

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE INGENIERÍA

DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN SISTEMA DE ADQUISICION DE DATOS PARA EL MONITOREO Y AYUDA EN EL CONTROL DE UN EQUIPO PILOTO DE MICROFILTRACION TANGENCIAL (MFT)

PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

LUIS FERNANDO CARRERA SUÁREZ

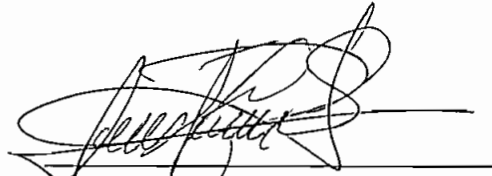
DIRECTOR: Ing. ALFONSO ESPINOSA R.

Quito, Noviembre de 2001

DECLARACIÓN

Yo Luis Fernando Carrera Suárez, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

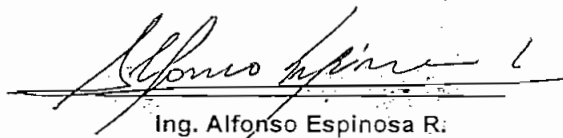
A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Luis Fernando Carrera Suárez', is written over a horizontal line. The signature is stylized and somewhat cursive.

Luis Fernando Carrera Suárez

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Luis Fernando Carrera Suárez, bajo mi supervisión.

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Alfonso Espinosa R.", is written over a horizontal line.

Ing. Alfonso Espinosa R.
DIRECTOR DE PROYECTO

El presente trabajo se realizó en el Departamento de Electrónica, Telecomunicaciones y Redes de Información y en el Departamento de Biotecnología y Ciencia de Alimentos de la Escuela Politécnica Nacional y fue financiado por la Cooperación Técnica Francesa, CIRAD - FLOR (Francia) y el IPICS (Suecia).

AGRADECIMIENTOS

Al Ing. Alfonso Espinosa, por su acertada dirección y consejo técnico, por su valiosa amistad y confianza y por su apoyo incondicional.

A la Dra. Jenny Ruales, por su inapreciable amistad y apoyo, por sus invaluable consejos y por la gran paciencia y confianza que siempre tuvo conmigo.

Al Doctor Fabrice Vaillant del CIRAD - FLOR por su amistad, gran colaboración, guía y asesoría técnica.

Al Ing. Edwin Nieto por su amistad y desinteresada colaboración, y especialmente por haber tenido respuestas sencillas a problemas difíciles en algunas etapas de este proyecto.

A los Ingenieros Pablo Angulo y Ramiro Morejón, por su valiosa amistad y por sus consejos durante la realización de este proyecto.

A los Ingenieros Soraya Sinche, Fernando Parra y Fernando Vásquez, mis compañeros de oficina, por su inestimable amistad y por las palabras de apoyo y animo durante todo este tiempo.

A mis compañeros del equipo de Microfiltración Tangencial (MFT), Catalina Vasco, Lorena Villareal, Rachel Coriou, Fernanda Reyes y Francisco Salgado, con quienes compartimos momentos de arduo trabajo diario pero de profunda alegría y siempre me ayudaron.

A todo el personal del Departamento de Electrónica, Telecomunicaciones y Redes de Información y además a las señoras Guadalupe de Bedoya y María Elena Aguirre, por su amistad y apoyo constante.

Mi más sincera gratitud a todo el personal del Departamento de Ciencia de Alimentos y Biotecnología de la Escuela Politécnica Nacional, quienes siempre estuvieron dispuestos a brindarme su mano amiga, gracias por todo.

Un agradecimiento especial al Sr. Stephen Herrera, quien sacrificó valiosos momentos de trabajo de su proyecto de titulación para brindarme su ayuda.

A todas las personas que de alguna manera colaboraron conmigo durante todo este tiempo, Gracias de todo corazón.

DEDICATORIA

A mis padres y hermana por su amor y paciencia a lo largo de toda mi vida, por su sacrificio y ejemplo.

