

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA

ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA



Abbott Laboratories

**“Sistema de control y monitoreo de vacío en las estaciones de formado de la
Form Film Seal kutter machine“**

**Informe del Proyecto de Graduación para optar por el Grado de Bachiller
en Ingeniería Electrónica**

Élgir Saborío Alpízar

CARTAGO, 2001

*Dedico este trabajo a Dios por
hacerme entender que saber
electrónica no es lo mas importante en
mi vida.*

Agradecimiento

Agradezco a mi madre por ser una prueba más de que Dios existe.

Resumen

En Abbott Laboratories existe una máquina encargada de realizar el empaque de los productos médicos para el cuidado crítico. Esta no posee la posibilidad de conocer las presiones que intervienen en el proceso de formado de los blisters.

Anteriormente se ajustaban las presiones de formado al tanteo; lo cual causaba una gran pérdida de materiales y de tiempo productivo.

Estas presiones son determinantes en la calidad del producto final por lo que surgió la necesidad de construir un sistema capaz de monitorear tanto presiones positivas como vacíos dentro de las cavidades de formado de esta máquina.

El sistema diseñado fue capaz de monitorear las presiones de formado así como vacíos tanto en la estación de formado 1 como en la estación de formado 2

Para realizar el sistema fue necesario realizar una investigación de los posibles sensores a utilizar así como de microcontroladores que se podrían utilizar para la solución del problema que se tenía.

Palabras claves: Transductor: componente capaz de convertir una variable física a un equivalente en voltaje o corriente, Adc : convertidor analógico digital, convierte un valor de voltaje a un equivalente digital, Blister : recipiente plástico diseñado para contener un producto.

Abstract

In Abbott Laboratories a machine in charge of carrying out the packing of the medical products for the critical care exists. This doesn't possess the possibility to know the pressures that intervene in the process of having formed of the blisters.

Previously the pressures were adjusted of having formed hit or miss; that which caused a great loss of materials and of productive time.

These pressures are decisive in the quality of the final product for what the necessity arose of building a system capable of monitoring as much positive pressures as holes inside the cavities of having formed of this machine.

The designed system was capable of monitoring the pressures of having formed as well as so many holes in the station of having formed 1 like in the station of having formed 2

To carry out the system it was necessary to carry out an investigation of the possible sensors to use as well as of microcontrollers that could be used for the solution of the problem that one had.

Key words: Transducer: component able to transform a physical variable to an equivalent one into voltage or current, Adc: digital analogical convertor, converts a voltage value to an equivalent one digital, Blister: plastic recipient designed to contain a product.

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO 1	9
1.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA	9
<i>1.1.1. Descripción de Abbott Laboratories</i>	9
1.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA Y SU IMPORTANCIA	10
1.3 OBJETIVOS	13
CAPÍTULO 2	14
2.1 ESTUDIO DEL PROBLEMA A RESOLVER	14
<i>2.1.1. Funcionamiento de Maquina Kutter</i>	14
<i>2.1.2. Estudio de las características principales de un sensor de presión</i>	21
<i>2.1.2.1 Consideraciones Térmicas</i>	21
<i>2.1.2.2 No-Linealidad</i>	22
<i>2.1.2.3 Repetibilidad</i>	23
2.2 REQUERIMIENTOS DE LA EMPRESA	23
2.3 SOLUCIÓN PROPUESTA	24
CAPÍTULO 3	30
3.1 METODOLOGÍA	30
<i>3.1.1. Etapas correspondientes a los objetivos de documentación</i>	30
3.2 ETAPA DE DISEÑO DEL “FIRMWARE”	31
3.3 ETAPA DE DISEÑO DE HARDWARE	31
3.4 ETAPA DE PRUEBAS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	32
3.5 ETAPA DE IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOTIPO	32
3.6 ETAPA DE ELABORACIÓN DE LA DOCUMENTACIÓN	33
CAPÍTULO 4	34
4.1 DIAGRAMA GENERAL DE BLOQUES	34

CAPÍTULO 5	36
5.1 AMBIENTE DE DESARROLLO DEL “SOFTWARE”	36
5.2 SOFTWARE DESARROLLADO.....	37
CAPÍTULO 6	39
6.1 EXPLICACIÓN DEL DISEÑO	39
6.2 ALCANCES Y LIMITACIONES.....	42
6.2.1. <i>Hardware</i>	42
6.2.2. <i>Software</i>	43
CAPÍTULO 7	44
7.1 CONCLUSIONES.....	44
7.2 RECOMENDACIONES.....	45
BIBLIOGRAFÍA	46
ANEXOS	47
ANEXO 1 CARACTERÍSTICAS DEL MCU PIC16F877.....	47
ANEXO 2 CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS Y AMBIENTALES DEL MCU.....	48
ANEXO 3 DISTRIBUCIÓN DE PINES DEL PIC16F877.....	49
ANEXO 4 CARACTERÍSTICAS DEL SENSOR DE PRESIÓN	50
ANEXO 5 CÓDIGO FUENTE DEL PROGRAMA	51

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 2.1 CABEZA DE PRECALENTAMIENTO.....	15
FIGURA 2.2 CABEZA DE FORMADO LEVANTADA	16
FIGURA 2.3 CAVIDAD DEL MOLDE DESPLAZADA HACIA LA CABEZA DE FORMADO.....	17
FIGURA 2.4 PRESIÓN GENERADA EN LA CAVIDAD DEL MOLDE	18
FIGURA 2.5 PRESIÓN GENERADA EN LA CAVIDAD DEL MOLDE Y EN LA CABEZA DE FORMADO	19
FIGURA 2.6 PRESIÓN GENERADA EN LA CABEZA DE FORMADO PARA SEPARAR EL FILM..	20
FIGURA 2.7 CURVA CARACTERÍSTICA DEL SENSOR PX203-30V-85G5V	24
FIGURA 2.8 CURVA CARACTERÍSTICA DEL SENSOR PX203-30V-85G5V CON VOLTAJE DE REFERENCIA EN EL CONVERTIDOR DE 0.5 VOLTIOS	25
FIGURA 2.9. CURVA CARACTERÍSTICA DEL SENSOR PX203-30V-85G5V CON VOLTAJE DE REFERENCIA EN EL CONVERTIDOR DE 0.5 VOLTIOS Y ESCALA ACORTADA	26
FIGURA 4.1 DIAGRAMA DE BLOQUES GENERAL DEL SISTEMA	34
FIGURA 4.2 DIAGRAMA DETALLADO DEL SISTEMA.....	35
FIGURA 6.1 DIAGRAMA DE FLUJO GENERAL.....	40

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1 Descripción de la empresa

1.1.1. Descripción de Abbott Laboratories

En 1888, el Dr. Wallace C. Abbott adquirió una botica llamada “The People’s Drug Store” (La Farmacia del Pueblo), por la cantidad de \$1000. En un cuarto pequeño, detrás de su nueva botica, el Dr. Abbott inició una nueva forma de fabricar medicina: utilizó la parte activa (alcaloide) de plantas medicinales para fabricar píldoras llamadas “gránulos dosimétricos”. Los métodos de fabricación y los estándares estrictos del Dr. Abbott contribuyeron a que con apenas tres años de existencia la empresa lograra ganancias de más de \$8.000 dólares y un creciente prestigio en la industria farmacéutica de los Estados Unidos.

En 1898, las ganancias de la empresa del Dr. Abbott superaban los \$100.000 dólares y para 1910, en el catálogo de productos Abbott se ofrecían más de 700 medicamentos. En 1915, la empresa adquirió su nombre actual de Abbott Laboratories.

Hoy, Laboratorios Abbott forma parte de las empresas Fortune 500; es decir, se incluye dentro de las 500 empresas más importantes del mundo.

La Corporación Abbott Laboratories realizó una exhaustiva investigación en varios países alrededor del mundo, antes de decidir instalar en Costa Rica una subsidiaria para fabricar productos hospitalarios.

La reconocida estabilidad política y democrática del país, la existencia de altos índices educativos, la mano de obra altamente calificada, los beneficios que obtienen los inversionistas al acogerse al régimen de zona franca, así como la infraestructura del país fueron, entre otras, algunas de las razones por las cuales se optó por Costa Rica. El proyecto representa una inversión total de aproximadamente \$60 millones.

La planta inició sus operaciones en diciembre de 1999 con las áreas de dispositivos (DEVICES) y Cassettes. Posteriormente, se les unió el Departamento de Moldeo (MOLDING) y, finalmente, las líneas de Cuidados Intensivos (CRITICAL CARE PRODUCTS).

1.2 Definición del problema y su importancia

La empresa Laboratorios Abbott cuenta con una máquina encargada de empacar los productos de tipo hospitalario. Debido a los estándares de calidad tan rigurosos que se necesitan para satisfacer el mercado hospitalario mundial es que este proceso requiere de cuidadosos ajustes de los cuales la mayoría se hacen mediante el uso de PLCs. Dicha máquina se encuentra ubicada dentro de un cuarto limpio y por tanto, los ajustes y reparaciones que se le hagan deben ser muy cuidadosos para estar acordes con los estándares mundiales que rigen para esta área.

Dicha máquina convierte una lámina plástica denominada film en un recipiente donde se van a depositar los productos de tipo hospitalario (los cuales están previamente esterilizados).

La forma en que esta máquina convierte la lámina plástica en un recipiente es mediante calor y presiones; el problema que presenta es en cuanto a las presiones, pues no se cuenta con un sistema que permita monitorear las presiones necesarias durante el proceso.

El proceso se describe a continuación: la lámina film es conducida hasta la sección de la máquina llamada Forming Station ahí esta lámina es presionada dentro de una cavidad que va a tener la forma del recipiente que se desea producir esta lámina es presionada dentro del recipiente mediante una cabeza de formado que esta a una temperatura ambiente y es introducida dentro de la cavidad junto con el film; una vez en este punto se genera una presión negativa (vacío) para asegurar que el film tome completamente la forma del molde (cavidad), una vez terminada esta parte del proceso es necesario generar una presión positiva para ayudar a remover la lámina de film ya formada como se deseó. Una vez esto los recipientes formados son cortados y quedan listos para las siguientes etapas del proceso las cuales no se mencionaran pues no tienen relación con el problema a solucionar.

El problema que se tiene es que en este momento no se conocen las presiones tanto la negativa como la positiva y estas son determinantes para garantizar la calidad del recipiente. Debido a que se producen diferentes tipos de recipientes estas presiones deben estar siendo ajustadas, lo cual se hace al calculo y durante este proceso de ajuste al tanteo, además de tiempo se pierde material, el cual tiene un costo muy elevado para ser desperdiciado de esta manera.

Estas presiones se sabe que oscilan entre los 65 psi la positiva y los 20 a 25 inHg para la presión negativa y se quiere determinar la presión requerida para cada tipo de recipiente que se produzca; así cada vez que se va a producir determinado recipiente simplemente sea necesario ajustar las válvulas hasta la presión recomendada con lo que se evitaría perdida de tiempo y sobretodo un ahorro de la materia prima.

