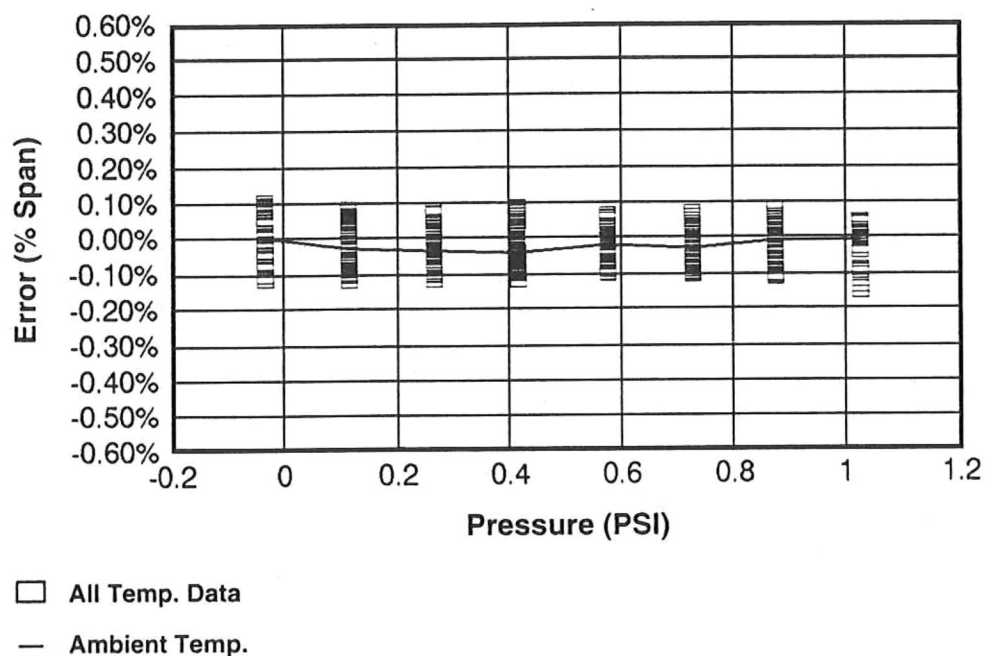
The serial data output format is a 16-bit signed binary output in 2's compliment format. The full scale output is related to a value of 10,000 counts with a 400 count (4% of full scale) overrange and underrange. If the over or underrange specified

limits for temperature or pressure are exceeded or a system malfunction occurs, a –32,768 (8000H) output will be generated. This condition will continue until the values of pressure or temperature return within the trans-

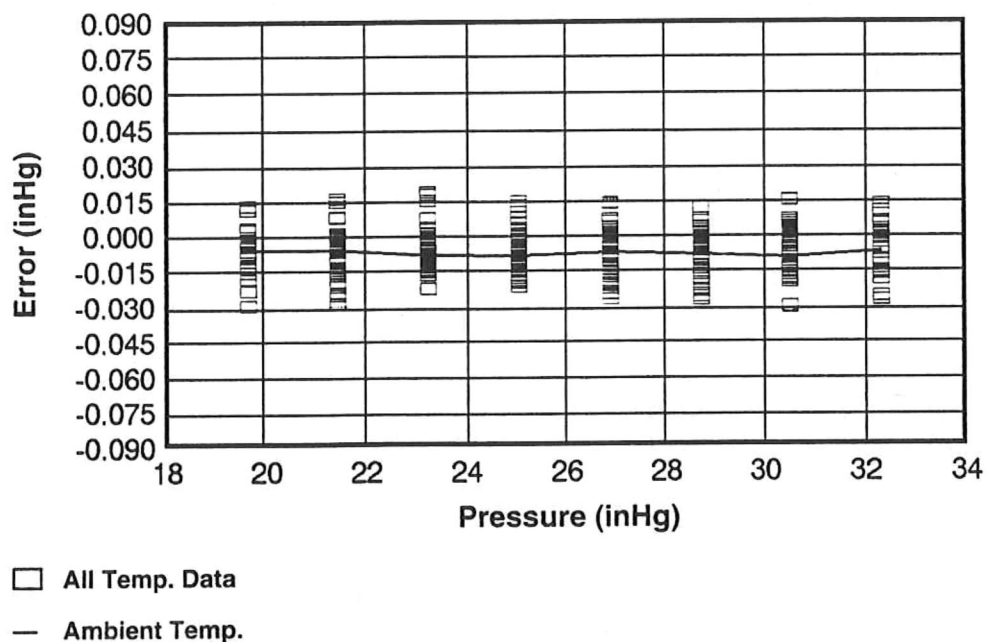
ducers specified ranges. At this time normal operation will continue. The table presents output ranges with their corresponding input ranges and conversion multipliers for the various pressure units.

APPLICATION INFORMATION

TYPICAL SMRT CALIBRATION DATA Error Over Calibrated Pres. & Temp.



TYPICAL SMRT-BAR01 CALIBRATION DATA Error Over Calibrated Pres. & Temp.



PERFORMANCE CHARACTERISTICS ⁽¹⁾ (All devices except SMRTBAR01.)