INDICE DE MATERIAS

Introducción

CAPÍTULO I: Conceptos Básicos

- 1.1 La Microfiltración Tangencial. 1
- 1.2 Introducción a la Instrumentación virtual. 10

CAPÍTULO II: El Equipo de Microfiltración Tangencial

- 2.1 Principio de funcionamiento. 19
- 2.2 El equipo de MFT piloto. Características, partes constitutivas y modo de operación. 24

CAPÍTULO III: Selección del Hardware y Software

- 3.1. Selección del hardware 36
 - 3.1.1. Selección de la tarjeta de adquisición de datos. 38
 - 3.1.2. Medida de la presión, el sensor de presión. 42
 - 3.1.3. Medida de la temperatura, el sensor de temperatura 43
 - 3.1.4. El sensor de nivel del tanque de alimentación. 44
 - 3.1.5. Las válvulas de control 45
 - 3.1.6. Medida del peso del líquido de salida. La balanza. 46
- 3.2. Selección del software 48
 - 3.2.1. Descripción del software comercial existente. 49
 - Selección del Software.
 - 3.2.2. El Programa LabVIEW.
 - 3.2.2.a. Introducción 51
 - 3.2.2.b. Panel Frontal y Diagrama de Bloques. 53
 - 3.2.2.c. Programación en LabVIEW 54
 - 3.2.2.d. Manejo del puerto serie con LabVIEW 57
 - 3.2.2.e. Manejo de tarjetas DAQ con LabVIEW 64

CAPÍTULO IV: Diseño e Implementación del Sistema

- 4.1 Diseño del sistema de adquisición de datos y control
 - 4.1.1 Acondicionamiento de la señal del sensor de nivel del tanque de alimentación. 70
 - 4.1.2 Accionamiento de la electroválvula de control del nivel del tanque. 76
 - 4.1.3 Acondicionamiento de la señal del sensor de temperatura. 82
 - 4.1.4 Acondicionamiento de la señal del sensor de presión. 85
 - 4.1.5 Detección de la posición de las válvulas de control de presión y temperatura. 86
 - 4.1.6 Accionamiento de válvulas de control de presión y 93

temperatura.	
4.1.7 Cable para la comunicación serial con la balanza.	107
4.2 Diseño del software de monitoreo y control	
4.2.1 Descripción de los principales parámetros a monitorear y controlar.	108
4.2.2 Requerimientos del sistema.	109
4.2.3 Diseño del software.	110
4.2.3.a. El Programa principal	111
4.2.3.b. SubVIs del programa principal	112
CAPÍTULO V: Construcción y Pruebas.	
5.1 Instalación y calibración de los sistemas de acondicionamiento de señales.	123
5.2 Instalación y calibración del sistema de accionamiento de válvulas.	125
5.3 Instalación y configuración de la tarjeta de adquisición de datos.	127
5.4 Instalación y configuración del software de adquisición de datos y control.	132
5.5 Pruebas experimentales.	140
CAPÍTULO VI: Conclusiones y recomendaciones	142
BIBLIOGRAFÍA.	146
ANEXOS.	

Introducción

La Microfiltración Tangencial (MFT) es una técnica de separación utilizada actualmente en la industria para clarificar jugos de frutas.

Se la ha utilizado, principalmente en los países europeos, para clarificar jugos de manzana, naranja y de uva.

Sin embargo existen otras propiedades de la MFT que pueden ser de interés para la industria, entre estas están:

- Es un método de esterilización que puede ser utilizado tanto con jugos sin pulpa como con aquellos que sí la tienen.
- Permite la estabilización microbiológica de productos tales como la leche y productos fermentados como la cerveza, la cidra o el vino de palma.

Estas características parecen ofrecer un gran potencial en cuanto al desarrollo industrial en el sector de los jugos clarificados de frutas, entre otros. Debido a esto, la microfiltración tangencial cada día adquiere mayor importancia en la industria.

En América Latina son todavía pocas las empresas que utilizan esta técnica, una de ellas es la empresa PASSICOL S.A. en Colombia. Esta empresa posee un equipo piloto de MFT que tiene una capacidad de procesamiento mayor al que se encuentra en las instalaciones del Departamento de Ciencia de Alimentos y Biotecnología de la Escuela Politécnica Nacional y es utilizado todavía en forma experimental.