Para esto es necesario que el sistema pueda reproducir fielmente las presiones una y otra vez, esto con la idea de alcanzar los estándares requeridos para cumplir con el proceso de validación, sin embargo, estas condiciones fueron previamente validadas y lo que se requiere es tomar un monitoreo de las presiones que están interviniendo en el proceso.

Es necesario además que la implementación que se planee para resolver este problema no afecte grandemente los parámetros originales de la máquina pues esto haría mucho mas complicado y costoso el proyecto e implicaría una validación del equipo.

1.3 Objetivos

Se alcanzaron en el desarrollo de este proyecto los siguientes objetivos:

- a.** Capacitación en el uso de la máquina Form Film Seal
- b.** Analizar las características de hardware del microcontrolador (PIC 16F877).
- c.** Investigar el set de instrucciones del microcontrolador (PIC 16F877).
- d.** Investigar sobre el programador del microcontrolador (PIC 16F877), software y hardware.
- e.** Investigar sobre sensores medidores de presión positiva y negativa.
- f.** Selección de los sensores óptimos para el proyecto.
- g.** Diseño del control de presiones.
- h.** Montaje del sistema en prototipo

CAPÍTULO 2

ANTECEDENTES

2.1 Estudio del problema a resolver

En el análisis del problema desde el punto de vista técnico deben tomarse en cuenta los conocimientos básicos que se debieron adquirir para enfrentar el proceso de desarrollar una solución al mismo.

Para comenzar se conocerán los aspectos relacionados con el funcionamiento de la máquina kutter.

2.1.1. Funcionamiento de Maquina Kutter

La máquina Kutter puede operar en dos procesos de formado diferentes uno es el formado negativo y el otro es el formado positivo. Estos tipos de formado se diferencian en que en el formado negativo la forma la da la cavidad y en el formado positivo la forma la da la cabeza de formado.

En el caso de Abbott Laboratories se utiliza únicamente el formado positivo.

El formado positivo es utilizado cuando el espesor del material es muy grande para ser utilizado otro proceso de formado y también es utilizado cuando se requiere un alto detalle en las características del empaque que se desea fabricar.

El funcionamiento se detalla a continuación:

Primero la lamina plástica transparente llamada film es precalentada en una cabeza de precalentamiento, la cual puede poseer uno o varios elementos de precalentamiento. Esta cabeza de precalentamiento se observa en la figura 2.1

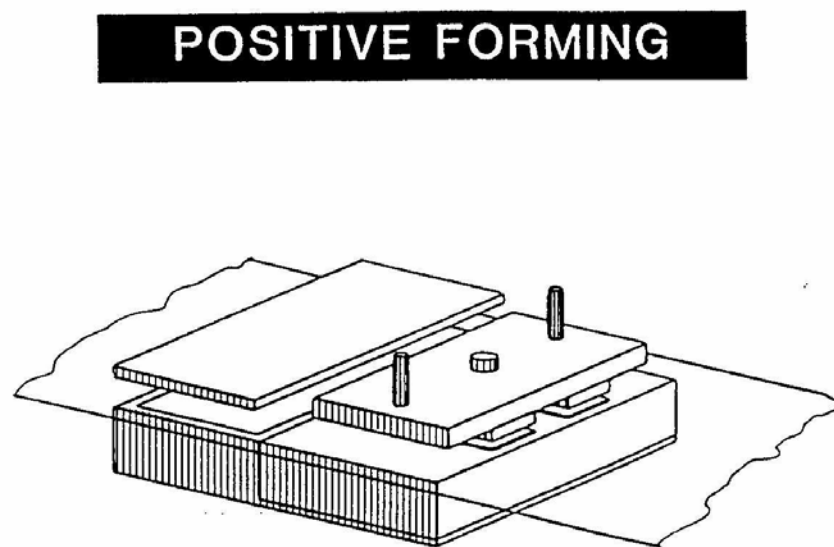


Figura 2.1 Cabeza de Precalentamiento

Luego la cabeza de formado es levantada por cilindros neumáticos como se observa en la figura 2.2

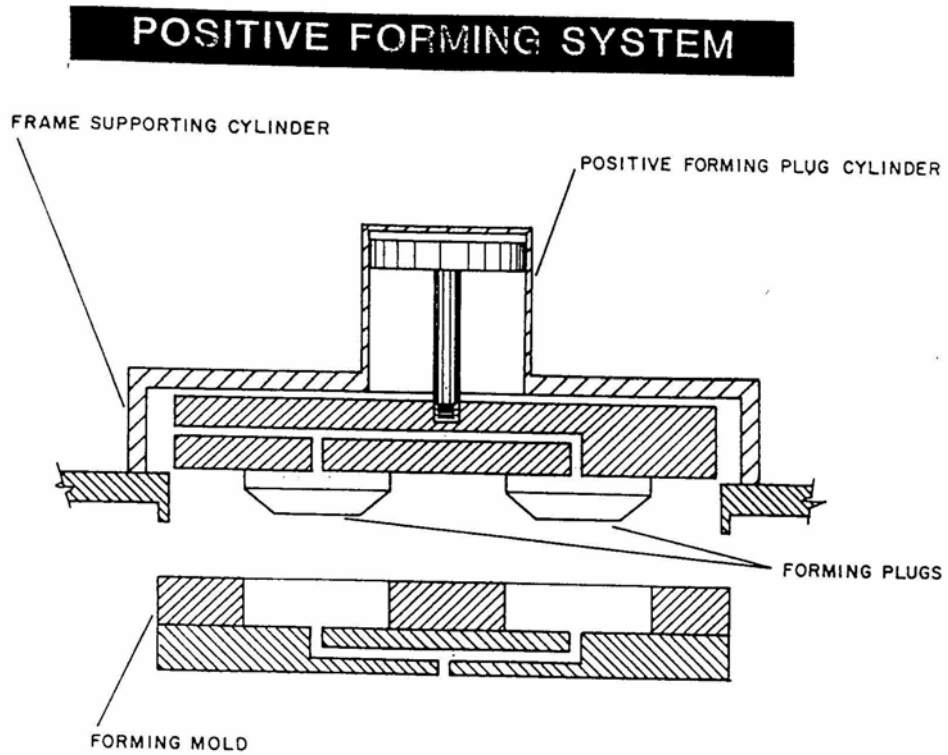


Figura 2.2 Cabeza de Formado Levantada

Luego el film precalentado avanza hacia la estación de formado; una ves hecho esto la cavidad del molde es desplazada hacia la cabeza de formado como se observa en la figura 2.3

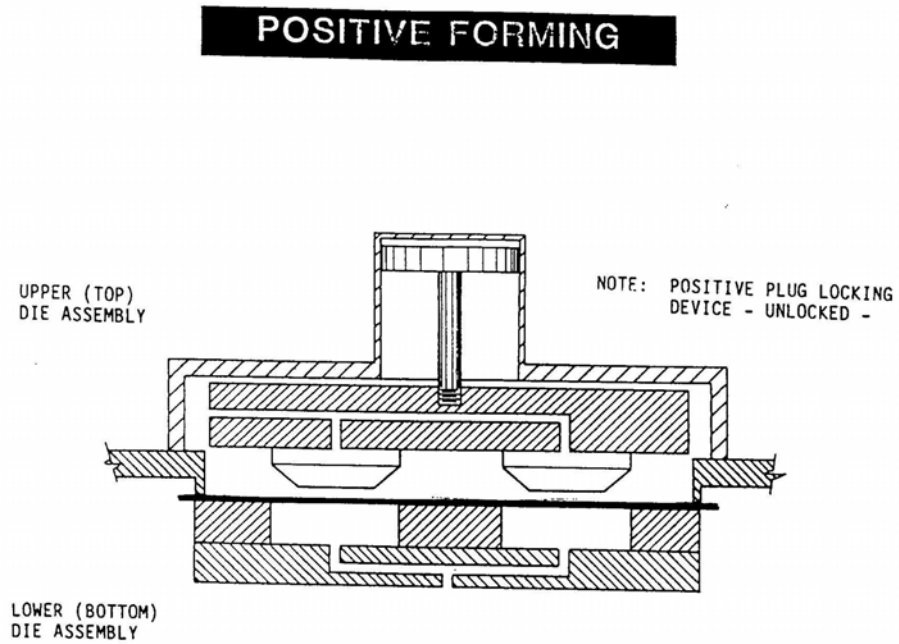


Figura 2.3 Cavidad del molde desplazada hacia la cabeza de formado

En el siguiente paso en la cavidad del molde se genera una presión negativa (vacío) no mayor a -1 bar para alejar el film de la cabeza de formado y acercarlo a la cámara del molde como se observa en la figura 2.4

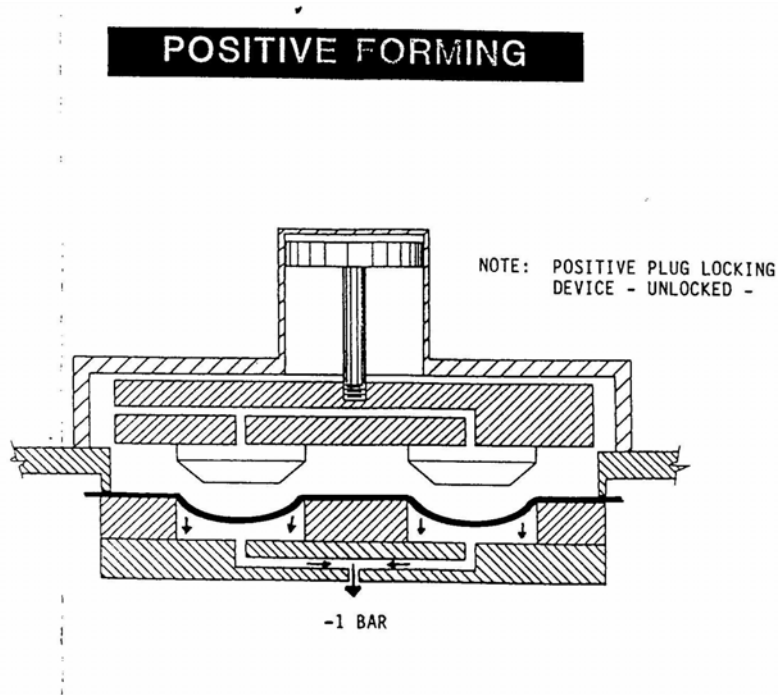


Figura 2.4 Presión generada en la Cavidad del molde

Una vez hecho esto la cabeza de formado baja contra la cavidad del molde, dicha cabeza se mantiene fría por una corriente de agua que se hace circular por ella; a esta cabeza se le aplica un vacío para hacer llegar el film contra ella; mientras que a la cavidad del molde se le aplica una presión para ayudar en el proceso de juntar el film a la cabeza de formado para que el film adquiera la forma de la cabeza de formado.

