DISEÑO DE UN MEDIDOR DE TEMPERATURA PARA LA INDUSTRIA DEL PLÁSTICO

EDISON DE JESÚS ESTRADA VALLEJO

POLITÉCNICO COLOMBIANO JAIME ISAZA CADAVID
INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
INGENIERÍA EN INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL
MEDELLÍN
2008

DISEÑO DE UN MEDIDOR DE TEMPERATURA PARA LA INDUSTRIA DEL PLÁSTICO

EDISON DE JESÚS ESTRADA VALLEJO

Trabajo presentado y dirigido como requisito parcial para optar al título de Ingeniero En Instrumentación y Control

Asesor Metodológico
ÁLVARO URDINOLA RESTREPO
Sociólogo

Asesor Técnico
JUAN CARLOS GALLEGO ORTIZ
Ingeniero en Instrumentación y Control

POLITÉCNICO COLOMBIANO JAIME ISAZA CADAVID
INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
INGENIERÍA EN INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL
MEDELLÍN
2008

Medellín, 15 de junio de 2008

Ingeniero
MAURICIO MONÁGAS MEJIA
Coordinador Programas Tecnológicos
Facultad de Ingenierías
Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid

ASUNTO: Cumplimiento requisitos Técnico – Metodológicos

Me permito certificar que el trabajo de grado **"DISEÑO DE UN MEDIDOR DE TEMPERATURA PARA LA INDUSTRIA DEL PLASTICO."**
Elaborado por el estudiante:

_____
EDISON DE JESÚS ESTRADA VALLEJO
C.C. 71.682.791 DE Medellín

Realizado bajo la modalidad de trabajo dirigido y estructurado como requisito parcial, para
Optar el titulo de Ingeniero en Instrumentación y Control, cumple con los requisitos técnicos Y metodológicos exigidos.

Se autoriza programar exposición en público

_____ _____
JUAN CARLOS GALLEGO ORTÍZ **ÁLVARO URDINOLA RESTREPO**
ASESOR TÉCNICO ASESOR METOLÓGICO

A dios, que me guía.

A mi esposa que siempre me acompaña y me apoya en mi estudio para cumplir mis metas.

A mi madre y mis hijas que me dan fuerza para seguir adelante

EDISON DE JESÚS ESTRADA VALLEJO

AGRADECIMIENTOS

El autor expresa sus agradecimientos a:

Álvaro Urdinola Restrepo, Sociólogo y Asesor Metodológico, por su colaboración en la elaboración de este proyecto.

Juan Carlos Gallego Ortiz., Ingeniero en Instrumentación y Control y asesor técnico, por su gran aporte en el conocimiento del tema

CONTENIDO

	pág
INTRODUCCIÓN	12
1. DESCRIPCION DEL PROBLEMA	14
2.DELIMITACIÓN	15
2.1DELIMITACION ESPACIAL	15
2.2DELIMITACIONTEMPORAL	15
3.JUSTIFICACIÓN	16
4.OBJETIVOS	17
4.1OBJETIVO GENERAL	17
4.2OBJETIVO ESPECÍFICO	17
5.MARCO TEÓRICO	18
5.1ANTECEDENTES	18
5.2BASES TEÓRICAS	19
5.2.1Diseño del Medidor.	19
5.2.2Temperatura.	22
5.2.3Termocuplas.	23
5.2.4Microcontrolador.	24
5.2.5Indicador.	24
5.2.6Sensores.	24
5.2.7Lcd.	25
6.VARIABLES E INDICADORES	27

7.METODOLOGÍA GENERAL DEL TRABAJO 28

7.1APLICACIÓN TÉCNICA 28

7.2MÉTODO DE ESTUDIO 28

7.3FUENTES Y TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN 28

7.3.1Fuentes primarias 28

7.3.2Fuentes secundarias 28

8.ASPECTOS ADMINISTRATVO 29

8.1 RECURSOS HUMANOS 29

8.2RECURSOS TÉCNICOS 29

8.3ECURSOS INSTITUCIONALES 29

8.4RECURSOS FINANCIEROS 30

8.5CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES 31

9. MEDICION CON TERMOCUPLAS 32

9.1LEYES DE LAS TERMOCUPLAS 32

10.DISEÑO DEL MEDIDOR DE BAJO COSTO 34

10.1DIAGRAMA DE FLUJO 35

10.2DISEÑO DEL PROGRAMA 36

10.3DESARROLLO DEL HARDWARE 50

11.CONCLUSIONES 55

12.RECOMENDACIONES 56

BIBLIOGRAFIA 57

ABSTRAC 58

LISTA DE FIGURAS

	pág
Figura 1. Diseño del medidor	22
Figura 2. Pinado del Microcontrolador	24
Figura 3. Sensor LM 35	25
Figura 4. LCD 2X16	26
Figura 5. Software Simulado	34
Figura 6. Diagrama de conexión de la Termocupla con12f75	54

GLOSARIO

TERMISTORES: son semiconductores electrónicos con un coeficiente de temperatura de resistencia negativo de valor elevado, por lo que presentan unas variaciones rápidas y extremadamente grandes para los cambios relativamente pequeños en la temperatura.

TERMOPAR: se basa en el efecto descubierto por Seebeck en 1821, de la circulación de una corriente en un circuito formado por dos metales diferentes cuyas uniones se mantienen a distinta temperatura. Esta circulación de corriente obedece a dos efectos termoeléctricos combinados, el efecto peltier que provoca la liberación o absorción de calor en la unión de dos metales distintos cuando una corriente circula a través de la unión y el efecto thomson que consiste en la liberación o absorción de calor cuando una corriente circula a través de un metal homogéneo en el que existe un gradiante de temperaturas.

SENSOR: es un dispositivo para detectar y señalar una condición de cambio.
Sea físico o químico que permite la transformación del estimulo a una señal utilizada como medida.

EFECTO TERMOELÉCTRICO: las conexiones entre el sensor y los conductores internos y entre estos y los conductores externos desarrollan fuerzas termoeléctricas en presencia de gradientes de temperatura

SEÑAL: cualquier cantidad física que varía en el tiempo y que lleva información, generalmente del estado o comportamiento de un sistema.

RESUMEN

En el presente trabajo, se diseñó un medidor indicador de temperatura, el cual es un instrumento microcontrolado que despliega y muestra la variable temperatura.

El principio de funcionamiento; es por medio de termocupla que va directamente al proceso y se conecta a un transistor y a su vez a un microcontrolador donde se hace los cálculos matemáticos y despliega una información por lcd.

El cambio en la resistencia eléctrica de los metales, semiconductores con la temperatura es muy utilizado en la medición de esta.

A efectos de realizar una selección apropiada de los instrumentos de medición es Indispensable una correcta evaluación, se debe determinar la mayor cantidad de parámetros técnicos que caractericen de manera fiel, las fuentes que generan los cambios de temperatura.

La resistencia de los metales se incrementa a medida que la temperatura sube, mientras que la resistencia de los electrolitos y semiconductores (con coeficiente negativo) baja.

Los modelos físicos que tratan de dar cuenta de los mecanismos de conducción en los materiales son complejos.