Parameter	Min.	Typ.	Max.	Units
Overall Accuracy ⁽²⁾	—	0.2	0.5	% FSO
Overall Accuracy Includes:				
Linearity	—	0.010	—	% FSO
Pressure Hysteresis	—	0.020	—	% FSO
Offset Temperature Errors	—	0.070	—	% FSO
Span Temperature Errors	—	0.020	—	% FSO
Repeatability	—	0.010	—	% FSO
Offset Calibration	—	0.040	—	% FSO
Span Calibration	—	0.030	—	% FSO
Long Term Stability ⁽³⁾	—	0.1	—	% FSO
Response Time	—	60	80	ms

SMRTBAR01 PERFORMANCE CHARACTERISTICS ⁽¹⁾

Parameter	Min.	Typ.	Max.	Units
Overall Accuracy ⁽²⁾	—	0.030	0.075	inHg
Overall Accuracy Includes:				
Linearity	—	0.0060	—	inHg
Pressure Hysteresis	—	0.0075	—	inHg
Offset Temperature Errors	—	0.0114	—	inHg
Span Temperature Errors	—	0.0232	—	inHg
Repeatability	—	0.0050	—	inHg
Offset Calibration	—	0.0003	—	inHg
Span Calibration	—	0.0025	—	inHg
Long Term Stability ⁽³⁾	—	0.010	—	inHg
Response Time	—	60	80	ms

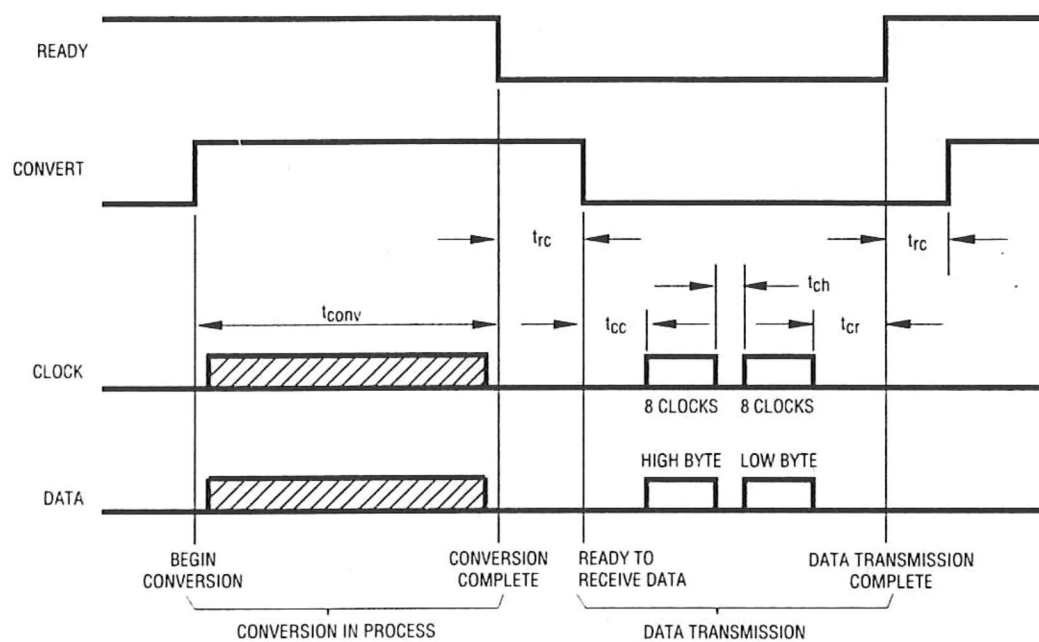
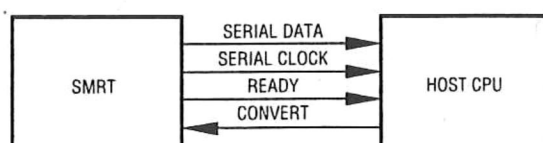
SPECIFICATION NOTES:

- Note 1: Performance specifications shown are at reference conditions, pressure applied to port P2. For gage and differential, absolute pressure applied to P₁, P₂ blocked. For operation at other than 5.0V, the typical change in output is less than 0.1% FSO from +4.75V_{DC} to +5.25V_{DC}.
- Note 2: Overall accuracy includes the combined effects of offset and span shifts over temperature, linearity, hysteresis, and offset and span calibration. Note, digital resolution is 0.03% FSO. Some of the typical specifications for the components of overall accuracy are based on statistical averages which may in some cases exceed system resolution.
- Note 3: Long term stability over a twelve month period.