Luego tanto el vacío como la presión son retiradas respectivamente y el sistema es dejado a la presión atmosférica como se observa en la figura 2.5

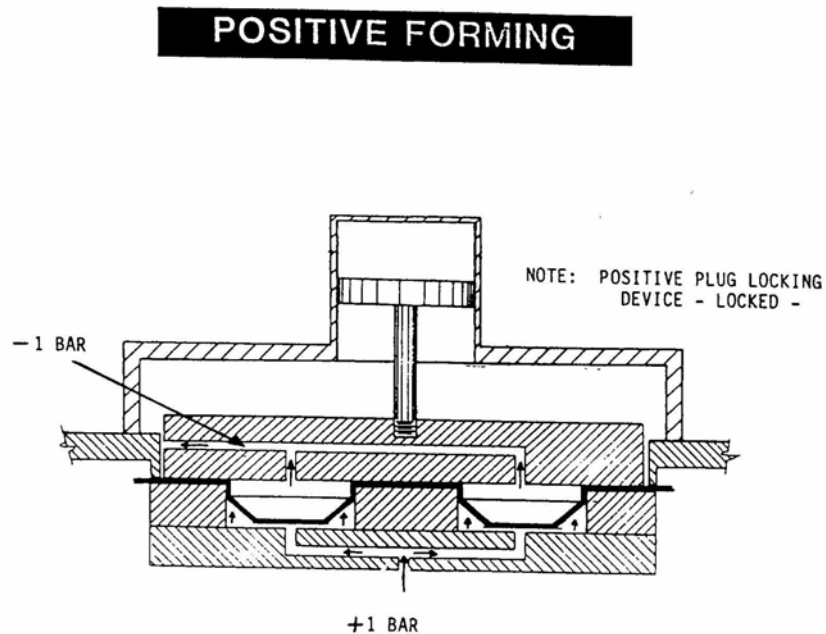


Figura 2.5 Presión generada en la cavidad del molde y en la cabeza de formado

En el siguiente paso tanto la cabeza de formado como la cavidad del molde son retraídas y es aplicada a la cabeza de formado una presión para remover el film de la cabeza de formado como se observa en la figura 2.6 y con esto queda el proceso terminado.

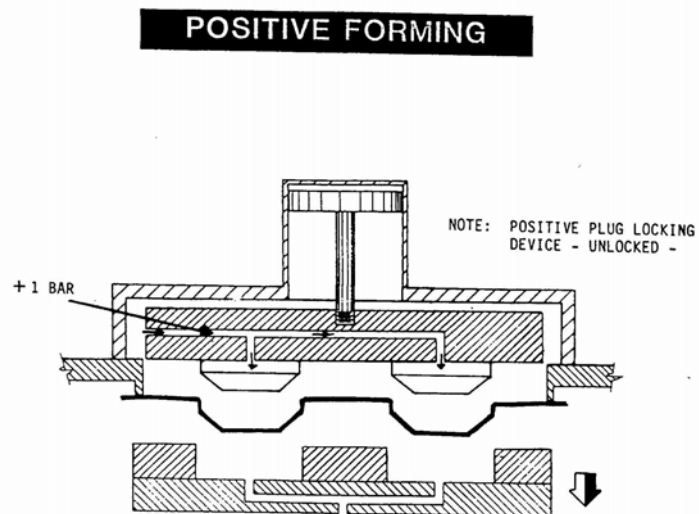


Figura 2.6 Presión generada en la cabeza de formado para separar el film

De un estudio detallado de este proceso se determinó que las presiones críticas en el formado de los blisters (el material formado en esta máquina se llama blister) son las presiones que intervienen en la cavidad del molde; estas son ajustadas para cada tipo diferente de blister que se va a fabricar, a través, de una válvula y esta es ajustada al tanteo pues no se tiene un monitoreo de las presiones que se están ajustando, y esto es precisamente lo que se persigue con este proyecto.

El momento en que se da paso a cada una de estas presiones se logra a través de unas electro válvulas que están controladas por un PLC-2 de Allen Bradley que es el que administra toda la secuencia dentro de esta máquina.

Ya dentro de esta máquina existen sensores capaces de monitorear presiones pero no en este proceso específico. Se realizó una investigación y se determinó que y son de la marca Setra Equipment Systems y ya no existen en el mercado los modelos utilizados por esta máquina.

2.1.2. Estudio de las características principales de un sensor de presión

Se citarán algunas consideraciones técnicas para la selección del sensor de presión.

2.1.2.1 Consideraciones Térmicas

El ajuste del transductor para la compensación de temperatura (la reducción de variación en rendimiento como una función de temperatura) es el elemento principal de mano de obra exigido al construir un transductor. Puesto que la mano de obra es el elemento más costoso de cualquier transductor, la compensación de temperatura es uno de los "componentes" más caros del transductor.

Virtualmente todos transductores de presión utilizan un puente de Wheatstone que mide el voltaje en el circuito para convertir la variación de resistencia, proporcional a la presión aplicada.

Numerosas cosas como tolerancias de la producción en las prendas de tensión, asimetrías en conexiones del leadwire dentro del puente, y las variaciones pequeñas en orientación geométrica tienen efectos pequeños pero significativos en el rendimiento como funciones de la temperatura.

Es importante dar énfasis a la compensación de temperatura por ajuste del circuito analógico el cual es acompañado por un aumento en la complejidad del circuito del puente, y de un aumento en costo en general.

Ahorros muy significativos pueden ser obtenidos guardando la compensación de temperatura real lograda al mínimo absoluto requerido para la aplicación.

En este caso específico no es necesaria una gran compensación en temperatura por que el sensor va a estar operando en un ambiente controlado.

2.1.2.2 No-Linealidad

También es a veces llamado "linealidad", y generalmente expresa la desviación del máximo del rendimiento del transductor contra la medida de una línea recta encima del rango del transductor.

El ISA recomendó que la práctica sea usar el "método terminal" donde la línea recta de referencia tiene su origen al cero y terminación a FSO (escala máxima de operación).

2.1.2.3 Repetibilidad

Es la propiedad de un sensor de representar una y otra vez un valor determinado de tensión para un específico valor de presión aplicado.

Esta característica es muy importante pues el valor debe ser el mismo a lo largo de múltiples mediciones.

2.2 Requerimientos de la empresa

La empresa abordó este proyecto con varias premisas en mente, las cuales se definieron claramente con el ingeniero a cargo, Ing. Roberto Campos.

El proyecto final deberá brindar las siguientes funciones:

- a** Permitir monitorear tanto presiones como vacíos en la kutter machine
- b** Tener una precisión aceptable en coordinación con el departamento de Metrología de Abbott Laboratories.
- c** Debe tener la capacidad de desplegar en un display tanto el valor como las unidades respectivas.

Además de las intenciones técnicas del proyecto, este se diseñó pensando en lograr economía en espacio y en costo, así que la solución que se explica más adelante se basa tanto en objetivos técnicos como funcionales, ya que la solución no sólo debe ser eficaz, sino también eficiente.

2.3 Solución propuesta

Se hizo el siguiente análisis para la escogencia del sensor de presión :

Debido a los requerimientos por parte de Abbott Laboratories y en coordinación con el departamento de Metrología de dicha empresa se seleccionó el sensor de la marca Omega modelo PX203-30v85g5v. Cuya curva característica se presenta en la figura 2.7

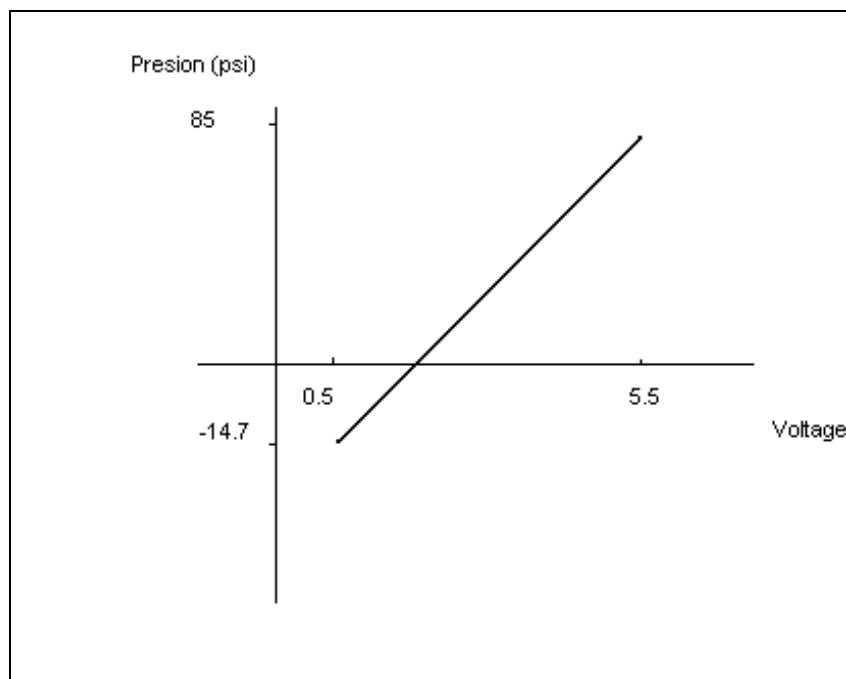


Figura 2.7 Curva característica del sensor PX203-30v-85g5v

De la misma manera se observó que para valores mayores a 14.7 psi de vacío no se obtiene un valor de voltaje que los pueda representar, de tal manera que estos valores estarían simplemente restando precisión al convertidor analógico digital por lo que se decidió desplazar el voltaje de referencia hasta 0.5 voltios, de esta forma el convertidor analógico digital deberá convertir no 5.5 voltios a sus respectivos valores digitales ($5.5/1024 = 0.00537109375$ voltios por bit representado); si no que deberá convertir 5 voltios a su respectivo valor digital ($5/1024 = 0.0048828125$ voltios por bit representado).