INTRODUCCIÓN

En el mercado: existen una gran variedad de medidores, los cuales son un poco costosos, y las empresas tienden a suplir sus necesidades basadas en el ahorro; que el instrumento sea bueno y barato. De ahí surge la idea de hacer el diseño del indicador de temperatura.

Solo se llego hasta el diseño del indicador. La parte de conexión con un plc y una tarjeta de adquisición de datos para llevarlos a un PC serian algo interesante para implementar mas adelante.

En este diseño se usó el termopar o termocupla ,que es un sensor eléctrico de temperatura muy utilizado en la industria y la ciencia, auque no se distingue por su alta exactitud respecto a otros sensores de temperatura, el amplio rango que cubre y su versatilidad facilitan la medición de temperatura en un gran numero de aplicaciones.

Para medir la temperatura, se coloca la juntura de medición a la temperatura deseada, (mientras se mantiene a temperatura constante) y se mide la termotensión .Este instrumento es ajustado y da una lectura análoga o digital. En grados ºC. , también puede presentarse un registro escrito del valor de la temperatura con un mili o nanovoltimetro.

Los termopares se ponen en contacto inmediato con el objeto de medición teniendo cuidado de no tener contacto con la termotensión del termopar por derivaciones o fugas de corriente así con tensiones de origen galvanico.

La mayoría de las veces los termopares deben ser protegidos de acciones químicas o mecánicas ejercidas sobre ellos.

1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La elección de diseñar un medidor de temperatura surge de la idea de hacerlo mas económico frente a las demandas del mercado actualmente.

A efectos de realizar una selección apropiada de los instrumentos para la medición es Indispensable para una correcta evaluación, determinar la mayor cantidad de parámetros técnicos que caractericen de manera fiel, las fuentes que generan los rangos de temperaturas

.

Los cálculos teóricos, se pueden emplear para obtener estimados de la intensidad, de calor en la región; de medición para la selección de la termocupla adecuada. Las variaciones de calor debido a la naturaleza, entre otras, pueden provocar un incremento en la medición sobre los valores estimados

El manejo de la temperatura en la industria tiene también sus limitantes y parámetros establecidos mundialmente.

2. DELIMITACIÓN

2.1DELIMITACIÓN ESPACIAL

El proyecto se desarrolló, en el Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, ubicado en el departamento de Antioquia. Ciudad Medellín dirección CRA 43 N 7 -151 el poblado (Medellín)

2.2DELIMITACIÓN TEMPORAL

El trabajo se desarrolló, en el primer semestre académico del 2008.

3. JUSTIFICACIÓN

Se puede desarrollar un equipo de medición de más bajo costo, para la fácil adquisición de este, por parte de las empresas.

La modalidad de utilización puede seleccionarse para efectuar pruebas conformes a los límites impuestos por las distintas normativas o bien por el propio usuario.
Un tiempo de observación largo es esencial para la comprensión y la caracterización de una magnitud dinámica, compleja, como es la temperatura.

Actualmente tenemos en el mercado medidores muy complejos con miles de funciones; los cuales deberían de ser más objetivos y sencillos al momento de utilizarlos.

Las empresas compran instrumentos costosos, solo para que les indique o mida una variable, y las otras tareas que pueda desarrollar el instrumento, no son utilizadas de modo que no es aprovechado al máximo y por ende en la mayoría de los casos sale más costoso.

4. OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar un medidor de temperatura más económico.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

.

Realizar la medición con una termocupla

Desarrollar un software para la medición

5. MARCO TEÓRICO

5.1 ANTECEDENTES

Los indicadores son instrumentos de panel de microprocesador que despliegan y muestran variables como la temperatura, la presión, la capacidad, la fuerza, la posición, el voltaje, la corriente, y tienen diagnósticos y alarmas programables

Para todos los indicadores se pueden ajustar las cantidades, por ejemplo, el usuario puede configurar el tiempo de muestreo/resolución, escala de inicio/fin, posición del punto decimal, acciones de filtro y desfase (offset) en la entrada para una lectura práctica, correcta y precisa.

Hay versiones con salidas relay y alarmas configurables vía software, por lo tanto, dependiendo de los modelos, varios tipos de señales pueden ser interconectadas; termocuplas, termómetros de resistencia, termisores, entradas lineales normalizadas, gagas de tensión, potenciómetros, sensores de posición con linealización opcional según el requerimiento del cliente.

Las salidas de las alarmas pueden ser relay, lógicas, o triac. Opcionales encontrará I/O´s digitales y análogos, para incrementar el número de controladores y proveer una retransmisión remota de un valor de una variable.

La mayoría de los indicadores cuentan con una interfase de servicio para la configuración vía PC (software).

Las unidades de alarma y las unidades de los indicadores pueden venir con una interfase serial RS485 para comunicación por red con dispositivos supervisores y PLC.

5.2 BASES TEÓRICAS

5.2.1 Diseño del medidor. Con los datos obtenidos de la técnica y los valores estimados, sé puede determinar el tipo de instrumento a diseñar. Para la selección de instrumentos de detección se debe tomar en consideración las características siguientes:

- Rango de temperatura
- Tiempo de respuesta
- Limitaciones del campo medido
- Polarización
- Capacidad de sobrecarga
- Calibración operativa

Selección de la técnica de detección

La selección de la técnica de detección depende del rango de medida por evaluar

- **Métodos de detección**

Los métodos de detección, involucran fijar los procedimientos, técnicas de medición y los equipos para efectuarlas.
Definimos tres casos de detección, los cuales determinan los métodos de medición que serán especificados en los casos mencionados a continuación:
- Caso 1 detección Preliminar
- Caso 2 detección Selectiva
- Caso 3 detección Detallada

Dependiendo del equipamiento utilizado, se podrá optar por el método de detección a efectuar considerando las facilidades con que cuente el equipo para una detección preliminar, selectiva o detallada.

- **Caso 1 detección Preliminar**

El método de detección en este caso permitirá evaluar si en algún punto del entorno de la maquina, se exceden los límites máximos permisibles de exposición a la temperatura.
Cuando se necesite conocer el nivel específico de la temperatura a medir.
Cuando los límites máximos permisibles para la medición se sobrepasen.