En nuestro país, aunque esta técnica no se emplea aún en la industria, ya existe al menos una empresa interesada. Esta empresa es TROPIFRUTAS S.A. de la ciudad de Quevedo.

Actualmente el equipo de MFT es utilizado por el Departamento de Ciencia de Alimentos y Biotecnología para realizar trabajos experimentales tendientes a la optimización de las técnicas de producción de jugos clarificados de varias frutas tropicales y su posterior utilización a escala industrial.

Dichos trabajos se realizan con la participación de una o dos personas encargadas de tomar los datos de las variables de interés cada cierto tiempo, así como de vigilar que se cumplan los requerimientos de presión y temperatura específicos para cada modelo experimental. Este proceso, que puede durar entre 5 y 24 horas, es por demás repetitivo y cansado debido a que el operador debe encontrarse en continuo movimiento ya sea para tomar nota de los datos, así como para controlar las variables antes mencionadas.

El objetivo del presente trabajo es, por lo tanto, desarrollar un sistema de adquisición de datos basado en PC que permita el monitoreo y registro de las principales variables y facilite el manejo y control del equipo.

Este trabajo es financiado por el Departamento de Ciencia de Alimentos y Biotecnología de la Escuela Politécnica Nacional y forma parte del “**Proyecto de Valorización de Frutas Tropicales**” que el Area de Alimentos, mantiene con el Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement. Département des Productions Fruitières et Horticoles (CIRAD - FLHOR) de Montpellier - Francia.

Este proyecto de titulación será desarrollado en seis capítulos cuyo contenido se resume a continuación.

En el *Capítulo 1* se dan algunos conceptos sobre membranas y las diferentes técnicas de filtración, se analiza la microfiltración tangencial y se estudian las posibilidades de instrumentación del proceso. Además en este capítulo se introduce el concepto de instrumentación virtual, se dan sus principales características en cuanto a software y se mencionan las diferentes posibilidades de implementación en lo referente al hardware.

En el *Capítulo II* se analiza el funcionamiento del equipo piloto de Microfiltración Tangencial, se dan las principales características, partes constitutivas y modo de operación.

En el *Capítulo III* se hace el análisis para la selección del software que se utilizará en la implementación de la interfaz gráfica y el programa de monitoreo y control, así como del hardware para la adquisición de los datos y control del equipo. En este capítulo también se realiza una introducción a la utilización del programa LabVIEW.

En el *Capítulo IV* se realiza el diseño del hardware necesario para el acondicionamiento y la adquisición de datos, así como del sistema de control. Se diseña además el software que realizará el monitoreo y control, y la interfaz gráfica que ayudará en la operación del equipo.

En el *Capítulo V* se explica la instalación y calibración del hardware así como las pruebas de funcionamiento del mismo. Se indica además la configuración del software de monitoreo y control.

En el *Capítulo VI* se establecen las principales conclusiones acerca del presente proyecto y se dan recomendaciones para futuros trabajos que lo tomen como base.

CAPITULO 1

CONCEPTOS BASICOS

CAPITULO 1. Conceptos Básicos

1.1 LA MICROFILTRACIÓN TANGENCIAL.

Para hablar sobre la microfiltración tangencial, primero se deben conocer ciertos conceptos básicos.

MEMBRANAS.

Una membrana es una lámina fina que separa dos fases y actúa como una barrera selectiva al transporte de materia. Cuando se aplica una fuerza a través de la misma, es capaz de separar sustancias en función de sus propiedades físicas y químicas dando como resultado una diferencia de potencial químico entre las dos fases. Este principio se encuentra representado en el siguiente gráfico.

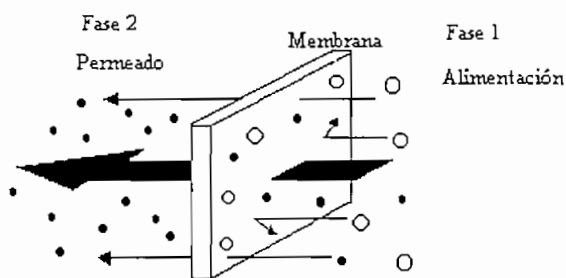


Fig.1.1.1 Definición de membrana

Principio de operación de una membrana.

