

**REDISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE MEDICION Y CONTROL DEL EQUIPO
INTEGRADO BULK VOLUME – RESTAURADOR UTILIZANDO LA TECNICA DE DISPERSION
DE LA LUZ CERCANA AL INFRARROJO (NIR)**

**DIEGO LEANDRO MARTINEZ ESPINOSA
JUAN DAVID SALDAÑA BONILLA**

**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE INGENIERIA
INGENIERIA ELECTRONICA
NEIVA, HUILA
2011**

**REDISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE MEDICION Y CONTROL DEL EQUIPO
INTEGRADO BULK VOLUME – RESTAURADOR UTILIZANDO LA TECNICA DE DISPERSION
DE LA LUZ CERCANA AL INFRARROJO (NIR)**

**DIEGO LEANDRO MARTINEZ ESPINOSA
JUAN DAVID SALDAÑA BONILLA**

**Trabajo de grado presentado como requisito para obtener el título de Ingeniero
Electrónico.**

**Director
CARLOS PEREZ CAMACHO
Ingeniero Electrónico, M.C.**

**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE INGENIERIA
INGENIERIA ELECTRONICA
NEIVA, HUILA
2011**

Nota de aceptación

Firma del presidente del jurado

Firma del primer jurado

Firma del segundo jurado

Neiva, 10 de mayo de 2011

Es trabajo de grado está dedicado primeramente a Dios;
Sin el nada en mi vida sería posible;
A mis padres Rosaura y Raúl;
A mi hermana Leidy Tatiana;
A mi sobrino Julian Esteban.

DIEGO LEANDRO MARTINEZ ESPINOSA

Dedico este trabajo de grado a Dios por prestarme la vida;
A mis Padres, por orientarme siempre en el buen camino;
Por confiar en mí durante todos estos años;
A mis hermanas por apoyarme en todo momento;
A mis amigos por los momentos que compartimos.

JUAN DAVID SALDAÑA BONILLA

AGRADECIMIENTO

Al ingeniero Carlos Pérez Camacho por aceptarnos para realizar este proyecto de grado bajo su dirección.

Queremos agradecer de manera especial al ingeniero Jairo Antonio Sepúlveda por habernos permitido participar en este proyecto y habernos brindado su apoyo incondicional y confianza.

Al señor José Luis Motta por la ayuda, apoyo y colaboración incondicional para con nuestro trabajo.

A Tecnoparque Colombia nodo Neiva por su constante apoyo y respaldo en este proyecto.

Por ultimo a todos los profesores que durante la carrera nos guiaron y compartieron todos sus conocimientos en las diferentes asignaturas.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCION.....	14
1 ASFALTENOS.....	15
1.2 ¿QUÉ SON LOS ASFÁLTENOS?	15
2 DAÑOS EN TUBERIAS Y POZOS.....	17
3 NIR (ANÁLISIS EN EL INFRARROJO CERCANO)	18
4 INSTRUMENTACIÓN	19
5 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EQUIPO (ASFALNIR).....	20
6 COMPONENTES DEL EQUIPO (ASFALNIR)	21
6.1 MOTOR.....	21
6.2 BOMBA DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO	21
6.3 CILINDRO	22
6.4 SENSORES Y TRANSDUCTORES.....	27
6.4.1 Transductor de presión MSP 300.....	27
6.4.2 Sensor infrarrojo TSL262R.....	28
6.4.3 Sensor de Temperatura (Termocupla tipo j).....	28
6.4.4 Sensor de Temperatura (LM35).....	29
6.5 EMISOR INFRARROJO (LTE-5228A)	29
6.6 CONTROLADOR DE TEMPERATURA (TZ4ST24S)	30
6.7 CONTADOR / TEMPORIZADOR (FX4S).....	31
7 ACONDICIONAMIENTO DE LA SEÑAL ENTREGADA POR LOS SENSORES	32
7.1 ACONDICIONAMIENTO DE LA SEÑAL DEL TRANSDUCTOR DE PRESIÓN.....	32
7.2 ACONDICIONAMIENTO DE LA SEÑAL DEL SENSOR INFRARROJO	33
7.3 ACONDICIONAMIENTO DE LA SEÑAL DE LA TERMOCUPLA	33
7.4 ACONDICIONAMIENTO DE LA SEÑAL DEL LM35	34
8 MEDICIÓN DE LAS MAGNITUDES FÍSICAS DE ANÁLISIS	36
8.1 PRESIÓN ABSOLUTA	36
8.2 TRANSMITANCIA	36

8.3	TEMPERATURA.....	37
8.3.1	LM35.	37
8.3.2	Termocupla.	37
9	DISEÑO DE LA TARJETA DE ADQUISICIÓN Y ACONDICIONAMIENTO DE DATOS	39
10	DISEÑO DEL PROGRAMA DEL MICROCONTROLADOR	42
11	COMUNICACIÓN INALÁMBRICA CON EL PC.....	43
11.1	COMUNICACIÓN CON XBEE	43
11.2	CONEXIONES BASICAS PARA EL XBEE	44
11.3	CONFIGURACIÓN DE LOS MÓDULOS INALÁMBRICOS XBEE.....	44
11.4	TRANSMISIÓN DE DATOS.....	47
11.5	RECEPCIÓN DE DATOS.....	48
11.5.1	Tarjeta XBee Explorer.....	48
12	SUMINISTRO DE ENERGÍA AL SISTEMA.....	50
13	INTERFAZ GRÁFICA EN LABVIEW	51
13.1	DESCRIPCIÓN DEL SOFTWARE <i>ASFALNIR</i>	51
14.	CONCLUSIONES	54
15.	RECOMENDACIONES	55
	BIBLIOGRAFIA.....	56
	ANEXOS	57

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Deposito de asfaltenos en tuberías.....	15
Figura 2. Diferentes modos de interacción de la materia con la radiación NIR	18
Figura 3. Equipo ASFALNIR.....	20
Figura 4. Motor	21
Figura 5. Bomba de desplazamiento positivo	21
Figura 6. Diagrama Explosivo del cilindro	22
Figura 7. Celda contenedora de crudo.....	23
Figura 8. Dimensiones de la celda contenedora	23
Figura 9. Pistones	24
Figura 10. Ventanas y O-Rings	25
Figura 11. Pieza para soporte de los sensores infrarrojos NIR	25
Figura 12. Dimensiones de la pieza para soporte de los sensores infrarrojos NIR.....	26
Figura 13. Tapas	26
Figura 14. Transductor de presión MSP300-10K-P-3-N-1.....	27
Figura 15. Conexiones transductor de presión MSP300.....	27
Figura 16. a) Forma física TSL262R. b) Distribución de pines TSL262R.....	28
Figura 17. Termocupla tipo j	29
Figura 18. a) Forma física LM35. b) Distribución de pines LM35.....	29
Figura 19. a) Forma física LTE-5228A. b) Distribución de pines LTE-5228A.....	30
Figura 20. Controlador de temperatura PID	31
Figura 21. Contador / temporizador	31
Figura 22. Diagrama esquemático de acondicionamiento para la señal de presión.....	32
Figura 23. Diagrama esquemático del acondicionamiento de la señal del sensor infrarrojo	33
Figura 24. Diagrama esquemático del acondicionamiento de la señal de la termocupla...	34
Figura 25. Diagrama esquemático del acondicionamiento de la señal del LM35	35
Figura 26. Diagrama de presión absoluta	36
Figura 27. Diagrama de Transmitancia	36
Figura 28. Diagrama para temperatura ambiente	37
Figura 29. Diagrama para temperatura ambiente	38
Figura 30. Board de la tarjeta.....	39
Figura 31. Esquemático de la tarjeta	40
Figura 32. Tarjeta de acondicionamiento y adquisición	41

Figura 33. Caja principal.....	41
Figura 34. Diagrama de Flujo del Programa del Microcontrolador	42
Figura 35. Modulo inalámbrico XBee.....	43
Figura 36. Conexiones básicas para el XBee	44
Figura 37. www.digi.com	45
Figura 38. Drivers XBee	45
Figura 39. Red punto a punto	46
Figura 40. Ventana de configuración del XCTU.....	47
Figura 41. Tarjeta XBee Explorer.....	48
Figura 42. Diagrama esquemático Tarjeta XBee Explorer	49
Figura 43. Estación receptora	49
Figura 44. Fuente Q-60B	50
Figura 45. Icono de acceso directo al software ASFALNIR.....	51
Figura 46. Pestaña ASFALTENOS	52
Figura 47. Pestaña PARAFINA	53
Figura 48. Pestaña A CERCA DE.....	53

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Parametros PID del controlador.....	30
Tabla 2. Conformacion de la trama a enviar por el XBee	48

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A. Datasheet del transductor de presión	57
ANEXO B. Datasheet del sensor infrarrojo.....	59
ANEXO C. Tablas de termocupa	61
ANEXO D. Datasheet del sensor de temperatura LM35	63
ANEXO E. Datasheet del emisor infrarrojo	66
ANEXO F. Datasheet del controlador de temperatura	67
ANEXO G. Contador / Temporizador	71
ANEXO H. Datasheet amplificador operacional.....	73
ANEXO I. Datasheet del amplificador de instrumentacion.....	75
ANEXO J. Datasheet del microprocesador	77
ANEXO K. Datasheet del XBee.....	80
ANEXO L. Fuente de poder.....	82
ANEXO M. Programacion del microcontrolador	83

ABSTRACT

This project was developed in the Special Testing Laboratory of Petroleum Engineering Program, at Universidad Surcolombiana. The goal of this project was to develop an electronic device capable to find the precipitation of asphaltenes starting point in a crude sample, in temperature and pressure conditions similar to the site as well as to different conditions allowing to evaluate the environmental changes behavior due to intervention operations in the well.

For the development of this project was necessary to study the basics concepts of oil behavior under different conditions of pressure and temperature, and the use of electronic transducers to interpret the changes in the respective signals to the measures, and finally be used a data acquisition system which promotes user mobility through a wireless communication system with a remote station, and a friendly graphic interface developed using LABVIEW, providing monitoring of variables acquired in real time.

This project was created with bases of a theoretical value, a practical value in the oil industry and especially by its convenience in the oil sector and the benefits provides to the academy.

RESUMEN

Este trabajo se realizó en Laboratorio de Pruebas Especiales del Programa Ingeniería de Petróleos, ubicado en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Surcolombiana, ubicada en Neiva (Huila - Colombia); se creó un equipo electrónico con el fin de hallar el punto de inicio de precipitación de asfáltenos en una muestra de crudo, ya sea en condiciones de temperatura y presión similares a la del yacimiento como a diferentes condiciones que permiten evaluar el comportamiento a cambios del entorno debido a operaciones de intervención del pozo.

Para el desarrollo de este proyecto fue necesario el estudio de los conceptos básicos del comportamiento del crudo a diferentes condiciones de presión y temperatura y el uso de transductores electrónicos; herramientas necesarias para interpretar las variaciones de las señales respectivas a las medidas, para finalmente ser aprovechadas en un sistema de adquisición de datos que favorece la movilidad del usuario gracias a un sistema de comunicación inalámbrica con una estación remota, y que además posee una interfaz gráfica amigable realizada en *LABVIEW*, brindando un monitoreo de variables adquiridas en tiempo real.

Este proyecto se justificó por cuanto posee valor teórico, utilidad práctica en la industria, por su conveniencia especialmente en el sector petrolero y en base a los beneficios que genera para la academia.

INTRODUCCION

La presencia de partículas de asfáltenos en el crudo ha creado un serio problema para su producción y transporte. Se puede pensar en los asfáltenos como en partículas sólidas diminutas suspendidas en el crudo en estado coloidal estable. A condiciones de presión y temperatura de yacimiento, las partículas de asfáltenos están en solución en el crudo y permanecen como partículas separadas. Sin embargo, a cierta presión y temperatura, las partículas comienzan a salir (flocular) de la solución y se combinan en partículas más grandes. Estos grupos (flóculos) más grandes de partículas de asfáltenos pueden taponar los poros de la roca y pegarse a las paredes de los ductos haciendo difícil el recobro y el transporte del crudo. Si esta presión y temperatura se conocen, el crudo se puede mantener por encima de la presión y temperatura de floculación hasta que ningún problema pueda presentarse si los asfáltenos floculan.

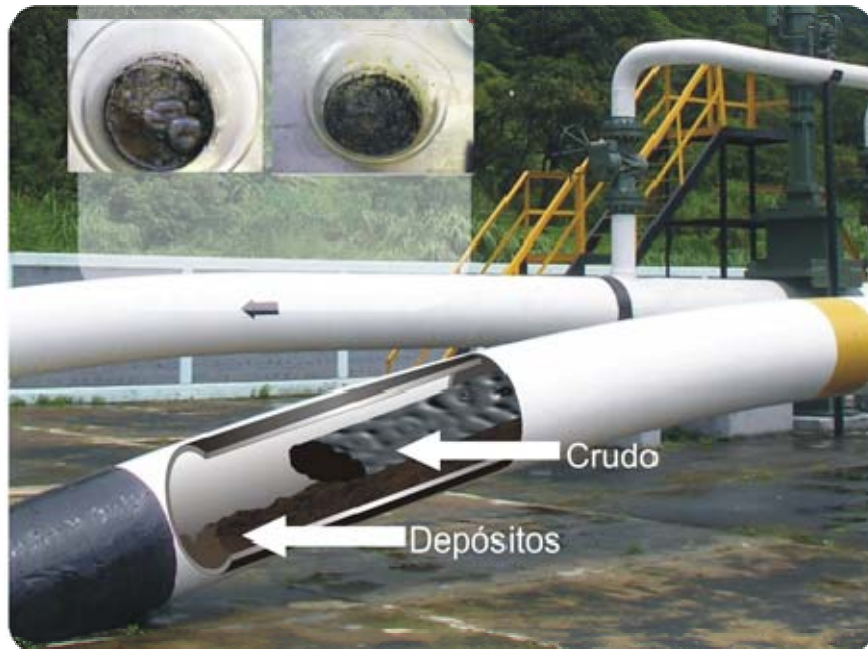
El presente trabajo de grado pretende implementar un dispositivo que determine la precipitación de asfáltenos utilizando la técnica de dispersión de la luz (NIR), cuyo principio es la utilización de luz, cuya longitud de onda se encuentra en el espectro cercano al infrarrojo para examinar los fluidos a medida que precipitan los asfáltenos, ya sea isotérmicamente con la reducción de la presión, o isobáricamente con la reducción de la temperatura.

Con la implementación de este equipo podemos determinar el comportamiento del hidrocarburo en lo referente a la precipitación de asfáltenos cuando se han especificado para diferentes condiciones de presión y temperatura. Los resultados obtenidos permiten determinar la presión de burbuja al igual que las presiones superior e inferior del inicio de precipitación de asfáltenos, para así de esta manera optimizar las condiciones de producción del yacimiento y con ello la rentabilidad de campo.

1 ASFALTENOS

En el campo petrolero, los asfáltenos son conocidos por obstruir los pozos, las líneas de flujo, las instalaciones de superficie y las formaciones del subsuelo. Los análisis de laboratorio y las operaciones de intervención en campos petroleros ayudan a los productores a evitar o remediar la depositación de asfáltenos. La nueva ciencia está descubriendo formas de utilizar estos compuestos de hidrocarburos enigmáticos para comprender mejor la arquitectura de los yacimientos.

Figura 1. Deposito de asfaltenos en tuberías.



Fuente: http://www.geoestratos.com.mx/geoestratos/index.php?option=com_content&view=article&id=132&Itemid=121&lang=en

1.2 ¿QUÉ SON LOS ASFALTENOS?

Los fluidos hidrocarburos naturales son compuestos que abarcan un rango de composiciones que abarca desde el gas natural seco hasta el alquitrán. A lo largo de ese rango, la densidad y la viscosidad aumentan significativamente y el color cambia de marrón claro a marrón oscuro, conforme se incrementa el contenido de asfáltenos de 0 a casi 20%. Ciertas propiedades de los asfáltenos se conocen desde antes de la perforación de los primeros pozos comerciales de petróleo.

El término se originó en 1837 cuando J.B. Boussingault definió a los asfáltenos como el residuo de la destilación del bitumen: insoluble en alcohol y soluble en trementina.

La definición que se utiliza actualmente es similar: insoluble en n-alcános, tales como el n-pentano o el n-heptano, y soluble en tolueno. Los asfáltenos obtenidos de esta manera son sólidos friables, de color oscuro, con una densidad de aproximadamente 1.2 g/cm³. Además son infusibles, lo que significa que no poseen un punto de fusión definido, pero se descomponen frente al calor, dejando un residuo carbonoso.

2 DAÑOS EN TUBERIAS Y POZOS

Durante la etapa de producción de petróleo las condiciones termodinámicas dentro de la cara de la formación se pueden encontrar dentro de la envolvente de floculación del fluido del yacimiento, lo cual causa el daño de formación por depositación de asfáltenos.

Se han identificado mecanismos de daño de formación cuando los asfáltenos reducen la movilidad efectiva del petróleo, uno es por el incremento de la viscosidad del fluido de yacimiento por la formación de emulsiones de agua en petróleo siempre y cuando el pozo produzca estos fluidos en forma simultánea. La viscosidad del petróleo puede aumentar también por el incremento de la concentración de las partículas de asfáltenos en la región cercana al pozo, aunque mediciones experimentales indican que el incremento en la viscosidad por la floculación de asfáltenos resulta despreciable.

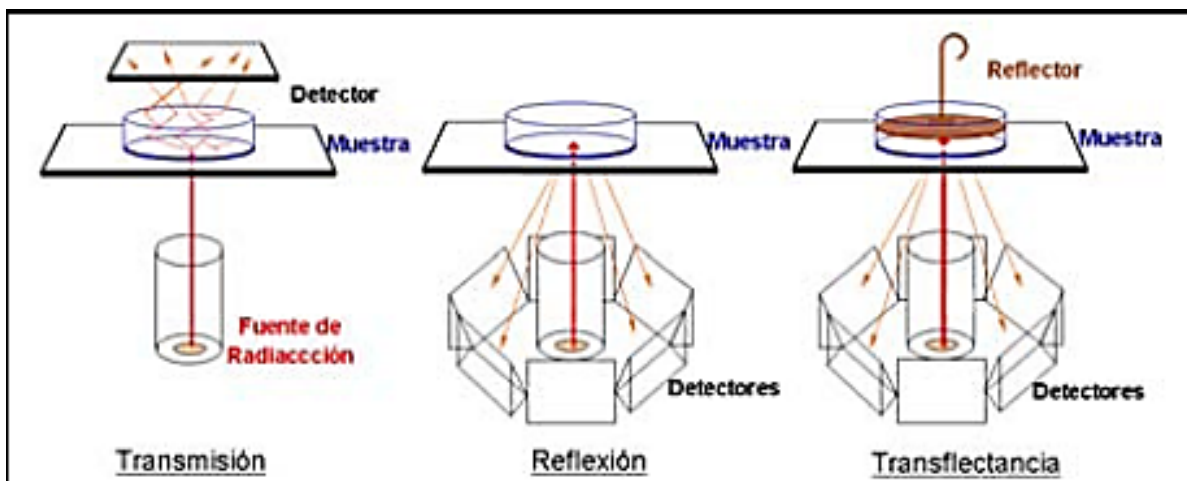
Otro mecanismo constituye el cambio de humectabilidad de la formación, de humectable al agua a humectable al aceite, debido a la adsorción de asfáltenos sobre la superficie mineral de alta energía.

Algunos sólidos suspendidos en el crudo como finos de arcillas o minerales, limaduras de metales, sedimentos y grava favorecen los procesos de precipitación de los asfáltenos. Las pequeñas partículas suspendidas en el crudo pueden servir de núcleos que promueven la adhesión de los coloides de asfáltenos. Se forman así grandes cadenas de moléculas que tienden a precipitarse más rápido de la solución. Este efecto ocurre a nivel de las perforaciones y a nivel de las tuberías donde las rugosidades internas también representan "sitios de nucleación" para los depósitos orgánicos.

3 NIR (ANÁLISIS EN EL INFRARROJO CERCANO)

Una de las grandes ventajas de la espectroscopia NIR es la versatilidad y adaptabilidad que presenta para analizar muestras de distinta naturaleza. Para las muestras en forma sólida, la medida efectuada es por reflectancia difusa. En cambio, muestras líquidas suelen medirse por transmisión de radiación. Un caso intermedio es el de muestras que se miden por transflectancia, en el que parte de la luz incidente es reflejada en la muestra y otra parte la atraviesa, para ser reflejada por un dispositivo transflectante, diseñado de tal forma, que también delimita el camino óptico. En la figura 2 se muestran los tres modos de interacción de la radiación NIR con la materia.

Figura 2. Diferentes modos de interacción de la materia con la radiación NIR



Fuente: Imagen extraída de la Tesis Doctoral de Antonio Peinado (2005)

4 INSTRUMENTACIÓN

Debido a la baja intensidad de las bandas NIR, el nivel de exigencia de los espectrofotómetros NIR, en términos de nivel de ruido permisible y estabilidad instrumental, debe ser mayor que en otros instrumentos, sobre todo si se pretende aplicar al análisis cuantitativo. Esta es una de las causas de la tardía aparición de los primeros espectrofotómetros NIR, que empezaron a comercializarse solo cuando los avances tecnológicos permitieron obtener niveles adecuados de sensibilidad, reproducibilidad y ruido.

En principio, la técnica de la luz cercana al infrarrojo (NIR) consiste en un sensor que se monta en la tubería de proceso y una unidad electrónica remota. El sensor dispone de un led emisor de luz, un juego de filtros y ventanas que permiten que el haz de luz atraviese la muestra y un detector. La unidad electrónica amplifica y procesa las señales procedentes del sensor, las transmite y las presenta en pantalla.

Con este método se obtiene lo que se denomina una “firma óptica” del producto, que es independiente de su densidad.

5 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EQUIPO (ASFALNIR)

A continuación se muestra un esquema general del equipo ASFALNIR, que se encuentra en el Laboratorio de Pruebas Especiales del Programa Ingeniería de Petróleos, ubicado en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Surcolombiana.

Figura 3. Equipo ASFALNIR



6 COMPONENTES DEL EQUIPO (ASFALNIR)

6.1 MOTOR

Figura 4. Motor



Se encuentra ubicado en la parte inferior del equipo, es el encargado de realizar la rotación de 180 grados del cilindro, y su velocidad de giro es controlada en el panel de control.

Se mantiene lubricado por medio de aceite de referencia *Spirax Multigrado SAE 80W90*.