- **Caso 2 detección Selectiva**

Este método es aplicado cuando:

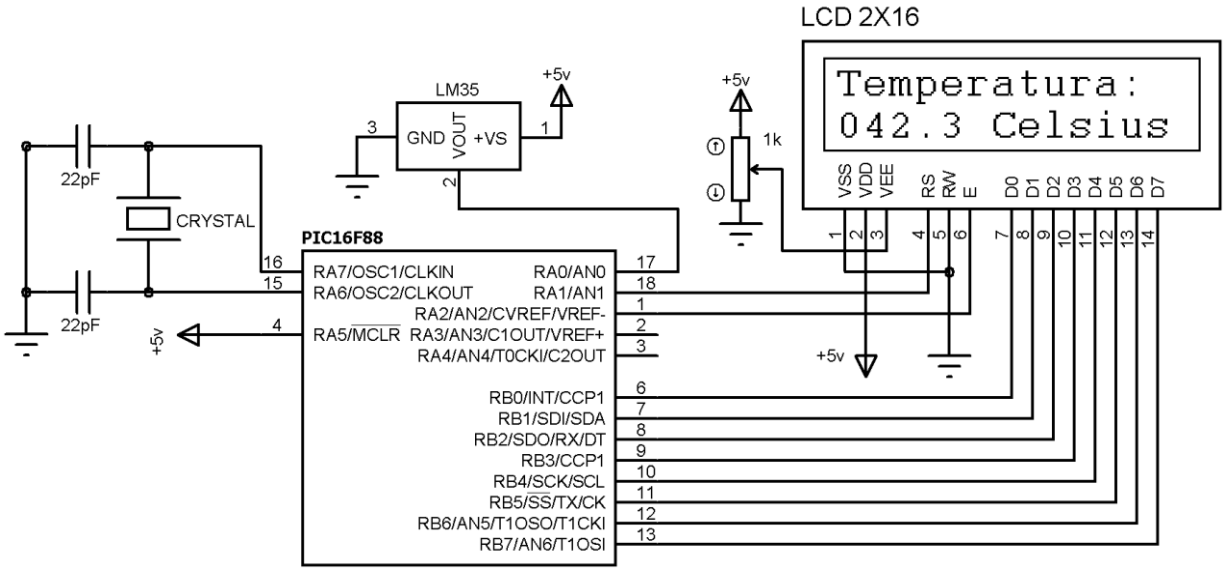
- Se necesite determinar la contribución individual de las temperaturas múltiples, que se encuentren presentes en el punto de medición.

- Cuando empleado el método para el caso 1, el valor obtenido excede el nivel de umbral. Todos los equipos de medición deberán ser puestos a cero y efectuar la calibración operativa correspondiente (en este caso el cero seria la temperatura ambiente) y se debe tener en cuenta el factor de pérdida de las mismas.

- **Caso 3 detección Detallada**

Este caso se aplica cuando la detección preliminar y detección selectiva excedan los límites máximos permisibles.

Figura 1. Diseño medidor de temperatura



5.2.2 Temperatura. Es una magnitud física cuya influencia está en muchos fenómenos naturales, en instalaciones industriales, en laboratorios y en la medicina hace que su medición y control sea muy frecuente en dichos campos. Con el fin de medir la temperatura con exactitud es necesario conocer los métodos e instrumentos de medición usados en la práctica y su uso correcto.

El rango de medición de temperaturas en la practica se extiende desde -200 ºC hasta aproximadamente 3000 ºC, aunque la amplitud de este rango y la exactitud con la que se mide depende también del desarrollo tecnológico y científico de los países.en la industria del plástico se manejan rangos desde temperatura ambiente hasta +400º.

Como los objetos de medición de temperatura .y las condiciones de medición son tan diversas, se han desarrollado muchos métodos e instrumentos de medición con el fin de suplir las diferentes necesidades.

- .**DILATACION.** De liquido en vidrio, si el liquido no moja el vidrio, si el liquido moja el vidrio, Líquido elemento elástico, Presión de vapor – elemento elástico, Dilatación de una varilla, Bimetalitos

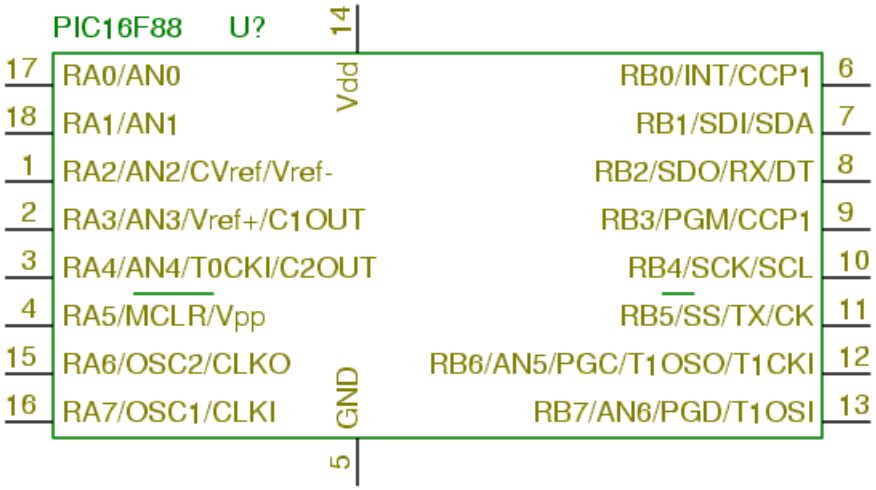
- **ELECTRICOS.** Termopares, Termorresistencias, Termistores, Circuitos integrados (estado sólido)

- **SIN CONTACTO**. Pirometro ópticos: de densidad espectral, comparación de colores, Métodos de medición especiales ; Puntos de fusión(pastillas crayolas, Cambio de color en rotulo con tinta, Conos pirometricos (cerámica), Cristales líquidos

5.2.3 Termocuplas. Cuando dos metales distintos están unidos de modo de formar un lazo cerrado, y si una unión está a una temperatura diferente de la otra, se genera una fuerza electromotriz (llamada la f.e.m. Seebeck en honor a su descubridor) y una corriente eléctrica circulará por el lazo cerrado, se ha demostrado que la magnitud de esta corriente eléctrica se encuentra relacionada de una manera predecible con la diferencia de temperatura entre las dos uniones. De modo que si la temperatura de una unión se mantiene a un valor conocido, la temperatura de la otra unión puede determinarse por la magnitud de voltaje generado. Este descubrimiento resultó en un sensor de temperatura que conocemos con el nombre de termocupla.

5.2.4 Microcontrolador. Circuito integrado que incluye en su interior tres unidades funcionales de un ordenador, CPU Memorias y unidades de E/S, es un computador en un circuito integrado, el cual se programa para una tarea asignada.

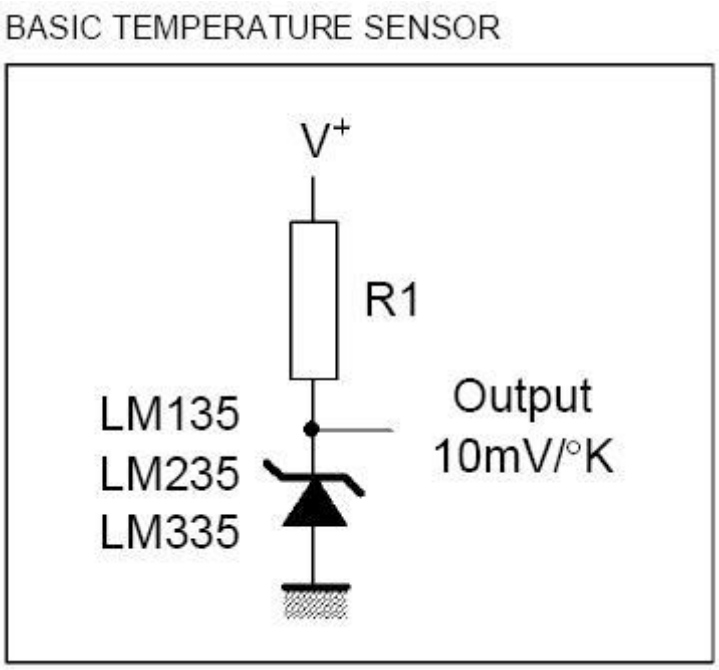
Figura 2. Microcontrolador PIC 16f88



5.2.5. INDICADOR. Los indicadores son instrumentos microcontrolados que despliegan y muestran variables como la temperatura, y tienen sensor desconectado o en corto circuito, desfasado de la escala mínima/máxima).

