

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES**  
**FACULTAD TECNICA**  
**CARRERA: ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES**



**TRABAJO DE APLICACIÓN:**

**"DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO  
DE VARIACIONES DE PRESION TEMPERATURA Y TENSIÓN  
ELECTRICA EN BASE A MICROCONTROLADORES PIC 16F877A"**

**Postulante: Edilberto Gutierrez Limachi**

**La Paz- Bolivia**

**AGOSTO – 2012**

## ÍNDICE

1.- TITULO DEL TEMA .....	2
2.- RESUMEN DEL TRABAJO.....	2
3.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
4.- JUSTIFICACION DEL TRABAJO.....	3
5.- OBJETIVOS.....	4
5.1.- GENERAL.....	4
5.2.- ESPECÍFICO.....	4
5.3.- PROCESO DE TEJIDO.....	5
5.3.1.- DISEÑO Y DESARROLLO DEL PRODUCTO.....	5
5.3.2.- MATERIA PRIMA.....	5
5.3.3.- MAQUINA CIRCULAR E TEJIDO DE PUNTO.....	6
5.3.4.- MAQUINA GOAL MONO-CILINDRO.....	6
5.3.5.- COSTURADO Y PLANCHADO.....	8
5.3.6.- PRODUCTO TERMINADO.....	9
6.- FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	9
6.1.- MICROCONTROLADORES.....	10
6.2.- MICROCONTROLADORES PIC.....	10
6.3.- ENUNCIADO DEL PROYECTO.....	12
6.4.- SOFTWARE.....	12
6.5.- SENSORES Y CIRCUITO ACONDICIONADOR .....	13
6.5.1.- SENSOR DE TEMPERATURA LM35 DE N. S. ....	13
6.5.2.- CALCULO DEL CIRCUITO ACONDICIONADOR.....	14
6.5.2.1.- ESCALA DE MEDIDA DE LA TEMPERATURA.....	15
6.5.3.- SENSOR DE PRESION P3297 TECSIS .....	15
6.5.4.- PRESION ABSOLUTA Y RELATIVA .....	15
6.5.5.- CALCULO DEL CIRCUITO ACONDICIONADOR.....	17

6.5.5.1.- ESCALA DE MEDIDA DE LA PRESION.....	17
6.5.6.- SENSOR DE TENSION ELECTRICA 220 AC.....	17
6.5.7.- CALCULO DEL CTO. A. DETECTOR DE PICO .....	18
6.5.7.1.- ESCALA DEL MEDIDOR DE VOLTAJE.....	19
6.6.- PIC MODULO CONVERSION A/D .....	19
6.6.1.- TIEMPO DE ADQUISICION.....	21
6.6.2.- TIEMPO DE CONVERSION.....	21
6.6.3.- CRITERIO DE MUESTREO.....	21
6.7.- USART.....	22
6.7.1.- LA NORMA RS 232.....	23
7.- DESARROLLO DEL TRABAJO.....	23
7.1.- CONFIGURACION DEL PIC.....	23
7.2.- CIRCUITO PRINCIPAL.....	25
7.2.1.- MONTAJE DEL CIRCUITO EN LA PLANTA.....	25
7.2.2.- VISION DE CONTROL A FUTURO DEL AIRE COMPRIMIDO.....	26
7.2.2.1.- DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROGRAMA EN "C" PARA EL uC.....	27
7.3.- CODIGO FUENTE EN LENGUAJE "C" DEL PIC 16F877A.....	28
7.4.- SIMULACION DEL PROYECTO EN BASE AL PIC.....	29
7.5.- SIMULACION DEL PROYECTO EN BASE AL PC.....	30
7.5.1.- FUNCIONES DE LOS BOTONES EN LA VENTANA PRINCIPAL....	31
7.5.2.- CODIGO FUENTE DEL PROGRAMA EN VISUAL BASIC.....	32
8.- CONCLUSIONES.....	35
9.- BIBLIOGRAFIA.....	36
ANEXO1	
DATOS TECNICOS DEL SENSOR LM35	
ANEXO2	
DATOS TECNICOS DEL SENSOR DE PRESION P3297 TECSIS	

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES**

**FACULTAD TECNICA**

**TRABAJO DE APLICACIÓN DE EXAMEN DE GRADO**

**MODALIDAD : ESTUDIANTE REGULAR**

**RESPONSABILIDAD ACADEMICA : INDIVIDUAL**

**NOMBRE : EDILBERTO GUTIERREZ LIMACHI**

### **1.- TITULO DEL TEMA**

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE LAS VARIACIONES DE PRESIÓN TEMPERATURA Y TENSIÓN ELECTRICA EN BASE A MICROCOTROLADORES PIC 16F877A.**

### **2.- RESUMEN DEL TRABAJO**

Este sistema de control está diseñado en base al microcontrolador Pic 16F877A fabricado por Microchip, este chip tiene muchas herramientas incluidas, de las cuales vamos a usar el conversor Análogo Digital aplicando tres canales, An0, An1, An3 para la conversión de parámetros físicos como ser la temperatura, la presión relativa de aire comprimido aplicado a circuitos o redes neumáticas y por último la tensión eléctrica entre dos líneas L1 y L2 de una instalación trifásica 220 AC, pero para fines demostrativos se medirá la tensión eléctrica de cualquier instalación eléctrica domiciliaria, para posteriormente digitalizar estos tres parámetros y mostrarlos por un display de cristal líquido LCD. Este sistema estará leyendo constantemente las tres variaciones físicas y mostrándolo en caracteres alfanuméricos en el LCD. Para corregir y disminuir el error en la resolución del conversor A/D utilizaremos amplificadores operacionales, el circuito integrado LM 324N.

Hasta ahora este sistema es útil, nos muestra valores reales con un pequeño margen de error esto implicaría que el usuario tendría que estar constantemente observando el display para leer la información y tomar decisiones, lo que se pretende con este proyecto es observar la variación de uno de estos parámetros en función al tiempo, ejemplo, queremos saber cómo ha sido el comportamiento de la temperatura en el lapso de 1 hora, para lograr este objetivo vamos a tomar el parámetro, lo vamos a digitalizar para mostrarlo por el display LCD y también mandaremos este dato a un computador personal mediante el puerto serial RS232 que es otra de las herramientas que pertenece al módulo USART del microcontrolador PIC, En el computador estará corriendo un programa diseñado en Visual Basic configurado para la comunicación serial de manera que

guarde los valores enviados por PIC, tomando en cuenta el tiempo para almacenarlos y posteriormente mostrarlo en un gráfico por ejemplo temperatura en grados centígrados versus tiempo en segundos o presión versus tiempo, y por último tensión eléctrica versus tiempo. La finalidad de este proceso es de poder grabar el comportamiento de una de estas tres variables físicas, una a la vez y graficarlas con el fin de ver su comportamiento en un tiempo determinado, esta grafica nos sirve de mucha ayuda en la comprensión del comportamiento para que posteriormente se tome decisiones de forma correctiva si es que se ha detectado alguna anomalía.

### **3.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

En las instalaciones industriales donde la maquinaria hace uso del aire comprimido para realizar su trabajo, es frecuente que se presente algunos problemas relacionados al suministro constante de presión y caudal de aire comprimido, también es importante hacer notar que la temperatura juega un papel muy importante en el interior de las instalaciones industriales influyendo directamente en los diferentes procesos, a este grupo vamos a añadir la variación del suministro de tensión eléctrica que se presenta con mayor notoriedad en época de invierno por la crisis de energía eléctrica que sufre nuestro País, afectando directamente en la producción diaria de estas pequeñas empresas.

La variación de estos tres parámetros Temperatura, Presión de Aire Comprimido y Tensión Eléctrica son en realidad el problema que queremos analizar para posteriormente sugerir alguna solución.

Junto a estos tres parámetros citados anteriormente existen muchos más que afectan en la producción y operación de la maquinaria industrial que no tomaremos en cuenta en este proyecto.

### **4.- JUSTIFICACION DEL TRABAJO**

El principal motivo que justifica este trabajo es la necesidad de contar con un instrumento que pueda leer y almacenar los datos obtenidos en un cierto lapso de tiempo, el objetivo final es analizar si se han originado variaciones por ejemplo durante la noche, con este instrumento "testigo" y la información almacenada podemos demostrar que en la planta industrial donde queremos implementar este trabajo existen fluctuaciones de presión de aire comprimido y tensión eléctrica que afectan directamente a las máquinas circulares de tejido de punto electroneumáticas. Posteriormente es importante planificar métodos de trabajo para coordinar el encendido de los compresores, la programación del número de máquinas que trabajaran o quedasen paradas si se presenta alguna deficiencia en el suministro de estos medios de energía eléctrica y neumática.

## **5.- OBJETIVOS**

### **5.1.- GENERAL**

El principal objetivo que queremos alcanzar con este proyecto es el de diseñar e implementar un sistema de monitoreo de presión, temperatura y voltaje de la red pública para implementarlo en la sala de tejido que utiliza como materia prima el hilo de algodón en la empresa Novara s.r.l.

### **5.2.- ESPECÍFICO**

La empresa Novara s.r.l. que pertenece al rubro textil, tiene maquinaria que trabaja con tensión eléctrica trifásica 220AC, que es obtenida mediante un transformador, de la red de baja tensión suministrada por la empresa Electropaz, esta maquinaria es totalmente electroneumática y para ello tiene toda una red de distribución de aire comprimido, para la generación de aire comprimido valga la redundancia, están instalados tres compresores de gran capacidad que trabajan según los requerimientos de la planta de producción, todo el aire generado por estos compresores es almacenado en un tanque a una Presión de 7.5 Bares para posteriormente secarlo, filtrarlo y distribuirlo mediante una red neumática.

- Ante lo expuesto anteriormente queremos diseñar e implementar un circuito de control electrónico para que realice mediciones con sensores industriales que cumplan ciertas normas de calidad.
- Esta información tiene que ser graficada y almacenada en un computador personal.
- Este sistema nos mostrará las fluctuaciones que presenten las variables en un determinado tiempo.

### **5.3.- PROCESO DE TEJIDO**

La empresa Novara s.r.l. está presente 40 años en el mercado nacional con sus diferentes productos, tejidos en su planta industrial ubicada en la calle Lisboa Nro. 888, Zona Los Andes ciudad de el alto. Entre sus productos está la línea de tejidos a base hilo de nylon y los que utilizan como materia prima el hilo de algodón, es en esta sala el objeto de estudio e implementación del prototipo, monitor, específicamente de la variable de presión neumática.

#### **5.3.1.- Diseño y desarrollo del producto**

Todos los artículos de las diferentes líneas de producción tienen una codificación desde el momento de la creación para tener una información exacta de la composición de la materia prima, el proceso en el que se encuentra en la cadena de producción hasta llegar a almacenes.

El artículo a diseñarse nace de la creación del departamento de diseño quienes se encargan de plasmar ideas en artículos según los requerimientos del cliente, este diseño se lo realiza en un software especializado y su producto final es un archivo gráfico por ejemplo, una media tenis de algodón talla 8 – 10. Este archivo es la base para que los técnicos mecánico-textiles comiencen a programar paso a paso las diferentes piezas mecánicas que intervienen en el tejido. Esta programación también se la realiza en un computador personal mediante un software especializado que viene con las máquinas, la principal ventaja de este software, es su compilador, quién valida o rechaza los movimientos programados para evitar incoherencias o daños en la parte mecánica de la máquina.

Una vez compilado el llamado “artículo en ejecución” es transmitido el archivo en lenguaje máquina, de la PC a la máquina mediante una comunicación serial RS232C. Las máquinas son totalmente computarizadas, reciben el artículo en ejecución y lo almacena en su propia memoria de almacenamiento para luego llamarse a su memoria de trabajo y proceder al tejido del producto.