APPLICATION INFORMATION

SMRT SERIAL INTERFACE

Handshake Mode



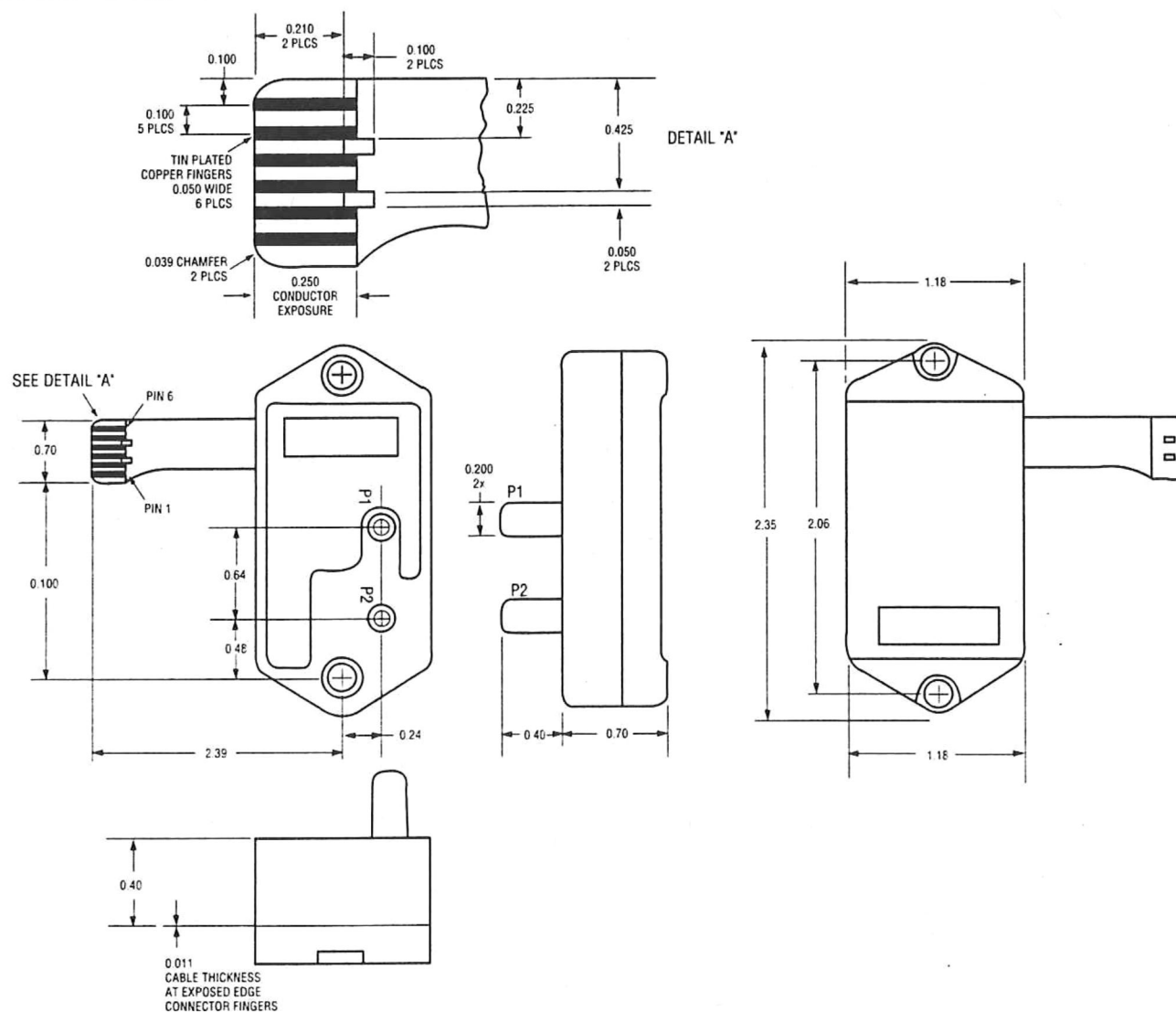
5

TIMING CHARACTERISTICS

Symbol	Parameter	Min	Typ	Max	Units
t_{conv}	Conversion Time	—	60	80	ms
t_{rc}	Ready to Convert	0	—	—	μ s
t_{cc}	Convert to Clock Delay	24	—	39	μ s
t_{ch}	Clock Hold-off Between Bytes	—	57	—	μ s
t_{cr}	Clock to Ready Delay	—	14	—	μ s
t_{bit}	Serial Data Bit Time	—	16	—	μ s
t_{ckh}	Serial Data Clock High Times	—	8	—	μ s
t_{dsu}	Serial Data Set-up Time	—	3	—	μ s
t_{dh}	Serial Data Hold Time	—	11	—	μ s

Device	Units	Operating Range	Pressure		To Get	x By
			Over	Under		
SMRT01D1	Pressure psi (D)	$-0.04 < P < 1.04$	$P \geq 1.04$	$P \leq -0.04$		
	SMRT Output (counts)	-399 to 10,399	10,400	-400	psi	0.0001
SMRT01D2	Pressure psi (D)	$-1.04 < P < 1.04$	$P \geq 1.04$	$P \leq -1.04$		
	SMRT Output (counts)	-10,399 to 10,399	10,400	-10,400	psi	0.0001
SMRT15D1	Pressure psi (G)	$-0.60 < P < 15.60$	$P \geq 15.60$	$P \leq -0.60$		
	SMRT Output (counts)	-399 to 10,399	10,400	-400	psi	0.0015
SMRT15D2	Pressure psi (G)	$-15.60 < P < 15.60$	$P \geq 15.60$	$P \leq -15.60$		
	SMRT Output (counts)	-10,399 to 10,399	10,400	-10,400	psi	0.0015
SMRT15A1	Pressure psi (A)	$-0.60 < P < 15.60$	$P \geq 15.60$	$P \leq -0.60$		
	SMRT Output (counts)	-399 to 10,399	10,400	-400	psi	0.0015
SMRTBAR01	Pressure InHg (A)	$19.5 < P < 32.48$	$P \geq 32.48$	$P \leq -19.5$		
	SMRT Output (counts)	6101 to 10,149	10,150	6,100	InHg	0.0032
SMRT100D1	Pressure psi (D)	$-4 < P < 104$	$P \geq 104$	$P \leq -4$		
	SMRT Output (counts)	-399 to 10,399	10,400	-400	psi	0.0100
SMRT100A1	Pressure psi (A)	$-4 < P < 104$	$P \geq 104$	$P \leq -4$		
	SMRT Output (counts)	-399 to 10,399	10,400	-400	psi	0.0100
SMRT05D1	Pressure psi (D)	$-0.20 < P < 5.20$	$P \geq 5.20$	$P \leq -0.20$		
	SMRT Output (counts)	-399 to 10,399	10,400	-400	psi	0.0005
SMRT05D2	Pressure psi (D)	$-5.20 < P < 5.20$	$P \geq 5.20$	$P \leq -5.20$		
	SMRT Output (counts)	-10,399 to 10,399	10,400	-10,400	psi	0.0005
SMRT30D1	Pressure psi (D)	$-1.20 < P < 31.20$	$P \geq 31.20$	$P \leq -1.20$		
	SMRT Output (counts)	-399 to 10,399	10,400	-400	psi	0.0030
SMRT30A1	Pressure psi (A)	$-1.20 < P < 31.20$	$P \geq 31.20$	$P \leq -1.20$		
	SMRT Output (counts)	-399 to 10,399	10,400	-400	psi	0.0030