5.2.6. SENSORES. Es un dispositivo que detecta señales las cuales se pueden medir adaptándolas a un instrumento de lectura, es sensible a los cambios de la magnitud a medir

figura.3 sensor lm35



5.2.7. LCD. El display tiene las conexiones necesarias para hacer implementaciones rápidas de visualización.

Figura 4. LCD

ESPECIFICACIONES

- Voltaje de alimentación 5 VDC
- Cantidad de líneas 2
- Cantidad de caracteres 32
- Interfaz de datos 4 hi

6. VARIABLES E INDICADORES

VARIABLES	APLICACIÖN	INDICADOR
Temperatura	Recepción y transmisión de datos	ºC
Voltaje	conversión de milivoltios a grados	milivoltios

7. METODOLOGÍA GENERAL DEL TRABAJO

7.1 APLICACIÓN TÉCNICA

Este dispositivo censa y mide temperatura y da la indicación por medio de un lcd, y se desarrolla un software para realizar la conversión de milivoltios a grados centígrados sin salirnos del rango en el cual varia.

7.2 MÉTODO DE ESTUDIO

Se realizó el proceso de conocimiento basado en medidores de temperatura y Termómetros de resistencia

7.3 FUENTES TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

7.3.1 Fuentes primarias. Se cuenta con la asesoria de expertos en el tema de medición de temperatura en la industria del plástico

7.3.2 Fuentes secundarias. Para este proyector se tuvo en cuenta material escrito como Internet, personal experto en el tema, libros de electrónica de PIC manual ECG.

8. ASPECTO ADMINISTRATIVO

8.1 RECURSO HUMANO

- Álvaro Urdinola Restrepo, Sociólogo, Asesor Metodológico

- Juan Carlos Gallego Ortiz. , Ingeniero en control, Asesor Técnico

8.2 RECURSOS TÉCNICOS

- Computador
- Internet
- Microcontrolador
- Sensor LM 35
- Termocuplas tipo j y tipo k
- Lcd 2X16

8.3 RECURSOS INSTITUCIONALES

Bibliotecas
*Universidad de Antioquia
*Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid

Sede Bello Laboratorios

8.4 RECURSOS FINANCIEROS

	Valor
Proceso logístico	5’000.000
Microcontrolador	30.000
Sensores	180.000
Board	20.000
Indicadores	10.000
Termocuplas	15.000
LM 35	120.000
LCD	30.000
Tarjeta	120.000
Transporte	80.000
	_____
SUBTOTAL	$5.605.000
Imprevistos(10%)	560.500
I	_____
TOTAL	$6.165.500
	=========

SEMANAS	DURACIÓN SEMESTRE 2008-1																			
	FEBRERO				MARZO				ABRIL				MAYO				JUNIO			
8,5cronograma de actividades	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Actividad 2008																				
1, Selección de la temática	■	■																		
2. Asesoria técnica y metodología		■	■	■	■	■	■	■												
3.Reuniones de equipo						■	■	■	■											
4.Recolección de la información										■										
5.Elaboración del proyecto de grado							■	■		■										
6.Correcciones											■	■								
7.Trabajo de campo													■	■	■					
8.Seguimiento del proyecto de grado																■	■	■		
9.Entrega trabajo de grado																			■	
10.Sustentación																				■

9. MEDICION CON TERMOCUPLA

9.1LEYES DE LAS TERMOCUPLAS.

La Ley de los Circuitos Homogéneos; dice que si los conductores de las termocuplas son homogéneos, no son afectados por las temperaturas intermedias. y si la juntura de dos elementos distintos se mantiene a T1, mientras que la otra es T2, la f.e.m. térmica que se desarrolla es independiente y no se altera por cambio de temperatura en T3 y T4.. Vemos que debido a la Ley de Circuitos Homogéneos, si el alambre de la termocupla es homogéneo y si las junturas T3 y T4 son menores o mayores que T1, no se dará ningún error en la f.e.m. de salida.

- La ley de Metales Intermedios. Esta ley dice que se puede introducir un tercer metal en el circuito sin que aparezcan errores, y a la misma temperatura. Cuando se usan termocuplas, es normalmente necesario introducir metales adicionales en el circuito. en tanto que la juntura del tercer metal con los otros dos metales esté a la misma temperatura, no se generará ninguna señal de error.

Un ejemplo de la Ley de Metales Intermedios se ve. en la industria,las termocuplas a menudo terminan en una caja de conexiones en donde están conectadas al alambre de termocupla de extensión el cual se extiende hasta el instrumento indicador en el cuarto de control.La termocupla sobre otros tipos de

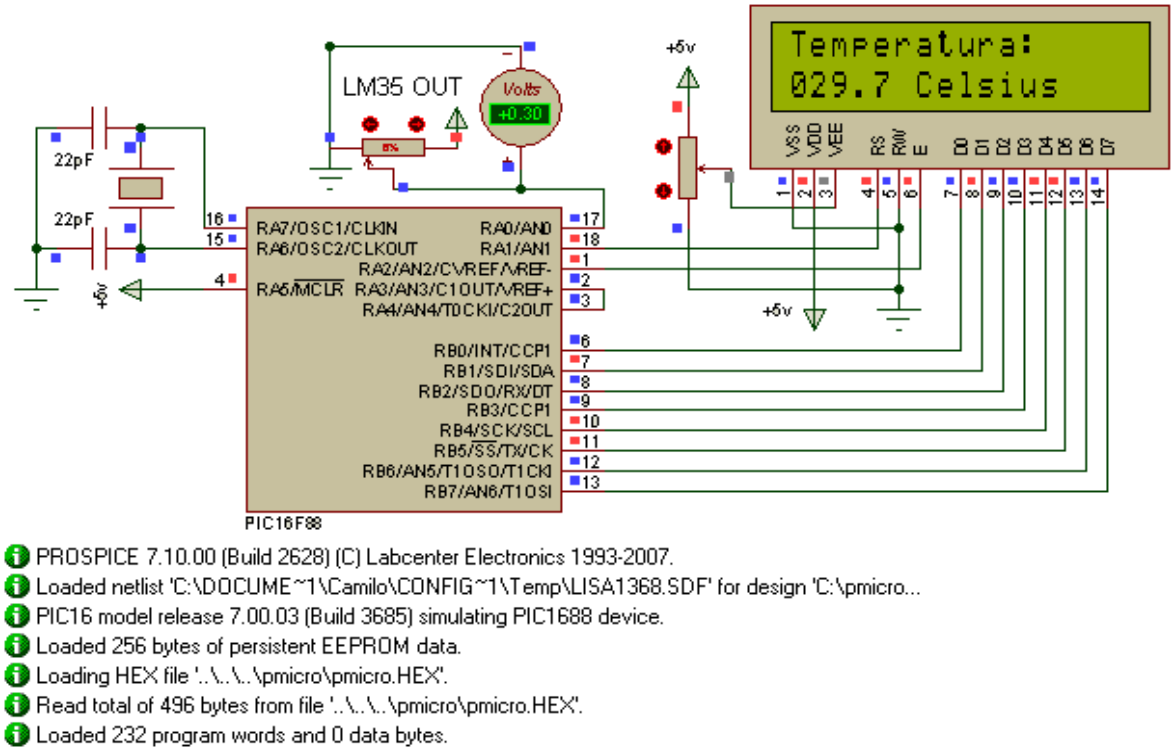
sensores adaptado a una aplicación específica. También su exactitud depende de la pureza de las aleaciones empleadas en su construcción.
La termocupla de tipo J o hierro constantán es por mucho la más empleada. En los EE UU se emplean más de 200 toneladas de dichos materiales para la fabricación de termocuplas. los alambres de hierro, ya que se desarrollaban f.e.m. parásitas si existían gradientes de temperatura a su largo. constantán con el cual se encuentra unido.