#### **5.3.2.- Materia Prima**

La materia prima que se utiliza es muy variada pero para nuestro ejemplo de la media tenis de algodón lo que se utiliza básicamente en su fabricación es el hilo de Nylon de Título 40/2, el hilo de algodón, puede ser de color o crudo (sin teñir) de título 28/1 y en pequeña proporción un hilo de elástico recubierto.



Fig. a1 Conos de Hilo Nylon (fuente propia)



Fig. a2 Hilos de algodón (fuente internet)

### **5.3.3.- Máquina circular de tejido de punto**

La empresa Novara s.r.l. es líder en el mercado nacional y cuenta con muy variada maquinaria de tejido de punto. Continuando con nuestro ejemplo de la media de algodón vamos a explicar sobre una de las posibles máquinas que podría producirla.

### **5.3.4.- Máquina Goal mono-cilindro**

Esta máquina cuenta con un solo cilindro es por eso que lleva el nombre de mono-cilindro en el cilindro lleva 108 ranuras, estas ranuras son pequeñas cavidades en las que se alojan las agujas, para guiar el movimiento de las agujas se utilizan los llamados "cam" son pequeñas piezas mecánicas manejadas en la etapa de fuerza por pequeños cilindros neumáticos de dos posiciones, estos cilindros neumáticos son accionados por micro-electroválvulas de 3/2 vías, la máquina lleva montado alrededor de 100 micro-electroválvulas para manejar las diferentes piezas necesarias en el proceso de tejido de la media.



Estos bancos de electroválvulas son comandados por tarjetas electrónicas y estas a su vez por un sistema de microprocesadores que trabajan interpretando el archivo enviado de la PC.

En realidad es muy grande la información a cerca de estas máquinas, nosotros hemos realizado un pequeño resumen.



Fig. a3 Máquina de tejido circular Lonati (fuente pag. Web. Lonati)

El proceso de Tejido en la máquina comienza con una orden de trabajo en la que se especifica la materia prima a utilizar, la talla, el color, los diseños, etc. Todos los datos a detalle, el operador llamado “tejedor” carga los hilos en la torre de la máquina en orden de prioridad de manera que los hilos lleguen a los denominados guía-hilos, estos se encargan de alimentar con distintos hilos a las agujas, estas agujas se están desplazando de arriba hacia abajo cargando y descargando los hilos guiados por una pieza mecánica denominada triangulo tejedor, para producir el denominado tejido de punto.

Es importante indicar que el cilindro mecánico de la máquina es accionado por un motor Brushless y este a la vez por una tarjeta llamada “Accionamiento” que es muy parecido a un variador de frecuencia comercial con la característica de que este Accionamiento puede alcanzar velocidades de 400 rpm. O trabajar como un motor paso a paso, esta característica permite revisar aguja por aguja si es que se sospecha de alguna anomalía. La característica más importante de este Accionamiento que lo diferencia de un variador de frecuencia, es su capacidad de realizar movimiento alternado a altas velocidades, este movimiento alternado es preponderante en la fabricación de la media porque es así como se teje la parte del talón.

### 5.3.5.- Costurado y planchado

El tiempo de producción de una pza. de media está en función a la velocidad, a la talla, a los diseños que lleva, y a las características del hilo, este tiempo puede ser 2 Minutos.

El producto tejido que expulsa la máquina tiene la forma tubular o de un cilindro hueco entonces la siguiente etapa es la costura, que se la realiza con máquinas especializadas de costura Rosso, este tipo de costura industrial es exclusivamente para medias, esta máquina se encarga de costurar la puntera y de esa forma queda terminada la prenda.



Fig. a4 Máquina de costura Rosso (fuente Pag. Web. Rosso).

### 5.3.6.- Producto Terminado

Si la media se ha tejido con combinaciones de hilo de color preparada entonces le tocaría atravesar por procesos de suavizado, planchado y empaquetado y todas las fases del proceso están controladas por un estricto control de calidad.

Muchos de los lotes de producción pasan por tintorería para ser procesados según las necesidades que indique la orden de trabajo.



Fig. a5 Medias de algodón (Fuente propia).

## 6.- FUNDAMENTACION TEORICA

Este Proyecto de aplicación está diseñado en base al Microcontrolador Pic 16F877A de Microchip, los sensores LM35 de National Semiconductor que es de temperatura, llamémoslo sensor de voltaje AC diseñado por nosotros que consiste en un divisor de tensión y un circuito detector de pico con el amplificador operacional LM324 y el sensor de presión P3297 tectis de industria Alemana. A continuación realizaremos la descripción de los fundamentos teóricos y cálculos realizados en este proyecto.

## **6.1.- MICROCONTROLADORES**

Un microcontrolador es un circuito integrado, o chip que incluye las tres unidades funcionales de un ordenador: la CPU, la memoria y unidades de E/S, es decir, se trata de un computador completo en un solo chip.

Un microcontrolador es un microprocesador optimizado para ser utilizado en el control de pequeños y específicos circuitos electrónicos. Un microcontrolador se diferencia de una CPU normal en que es más fácil convertirlo en un ordenador en funcionamiento, con un número mínimo de chips de apoyo. La meta es que este chip una vez grabado se coloque en el dispositivo final, se le proporcione la energía y la información que necesite y ya el sistema está trabajando. Un microprocesador tradicional no permitiría hacer esto, ya que espera que todas estas tareas sean manejadas por otros chips especializados y necesita varios chips de apoyo.

Por ejemplo, un microcontrolador típico tendrá un generador de reloj integrado, y una pequeña cantidad de memoria RAM y ROM/EPROM/EEPROM, es decir, que para hacerlo funcionar todo lo que se necesita son unos pocos programas de control y un cristal de sincronización. Los microcontroladores disponen también generalmente de una gran variedad de dispositivos de entrada /salida, como convertidores analógico a digital, temporizadores, USART... Estos dispositivos integrados, normalmente pueden ser controlados por instrucciones de procesadores especializados.

En el mercado interno se encuentran una gran variedad de fabricantes, nosotros vamos a trabajar con un microcontrolador fabricado por Microchip, el PIC 16F877A.

## **6.2.- MICROCONTROLADORES PIC**

Los PIC son una familia de microcontroladores tipo RISC fabricados por Microchip Technology Inc. y derivados del PIC1650, originalmente desarrollado por la división de microelectrónica de General Instruments.

En la siguiente Fig. 1 se muestra el diagrama de bloques del PIC16F877A, que es microcontrolador con el que vamos a trabajar, este diagrama está en el datasheet de Microchip, disponible en su página Web <http://www.microchip.com>

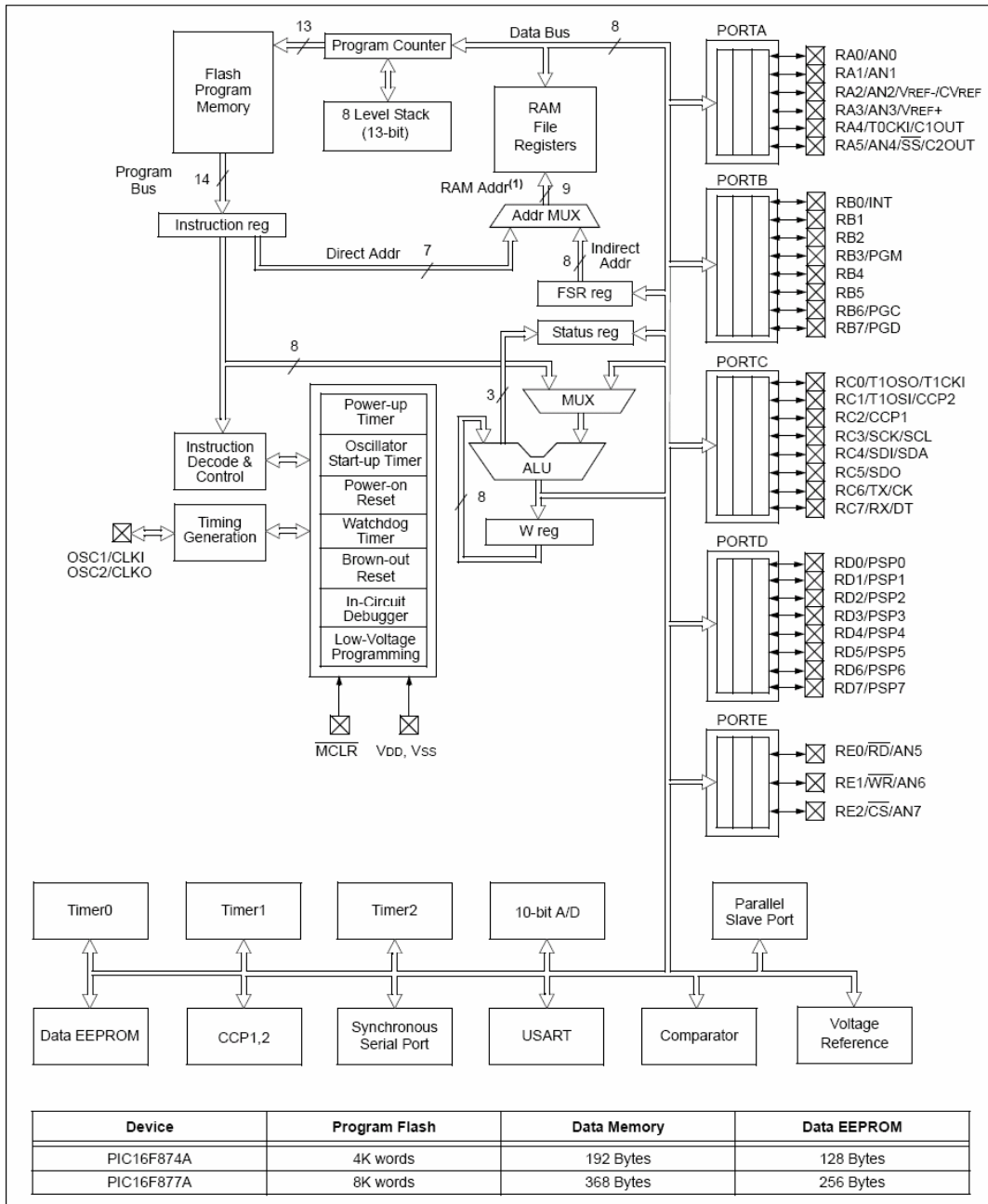


Fig. 1 Diagrama de bloques del Pic 16F887A (Fuente, Microchip.com)

### 6.3.- ENUNCIADO DEL PROYECTO

Se va a implementar mediante un microcontrolador PIC, el diseño de un termómetro, voltímetro AC y un medidor de presión relativa en circuitos neumáticos. Este sistema embebido debe ser capaz de medir temperaturas desde 0°C hasta los 40°C, voltaje de 200 a 220 AC. y presión neumática de 0 a 10 bares, Estos parámetros medidos deberán mostrarse a través de un display de cristal líquido LCD, también se enviara estos parámetros medidos uno a la vez, mediante la conexión serie con la norma RS 232, a un PC cualquiera. En este PC deberá de estar ejecutándose una aplicación creada en Visual Basic que recoja, ya sea el dato de la temperatura, voltaje o la presión, guarde los datos conjuntamente con el dato del reloj interno de la PC y la muestre a través de una gráfica por ejemplo, temperatura en grados centígrados versus tiempo en Segundos.

En la aplicación de Visual Basic tendremos botones que nos permita escoger entre qué datos son los que queremos graficar y almacenar, y cuál es el tiempo de captura de los valores enviados por el Pic mediante la comunicación serie RS 232.