Con lo que se observó que la precisión aumentó ligeramente en los valores que se pueden representar de voltaje ; y por tanto de presión como se observa en la figura 2.8

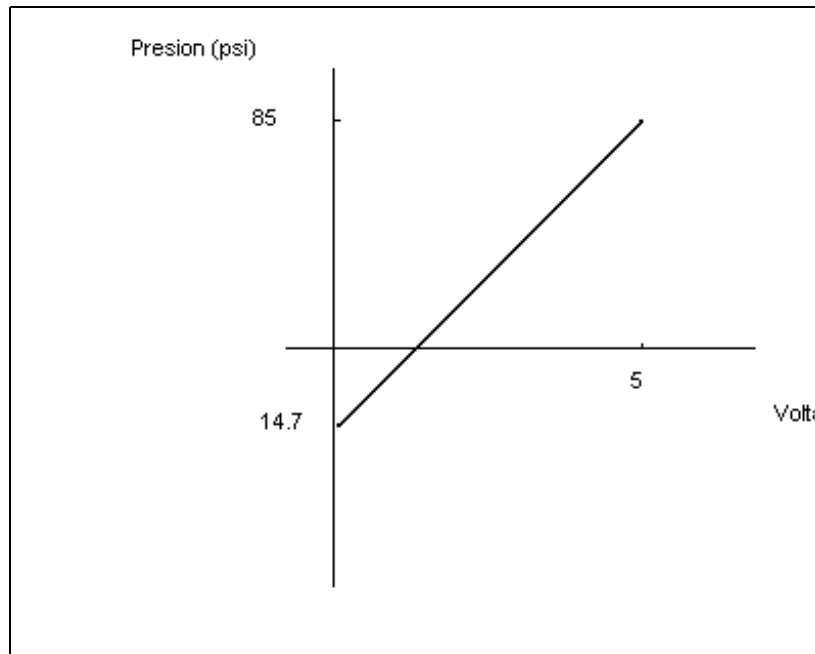


Figura 2.8 Curva característica del sensor PX203-30v-85g5v con voltaje de referencia en el convertidor de 0.5 voltios

En mediciones hechas con equipo analógico a las presiones que intervienen en el proceso se determinó que estas no exceden los 65 psi para la presión positiva y los 25 inHg para el vacío. Lo que nos permite hacer un último ajuste que esta representado en la figura 2.9

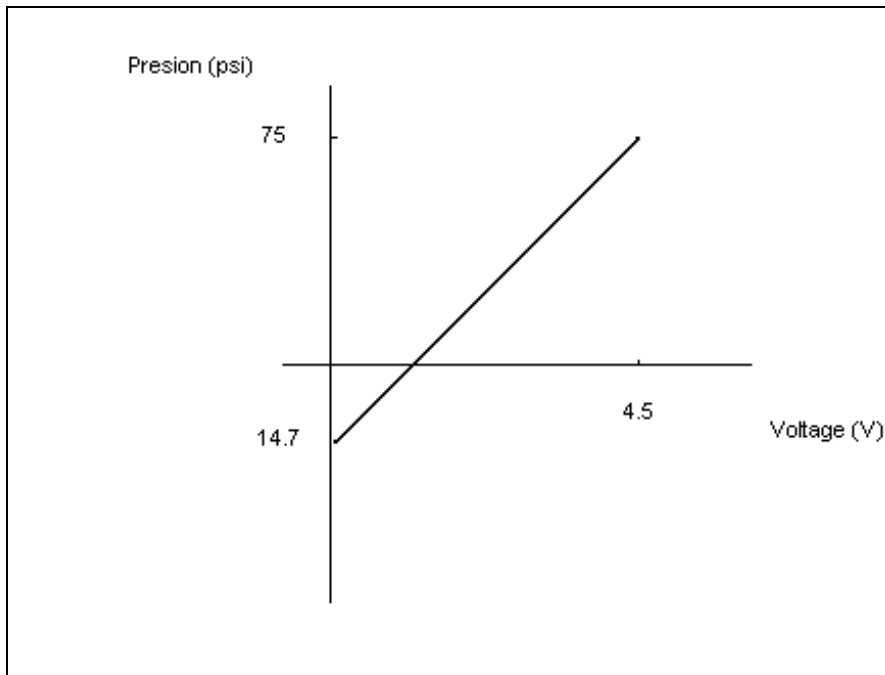


Figura 2.9. Curva característica del sensor PX203-30v-85g5v con voltaje de referencia en el convertidor de 0.5 voltios y escala acortada

De la figura 2.9 se observa que el rango de presión fue acortado de 85 psi a 75 psi; esto es posible por que valores de presión arriba de 75 psi no son esperados; con esto el rango de voltaje respectivo para 75 psi es de 4.5 voltios, con lo que logramos una mejora en la precisión de los valores a representar ($4.5/1024 = 0.00439453125$ voltios por bit representado).

De la figura 2.7 se obtuvo la siguiente ecuación:

$$P = 19.94 * V - 24.67$$

Donde P es la presión en psi y V es el voltaje en voltios.

A partir de esta ecuación se calculó el valor de voltaje cuando la presión es cero psi : $V = 1.2372v$

Ahora , tomando en cuenta que para los ajustes de la gráfica se desplazó el voltaje de referencia hasta 0.5v tenemos que el voltaje cuando la presión sea cero será de $1.2372-0.5 = 0.737v$.

Es decir que cuando el convertidor analógico digital detecte 0.737v el microcontrolador deberá representar el equivalente a 0 psi.

La mínima presión que es posible representar es (con 10 bits):

$$(75 \text{ psi} + 14.7 \text{ psi}) / 1024 \text{ bits} = 0.087597 \text{ psi por bit}$$

o aproximadamente 0.08760 psi por bit.

También fue posible calcular el mínimo valor de voltaje a representar:

$$4.5 / 1024 = 0.00439453125 \text{ voltios por bit .}$$

a partir de esto pudo calcularse cuantos bit equivalen a cero psi :

$$0.737 \text{ (v)} / 0.00439453125 \text{ (v /bit)} = 167.7 \text{ bits o } 167 \text{ bits que equivalen a } A7h.$$

De esto se obtiene que cuando el convertidor analógico digital registre un valor de A7h estará presente una presión de 0 psi.

De todo lo anterior se desprendió la necesidad de implementar un procedimiento para poder procesar la información obtenida por el ADC, esta se detalla a continuación:

De la curva característica del sensor se obtuvo que para una resolución de 10 bits el cruce por cero será en A7h.

Tenemos también que dentro del rango de presión seleccionado (75, -14.7) la resolución en 4 bytes es 0.08760.

De donde solo es significativo el valor 8760 o 2238h (esto para una operación en punto fijo)

Dado que el "cero" lo tenemos en A7h esto implica que todos los valores por debajo de este serán vacíos y todos los valores por encima de este serán presiones positivas.

Debido a que solo se dispone de 10 bits para convertir el valor de presión respectivo se tiene que el máximo valor será: $(3FF-A7) * 2238h = 726B40h$

O lo que es igual a 7498560 (en nuestra operación en punto fijo será pues 74.98560 psi)

La presión en un punto dado es la resta del valor equivalente digital con A7h para valores positivos y multiplicando este resultado por 2238h. Y será A7 menos el valor digital obtenido, multiplicado por 2238h.

Es necesario observar que en este punto tenemos el resultado deseado pero está en hexadecimal por lo que hay que convertirlo a decimal para poder representarlo en el display.

CAPÍTULO 3

PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO

3.1 Metodología

Para alcanzar los objetivos que se mencionaron anteriormente, se siguieron los siguientes pasos metodológicos.

3.1.1. Etapas correspondientes a los objetivos de documentación

Durante esta etapa se buscó toda la información concerniente al PIC 16F877. además de los transductores de presión a voltaje. Esto se realizó sobre la base de los manuales que la empresa facilita, además del acceso a CD ROM de información y a Internet que brinda también la compañía.

Se investigó sobre varios tópicos importantes:

- a** Características de los sensores de presión
- b** Diferentes tipos de salida de los sensores de presión
- c** Operaciones básicas de la Form Film Seal Kutter Machine
- d** Arquitectura del microcontrolador 16F877.
- e** Set de instrucciones y ensamblador del PIC 16F877.

En el proceso de información y documentación se determinaron los elementos que intervienen para definir el “Firmware” (microprogramación) requerido; como son componentes y software necesarios.

3.2 Etapa de diseño del “firmware”

En esta fase, se realizó el trabajo de diseño de algoritmos necesarios y se implementaron en el microcontrolador con el uso del lenguaje ensamblador MPLAB. Aquí se hicieron las pruebas tradicionales de programación: verificación y depuración (debuging) con el fin de obtener un firmware rígido y eficiente.

Esta etapa consistió en el desarrollo de firmware experimental, para probar las características de operación del display así como las limitaciones del convertidor analógico digital contenido dentro del microcontrolador 16F877, además de otras características de dicho microcontrolador.

Adicionalmente se realizaron pruebas de las características del sensor de presión seleccionado.

3.3 Etapa de diseño de hardware

En esta fase, la cual se realizó en paralelo con la fase anterior, se determinó la necesidad de implementar nuevo hardware para el control de presiones, o bien, si el hardware existente se podía optimizar.

Debido a la necesidad de instalar este sistema controlador dentro de la Form Film Seal Kutter Machine se necesitó que la alimentación de corriente de esta tarjeta se acoplara al voltaje que proporciona la máquina, el cual es de 240 V. Debido a que en la tarjeta diseñada hay componentes TTL, se implementó un regulador de voltaje para bajar el voltaje de la Form Film Seal Kutter Machine (240V) a un nivel TTL (5 V).

También fue necesario generar una alimentación para el sensor de presión el cual opera a 24 voltios de corriente directa.

3.4 Etapa de pruebas y análisis de resultados

En esta fase, una vez terminada la programación del firmware, se planificaron pruebas para comprobar el funcionamiento de la tarjeta. Dichas pruebas se llevaron a cabo y se analizaron los resultados para comprobar el funcionamiento del sistema.

Las pruebas que se llevaron a cabo junto con el análisis de los resultados de dichas pruebas, comprobaron que el nuevo diseño implementado funciona según lo esperado.

3.5 Etapa de implementación del prototipo

En esta fase, después de haber rediseñado el hardware del sistema, y haber comprobado que el firmware diseñado funciona correctamente, se procedió a implementar un circuito en wire wrap.

Este circuito permite de esta forma, que se le puedan hacer expansiones y mejoras, además de que resulta mucho más fácil hacer el cambio de circuitos que se puedan dañar con la operación continua del mismo.

3.6 Etapa de elaboración de la documentación

En esta fase, se desarrolló toda la documentación formal del proyecto, tal como la elaboración del informe final del proyecto. También se planeó la exposición para la presentación del proyecto, en la cual se debe dar la transferencia de tecnología, para que se le pueda dar un buen uso al sistema de control y monitoreo de presiones.

CAPÍTULO 4

DESCRIPCIÓN DEL HARDWARE UTILIZADO

4.1 Diagrama general de bloques

Básicamente es la configuración de “hardware” que se había planteado en la solución propuesta.

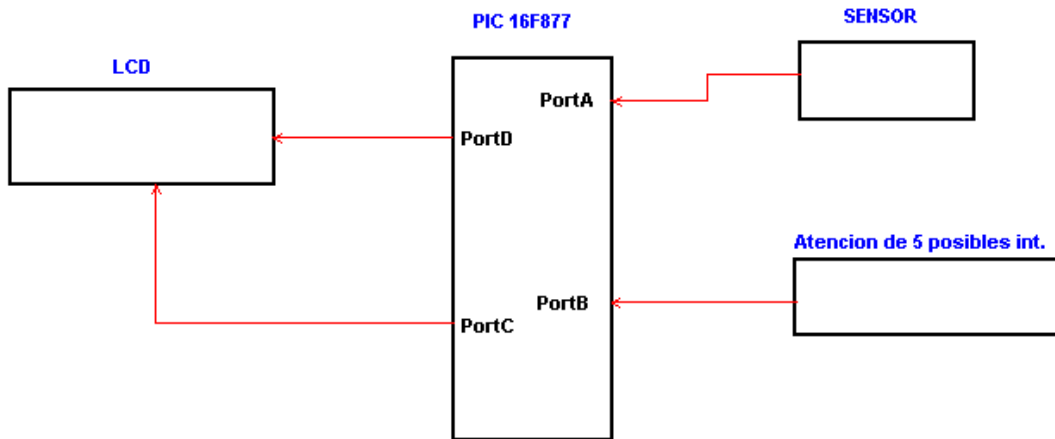


Figura 4.1 Diagrama de bloques general del sistema

El diagrama muestra cómo un puerto es destinado a solo una operación específica.