La termocupla tipo T se emplea para la medida de temperaturas criogénicas, hasta 11ºK (Kelvin) (-262 ºC). Se necesita cobre de alta conductividad y poco contenido de oxígeno, de esta manera se asegura una salida que el cobre obtiene en forma casi pura, no es necesario seleccionarlo especialmente mientras cumpla con las especificaciones de ASTM para el alambre desnudo de cobre blando o recocido.

La termocupla tipo K designa a cualquier termocupla que exhibe, dentro de límites especificados, las características térmicas dadas en la tabla cromel-alumel en el rango de temperatura de –253 a 2505 ºF.

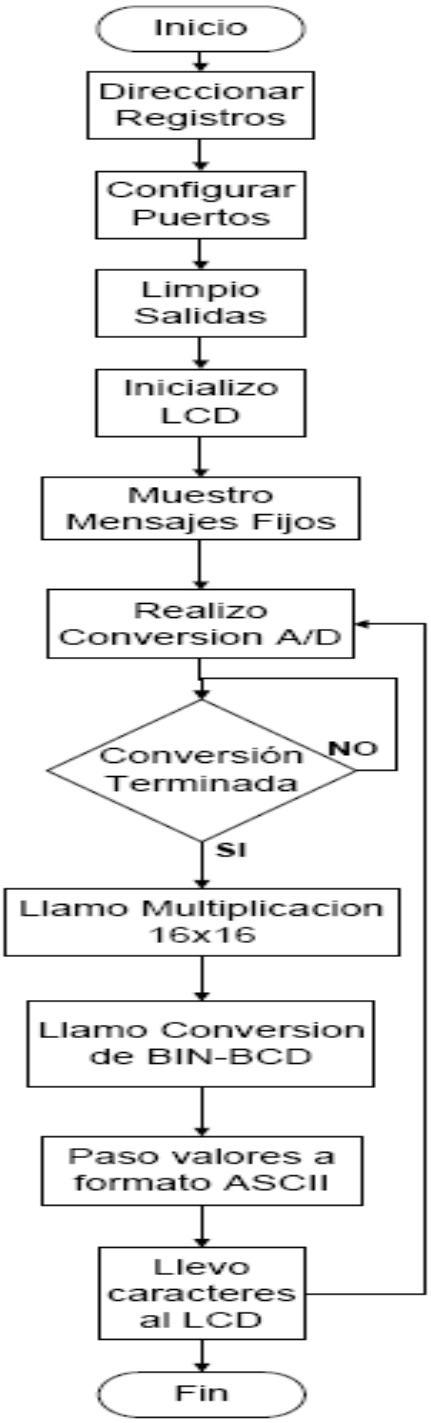
10. DISEÑO DEL MEDIDOR DE BAJO COSTO

Figura 5. Simulación en proteus



PROSPICE 7.10.00 (Build 2628) (C) Labcenter Electronics 1993-2007.
Loaded netlist 'C:\DOCUME~1\Camilo\CONFIG~1\Temp\LISA1368.SDF' for design 'C:\pmicro...
PIC16 model release 7.00.03 (Build 3685) simulating PIC1688 device.
Loaded 256 bytes of persistent EEPROM data.
Loading HEX file '..\..\..\pmicro\pmicro.HEX'.
Read total of 496 bytes from file '..\..\..\pmicro\pmicro.HEX'.
Loaded 232 program words and 0 data bytes.