***El diagrama de bloques de nuestro proyecto es el siguiente:***

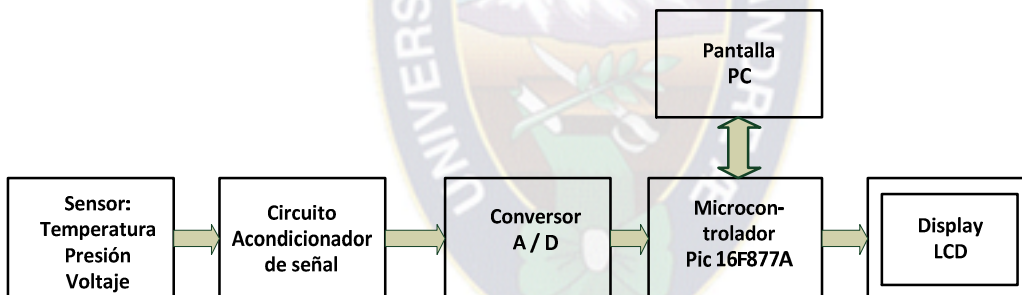


Fig. 2 Diagrama de bloques del Proyecto (Fuente propia ).

### 6.4.- SOFTWARE

Los Programas que vamos a utilizar en la creación de este proyecto en su versión demo son:

CCS .inc	Compilador en lenguaje C para microcontroladores.
Proteus	Software de simulación de circuitos electrónicos.
Visual Basic	Lenguaje de Programación
PicKit2	Software de grabación de microcontroladores Pic

## 6.5.- SENSORES Y CIRCUITO ACONDICIONADOR

### 6.5.1.- Sensor de temperatura LM35A de National Semiconductor

La temperatura es el grado de calor que experimentan los cuerpos, con este concepto vamos a mencionar que el sensor LM 35 de National Semiconductor va a entregarnos un valor de tensión en función de la temperatura que esté registrando. Las características más importantes de este sensor son:

- Su tensión de salida  $V_{out}$  es proporcional a la temperatura en una proporción de  $10\text{mV}/^{\circ}\text{C}$ .
- Su rango de funcionamiento está comprendido entre  $0^{\circ}\text{C}$  y  $100^{\circ}\text{C}$ .
- Su tensión de funcionamiento  $V_s$  esta entre  $+4\text{VDC}$  y  $+30\text{VDC}$ .
- Su precisión es de  $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ .

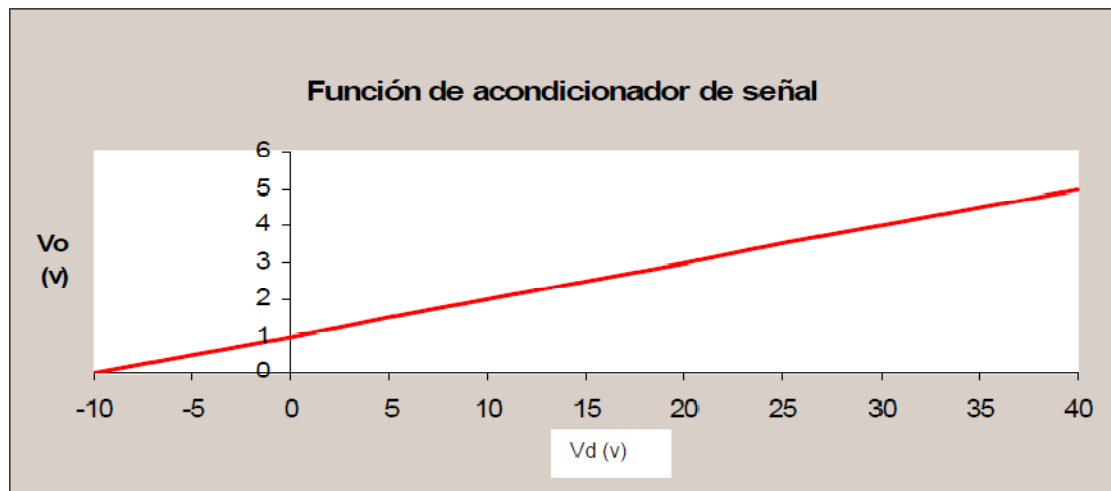


Fig. 3 Función característica del sensor (Fuente internet).

Sabiendo que forma tiene su recta característica podremos saber qué valor de tensión nos dará con cada valor de temperatura. Por esto necesitamos saber cuánto aumenta la tensión por cada grado centígrado.

Según el datasheet el sensor sigue una función lineal, de tal forma que su recta característica se podrá expresar de la siguiente forma:

$$V_d = S_s T^a$$

Y sabiendo que aumenta 10 mv con cada grado Centígrado, podremos deducir que su función característica mostrada en la siguiente ecuación:

$$V_d(v) = 0,01 \text{ (v/}^\circ\text{C)} \times T^a(^{\circ}\text{C)}$$

Para poder trabajar con una alimentación única en todo el circuito, y con el rango de temperaturas previsto ( $-10^{\circ}\text{C} \leq T^a \leq +40^{\circ}\text{C}$ ), obtenemos una señal diferencial a través de del siguiente circuito:

### 6.5.2.- Cálculo del circuito acondicionador

Vamos a partir de las siguientes desigualdades:

$$-100\text{m} \leq V_1 \leq 400\text{mV}$$

$$0\text{V} \leq V_2 \leq 5\text{V}$$

Planteamos las siguientes ecuaciones:

$$0\text{V} = a(-100\text{mV}) + b$$

$$5\text{V} = a(400\text{mV}) + b$$

Despejando este sistema de ecuaciones:

$$b = a \cdot 100\text{mV}$$

Remplazando:

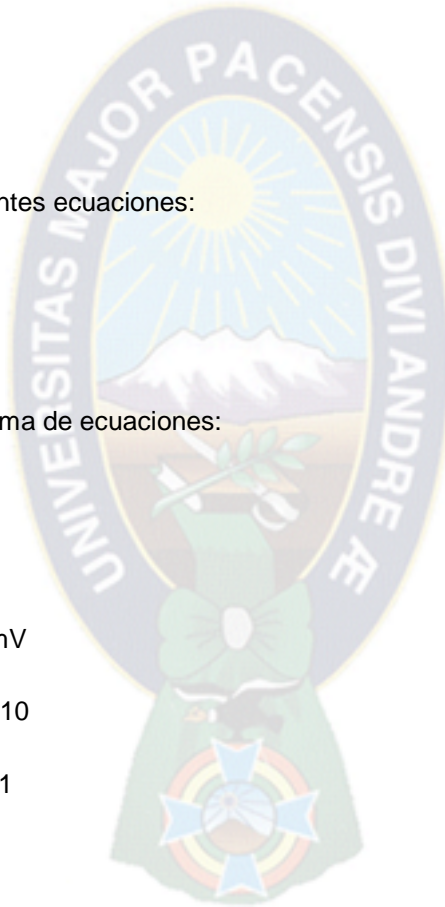
$$5\text{V} = a \cdot 400\text{mV} + a \cdot 100\text{mV}$$

$$a = 5/500\text{mV}; \quad a = 10$$

$$b = 10 \cdot 100\text{mV}; \quad b = 1$$

La ecuación final es:

$$V_2 = 10V_1 + 1$$





El circuito equivalente en base a amplificadores operacionales es el siguiente.

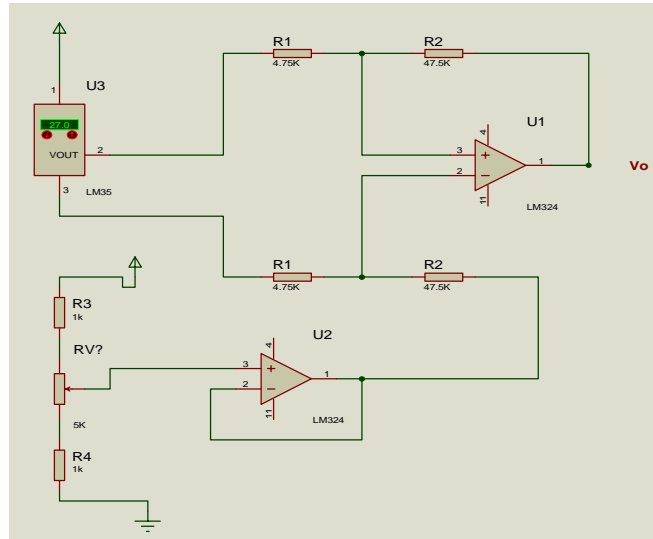


Fig.4 Acondicionador de Señal con amplificador operacional LM324. (Fuente propia).

El circuito está compuesto por un amplificador de diferencia U1 que tiene una ganancia de 10 y un seguidor de voltaje U2 que tiene la finalidad de generar el voltaje de referencia que es de 1V. La señal generada por este circuito acondicionador llega a la entrada del microcontrolador en su entrada del convertor analógico/digital.

#### 6.5.2.1.-Escala de medida de la temperatura

El sensor LM35 según su hoja de datos técnico tiene una escala de -55 °C a 150 °C, pero en esta aplicación necesitamos que trabaje en un rango de 0 °C a 40 °C, lo que pretendemos mostrar es la temperatura de la sala de máquinas de tejido, el algodón es la materia prima y requiere una temperatura de proceso de 25 a 30 °C y una humedad del 70%.

#### 6.5.3.- Sensor de Presión P3297 teccsis

Definimos como presión a la fuerza aplicada por unidad de superficie, el cociente entre la fuerza y la superficie que recibe su acción es decir:

$$P = F/S$$

#### 6.5.4.- Presión absoluta y relativa

El resultado de dividir toda la fuerza ejercida sobre los elementos de una superficie, entre dicha superficie, da como resultado la presión. Esta presión se denomina presión absoluta y la miden los barómetros.

Todos los cuerpos, normalmente, están sometidos a presión atmosférica. La diferencia entre la presión absoluta y la atmosférica es la que generalmente se emplea en los diversos cálculos; la miden los manómetros y la denominamos presión relativa.

Después de una pequeña aclaración sobre el concepto de presión nos referiremos al sensor que usaremos en nuestra aplicación. Mediante un elemento sensor y el suministro de energía auxiliar, la presión existente en el circuito neumático se convertirá en una señal eléctrica reforzada, estandarizada, a través de la deformación de una membrana. Esta señal eléctrica de 4 a 20 mA cambia de forma proporcional respecto a la presión y puede ser evaluada y acondicionada por un circuito conversor de corriente a tensión de 5 Vdc, con la ayuda del amplificador operacional LM 35, este circuito acondicionador nos entregará la señal para ser tratada por el conversor analógico/digital del microcontrolador Pic 16f877A.

A continuación haremos una pequeña descripción de las características más importantes del sensor de presión para mayor información podemos acudir a su página web <http://www.tecsis.com>:

Modelo	: P3297 Sensor de Presión Tecsis
Fabricación	: Industria Alemana
Rango de medición	: 10 Bares
Límite de sobrecarga	: 20 Bares
Presión de rotura	: 34 Bares
Vida útil	: 10 millones cambios de carga
Líquido interno de transmisión	: Aceite de silicona
Carcasa	: 316L
Energía auxiliar	: 8 a 30 Vdc
Señal de salida	: 4 a 20 mA
Tensión de aislamiento	: 500 V
Peso	: 80 g

### 6.5.5.- Cálculo del circuito acondicionador

Para convertir la señal que genera el sensor de presión que es un valor estándar de 4 a 20 mA también usaremos el amplificador operacional LM324 en configuración convertidor de corriente a voltaje I/V donde la función de salida es  $V_o = I \times R$ , el sensor será alimentado por una tensión de 10 Vdc y tendrá un pin de salida de señal de corriente, es importante hacer notar que la transmisión de una señal por medio de la variación de la corriente tiene ventajas como ser, la corriente no varía en un bucle y no tiene caídas de tensión y es más resistente a las interferencias o ruidos eléctricos.