6.2 BOMBA DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO

Figura 5. Bomba de desplazamiento positivo

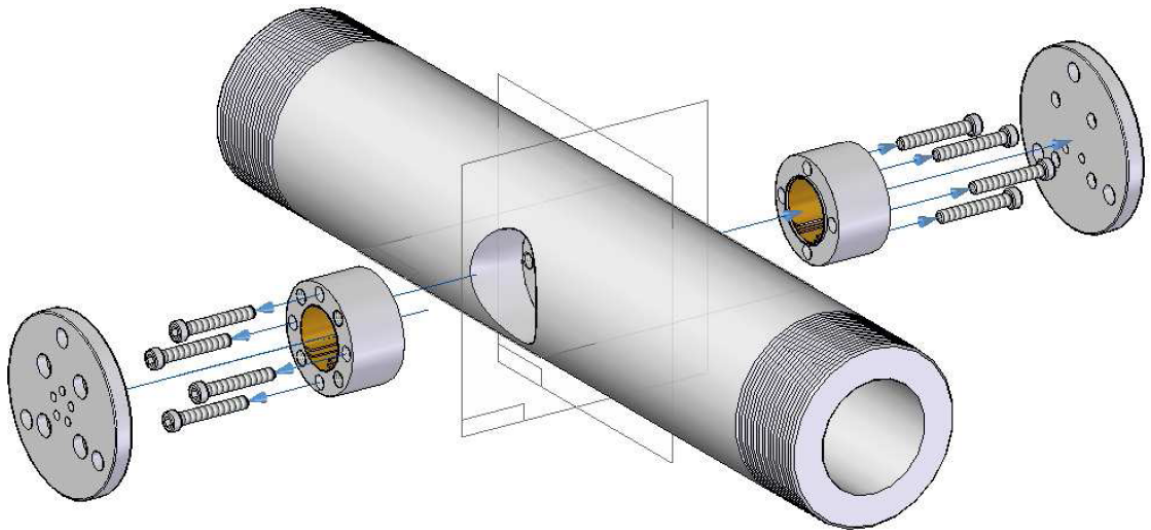


Es de marca Enerpac de referencia P-142 y es la encargada de dar la presión al cilindro, el aceite hidráulico es suministrado por medio de una perilla roscada como se ve en la figura 5. Este tipo de bomba tiene una presión de bombeo de 0 a 10000 PSI, el cual se muestra en un manómetro análogo.

6.3 CILINDRO

Se diseñó con ayuda del programa *Solid Edge ST (Siemens PLM Software)*, cotas en milímetros, ángulos en grados, tolerancias $\pm 0,5$ y $\pm 1^\circ$.

Figura 6. Diagrama Explosivo del cilindro



Como se ve en el diagrama explosivo, el cilindro se encuentra dividido en tres piezas diferentes (la celda contenedora de crudo, las piezas para soporte de los sensores infrarrojos NIR y las tapas).

Figura 7. Celda contenedora de crudo

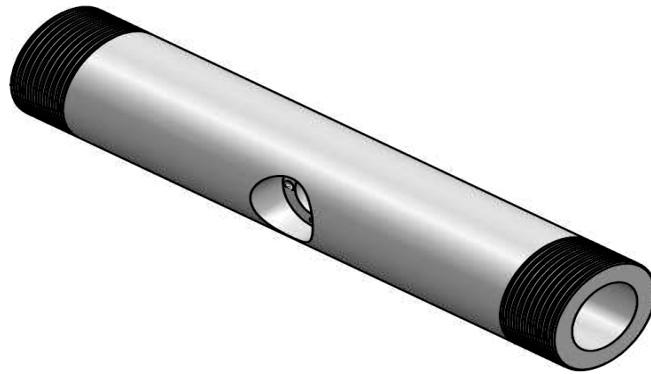
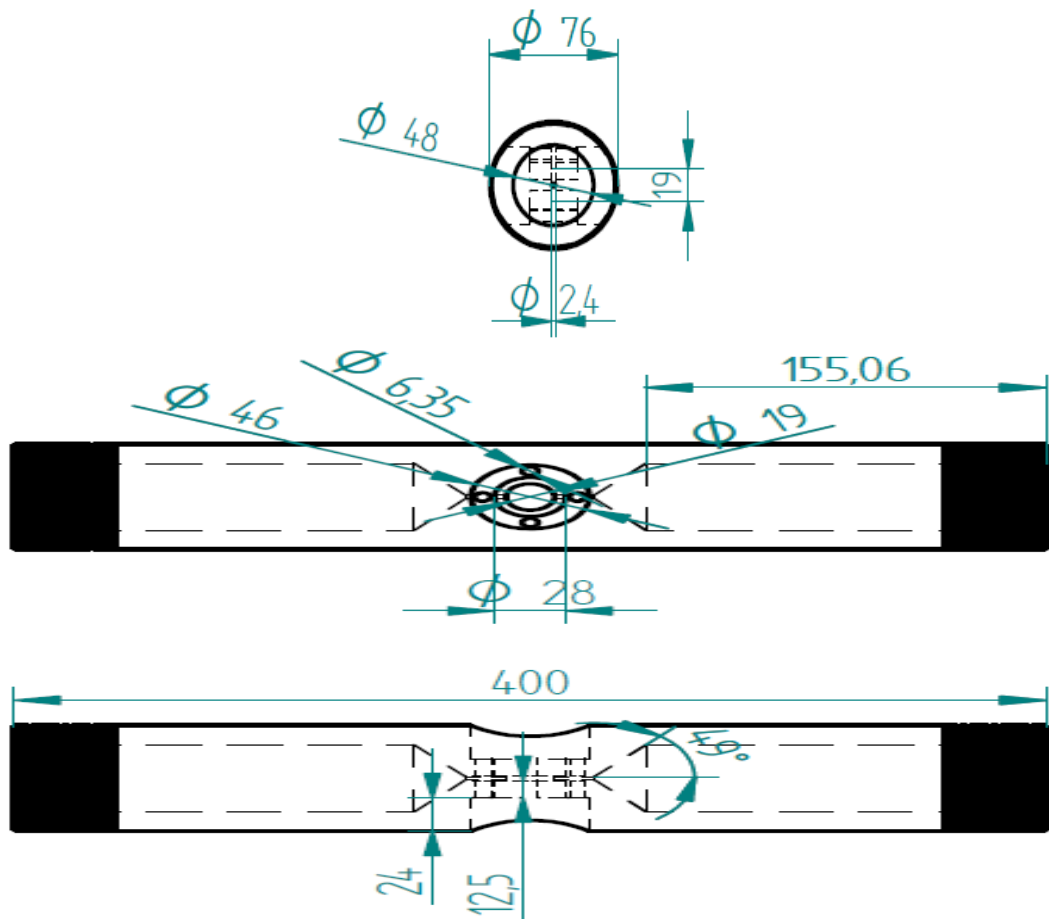


Figura 8. Dimensiones de la celda contenedora



Esta pieza es la encargada de contener la muestra de crudo con la cual se va a realizar la prueba, este tipo de crudo debe ser liviano ya que el crudo menos denso permite una mayor transmisión de la luz.

Para poder realizar una eficaz recepción del haz de luz la distancia entre el emisor y el receptor infrarojo NIR debe ser lo mas pequeña posible, por eso se realizo el dieño con una garganta de 2.4 mm.

En una de las secciones conicas se encuentra una perforacion por la cual primero se hace vacio y luego se suministra la muestra de crudo.

Para poder censar la muestra en su totalidad, se desplaza de una cámara a la otra la muestra de crudo utilizando dos pistones de teflón (uno en cada cámara) con terminación igual a la forma cónica de las cámaras del cilindro.

Figura 9. Pistones



Al hacer la reducción en la parte central, se hizo en forma cónica para asegurar el paso total de la muestra y que no se acumularan residuos de asfáltenos en las paredes.

En la parte central se puede ver un espacio de 12.5 mm, donde ubico una ventana en acrílico con un espesor de 9.6 mm y un diámetro de 28 mm la cual resiste una presión de 10000 PSI y una temperatura de 80 °C, para evitar filtraciones se utilizaron dos O-Ring en viton uno a cada lado de la ventana.

Figura 10. Ventanas y O-Rings

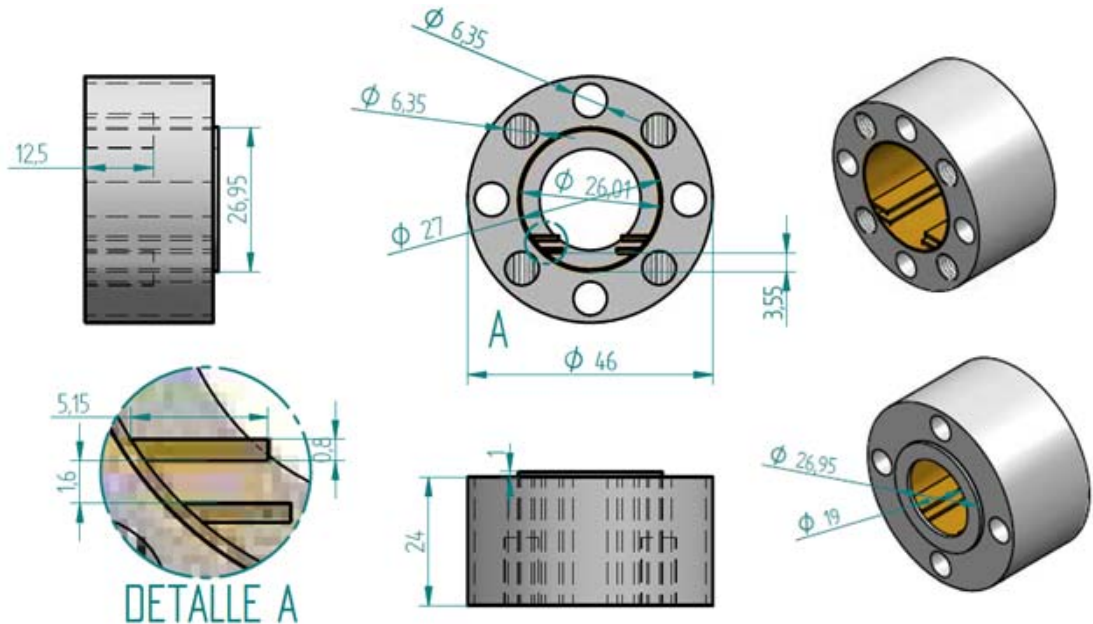


En el espacio de 24 mm encaja la pieza para soporte de los sensores infrarrojos NIR.

Figura 11. Pieza para soporte de los sensores infrarrojos NIR



Figura 12. Dimensiones de la pieza para soporte de los sensores infrarrojos NIR



Como se puede apreciar esta pieza tiene 4 agujeros pasantes donde se introducen unos tornillos para sujetar esta pieza con la celda contenedora de crudo y de este modo realizar una presión al conjunto de ventana y O-Ring de viton.

En el interior de una de estas piezas se introdujo una váquela con el transmisor y en el interior de la otra el receptor, por lo cual el interior de estas piezas tuvo que ser aislado térmicamente para proteger los sensores infrarrojos.

Figura 13. Tapas



Son las encargadas de encargadas de aislar de interferencias de luz externa y proteger los elementos en su interior.

6.4 SENSORES Y TRANSDUCTORES

Para encontrar el punto de precipitación de asfaltenos es necesario tomar medidas de Presión, Temperatura y Transmitancia, para esto se utilizaron una serie de sensores que nos entregan señales proporcionales a las magnitudes de interés.

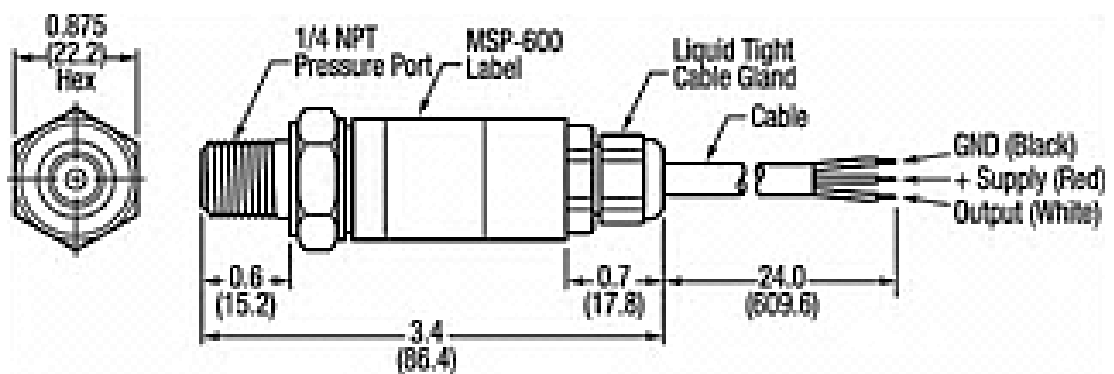
A continuación presentamos los sensores utilizados para la adquisición de los datos de las magnitudes físicas de estudio:

6.4.1 Transductor de presión MSP 300. A través de este transductor medimos la presión absoluta a la que se encuentra sometido el crudo dentro del cilindro. Este transductor trabaja con presiones de 0 a 10000 PSI, con señales de salida de voltaje entre 0.5 y 4.5 voltios.

Figura 14. Transductor de presión MSP300-10K-P-3-N-1



Figura 15. Conexiones transductor de presión MSP300

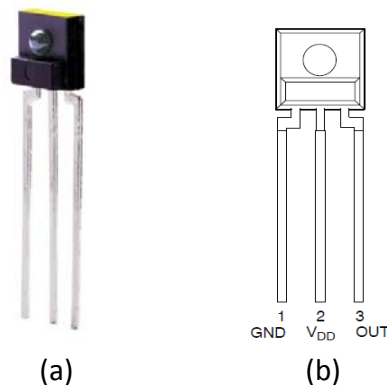


Fuente: <http://cdn.sigma.octopart.com/475536/image/Measurement-Specialites-MSP-600-250-P-5-N-1.gif>

Este transductor de presión absoluta viene con acople a tuberías de 1/4" NPT, tiene tres cables identificados por colores de la siguiente manera: Negro para tierra, Rojo para alimentación (5V CC) y blanco para la salida.

6.4.2 Sensor infrarrojo TSL262R. Este sensor convierte intensidad luminosa en voltaje, trabaja a una longitud de onda de 940 nm, Tiempo de subida 7 μ s, Sensibilidad de 220 μ W/cm², se alimenta en un rango de voltajes entre 2.7 V a 5.5 V, se energizo este elemento a 5 V CC, trabaja en rangos de temperatura de 0°C a 70°C. Realizando pruebas se obtuvo una recepción máxima de 3.9 V con aire entre el emisor y el receptor.

Figura 16. a) Forma física TSL262R. b) Distribución de pines TSL262R



6.4.3 Sensor de Temperatura (Termocupla tipo j). Las termocuplas son el sensor de temperatura más común utilizado industrialmente.

Una termocupla se hace con dos alambres de distinto material unidos en un extremo. Al aplicar temperatura en la unión de los metales se genera un voltaje muy pequeño del orden de los milivoltios el cual aumenta con la temperatura.

En nuestro caso una termocupla "tipo J" está hecha con un alambre de hierro y otro de constantán (aleación de cobre y nickel), este tipo de termocuplas trabajan de -180 °C a 750 °C y su salida máxima es de 42.2 mV.

La relación entre el voltaje entregado por la termocupla y la temperatura no es lineal, por lo cual se debe efectuar una linealización, es decir tomar el voltaje y conociendo el tipo de termocupla, ver en tablas internas (ver anexo C) a que temperatura corresponde este voltaje.

El principal inconveniente de las termocuplas es su necesidad de "compensación de cero". Esto se debe a que en algún punto, habrá que empalmar los cables de la termocupla con un conductor normal de cobre. En ese punto se producirán dos nuevas termocuplas con el cobre como metal para ambas, generando cada una un voltaje proporcional a la temperatura de ambiente en el punto del empalme. Para solucionar este inconveniente se usó un sensor de temperatura adicional (LM35).

Figura 17. Termocupla tipo j

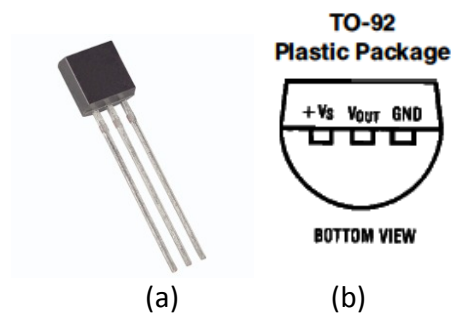


Fuente: <http://www.teksor.com.ar/img/productos/term1.gif>

6.4.4 Sensor de Temperatura (LM35). Se alimenta en un rango de 4 V CC a 30 V CC, es capaz de medir temperaturas en el rango de -55°C a 150°C , tiene sensibilidad de $10\text{ mV}/^{\circ}\text{C}$.

Este sensor se usó para medir la temperatura ambiente y dar solución a la “compensación de cero” de la termocupla tipo J.

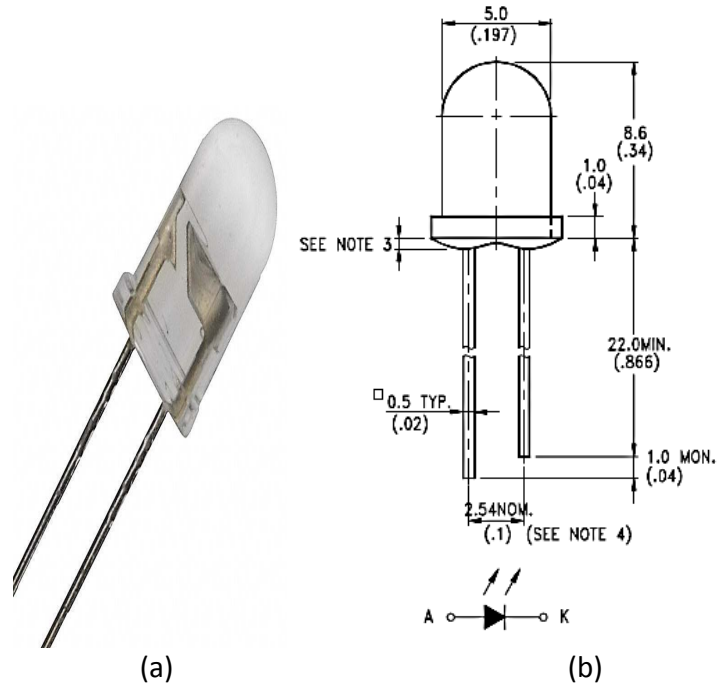
Figura 18. a) Forma física LM35. b) Distribución de pines LM35



6.5 EMISOR INFRARROJO (LTE-5228A)

Es el encargado de transmitir un haz de luz infrarrojo que atraviesa la muestra de crudo y es captada por el sensor TSL262R. Se alimenta con un voltaje de 5 V CC, soporta una corriente de 100 mA, opera en rangos de temperatura de -40°C a 85°C y al igual que el sensor TSL262R trabaja a una longitud de onda de 940 nm.

Figura 19. a) Forma física LTE-5228A. b) Distribución de pines LTE-5228A



6.6 CONTROLADOR DE TEMPERATURA (TZ4ST24S)

Para calentar el cilindro se usó un controlador de temperatura PID, el cual tiene entradas para diferentes tipos de sensores entre ellos termocupla tipo J. Su alimentación esta entre 100 y 200 V CA, cuenta con autosintonía de los parámetros PID y con display doble de 4 dígitos.

Este controlador tiene una salida a relay, realizando un control on – off, permitiendo entregar el voltaje y la corriente necesaria para el actuador (en este caso chaqueta de calentamiento).

Los parámetros que se usaron en el controlador PID son los siguientes:

Tabla 1. Parámetros PID del controlador

p	7.7
i	11
d	6
t	3

Figura 20. Controlador de temperatura PID



6.7 CONTADOR / TEMPORIZADOR (FX4S)

Cumple la función de contador o temporizador seleccionable por *dip switch*, tiene cuenta ascendente, descendente o ascendente / descendente. Cuenta con un *display a led* de cuatro dígitos y un rango de tiempo desde 0.01 seg hasta 9999 hs.

Es usado para configurar el tiempo de roqueo necesario para que la muestra de crudo se homogenice totalmente, una vez transcurrido el tiempo configurado el cilindro dejara de roquear automáticamente.

Al configurar el tiempo se tiene en cuenta que los dos primeros dígitos son para configurar las horas y los dos últimos dígitos configuran los minutos.

Figura 21. Contador / temporizador

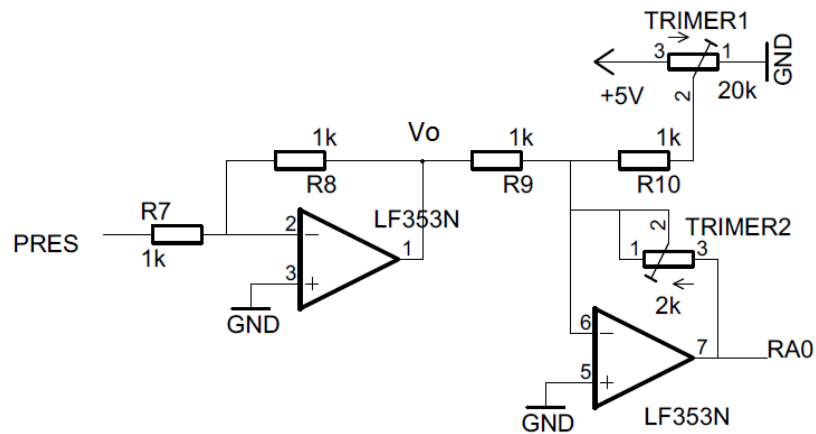


7 ACONDICIONAMIENTO DE LA SEÑAL ENTREGADA POR LOS SENSORES

7.1 ACONDICIONAMIENTO DE LA SEÑAL DEL TRANSDUCTOR DE PRESIÓN

Ya que este sensor nos entrega una señal de salida de 0.5 a 4.5 V (PRES en la Figura 22), para ganar resolución utilizamos el amplificador operacional LF353 (ver anexo H), primero se hizo una configuración en forma de inversor, luego otra como sumador y amplificador, de esta manera se le resta 0.5 V a la señal de entrada y después se amplificó para obtener una señal en el rango de 0 a 5 V (RA0 en la Figura 22).

Figura 22. Diagrama esquemático de acondicionamiento para la señal de presión



El Circuito Integrado LF353 se alimenta con +12V y -12V en los pines 8 y 4 respectivamente.

La ecuación característica de las etapas del circuito anterior son las siguientes:

Para el inversor tenemos:

$$V_o = \left(-PRES * \frac{R8}{R7} \right)$$

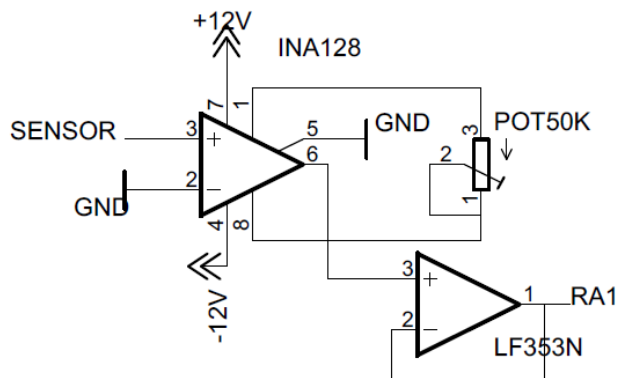
Para el sumador y amplificador tenemos:

$$RA0 = -TRIMER2 \left(\frac{V_o}{R9} + \frac{V TRIMER1}{R10} \right)$$

7.2 ACONDICIONAMIENTO DE LA SEÑAL DEL SENSOR INFRARROJO

Al realizar pruebas previas con crudo las lecturas entregadas por el sensor infrarrojo dieron en el orden de los mV, para poder tener una eficiente resolución de trabajo se usó un amplificador de instrumentación INA128 para amplificar esta señal, el valor de la ganancia se puede ajustar mediante el trimer de 50KΩ "POT50K" (como se ve en la Figura 23). Después de esta etapa de ganancia se encuentra un amplificador operacional configurado como seguidor que se alimenta con -5V y +5V, de este modo aseguramos que la salida máxima va a ser 5V y así se protege la entrada del microprocesador.