PHYSICAL DIMENSIONS



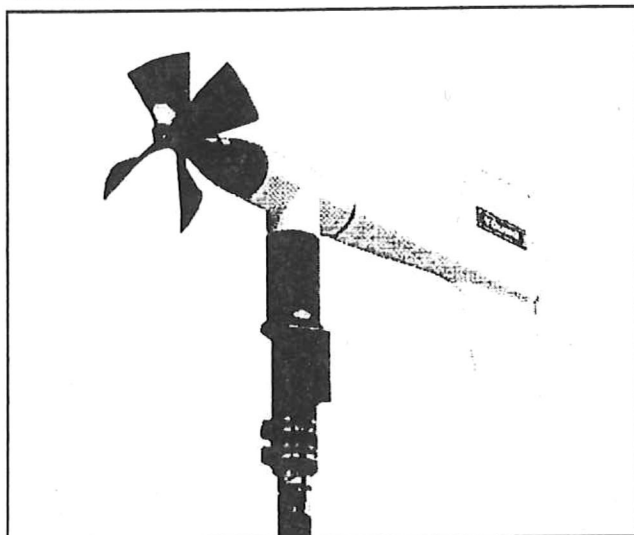
5

ORDERING INFORMATION

SenSym Part #	Operating Pressure Range
SMRT01D1	0-1 psid (g)
SMRT01D2	±1 psid (g)
SMRT05D1	0-5 psid (g)
SMRT05D2	±5 psid (g)
SMRTBAR01	20-32 In. Hg
SMRT15D1	0-15 psid (g)
SMRT15D2	±15 psid (g)
SMRT15A1	0-15 psia
SMRT30D1	0-30 psid
SMRT30A1	0-30 psia
SMRT100D1	0-100 psid (g)
SMRT100A1	0-100 psia



MODEL 05103 WIND MONITOR



WIND SPEED SPECIFICATION SUMMARY:

Range	0 to 60 m/s (130 mph), gust survival 100 m/s (220 mph)
Sensor	18 cm diameter 4-blade helicoid propeller molded of polypropylene
Pitch	29.4 cm air passage per revolution
Distance Constant	2.7 m (8.9 ft.) for 63% recovery
Threshold Sensitivity	1.0 m/s (2.2 mph)
Transducer	Centrally mounted stationary coil, 2K ohm nominal DC resistance
Transducer Output	AC sine wave signal induced by rotating magnet on propeller shaft. 125 mV p-p at 100 rpm. 12.5 V p-p at 10,000 rpm.
Output Frequency	3 cycles per propeller revolution (0.098 m/s per Hz)

WIND DIRECTION (AZIMUTH) SPECIFICATION SUMMARY:

Range	360° mechanical, 355° electrical (5° open)
Sensor	Balanced vane, 38 cm (15 in) turning radius.
Damping Ratio	0.25
Delay Distance	1.3 m (4.3 ft) for 50% recovery
Threshold Sensitivity	1.0 m/s (2.2 mph) at 10° displacement 1.5 m/s (3.4 mph) at 5° displacement
Damped Natural Wavelength	7.4 m (24.3 ft)
Undamped Natural Wavelength	7.2 m (23.6 ft)
Transducer	Precision conductive plastic potentiometer, 10K ohm resistance ($\pm 20\%$), 0.25% linearity, life expectancy 50 million revolutions, rated 1 watt at 40° C, 0 watts at 125° C
Transducer Excitation Requirement	Regulated DC voltage, 15 VDC max
Transducer Output	Analog DC voltage proportional to azimuth angle with regulated excitation voltage applied across potentiometer.

INTRODUCTION

The Wind Monitor measures horizontal wind speed and direction. Originally developed for ocean data buoy use, it is rugged and corrosion resistant yet accurate and light weight. The main housing, nose cone, propeller, and other internal parts are injection molded U.V. stabilized plastic. Both the propeller and vertical shafts use stainless steel precision grade ball bearings. Bearings have light contacting teflon seals and are filled with a low torque wide temperature range grease to help exclude contamination and moisture.

Propeller rotation produces an AC sine wave signal with frequency proportional to wind speed. This AC signal is induced in a stationary coil by a six pole magnet mounted on the propeller shaft. Three complete sine wave cycles are produced for each propeller revolution.

Vane position is transmitted by a 10K ohm precision conductive plastic potentiometer which requires a regulated excitation voltage. With a constant voltage applied to the potentiometer, the output signal is an analog voltage directly proportional to azimuth angle.

The instrument mounts on standard one inch pipe, outside diameter 34 mm (1.34"). An orientation ring is provided so the instrument can be removed for maintenance and reinstalled without loss of wind direction reference. Both the mounting post assembly and the orientation ring are secured to the mounting pipe by stainless steel band clamps. Electrical connections are made in a junction box at the base. A variety of devices are available for signal conditioning, display, and recording of wind speed and direction.

INITIAL CHECK-OUT

When the Wind Monitor is unpacked it should be checked carefully for any signs of shipping damage. Remove the plastic nut on the propeller shaft. Install the propeller on the shaft so the letter markings on the propeller face forward (into the wind). The instrument is aligned, balanced and fully calibrated before shipment, however it should be checked both mechanically and electrically before installation. The vane and propeller should easily rotate 360° without friction. Check vane balance by holding the instrument base so the vane surface is horizontal. It should have near neutral torque without any particular tendency to rotate. A slight imbalance will not degrade performance.

The potentiometer requires a stable DC excitation voltage. Do not exceed 15 volts. When the potentiometer wiper is in the 5° deadband region, the output signal is "floating" and may show varying or unpredictable values. To prevent false readings, signal conditioning electronics should clamp the signal to excitation or reference level when this occurs. Avoid a short circuit between the azimuth signal line and either the excitation or reference lines. Although there is a 1Kohm current limiting resistor in series with the wiper for protection, damage to the potentiometer may occur if a short circuit condition exists.