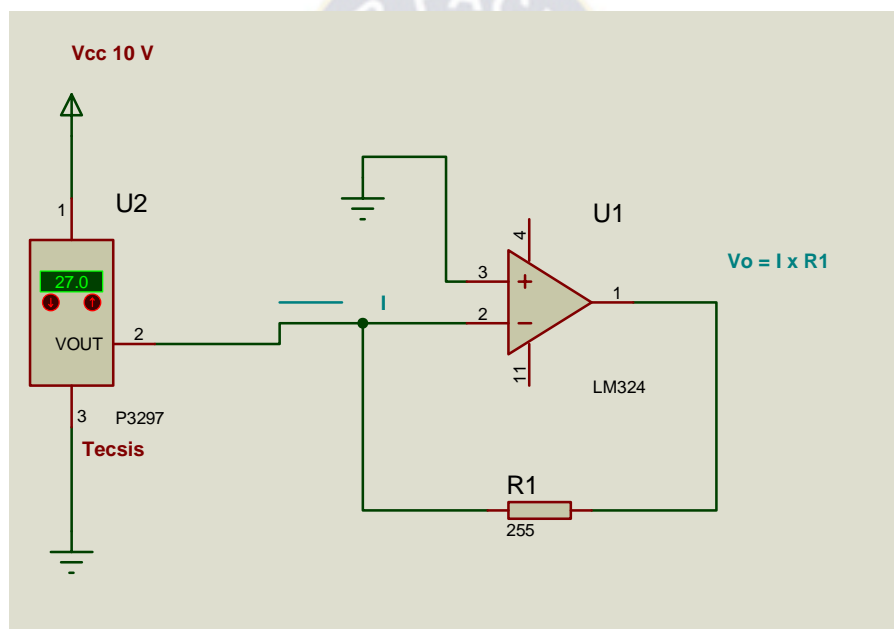


Fig.5 Circuito convertidor de corriente a voltaje (Fuente Propia).

#### 6.5.5.1.- Escala de medida de la presión

El sensor de presión de aire comprimido Tecsís según su hoja de datos técnicos tiene una capacidad de 0 a 10 Bares, el requerimiento de presión de trabajo de aire en esta sala es de 6.5 bares entonces la escala de trabajo del sensor será de 0 a 7 Bares.

#### 6.5.6.- Sensor de tensión eléctrica 220 AC

Para obtener una medida de voltaje AC lo que haremos es rectificarla para obtener una tensión continua a partir de una tensión alterna senoidal, tenemos tres posibilidades básicas medir: medir el valor eficaz, el valor de pico o el valor absoluto (valor medio después de rectificar).

El valor eficaz de una señal se define como el valor de la tensión continua que disipa la misma energía que la señal considerada

$$v = \left[ \frac{1}{T} \int_0^T V^2(t) dt \right]$$

Para llegar a obtener una relación de sustento una base que nos permita calcular el valor de tensión alterna utilizaremos los detectores de valor de pico que se basan en un comparador y un elemento con memoria (un condensador): el comparador detecta si el valor actual es mayor que el valor almacenado previamente, y lo actualiza en su caso. La resistencia R permite la descarga lenta del capacitor C, de esta forma se pueden seguir las fluctuaciones del valor de pico. Cuanto mayor sea la constante de tiempo de descarga en comparación con el periodo de la señal de entrada, más se aproximará la tensión de salida al valor pico de la tensión de entrada.

Si la señal de pico detectada tiene que excitar una carga pequeña, podemos evitar el efecto de descarga mediante un amplificador operacional utilizándolo como amplificador de aislamiento.

Como mínimo la constante de tiempo RC debe ser al menos 10 veces más grande que el periodo T de la señal de entrada

$$RC > 10T$$

Otras relaciones importantes en las que nos basaremos es la siguiente:

Tensión eficaz es  $V_{RMS} = 0.707 V_{m\acute{a}x}$  (Voltaje pico)

Tensión media es  $V_{med} = 0.637 V_{max}$

### **6.5.7.- Cálculo del circuito acondicionador detector de pico**

Para obtener un voltaje pequeño accesible al conversor analógico digital vamos a implementar un divisor de tensión:

La corriente del circuito divisor es:

$$I = 220 / (220k + 2.2k), \quad I = 0.99 \text{ mA}$$

La caída de voltaje es:

$$220V = V_1 + V_2$$

$$220V = I \times R_1 + I \times R_2$$

$$220V = I \times 220K + I \times 2.2K \quad \text{de donde} \quad \mathbf{V_2 = 0.99 \text{ mA} \times 2.2 \text{ k} = 2.17 \text{ V}}$$

El voltaje V2 que es de 2.17 V es el que se acondicionará con nuestro circuito detector de pico.

Para la relación RC vamos a tomar 10 veces más el valor del periodo de la señal que es 20mS, entonces tenemos la siguiente relación:

$$RxC > 10T ; T = 20 \text{ mS}$$

Si  $C = 22 \text{ uF}$  y  $R \times 22 \text{ uF} > 200 \text{ mS}$ , entonces tomamos  $R = 10K$  y así

Garantizamos que el producto  $RxC$  sea mayor a 200 mS.

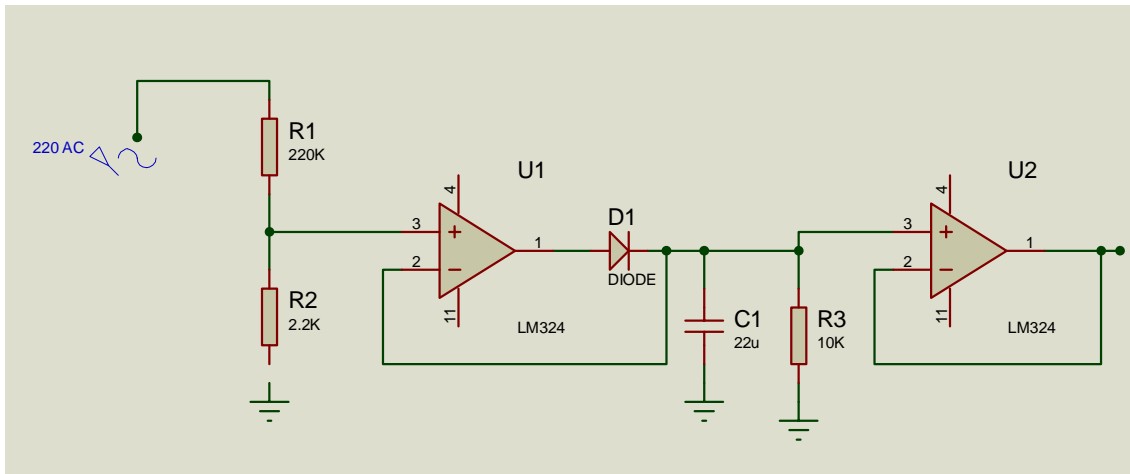


Fig. 6 Circuito detector de voltaje pico (Fuente propia).

#### 6.5.7.1.- Escala del medidor de voltaje AC

En esta aplicación es importante medir cuanto varia la tensión eléctrica de manera experimental se realizo medidas con un multiterster y este instrumento nos mostró una variación de 205 a 230 VAC y esta es la variación que pretendemos medir.

#### 6.6.- PIC. MÓDULO CONVERSOR A/D

Los microcontroladores Pic 16F877A poseen un conversor A/D de 10 Bits de resolución y 8 canales de entrada. La resolución que tiene cada bit procedente de la conversión tiene un valor que es función de la tensión de referencia  $V_{ref}$ , de acuerdo con la fórmula siguiente

$$\text{Resolución} = (V_{ref+} - V_{ref-}) / 1024 = V_{ref} / 1024$$

Así por ejemplo si el  $V_{ref+} = 5VDC$  y la  $V_{ref-}$  es tierra, la resolución es de 4.8 mV/bit. Por tanto a la, entrada analógica de 0 V le corresponde una digital de 00 0000 0000 y para la de 5 V una de 11 1111 1111. La tensión de referencia determina los límites máximo y minimo de la tensión analógica que se puede convertir. El voltaje diferencial mínimo es de 2 V.

A través del canal de entrada seleccionado, se aplica la señal analógica a un condensador de captura y mantenimiento y luego se introduce al convertor, el cuál proporciona un resultado digital de 10 bits de longitud usando la técnica de “aproximaciones sucesivas”.

El convertor A/D es el único dispositivo que puede funcionar en modo reposo (Sleep), para ello el reloj del convertor deberá conectarse al oscilador RC interno.

La tensión de referencia puede implementarse con la tensión interna de alimentación VDD, bien, con una externa que se introduce por la patita RA3/AN3/Vref+, en cuyo caso la polaridad negativa se aplica por la patita RA2/AN2/Vref-.

El módulo de conversión se caracteriza por parámetros como los siguientes

- Rango de entrada.
- Numero de bits.
- Resolución.
- Tensión de fondo de escala.
- Tiempo de conversión.

Para configurar este módulo existen 11 registros asociados a este periférico:

Definición de pines de entrada y señales aplicadas:

TRISA – PORTA –TRISE – PORTE .

Manejo de interrupciones:

INTCON – PIE1 – PIR1.

Control del convertor A/D:

ADCON0- ADCON1- ADRESH – ADRESL.

Para realizar la conversión, el fabricante recomienda seguir los siguientes pasos:

1.- Configurar el módulo A/D:

Configuración de pines analógicos/tensión de referensncia/E/S digitales (ADCON1)

Selección de entrada A/D (ADCON0).

Selección de reloj para la conversión A/D (ADCON).

Habilitar módulo A/D (ADCON0) .

2.- Configurar las interrupciones (si se desea):

ADIF = 0

GIE = PEIE = ADIE =1

3.- Esperar el tiempo de adquisición.

4.- Comenzar la conversión poniendo a 1 el bit GO/DONE (ADCON0).

5.- Esperar a que termine la conversión. Puede ser de dos formas:

Mediante lectura continua del bit GO/DONE hasta que sea 0.

Esperando la interrupción.

6.- Leer el registro de conversión ADRES y borrar el flag ADIF si es necesario.

7.- Para la siguiente conversión se salta a los puntos 1,2 ó 3 en función de lo que se necesite.

#### **6.6.1.-Tiempo de adquisición**

Es el tiempo necesario para que se cargue el condensador de retención C con la tensión de entrada. Este proceso de carga del condensador depende de distintos factores, entre otros, la impedancia de la fuente de tensión de entrada (El fabricante recomienda que se sitúe por debajo de los 10Kohm).

El tiempo de adquisición dentro de los márgenes típicos es de, aproximadamente, 20us.

La adquisición no comienza hasta que no acabe la conversión. Así que se debe esperar un tiempo de adquisición tras una conversión, tras seleccionar un nuevo canal o tras encender el módulo A/D.

#### **6.6.2.- Tiempo de conversión**

Es el tiempo necesario para obtener el valor digital de la tensión analógica de entrada. Este tiempo depende de la fuente de reloj que se seleccione para la conversión. Para una correcta conversión A/D, el reloj debe seleccionarse para asegurar un tiempo mínimo de 1.5 us. La fuente interna RC de oscilación del módulo A/D tiene un tiempo de adquisición de 4 us.