10.1DIGRAMA DE FLUJO



10.2 DISEÑO DEL PROGRAMA

LECTURA DE TERMPERATURA EN UN LCD, ULTILIZANDO UN LM35 CON UN PIC16F88

```
; ESPECIFICAIONES:
;_____________________________________________________________

; Velocidad del reloj:   4MHz                    Tipo de Reloj:        XT
;Perro Guardian:            OFF                        Power Up Timer:     OFF
;Proteccion de codigo:      OFF                        Brown Out Reset:    ON
;PIC Utilizado:                        PIC16F88        Low Voltaje Program:OFF
;==============================================================
==============================================================
                            LIST            P=16F88                         ;
Microcontrolador utilizado
                            #INCLUDE        P16F88.INC                  ;Incluyo
Librería con todos los registros especiales


        ;
                            CBLOCK                  0X20
        ;Inicio bloque de registros generales en 20H
LOOPS,LOOPS2,NIBBLE1,NIBBLE2,NIBBLE3,       ;
TEMP,R0,R1,R2,ACCA_LOW,ACCA_HIG,            ;
ACCB_LOW,ACCB_HIG,ACCC_LOW,ACCC_HIG,        ;
ACCD_LOW,ACCD_HIG,CONT,COUNT,DECENA,        ;
CENTENA, UNIDAD, FLOAT                                              ;
                            ENDC                                            ;
Termino bloque de registros generales
```

```
                    ORG                 00
        ;Origen del programa
                    GOTO        MAIN                ; Voy al
Main para sobrepasar el vector de interrupción
                    ORG                 05
        ;
; RETARDO DE 10ms-----------------------------------------------------------------------------
--------------------------


        ;
RETARDO             MOVWF       LOOPS               ; Rutina
para un retardo de 100ms
TOP2            MOVLW       D'110'              ;
                    MOVWF       LOOPS2                  ;
TOP                 NOP
        ;
                    NOP
        ;
                    NOP
        ;
                    NOP
        ;
                    NOP
        ;
                    NOP
        ;
                    DECFSZ              LOOPS2
        ;
                    GOTO        TOP                     ;
```

```
                DECFSZ          LOOPS           ;
                GOTO            TOP2            ;
                RETURN
        ;
                                                ;
;MULTIPLICACION DE 16X16-----------------------------------------------------------------
-----------------------------

        ;
MULT            MOVLW           .16             ;
                MOVWF           TEMP            ;
                CLRF            ACCC_HIG        ;
                CLRF            ACCC_LOW        ;
                CLRF            ACCB_HIG        ;
                CLRF            ACCB_LOW        ;
MPLOOP          RRF             ACCD_HIG,F      ;
                RRF             ACCD_LOW,F      ;
                BTFSC           STATUS,C        ;
                CALL            SUMA            ;
                RRF             ACCB_HIG,F      ;
                RRF             ACCB_LOW,F      ;
                RRF             ACCC_HIG,F      ;
                RRF             ACCC_LOW,F      ;
                DECFSZ          TEMP,F          ;
                GOTO            MPLOOP          ;
                RETLW           00              ;
SUMA            MOVF            ACCA_LOW,W      ;
                ADDWF           ACCB_LOW,F      ;
                BTFSC           STATUS,C        ;
```

```
                INCF        ACCB_HIG,F          ;
                MOVF        ACCA_HIG,W          ;
                ADDWF       ACCB_HIG,F          ;
                RETLW       00                  ;

        ;
; RUTINA DE CONVERSION BCD-----------------------------------------------------------
---------------------------------

        ;
B2_BCD                                                                              ;
                BANKSEL             FSR
        ;
                MOVLW       .24
        ;Contador para los 3 registros R0,R1 Y R2
                MOVWF       COUNT               ;q son de
8 bits, que se convertirán a BCD
                CLRF        R0
        ;Se limpian los registros, donde quedaran
                CLRF        R1
        ;los 6 dígitos en BCD (4bits)
                CLRF        R2                  ;
LOOP16      RLF             ACCC_LOW            ;
                RLF             ACCC_HIG        ;
                RLF             ACCB_LOW        ;
                RLF             R2,F            ;
                RLF             R1,F            ;
                RLF             R0,F            ;
                DECFSZ          COUNT,F
```

```
;
                GOTO        ADJDEC          ;
                RETLW       00              ;
ADJDEC          MOVLW       R2              ;
                MOVWF       FSR             ;
                CALL        ADJBCD          ;
                MOVLW       R1              ;
                MOVWF       FSR             ;

                CALL        ADJBCD          ;
                MOVLW       R0              ;
                MOVWF       FSR             ;
                CALL        ADJBCD          ;
                GOTO        LOOP16      ;
ADJBCD          MOVLW       03              ;
                ADDWF       INDF,W      ;
                MOVWF       TEMP        ;
                BTFSC       TEMP,3      ;
                MOVWF       00              ;
                MOVLW       30              ;
                ADDWF       00,W        ;
                MOVWF       TEMP        ;
                BTFSC       TEMP,7      ;
                MOVWF       00              ;
                RETLW       00              ;

;
; RUTINA DE CONVERSION A/D 10 BITS-----------------------------------------------
-----------------------------------
```

```
                    ;
CONVER
          ;
                    BANKSEL             ADCON1
          ;
                    MOVLW       B'10000000'     ;Configuro
alineación del resultado digital a la derecha, y
                    MOVWF       ADCON1
          ;una frecuencia para el conversor igual a la seleccionada por ADCON0
                    BANKSEL             ADCON0
          ;y voltaje de referencia igual al de alimentación. Cambio de Banco
                    NOP
          ;
                    NOP
          ;
                    NOP
          ;
                    NOP
          ;
                    NOP
          ;
                    NOP
          ;
                    NOP
          ;
                    NOP
          ;
                    NOP
                    BSF                 ADCON0,GO
          ;Comienza la conversión
                    NOP
```

```
;
                    NOP
;
CONSU       BTFSC       ADCON0,GO           ;Pregunta si
termino la conversión
                    GOTO        CONSU               ;si no, me
devuelvo a CONSU
                    MOVF        ADRESH, W           ; Si
terminó, paso el resultado a los
                    MOVWF       ACCD_HIG            ;registros
ACCD_HIG y ACCD_LOW
                    BANKSEL             ADRESL
;
                    MOVF        ADRESL,W            ;
                    BANKSEL             ADRESH
;
                    MOVWF       ACCD_LOW            ;
                    MOVLW       .232                ;Cargo el
factor de conversión con 488
                    MOVWF       ACCA_LOW            ;en los
registros ACCA_LOW y ACCA_HIG
                    MOVLW       .1                          ;
                    MOVWF       ACCA_HIG            ;
                    CALL        MULT                ;Multiplico
ACCAxACCD y luego el
                    CALL        B2_BCD              ;resultado
de 32bits lo paso a BCD
                    SWAPF       R0,W                ;Paso los
dígitos en BCD alos registros
```

```
                    ANDLW       0FH                     ;
CENTENA, DECENA, UNIDAD Y FLOTANTE
                    MOVWF       CENTENA                 ;

                    MOVF        R0,W                ;
                    ANDLW       0FH                     ;
                    MOVWF       DECENA                  ;

                    SWAPF       R1,W                ;
                    ANDLW       0FH                     ;
                    MOVWF       UNIDAD              ;

                    MOVF        R1,W                ;
                    ANDLW       0FH                     ;
                    MOVWF       FLOAT               ;
                    MOVLW       30H                     ;
Les sumo 30H (48) para convertirlos en formato
                    ADDWF       CENTENA                 ;
ASCII para llevarlos al LCD
                    ADDWF       DECENA                  ;
                    ADDWF       UNIDAD              ;
                    ADDWF       FLOAT               ;
                    RETURN
          ;
                                                        ;
; RUTINA DE INICIALIZACION DE LCD-------------------------------------------------------
---------------------------------

          ;
```

```
I_LCD           MOVLW       .1                          ;Limpia la
pantalla y pone cursor en posición inicial
                        CALL        SETUP               ;
                        MOVLW       .6
        ;Mensaje estático, se desplaza el cursor hacia la derecha
                        CALL        SETUP               ;
                        MOVLW       .12
        ;Enciende el display - Oculta el cursor - Carácter fijo
                        CALL        SETUP               ;
                        MOVLW       .56                         ;
Comunicación con el LCD a ocho bits - Dos líneas de texto
                        CALL        SETUP               ;
                        MOVLW       .2
        ;Vuelvo
                        CALL        SETUP               ;
                        RETURN
        ;
                                                                ;
; RUTINA DE CONFIGURACION Y PARA MOSTRAR DATOS EN LCD--------------
-------------------------------------------------------


        ;
SETUP           BCF                     PORTA,1
        ;Pone en bajo la línea de modo del LCD
                        GOTO        DATO                ;
VER                     BSF                 PORTA,1
        ;Pone en alto la línea de modo del LCD
DATO            BSF                     PORTA,2
        ;Coloca el dato o control a enviar en el bus del LCD
```

```
                    MOVWF       PORTB                   ;
                    MOVLW       .2                      ;
                    CALL        RETARDO                 ;
                    BCF                 PORTA,2
        ;
                    RETURN
        ;
                ;
; RUTINA DE MENSAJE FIJO 1-----------------------------------------------------------------
-------------------------------
                                                                                        ;
M_FIJO1             MOVLW       0X80                    ;Muestro
el mensaje fijo en la primera fila del LCD
                    CALL        SETUP                   ;Configuro
el lcd para mostrar el mensaje en la posicion dada
                    CLRF        CONT                    ;Limpio
contador (El contador se utiliza para pasar a la
INCREMENTA1   INCF          CONT                    ;posicion siguiente
para Mostar el carácter)
                    MOVF        CONT,W                  ;
                    CALL        MENSAJE1                ;Llamo el
mensaje q deseo mostrar en la primera fila del LCD
                    CALL        VER                     ;
Muestro el mensaje
                    MOVLW       .2                      ;
                    CALL        RETARDO                 ;
                    MOVLW       .16
        ;Llevo el contador hasta 16, que es el numero
                    XORWF       CONT,0                  ;de
```

```
caracteres q maneja el LCD por fila
                    BTFSS       STATUS,Z            ;
                    GOTO        INCREMENTA1         ;
                    RETURN
        ;

        ;
;RUTINA DE MENSAJE FIJO 2-----------------------------------------------------------------
-----------------------------

M_FIJO2             MOVLW       0XC0                ;Muestro
el mensaje fijo en la segunda fila del LCD
                    CALL        SETUP               ;Repito el
procedimiento de la rutina anterior
                    CLRF        CONT                ;
INCREMENTA2   INCF          CONT                ;
                    MOVF        CONT,W                  ;
                    CALL        MENSAJE2            ;
                    CALL        VER                     ;
                    MOVLW       .2                      ;
                    CALL        RETARDO                 ;
                    MOVLW       .16                     ;
                    XORWF       CONT,0              ;
                    BTFSS       STATUS,Z            ;
                    GOTO        INCREMENTA2         ;
                    RETURN
        ;

        ;
```

```
;PAR DE RUTINAS CON LOS MENSAJES FIJOS----------------------------------------
-----------------------------------------

        ;
MENSAJE1    ADDWF       PCL,1                   ;
            DT                      " Temperatura:   "  ;
MENSAJE2    ADDWF       PCL,1                   ;
            DT                      "    .  Celsius  "  ;

        ;;RUTINA PARA CONFIGURAR PUERTOS DEL PIC-------------------------
-----------------------------------------------------
                                                                        ;
CPUERTOS                                                                ;
                    BANKSEL             TRISA
        ;Cambio automatico de banco
                    MOVLW       B'001'                  ;Configuro
el pin AN0 como entrada, el resto
                    MOVWF       TRISA                   ;como
salidas
                    MOVLW       B'00000000'             ;Configuro
todo el puerto b como salidas
                    MOVWF       TRISB                   ;
                    MOVLW       B'00000001'             ;Configuro
el pin AN0 como entrada analoga
                    MOVWF       ANSEL                   ;
                    BANKSEL             PORTA
        ;Cambio automatico de banco
                    MOVLW       B'00000001'
        ;Frecuencia de oscilacion para conversion/2, canal AN0 analogo,
```

```
                    MOVWF       ADCON0                  ;y
conversor inactivo
                    CLRF        PORTA                   ;Limpio
puerto A
                    CLRF        PORTB                   ;Limpio
puerto B
                    RETURN
          ;

          ;;RUTINA PARA MOSTRAR TEMPERATURNA EN EL DISPLAY LCD
M_TEMP              MOVLW       0XC0                    ;me ubico
en C4 del LCD
                    CALL        SETUP                   ;llamo
para configurar LCD para enviar el dato
                    MOVF        CENTENA,W               ;
                    CALL        VER
          ;Muesto el caracter en el LCD
                    MOVLW       0XC1                    ;Repito el
mismo procedimiento
                    CALL        SETUP                   ;
                    MOVF        DECENA,W                ;
                    CALL        VER                     ;
                    MOVLW       0XC2                    ;
                    CALL        SETUP                   ;
                    MOVF        UNIDAD,W                ;
                    CALL        VER                     ;
                    MOVLW       0XC4                    ;
                    CALL        SETUP                   ;
                    MOVF        FLOAT,W                 ;
```

```
                    CALL        VER                         ;
                    RETURN
        ;

        ;
;PROGRAMA PRINCIPAL-----------------------------------------------------------------------
-----------------------------

        ;
MAIN
        ;Programa Principal
                    CALL        CPUERTOS            ;Configuro
Puertos
                    CALL        I_LCD               ;Inicializo
LCD
                    CALL        M_FIJO1
        ;Muestro los
                    CALL        M_FIJO2
        ;mensajes fijos
REPITA      CALL        CONVER                      ;Inicio la
Conversion A/D (incluye multiplicacion 16x16 y conversion BIN-BCD)
                    CALL        M_TEMP
        ;Muestro los valores arrojados por la conversion al LCD
                    GOTO        REPITA              ;Repito el
ciclo
                    END
        ; Finalizo Programa
;=============================================================
=====================================================
```