Figura 23. Diagrama esquemático del acondicionamiento de la señal del sensor infrarrojo



7.3 ACONDICIONAMIENTO DE LA SEÑAL DE LA TERMOCUPLA

Sabiendo que la temperatura máxima de trabajo es de 150 °C, para saber cuál será el voltaje máximo entregado por la termocupla a esa temperatura miramos las tablas sobre termocuplas tipo j (ver anexo C), así encontramos que el voltaje máximo es de 8.008mV. Para obtener una óptima resolución se debe amplificar esta señal para tener un máximo de 5V que es el valor máximo que acepta el microprocesador. Así que tenemos:

$$G = \frac{5V}{8.008mV} = 624.3756$$

Debido a que las termocuplas son muy susceptibles al ruido, es necesario utilizar un amplificador de instrumentación para esta ganancia, en nuestro caso se usó el INA128, adicionalmente se colocó un filtro pasa bajo tanto a la entrada como a la salida del INA128.

La ganancia del INA128 está dada por la siguiente fórmula:

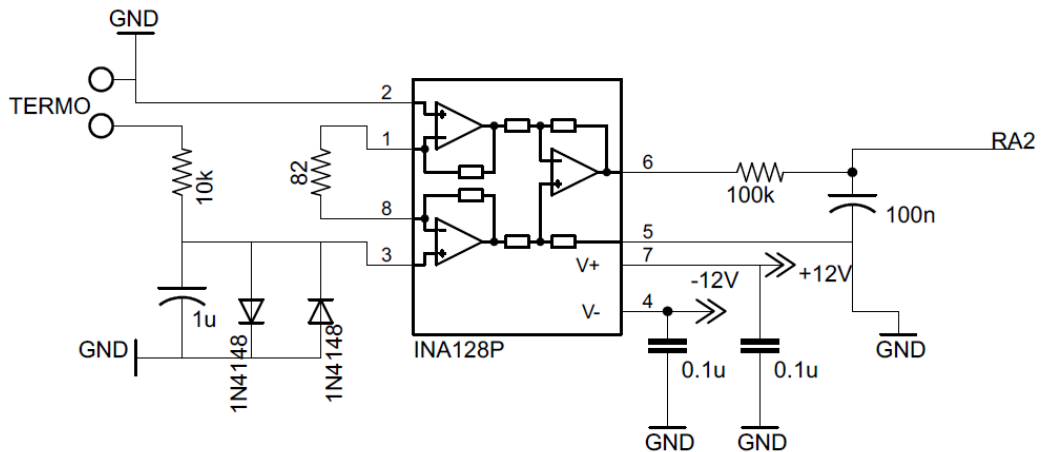
$$G = 1 + \frac{50k\Omega}{R}$$

Despejando R e igualando con la ganancia anteriormente hallada tenemos:

$$R = \frac{50k\Omega}{G - 1} = 80.2085$$

Aproximando a un valor comercial tenemos R=82Ω

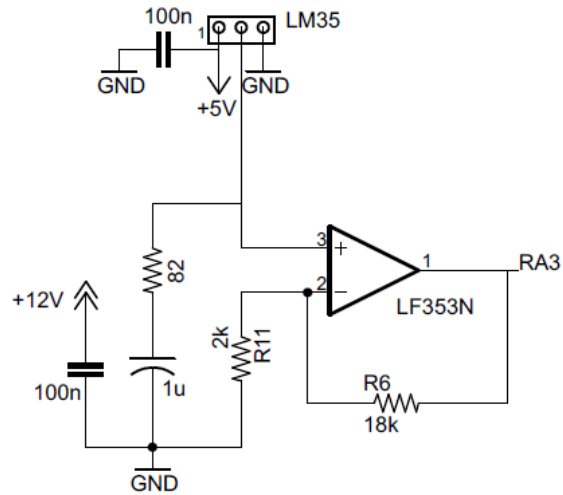
Figura 24. Diagrama esquemático del acondicionamiento de la señal de la termocupla



7.4 ACONDICIONAMIENTO DE LA SEÑAL DEL LM35

Tomando como temperatura máxima 50°C y sabiendo que el LM35 nos entrega 10mV/°C tenemos un voltaje máximo de 500 mV. Por este motivo se debe usar un amplificador operacional para conseguir la mejor resolución posible.

Figura 25. Diagrama esquemático del acondicionamiento de la señal del LM35



Para evitar interferencias por ruidos se utilizó un filtro y dos capacitores entre las terminales de alimentación.

La ganancia del amplificador operacional está dada por la siguiente fórmula:

$$G = 1 + \frac{18k}{2k} = 10$$

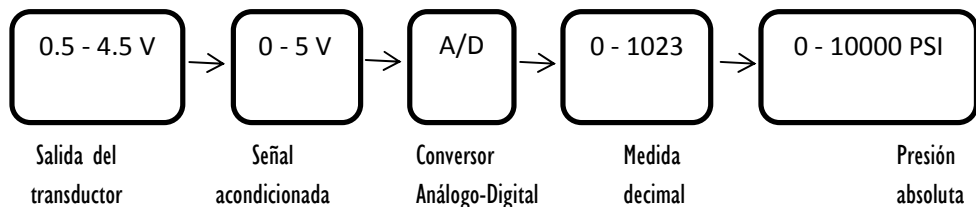
Con esta ganancia tenemos un máximo de 5V ideal para trabajarlo con el microprocesador.

8 MEDICIÓN DE LAS MAGNITUDES FÍSICAS DE ANÁLISIS

8.1 PRESIÓN ABSOLUTA

La presión absoluta se obtiene por conversión de escala, ya que en el acondicionamiento obtuvimos un voltaje de 0V a 5V, este valor de voltaje se pasa por el convertidor análogo a digital del microprocesador, dándonos un rango decimal de 0 a 1023 que nos representa un rango de 0 PSI a 10000 PSI.

Figura 26. Diagrama de presión absoluta



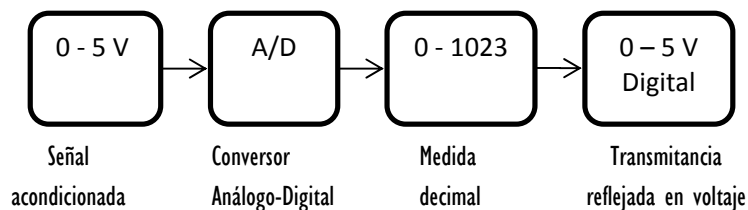
Por lo tanto la ecuación para ingresar al micro quedaría:

$$P_{abs}(PSI) = Valor(A/D) * \frac{10000 PSI}{1023}$$

8.2 TRANSMITANCIA

Por medio del acondicionamiento se obtiene una señal con un valor máximo de 5V, esta señal se pasa por el convertidor análogo a digital del microprocesador, dándonos un rango decimal de 0 a 1023 que nos representa un rango de 0 a 5 V.

Figura 27. Diagrama de Transmitancia



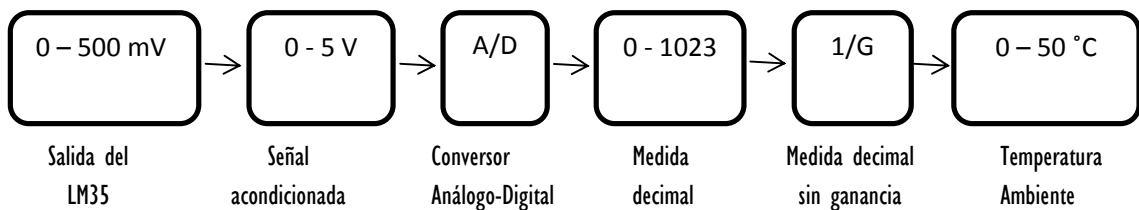
Por lo tanto la ecuación para ingresar al micro quedaría:

$$V_{transm}(V) = Valor(A/D) * \frac{5 V}{1023}$$

8.3 TEMPERATURA

8.3.1 LM35. La temperatura ambiente se obtiene por conversión de escala, ya que en el acondicionamiento obtuvimos un voltaje de 0V a 5V, este valor de voltaje se pasa por el convertidor análogo a digital del microprocesador, dándonos un rango decimal de 0 a 1023, este dato decimal se divide por la ganancia que se le dio en la etapa de acondicionamiento para así obtener rango entre 0 y 50 °C.

Figura 28. Diagrama para temperatura ambiente



Por lo tanto la ecuación para ingresar al micro quedaría:

$$T_{amb}(^{\circ}C) = Valor(A/D) * \frac{50^{\circ}C}{1023 * G}$$

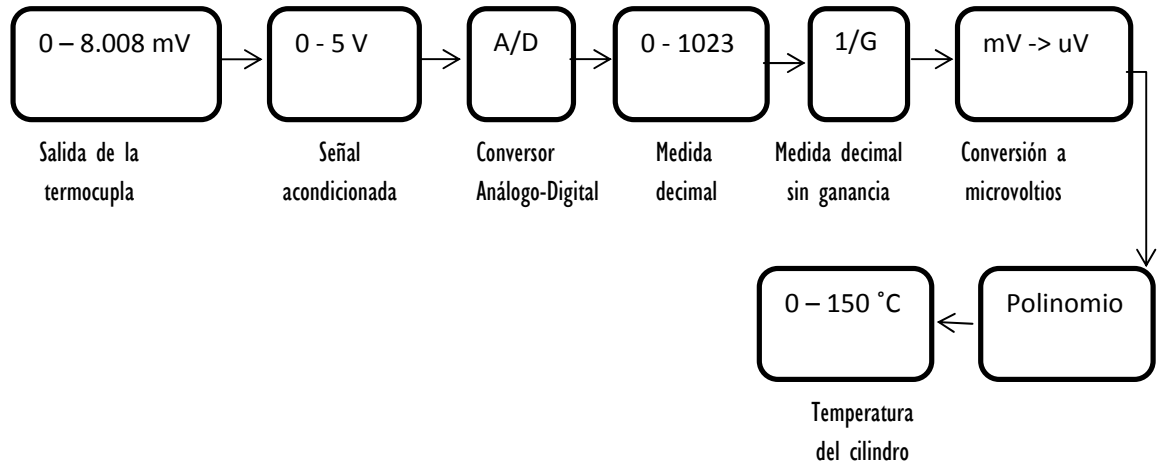
8.3.2 Termocupla. Ya que las termocuplas no tienen una respuesta lineal, con ayuda de las tablas existentes (ver anexo C) se realizó una linealización para las temperaturas de 0°C a 150 °C y se obtuvo el siguiente polinomio característico:

$$Temp = 1.978425 * 10^2 * V - 2.001204 * 10^{-7} * V^2 + 1.036969 * 10^{-11} * V^3 - 2.549687 * 10^{-16} * V^4 + 3.585153 * 10^{-21} * V^5 - 5.344285 * 10^{-26} * V^6 + 5.09989 * 10^{-31} * V^7$$

Donde V es el voltaje entregado por la termocupla en uV.

ya que en el acondicionamiento obtuvimos un voltaje de 0V a 5V, este valor de voltaje se pasa por el convertidor análogo a digital del microprocesador, dándonos un rango decimal de 0 a 1023, este dato decimal se divide por la ganancia que se le dio en la etapa de acondicionamiento para así obtener el valor de voltaje obtenido de la termocupla, luego estos valores se convierten a uV para poder ser utilizados en el polinomio encontrado y así obtener el valor de la temperatura en el rango de 0°C a 150°C.

Figura 29. Diagrama para temperatura ambiente



9 DISEÑO DE LA TARJETA DE ADQUISICIÓN Y ACONDICIONAMIENTO DE DATOS

Para el diseño de la tarjeta se tuvieron en cuenta los siguientes parámetros:

- ✓ 4 entradas análogas
- ✓ Frecuencia de 4MHz
- ✓ Salida inalámbrica de datos a través del puerto serial del PIC
- ✓ Pantalla LCD para mostrar la medida de Presión absoluta
- ✓ Regulador de contraste para la LCD

El diseño de la tarjeta se realizó utilizando el programa **EAGLE (Easily Applicable Graphical Layout Editor)**, versión 5.10.0 para Windows.

Figura 30. Board de la tarjeta

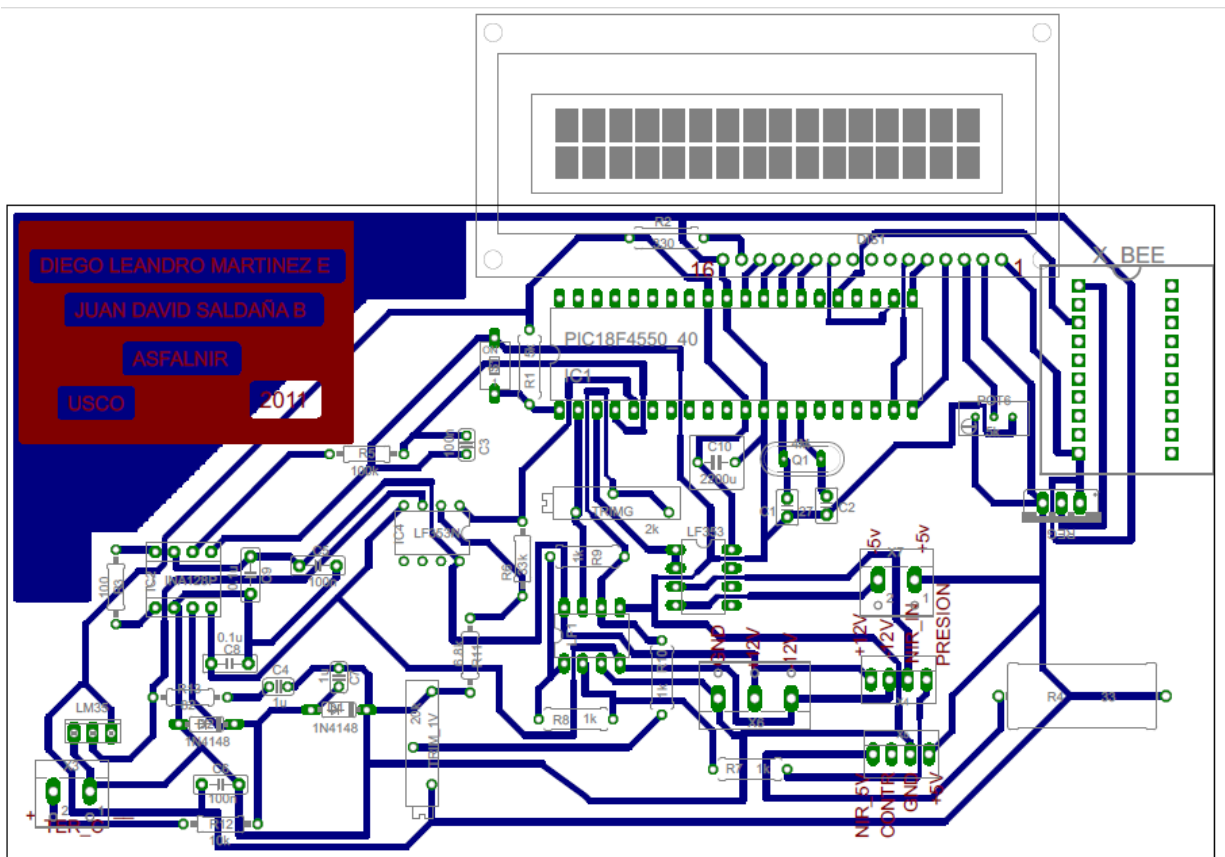


Figura 31. Esquemático de la tarjeta

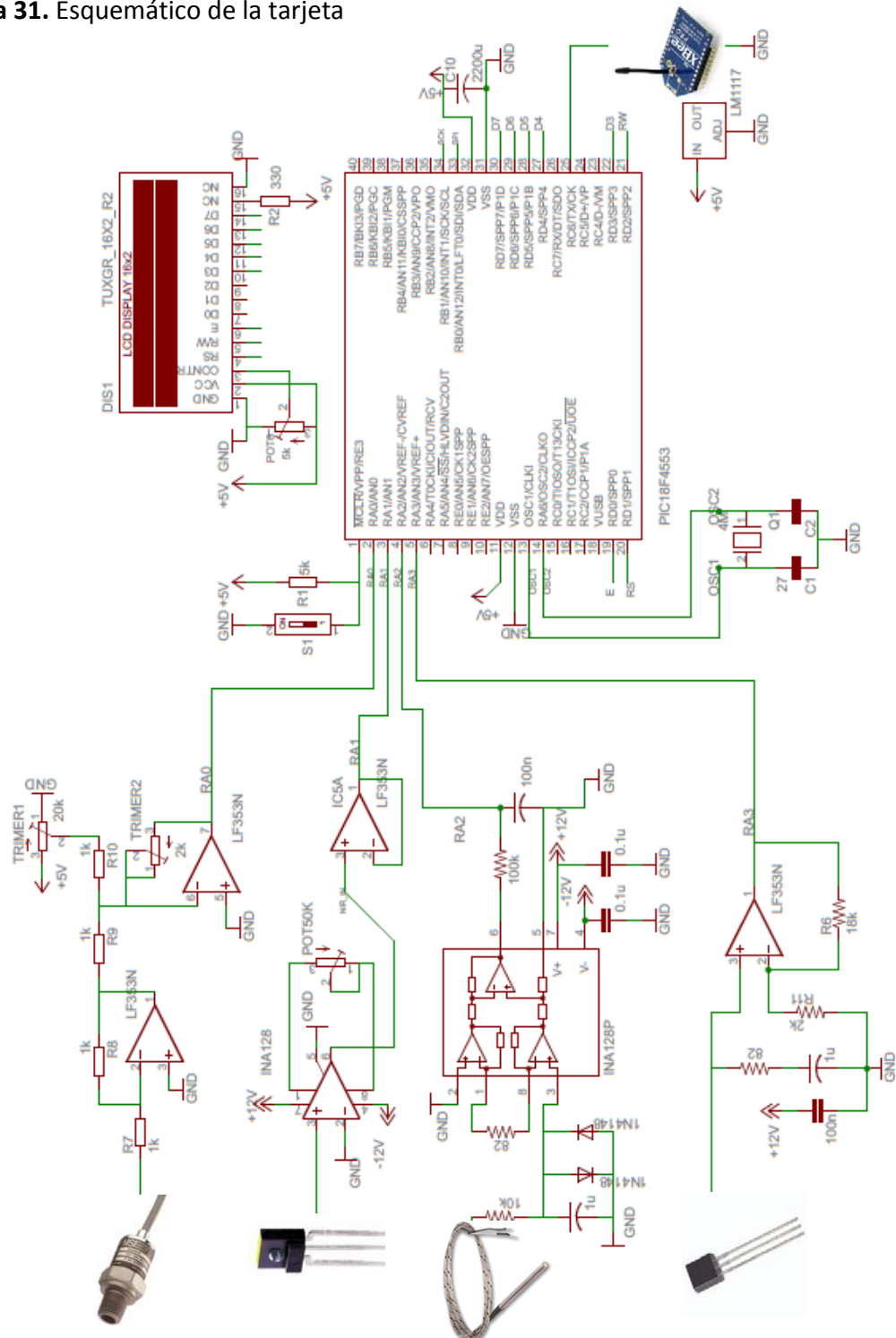
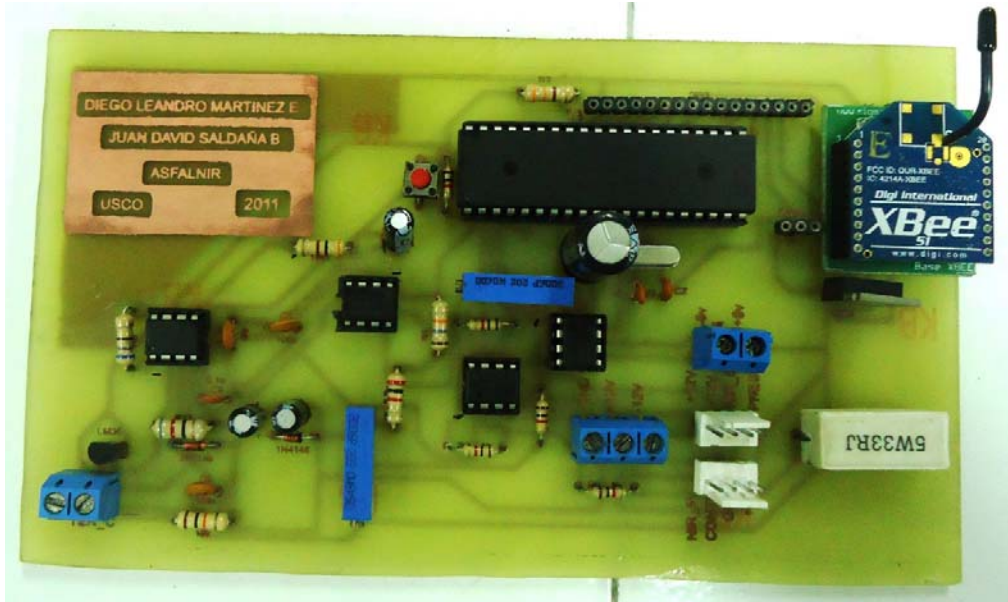


Figura 32. Tarjeta de acondicionamiento y adquisición



Por practicidad y para seguridad del circuito, se realizó el diseño de la siguiente caja donde quedara situada la tarjeta:

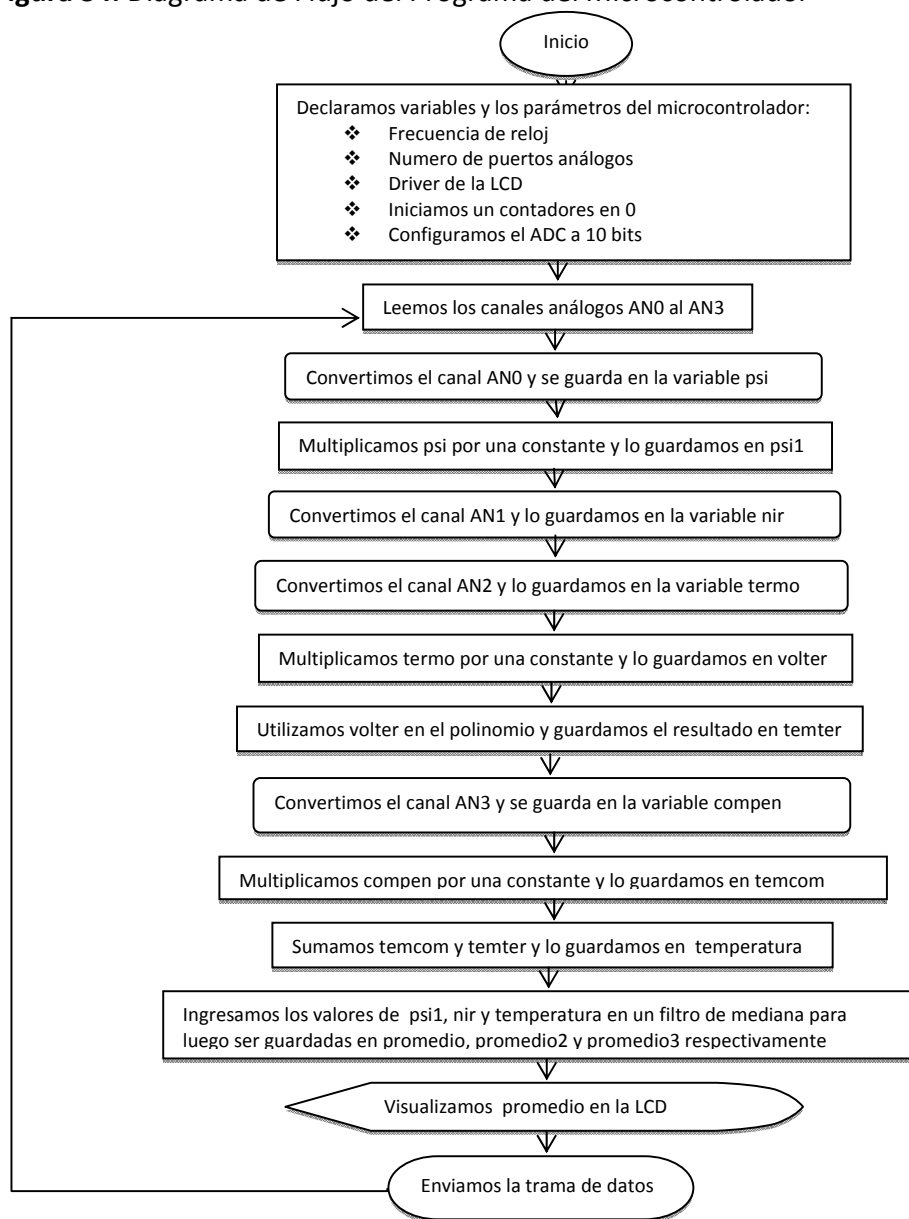
Figura 33. Caja principal



10 DISEÑO DEL PROGRAMA DEL MICROCONTROLADOR

El programa del microcontrolador consiste en muestrear cada una de las variables, mostrar la presión absoluta en una pantalla LCD Backlight Led, realizar la multiplexación de las variables para luego ser enviadas en forma inalámbrica mediante XBee para su posterior análisis en un pc a través de Labview, para esto se realizó un programa como se muestra en el siguiente diagrama de flujo:

Figura 34. Diagrama de Flujo del Programa del Microcontrolador



11 COMUNICACIÓN INALÁMBRICA CON EL PC

El enlace de comunicación entre el módulo de adquisición de datos y el Host (PC) se consiguió a través de un sistema de comunicación inalámbrico. Evitando instalaciones complejas de cableado, que generalmente ocasionan problemas de interferencias por ruido.