#### **6.6.3.- Criterio de muestreo**

Según el teorema de muestreo de introducido por Nyquist nos dice que la frecuencia de muestreo mínima  $F_s$  debe ser  $F_s > 2F_{max}$  de la señal a ser muestreada. En esta aplicación estamos acondicionando las señales y convirtiéndolas en señales de voltaje continuo con la ayuda de

amplificadores operacionales, el conversor A/D trabaja con señales continuas y su frecuencia de oscilación esta dado por su oscilador interno RC.

## 6.7.- USART

La principal función del módulo USART es la de transmitir o recibir datos en serie. Esta operación puede dividirse en dos categorías: síncrona o asíncrona, la transmisión asíncrona es la que aplicaremos en este trabajo entonces hacemos notar que no se envía señal de reloj, por lo que el emisor y el receptor deben tener relojes con las mismas frecuencias y fase.

El USART puede transmitir o recibir datos serie. Puede transferir tramas de datos de 8 o 9 bits y detectar errores de transmisión, también puede generar interrupciones cuando se produce una recepción de datos o cuando la transmisión ha sido completada.

Básicamente, la transmisión serie consiste en enviar los datos bit a bit a través de una línea común en periodos de tiempos fijos, dando lugar a la llamada velocidad de transmisión o número de bits enviados por segundo (baudios). Tanto el emisor como el receptor poseen registros de desplazamiento para realizar la comunicación.

La frecuencia de reloj se acuerda antes de la transmisión configurando la velocidad mientras que la sincronización se realiza durante la transmisión. Cada trama de datos tiene un tamaño fijo y poseen un bit inicial o de arranque y un bit final o de parada que permiten realizar dicha sincronización. La transmisión es del modo full – dúplex. Se utilizan dos líneas, una transmisora Tx y otra receptora Rx, transfiriendo información en ambos sentidos; se puede transmitir y recibir información de forma simultánea.

En el modo asíncrono, el pin RC6/TX/CK se utiliza como terminal de transmisión de datos y el RC7/RX/DT como terminal de recepción de datos.

Los registros asociados al módulo USART son:

SPBRG	: Registro generador de baudios.
TXSTA	: Estado de transmisión y control.
RCSTA	: Estado de recepción y control.
TXREG	: Registro de datos de recepción.
PIR1	: Flag de interrupción.
PIE1	: Habilitación de la interrupción.



El USART puede configurarse para recibir 8 o 9 bit configurando el bit RX9 del registro RCSTA, Después de la detección del bit de start, los 8 o 9 bits entrantes por el pin RX son desplazados por el registro de desplazamiento de entrada (RSR) uno a uno. Después de que el último bit á sido desplazado dentro, el bit de stop es testeado y el dato (el paquete de bits) es transferido a un buffer el cuál, a su vez lo transfiere al registro RCREG si está vacío. El buffer y el registro RCREG forman una FIFO de dos elementos (el primer dato que entra es el primer dato en salir). En el caso de la transmisión del 9 bit, el noveno bit pasa al bit RX9D del registro RCSTA del mismo modo que los otros 8 pasan al registro RCEG.

### **6.7.1.- La norma RS 232**

La norma RS 232 es la más habitual en la comunicación serie, básicamente comunica un equipo terminal de datos y el equipo de comunicación de datos.

Las características eléctricas de la señal en esta norma establecen que la longitud máxima entre el equipo terminal de datos y el equipo de comunicación de datos no debe ser superior a 15 metros y la velocidad de transmisión máxima es de 20 kbps. Los niveles lógicos no son compatibles con TTL, deben situarse dentro de los siguientes rangos:

- 1 lógico entre -3V y -15V.
- 0 lógico entre +3V y +15V.

En la mayoría de los PC actuales, sobre todo en los portátiles, están desapareciendo los puertos serie. Como solución se puede utilizar cables de conversión SERIE – USB que utilizan el universal Serial Port (USB), estos cables se basan en integrados como el FT232BM de FTDI chip.

## **7.- DESARROLLO DEL TRABAJO**

El código fuente de este proyecto está desarrollado en lenguaje C para microcontroladores PIC a continuación vamos a detallar los componentes de este trabajo.

### **7.1.- Configuración del Pic 16F877A**

#### ***Voltaje de alimentación:***

El circuito digital está alimentado con 5 Vdc. Y los circuitos acondicionadores con +5 V y -5 Vdc

#### ***Sensores:***

Los sensores LM35 de temperatura, P3297 Tecsis de presión, y un circuito divisor de tensión.

### ***Circuitos acondicionadores de señal:***

Los circuitos acondicionadores de señal desarrollados a detalle anteriormente son:

Para el sensor de temperatura tenemos un amplificador de instrumentación, para el sensor de presión un conversor de corriente a voltaje y para la tensión alterna eléctrica un detector de pico, todos ellos a base al circuito integrado LM324 que es un amplificador operacional.

### ***Oscilador:***

El oscilador de cristal es de una frecuencia de 4000000 Hz.

### ***Puertos de entrada y salida:***

El puerto A de Pic 16f877A es configurado como entrada analógica.

El puerto B está configurado Para el control del Display.

El puerto C está configurado para entradas y salidas digitales.

### ***Conversor analógico digital:***

El conversor A/D es de 10 bits, los canales habilitados son RA0, RA1, RA3.

Está habilitado el oscilador interno RC del conversor A/D.

### ***Módulo USART***

El módulo de transmisión serial RS232 está configurado a una velocidad de transmisión de 9600 baudios, 1 bit de parada, y 8 bits de datos.

El convertidor de señales de niveles TTL a niveles RS232 es circuito integrado Max 232.

El cable de comunicación entre el PC y el prototipo es conversor de USB a RS 232.

### ***Display LCD***

El display de cristal líquido DMC 40218 de 2x20 caracteres.

## 7.2.- CIRCUITO PRINCIPAL

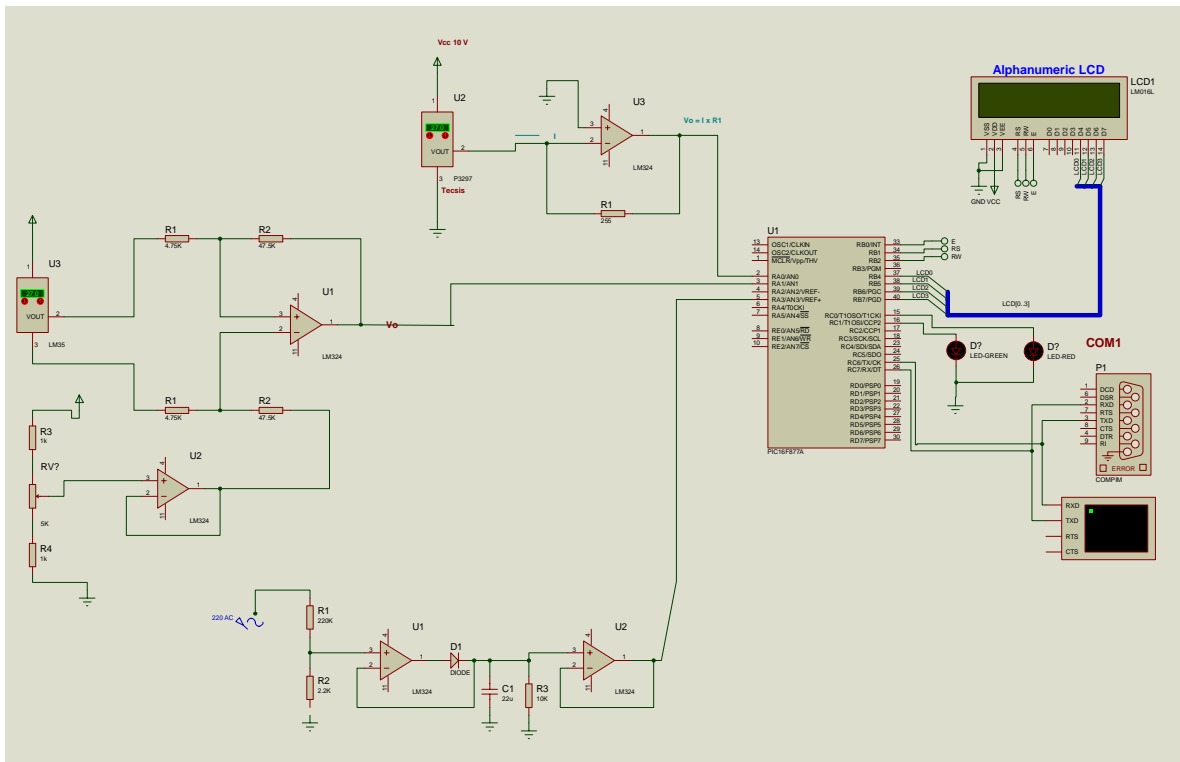


Fig. 7 Circuito Principal del proyecto (Fuente Propia).

Como podemos observar en este circuito principal tenemos los tres acondicionadores de señal, que son el de presión, temperatura, y el de tensión eléctrica AC. El display LCD, el terminal de comunicación serial DB9, dos leds de señalización y por último solo para la simulación el Virtual Terminal que nos ayuda en la puesta en marcha de nuestro proyecto.

### 7.2.1.- Montaje del circuito en la planta

Este circuito tiene la finalidad de ser montado en la planta de la Empresa Novara s.r.l. en su sala de tejido, en un punto estratégico como es el pasillo principal que accede a todos los grupos de máquinas a si como lo muestra el siguiente gráfico.

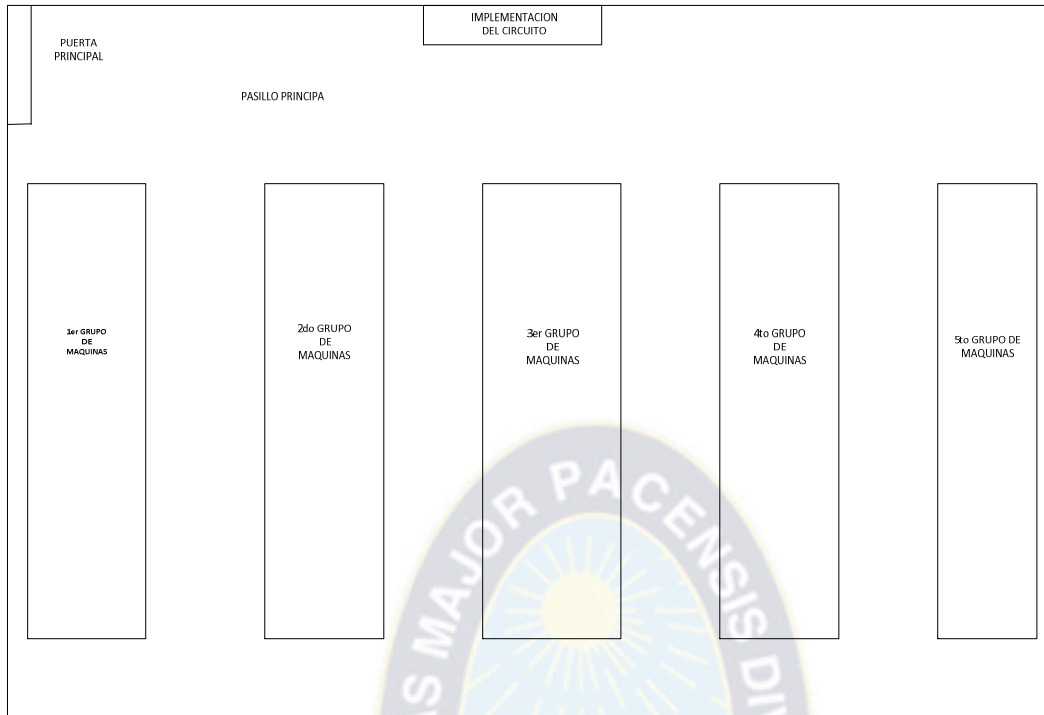


Fig. 7.1 Ubicación del circuito en la Planta (Fuente propia).