El puerto A es destinado a la recepción de los valores analógicos suministrados por el sensor.

El puerto B es destinado a la atención de las solicitudes de interrupción.

El puerto D es utilizado para enviar los datos al LCD.

Y el puerto C es utilizado para las señales de control del LCD (señales de read write, enable y request send.)

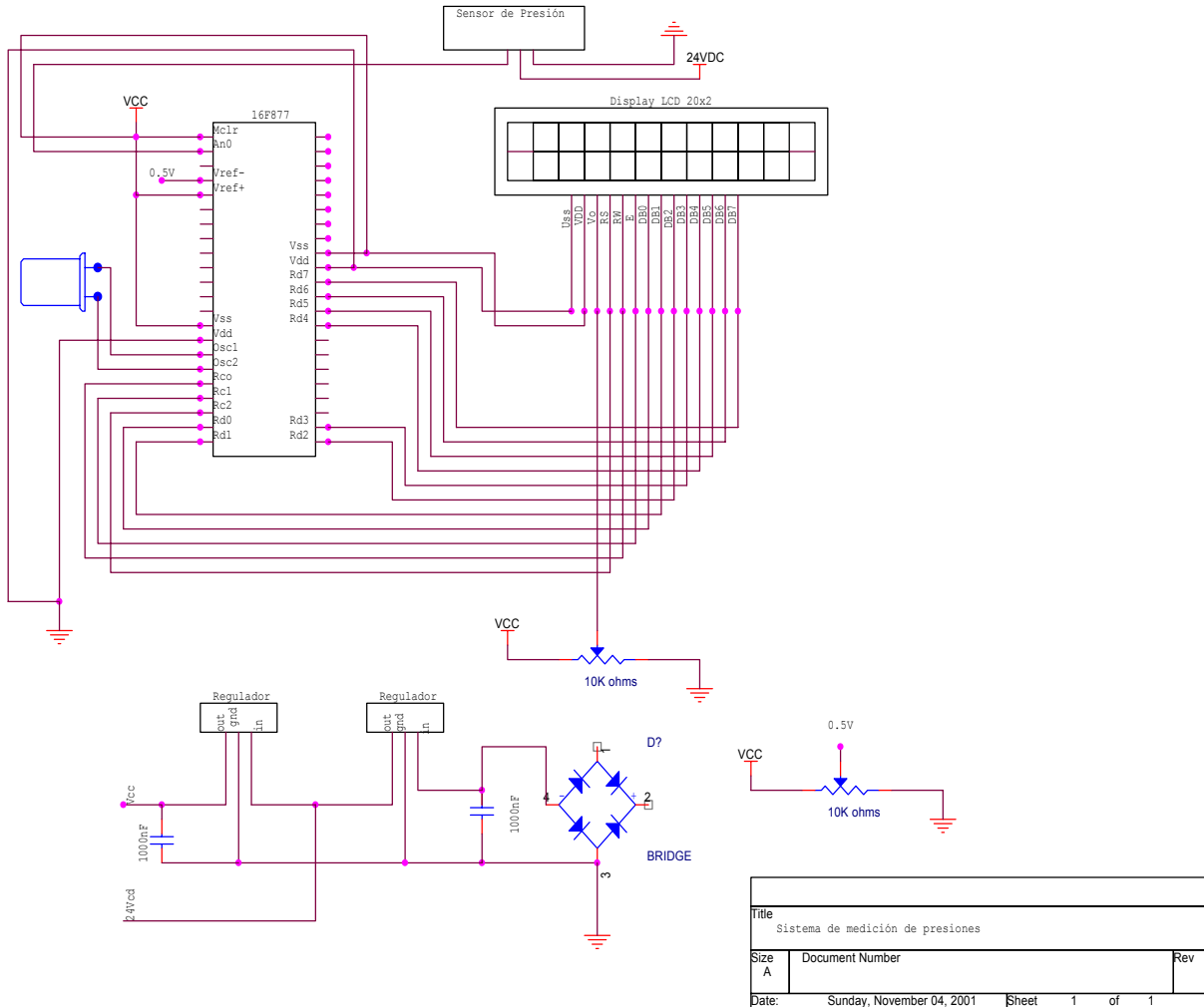


Figura 4.2 Diagrama detallado del sistema

CAPÍTULO 5

DESCRIPCIÓN DEL SOFTWARE UTILIZADO

5.1 Ambiente de desarrollo del “software”

A lo largo del proyecto se utilizó una gran variedad de “software” en el proceso de desarrollo del “firmware”.

La etapa de investigación necesitó de una vasta exploración de la red por medio de “software” como Microsoft Internet Explorer 5.0¹ y Netscape 4.0¹, además se utilizaron para visualizar y editar documentos los programas del Microsoft Office* y el Acrobat Reader 4.0¹

El ambiente de desarrollo en que se trabajó al implementar el “software” del sistema es el MPLAB-IDE, (IDE significa Ambiente Integrado de Desarrollo) lanzado gratis a Internet por Microchip para que sea fácil desarrollar aplicaciones con sus controladores. También se encontró en la red la documentación sobre el ensamblador de este controlador y la compañía además provee un CD-ROM con la información y herramientas para esta serie de microcontroladores.

Las simulaciones de “software” se realizaron con el mismo MPLAB-IDE, el cual tiene un simulador integrado dentro de sus herramientas. Para programar el PIC se utilizó el “software” propio del programador PICSTART PLUS.

¹ Marca Registrada

5.2 Software desarrollado

La implementación del software que se desarrolló, permite la conversión de los valores de voltaje que entrega el sensor transductor de presión, en proporción lineal a la presión, y estos valores de voltaje son convertidos a una representación digital de los mismos por parte del convertidor analógico digital inserto dentro del PIC 16F877.

Dado que lo que se obtuvo hasta este punto es una representación digital de un valor de voltaje, y lo que se quiere es el equivalente de presión, fue necesario realizar una serie de rutinas matemáticas para convertir el valor de voltaje que entrega el sensor al valor de presión equivalente.

Estas rutinas son:

- a) La resta del valor obtenido por el convertidor con el número hexadecimal A7 (ver la solución propuesta)
- b) La multiplicación del valor obtenido anteriormente por el número hexadecimal 2238
- c) La conversión del resultado hexadecimal anterior a un resultado decimal
- d) La conversión del valor decimal a ASCII (esto para poder enviar el resultado al display).

Adicionalmente a estas rutinas fue necesario crear rutinas para la inicialización del display, así como para la inicialización de la configuración de puertos y registros internos del microcontrolador PIC 16F877. También se crearon rutinas para la presentación de la información en el display; así como la posición correcta de la misma dentro de los espacios asignados para tal efecto.

CAPÍTULO 6

ANÁLISIS Y RESULTADOS

6.1 Explicación del Diseño

Una vez que el sistema es energizado, despliega el mensaje: "Abbott Laboratories" , y en la siguiente línea: "pressure measurement" ; esto durante aproximadamente dos segundos, una vez transcurrido este tiempo, el display es borrado y presenta la pantalla de operación normal la cual contiene la siguiente información:

a) En la primera línea el mensaje "pressure", seguido del respectivo valor de presión así como sus unidades (psi).

b) En la segunda línea el mensaje "vacuum" seguido del valor respectivo de vacío y posterior a este sus unidades (psi).

La forma en que opera el sistema es la siguiente:

El sensor transductor de presión está constantemente convirtiendo la información de presión a voltaje (cada 1ms), y esta información es adquirida mediante un convertidor analógico digital contenido dentro del microcontrolador PIC16F877; una vez convertido el valor de voltaje a su respectiva representación digital en 10 bits es procesado para que se refleje el valor equivalente de presión. Para hacer dicha conversión fue necesario crear rutinas de software que permitan transformar el valor digital del convertidor analógico, el cual está expresado en valores hexadecimales, a valores decimales.

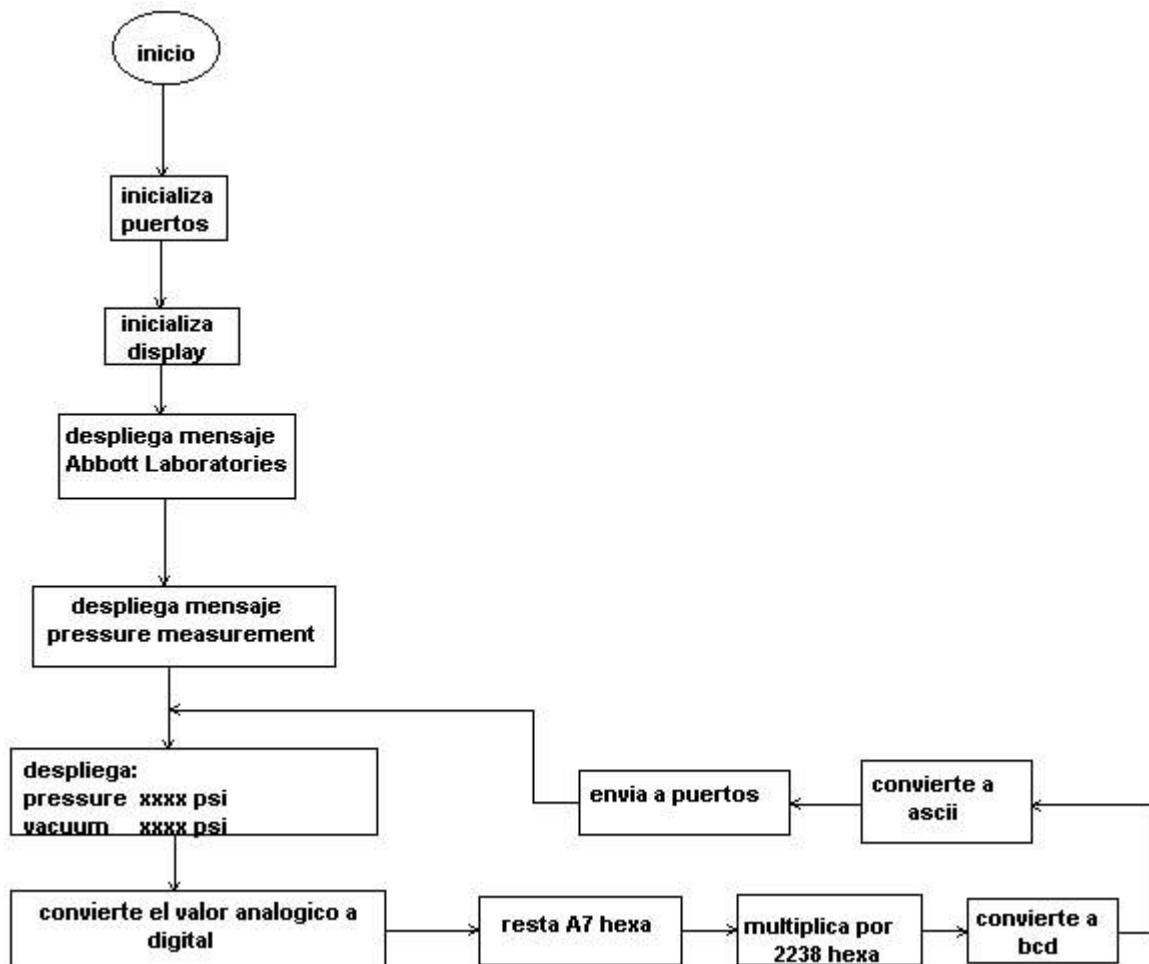


Figura 6.1 Diagrama de flujo General

En este diagrama se pueden apreciar los siguientes procedimientos principales:

a) inicializa puertos

En esta etapa se configuran los puertos de entrada salida, designándose el puerto 'D' como puerto por donde se envían los datos al display, el puerto C como el puerto encargado de controlar el display y el puerto A como el puerto encargado de recibir el dato analógico.