El enlace se compone principalmente de dos módulos XBee, uno terminal y otro coordinador, los cuales trabajan conjuntamente para permitir el flujo de información hacia el Host.

11.1 COMUNICACIÓN CON XBEE

Se usaron módulos Xbee debido a las siguientes características:

- Bajo costo.
- Ultra-bajo consumo de potencia.
- Uso de bandas de radio libres y sin necesidad de licencias.
- Instalación barata y simple.
- Redes flexibles y extensibles.

Figura 35. Modulo inalámbrico XBee



Zigbee es un protocolo de comunicaciones inalámbrico basado en el estándar de comunicaciones para redes inalámbricas IEEE 802.15.4. Las comunicaciones Zigbee se realizan en la banda libre de 2.4GHz, las comunicaciones se realizan a través de una única frecuencia, es decir, de un canal.

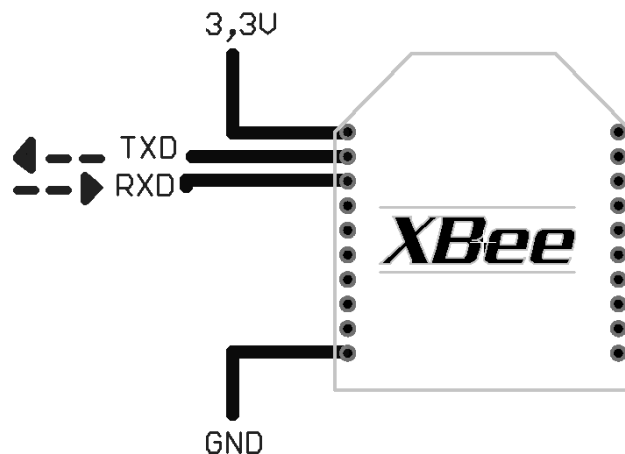
La velocidad de transmisión de datos de una red Zigbee es de hasta 256kbps y el alcance normal con antena dipolo en línea vista es de aproximadamente 100m y en interiores de unos 30m.

11.2 CONEXIONES BASICAS PARA EL XBEE

El módulo XBee requiere una alimentación desde 2.8 a 3.4 V, para nuestra aplicación utilizamos el regulador voltaje LM1117 que nos entrega un voltaje de 3.3V. También necesita una conexión a tierra y por ultimo las líneas de transmisión de datos por medio del UART (TXD y RXD) para comunicarse con un microcontrolador, o directamente a un puerto serial utilizando algún conversor adecuado para los niveles de voltaje.

La Figura 35 muestra las conexiones mínimas que necesita el módulo XBee para poder ser utilizado. Luego de esto, se debe configurar según el modo de operación que se desea para la aplicación requerida por el usuario.

Figura 36. Conexiones básicas para el XBee



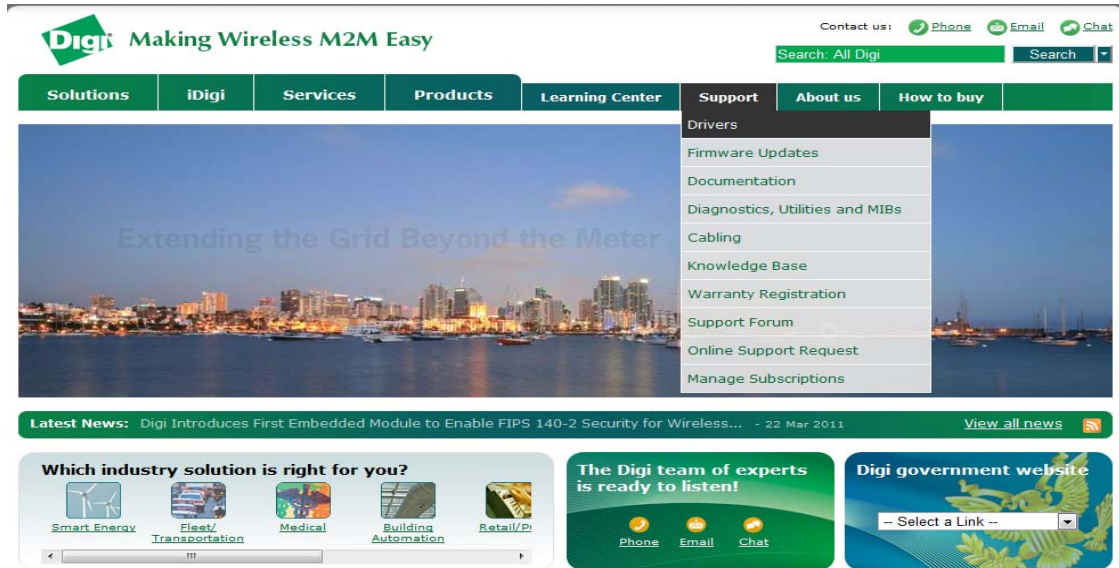
11.3 CONFIGURACIÓN DE LOS MÓDULOS INALÁMBRICOS XBEE

Para el correcto funcionamiento del sistema de comunicación se deben configurar los módulos inalámbricos XBee, para esto es necesario conectar el XBee a una tarjeta XBee Explorer (ver sección 11.5.1) y luego conectarla al PC a través de un cable mini USB.

Adicionalmente se debe instalar su respectivo controlador, para que el PC pueda reconocer los dispositivos XBee a través del puerto COM virtual del computador.

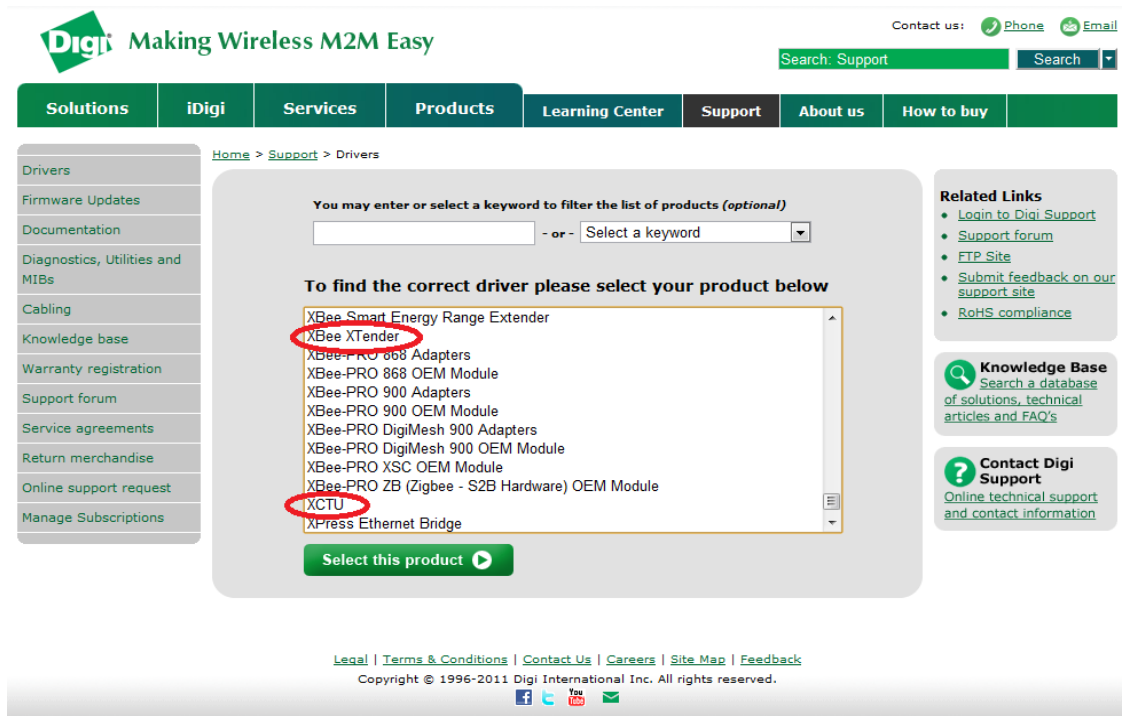
Los Drivers se pueden conseguir en la página <http://www.digi.com/> en la pestaña "Support" y luego seleccionando la opción "Drivers" como se muestra en la figura 37.

Figura 37. www.digi.com



Ahora se busca en la lista el Driver deseado, en este caso "XBee XTender" y se da click en el botón "Select this product" como se ve en la figura 38.

Figura 38. Drivers XBee



Para la configuración de los parámetros de los XBee, Se utiliza un software llamado XCTU, el cual se puede descargar de igual forma que los drivers, como se ve en la figura 38.

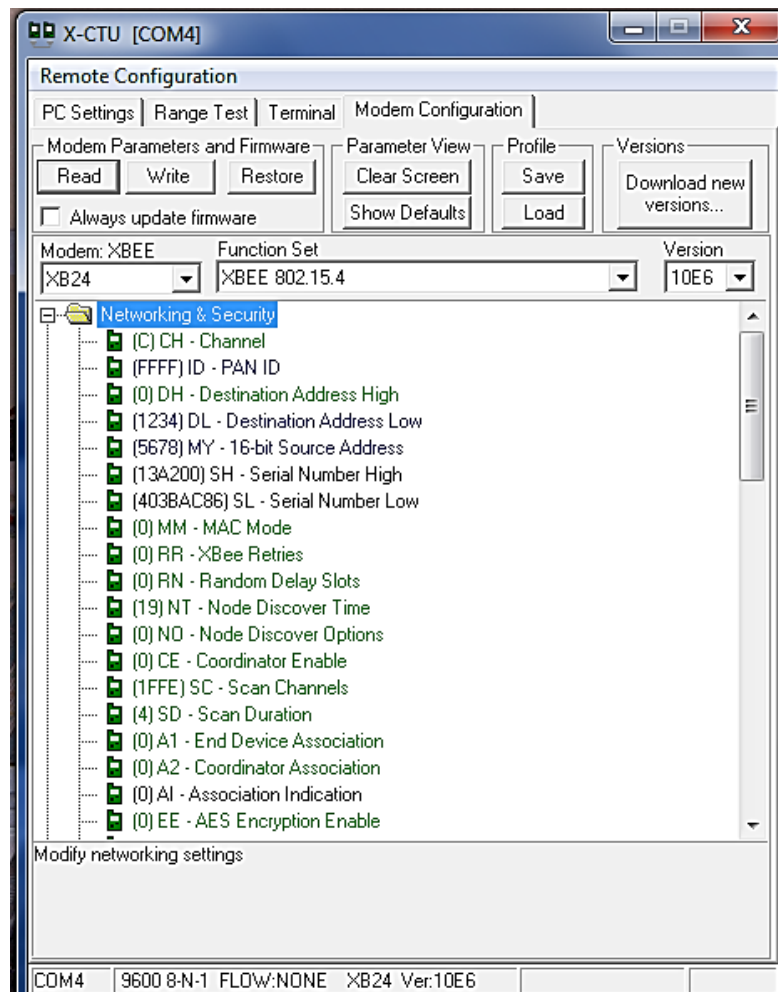
Con el XCTU instalado y actualizado configuramos una red PAN conformada por el módulo XBee coordinador y el módulo XBee terminal, a los cuales se les configuro PAN ID y Chanel iguales. El tipo de topología de red que se uso fue punto a punto, la cual es ideal para reemplazar comunicación serial por cables. Sólo se debe configurar la dirección. Para ello se utilizan los comandos MY y el DL. Se define arbitrariamente una dirección para un módulo, usando el comando MY, el cual se va a comunicar con otro que tiene la dirección DL, también definida arbitrariamente. Con esto cada módulo define su dirección con MY, y escribe la dirección del módulo al cual se desea conectar usando DL. Esto se puede apreciar de forma clara en la figura 39.

Figura 39. Red punto a punto



En nuestro caso se utilizó direccionamiento a 16 bits, una vez configurado, el módem se encuentra listo para funcionar. Así todo lo que se transmite por el pin DIN de un módulo, es recibido por el pin DOUT del otro. En la figura 40 se presenta la ventana de configuración del XCTU.

Figura 40. Ventana de configuración del XCTU



11.4 TRANSMISIÓN DE DATOS

La estación transmisora se compone básicamente de un módulo remoto XBee, ubicado sobre la tarjeta de adquisición de datos, que en conjunto con el PIC18F4550 envían una trama serial multiplexada de las señales adquiridas.

El microprocesador recibe las señales análogas de cada uno de los sensores y las convierte en señales digitales, luego realiza la multiplexación por medio de caracteres especiales que separan cada una de las señales e indican el inicio y el fin de la trama, como se ve en la Tabla 2.

Tabla 2. Conformación de la trama a enviar por el XBee

INICIO	*
	Dato de Presión # Dato de Temperatura / Dato de Transmitancia @ Indicador de cambio en la Transmitancia
FIN	\$

11.5 RECEPCIÓN DE DATOS

La estación receptora del sistema de comunicación se compone de un módulo inalámbrico coordinador y un Host (PC) el cual contiene la aplicación que sirve de interfaz entre el usuario y el sistema de medición. Para la implementación de la estación receptora de datos se utilizó un XBee que conectado a una tarjeta XBee Explorer permite el acople necesario para la comunicación con el PC.

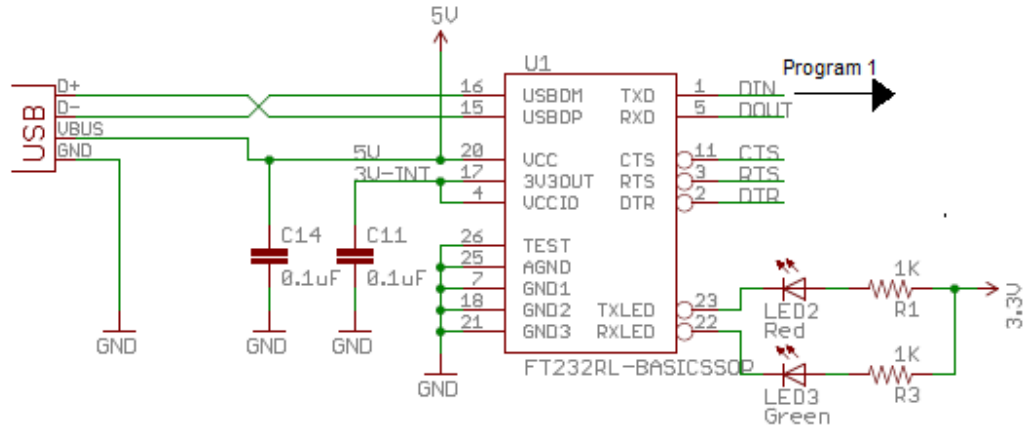
11.5.1 Tarjeta XBee Explorer. Esta tarjeta está desarrollada para que de una forma muy simple se puedan adaptar los módulos Inalámbricos XBee a un computador por medio de un cable mini USB a USB, basa su funcionamiento en la conversión USB a serial, donde las líneas seriales van conectadas a las del Xbee, no necesita alimentación, esta se toma directamente del puerto USB ya que cuenta con un regulador de 3.3 V.

Figura 41. Tarjeta XBee Explorer



Para la indicación de los bits transmitidos o recibidos por el modulo inalámbrico, la tarjeta XBee Explorer cuenta con dos leds conectados a los pines 22 y 23 del XBee.

Figura 42. Diagrama esquemático Tarjeta XBee Explorer



Fuente: http://beaversource.oregonstate.edu/projects/44x201009/wiki/USBRFT_ransmitter

Figura 43. Estación receptora



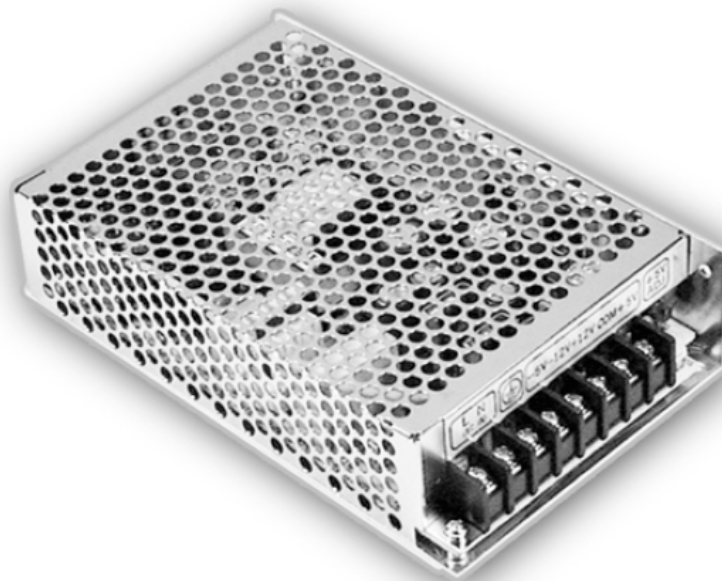
12 SUMINISTRO DE ENERGÍA AL SISTEMA

Para el funcionamiento del equipo *ASFALNIR* es necesario energizar tanto los sensores como la tarjeta de adquisición y acondicionamiento de datos, los módulos inalámbricos XBee, el controlador de temperatura y el motor.

El suministro de energía DC para energización de los XBee es de 3.3 VDC, para los sensores al igual que para el microcontrolador se usó un voltaje de alimentación de 5 VDC de acuerdo con los valores en las hojas de datos de los sensores. Para los amplificadores se utilizó un voltaje de alimentación de +/- 12VDC.

Para el suministro de energía de los sensores y de la tarjeta de adquisición y acondicionamiento de datos se utilizó una fuente de poder Q-60B (ver anexo L) que suministra 5VDC a 5.5A, 12VDC a 2A, -5VDC a 0.5A y -12VDC a 0.5A. Esta fuente necesita ser conectada a un toma de 110VAC.

Figura 44. Fuente Q-60B



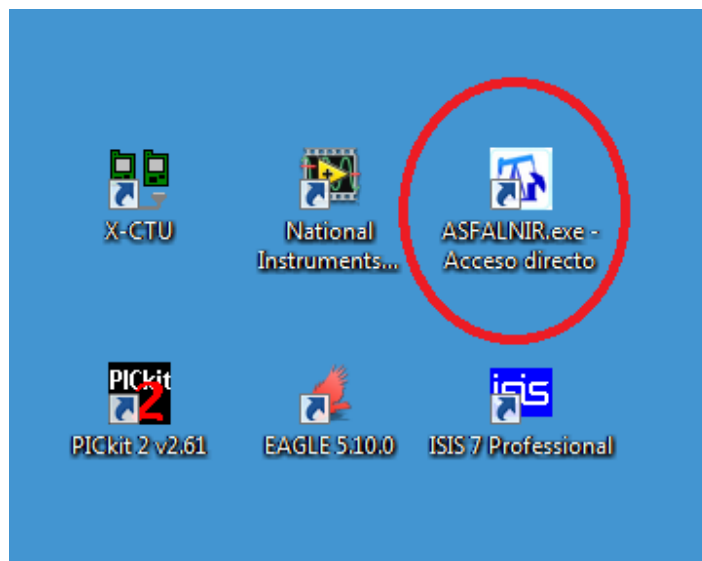
13 INTERFAZ GRÁFICA EN LABVIEW

Para la presentación de los datos adquiridos y facilitar la interacción entre el sistema de adquisición de datos con el usuario se desarrolló el software *ASFALNIR* un programa elaborado en labview 8.6, esta aplicación utiliza el instrumento virtual *NI VISA* a través del cual podemos establecer comunicación con la tarjeta *XBee Explorer* utilizando el protocolo RS-232 (serial) del módulo inalámbrico receptor.

13.1 DESCRIPCIÓN DEL SOFTWARE *ASFALNIR*

Para acceder a la interfaz gráfica debemos dar doble click al acceso directo ubicado en el escritorio.

Figura 45. Icono de acceso directo al software *ASFALNIR*



Una vez se ingresa al programa, se encuentra la presentación respectiva que se compone de tres pestañas o tabs para la configuración y monitoreo de los datos adquiridos con el módulo de adquisición de datos.

La primera pestaña que encontramos se llama *ASFALTENOS*, en ella seleccionamos el puerto COM por el cual se hará la recepción de los datos, esto con el fin de facilitar la comunicación en otros PC debido a que en cada PC el puerto serial reconocido es diferente.

En esta pestaña encontramos una interfaz amable que monitorea el comportamiento de la transmitancia con respecto a la presión absoluta mediante una gráfica. Además cuenta

con un indicador de temperatura mediante tres visualizador en forma de termómetro, cada uno con su respectiva escala.

En esta pestaña también encontramos un indicador de cambio en la transmitancia a través de un bombillo de alarma, además de un campo para configurar el tiempo en segundos al cual se exportan los datos en formato .lvm, lo equivalente a una base de datos en *Excel*. Por ultimo está el botón *PARAR* el cual detiene todo el funcionamiento del software.

Figura 46. Pestaña ASFALTENOS



A continuación encontramos la pestaña de *PARAFINA*, esta cuenta con tres indicadores de presión absoluta en diferentes escalas, al igual que la pestaña *ASFALTENOS* tiene un indicador de cambio para la transmitancia y una gráfica donde se monitorea el comportamiento de la transmitancia con respecto a la temperatura.