Before installation, connect the instrument to an indicator as shown in the wiring diagram and check for proper wind speed and azimuth values. Position the vane over a sheet of paper with 30° or 45° crossmarkings to check vane alignment. To check wind speed, temporarily remove the propeller and connect the shaft to a Model 18801 Anemometer Drive. Details appear in the CALIBRATION section of this manual.

INSTALLATION

Proper placement of the instrument is very important. Eddies from trees, buildings, or other structures can greatly influence wind speed and wind direction observations. To get meaningful data for most applications locate the instrument well above or upwind from obstructions. As a general rule, the air flow around a structure is disturbed to twice the height of the structure upwind, six times the height downwind, and up to twice the height of the structure above ground. For some applications it may not be practical or necessary to meet these requirements.

FAILURE TO PROPERLY GROUND THE WIND MONITOR
MAY RESULT IN ERRONEOUS SIGNALS
OR TRANSDUCER DAMAGE.

Grounding the Wind Monitor is vitally important. Without proper grounding, static electrical charge can build up during certain atmospheric conditions and discharge through the transducers. This discharge can potentially cause erroneous signals or transducer failure. To direct the discharge away from the transducers, the mounting post assembly in which the transducers are mounted is made with a special anti-static plastic. It is very important that the mounting post be connected to a good earth ground. There are two ways this may be accomplished. First, the Wind Monitor may be mounted on a metal pipe which is connected to earth ground. The mounting pipe should not be painted where the Wind Monitor is mounted. Towers or masts set in concrete should be connected to one or more grounding rods. If it is difficult to ground the mounting post in this manner, an alternative method may be used. Inside the junction box the terminal labeled SPARE is internally connected to the anti-static mounting post. Use a wire to connect this terminal to a good earth ground as close to the instrument as possible.

Initial installation is most easily done with two people during the vane alignment step; one to adjust the instrument position and the other to observe the indicating device. After initial installation, the instrument can be removed and returned to its mounting without re-aligning the vane since the orientation ring preserves the wind direction reference. Install the Wind Monitor following these steps:

1. MOUNT WIND MONITOR

- a) Place orientation ring on mounting post. Do Not tighten band clamp yet.
- b) Place Wind Monitor on mounting post. Do Not tighten band clamp yet.

2. CONNECT SENSOR CABLE

- a) Slide junction box cover up.
- b) Route cable thru strain relief opening at bottom of junction box. Secure cable by tightening packing nut.
- c) Connect sensor cable to terminals. See wiring diagram.
- d) Slide junction box cover down.

3. ALIGN VANE

- a) Connect instrument to an indicator.
- b) Choose a known wind direction reference point on the horizon.
- c) Sighting down instrument centerline, point nose cone at reference point on horizon.
- d) While holding vane in position, slowly turn base until indicator shows proper value.
- e) Tighten mounting post band clamp.
- f) Engage orientation ring indexing pin in notch at instrument base.
- g) Tighten orientation ring band clamp.

CALIBRATION

The Wind Monitor is fully calibrated before shipment and should require no adjustments. Recalibration may be necessary after some maintenance operations. Periodic calibration checks are desirable and may be necessary where the instrument is used in programs which require auditing of sensor performance.

A very accurate wind direction calibration requires a Model 18112 Vane Angle Bench Stand. Without this device the following method can yield vane calibration accuracies of $\pm 5^\circ$ or better if carefully done. Begin by connecting the instrument to a signal conditioning circuit which has some method of indicating azimuth value. This may be a display which shows azimuth values in angular degrees or simply a voltmeter monitoring the output. Hold or mount the instrument so its center of rotation is over the center of a paper which has 30° or 45° crossmarkings. Orient the base so the junction box faces due south. Visually align the vane with the crossmarkings and observe the indicator output. If the vane position and indicator do not agree within 5° , it may be necessary to adjust the potentiometer coupling inside the main housing. Details for making this adjustment appear in the MAINTENANCE, potentiometer replacement outline, step 7. It is important to note that while full scale azimuth on signal conditioning electronics may be 360° , full scale azimuth signal from the instrument is 355° . The signal conditioning electronics must be adjusted accordingly. For example, in a circuit where 0 to 1.000 VDC represents 0° to 360° , the output must be adjusted for 0.986 VDC when the instrument is at 355° . ($355^\circ/360^\circ \times 1.000 \text{ volts} = 0.986 \text{ volts}$)