El funcionamiento de una membrana se explica a partir de la figura 1.1.2. El flujo de entrada es separado en dos: un *permeado* conteniendo el material que ha pasado a través de la membrana y un *retenido* conteniendo las sustancias que no la atraviesan. Este tipo de operación puede utilizarse para concentrar o purificar una solución o una suspensión (solvente - soluto o separación de partículas) y para fraccionar una mezcla (separación soluto - soluto).

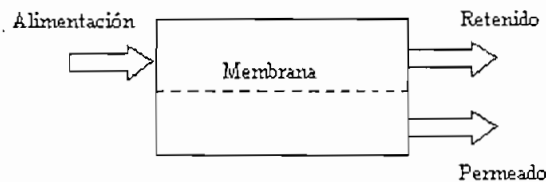


Fig. 1.1.2 Principio de operación de una membrana

La utilización de membranas presenta ciertas ventajas¹, como son:

- La separación tiene lugar a la temperatura ambiente sin cambio de fase, lo que ofrece una ventaja energética comparada con la destilación.
- La separación tiene lugar sin acumulación de productos dentro de la membrana. Las membranas se construyen de modo que puedan operar continuamente sin un ciclo de regeneración tal como ocurre con las operaciones de intercambio iónico de resinas.
- La separación no necesita la adición de productos químicos, como es el caso de la clarificación del agua por asentamiento y filtraje convencional. Esto aumenta la calidad del producto y deja menos residuos contaminantes.

LA FILTRACIÓN.

En la industria alimentaria, la filtración consiste en la separación líquido - sólido de una suspensión, es decir la separación de las partículas sólidas en función de su tamaño por efecto de tamizado a través de un *medio poroso* llamado *medio de filtración*.

Al efecto de tamizado se suman dos efectos complementarios; el primero se refiere a la retención de materia sólida durante el paso de la suspensión debido a

¹ Tratamiento del agua por procesos de membrana. Principios, procesos y aplicaciones. American Water Works Association Research Foundation, Lyonnaise des Eaux, Water Research Commission of South Africa. Pág. 18

la combinación de fuerzas de atracción superficiales, electrostáticas o electrocinéticas, del medio de filtración. El segundo es el denominado *efecto de profundidad*, que consiste en la retención de partículas finas que tropiezan con obstáculos aleatorios debido a la rugosidad de los poros y la tortuosidad de los canales de la membrana².

Cuando las soluciones son poco cargadas, el medio de filtración es una superficie porosa artificial (placa de papel, membrana, etc.) y, en este caso, se habla de filtración en masa. El principal problema en este tipo de filtración, es que se produzca la colmatación precoz del filtro debido a que los poros quedan obturados por las partículas más o menos deformables.

Existen diversos tipos de filtros, dependiendo de las características de la solución a filtrar. Los más utilizados son los siguientes tipos:

- Filtros - Prensa.
- Filtro rotativos de tambor.
- Filtros rotativos de disco.
- Filtro de cajas de aluvionaje.
- Filtro de tamices metálicos.
- Filtros de placas.
- Filtros de membrana y microfiltración tangencial.

Los filtros de membrana son utilizados para clarificaciones (filtrado) muy finas, incluso esterilizantes.

Las técnicas clásicas de filtración por membrana son utilizadas en el proceso de microfiltración tangencial, que evita la formación de depósitos sobre la membrana gracias a un barrido tangencial.

² Ingeniería Industrial Alimentaria Vol. II Técnicas de Separación. 1994 Pierre Mafart Emile Béliard. Pág. 105.

Existen dos formas mediante las cuales se puede realizar la filtración de un líquido:

La primera forma se conoce como filtración frontal (fig. 1.1.1), en la cual todo el líquido es filtrado, solo las moléculas más pequeñas cruzan la membrana para constituir el "permeado", mientras que las moléculas con un tamaño superior al de los poros de la membrana, son retenidas y se concentran para formar el "retenido".