10.3 DESARROLLO DEL HARDWARE

Se elige el microcontrolador a programar el 16f88, con convertidor análogo/digital Luego el transistor LM 35, que es el sensor, el LCD, y la termocupla que va al proceso.

Para pasar los datos al LCD ; el LM35 es un sensor análogo el cual es lineal y da 10 mV/°C, el adc del 16F88 es de 8 bits, entonces si se lee la hoja de especificaciones del pic, y se ve la parte del ADC hay dos registros de configuracion ADCON0 y ADCON1, la configuracion del ADC dependera del tipo de lenguaje que se utilice; ya que la mayoria.solo necesita modificar el ADCON1 donde se declara que pienes del puerto A y B los declaro como analogos o digitales, ademas de los voltajes de referencia Vref+ y Vref- . con esta configuracion se puede determinar la resolucion del ADC, digamos que se pone el ADCON0 = 10001110b con esta declaración se coloca el pin A0 como análogo y todos los demás digitales, además los voltajes de referencia Vref+ = Vdd y Vref- =Vss Resolucion = (Vref+ - Vref-) / 2^(# bits del ADC) ----> con esta configuracion----->(5v-0v)/2^10=4.88mV/bits.

Se tiene la resolucion del adc con esta configuración luego se realizan unas operaciones para saber que valor en °C esta dando el sensor. LM35 10 mV/°C y ADC 4.88 mV/bits ahora se realiza la conversión para que quede °C/bits y se multiplica este valor por el valor del ADC y se tiene solo los °C.

La adaptación del un LM35 a un 16f88, en la pata del Vref+ con un diodo referencia de 2,5V que sería el fondo de la escala, o sea el valor 1023 en el conversor A/D, por lo tanto serían 2,5V/1023=2,44mV por cada paso del conversor, esto se obtiene calibrando el preset de 1K y midiendo con el tester en la pata 2 del lm35 para que en el display se lea lo mismo. Si el lm35 entrega 1mV por cada décima de grado tendría que amplificar la tensión 2,44 veces aproximadamente.

En el acople de la termocupla; se filtra fuertemente para evitar cualquier tipo de interferencia ,se utilizan 2 bobinas de ferrita con un diámetro de entre 10 y 15 mm, y con doble alambre de 0.2mm de cobre ,se realizan entre 30 y 40 vueltas, al ser el alambre doble una ves realizadas las 30 vueltas ya se tendrá construidas ambas bobinas. Entonces las 2 puntas pertenecientes al principio del bobinado se sueldan del lado de la termocupla, y las 2 pertenecientes al final se sueldan del lado del circuito.