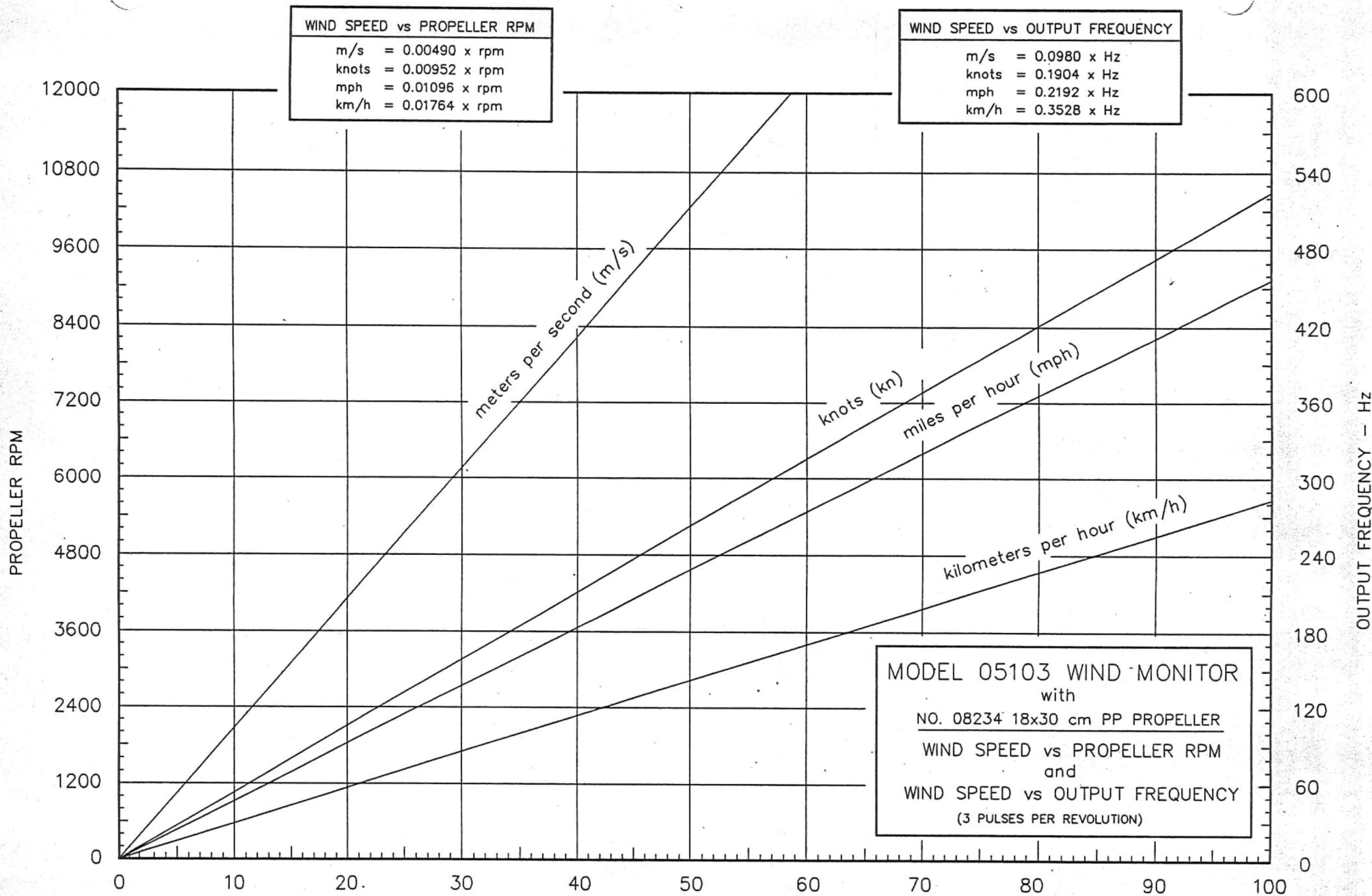
Wind speed calibration is determined by propeller pitch and the output characteristics of the transducer. Calibration formulas showing propeller rpm and frequency output vs. wind speed are included in this manual. The propeller is accurate to within 2 percent. For greater accuracy, the propeller must be individually calibrated in comparison with a wind speed standard. Contact the factory or your supplier to schedule a NIST (National Institute of Standards & Technology) traceable wind tunnel calibration in our facility.

To calibrate wind system electronics using a signal from the instrument, temporarily remove the propeller and connect a Model 18801 Anemometer Drive to the propeller shaft. Apply the appropriate calibration formula to the calibrating motor rpm and adjust the electronics for the proper value. For example, with the propeller shaft turning at 3600 rpm adjust an indicator to display 17.6 meters per second ($3600 \text{ rpm} \times 0.00490 \text{ m/s/rpm} = 17.6 \text{ m/s}$).

Details on checking bearing torque, which affects wind speed and direction threshold, appear in the following section.

MAINTENANCE

Given proper care, the Wind Monitor should provide years of service. The only components likely to need replacement due to normal wear are the precision ball bearings and the wind direction potentiometer. Only a qualified instrument technician should perform the replacement. If service facilities are not available, return the instrument to the company. Refer to the drawings to become familiar with part names and locations. The asterisk * which appears in the following outlines is a reminder that maximum torque on all set screws is 80 oz-in.



WIND SPEED:

meters per second, knots, miles per hour, kilometers per hour

* INSTALL PROPELLER WITH SERIAL NO. FACING AWAY FROM THE SENSOR.



MODEL 05103 WIND MONITOR
MODEL 05305 WIND MONITOR-AQ
MODEL 05701 WIND MONITOR-RE

SIX POLE
PERMANENT
MAGNET
MOUNTED ON
PROPELLER
SHAFT

JUNCTION
BOX

STATIONARY WIND SPEED TRANSDUCER COIL:

ROTATING MAGNET ON PROPELLER SHAFT INDUCES AC SIGNAL WITH
FREQUENCY DIRECTLY PROPORTIONAL TO WIND SPEED. EACH FULL
CYCLE OF OUTPUT REPRESENTS 9.8cm OF WIND PASSAGE
(3 CYCLES PER REVOLUTION)

AZIMUTH POTENTIOMETER WITH ANTISTATIC DRAIN PAD

10K OHMS, 0.25% LINEARITY, 355° FUNCTION ANGLE, 1 WATT @ 40°C,
DERATED TO 0 WATTS @ 125° C

P.C. BOARD MOUNTED IN JUNCTION BOX

CONNECTED TO
ANTISTATIC
HOUSING

WIND SPEED COIL
APPROX. 2K OHMS
DC RESISTANCE

CONNECT TO ANTISTATIC HOUSING
AND POTENTIOMETER DRAIN PAD

EARTH GROUND
CONNECTION
DO NOT CONNECT TO
SIGNAL LINES!
(SEE NOTE)