La segunda forma se conoce como filtración tangencial, la cual es un proceso de separación por medio de una membrana y una diferencia de presión. El líquido que se quiere filtrar circula tangencialmente a la membrana (fig. 1.1.2)

Existen algunas formas de operación de las membranas; aquí se hará solamente una ligera revisión de la operación de membranas mediante presión.

OPERACIONES DE MEMBRANA MEDIANTE PRESIÓN

En estas operaciones, la fuerza que actúa es una diferencia de presión a través de la membrana.

Estos tipos pueden ser:

Ósmosis Inversa: Por medio de la presión, el solvente de una solución se transfiere a través de una densa membrana fabricada expresamente para retener sales y solutos de bajo peso molecular.

Nanofiltración: También conocida como *ósmosis inversa a baja presión o desendurecimiento por membranas*. En esta, la membrana ha sido diseñada para eliminar iones polivalentes (calcio y magnesio) en operaciones de ablandamiento. En los últimos años, la nanofiltración se ha empleado también para eliminar o separar la materia orgánica.

Ultrafiltración: Las membranas que se utilizan en esta técnica son porosas y permiten solo el rechazo de solutos gruesos (macromoléculas), todo tipo de microorganismos como virus y bacterias y otros tipos de partículas. Podría decirse

que se trata de una operación de clarificación y desinfección utilizando membranas.

Microfiltración: La diferencia entre esta y la Ultrafiltración está en el tamaño de los poros de la membrana; los utilizados en microfiltración son de 0.1 μm o mayores. Esta técnica es utilizada mayoritariamente en la remoción de partículas (clarificación).

MICROFILTRACIÓN TANGENCIAL.

La microfiltración es la más antigua de las cuatro técnicas de membranas actuadas por presión, mencionadas anteriormente.

Debido al mayor tamaño del poro, se utiliza con frecuencia en la eliminación de partículas y microbios. Se consigue la eliminación absoluta de contaminantes de una corriente de alimentación por un proceso de separación, basado en la retención de los mismos sobre la superficie de una membrana.

Existen varios procedimientos de filtración tangencial clasificados según el tamaño de los componentes a rechazar:

Proceso	Diámetro de poros	Umbral de cortadura	Ptm max	Partículas rechazadas	Aplicaciones
<i>Osmosis inversa</i>	< 5 Å	<1000 dalton	> 30 bar	Iones	Desalinización del agua de mar,...
Nanofiltración	< 2 nm	<1000 dalton	> 10 bar	Proteínas, azúcares	Suavizamiento del agua potable,...
<i>Ultrafiltración</i>	Entre 5Å y 500 Å	Entre 103 y 106 dalton	< 10 bar	Macromoléculas, proteínas	Fabricación de pastas frescas,...
<i>Microfiltración</i>	Entre 0.05 y 5 μm		< 1 bar	Virus, bacterias	Clarificación de jugos de frutas,...

Tabla 1.1 Los procedimientos de filtración.

La microfiltración tangencial (MFT) es una técnica de separación por membranas semi-permeables que seleccionan las moléculas por su tamaño y forma, en un medio líquido. Se utilizan una membrana y un gradiente de presión, y la separación se realiza debido a que la membrana (filtro) es permeable para el líquido, pero impermeable para las partículas.

El líquido a filtrar circula tangencialmente a la membrana (Figura 1.1.3), y solamente las moléculas pequeñas (de diámetro menor al de los poros) cruzan la membrana para constituir el *permeado* (filtrado). Las moléculas que tienen un tamaño superior al de los poros de la membrana, son retenidas y se concentran para constituir el *retenido*. Las membranas de Microfiltración Tangencial tienen poros con un diámetro que normalmente se encuentra entre 0.1 a 10 μm aproximadamente.