Figura 47. Pestaña PARAFINA



Finalmente el software *ASFALNIR* contiene una pestaña llamada *A CERCA DE* la cual permite tener información acerca de los creadores y diseñadores del software.

Figura 48. Pestaña A CERCA DE



14. CONCLUSIONES

Para la realización de este diseño electrónico fue de gran importancia contar con los manuales o datasheets de todos los sensores, transductores y diferentes elementos electrónicos.

Para poder llevar a cabalidad este tipo de proyectos, es indispensable la colaboración de un grupo interdisciplinario por lo menos de ingenieros mecánicos, electrónicos y de petróleos.

Las ventajas del método de dispersión de la luz cercana al infrarrojo son la velocidad de las pruebas y el bajo volumen de yacimiento requerido.

El equipo *ASFALNIR* facilita la observación y monitoreo de los resultados obtenidos con este debido a que pueden ser leídos en cualquier momento utilizando la aplicación *ASFALNIR.exe* desde un PC en cualquier sitio ubicado en un radio de 100m sin la necesidad de conectar ningún cable al PC.

La tecnología XBee brinda una alternativa de comunicación inalámbrica de fácil instalación y excelentes resultados, ya que se comprobó que no es susceptible a interferencias o pérdidas de datos por causa de otros dispositivos electrónicos generadores de señales microondas tales como celulares y teléfonos inalámbricos debido a que utiliza una técnica de modulación de espectro ensanchado por secuencia directa. Esta técnica utiliza un código de pseudoruido para modular directamente una portadora, de tal forma que aumente el ancho de banda de la transmisión y reduzca la densidad de potencia espectral, la señal resultante tiene un espectro muy parecido al del ruido, de tal forma que a todos los radiorreceptores les parecerá ruido menos al que va dirigida la señal.

La confiabilidad del equipo *ASFALNIR* depende en gran medida del emisor y el receptor NIR, en cuanto mejor sea la potencia del emisor y la sensibilidad del receptor se obtendrán mejores resultados.

Trabajar con termocuplas es un proceso muy minucioso debido a que trabajan con rangos muy pequeños de voltaje, lo cual las hace muy sensibles al ruido. Además en la universidad no se encontró un equipo capaz de medir con precisión la salida de la termocupla para validación de información.

15. RECOMENDACIONES

En Colombia se tiene una limitante en cuanto a elementos electrónicos, piezas mecánicas y materiales aislantes, por este motivo se plantean una serie de recomendaciones para que el equipo *ASFALNIR* se pueda actualizar para lograr un óptimo rendimiento.

Para que se puedan hacer pruebas en rangos de hasta 10000 PSI y temperaturas de hasta 150 °C se recomienda utilizar cuarzo para las ventanas, ya que este material es ideal por que soporta estos niveles de presión y temperatura y además es totalmente translucido.

Utilizar tanto emisor como receptor infrarrojo que trabajen en todo el espectro infrarrojo cercano, la fuente de radiación más utilizada es la lámpara halogenada de filamento de tungsteno con ventana de cuarzo, capaz de proporcionar un espectro continuo en la región de 320 – 2500 nm. Para obtener receptores NIR se puede consultar con la empresa *Optronic Laboratories* (<http://www.olinet.com>), expertos en emisores y receptores infrarrojos de alta gama. La implementación del emisor y receptor infrarrojo mencionados implica la utilización de fibra óptica para transportar la luz hasta la cavidad donde se censa la muestra de crudo.

Ahondar en la investigación de materiales aislantes térmicos para lograr proteger los elementos electrónicos dentro del cilindro y así poder realizar pruebas con un rango mayor de temperatura.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Kamran Akbarzadeh, Ahmed Hammami, Abdel Kharrat, Dan Zhang Edmonton, Alberta, Canada, Stephan Allenson, Nalco Energy Services I.P., Sugar land, Texas Jefferson Creek, Shah Kabir Chevron energy technology company, Huston, Texas, “Los Asfaltenos: Problematicos pero ricos en potencial”. Schlumberger. 2007.
- [2] BAUTISTA Manuel, AVANCES EN LA APLICACIÓN DE LA ESPECTROSCOPIA NIR EN LA INDUSTRIA FARMACEUTICA. INTRODUCCION A PAT Y TECNICAS DE IMAGEN. Tesis Doctoral, Universidad Autónoma de Barcelona. Facultad de Ciencias. Barcelona, 2009.
- [3] OSPINO Teddys, ASPECTOS GENERALES DEL DAÑO DE FORMACION POR DEPOSITACIÓN DE ASFALTENOS EN YACIMIENTOS DE PETRÓLEO. Tesis, Universidad Nacional de Colombia. Facultad de minas. Medellín, 2009
- [4] Sole, Antonio Creus. *Instrumentacion Industrial*. España: Marcombo S.A, 2005.
- [5] WqyHuang, Han. *PIC Microcontroller: An Introduction to Software and Hardware Interfacing*. United States of America: Thompson, 2005.
- [6] MaxStream, Inc. *Manual XBee™/XBee-PRO™ OEM RF Modules*. 2007.
- [7] Rafael Chacón, José Adrickson y Juan Parada. *Utilizacion de los puertos Serial y Paralelo de una PC usando Labview*. San Cristobal: Universidad de Táchira, 2003.

ANEXOS

ANEXO A. Datasheet del transductor de presión



MSP 300 Pressure Transducer

PERFORMANCE SPECIFICATIONS

Supply Voltage: 5.0V, Ambient Temperature: 25°C (unless otherwise specified)

PARAMETERS	MIN	TYP	MAX	UNITS	NOTES
Span Setting	-2		2	%Span	1
Zero Pressure Output (0 – 100mV)	-3		3	%Span	1
Zero Pressure Output (Amplified)	-2		2	%Span	1
Accuracy (combined non linearity, hysteresis, and repeatability)	-1		1	%Span	2
Temperature Error – Zero	-2		2	%Span	
Temperature Error – Span	-2		2	%Span	
Supply Current (0 – 100mV, 0.5 – 4.5V)			10	mA	
Supply Current (1 – 5V)			15	mA	
Long Term Stability (1 year)	-0.25		0.25	%Span	3
Pressure Overload	2X			Rated	
Pressure Cycles (Zero to Full Scale)	10			Million	
Output Load			1	MΩ	
Compensated Temperature	0		55	°C	
Operating Temperature	-20		+85	°C	4
Storage Temperature	-40		+125	°C	4
Burst Pressure	5X			Rated	
Vibration	±20			g	5
Shock (11ms)	50			g	6
Output Noise			2	mVRMS	
Bandwidth (-3dB)	1			kHz	
Weight		82.55		grams	
Media Compatibility	All Materials Compatible with 17-4 Stainless Steel				

For custom configurations, consult factory.

Notes

1. Ratioetric to supply.
2. Best fit straight line.
3. Long term stability over a one year period.
4. Maximum temperature range for product with standard cable is -20°C to +105°C.
5. Per MIL-STD-810C, Procedure 514.2, Figure 514.2-2, Curve L.
6. 1/2 sine per MIL-STD 202F Method 213B condition A.

MSP 300 Pressure Transducer

OUTPUT OPTIONS

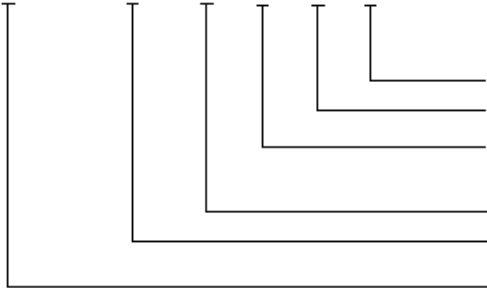
Code	Output	Supply (V)		
		MIN	TYP	MAX
2	0 – 100 mV (ratiometric)	2.5	5	12
3	0.5 – 4.5 V (ratiometric)	4.75	5	5.25
4	1 – 5 V	8		30
5	4 – 20 mA	9		30

Wiring Color Code

Code	Output	+Supply	-Supply	+Out	-Out
2	0 – 100 mV (ratiometric)	Red	Black	Green	White
3	0.5 – 4.5 V (ratiometric)	Red	Black	White	N/A
4	1 – 5 V	Red	Black	White	N/A
5	4 – 20 mA	Red	Black	N/A	N/A

ORDERING INFORMATION

MSP300 - 100 - P - 2 - N - 1



Connection (1 = 2ft Cable)
 Pressure Port (N = 1/4NPT)
 Outputs (2 = 0 - 100mVdc, 3 = .5 - 4.5Vdc
 4 = 1 - 5Vdc fixed, 5 = 4 - 20mA two wire)
 Units (P = psi, B = Bar)
 Pressure Range (100 - P = 100psi, 2K5 - P = 2500psi,
 05K - P = 5000psi)
 Model

ANEXO B. Datasheet del sensor infrarrojo

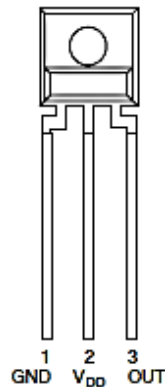


TSL260R, TSL261R, TSL262R INFRARED LIGHT-TO-VOLTAGE OPTICAL SENSORS

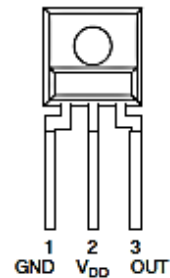
TAOS049E - SEPTEMBER 2007

- Integral Visible Light Cutoff Filter
- Monolithic Silicon IC Containing Photodiode, Operational Amplifier, and Feedback Components
- Converts Light Intensity to a Voltage
- High Irradiance Responsivity, Typically 111 mV/($\mu\text{W}/\text{cm}^2$) at $\lambda_p = 940 \text{ nm}$ (TSL260R)
- Compact 3-Lead Plastic Package
- Single Voltage Supply Operation
- Low Dark (Offset) Voltage.....10mV Max
- Low Supply Current.....1.1 mA Typical
- Wide Supply-Voltage Range..... 2.7 V to 5.5 V
- Replacements for TSL260, TSL261, and TSL262
- RoHS Compliant (-LF Package Only)

PACKAGE S
SIDELOOKER
(FRONT VIEW)



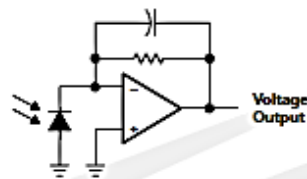
PACKAGE SM
SURFACE MOUNT
SIDELOOKER
(FRONT VIEW)



Description

The TSL260R, TSL261R, and TSL262R are infrared light-to-voltage optical sensors, each combining a photodiode and a transimpedance amplifier (feedback resistor = 16 M Ω , 8 M Ω , and 2.8 M Ω respectively) on a single monolithic IC. Output voltage is directly proportional to the light intensity (irradiance) on the photodiode. These devices have improved amplifier offset-voltage stability and low power consumption and are supplied in a 3-lead plastic sidelooker package with an integral visible light cutoff filter and lens. When supplied in the lead (Pb) free package, the device is RoHS compliant.

Functional Block Diagram



Available Options

DEVICE	T _A	PACKAGE - LEADS	PACKAGE DESIGNATOR	ORDERING NUMBER
TSL260R	0°C to 70°C	3-lead Sidelooker	S	TSL260R
TSL260R	0°C to 70°C	3-lead Sidelooker — Lead (Pb) Free	S	TSL260R-LF
TSL260R	0°C to 70°C	3-lead Surface-Mount Sidelooker — Lead (Pb) Free	SM	TSL260RSM-LF
TSL261R	0°C to 70°C	3-lead Sidelooker	S	TSL261R
TSL261R	0°C to 70°C	3-lead Sidelooker — Lead (Pb) Free	S	TSL261R-LF
TSL261R	0°C to 70°C	3-lead Surface-Mount Sidelooker — Lead (Pb) Free	SM	TSL261RSM-LF
TSL262R	0°C to 70°C	3-lead Sidelooker	S	TSL262R
TSL262R	0°C to 70°C	3-lead Sidelooker — Lead (Pb) Free	S	TSL262R-LF
TSL262R	0°C to 70°C	3-lead Surface-Mount Sidelooker — Lead (Pb) Free	SM	TSL262RSM-LF

Electrical Characteristics at $V_{DD} = 5\text{ V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$, $\lambda_p = 940\text{ nm}$, $R_L = 10\text{ k}\Omega$ (unless otherwise noted) (see Notes 3, 4, and 5)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	TSL260R			TSL261R			TSL262R			UNIT		
		MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX			
V_D	Dark voltage	$E_e = 0$		0	4	10	0	4	10	0	4	10	mV
V_{OM}	Maximum output voltage	$V_{DD} = 4.5\text{ V}$		3	3.3		3	3.3		3	3.3		V
V_O	Output voltage	$E_e = 18\ \mu\text{W}/\text{cm}^2$		1	2	3							V
		$E_e = 46\ \mu\text{W}/\text{cm}^2$					1	2	3				
		$E_e = 220\ \mu\text{W}/\text{cm}^2$								1	2	3	
α_{vo}	Temperature coefficient of output voltage (V_O)	$E_e = 18\ \mu\text{W}/\text{cm}^2$, $T_A = 0^\circ\text{C}$ to 70°C		8						mV/ $^\circ\text{C}$			
				0.4						%/ $^\circ\text{C}$			
		$E_e = 46\ \mu\text{W}/\text{cm}^2$, $T_A = 0^\circ\text{C}$ to 70°C					8			mV/ $^\circ\text{C}$			
							0.4			%/ $^\circ\text{C}$			
N_e	Irradiance responsivity	See Note 6		111			43.5			9.1		mV/ $(\mu\text{W}/\text{cm}^2)$	
		$E_e = 18\ \mu\text{W}/\text{cm}^2$		1.1			1.7					mA	
		$E_e = 46\ \mu\text{W}/\text{cm}^2$											
$E_e = 220\ \mu\text{W}/\text{cm}^2$								1.1		1.7			

- NOTES: 3. Measurements are made with $R_L = 10\text{ k}\Omega$ between output and ground.
4. Optical measurements are made using small-angle incident radiation from an LED optical source.
5. The input irradiance E_e is supplied by a GaAs LED with peak wavelength $\lambda_p = 940\text{ nm}$
6. Irradiance responsivity is characterized over the range $V_O = 0.05$ to 2.9 V . The best-fit straight line of Output Voltage V_O versus irradiance E_e over this range will typically have a positive extrapolated V_O value for $E_e = 0$.

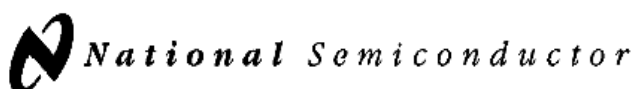
Dynamic Characteristics at $T_A = 25^\circ\text{C}$ (see Figure 1)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	TSL260R			TSL261R			TSL262R			UNIT	
		MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX		
t_r	Output pulse rise time	$V_{DD} = 5\text{ V}$, $\lambda_p = 940\text{ nm}$		260			70			7		μs
t_f	Output pulse fall time	$V_{DD} = 5\text{ V}$, $\lambda_p = 940\text{ nm}$		260			70			7		μs
V_n	Output noise voltage	$V_{DD} = 5\text{ V}$, $E_e = 0$, $f = 1000\text{ Hz}$		0.8			0.7			0.6		$\mu\text{V}/\sqrt{\text{Hz}}$

ANEXO C. Tablas de termocupla

TERMOCUPLA °C	J milivolts									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
-210	-8.096									
-200	-7.890	-7.912	-7.934	-7.955	-7.976	-7.996	-8.017	-8.037	-8.057	-8.076
-190	-7.659	-7.683	-7.707	-7.731	-7.755	-7.778	-7.801	-7.824	-7.846	-7.868
-180	-7.402	-7.429	-7.455	-7.482	-7.508	-7.533	-7.559	-7.584	-7.609	-7.634
-170	-7.122	-7.151	-7.180	-7.209	-7.237	-7.265	-7.293	-7.321	-7.348	-7.375
-160	-6.821	-6.852	-6.883	-6.914	-6.944	-6.974	-7.004	-7.034	-7.064	-7.093
-150	-6.499	-6.532	-6.565	-6.598	-6.630	-6.663	-6.695	-6.727	-6.758	-6.790
-140	-6.159	-6.194	-6.228	-6.263	-6.297	-6.331	-6.365	-6.399	-6.433	-6.466
-130	-5.801	-5.837	-5.874	-5.910	-5.946	-5.982	-6.018	-6.053	-6.089	-6.124
-120	-5.426	-5.464	-5.502	-5.540	-5.578	-5.615	-5.653	-5.690	-5.727	-5.764
-110	-5.036	-5.076	-5.115	-5.155	-5.194	-5.233	-5.272	-5.311	-5.349	-5.388
-100	-4.632	-4.673	-4.714	-4.755	-4.795	-4.836	-4.876	-4.916	-4.956	-4.996
-90	-4.215	-4.257	-4.299	-4.341	-4.383	-4.425	-4.467	-4.508	-4.550	-4.591
-80	-3.785	-3.829	-3.872	-3.915	-3.958	-4.001	-4.044	-4.087	-4.130	-4.172
-70	-3.344	-3.389	-3.433	-3.478	-3.522	-3.566	-3.610	-3.654	-3.698	-3.742
-60	-2.892	-2.938	-2.984	-3.029	-3.074	-3.120	-3.165	-3.210	-3.255	-3.299
-50	-2.431	-2.478	-2.524	-2.570	-2.617	-2.663	-2.709	-2.755	-2.801	-2.847
-40	-1.960	-2.008	-2.055	-2.102	-2.150	-2.197	-2.244	-2.291	-2.338	-2.384
-30	-1.481	-1.530	-1.578	-1.626	-1.674	-1.722	-1.770	-1.818	-1.865	-1.913
-20	-0.995	-1.044	-1.093	-1.141	-1.190	-1.239	-1.288	-1.336	-1.385	-1.433
-10	-0.501	-0.550	-0.600	-0.650	-0.699	-0.748	-0.798	-0.847	-0.896	-0.945
0	0.000	-0.050	-0.101	-0.151	-0.201	-0.251	-0.301	-0.351	-0.401	-0.451
0	0.000	0.050	0.101	0.151	0.202	0.253	0.303	0.354	0.405	0.456
10	0.507	0.558	0.609	0.660	0.711	0.762	0.813	0.865	0.916	0.967
20	1.019	1.070	1.122	1.174	1.225	1.277	1.329	1.381	1.432	1.484
30	1.536	1.588	1.640	1.693	1.745	1.797	1.849	1.901	1.954	2.006
40	2.058	2.111	2.163	2.216	2.268	2.321	2.374	2.426	2.479	2.532
50	2.585	2.638	2.691	2.743	2.796	2.849	2.902	2.956	3.009	3.062
60	3.115	3.168	3.221	3.275	3.328	3.381	3.435	3.488	3.542	3.595
70	3.649	3.702	3.756	3.809	3.863	3.917	3.971	4.024	4.078	4.132
80	4.186	4.239	4.293	4.347	4.401	4.455	4.509	4.563	4.617	4.671
90	4.725	4.780	4.834	4.888	4.942	4.996	5.050	5.105	5.159	5.213
100	5.268	5.322	5.376	5.431	5.485	5.540	5.594	5.649	5.703	5.758
110	5.812	5.867	5.921	5.976	6.031	6.085	6.140	6.195	6.249	6.304
120	6.359	6.414	6.468	6.523	6.578	6.633	6.688	6.742	6.797	6.852
130	6.907	6.962	7.017	7.072	7.127	7.182	7.237	7.292	7.347	7.402
140	7.457	7.512	7.567	7.622	7.677	7.732	7.787	7.843	7.898	7.953
150	8.008	8.063	8.118	8.174	8.229	8.284	8.339	8.394	8.450	8.505
160	8.560	8.616	8.671	8.726	8.781	8.837	8.892	8.947	9.003	9.058
170	9.113	9.169	9.224	9.279	9.335	9.390	9.446	9.501	9.556	9.612
180	9.667	9.723	9.778	9.834	9.889	9.944	10.000	10.055	10.111	10.166
190	10.222	10.277	10.333	10.388	10.444	10.499	10.555	10.610	10.666	10.721
200	10.777	10.832	10.888	10.943	10.999	11.054	11.110	11.165	11.221	11.276
210	11.332	11.387	11.443	11.498	11.554	11.609	11.665	11.720	11.776	11.831
220	11.887	11.943	11.998	12.054	12.109	12.165	12.220	12.276	12.331	12.387
230	12.442	12.498	12.553	12.609	12.664	12.720	12.776	12.831	12.887	12.942
240	12.998	13.053	13.109	13.164	13.220	13.275	13.331	13.386	13.442	13.497
250	13.553	13.608	13.664	13.719	13.775	13.830	13.886	13.941	13.997	14.052
260	14.108	14.163	14.219	14.274	14.330	14.385	14.441	14.496	14.552	14.607
270	14.663	14.718	14.774	14.829	14.885	14.940	14.995	15.051	15.106	15.162
280	15.217	15.273	15.328	15.383	15.439	15.494	15.550	15.605	15.661	15.716
290	15.771	15.827	15.882	15.938	15.993	16.048	16.104	16.159	16.214	16.270

°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
300	16.325	16.380	16.436	16.491	16.547	16.602	16.657	16.713	16.768	16.823
310	16.879	16.934	16.989	17.044	17.100	17.155	17.210	17.266	17.321	17.376
320	17.432	17.487	17.542	17.597	17.653	17.708	17.763	17.818	17.874	17.929
330	17.984	18.039	18.095	18.150	18.205	18.260	18.316	18.371	18.426	18.481
340	18.537	18.592	18.647	18.702	18.757	18.813	18.868	18.923	18.978	19.033
350	19.089	19.144	19.199	19.254	19.309	19.364	19.420	19.475	19.530	19.585
360	19.640	19.695	19.751	19.806	19.861	19.916	19.971	20.026	20.081	20.137
370	20.192	20.247	20.302	20.357	20.412	20.467	20.523	20.578	20.633	20.688
380	20.743	20.798	20.853	20.909	20.964	21.019	21.074	21.129	21.184	21.239
390	21.295	21.350	21.405	21.460	21.515	21.570	21.625	21.680	21.736	21.791
400	21.846	21.901	21.956	22.011	22.066	22.122	22.177	22.232	22.287	22.342
410	22.397	22.453	22.508	22.563	22.618	22.673	22.728	22.784	22.839	22.894
420	22.949	23.004	23.060	23.115	23.170	23.225	23.280	23.336	23.391	23.446
430	23.501	23.556	23.612	23.667	23.722	23.777	23.833	23.888	23.943	23.999
440	24.054	24.109	24.164	24.220	24.275	24.330	24.386	24.441	24.496	24.552
450	24.607	24.662	24.718	24.773	24.829	24.884	24.939	24.995	25.050	25.106
460	25.161	25.217	25.272	25.327	25.383	25.438	25.494	25.549	25.605	25.661
470	25.716	25.772	25.827	25.883	25.938	25.994	26.050	26.105	26.161	26.216
480	26.272	26.328	26.383	26.439	26.495	26.551	26.606	26.662	26.718	26.774
490	26.829	26.885	26.941	26.997	27.053	27.109	27.165	27.220	27.276	27.332
500	27.388	27.444	27.500	27.556	27.612	27.668	27.724	27.780	27.836	27.893
510	27.949	28.005	28.061	28.117	28.173	28.230	28.286	28.342	28.398	28.455
520	28.511	28.567	28.624	28.680	28.736	28.793	28.849	28.906	28.962	29.019
530	29.075	29.132	29.188	29.245	29.301	29.358	29.415	29.471	29.528	29.585
540	29.642	29.698	29.755	29.812	29.869	29.926	29.983	30.039	30.096	30.153
550	30.210	30.267	30.324	30.381	30.439	30.496	30.553	30.610	30.667	30.724
560	30.782	30.839	30.896	30.954	31.011	31.068	31.126	31.183	31.241	31.298
570	31.356	31.413	31.471	31.528	31.586	31.644	31.702	31.759	31.817	31.875
580	31.933	31.991	32.048	32.106	32.164	32.222	32.280	32.338	32.396	32.455
590	32.513	32.571	32.629	32.687	32.746	32.804	32.862	32.921	32.979	33.038
600	33.096	33.155	33.213	33.272	33.330	33.389	33.448	33.506	33.565	33.624
610	33.683	33.742	33.800	33.859	33.918	33.977	34.036	34.095	34.155	34.214
620	34.273	34.332	34.391	34.451	34.510	34.569	34.629	34.688	34.748	34.807
630	34.867	34.926	34.986	35.046	35.105	35.165	35.225	35.285	35.344	35.404
640	35.464	35.524	35.584	35.644	35.704	35.764	35.825	35.885	35.945	36.005
650	36.066	36.126	36.186	36.247	36.307	36.368	36.428	36.489	36.549	36.610
660	36.671	36.732	36.792	36.853	36.914	36.975	37.036	37.097	37.158	37.219
670	37.280	37.341	37.402	37.463	37.525	37.586	37.647	37.709	37.770	37.831
680	37.893	37.954	38.016	38.078	38.139	38.201	38.262	38.324	38.386	38.448
690	38.510	38.572	38.633	38.695	38.757	38.819	38.882	38.944	39.006	39.068
700	39.130	39.192	39.255	39.317	39.379	39.442	39.504	39.567	39.629	39.692
710	39.754	39.817	39.880	39.942	40.005	40.068	40.131	40.193	40.256	40.319
720	40.382	40.445	40.508	40.571	40.634	40.697	40.760	40.823	40.886	40.950
730	41.013	41.076	41.139	41.203	41.266	41.329	41.393	41.456	41.520	41.583
740	41.647	41.710	41.774	41.837	41.901	41.965	42.028	42.092	42.156	42.219
750	42.283	42.347	42.411	42.475	42.538	42.602	42.666	42.730	42.794	42.858
760	42.922									