b) inicializa display

Durante esta etapa se envían los datos y palabras de control necesarias para activar el display y ponerlo listo para recibir los datos que deberá desplegar.

c) despliega mensaje

En esta etapa se procede a enviar los datos y palabras de control necesarios para desplegar la información.

d) despliega

Durante esta etapa se envía la información necesaria al display para que en la primera línea despliegue el mensaje: 'pressure' así como el respectivo valor de presión; y en el siguiente renglón despliega el mensaje: 'vacuum' y su correspondiente valor de vacío.

e) convadc

En esta etapa se programa el microcontrolador para que a través de uno de sus pines reciba el valor de voltaje analógico y lo convierta a un valor equivalente digital en 10 bits.

f) resta

Durante este proceso se toma el dato convertido a un valor digital y se le resta el valor A7 hexadecimal, con esto además, se determina si el valor capturado por el convertidor analógico digital corresponde a una presión o a un vacío. Adicionalmente se determina en que parte del display se debe poner la información.

g) multiplica

Se multiplica el resultado de la resta por 2238 hexadecimal para convertir el valor de voltage digital a su equivalente en presión

h) convierte a bcd

Dado que las operaciones anteriores son realizadas en hexadecimal por el microcontrolador, resulta necesario hacer una conversión para tener el resultado el decimal para poderlo desplegar correctamente al usuario.

i) convierte a ascii

Aunque en el paso anterior se tiene el resultado ya listo, es necesario hacer una conversión más, la cual es necesaria por que el display recibe los datos en ASCII.

j) envía a puertos

En este paso se procede a cargar los registros con los datos y palabras de control para ser enviados al display y estos son puestos en los pines de salida respectivos.

6.2 Alcances y Limitaciones

6.2.1. Hardware

En cuanto a hardware el sistema presenta el inconveniente de que tiene que ser manipulado con cuidado porque posee circuitos del tipo CMOS los cuales son sensibles a las descargas eléctricas.

El sistema está diseñado para operar estrictamente con una fuente de alimentación de 24 voltios de corriente alterna.

Este sistema está construido para operar con sensores que tengan salida de voltaje únicamente.

6.2.2. Software

El software es muy versátil, pues por la forma en que fue diseñado, permite inclusive cambiar el tipo de sensor para medir otras magnitudes físicas, como temperatura o intensidad luminosa por ejemplo.

Como limitación, está diseñado para manejar conversiones analógicas en 10 bits como máximo.

Además procesa operaciones aritméticas de resta con un máximo de 16 bits y operaciones de multiplicación en 24 bits como máximo.

El sistema no está diseñado para manejar varios sensores simultáneamente.

CAPÍTULO 7

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 Conclusiones

a- El PIC16C74A es un microcontrolador de alto desempeño capaz de realizar bien las funciones de recepción y transmisión de datos por un sistema de puertos multiplexados.

b- La utilización de reguladores de tensión, como el 7805 permiten obtener voltajes de alimentación muy estables para la operación de circuitos CMOS y TTL, además, estas tensiones presentan muy bajo rizado.

c- El uso de 10 bits para realizar la conversión analógica digital resultó muy conveniente para cumplir con las especificaciones de precisión requeridas.

d- Para alcanzar el óptimo funcionamiento del sensor se conectó a 24 voltios entre todos sus valores posibles de alimentación.

e- Para evitar un excesivo calentamiento del sistema diseñado se le colocaron disipadores de temperatura a los reguladores de tensión.

f- Para lograr una mayor estabilidad del sistema fue necesario colocar capacitores de 15 picofaradios entre el oscilador y tierra.

g- Para lograr que el sistema tuviera la opción de autoreset fue necesario colocar una resistencia de 10 k Ω entre la patilla “master clear” y Vdd

7.2 Recomendaciones

Las siguientes son recomendaciones que serían útiles en caso de que se deseara mejorar el desempeño del sistema más allá de los límites de este proyecto.

a- Desarrollar una interfaz que sea capaz de comunicarse con el PLC que administra las operaciones de la máquina para tener un monitoreo desde la computadora.

b- Construir un módulo igual al diseñado para la otra estación de formado.

c- Cambiar la válvula usada actualmente por un sistema que permita ajustar la presión y el vacío individualmente.

BIBLIOGRAFÍA

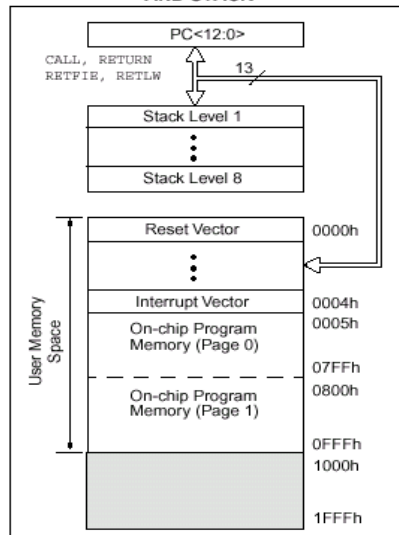
1. Microchip Technology. Embedded Control Handbook. Microchip Chandler, USA. 1997
2. Intel. Developer's Insight: Intel Website for Developers [CD - ROM]. Intel Chandler. USA 2000. <<http://www.intel.com> >
3. Zylog. Z80s183/Z80I183. General-Purpose Integrated Microprocessor Zylog. USA <<http://www.zylog.com> >
4. Texas instruments. Designer's guide and Databook. Texas Instruments. Texas Instruments. Austin, Texas. 1997.
5. Texas instruments. Logic IC selector Guide. Texas Instruments. Texas Instruments. Austin, Texas. 1997.
6. Texas instruments. Designer's guide and Databook. Texas Instruments. Texas Instruments. Austin, Texas. 1997

ANEXOS

Anexo 1 Características del MCU PIC16F877

		PIC16C73A	PIC16C74A	PIC16C76	PIC16C77
Clock	Maximum Frequency of Operation (MHz)	20	20	20	20
	Memory				
Memory	EPROM Program Memory (x14 words)	4K	4K	8K	8K
	Data Memory (bytes)	192	192	368	368
Peripherals	Timer Module(s)	TMR0, TMR1, TMR2	TMR0, TMR1, TMR2	TMR0, TMR1, TMR2	TMR0, TMR1, TMR2
	Capture/Compare/PWM Module(s)	2	2	2	2
	Serial Port(s) (SPI/I ² C, USART)	SPI/I ² C, USART	SPI/I ² C, USART	SPI/I ² C, USART	SPI/I ² C, USART
	Parallel Slave Port	—	Yes	—	Yes
	A/D Converter (8-bit) Channels	5	8	5	8
Features	Interrupt Sources	11	12	11	12
	I/O Pins	22	33	22	33
	Voltage Range (Volts)	2.5-6.0	2.5-6.0	2.5-6.0	2.5-6.0
	In-Circuit Serial Programming	Yes	Yes	Yes	Yes
	Brown-out Reset	Yes	Yes	Yes	Yes
	Packages	28-pin SDIP, SOIC	40-pin DIP; 44-pin PLCC, MQFP, TQFP	28-pin SDIP, SOIC	40-pin DIP; 44-pin PLCC, MQFP, TQFP

**PIC16C73/73A/74/74A
PROGRAM MEMORY MAP
AND STACK**



Anexo 2 Características eléctricas y ambientales del MCU

Absolute Maximum Ratings †

Ambient temperature under bias.....	-55 to +125°C
Storage temperature.....	-65°C to +150°C
Voltage on any pin with respect to V _{SS} (except V _{DD} , $\overline{\text{MCLR}}$, and RA4).....	-0.3V to (V _{DD} + 0.3V)
Voltage on V _{DD} with respect to V _{SS}	-0.3 to +7.5V
Voltage on $\overline{\text{MCLR}}$ with respect to V _{SS} (Note 2).....	0 to +14V
Voltage on RA4 with respect to V _{SS}	0 to +14V
Total power dissipation (Note 1).....	1.0W
Maximum current out of V _{SS} pin.....	300 mA
Maximum current into V _{DD} pin.....	250 mA
Input clamp current, I _{IK} (V _I < 0 or V _I > V _{DD}).....	±20 mA
Output clamp current, I _{OK} (V _O < 0 or V _O > V _{DD}).....	±20 mA
Maximum output current sunk by any I/O pin.....	25 mA
Maximum output current sourced by any I/O pin.....	25 mA
Maximum current sunk by PORTA, PORTB, and PORTE (combined) (Note 3).....	200 mA
Maximum current sourced by PORTA, PORTB, and PORTE (combined) (Note 3).....	200 mA
Maximum current sunk by PORTC and PORTD (combined) (Note 3).....	200 mA
Maximum current sourced by PORTC and PORTD (combined) (Note 3).....	200 mA

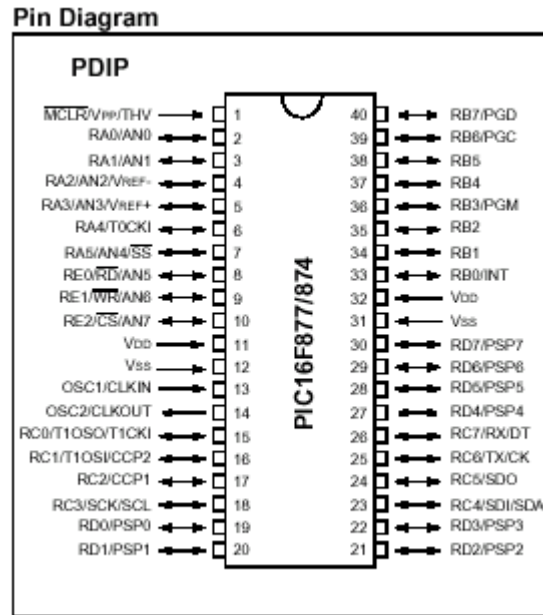
Note 1: Power dissipation is calculated as follows: $P_{dis} = V_{DD} \times \{I_{DD} - \sum I_{OH}\} + \sum \{(V_{DD} - V_{OH}) \times I_{OH}\} + \sum \{V_{OL} \times I_{OL}\}$

Note 2: Voltage spikes below V_{SS} at the $\overline{\text{MCLR}}$ pin, inducing currents greater than 80 mA, may cause latch-up. Thus, a series resistor of 50-100Ω should be used when applying a "low" level to the $\overline{\text{MCLR}}$ pin rather than pulling this pin directly to V_{SS}.