Luego del filtrado la señal es amplificada por un OA tipo OP07 que es de bajo offset y alta ganancia, para luego atacar la entrada del conversor A/D del PIC.

El LM35 debe ser instalado lo más próximo posible de la unión donde los hilos de la termocupla se conectan, la señal entregada por el LM35 es filtrada y amplificada por un OA del tipo LM358 para luego introducirla al conversor del PIC.

El circuito integrado LM336-2.5 es usado como tensión de referencia de 2.5V para

los conversores, ya que si se usara de referencia la tensión de alimentación del propio PIC, las lecturas de temperatura podrían tener grandes errores.

La compensación de la unión en frío se realiza mediante software, como la termocupla a temperatura ambiente entrega a su salida una tensión igual a 0V lo único que hay que realizar es la suma de la temperatura medida por la termocupla y la temperatura entregada por el sensor, lm 35, de tal manera que: T°C=Tcupla+Tsensor.Por lo tanto este circuito solo medirá temperaturas iguales o mayores a la temperatura ambiente, siendo imposible medir temperaturas inferiores a la ambiente.

- **CALIBRACION DEL EQUIPO**

- Retirar la termocupla y en su lugar realizar un puente con un cable lo más corto posible
- Ajustar el preset del LM358 hasta que la temperatura leída sea igual a la ambiente.
- Retirar el puente y conectar la termocupla (prestar atención que posee polaridad)
- Usando un termómetro como referencia y ambos (termocupla y termómetro) sumergidos en agua hirviendo, ajustar el preset del OP07 hasta que el circuito indique la misma temperatura que el termómetro.

FORMULAS PARA LAS TERMOCUPLAS

Para tipos K:

Vout= (41uV/ºC)x(Tr-Tamb)

Para Tipos J:

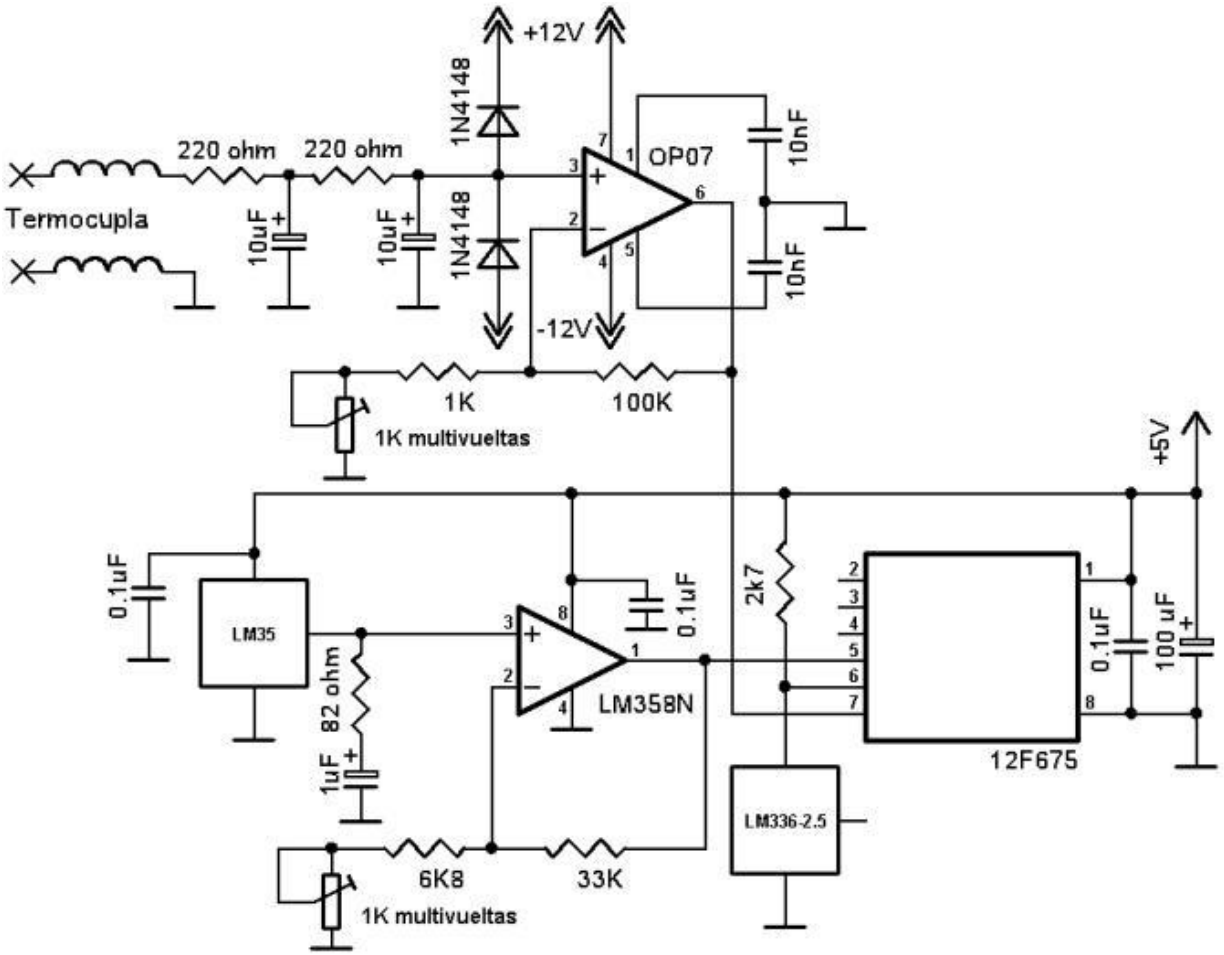
Vout= (51uV/ºC)x(Tr-Tamb)

Tr= temperatura en la termocupla (ºC)

Vout= tensión que entrega la termocupla

Tamb= temperatura ambiente (ºC)

Figura 6. Diagrama de conexión de la termocupla con un12f675



11. CONCLUSIONES

- Se mejoran los conocimientos en la parte electrónica

- Se puede implementar el medidor conectándolo a un controlador

- La termocupla puede ser utilizada en diferentes aplicaciones, industriales que manipulen la variable temperatura.

- Podemos observar que la juntura medidora en la termocupla es la juntura caliente.

12. RECOMENDACIONES

- Para la implementación se recomienda realizar un circuito sencillo y no sobre dimensionado, que realice la función especifica.

- Al elegir el PIC se debe leer bien las especificaciones del microcontrolador y saber que funciones va a utilizar.

- No se puede conectar la misma alimentación de voltaje de referencia del PIC con otros integrados.

- El LM35 debe ser instalado lo más próximo posible de la unión donde los hilos de la termocupla se conecta.

BIBLIOGRAFIA

[http://www.microchip.com/ Web de Microchip

http://www.microcontroladores.cl

CREUS, Antonio.Instrumentacion Industrial.

Pasantia en Termometría