December 1994

LM35/LM35A/LM35C/LM35CA/LM35D Precision Centigrade Temperature Sensors

General Description

The LM35 series are precision integrated-circuit temperature sensors, whose output voltage is linearly proportional to the Celsius (Centigrade) temperature. The LM35 thus has an advantage over linear temperature sensors calibrated in ° Kelvin, as the user is not required to subtract a large constant voltage from its output to obtain convenient Centigrade scaling. The LM35 does not require any external calibration or trimming to provide typical accuracies of $\pm 1/4^\circ\text{C}$ at room temperature and $\pm 3/4^\circ\text{C}$ over a full -55 to $+150^\circ\text{C}$ temperature range. Low cost is assured by trimming and calibration at the wafer level. The LM35's low output impedance, linear output, and precise inherent calibration make interfacing to readout or control circuitry especially easy. It can be used with single power supplies, or with plus and minus supplies. As it draws only $60\ \mu\text{A}$ from its supply, it has very low self-heating, less than 0.1°C in still air. The LM35 is rated to operate over a -55° to $+150^\circ\text{C}$ temperature range, while the LM35C is rated for a -40° to $+110^\circ\text{C}$ range (-10° with improved accuracy). The LM35 series is

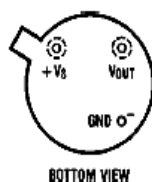
available packaged in hermetic TO-46 transistor packages, while the LM35C, LM35CA, and LM35D are also available in the plastic TO-92 transistor package. The LM35D is also available in an 8-lead surface mount small outline package and a plastic TO-202 package.

Features

- Calibrated directly in ° Celsius (Centigrade)
- Linear + 10.0 mV/°C scale factor
- 0.5°C accuracy guaranteeable (at +25°C)
- Rated for full -55° to $+150^\circ\text{C}$ range
- Suitable for remote applications
- Low cost due to wafer-level trimming
- Operates from 4 to 30 volts
- Less than $60\ \mu\text{A}$ current drain
- Low self-heating, 0.08°C in still air
- Nonlinearity only $\pm 1/4^\circ\text{C}$ typical
- Low impedance output, $0.1\ \Omega$ for 1 mA load

Connection Diagrams

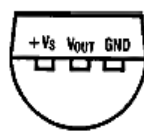
TO-46
Metal Can Package*



BOTTOM VIEW

TL/H/5516-1

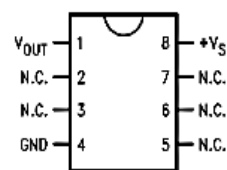
TO-92
Plastic Package



BOTTOM VIEW

TL/H/5516-2

SO-8
Small Outline Molded Package



Top View

N.C. = No Connection

TL/H/5516-21

*Case is connected to negative pin (GND)

Order Number LM35H, LM35AH,
LM35CH, LM35CAH or LM35DH
See NS Package Number H03H

Order Number LM35CZ,
LM35CAZ or LM35DZ
See NS Package Number Z03A

Order Number LM35DM
See NS Package Number M08A

Electrical Characteristics (Note 1) (Note 6)

Parameter	Conditions	LM35A			LM35CA			Units (Max.)
		Typical	Tested Limit (Note 4)	Design Limit (Note 5)	Typical	Tested Limit (Note 4)	Design Limit (Note 5)	
Accuracy (Note 7)	$T_A = +25^\circ\text{C}$	± 0.2	± 0.5		± 0.2	± 0.5		$^\circ\text{C}$
	$T_A = -10^\circ\text{C}$	± 0.3			± 0.3		± 1.0	$^\circ\text{C}$
	$T_A = T_{\text{MAX}}$	± 0.4	± 1.0		± 0.4	± 1.0		$^\circ\text{C}$
	$T_A = T_{\text{MIN}}$	± 0.4	± 1.0		± 0.4		± 1.5	$^\circ\text{C}$
Nonlinearity (Note 8)	$T_{\text{MIN}} \leq T_A \leq T_{\text{MAX}}$	± 0.18		± 0.35	± 0.15		± 0.3	$^\circ\text{C}$
Sensor Gain (Average Slope)	$T_{\text{MIN}} \leq T_A \leq T_{\text{MAX}}$	$+ 10.0$	$+ 9.9,$ $+ 10.1$		$+ 10.0$		$+ 9.9,$ $+ 10.1$	mV/ $^\circ\text{C}$
Load Regulation (Note 3) $0 \leq I_L \leq 1 \text{ mA}$	$T_A = +25^\circ\text{C}$	± 0.4	± 1.0		± 0.4	± 1.0		mV/mA
	$T_{\text{MIN}} \leq T_A \leq T_{\text{MAX}}$	± 0.5		± 3.0	± 0.5		± 3.0	mV/mA
Line Regulation (Note 3)	$T_A = +25^\circ\text{C}$	± 0.01	± 0.05		± 0.01	± 0.05		mV/V
	$4\text{V} \leq V_S \leq 30\text{V}$	± 0.02		± 0.1	± 0.02		± 0.1	mV/V
Quiescent Current (Note 9)	$V_S = +5\text{V}, +25^\circ\text{C}$	56	67		56	67		μA
	$V_S = +5\text{V}$	105		131	91		114	μA
	$V_S = +30\text{V}, +25^\circ\text{C}$	56.2	68		56.2	68		μA
	$V_S = +30\text{V}$	105.5		133	91.5		116	μA
Change of Quiescent Current (Note 3)	$4\text{V} \leq V_S \leq 30\text{V}, +25^\circ\text{C}$	0.2	1.0		0.2	1.0		μA
	$4\text{V} \leq V_S \leq 30\text{V}$	0.5		2.0	0.5		2.0	μA
Temperature Coefficient of Quiescent Current		$+ 0.39$		$+ 0.5$	$+ 0.39$		$+ 0.5$	$\mu\text{A}/^\circ\text{C}$
Minimum Temperature for Rated Accuracy	In circuit of <i>Figure 1</i> , $I_L = 0$	+1.5		+2.0	+1.5		+2.0	$^\circ\text{C}$
Long Term Stability	$T_J = T_{\text{MAX}}$, for 1000 hours	± 0.08			± 0.08			$^\circ\text{C}$

Note 1: Unless otherwise noted, these specifications apply: $-55^\circ\text{C} \leq T_J \leq +150^\circ\text{C}$ for the LM35 and LM35A; $-40^\circ\text{C} \leq T_J \leq +110^\circ\text{C}$ for the LM35C and LM35CA; and $0^\circ\text{C} \leq T_J \leq +100^\circ\text{C}$ for the LM35D. $V_S = +5\text{Vdc}$ and $I_{\text{LOAD}} = 50 \mu\text{A}$, in the circuit of *Figure 2*. These specifications also apply from $+2^\circ\text{C}$ to T_{MAX} in the circuit of *Figure 1*. Specifications in **boldface** apply over the full rated temperature range.

Note 2: Thermal resistance of the TO-46 package is $400^\circ\text{C}/\text{W}$, junction to ambient, and $24^\circ\text{C}/\text{W}$ junction to case. Thermal resistance of the TO-92 package is $180^\circ\text{C}/\text{W}$ junction to ambient. Thermal resistance of the small outline molded package is $220^\circ\text{C}/\text{W}$ junction to ambient. Thermal resistance of the TO-202 package is $85^\circ\text{C}/\text{W}$ junction to ambient. For additional thermal resistance information see table in the Applications section.

Electrical Characteristics (Note 1) (Note 6) (Continued)								
Parameter	Conditions	LM35			LM35C, LM35D			Units (Max.)
		Typical	Tested Limit (Note 4)	Design Limit (Note 5)	Typical	Tested Limit (Note 4)	Design Limit (Note 5)	
Accuracy, LM35, LM35C (Note 7)	$T_A = +25^\circ\text{C}$	±0.4	±1.0		±0.4	±1.0		°C
	$T_A = -10^\circ\text{C}$	±0.5			±0.5		±1.5	°C
	$T_A = T_{\text{MAX}}$	±0.8	±1.5		±0.8		±1.5	°C
	$T_A = T_{\text{MIN}}$	±0.8		±1.5	±0.8		±2.0	°C
Accuracy, LM35D (Note 7)	$T_A = +25^\circ\text{C}$				±0.6	±1.5		°C
	$T_A = T_{\text{MAX}}$				±0.9		±2.0	°C
	$T_A = T_{\text{MIN}}$				±0.9		±2.0	°C
Nonlinearity (Note 8)	$T_{\text{MIN}} \leq T_A \leq T_{\text{MAX}}$	±0.3		±0.5	±0.2		±0.5	°C
Sensor Gain (Average Slope)	$T_{\text{MIN}} \leq T_A \leq T_{\text{MAX}}$	+10.0	+9.8, +10.2		+10.0		+9.8, +10.2	mV/°C
Load Regulation (Note 3) $0 \leq I_L \leq 1$ mA	$T_A = +25^\circ\text{C}$	±0.4	±2.0		±0.4	±2.0		mV/mA
	$T_{\text{MIN}} \leq T_A \leq T_{\text{MAX}}$	±0.5		±5.0	±0.5		±5.0	mV/mA
Line Regulation (Note 3)	$T_A = +25^\circ\text{C}$	±0.01	±0.1		±0.01	±0.1		mV/V
	$4\text{V} \leq V_S \leq 30\text{V}$	±0.02		±0.2	±0.02		±0.2	mV/V
Quiescent Current (Note 9)	$V_S = +5\text{V}, +25^\circ\text{C}$	56	80		56	80		μA
	$V_S = +5\text{V}$	105		158	91		138	μA
	$V_S = +30\text{V}, +25^\circ\text{C}$	56.2	82		56.2	82		μA
	$V_S = +30\text{V}$	105.5		161	91.5		141	μA
Change of Quiescent Current (Note 3)	$4\text{V} \leq V_S \leq 30\text{V}, +25^\circ\text{C}$	0.2	2.0		0.2	2.0		μA
	$4\text{V} \leq V_S \leq 30\text{V}$	0.5		3.0	0.5		3.0	μA
Temperature Coefficient of Quiescent Current		+0.39		+0.7	+0.39		+0.7	μA/°C
Minimum Temperature for Rated Accuracy	In circuit of Figure 1, $I_L = 0$	+1.5		+2.0	+1.5		+2.0	°C
Long Term Stability	$T_J = T_{\text{MAX}}$, for 1000 hours	±0.08			±0.08			°C

Note 3: Regulation is measured at constant junction temperature, using pulse testing with a low duty cycle. Changes in output due to heating effects can be computed by multiplying the internal dissipation by the thermal resistance.

Note 4: Tested Limits are guaranteed and 100% tested in production.

Note 5: Design Limits are guaranteed (but not 100% production tested) over the indicated temperature and supply voltage ranges. These limits are not used to calculate outgoing quality levels.

Note 6: Specifications in boldface apply over the full rated temperature range.

Note 7: Accuracy is defined as the error between the output voltage and 10mV/°C times the device's case temperature, at specified conditions of voltage, current, and temperature (expressed in °C).

Note 8: Nonlinearity is defined as the deviation of the output-voltage-versus-temperature curve from the best-fit straight line, over the device's rated temperature range.

Note 9: Quiescent current is defined in the circuit of Figure 1.

Note 10: Absolute Maximum Ratings indicate limits beyond which damage to the device may occur. DC and AC electrical specifications do not apply when operating the device beyond its rated operating conditions. See Note 1.

Note 11: Human body model, 100 pF discharged through a 1.5 kΩ resistor.

Note 12: See AN-450 "Surface Mounting Methods and Their Effect on Product Reliability" or the section titled "Surface Mount" found in a current National Semiconductor Linear Data Book for other methods of soldering surface mount devices.

ANEXO E. Datasheet del emisor infrarrojo



LITE-ON ELECTRONICS, INC.

Property of Lite-On Only

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS AT TA=25°C

PARAMETER	MAXIMUM RATING	UNIT
Power Dissipation	150	mW
Peak Forward Current (300pps, 10 μ s pulse)	2	A
Continuous Forward Current	100	mA
Reverse Voltage	5	V
Operating Temperature Range	-40°C to +85°C	
Storage Temperature Range	-55°C to +100°C	
Lead Soldering Temperature [1.6mm(.063") From Body]	260°C for 5 Seconds	

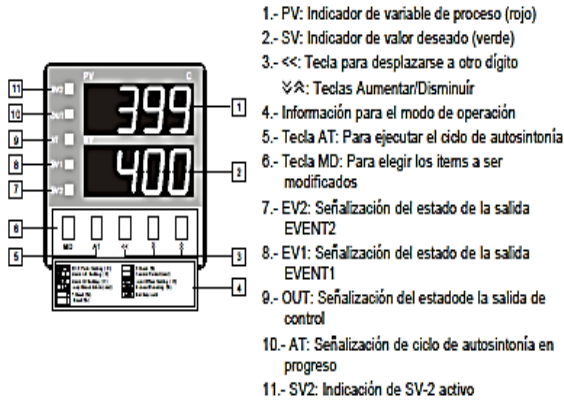
ELECTRICAL OPTICAL CHARACTERISTICS AT TA=25°C

PARAMETER	SYMBOL	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT	TEST CONDITION	BIN NO.
Aperture Radiant Incidence	Ee	0.44		0.96	mW/cm ²	I _F = 20mA	BIN A
		0.64		1.20			BIN B
		0.80		1.68			BIN C
		1.12					BIN D
Radiant Intensity	I _E	3.31		7.22	mW/sr	I _F = 20mA	BIN A
		4.81		9.02			BIN B
		6.02		12.63			BIN C
		8.42					BIN D
Peak Emission Wavelength	λ_{peak}		940		nm	I _F = 20mA	
Spectral Line Half-Width	$\Delta \lambda$		50		nm	I _F = 20mA	
Forward Voltage	V _F		1.2	1.6	V	I _F = 20mA	
Reverse Current	I _R			100	μ A	V _R = 5V	
Viewing Angle (See FIG.6)	2 $\theta_{1/2}$		40		deg.		

ANEXO F. Datasheet del controlador de temperatura

Serie TZ4
CONTROLADORES DE TEMPERATURA PID

Autonics



- 1.- PV: Indicador de variable de proceso (rojo)
- 2.- SV: Indicador de valor deseado (verde)
- 3.- <<: Tecla para desplazarse a otro dígito
↔: Teclas Aumentar/Disminuir
- 4.- Información para el modo de operación
- 5.- Tecla AT: Para ejecutar el ciclo de autosintonía
- 6.- Tecla MD: Para elegir los ítems a ser modificados
- 7.- EV2: Señalización del estado de la salida EVENT2
- 8.- EV1: Señalización del estado de la salida EVENT1
- 9.- OUT: Señalización del estado de la salida de control
- 10.- AT: Señalización de ciclo de autosintonía en progreso
- 11.- SV2: Indicación de SV-2 activo

RANGOS DE ENTRADA

Entrada	Display	Rango
Termocupla K	kCA . H)	-100 a 1300 °C
	kCA . L)	-100.0 a 999.9 °C
Termocupla J	JIC . H)	0 a 800 °C
	JIC . L)	0.0 a 800.0 °C
Termocupla R	r Pr)	0 a 1700 °C
Termocupla E	ECr . H	0 a 800 °C
	ECr . L	0.0 a 800.0 °C
Termocupla T	tCC . H	-200 a 400 °C
	tCC . L	-199.9 a 400.0 °C
Termocupla S	S Pr)	0 a 1700 °C
Termocupla N	N nn)	0 a 1300 °C
Termocupla W	U tt	0 a 2300 °C
Pt100 (JIS)	JPt . H	0 a 500 °C
	JPt . L	-199.9 a 199.9 °C
Pt100 (DIN)	dPt . H	0 a 500 °C
	dPt . L	-199.9 a 199.9 °C
0 a 10 VCC	A -- 1	-1999 a 9999 °C
1 a 5 VCC	A -- 2	-1999 a 9999 °C
4 a 20 mA CC	A -- 3	-1999 a 9999 °C

ESPECIFICACIONES

Modelo	TZ4ST	TZ4H
Alimentación	100 a 240 VCA 50/60 Hz \pm 10%	
Consumo	5 VA máx.	
Display	a LED 2 x 4 dígitos de 8 mm, rojos para variable de proceso (PV) y verdes para set-point (SV)	
Tipos de Entrada	Termocupla: K, J, R, E, T, S, N, W. Resistencia máxima del cableado externo :100 ohms	
	Temorresistencia (RTD) : Pt100 DIN, Pt100 JIS. Conexión a tres hilos, 5 ohms máx. por hilo	
	Tensión: 1 a 5 VCC, 0 a 10 VCC; Corriente: 4 a 20 mA	
Modos de Control	ON / OFF (Histéresis: 1 a 100 °C ajustable)	
	P, PI, PD, PIDF (PID rápido), PIDS (PID lento)	
Salida de Control	Salida a Relé: 1 Inversor 3A, 250 VCA carga resistiva	
	Salida para SSR: 12VCC \pm 2 V, 30 mA máx.	
	Salida de corriente: 4-20mA carga: 600 Ω máximo	
Salida de Alarma	1 ó 2 Relés NA: 1A, 250 VCA carga resistiva	
Precisión	\pm 0,3% del fondo de escala \pm 1 dígito	
Histéresis	Ajustable 1 a 100 (0,1 a 100,0) °C, (control ON / OFF)	
Banda Proporcional (P)	0 a 100%	
Tiempo Integral (I)	0 a 3600 seg	
Tiempo Derivativo (D)	0 a 3600 seg	
Período de Control (T)	1 a 120 seg	
Tiempo de muestreo	500 mseg	
Tiempo de alarma de lazo	1 a 999 seg	
Tiempo de Rampa	Subida, Bajada de 1 a 99 minutos	
Rigidez dieléctrica	2000 VCA 50/60Hz durante 1 minuto entre alimentación y entradas de sensor	
Durabilidad mecánica	0,5 mm de amplitud de 5 a 55 Hz en cada una de las direcciones X, Y, Z durante 2 horas	
Resistencia de aislación	100 Mohm mín (500 VCC)	
Ruido	\pm 2KV fase R y fase S 1 μ seg	
Retención de Memoria	10 años (mediante EEPROM)	
Temperatura de operación	-10 °C a 50 °C (sin formación de hielo)	
Temperatura de almacenamiento	-20 °C a 60 °C (sin formación de hielo)	
Humedad	35% a 85% RH	
Peso	136 g	259 g

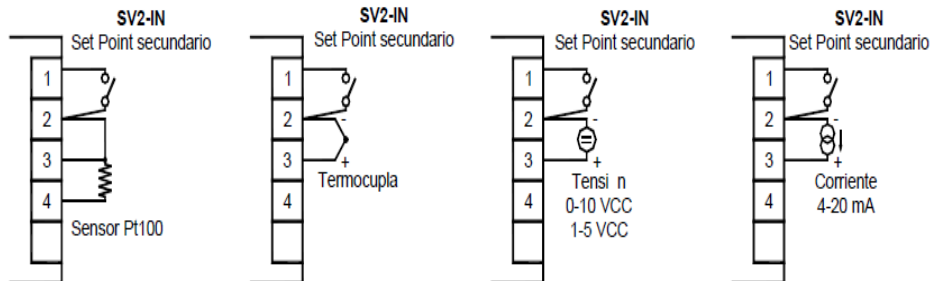
Presionar **[M]** y **[A]** por 3 seg.