### 7.2.2.- Visión de control a futuro del aire comprimido

Este sistema de monitoreo satisface ciertas necesidades de control pero no es suficiente. Entonces sugerimos en una segunda etapa la obtención de la relación de información de cuantos compresores están encendidos y si se apagan por alguna alarma interna o intencionalmente el circuito de control deberá tener esa información para activar una alarma y en lo posible encender si es necesario un compresor de emergencia que pueda ayudar a mantener la presión de aire, en el tanque de almacenamiento por un tiempo mayor, hasta que puedan habilitar o reparar o a la final parar el consumo de aire sin tener que llegar a niveles mínimos donde es posible que los presóstatos de las máquinas se activen parando las máquinas, en la práctica y por la antigüedad de las máquinas siempre se ha generado algún pequeño o a veces un gran daño generalmente rotura de agujas.

Este sistema de control estaría basado fundamentalmente en la señal que envía el sensor de presión de 10 Bares con salida analógica de 4 a 20 mA. Este circuito monitor de señales y una ampliación con periféricos y circuitos acondicionadores de señal de entrada y salida digital.

En un principio se pensó en la idea de de un control PID en base a la señal del sensor de presión y un variador de frecuencia de la marca ABB o Allen Bradley, estos variadores tienen entradas

para señales analógicas de manera que pueda ser programado de manera inversamente proporcional, esto significaría que a mayor presión de aire sería menor la velocidad o el motor del compresor estaría parado y a menor presión la velocidad del motor del compresor debería de incrementarse hasta alcanzar la presión adecuada. Esto tomando en cuenta una relación directa en la generación de aire comprimido y el consumo del mismo.

Sin embargo esta teoría fue desechada completamente porque el circuito de aire comprimido instalado en la planta consta de tres compresores de 75 Kw, este aire es acumulado en un tanque de almacenamiento para luego ser distribuido en las distintas salas y una de ellas es la sala de tejido que trabaja con materia prima que es el hilo de algodón, en el ingreso de aire a la sala se encuentra un secador de aire y filtros de agua y aceite para posteriormente llegar a las máquinas circulares de tejido de punto Lonati de industria Italiana.

En toces un control PID sería inadecuado ya que se cuenta con un acumulador de aire que es el tanque, que ayuda a amortiguar las caídas bruscas de presión de aire, por este motivo se sugiere un control ON OFF. Este control en base a la información de nuestro prototipo sería capaz de encender un compresor de emergencia cuando la presión esta baja 5.5 Bares y de apagarlo si la presión de aire esta en niveles adecuados 6.5 Bares.

#### 7.2.2.1.- DIGRAMA DE FLUJO DEL PROGRAMA EN “C” PARA EL MICROCONTROLADOR

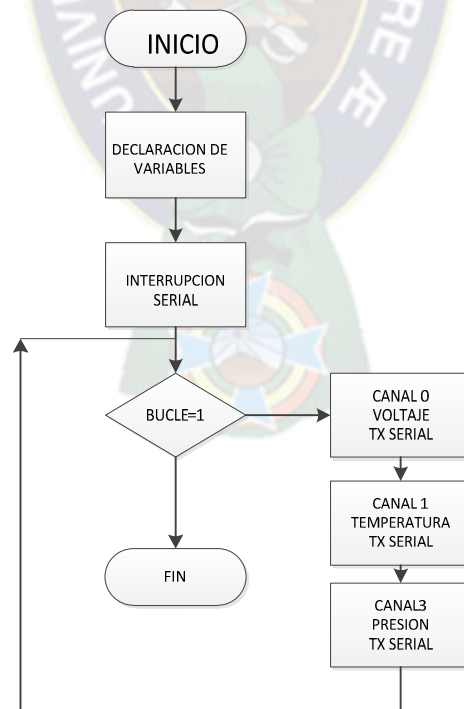


Fig. 7.2 Diagrama de flujo (fuente propia).

### 7.3.- CODIGO FUENTE EN LENGUAJE C DEL PIC 16F877A

```
#include <16f877a.h>

#fuses xt,nowdt,put,BROWNOUT

#use delay(clock=4000000)

#use rs232(baud=9600, xmit=pin_c6, rcv=pin_c7,bits=8,parity=n)

#include <lcd.c>

unsigned char ch=0;

unsigned int16 q;

float p,v,t,x;

#int_rda

void serial_isr()

{ ch=getchar();

}

void main() {

    enable_interrupts(global);

    enable_interrupts(int_rda);

    setup_adc_ports(RA0_RA1_RA3_analog);

    setup_adc(adc_clock_internal);

    lcd_init();

    while(true) {

        set_adc_channel(0);

        delay_us(10);

        q=read_adc();

        x=5.0*q/1024.0;

        v=380.0*x;

        lcd_gotoxy(1,1);

        printf(lcd_putc,"Voltaje=%01.2fV",v);

        delay_ms(100);

        if(ch=='v') {

            printf("%01.2fV\n\r",v);

        }

        set_adc_channel(1);

        delay_us(10);
```



```

q=read_adc();
t=5.0*q/1024.0;
lcd_gotoxy(16,1);
printf(lcd_putc,"Temperatura=%01.2fC",t);
delay_ms(100);
if(ch=='t')  {
    printf("%01.2fC\n\r",t);
}
set_adc_channel(3);
delay_us(10);
q=read_adc();
p=5.0*q/1024.0;
lcd_gotoxy(1,2);
printf(lcd_putc,"Presion=%01.2fBar",p);
delay_ms(100);
if(ch=='p')  {
    printf("%01.2fB\n\r",p);  }
}
}

```

#### 7.4.- SIMULACION DEL PROYECTO EN BASE AL PIC

¿Cómo funciona nuestro proyecto?

Lo que esperamos de este circuito implementado es que este constantemente monitoreando en el interior de la planta industrial los parámetros de temperatura, tensión eléctrica AC y la presión en los circuitos neumáticos, estos parámetros deben de mostrarse en el display LCD constantemente, entonces, estaríamos monitoreando si estos valores varían o cambian por algún motivo. En el computador personal correrá una aplicación realizado en Visual Basic, este programa nos graficara y grabara uno de estos parámetros a la vez con la finalidad de analizar la gráfica, ejemplo: Temperatura en °C versus Tiempo en Seg. Después de haber transcurrido un tiempo en que nuestro prototipo esté grabando podremos analizar su gráfica.

Cabe destacar que este sistema es un prototipo que puede ser mejorado posteriormente hasta alcanzar un mejor rendimiento. También es importante aclarar que para fines de demostración dé el sensor de presión nos valdremos de un pequeño circuito montado para este fin.

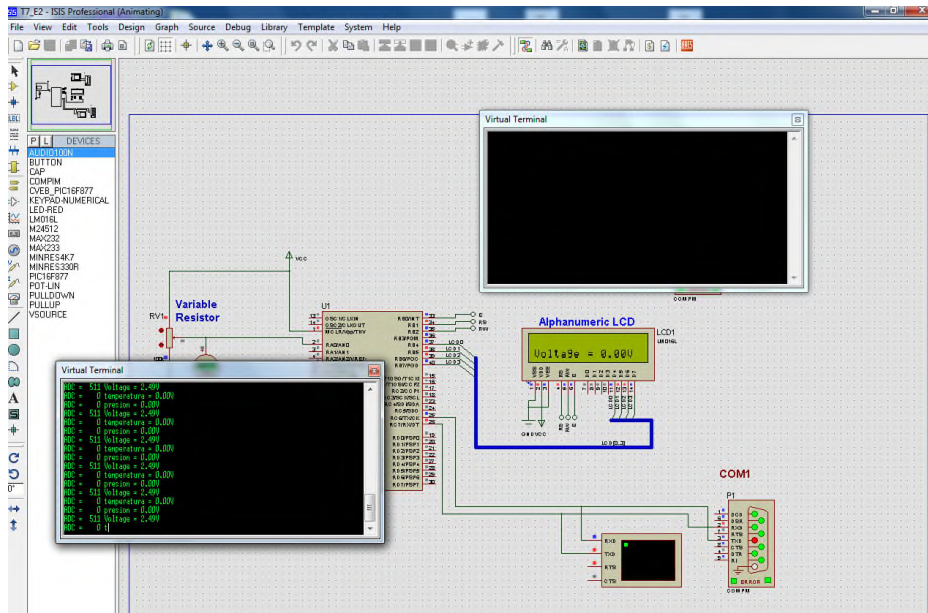
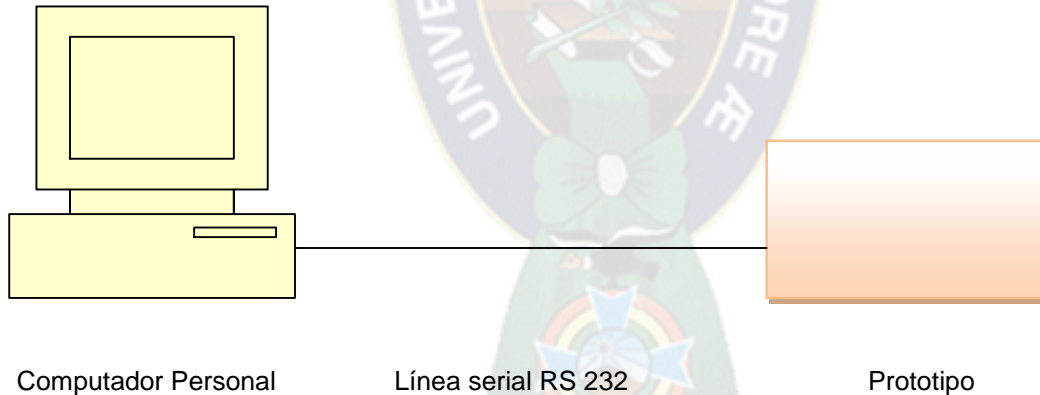


Fig. 8 Simulación en proteus (fuente propia).

## 7.5.- SIMULACION DEL PROYECTO EN BASE AL PC

Fig. 9 Comunicación serial RS 232.



Este gráfico nos muestra cómo vamos a trabajar con la norma RS 232 con el objetivo de graficar el comportamiento de uno de estos tres parámetros.

El programa de aplicación diseñado en Visual Basic nos grafica las variaciones de uno de estos tres parámetros y puede almacenar los valores, a continuación presentamos la ventana principal.