MULTI-CONDUCTOR CABLE

RED — WIND SPEED SIGNAL
WHT — AZIMUTH EXCITATION VOLTAGE (15V MAX)
GRN — AZIMUTH SIGNAL
BLK — REFERENCE

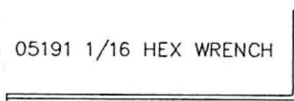
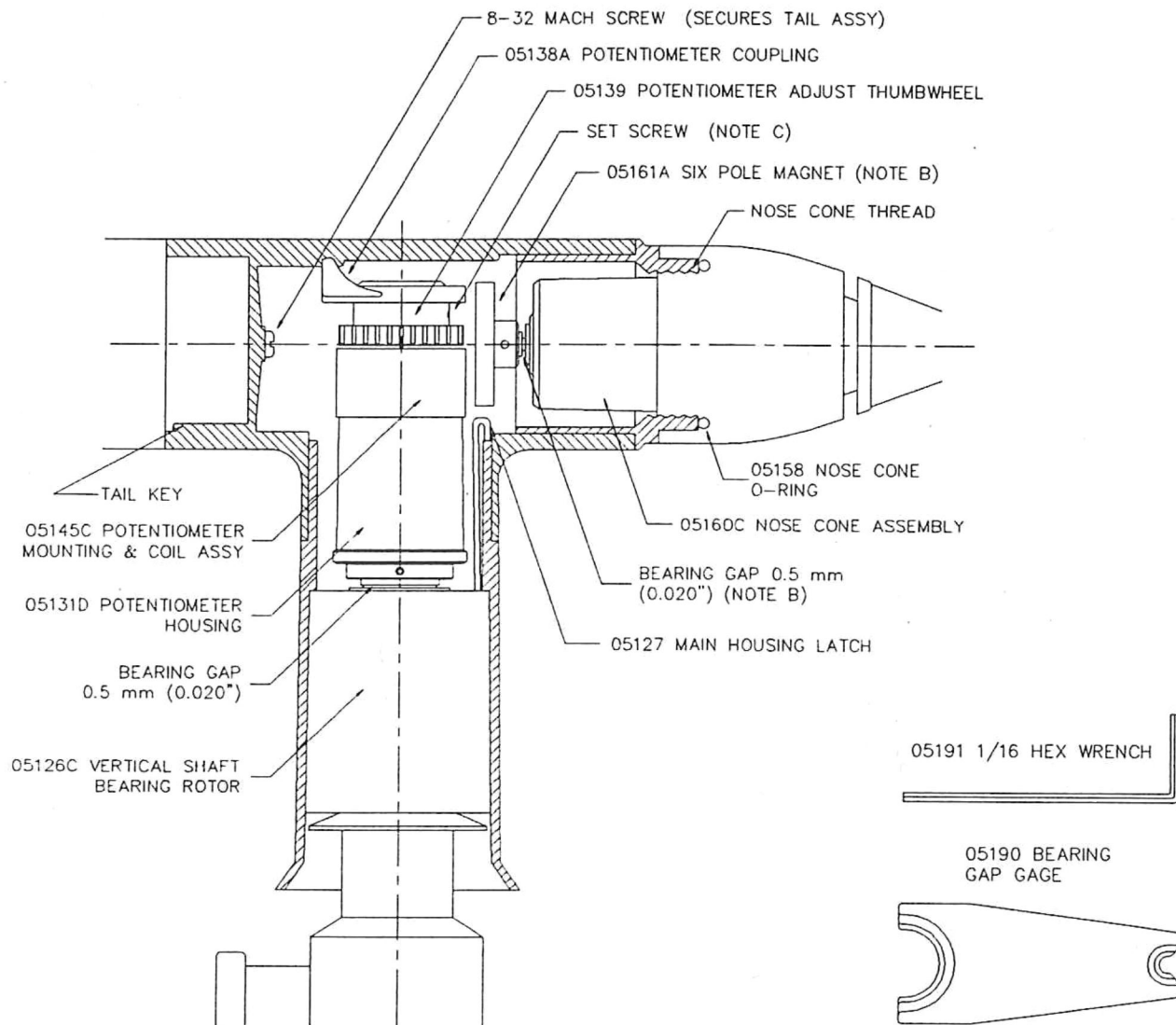
JUMPER J1 CONNECTS THE AZIMUTH AND WIND SPEED REFERENCES.
IN APPLICATIONS WHERE THE TWO REFERENCES NEED TO REMAIN
SEPARATE, JUMPER J1 MUST BE OMITTED OR CUT.

Z1 AND Z2 ARE TRANSZORB TRANSIENT PROTECTION DEVICES.

NOTE:

THE EARTH GROUND TERMINAL MUST BE CONNECTED TO EARTH GROUND TO PROVIDE A STATIC DISCHARGE
PATH. CONNECT THIS TERMINAL TO AN EARTH GROUND NEAR THE SENSOR.