Sensor	Evento 1	Evento 2	Modo de alarma	Modo de control	Modo de trabajo	Unidad	Escala (máximo)	Escala (mínimo)	Bloqueo	Sensor
In-t	EU-1	EU-2	AL-t	PI dt	o-ft	Unit	H-SC	L-SC	LoC	In-t
PCRH	LbA	LbA	AL-A	PI dS	HEAt	°C	1300	-100	on	
PCAL	SbA	SbA	AL-b	PI dF	COOL	°F			off	
JICH	AL-0	AL-0	AL-C							
JICL	AL-1	AL-1	AL-d							
r Pr	AL-2	AL-2								
ECrH	AL-3	AL-3								
ECrL	AL-4	AL-4								
ECCH	AL-5	AL-5								
ECCL	AL-6	AL-6								
S Pr										
N on										
U Et										
JPEH										
JPEL										
dPEH										
dPEL										
A--1										
A--2										
A--3										

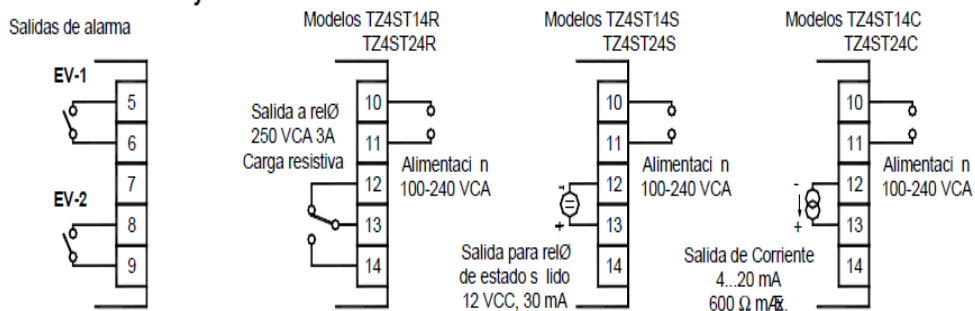
In-t	Selección del tipo de entrada (15 opciones)
EU-1	Selección del modo para alarma EVENT1 (9 opciones)
EU-2	Selección del modo para alarma EVENT2 (9 opciones)
AL-t	Selección del tipo de alarma (4 opciones)
PI dt	Selección del tipo de acción PID (Rápido o lento)
o-ft	Selección del tipo de control (calentar o enfriar)
Unit	Selección de las unidades de temperatura (C o F)
H-SC	Valor máximo de la escala para entrada de tensión o corriente
L-SC	Valor mínimo de la escala para entrada de tensión o corriente
LoC	Bloqueo de modificación de datos

TZ4ST

Conexión de entradas



Conexión de alimentación y salidas



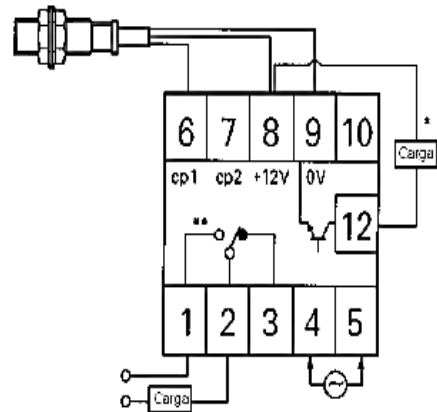
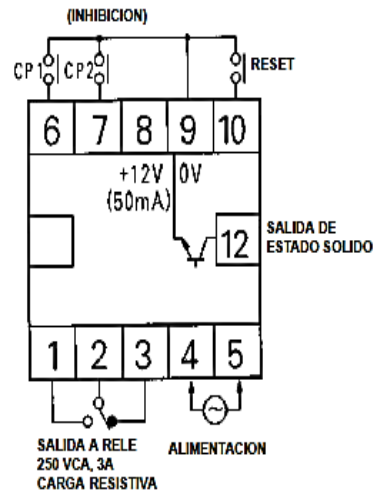
ANEXO G. Contador / Temporizador

ESPECIFICACIONES TECNICAS

DIGITOS	4-LED 8 mm de altura
ALIMENTACION	90 a 264 Vca 50/60 Hz Opcional: 12 a 24 Vcc
CONSUMO	4 VA
SALIDAS	Contacto inversor 3A - 250 Vca
	Estado sólido: NPN colector abierto 30 Vcc - 100 mA
ENTRADAS	CP1, CP2 / INHIBIT, RESET impedancia de entrada: 20 K Ω
VELOCIDAD DE CUENTA	30 Hz / 2 kHz seleccionable con llave DIP
ANCHO MÍNIMO DE LA SENAL	RESET: 20 mseg INHIBIT: 20 mseg
ALIMENTACION PARA SENSOR	12 Vcc \pm 10 %, 50 mA máx

MEMORIA INTERNA	10 años
TEMPERATURA DE TRABAJO	- 10 °C a + 55 °C
ASLACION	100 M Ω mín (a 500 Vcc) entre terminales de salida y alimentación
RIGIDEZ DIELECTRICA	2000 Vca 50/60 Hz por un minuto entre terminales de salida y alimentación
RECHAZO A RUIDO	\pm 2 kV onda cuadrada (ancho de pulso 1 μ seg)
RESISTENCIA MECANICA	Vibración: 10-55 Hz, 1,5 mm, 1 hora Choque: 300 m/seg ² , 3 veces
VIDA UTIL MECANICA	10.000.000 operaciones mínimo
VIDA UTIL ELECTRICA	100.000 operaciones mínimo a 250 Vca, 3A de carga resistiva
PESO	150 g

CONEXIONES



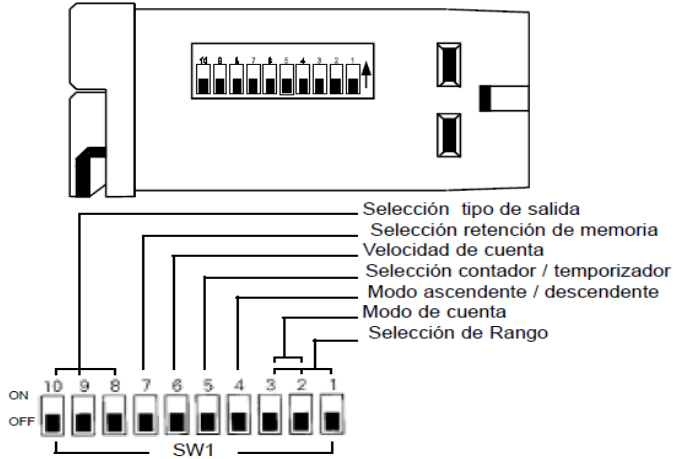
* En caso de utilizar la salida de estado sólido con la fuente interna, el total de la carga sumada al consumo del sensor no deberá superar 50 mA
 ** Capacidad de contactos: 250 Vca, 3A máx. sobre carga resistiva.

FX4S

CONTADOR / TEMPORIZADOR CON UNA PRESELECCION



SELECCION POR DIP SWITCHES



MODO CONTADOR
Selección de entrada

SW1	Función
ON	Descendente
OFF	
ON	Ascendente
OFF	

SW1	Función
ON	Contador
OFF	
ON	Temporizador
OFF	

SW1	CP1, CP2
ON	2 kHz
OFF	
ON	30 Hz
OFF	

SW1	Función
ON	Reset al conectar (sin memoria)
OFF	
ON	Memoria
OFF	

Time setting mode(Timer)

SW1	4Digit	5Digit								
<table border="1"> <tr><td>ON</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr> <tr><td>OFF</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td></tr> </table>	ON	1	2	3	OFF	■	■	■	99.99sec	9999.9sec
ON	1	2	3							
OFF	■	■	■							
<table border="1"> <tr><td>ON</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr> <tr><td>OFF</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td></tr> </table>	ON	1	2	3	OFF	■	■	■	999.9sec	99999sec
ON	1	2	3							
OFF	■	■	■							
<table border="1"> <tr><td>ON</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr> <tr><td>OFF</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td></tr> </table>	ON	1	2	3	OFF	■	■	■	9999sec	9min 59.99sec
ON	1	2	3							
OFF	■	■	■							
<table border="1"> <tr><td>ON</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr> <tr><td>OFF</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td></tr> </table>	ON	1	2	3	OFF	■	■	■	99min 59sec	99min 59.9sec
ON	1	2	3							
OFF	■	■	■							
<table border="1"> <tr><td>ON</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr> <tr><td>OFF</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td></tr> </table>	ON	1	2	3	OFF	■	■	■	999.9min	9999.9min
ON	1	2	3							
OFF	■	■	■							
<table border="1"> <tr><td>ON</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr> <tr><td>OFF</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td></tr> </table>	ON	1	2	3	OFF	■	■	■	99hour 59min	9hour 59min 59sec
ON	1	2	3							
OFF	■	■	■							
<table border="1"> <tr><td>ON</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr> <tr><td>OFF</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td></tr> </table>	ON	1	2	3	OFF	■	■	■	999.9hour	999hour 59min
ON	1	2	3							
OFF	■	■	■							
<table border="1"> <tr><td>ON</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr> <tr><td>OFF</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td></tr> </table>	ON	1	2	3	OFF	■	■	■	9999hour	9999.9hour
ON	1	2	3							
OFF	■	■	■							

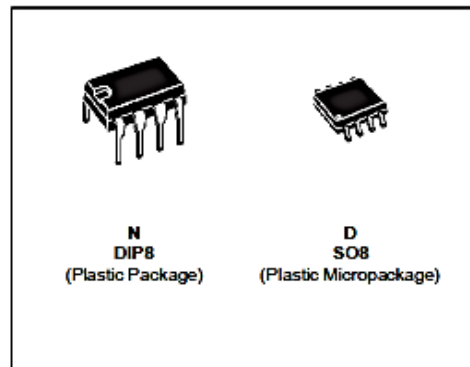
ANEXO H. Datasheet amplificador operacional



**LF153
LF253 - LF353**

**WIDE BANDWIDTH
DUAL J-FET OPERATIONAL AMPLIFIERS**

- LOW POWER CONSUMPTION
- WIDE COMMON-MODE (UP TO V_{CC}^+) AND DIFFERENTIAL VOLTAGE RANGE
- LOW INPUT BIAS AND OFFSET CURRENT
- OUTPUT SHORT-CIRCUIT PROTECTION
- HIGH INPUT IMPEDANCE J-FET INPUT STAGE
- INTERNAL FREQUENCY COMPENSATION
- LATCH UP FREE OPERATION
- HIGH SLEW RATE : $16V/\mu s$ (typ)



DESCRIPTION

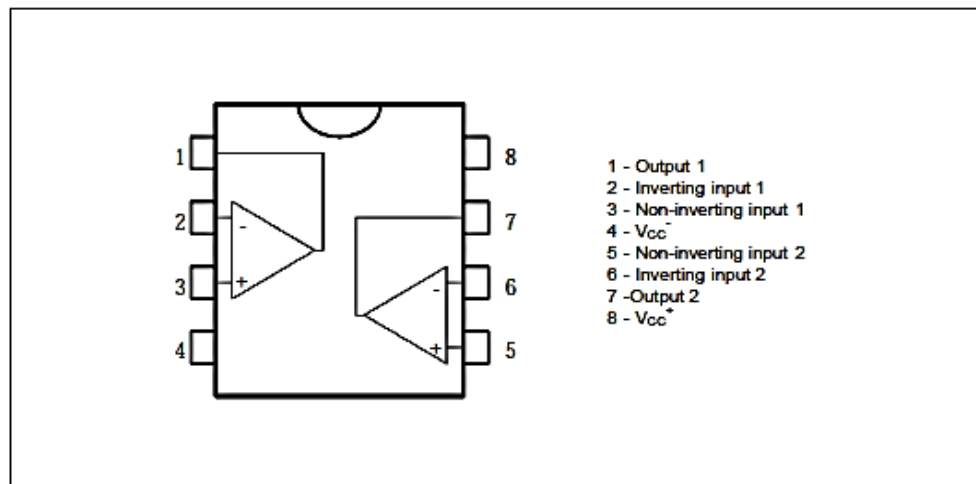
The LF353 are high speed J-FET input dual operational amplifiers incorporating well matched, high voltage J-FET and bipolar transistors in a monolithic integrated circuit.

The devices feature high slew rates, low input bias and offset currents, and low offset voltage temperature coefficient.

ORDER CODES

Part Number	Temperature	Package	
		N	D
LF353	0°C, +70°C	•	•
LF253	-40°C, +105°C	•	•
LF153	-55°C, +125°C	•	•

PIN CONNECTIONS (top view)



ELECTRICAL CHARACTERISTICS

V_{CC} = ±15V, T_{amb} = 25°C (unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	LF153 - LF253 - LF353			Unit
		Min.	Typ.	Max.	
V _{io}	Input Offset Voltage (R _S = 10kΩ) T _{amb} = 25°C T _{min.} ≤ T _{amb} ≤ T _{max.}		3	10 13	mV
DV _{io}	Input Offset Voltage Drift		10		μV/°C
I _o	Input Offset Current * T _{amb} = 25°C T _{min.} ≤ T _{amb} ≤ T _{max.}		5	100 4	pA nA
I _b	Input Bias Current * T _{amb} = 25°C T _{min.} ≤ T _{amb} ≤ T _{max.}		20	200 20	pA nA
A _{vd}	Large Signal Voltage Gain (R _L = 2kΩ, V _O = ±10V) T _{amb} = 25°C T _{min.} ≤ T _{amb} ≤ T _{max.}	50 25	200		V/mV
SVR	Supply Voltage Rejection Ratio (R _S = 10kΩ) T _{amb} = 25°C T _{min.} ≤ T _{amb} ≤ T _{max.}	80 80	86		dB
I _{CC}	Supply Current (no load) T _{amb} = 25°C T _{min.} ≤ T _{amb} ≤ T _{max.}		1.4	3.2 3.2	mA
V _{icm}	Input Common Mode Voltage Range	±11	+15 -12		V
CMR	Common Mode Rejection Ratio (R _S = 10kΩ) T _{amb} = 25°C T _{min.} ≤ T _{amb} ≤ T _{max.}	70 70	86		dB
I _{os}	Output Short-circuit Current T _{amb} = 25°C T _{min.} ≤ T _{amb} ≤ T _{max.}	10 10	40	60 60	mA
±V _{OPP}	Output Voltage Swing T _{amb} = 25°C T _{min.} ≤ T _{amb} ≤ T _{max.}				V
	R _L = 2kΩ	10	12		
	R _L = 10kΩ	12	13.5		
	R _L = 2kΩ	10			
	R _L = 10kΩ	12			
SR	Slew Rate (V _i = 10V, R _L = 2kΩ, C _L = 100pF, T _{amb} = 25°C, unity gain)	12	16		V/μs
t _r	Rise Time (V _i = 20mV, R _L = 2kΩ, C _L = 100pF, T _{amb} = 25°C, unity gain)		0.1		μs
K _{OV}	Overshoot (V _i = 20mV, R _L = 2kΩ, C _L = 100pF, T _{amb} = 25°C, unity gain)		10		%
GBP	Gain Bandwidth Product (f = 100kHz, T _{amb} = 25°C, V _{in} = 10mV, R _L = 2kΩ, C _L = 100pF)	2.5	4		MHz
R _i	Input Resistance		10 ¹²		Ω
THD	Total Harmonic Distortion (f = 1kHz, A _V = 20dB, R _L = 2kΩ, C _L = 100pF, T _{amb} = 25°C, V _O = 2V _{PP})		0.01		%
e _n	Equivalent Input Noise Voltage (f = 1kHz, R _S = 100Ω)		15		$\frac{nV}{\sqrt{Hz}}$
∅ _m	Phase Margin		45		Degrees
V _{O1} /V _{O2}	Channel Separation (A _V = 100, T _{amb} = 25°C)		120		dB

* The input bias currents are junction leakage currents which approximately double for every 10°C increase in the junction temperature.

ANEXO I. Datasheet del amplificador de instrumentación

FEATURES

- **LOW OFFSET VOLTAGE:** 50μV max
- **LOW DRIFT:** 0.5μV/°C max
- **LOW INPUT BIAS CURRENT:** 5nA max
- **HIGH CMR:** 120dB min
- **INPUTS PROTECTED TO ±40V**
- **WIDE SUPPLY RANGE:** ±2.25 to ±18V
- **LOW QUIESCENT CURRENT:** 700μA
- **8-PIN PLASTIC DIP, SO-8**

APPLICATIONS

- **BRIDGE AMPLIFIER**
- **THERMOCOUPLE AMPLIFIER**
- **RTD SENSOR AMPLIFIER**
- **MEDICAL INSTRUMENTATION**
- **DATA ACQUISITION**

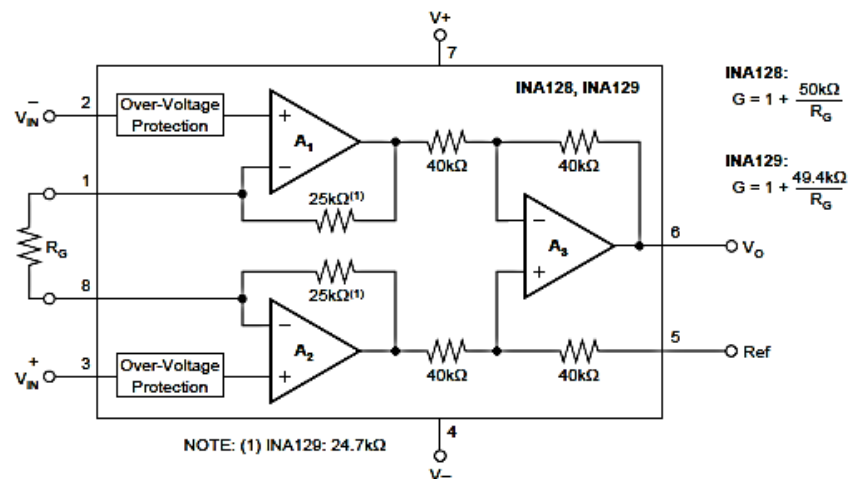
DESCRIPTION

The INA128 and INA129 are low power, general purpose instrumentation amplifiers offering excellent accuracy. Their versatile 3-op amp design and small size make them ideal for a wide range of applications. Current-feedback input circuitry provides wide bandwidth even at high gain (200kHz at $G = 100$).

A single external resistor sets any gain from 1 to 10,000. INA128 provides an industry standard gain equation; INA129's gain equation is compatible with the AD620.

The INA128/INA129 is laser trimmed for very low offset voltage (50μV), drift (0.5μV/°C) and high common-mode rejection (120dB at $G \geq 100$). It operates with power supplies as low as ±2.25V, and quiescent current is only 700μA—ideal for battery operated systems. Internal input protection can withstand up to ±40V without damage.

The INA128/INA129 is available in 8-pin plastic DIP, and SO-8 surface-mount packages, specified for the -40°C to +85°C temperature range. The INA128 is also available in dual configuration, the INA2128.




SPECIFICATIONS

At $T_A = +25^\circ\text{C}$, $V_S = \pm 15\text{V}$, $R_L = 10\text{k}\Omega$, unless otherwise noted.

PARAMETER	CONDITIONS	INA128P, U INA129P, U			INA128PA, UA INA129PA, UA			UNITS
		MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
INPUT								
Offset Voltage, RTI	$T_A = +25^\circ\text{C}$		$\pm 10 \pm 100/G$	$\pm 50 \pm 500/G$		$\pm 25 \pm 100/G$	$\pm 125 \pm 1000/G$	μV
Initial vs Temperature	$T_A = T_{\text{MIN}} \text{ to } T_{\text{MAX}}$		$\pm 0.2 \pm 2/G$	$\pm 0.5 \pm 20/G$		$\pm 0.2 \pm 5/G$	$\pm 1 \pm 20/G$	$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
vs Power Supply	$V_S = \pm 2.25\text{V to } \pm 18\text{V}$		$\pm 0.2 \pm 20/G$	$\pm 1 \pm 100/G$		*	$\pm 2 \pm 200/G$	$\mu\text{V}/\text{V}$
Long-Term Stability			$\pm 0.1 \pm 3/G$			*		$\mu\text{V}/\text{mo}$
Impedance, Differential			$10^{10} \parallel 2$			*		$\Omega \parallel \text{pF}$
Common-Mode			$10^{11} \parallel 0$			*		$\Omega \parallel \text{pF}$
Common-Mode Voltage Range ⁽¹⁾	$V_O = 0\text{V}$	$(V^+) - 2$ $(V^-) + 2$	$(V^+) - 1.4$ $(V^-) + 1.7$		*	*		V
Safe Input Voltage				± 40	*	*	*	V
Common-Mode Rejection	$V_{\text{CM}} = \pm 13\text{V}$, $\Delta R_S = 1\text{k}\Omega$							
	G=1	80	86		73	*		dB
	G=10	100	106		93	*		dB
	G=100	120	125		110	*		dB
	G=1000	120	130		110	*		dB
BIAS CURRENT			± 2	± 5		*	± 10	nA
vs Temperature			± 30			*		$\text{pA}/^\circ\text{C}$
Offset Current			± 1	± 5		*	± 10	nA
vs Temperature			± 30			*		$\text{pA}/^\circ\text{C}$
NOISE VOLTAGE, RTI	$G = 1000$, $R_S = 0\Omega$					*		$\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$
f = 10Hz			10			*		$\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$
f = 100Hz			8			*		$\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$
f = 1kHz			8			*		$\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$
$f_B = 0.1\text{Hz to } 10\text{Hz}$			0.2			*		$\mu\text{Vp-p}$
Noise Current						*		$\text{pA}/\sqrt{\text{Hz}}$
f=10Hz			0.9			*		$\text{pA}/\sqrt{\text{Hz}}$
f=1kHz			0.3			*		$\text{pA}/\sqrt{\text{Hz}}$
$f_B = 0.1\text{Hz to } 10\text{Hz}$			30			*		pAp-p
GAIN								
Gain Equation, INA128			$1 + (50\text{k}\Omega/R_G)$			*		V/V
INA129			$1 + (49.4\text{k}\Omega/R_G)$			*		V/V
Range of Gain		1		10000	*			V/V
Gain Error	G=1		± 0.01	± 0.024		*	± 0.1	%
	G=10		± 0.02	± 0.4		*	± 0.5	%
	G=100		± 0.05	± 0.5		*	± 0.7	%
	G=1000		± 0.5	± 1		*	± 2	%
	G=1		± 1	± 10		*	*	$\text{ppm}/^\circ\text{C}$
Gain vs Temperature ⁽²⁾			± 25	± 100		*	*	$\text{ppm}/^\circ\text{C}$
50k Ω (or 49.4k Ω) Resistance ^(2,3)			± 0.0001	± 0.001		*	± 0.002	% of FSR
Nonlinearity	$V_O = \pm 13.6\text{V}$, G=1		± 0.0003	± 0.002		*	± 0.004	% of FSR
	G=10		± 0.0005	± 0.002		*	± 0.004	% of FSR
	G=100		± 0.001	(Note 4)		*	*	% of FSR
OUTPUT								
Voltage: Positive	$R_L = 10\text{k}\Omega$	$(V^+) - 1.4$	$(V^+) - 0.9$		*	*		V
Negative	$R_L = 10\text{k}\Omega$	$(V^-) + 1.4$	$(V^-) + 0.8$		*	*		V
Load Capacitance Stability			1000		*	*		pF
Short-Circuit Current			+6/-15		*	*		mA
FREQUENCY RESPONSE								
Bandwidth, -3dB	G=1		1.3			*		MHz
	G=10		700			*		kHz
	G=100		200			*		kHz
	G=1000		20			*		kHz
Slew Rate	$V_O = \pm 10\text{V}$, G=10		4			*		V/ μs
Setting Time, 0.01%	G=1		7			*		μs
	G=10		7			*		μs
	G=100		9			*		μs
	G=1000		80			*		μs
Overload Recovery	50% Overdrive		4			*		μs
POWER SUPPLY								
Voltage Range		± 2.25	± 15	± 18	*	*	*	V
Current, Total	$V_{\text{IN}} = 0\text{V}$		± 700	± 750		*	*	μA
TEMPERATURE RANGE								
Specification		-40		85	*		*	$^\circ\text{C}$
Operating		-40		125	*		*	$^\circ\text{C}$
θ_{JA} 8-Pin Dip			80		*	*	*	$^\circ\text{C}/\text{W}$
SO-8 SOIC			150		*	*	*	$^\circ\text{C}/\text{W}$

ANEXO J. Datasheet del microprocesador



MICROCHIP PIC18F2455/2550/4455/4550

28/40/44-Pin High-Performance, Enhanced Flash USB Microcontrollers with nanoWatt Technology

Universal Serial Bus Features:

- USB V2.0 Compliant SIE
- Low-speed (1.5 Mb/s) and full-speed (12 Mb/s)
- Supports control, interrupt, isochronous and bulk transfers
- Supports up to 32 endpoints (16 bidirectional)
- 1-Kbyte dual access RAM for USB
- On-board USB transceiver with on-chip voltage regulator
- Interface for off-chip USB transceiver
- Streaming Parallel Port (SPP) for USB streaming transfers (40/44-pin devices only)