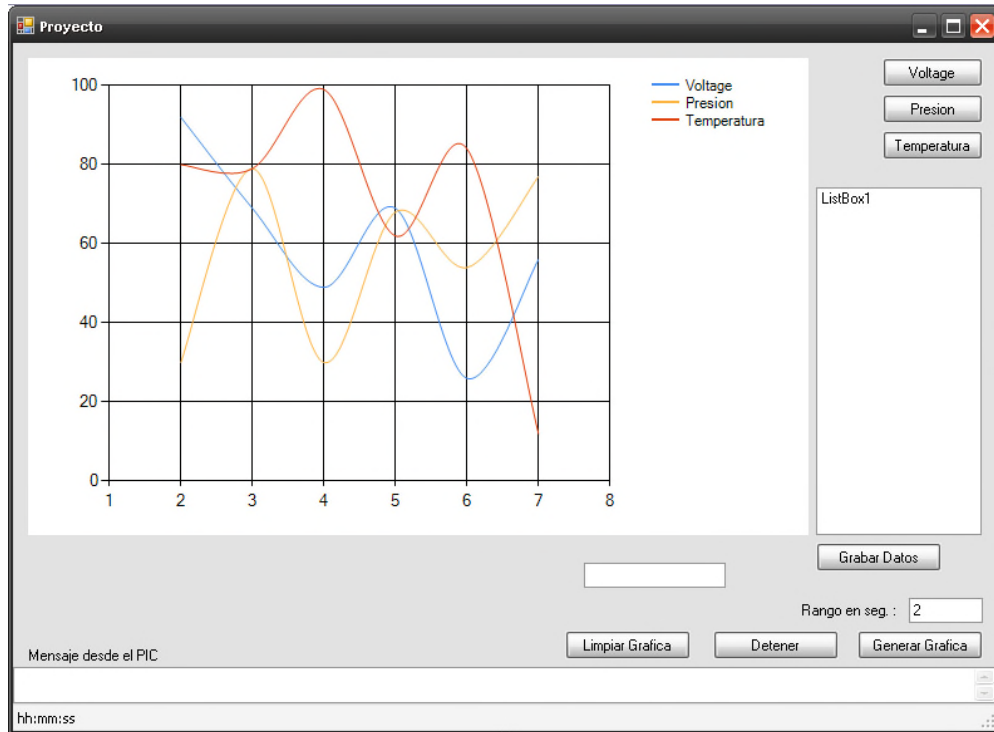


Fig. 10 Ventana principal de la aplicación en VB (Fuente Propia).

#### 7.5.1.- FUNCIONES DE LOS BOTONES EN LA VENTANA PRINCIPAL

**Listbox1.-** En esta ventana se mostrarán los valores recibidos del Pic junto a la hora.

**Limpiar Gráfica.-** Este botón limpia la pantalla.

**Detener.-** Este botón detiene la captura de datos recibidos desde Pic

**Generar Gráfica.-** Este botón grafica los valores recibidos del Pic en función al  
Tiempo (Voltaje, Presión, Temperatura) .

**Rango en segundos.-** En este TextBox se define el intervalo de tiempo de la captura de  
los valores enviados por el Pic para graficarlos.

**Grabar Datos.-** Este botón nos permite almacenar los valores de la gráfica.

**Voltaje.-** Este botón envía el carácter "V" al microcontrolador para que este envíe los valores  
de voltaje al PC.

**Presión.-** Este botón envía el caracter “P” al microcontrolador para que este envíe los valores de la Presión al PC.

**Temperatura.-** Este botón envía el caracter “T” al microcontrolador para que este envíe los valores de la Temperatura al PC.

## 7.5.2.- CODIGO FUENTE DEL PROGRAMA EN VISUAL BASIC

```
Imports System.IO.Ports
Imports System.Data.OleDb
Public Class Form_Principal
    Dim da As OleDbDataAdapter
    'Utilizaremos un string como buffer de recepcion
    Dim Recibidos As String
    Public Sub New()
        InitializeComponent()
        ' Abrir puerto mientras se ejecute la aplicación
        If Not SerialPort1.IsOpen Then
            Try
                SerialPort1.Open()
            Catch ex As System.Exception
                MessageBox.Show(ex.ToString())
            End Try
        End If
        ' Ejecutar la funcion Recepcion por disparo del Evento 'DataReived'
        AddHandler SerialPort1.DataReceived, AddressOf Recepcion
    End Sub
    ' Al recibir los datos
    Private Sub Recepcion(ByVal sender As Object, ByVal e As System.IO.Ports.SerialDataReceivedEventArgs)
        ' Acumular los caracteres recibidos a nuestro 'buffer' (string)
        Recibidos = SerialPort1.ReadExisting()
        ' Invocar o llamar al proceso de tramas
        Me.Invoke(New EventHandler(AddressOf Actualizar))
    End Sub
    ' Procesar los datos recibidos en el buffer y extraer tramas completas
```

```
Private Sub Actualizar(ByVal s As Object, ByVal e As EventArgs)
    ' Asignar el valor de la trama al textBox
    textBox_visualizar_mensaje.Text = Recibidos
End Sub

Private Sub Button_t_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles Button_t.Click
    Dim mBuffer As Byte() = New Byte(0) {}
    sw_tipo = 0
    mBuffer(0) = &H76 'ASCII letra "v".
    SerialPort1.Write(mBuffer, 0, mBuffer.Length)
End Sub

Private Sub Button_b_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles Button_b.Click
    Dim mBuffer As Byte() = New Byte(0) {}
    sw_tipo = 2
    mBuffer(0) = &H62 'ASCII letra "b".
    SerialPort1.Write(mBuffer, 0, mBuffer.Length)
End Sub

Private Sub Button_a_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles Button_a.Click
    Dim mBuffer As Byte() = New Byte(0) {}
    sw_tipo = 1
    mBuffer(0) = &H61 'ASCII letra "p"
    SerialPort1.Write(mBuffer, 0, mBuffer.Length)
End Sub

Private Sub Timer1_Tick(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles Timer1.Tick
    'Dim ho_dt As DateTime
    StatusStrip1.Items(0).Text = DateTime.Now.ToLongTimeString()
    'ho_dt = New DateTime(DateTime.Now.Ticks)
    'hora_txt.Text = ho_dt.ToLongTimeString
End Sub

Private Sub Form_Principal_FormClosing(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.Windows.Forms.FormClosingEventArgs) Handles MyBase.FormClosing
    Dim mBuffer As Byte() = New Byte(0) {}
    mBuffer(0) = &H20 'ASCII letra "Espacio".
    SerialPort1.Write(mBuffer, 0, mBuffer.Length)
End Sub
```

```
Private Sub Button_I_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles Button_I.Click
```

```
    Timer2.Interval = Long.Parse(rango_txt.Text) * 1000
```

```
    sw_grabar = True
```

```
End Sub
```

```
Sub graficar(Optional ByVal x As Double = 0, Optional ByVal y As Double = 0)
```

```
    Chart1.Series.Item(sw_tipo).Points.AddXY(x, y)
```

```
End Sub
```

```
Sub borrar_grafica()
```

```
    Chart1.Series.Item(0).Points.Clear()
```

```
    Chart1.Series.Item(1).Points.Clear()
```

```
    Chart1.Series.Item(2).Points.Clear()
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Button1_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles Button1.Click
```

```
    borrar_grafica()
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Timer2_Tick(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles Timer2.Tick
```

```
    Dim arr_hora(3) As String
```

```
    Dim arr_t(3) As String
```

```
    Dim array(3) As String
```

```
    Dim aux As String
```

```
    If (sw_grabar) Then
```

```
        arr_hora = StatusStrip1.Items(0).Text.Split(":")
```

```
        arr_t = Recibidos.Split("V")
```

```
        array = arr_t(0).Split(".")
```

```
        aux = array(0) + "," + array(1)
```

```
        'txt1.Text = aux
```

```
        ListBox1.Items.Add(DateTime.Now.ToLongTimeString + "=>" + aux)
```

```
        graficar(Double.Parse(DateTime.Now.Ticks), Double.Parse(aux))
```

```
        'txt1.Text = arr_t(0)
```

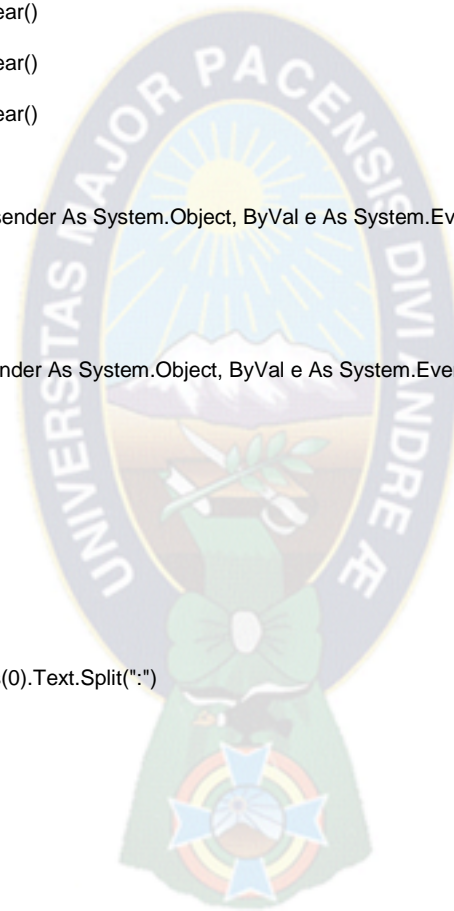
```
    End If
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Button2_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles Button2.Click
```

```
    sw_grabar = False
```

```
End Sub
```



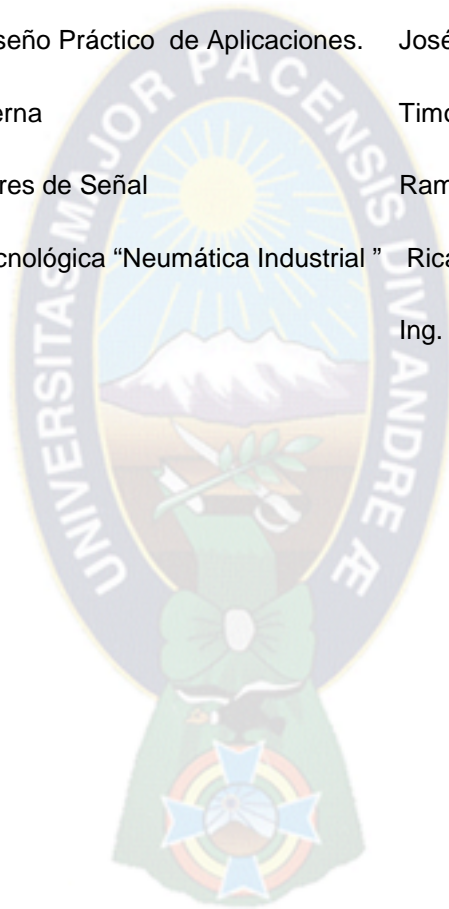
```
Private Sub Button3_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles Button3.Click
    Dim arr(2) As String
    For Each x As String In ListBox1.Items
        arr = x.Split("=>")
        da = New OleDbDataAdapter("INSERT INTO valores (secuencia,tipo,valor,fecha,hora) VALUES('1','t,'" + arr(1) +
        "','" + arr(0) + "')", cnn)
    Next
End Sub
End Class
```

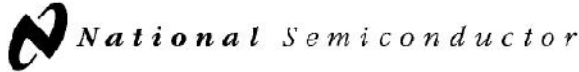
## 8.- CONCLUSIONES

Este trabajo de aplicación tiene un gran camino por avanzar lo que se realizado solo es el circuito básico que sí responde a nuestras necesidades de tener un testigo de cómo ha sido el comportamiento de uno de estos parámetros físicos en un lapso de tiempo, esta idea nace la experiencia propia de trabajar en una planta industrial y la necesidad de este prototipo, así como se ha creado este prototipo para una determinada aplicación podemos adentrarnos en los diferentes procesos industriales y nos daríamos cuenta que con algunas pequeñas ideas y la aplicación de la electrónica que conocemos podríamos aportar con un granito de arena en la solución de muchos problemas y lo más importante, el mayor beneficio lo llevaríamos nosotros porque ganamos experiencia y seguridad para emprender proyectos cada vez más grandes y complicados.