Note 3: PORTD and PORTE are not implemented on the PIC16C73A.

† NOTICE: Stresses above those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. This is a stress rating only and functional operation of the device at those or any other conditions above those indicated in the operation listings of this specification is not implied. Exposure to maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

Anexo 3 Distribución de pines del PIC16F877



Anexo 4 Características del sensor de presión

THIN FILM VOLTAGE OUTPUT PRESSURE SENSOR FOR GAGE AND ABSOLUTE PRESSURES



PX203/PX213 Series 0-15 to 0-7500 psi

- ✓ Cable and Connector Models Available
- ✓ All Stainless Steel
- ✓ NEMA-4 Rated
- ✓ Thin Film Construction for High Stability

PX203
\$250
Basic Unit



PX203 Cable Style Transducer and PX213 Connector Style Transducer are shown with PS-4 Snubbers, sold separately.

MOST POPULAR MODELS HIGHLIGHTED

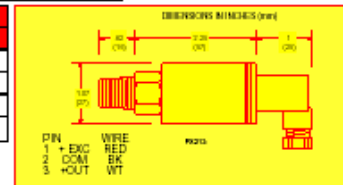
TO Order (Specify PX203 for Cable of PX213 for Connector)

RANGE	CABLE STYLE	PRICE	CONN. STYLE	PRICE	COMPATIBLE METERS
GAGE PRESSURE RANGES (psig)					
0 to 15	PX203-015G5V	\$260	PX213-015G5V	\$250	DP41-E, DP25-E, DP460-E
0 to 30	PX203-030G5V	260	PX213-030G5V	250	DP41-E, DP25-E, DP460-E
0 to 60	PX203-060G5V	260	PX213-060G5V	250	DP41-E, DP25-E, DP460-E
0 to 100	PX203-100G5V	260	PX213-100G5V	250	DP41-E, DP25-E, DP460-E
0 to 200	PX203-200G5V	260	PX213-200G5V	250	DP41-E, DP25-E, DP460-E
0 to 300	PX203-300G5V	260	PX213-300G5V	250	DP41-E, DP25-E, DP460-E
0 to 500	PX203-500G5V	260	PX213-500G5V	250	DP41-E, DP25-E, DP460-E
0 to 1000	PX203-1KG5V	260	PX213-1KG5V	250	DP41-E, DP25-E, DP460-E
0 to 3000	PX203-3KG5V	260	PX213-3KG5V	250	DP41-E, DP25-E, DP460-E
0 to 5000	PX203-5KG5V	260	PX213-5KG5V	250	DP41-E, DP25-E, DP460-E
0 to 7500	PX203-7.5KG5V	260	PX213-7.5KG5V	250	DP41-E, DP25-E, DP460-E
VACUUM AND COMPOUND RANGES (psig)					
-14.7 to 0	PX203-30VAC5V	\$280	PX213-30VAC5V	\$270	DP41-E, DP25-E, DP24-E
-14.7/15	PX203-30V15G5V	280	PX213-30V15G5V	270	DP41-E, DP25-E, DP24-E
-14.7/45	PX203-30V45G5V	280	PX213-30V45G5V	270	DP41-E, DP25-E, DP24-E
-14.7/85	PX203-30V85G5V	280	PX213-30V85G5V	270	DP41-E, DP25-E, DP24-E
-14.7/135	PX203-30V135G5V	280	PX213-30V135G5V	270	DP41-E, DP25-E, DP24-E
ABSOLUTE PRESSURE RANGES (psia)					
0 to 15	PX203-015A5V	\$295	PX213-015A5V	\$289	DP41-E, DP25-E, DP24-E
0 to 30	PX203-030A5V	295	PX213-030A5V	289	DP41-E, DP25-E, DP24-E
0 to 60	PX203-060A5V	295	PX213-060A5V	289	DP41-E, DP25-E, DP24-E
0 to 100	PX203-100A5V	295	PX213-100A5V	289	DP41-E, DP25-E, DP24-E
0 to 200	PX203-200A5V	295	PX213-200A5V	289	DP41-E, DP25-E, DP24-E
0 to 300	PX203-300A5V	295	PX213-300A5V	289	DP41-E, DP25-E, DP24-E

ACCESSORIES

MODEL NO.	PRICE	DESCRIPTION
PS-4G	\$10	Pressure snubber for gaseous media
PS-4E	10	Pressure snubber for water and light oils
PS-4D	10	Pressure snubber for dense liquids (motor oil)
TX4-100	28.50	100' of 4-conductor shielded wire

Comes with complete operator's manual
Ordering Example: PX213-015A5V, voltage output transducer for absolute pressure with a 0 to 15 PSIA range, \$289. Accessories: PS-4G snubber, \$10; and TX4-100 shielded wire, 28.50.



VOLTAGE OUTPUT
PRESSURE TRANSDUCERS
B

Anexo 5 Código Fuente del Programa

LIST p=16f877

INCLUDE <p16f877.inc>

INCLUDE <DEV_FAM.INC> ;necesarios para multi

INCLUDE <MATH16.INC> ;necesarios para multi

INCLUDE <FXM66.A16> ;necesarios para multi

*****DEFINICION DE VARIABLES*****

CONTA1 EQU 0X20 ;

CONTA2 EQU 0X33 ; SON DEL DELAY

POSI EQU 0xff ; POSICION EN EL DISP

*** SON DE LA RESTA ****

pato EQU 77 ; var temporal

preLO EQU 78 ; dato predeterminado por el cual hay que multi (bajo)0x00

preHI EQU 79 ; dato predeterminado por el cual hay que multi (alto)0xA7

adcLO EQU 7A ; los ultimos 8 bits del adc

adcHI EQU 7B ; los 2 msb del adc lojo debe borrarse los otros 6 !!!!!

*****son de la conversion a bcd***

count equ 0xf1

temp equ 0xf2

H_byte equ 0xf3

M_byte equ 0xf4 ;;

L_byte equ 0xf5

```

R00 equ 0xf6 ;;
R0 equ 0xf7
R1 equ 0xf8
R2 equ 0xf9

.*****vectores*****
;

org 0x00

goto inicio ; ir al inicio del programa

org 0x04

goto pone ; si se da interrupcion dirijase a un lugar conocido

inidisp macro ;*****
;***** tiempo y rutina necesaria para inicializar el display

call DELAY
call DELAY
call DELAY
call DELAY
call DELAY
call DELAY

movlw 0x38
movwf PORTD

movlw 0x04
movwf PORTC

movlw 0x00
movwf PORTC

```

```

call DELAY
;
movlw 0x38
movwf PORTD
movlw 0x04
movwf PORTC
movlw 0x00
movwf PORTC
call DELAY
;
movlw 0x38
movwf PORTD
movlw 0x04
movwf PORTC
movlw 0x00
movwf PORTC
call DELAY
;
movlw 0x0C   ;;; yo puse 0x0f para blink y cursor on
movwf PORTD
movlw 0x04
movwf PORTC
movlw 0x00

```

```

movwf PORTC
call DELAY
;
movlw 0x01
movwf PORTD
movlw 0x04
movwf PORTC
movlw 0x00
movwf PORTC
call DELAY
;
movlw 0x06
movwf PORTD
movlw 0x04
movwf PORTC
movlw 0x00
movwf PORTC
call DELAY ; *****hasta aqui llega la inicializacion
.*****
,
endm
;
; abott laboratories*****despliega presentacion*****
abbott macro

```

```
movlw 'A'  
call DDATO  
movlw 'b'  
call DDATO  
movlw 'b'  
call DDATO  
movlw 'o'  
call DDATO  
movlw 't'  
call DDATO  
movlw 't'  
call DDATO  
movlw ''  
call DDATO  
movlw 'L'  
call DDATO  
movlw 'a'  
call DDATO  
movlw 'b'  
call DDATO  
movlw 'o'  
call DDATO  
movlw 'r'
```

call DDATO

movlw 'a'

call DDATO

movlw 't'

call DDATO

movlw 'o'

call DDATO

movlw 'r'

call DDATO

movlw 'i'

call DDATO

movlw 'e'

call DDATO

movlw 's'

call DDATO

;

movlw 0xC0 ; esto escribe los siguientes datos en la posicion deseada (en este como enter)

call COMANDO

movlw 'P'

call DDATO

movlw 'r'

call DDATO

movlw 'e'


```
call DDATO
movlw 's'
call DDATO
movlw 's'
call DDATO
movlw 'u'
call DDATO
movlw 'r'
call DDATO
movlw 'e'
call DDATO
movlw ''
call DDATO
movlw 'M'
call DDATO
movlw 'e'
call DDATO
movlw 'a'
call DDATO
movlw 's'
call DDATO
movlw 'u'
call DDATO
```

```

movlw 'r'
call DDATO
movlw 'e'
call DDATO
movlw 'm'
call DDATO
movlw 'e'
call DDATO
movlw 'n'
call DDATO
movlw 't'
call DDATO
;
endm ,*****
;
pantalla macro ,*****despliega pressure vacuum*****
movlw 0x01
call COMANDO ; borra display
movlw 0x02
call COMANDO ; retorna a home
movlw 'P'
call DDATO
movlw 'r'

```

```
call DDATO
movlw 'e'
call DDATO
movlw 's'
call DDATO
movlw 's'
call DDATO
movlw 'u'
call DDATO
movlw 'r'
call DDATO
movlw 'e'
call DDATO
movlw 0xC1 ; segundo renglon
call COMANDO
movlw 'V'
call DDATO
movlw 'a'
call DDATO
movlw 'c'
call DDATO
movlw 'u'
call DDATO
```

movlw 'u'

call DDATO

movlw 'm'

call DDATO

endm

retardo macro,*****tiempo de espera*****

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY
call DELAY
call DELAY
call DELAY
call DELAY
call DELAY
call DELAY
call DELAY
call DELAY
call DELAY
call DELAY
call DELAY
call DELAY
call DELAY
call DELAY
call DELAY
call DELAY
call DELAY
call DELAY
endm;*****
;
presion macro,*****despliega la presion en la pos 10 del lcd***
movlw 0x8A ; posicion 10 primera linea

```

call COMANDO
movf R00,0 ; mueve el msb a w
iorlw 0x30 ; lo convierte a ascii
call DDATO ; (movf reg,0 lo mueve a w) lo envia al display
swapf R0,0 ; intercambie los nibbles y pongalos en w
andlw 0x0f ; borre la parte alta
iorlw 0x30 ; convierta a ascii
call DDATO ; envíe al lcd
movlw '.'
call DDATO
movf R0,0 ; ponga R0 en w
andlw 0x0f ; borre la parte alta
iorlw 0x30 ; convierta a ascii
call DDATO
swapf R1,0 ; intercambie los nibbles y pongalos en w
andlw 0x0f ; borre la parte alta
iorlw 0x30 ; convierta a ascii
call DDATO ; envíe al lcd todo esto escribe 4 digitos y un punto
movlw ''
call DDATO ; despliega las unidades
movlw 'p'
call DDATO
movlw 's'