Power Managed Modes:

- Run: CPU on, peripherals on
- Idle: CPU off, peripherals on
- Sleep: CPU off, peripherals off
- Idle mode currents down to 5.8 μ A typical
- Sleep current down to 0.1 μ A typical
- Timer1 oscillator: 1.1 μ A typical, 32 kHz, 2V
- Watchdog Timer: 2.1 μ A typical
- Two-Speed Oscillator Start-up

Flexible Oscillator Structure:

- Five Crystal modes, including High-Precision PLL for USB
- Two External RC modes, up to 4 MHz
- Two External Clock modes, up to 40 MHz
- Internal oscillator block:
 - 8 user selectable frequencies, from 31 kHz to 8 MHz
 - User tunable to compensate for frequency drift
- Secondary oscillator using Timer1 @ 32 kHz
- Fail-Safe Clock Monitor
 - Allows for safe shutdown if any clock stops

Peripheral Highlights:

- High current sink/source: 25 mA/25 mA
- Three external interrupts
- Four Timer modules (Timer0 to Timer3)
- Up to 2 Capture/Compare/PWM (CCP) modules:
 - Capture is 16-bit, max. resolution 6.25 ns ($T_{cy}/16$)
 - Compare is 16-bit, max. resolution 100 ns (T_{cy})
 - PWM output: PWM resolution is 1 to 10-bit
- Enhanced Capture/Compare/PWM (ECCP) module:
 - Multiple output modes
 - Selectable polarity
 - Programmable dead-time
 - Auto-Shutdown and Auto-Restart
- Addressable USART module:
 - LIN bus support
- Master Synchronous Serial Port (MSSP) module supporting 3-wire SPI™ (all 4 modes) and I²C™ Master and Slave modes
- 10-bit, up to 13-channels Analog-to-Digital Converter module (A/D) with programmable acquisition time
- Dual analog comparators with input multiplexing

Special Microcontroller Features:

- C compiler optimized architecture with optional extended instruction set
- 100,000 erase/write cycle Enhanced Flash program memory typical
- 1,000,000 erase/write cycle data EEPROM memory typical
- Flash/data EEPROM retention: > 40 years
- Self-programmable under software control
- Priority levels for interrupts
- 8 x 8 Single Cycle Hardware Multiplier
- Extended Watchdog Timer (WDT):
 - Programmable period from 41 ms to 131s
- Programmable Code Protection
- Single-supply 5V In-Circuit Serial Programming™ (ICSP™) via two pins
- In-Circuit Debug (ICD) via two pins
- Wide operating voltage range (2.0V to 5.5V)

Device	Program Memory		Data Memory		I/O	10-bit A/D (ch)	CCP/ ECCP (PWM)	SPP	MSSP		EAUSART	Comparators	Timers 8/16-bit
	FLASH (bytes)	# Single-Word Instructions	SRAM (bytes)	EEPROM (bytes)					SPI	Master I ² C			
PIC18F2455	24K	12288	2048	256	24	10	2/0	No	Y	Y	1	2	1/3
PIC18F2550	32K	16384	2048	256	24	10	2/0	No	Y	Y	1	2	1/3
PIC18F4455	24K	12288	2048	256	35	13	1/1	Yes	Y	Y	1	2	1/3
PIC18F4550	32K	16384	2048	256	35	13	1/1	Yes	Y	Y	1	2	1/3

40-Pin PDIP

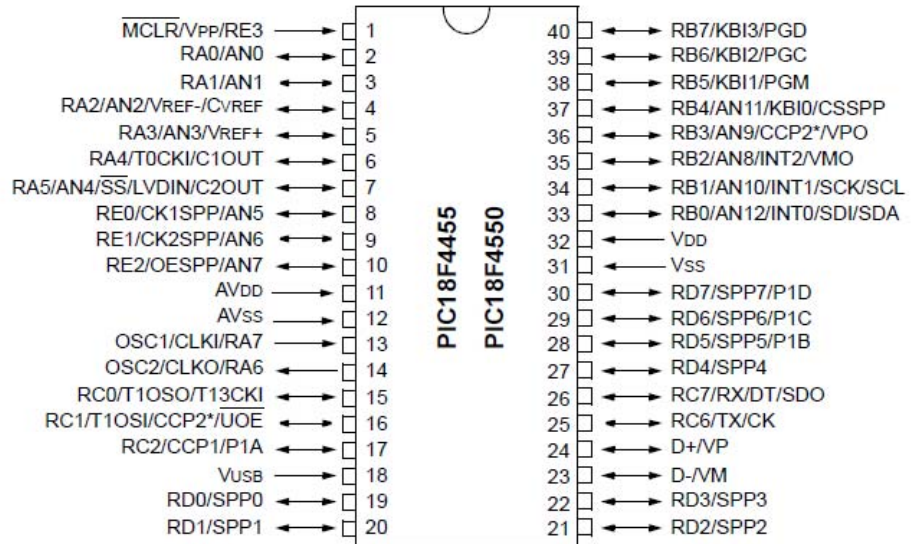


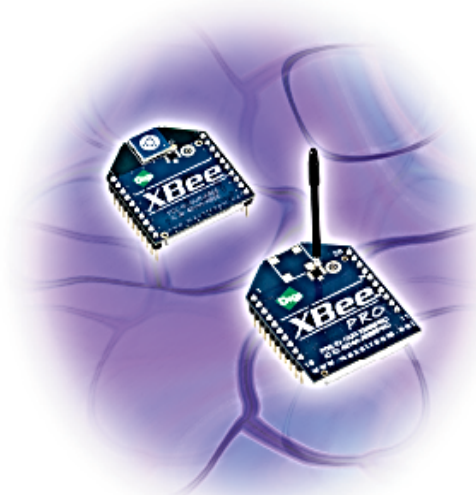
TABLE 1-1: DEVICE FEATURES

Features	PIC18F2455	PIC18F2550	PIC18F4455	PIC18F4550
Operating Frequency	DC – 48 MHz	DC – 48 MHz	DC – 48 MHz	DC – 48 MHz
Program Memory (Bytes)	24576	32768	24576	32768
Program Memory (Instructions)	12288	16384	12288	16384
Data Memory (Bytes)	2048	2048	2048	2048
Data EEPROM Memory (Bytes)	256	256	256	256
Interrupt Sources	19	19	20	20
I/O Ports	Ports A, B, C, (E)	Ports A, B, C, (E)	Ports A, B, C, D, E	Ports A, B, C, D, E
Timers	4	4	4	4
Capture/Compare/PWM Modules	2	2	1	1
Enhanced Capture/ Compare/PWM Modules	0	0	1	1
Serial Communications	MSSP, Enhanced USART	MSSP, Enhanced USART	MSSP, Enhanced USART	MSSP, Enhanced USART
Universal Serial Bus (USB) Module	1	1	1	1
Streaming Parallel Port (SPP)	No	No	Yes	Yes
10-Bit Analog-to-Digital Module	10 Input Channels	10 Input Channels	13 Input Channels	13 Input Channels
Comparators	2	2	2	2
Resets (and Delays)	POR, BOR, RESET Instruction, Stack Full, Stack Underflow (PWRT, OST), MCLR (optional), WDT	POR, BOR, RESET Instruction, Stack Full, Stack Underflow (PWRT, OST), MCLR (optional), WDT	POR, BOR, RESET Instruction, Stack Full, Stack Underflow (PWRT, OST), MCLR (optional), WDT	POR, BOR, RESET Instruction, Stack Full, Stack Underflow (PWRT, OST), MCLR (optional), WDT
Programmable Low-Voltage Detect	Yes	Yes	Yes	Yes
Programmable Brown-out Reset	Yes	Yes	Yes	Yes
Instruction Set	75 Instructions; 83 with Extended Instruction Set enabled	75 Instructions; 83 with Extended Instruction Set enabled	75 Instructions; 83 with Extended Instruction Set enabled	75 Instructions; 83 with Extended Instruction Set enabled
Packages	28-pin PDIP 28-pin SOIC	28-pin PDIP 28-pin SOIC	40-pin PDIP 44-pin QFN 44-pin TQFP	40-pin PDIP 44-pin QFN 44-pin TQFP

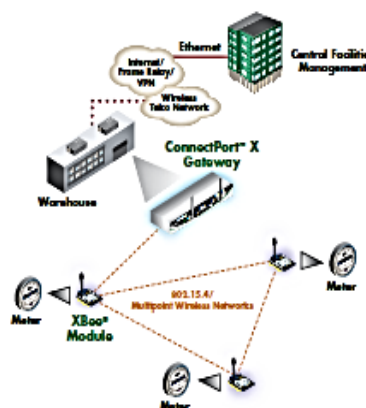
Product Datasheet

XBee® Multipoint RF Modules

Embedded RF Modules for OEMs



Providing critical end-point connectivity to Digi's Drop-in Networking product family, XBee multipoint RF modules are low-cost and easy to deploy.



Features/Benefits

- 802.15.4/Multipoint network topologies
- 2.4 GHz for worldwide deployment
- 900 MHz for long-range deployment
- Fully interoperable with other Digi Drop-in Networking products, including gateways, device adapters and extenders
- Common XBee footprint for a variety of RF modules
- Low-power sleep modes
- Multiple antenna options
- Industrial temperature rating (-40° C to 85° C)
- Low power and long range variants available

Overview

XBee Product Family

The XBee family of embedded RF modules provides OEMs with a common footprint shared by multiple platforms, including multipoint and ZigBee/Mesh topologies, and both 2.4 GHz and 900 MHz solutions. OEMs deploying the XBee can substitute one XBee for another, depending upon dynamic application needs, with minimal development, reduced risk and shorter time-to-market.

Why XBee Multipoint RF Modules?

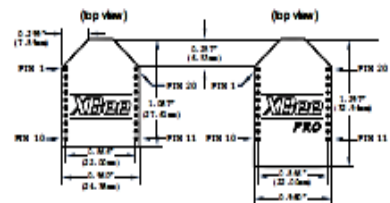
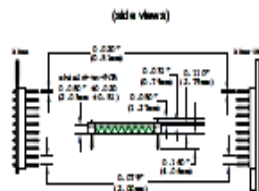
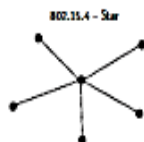
XBee multipoint RF modules are ideal for applications requiring low latency and predictable communication timing. Providing quick, robust communication in point-to-point, peer-to-peer, and multipoint/star configurations, XBee multipoint products enable robust end-point connectivity with ease. Whether deployed as a pure cable replacement for simple serial communication, or as part of a more complex hub-and-spoke network of sensors, XBee multipoint RF modules maximize wireless performance and ease of development.

Drop-in Networking End-Point Connectivity

XBee OEM RF modules are part of Digi's Drop-in Networking family of end-to-end connectivity solutions. By seamlessly interfacing with compatible gateways, device adapters and extenders, XBee embedded RF modules provide developers with true beyond-the-horizon connectivity.

Platform	XBee® 802.15.4 (Series 1)	XBee-PRO® 802.15.4 (Series 1)	XBee-PRO® XSC
Performance			
RF Data Rate	250 kbps	250 kbps	10 kbps / 9.6 kbps
Indoor/Urban Range	100 ft (30 m)	300 ft (100 m)	Up to 1200 ft (370 m)
Outdoor/RF Line-of-Sight Range	300 ft (100 m)	1 mi (1.6 km)	Up to 6 mi (9.6 km)
Transmit Power	1 mW (+0 dBm)	60 mW (+18 dBm)*	100 mW (+20 dBm)
Receiver Sensitivity (1% PER)	-92 dBm	-100 dBm	-106 dBm
Features			
Serial Data Interface	3.3V CMOS UART	3.3V CMOS UART	3.3V CMOS UART (5V Tolerant)
Configuration Method	API or AT Commands, local or over-the-air	API or AT Commands, local or over-the-air	AT Commands
Frequency Band	2.4 GHz	2.4 GHz	902 MHz to 928 MHz
Interference Immunity	DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum)	DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum)	FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum)
Serial Data Rate	1200 bps - 250 kbps	1200 bps - 250 kbps	1200 bps - 57.6 kbps
ADC Inputs	(6) 10-bit ADC inputs	(6) 10-bit ADC inputs	None
Digital I/O	8	8	None
Antenna Options	Chip, Wire Whip, U.F.L. & RPSMA	Chip, Wire Whip, U.F.L. & RPSMA	Wire Whip, U.F.L., RPSMA
Networking & Security			
Encryption	128-bit AES	128-bit AES	No
Reliable Packet Delivery	Retries/Acknowledgments	Retries/Acknowledgments	Retries/Acknowledgements
IDs and Channels	PAN ID, 64-bit IEEE MAC, 16 Channels	PAN ID, 64-bit IEEE MAC, 12 Channels	PAN ID, 32-bit Address, 7 Channels
Power Requirements			
Supply Voltage	2.8 - 3.4VDC	2.8 - 3.4VDC	3.0 - 3.6VDC
Transmit Current	45 mA @ 3.3VDC	215 mA @ 3.3VDC	265 mA typical
Receive Current	50 mA @ 3.3VDC	55 mA @ 3.3VDC	65 mA typical
Power-Down Current	<10 uA @ 25° C	<10 uA @ 25° C	45 uA pin Sleep
Regulatory Approvals			
FCC (USA)	DUR-XBEE	DUR-XBEEPRO	MCO-XBEEEXSC
IC (Canada)	4214A-XBEE	4214A-XBEEPRO	1846A-XBEEEXSC
ETSI (Europe)	Yes	Yes* Max TX 10 mW	No
C-TICK Australia	Yes	Yes	No
Telec (Japan)	Yes	Yes*	No

* XBee-PRO 802.15.4 TX Power restricted to 10 mW in Europe and Japan.



Please visit www.digi.com for part numbers.

ANEXO L. Fuente de poder



SPECIFICATION

MODEL		Q-60B				Q-60C				Q-60D			
OUTPUT	OUTPUT NUMBER	CH1	CH2	CH3	CH4	CH1	CH2	CH3	CH4	CH1	CH2	CH3	CH4
	DC VOLTAGE	5V	12V	-5V	-12V	5V	15V	-5V	-15V	5V	12V	24V	-12V
	RATED CURRENT	5.5A	2A	0.5A	0.5A	5.5A	1.5A	0.5A	0.5A	4A	1A	1A	0.5A
	CURRENT RANGE	0.5 – 8A	0.1 – 3A	0 – 1A	0 – 1A	0.5 – 8A	0.1 – 3A	0 – 1A	0 – 1A	0.5 – 8A	0.1 – 3A	0.1 – 1.5A	0 – 1A
	RATED POWER	60W				60W				62W			
	RIPPLE & NOISE (max.) Note.2	100mVp-p	120mVp-p	100mVp-p	120mVp-p	100mVp-p	120mVp-p	100mVp-p	120mVp-p	100mVp-p	120mVp-p	150mVp-p	120mVp-p
	VOLTAGE ADJ. RANGE	CH1: 4.75 – 5.5V				CH1: 4.75 – 5.5V				CH1: 4.75 – 5.5V			
	VOLTAGE TOLERANCE Note.3	±2.0%	±6.0%	±5.0%	±5.0%	±2.0%	+8,-4%	±5.0%	±5.0%	±2.0%	±6.0%	+8,-4%	±5.0%
	LINE REGULATION	±0.5%	±1.0%	±0.5%	±0.5%	±0.5%	±2.0%	±0.5%	±0.5%	±0.5%	±1.0%	±2.0%	±0.5%
	LOAD REGULATION	±0.5%	±4.0%	±1.0%	±1.0%	±0.5%	±4.0%	±1.0%	±1.0%	±0.5%	±4.0%	±4.0%	±1.0%
SETUP, RISE TIME	800ms, 20ms/230VAC				1600ms, 20ms/115VAC at full load								
HOLD UP TIME (Typ.)	70ms/230VAC				15ms/115VAC at full load								
INPUT	VOLTAGE RANGE	85 – 264VAC		120 – 370VDC									
	FREQUENCY RANGE	47 – 63Hz											
	EFFICIENCY (Typ.)	70%				72%				75%			
	AC CURRENT (Typ.)	2A/115VAC		0.8A/230VAC									
	INRUSH CURRENT (Typ.)	COLD START 15A/115VAC		30A/230VAC									
	LEAKAGE CURRENT	<1mA/ 240VAC											
PROTECTION	OVERLOAD	105 – 150%/115VAC rated output power Protection type: Hiccup mode, recovers automatically after fault condition is removed											
	OVER VOLTAGE	5V: 5.75 – 6.75VDC Protection type: Hiccup mode, recovers automatically after fault condition is removed											
ENVIRONMENT	WORKING TEMP.	-10 – +60°C (Refer to output load derating curve)											
	WORKING HUMIDITY	20 – 90% RH non-condensing											
	STORAGE TEMP., HUMIDITY	-20 – +85°C, 10 – 95% RH											
	TEMP. COEFFICIENT	±0.03%/°C (0 – 50°C) on +5V output											
	VIBRATION	10 – 500Hz, 2G 10min./1cycle, 60min. each along X, Y, Z axes											
SAFETY & EMC (Note 4)	SAFETY STANDARDS	UL60950-1 approved											
	WITHSTAND VOLTAGE	I/P-O/P:3KVAC I/P-FG:1.5KVAC O/P-FG:0.5KVAC											
	ISOLATION RESISTANCE	I/P-O/P, I/P-FG, O/P-FG:100M Ohms/500VDC											
	EMI CONDUCTION & RADIATION	Compliance to EN55022 (CISPR22) Class B											
	HARMONIC CURRENT	Compliance to EN61000-3-2,-3											
	EMS IMMUNITY	Compliance to EN61000-4-2,3,4,5,6,8,11; ENV50204, light industry level, criteria A											
OTHERS	MTBF	284.8K hrs min. MIL-HDBK-217F (25°C)											
	DIMENSION	159*97*38mm (L*W*H)											
	PACKING	0.56Kg, 24pcs/14.4Kg/0.75CUFT											
NOTE	<ol style="list-style-type: none"> All parameters NOT specially mentioned are measured at 230VAC input, rated load and 25°C of ambient temperature. Ripple & noise are measured at 20MHz of bandwidth by using a 12" twisted pair-wire terminated with a 0.1µf & 47µf parallel capacitor. Tolerance : includes set up tolerance, line regulation and load regulation. The power supply is considered a component which will be installed into a final equipment. The final equipment must be re-confirmed that it still meets EMC directives. 												

ANEXO M. Programacion del microcontrolador

```
#include <18F4550.h>
#device adc=10

#FUSES NOWDT           //No Watch Dog Timer
#FUSES WDT128         //Watch Dog Timer uses 1:128 Postscale
#FUSES XT             //Crystal osc <= 4mhz
#FUSES NOPROTECT      //Code not protected from reading
#FUSES NOBROWNOUT     //No brownout reset
#FUSES BORV20         //Brownout reset at 2.0V
#FUSES NOPUT         //No Power Up Timer
#FUSES NOCPD         //No EE protection
#FUSES NOSTVREN       //Stack full/underflow will not cause reset
#FUSES NODEBUG       //No Debug mode for ICD
#FUSES NOLVP         //No low voltage prgming, B3(PIC16) or B5(PIC18) used for I/O
#FUSES NOWRT         //Program memory not write protected
#FUSES NOWRTD        //Data EEPROM not write protected
#FUSES NOIESO        //Internal External Switch Over mode disabled
#FUSES NOFCMEN       //Fail-safe clock monitor disabled
#FUSES NOPBADEN      //PORTB pins are configured as digital I/O on RESET
#FUSES NOWRTC        //configuration not registers write protected
#FUSES NOWRTB        //Boot block not write protected
#FUSES NOEBTR        //Memory not protected from table reads
#FUSES NOEBTRB       //Boot block not protected from table reads
#FUSES NOCPB         //No Boot Block code protection
#FUSES MCLR          //Master Clear pin enabled
#FUSES NOLPT1OSC     //Timer1 configured for higher power operation
#FUSES NOXINST       //Extended set extension and Indexed Addressing mode
disabled (Legacy mode)
#FUSES PLL1          //No PLL PreScaler

#use delay(clock=4000000)
#include <lcd.c>
#include <math.h>
#use rs232(baud=9600,parity=N,xmit=PIN_C6,rcv=PIN_C7,bits=8)

int32 termo,compen;
```

```

long nir,psi;
float volter,temter,temcom,temperatura,psi1,promedio,promedio2,promedio3,cambio;
int16 p[10][3];
int j,cam=0,cam2=0;

void main()
{
  lcd_init();

  setup_vref(FALSE);
  setup_adc_ports(AN0_TO_AN3|VSS_VDD);
  setup_adc(ADC_CLOCK_INTERNAL);
  setup_psp(PSP_DISABLED);
  setup_spi(FALSE);
  setup_wdt(WDT_OFF);
  setup_timer_0(RTCC_INTERNAL);
  setup_timer_1(T1_DISABLED);
  setup_timer_2(T2_DIV_BY_16,255,1);
  setup_ccp1(CCP_OFF);
  setup_ccp2(CCP_OFF);
  setup_comparator(NC_NC_NC_NC);
  setup_oscillator(False);
  // setup_counters( RTCC_INTERNAL, RTCC_DIV_256 | RTCC_8_BIT);

  for (;) {
    promedio= 0;
    promedio2= 0;
    promedio3= 0;
    set_adc_channel(2);
    delay_ms(20);
    termo = read_adc();
    volter=termo*6.6381;
    temter=(2.508355*pow(10,-2)*volter+7.860106*pow(10,-8)*pow(volter,2)-
    2.503131*pow(10,-10)*pow(volter,3)+8.315270*pow(10,-14)*pow(volter,4)-
    1.228034*pow(10,-17)*pow(volter,5)+9.804036*pow(10,-22)*pow(volter,6)-
    4.413030*pow(10,-26)*pow(volter,7)+1.057734*pow(10,-30)*pow(volter,8)-
    1.052755*pow(10,-35)*pow(volter,9));

    set_adc_channel(3);
    delay_ms(20);
    compen = read_adc();
    temcom=compen*0.048875855;
  }
}

```

```

temperatura=temter+temcom;

for (j=0;j<9;j++){
p[j][0]=p[j+1][0];
p[j][1]=p[j+1][1];
p[j][2]=p[j+1][2];
if (j==8) {
set_adc_channel(0);
delay_ms(20);
psi = read_adc();
psi1=(psi-100.254)*12.1884926;

set_adc_channel(1);
delay_ms(20);
nir = read_adc();

p[9][0]=psi1;
p[9][1]=nir;
p[9][2]=temperatura;
}
promedio= p[j][0]+promedio;
promedio2= p[j][1]+promedio2;
promedio3= p[j][2]+promedio3;
}
promedio= p[9][0]+promedio;
promedio2= p[9][1]+promedio2;
promedio3= p[9][2]+promedio3;
promedio=promedio*0.1;
promedio2=promedio2*0.1;
promedio3=promedio3*0.1;
if (cam2 == 1){
if ((promedio2 >= cambio-0.5) && ((promedio2 <= cambio+0.5))) {
cam=0;}
if ((promedio2 <= cambio-0.5) || ((promedio2 >= cambio+0.5))) {
cam=1;}
}
cambio=promedio2;
printf(lcd_putc,"\fPsi: %.4F",promedio);
printf("*.1F#%.1F/%.1F@%u$",promedio,promedio3,promedio2,cam); cam2=1; }
}

```