## 9.- BIBLIOGRAFIA

- 1.- Información sobre el Pic 16F877A. <http://www.microchip.com>
- 2.- Información sobre Proteus. <http://www.pic16f84a.com/Proteus.htm>
- 3.- Compilador C CCS y Simulador proteus para microcontroladores Pic .  
Eduardo García Breijo .
- 4.- Circuitos Eléctricos Richard C. Dorf, James A. Svoboda.
- 5.- Microcontroladores Pic, Diseño Práctico de Aplicaciones. José M. Angulo Usateguí .
- 6.- Electrónica Industrial Moderna Timothy J. Maloney.
- 7.- Sensores y Acondicionadores de Señal Ramón Pallás Areny.
- 8.- Curso de Actualización Tecnológica “Neumática Industrial ” Ricardo Ticona
- 9.- Visual Basic 2008 Ing. Maribel Sabana Mendoza





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  $0.1^\circ\text{C}$  in still air. The LM35 is rated to operate over a  $-55^\circ$  to  $+150^\circ\text{C}$  temperature range, while the LM35C is rated for a  $-40^\circ$  to  $+110^\circ\text{C}$  range ( $-10^\circ$  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  $+10.0\ \text{mV}/^\circ\text{C}$  scale factor
- $0.5^\circ\text{C}$  accuracy guaranteeable (at  $+25^\circ\text{C}$ )
- Rated for full  $-55^\circ$  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,  $0.08^\circ\text{C}$  in still air
- Nonlinearity only  $\pm 1/4^\circ\text{C}$  typical
- Low impedance output,  $0.1\ \Omega$  for  $1\ \text{mA}$  load

## Connection Diagrams



TL/H/5516-1

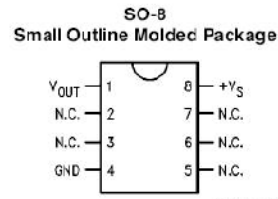
\*Case is connected to negative pin (GND)

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



TL/H/5516-2

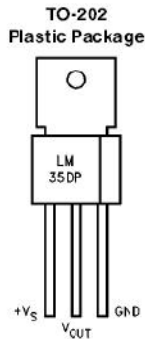
Order Number LM35CZ, LM35CAZ or LM35DZ  
See NS Package Number Z03A



TL/H/5516-21

Top View  
N.C. = No Connection

Order Number LM35DM  
See NS Package Number M08A

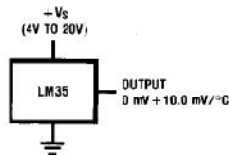


TL/H/5516-24

Order Number LM35DP  
See NS Package Number P03A

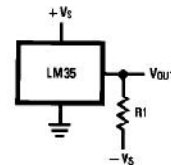
TRI-STATE® is a registered trademark of National Semiconductor Corporation

## Typical Applications



TL/H/5516-3

FIGURE 1. Basic Centigrade Temperature Sensor ( $+2^\circ\text{C}$  to  $+150^\circ\text{C}$ )



TL/H/5516-4

Choose  $R_1 = -V_S/50\ \mu\text{A}$

$V_{OUT} = +1,500\ \text{mV}$  at  $+150^\circ\text{C}$   
 $= +250\ \text{mV}$  at  $+25^\circ\text{C}$   
 $= -550\ \text{mV}$  at  $-55^\circ\text{C}$

FIGURE 2. Full-Range Centigrade Temperature Sensor

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

## Absolute Maximum Ratings (Note 10)

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications.

Supply Voltage	+35V to -0.2V
Output Voltage	+6V to -1.0V
Output Current	10 mA
Storage Temp., TO-46 Package,	-60°C to +180°C
TO-92 Package,	-60°C to +150°C
SO-8 Package,	-65°C to +150°C
TO-202 Package,	-65°C to +150°C

Lead Temp.:

TO-46 Package, (Soldering, 10 seconds)	300°C
TO-92 Package, (Soldering, 10 seconds)	260°C
TO-202 Package, (Soldering, 10 seconds)	+230°C

SO Package (Note 12):

Vapor Phase (60 seconds)	215°C
Infrared (15 seconds)	220°C
ESD Susceptibility (Note 11)	2500V

Specified Operating Temperature Range:  $T_{MIN}$  to  $T_{MAX}$  (Note 2)

LM35, LM35A	-55°C to +150°C
LM35C, LM35CA	-40°C to +110°C
LM35D	0°C to +100°C

## 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)	$T_A = +25^\circ\text{C}$	$\pm 0.2$	$\pm 0.5$		$\pm 0.2$	$\pm 0.5$	$\pm 1.0$	°C
	$T_A = -10^\circ\text{C}$	$\pm 0.3$			$\pm 0.3$			°C
	$T_A = T_{MAX}$	$\pm 0.4$	$\pm 1.0$		$\pm 0.4$	$\pm 1.0$		°C
	$T_A = T_{MIN}$	$\pm 0.4$	$\pm 1.0$		$\pm 0.4$		$\pm 1.5$	°C
Nonlinearity (Note 8)	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$	<b><math>\pm 0.18</math></b>		<b><math>\pm 0.35</math></b>	<b><math>\pm 0.15</math></b>		<b><math>\pm 0.3</math></b>	°C
Sensor Gain (Average Slope)	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$	<b>+10.0</b>	<b>+9.9, +10.1</b>		<b>+10.0</b>		<b>+9.9, +10.1</b>	mV/°C
Load Regulation (Note 3) $0 \leq I_L \leq 1$ mA	$T_A = +25^\circ\text{C}$	$\pm 0.4$	$\pm 1.0$		$\pm 0.4$	$\pm 1.0$		mV/mA
	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$	<b><math>\pm 0.5</math></b>		<b><math>\pm 3.0</math></b>	<b><math>\pm 0.5</math></b>		<b><math>\pm 3.0</math></b>	mV/mA
Line Regulation (Note 3)	$T_A = +25^\circ\text{C}$	$\pm 0.01$	$\pm 0.05$		$\pm 0.01$	$\pm 0.05$		mV/V
	$4V \leq V_S \leq 30V$	<b><math>\pm 0.02</math></b>		<b><math>\pm 0.1</math></b>	<b><math>\pm 0.02</math></b>		<b><math>\pm 0.1</math></b>	mV/V
Quiescent Current (Note 9)	$V_S = +5V, +25^\circ\text{C}$	56	67		56	67		$\mu\text{A}$
	$V_S = +5V$	<b>105</b>		<b>131</b>	<b>91</b>		<b>114</b>	$\mu\text{A}$
	$V_S = +30V, +25^\circ\text{C}$	56.2	68		56.2	68		$\mu\text{A}$
	$V_S = +30V$	<b>105.5</b>		<b>133</b>	<b>91.5</b>		<b>116</b>	$\mu\text{A}$
Change of Quiescent Current (Note 3)	$4V \leq V_S \leq 30V, +25^\circ\text{C}$	0.2	1.0		0.2	1.0		$\mu\text{A}$
	$4V \leq V_S \leq 30V$	<b>0.5</b>		<b>2.0</b>	<b>0.5</b>		<b>2.0</b>	$\mu\text{A}$
Temperature Coefficient of Quiescent Current		<b>+0.39</b>		<b>+0.5</b>	<b>+0.39</b>		<b>+0.5</b>	$\mu\text{A}/^\circ\text{C}$
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	$T_J = T_{MAX}$ , for 1000 hours	$\pm 0.08$			$\pm 0.08$			°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  $I_{LOAD} = 50 \mu\text{A}$ , 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.



## ANEXO 2

### DATOS TECNICOS DEL SENSOR DE PRESION P3297 TECSIS

#### Pressure sensors for industrial applications Model P3297

Non linearity 0.5% (option 0,25%)

Standard output: 4...20 mA; 2-wire  
or 0...5 VDC; 3-wire  
or 0...10 VDC; 3-wire  
or 0.5...4.5 VDC; 3-wire  
or 0.5...4.5 VDC ratiometric



#### Description

Robustness and long-term stability during operation are the strengths of this compact pressure sensor for general industrial applications.

The materials and technologies used make these sensors suitable for applications with aggressive media. Welded connections between pressure cell and process connection require no sealing elements and make the measuring system particularly resistant to mechanical shock and vibration. The compact design makes these sensors interesting for room critical applications.

A wide variety of electrical connections and pressure ports simplifies the adaptation to different applications. The pressure sensor is internationally certified and ready for global deployment.

The pressure sensors comply with electromagnetic compatibility requirements (EMC) as per EN 61326.

#### Features

- Measuring range from 0...1 bar to 0...600 bar
- Medium wetted parts of stainless steel
- High EMV-protection according to EN 61 326
- Compact instrument size
- No internal sealing elements
- Highly resistance to shock and vibration
- For dynamic or static measurements

#### Measuring range

Gauge pressure 0...1 bar to 0...600 bar

#### Applications

- Hydraulics and pneumatics
- Pumps and compressors
- Building automation
- Test stand construction
- Machine and apparatus construction

## Technical Data

Model	P3297	
Pressure type	positive gauge pressure absolut pressure on request	
- Measuring range [bar]	0...1 bar to 0...600 bar	
- overrange limit [bar]	x 2	
- burst pressure [bar]	x 6	
Sensor element	piezoresistive to 0.6 bar, thin film as of 0..10 bar	
Output signal	4...20 mA      2- wire 0...5 VDC      3- wire 1...5 VDC      3- wire 0...10 VDC     3- wire 0,5...4,5 VDC   3- wire 0,5...4,5 VDC   ratiometric	
Non linearity <sup>1)</sup>	≤ 0.5% of F. S.; option: 0.25% of F. S.	
Accuracy <sup>2)</sup>	≤ 1.0% of F. S.; option: 0.5% of F. S. <sup>3)</sup>	
Hysteresis	≤ 0.16% of F. S.	
Non repeatability	≤ 0.1% of F. S.	
Stability annual	≤ 0.2% of F. S. (by reference conditions)	
Material case medium wetted parts	Stainless steel 316L Stainless steel 316L (from 0...10 bar rel. 13-8PH)	
Pressure connection	G 1/4 according to DIN 3852-E G 1/4 according to EN 837 G 1/2 according to EN 837 1/4 NPT 1/2 NPT other pressure connection on request	
Electrical connection	connector DIN EN 175301-803 Form A with junction box (IP 65) connector DIN EN 175301-803 Form C with junction box (IP 65) circular plug-in connector M12x1 (4-pin) (IP 67) cable outlet: 2m (IP 67) other electrical connection on request	
Power supply / load 4...20 mA 0...1...5 V 0...10 V 0.5 ... 4.5 V 0.5 ... 4.5 V ratiometric	8...30 VDC 8...30 VDC 14...30 VDC 8...30 VDC 5 VDC ± 10%	$R_A [\Omega] \leq (U_B [V] - 8V) / 0,02A$ $R_A > 5k\Omega$ $R_A > 10k\Omega$ $R_A > 4,5k\Omega$ $R_A > 4,5k\Omega$
Reponse time	≤ 4ms within 10% to 90% of F.S.	
RoHS-conformance	yes	
Approval according to	cULus	
CE-conformance	89/336/EEG interference emission and interference resistance to EN 61 326 interference emission limit class B 97/23/EG pressure gauge code	
Electrical protections	Polarity, overvoltage and short-circuit protection	
Temperature influence	≤ 1% typ.. ≤ 2,5% max.in range 0...80°C	
Temperature ranges compensated range storage media ambient	0...80°C -30...100°C (-20...80°C) -30...100°C (0...80°C) -30...100°C (0...80°C)	
Load capacity shock (mechanical) vibration (under resonance)	500g acc. to IEC 60068-2-27 10g acc. to IEC 60068-2-6	
Weight	approx. 80g	

<sup>1)</sup> According to IEC 61298-2

<sup>2)</sup> Including non linearity, hysteresis, non repeatability, variation of zero point and finale value (is equal to error according to IEC 61298-2).

<sup>3)</sup> By option: accuracy 0.5% and signal 0...5V is accuracy 0.6%