```

```

call DDATO
movlw 'i'
call DDATO
;
;
movlw 0xCA ; posicion 10 segunda linea pone ceros en vacio
call COMANDO ; mientras se esta desplegando una presion
movlw 0x30 ;
call DDATO ;
movlw 0x30
call DDATO ; envie al lcd
movlw '.'
call DDATO
movlw 0x30
call DDATO
movlw 0x30
call DDATO ; envie al lcd todo esto escribe 4 digitos y un punto
movlw ' '
call DDATO ; despliega las unidades
movlw 'p'
call DDATO
movlw 's'
call DDATO

```

```

movlw 'i'
call DDATO

endm;*****
;
vacio macro ,*****despliega la presion en pos 10 segunda fila***
movlw 0xCA ; posicion 10 segunda linea
call COMANDO
movf R00,0 ; mueve el msb a w
iorlw 0x30 ; lo convierte a ascii
call DDATO ; (movf reg,0 lo mueve a w) lo envia al display
swapf R0,0 ; intercambie los nibbles y pongalos en w
andlw 0x0f ; borre la parte alta
iorlw 0x30 ; convierta a ascii
call DDATO ; envie al lcd
movlw '!'
call DDATO
movf R0,0 ; ponga R0 en w
andlw 0x0f ; borre la parte alta
iorlw 0x30 ; convierta a ascii
call DDATO
swapf R1,0 ; intercambie los nibbles y pongalos en w

```



```

andlw 0x0f ; borre la parte alta
iorlw 0x30 ; convierta a ascii
call DDATO ; envíe al lcd todo esto escribe 4 dígitos
movlw ''
call DDATO ; despliega las unidades
movlw 'p'
call DDATO
movlw 's'
call DDATO
movlw 'i'
call DDATO
;
;
movlw 0x8A ; posición 10 primera línea pone ceros en presión
call COMANDO ; mientras se está desplegando un vacío
movlw 0x30 ;
call DDATO ;
movlw 0x30
call DDATO ; envíe al lcd
movlw '!'
call DDATO
movlw 0x30
call DDATO

```

```

movlw 0x30
call DDATO ; envie al lcd todo esto escribe 4 digitos y un punto
movlw ''
call DDATO ; despliega las unidades
movlw 'p'
call DDATO
movlw 's'
call DDATO
movlw 'i'
call DDATO
endm

```

MULTI macro;*****multiplica 16 x 16 bits*****

;entrada en adcHI y adcLO del macro de conversion adc

;Input: fixed point arguments in AARGB and BARGB

;

; Output: product AARGBxBARGB in AARGB

;

;toma adress y lo multiplica por 2238h

;el resultado queda en AARGB0,AARGB1,AARGB2,AARGB3

;pero por los numeros maximos que tenemos AARGB0 no se despliega por que siempre es cero

;(el mayor es AARGB0)

```

movf adcHI,w ; ADRESH,w

```

```

movwf AARGB0    ; EL BYTE MSB(POR EJ EL ADRESH)
bsf  STATUS,RP0 ; pone el banco1 pa poder acceder el adresl
movf  adcLO,w   ; ADRESL,W
bcf  STATUS,RP0 ; pone de nuevo el banco 0
movwf AARGB1    ; EL BYTE LSB(POR EJ ADRESL)
movlw 0x22
movwf BARGB0    ; NUMERO 2238h
movlw 0x38
movwf BARGB1
CALL FXM1616U   ; resultado en AARGB1,AARGB2,AARGB3

```

```

ENDM ,*****

```

```

;

```

```

CONBCD ;*****convierte 24 bits hexa a bcd***** SUBROUTINA****

```

```

; *****

```

```

; toma AARGB1,AARGB2,AARGB3 resultados de MULTI y los convierte a
bcd

```

```

; entradas H_byte,M_byte y L_byte

```

```

; ----->resultado en R00,R0,R1,R2

```

```

movf AARGB1,w ; toma el msb de la multiplicacion hecha

```

```

movwf H_byte ; y lo pasa a H_byte

```

```

;

```

```

movf AARGB2,w ; toma el med de la multiplicacion hecha
movwf M_byte ; y lo pasa a M_byte
;
movf AARGB3,w ; toma el lsb de la multiplicacion hecha
movwf L_byte ; y lo pasa a L_byte

bcf STATUS,0

movlw .24 ; 16 para 16 bits
movwf count

clrf R00 ; registro adicional para poder manejar 24 bits
clrf R0
clrf R1
clrf R2

LOOPI rlf L_byte,F
rlf M_byte,F ; registro entre el msb y lsb
rlf H_byte,F
rlf R2,F
rlf R1,F
rlf R0,F
rlf R00,F ; para 24 bits
;
decfsz count,F
goto adjDEC

```

```

RETLW 0
;
adjDEC    movlw R2
movwf FSR
call adjBCD
;
movlw R1
movwf FSR
call adjBCD
;
movlw R0
movwf FSR
call adjBCD
;
movlw R00 ;
movwf FSR ;
call adjBCD ;
;
goto LOOPI
;
adjBCD    movlw 3 ;
addwf 0,w
movwf temp

```

```

btfsc temp,3
movwf 0
movlw 30
addwf 0,w
movwf temp
btfsc temp,7
movwf 0
RETLW 0
;

```

```

.*****
;
;

```

RESTA macro ;***** resta con A7 el valor del adc *****

```

;*****(adcHI y adcLO)*****

```

```

;***** lo multiplica por 2238h*****

```

;lo convierte a bcd y a ascii y lo pone en presion o en vacio segun
corresponda

```

movlw 0x00

```

```

movwf preHI

```

```

movlw 0xA7

```

```

movwf preLO ; #00A7 (EL CERO) pre..determinado

```

```

D_Sub CALL neg_A

```

```

; doble precision addition(accb+acca -> accb
D_add movf preLO,W
addwf adcLO,F
btfsc STATUS,C
incf adcHI,F
movf preHI,W
addwf adcHI,F
goto TERMINI ;ESTO ES SI ES UN CALL retlw 0
neg_A comf preLO,F
incf preLO,F
btfsc STATUS,Z
decf preHI,F
comf preHI,F
retlw 0
TERMINI
;*****esto que sigue es para modificar el resultado si es
; vacio(resultado negativo)*****
;
movf adcHI,w
movwf pato
movlw 0xFF ; compara con FF(overflow)
subwf pato ; variable temporal para no modificar adcHI
btfss STATUS,Z

```

goto positivo

CLRF adcHI ; si pato es igual a ff se ejecuta si no no.

COMF adcLO,1

incf adcLO,1

goto negativo ; vaya a imprimir resultado en vacio

***aqui debe ir para desplegar vacio

***debe llamarse a multi

***debe convertirse el resultado a bcd

***este debe pasarse a ascii

***debe presentarse el vacio

;

positivo ; se debe desplegar presion positiva

***aqui debe ir para desplegar presion positiva

MULTI ***debe llamarse a multi

call CONBCD ***debe convertirse el resultado a bcd

***este debe pasarse a ascii

presion ***debe presentarse en la primera linea (Presion)

nop

goto okis

;

negativo

MULTI ; multiplica por 2238h

call CONBCD ; convierte el resultado de la multiplicacion a bcd


```

; y convierte a ascii
vacio      ;presenta el resultado en la posicion de vacio
NOP
goto okis  ; salga del macro
okis
ENDM ;*****
;
;***** inicializa el adc *****
Iniadc macro
bcf STATUS,5 ; banco 0
clrf  PORTA
movlw41h      ;SELECCIONA CANAL 0 Y LA FRECUENCIA DE
movwfADCON0   ;OSCILACION Fosc/8 (p 4Mhz)
bsf STATUS,5
movlw0x8f     ;SELECCIONA 0 ANALOG.
movwfADCON1   ;SELECCIONA JUSTIFICACION DERECHA, 6
BITS MSB SON "0"
movlw0x0D     ;ojo!! muy importante las entradas seleccionadas como vref
deben ponerse como entradas en el tris!!!
movwfTRISA
;call DELAY ;*****
endm

```

```

;***** voltaje *****
; toma un voltage en la entrada analogica (canal 0) y lo digitaliza
; el valor digital lo pone en adcLO y adcHI
VOLTAJE macro
bcf STATUS,5 ; banco 0
bsf ADCON0,GO ;INICIO DE CONVERSION
call DELAY ;revisar si va!!!!
VOLTAJE1: btfsc ADCON0,GO ;BANDERA QUE ESPERA FIN DE
CONVERSION
goto VOLTAJE1
bsf STATUS,5 ; BANCO 1
movf ADRESL,W
movwf adcLO ;bcf STATUS,5 ;BANCO 0
bcf STATUS,5
movf ADRESH,w
andlw 0x03
movwf adcHI
endm ;*****
COMANDO,***** ENVIA COMANDOS AL LCD (se carga
en w)
movwf PORTD
movlw 0x04
movwf PORTC
movlw 0x00

```

```

movwf PORTC
call DELAY
RETURN ;*****
DDATO ;***** ENVIA DATO AL LCD
movwf PORTD
movlw 0x0c
movwf PORTC
movlw 0x00
movwf PORTC
call DELAY
RETURN ;*****
;
;
DELAY ;tiempo de espera de 2.5ms para 4Mhz *****
;
MOVLW    0X04
MOVWF    CONTA2
delay_b
MOVLW 0XFF
MOVWF CONTA1
delay_c
;
;

```

```

DECFSZ    CONTA1,f
GOTO      delay_c
DECFSZ    CONTA2,f
GOTO      delay_b

RETURN

;

inicio

CLRF  PIE1    ; ojo deshabilita las itn!!!!!!!!!!!!!!

CLRF  INTCON

BCF   STATUS, RP0

CLRF  PORTC   ; INICIALIZACION DE PUERTOS

CLRF  PORTD

BSF   STATUS, RP0

CLRF  TRISB

CLRF  TRISC

CLRF  TRISD

CLRF  TRISE

;

BCF   STATUS,RP0 ; banco cero ojo si adelante hay que cambiarlo!!

;

;*****llamado de macros para la operacion*****

.*****
,

inidisp ;inicializa el display

```

abbott ;pone el message abbott etc.

retardo ;

retardo ;tiempo para poner la pantalla de operacion

retardo

retardo

pantalla ;despliega el mensaje pressure , vacuum

Iniadc ;inicializa el adc

call DELAY

pone

VOLTAJE

;(debe convertir el valor ana y ponerlo en adcHI y adcLO)

;preferiblemente voltaje debera borrar de una ves los 6msb

;aqui hay que ver la posibilidad de tomar un promedio o escoger el mayor resultado o algo asi

;movlw 0x03 ;esto es para probar la resta despues lo quito

;movwf adcHI ;registros donde deben quedar los datos obtenidos por el adc.

;movlw 0xff ;

;movwf adcLO ;

RESTA ;resta los valores del adc con 00A7 (cero)

;si es positivo llama a MULTI y convierte a deci y ascii despues presion

;si es negativo llama a MULTI y convierte a deci y asciidespues vacio

;

call DELAY ;retardos para claridad en el resultado desplegado

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

call DELAY

goto pone ; vuelva a realizar una conversion y a desplegarla

;

;

end ; FIN DEL PROGRAMA !