MODEL 05103/05305/05701	DWG A	PRD 08-90
WIND MONITOR/-AQ/-RE	DWN KL	DWG 09-90
CABLE & WIRING DIAGRAM	CHK 8.c	W05103
R.M. YOUNG CO. TRAVERSE CITY, MI 49684 U.S.A. 616-946-3980		



05190 BEARING GAP GAGE



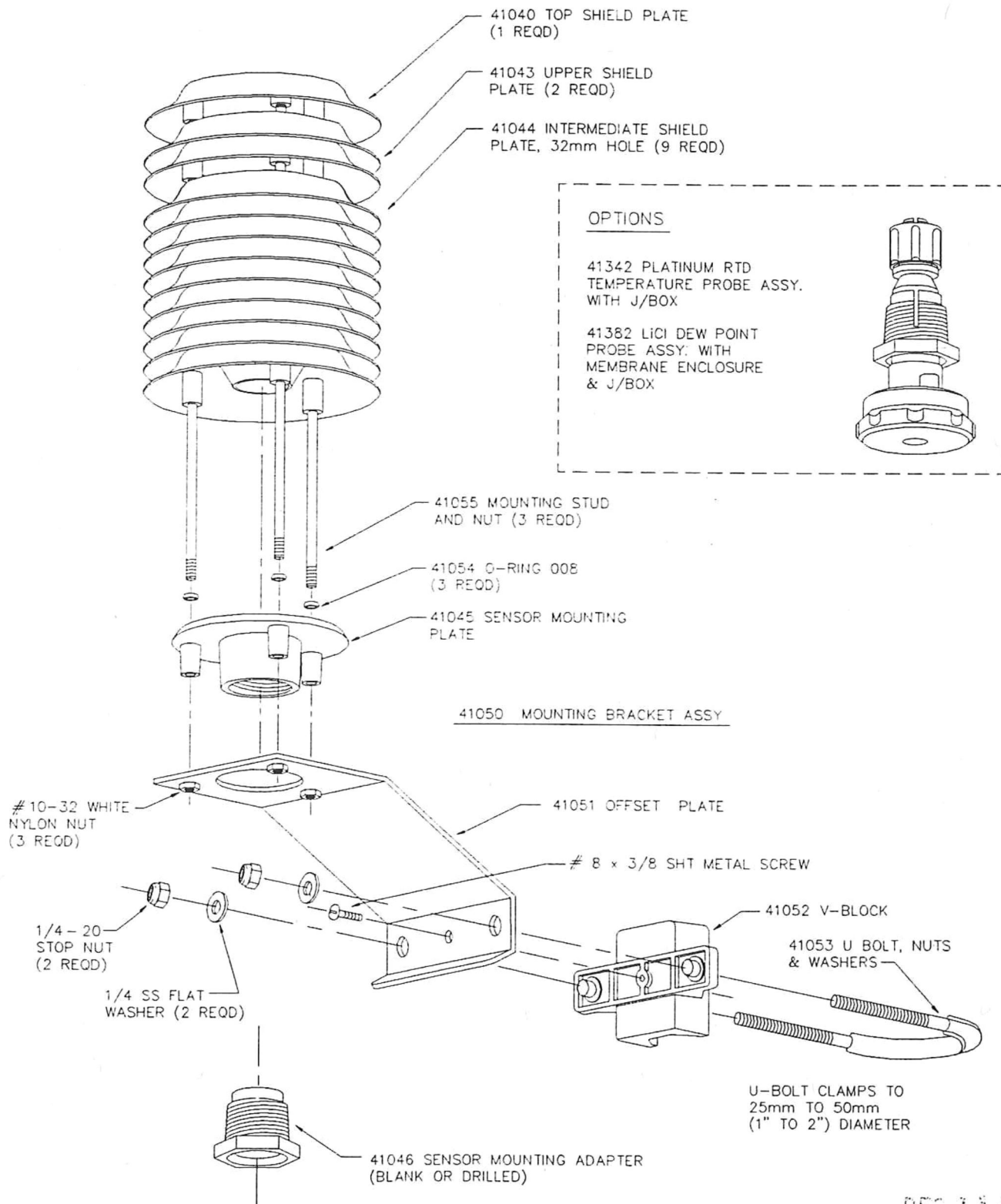
NOTE:

- A. TO REMOVE MAIN HOUSING - UNTHREAD NOSE CONE ASSEMBLY, PUSH MAIN HOUSING LATCH, LIFT UPWARD.
- B. TO REPLACE ANEMOMETER BEARINGS - UNTHREAD NOSE CONE, REMOVE SIX POLE MAGNET, USING 1/16 HEX WRENCH. SLIDE PROPELLER SHAFT AND HUB ASSEMBLY FORWARD. AFTER BEARING REPLACEMENT, SET BEARING GAP TO 0.5mm (0.020\") WITH BEARING GAP GAGE. RE-TIGHTEN SET SCREW.
- C. TO ADJUST POTENTIOMETER OUTPUT SIGNAL - REMOVE NOSE CONE, LOOSEN 1/16 SET SCREW IN POTENTIOMETER COUPLING, ADJUST OUTPUT SIGNAL BY MEANS OF POTENTIOMETER ADJUSTMENT THUMBWHEEL, RE-TIGHTEN SET SCREW.

MODEL 05103	DWG A	PRD 02-90
WIND MONITOR - SECTION VIEW	DWN KL	DWG 05-91
MAIN HOUSING TRANSDUCER ASSY	CHK <i>S.C.</i>	M05103M
R.M. YOUNG CO. TRAVERSE CITY, MI 49684 U.S.A. 616-946-3980		



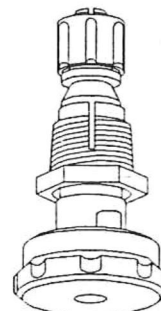
MODEL 41002 GILL MULTI-PLATE RADIATION SHIELD



OPTIONS

41342 PLATINUM RTD
TEMPERATURE PROBE ASSY.
WITH J/BOX

41382 LIC1 DEW POINT
PROBE ASSY. WITH
MEMBRANE ENCLOSURE
& J/BOX



DEC 18 1993

MODEL 41002	DWG A	PRD 03-87
GILL MULTI-PLATE RADIATION SHIELD	DWN KL	DWG 12-91
REPLACEMENT PARTS DRAWING	CHK <i>EL</i>	E41002
R.M. YOUNG CO. TRAVERSE CITY, MI 49684 U.S.A. 616-946-3980		