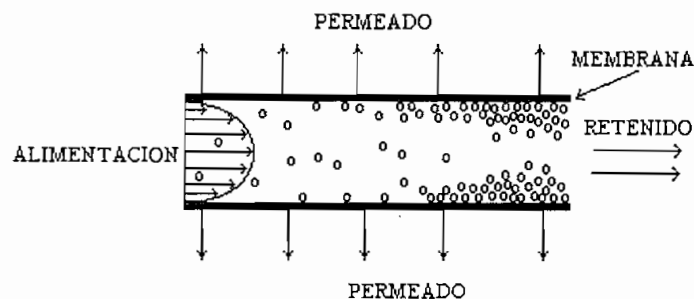


Fig. 1.1.3 Filtración tangencial

La microfiltración tangencial es un procedimiento continuo de larga duración de vida, que permite obtener productos de alta calidad. Es un método de esterilización que representa una alternativa a los tratamientos térmicos convencionales para asegurar la calidad microbiológica de los productos. Además, sin tratamientos térmicos, el jugo clarificado conserva sus cualidades aromáticas.

Presenta algunos inconvenientes. Uno de ellos se debe a que la inversión inicial en el equipo es muy costosa y su optimización es compleja, cualquier instalación de filtración tangencial debe poseer como mínimo:

- Un módulo de Microfiltración Tangencial.
- Una bomba (o más) cuyas características dependerán tanto de las del módulo de MFT así como de las condiciones de trabajo.
- Un tanque de alimentación.
- Un sistema de tuberías de acero inoxidable.

- Indicadores de los parámetros de operación del sistema.

En instalaciones pequeñas o de laboratorio el módulo de MFT, dependiendo de sus capacidades, podría llegar a costar cerca de la mitad del valor de la instalación completa. Adicionalmente, dependiendo de las condiciones en la instalación, se pueden necesitar también otros elementos como:

- Un filtro protector en la zona de aspiración de la bomba.
- Un intercambiador de calor cuando es necesario controlar rigurosamente la temperatura.

A lo largo del tiempo, se produce una obstrucción de la membrana llamada *colmatage*, que reduce el flujo del líquido filtrado (permeado). Para remediar este problema se presentan varias soluciones, tales como:

- Incrementar la velocidad tangencial del líquido, creando así un fenómeno de turbulencia que despega la capa de colmatage.
- Minimizar la presión - transmembranaria, evitando la compactación de la capa de colmatage.
- Efectuar una pre-enzimación del jugo a filtrar, fragilizando la capa de polarización.

Entre las principales aplicaciones de la filtración tangencial tenemos:

- Concentración. En donde se pueden reducir los costos del consumo de energía y permitir el tratamiento en frío del producto.
- Depuración, clarificación y Esterilización de jugos de frutas o bebidas alcohólicas.
- Refinado de aceites.
- Tratamiento de las aguas. Como por ejemplo la producción de agua pura o el tratamiento de los efluentes. A causa de las ventajas potenciales de la microfiltración tangencial en comparación con el tratamiento convencional del agua, esta tecnología ha sido objeto de numerosos estudios y aplicaciones.

- Eliminación de materia orgánica natural o sintética. En su operación normal, la MFT elimina poca o ninguna materia orgánica; sin embargo, cuando se aplica un pre-tratamiento, pueden realizarse eliminaciones incrementadas de materia orgánica así como un retardo en el ensuciamiento de la membrana.
- Tratamiento de los mostos de vino o la clarificación de los jugos de manzanas, en el sector alimenticio
- Cultivo de células sobre membranas, recuperación y la purificación de proteínas y de enzimas, o también la preparación de la albúmina en los centros de transfusión, en el sector biotecnológico.
- Recuperación electroforética en la industria automovilística, reciclaje de los licores y colorantes en la industria del papel, recuperación de los aceites de corte y el desaceitar las aguas, recuperación de los iones metálicos, la recuperación del alcohol polivinílico del índigo en la industria textil.

INSTRUMENTACION DEL PROCESO.

Debido a sus características físicas, la microfiltración tangencial es un proceso que puede ser altamente automatizado,. En aplicaciones industriales el número de sensores, válvulas y medidores es muy grande, por lo que resulta más conveniente que todo el proceso sea monitoreado y controlado por sistemas de supervisión automáticos. Dependiendo del tipo de aplicaciones en las que se utilice la MFT, serán necesarios diferentes tipos de válvulas, sensores y medidores; en general en casi todo proceso deberán tenerse al menos uno o más de los siguientes elementos:

- **Caudalímetro:** Para proporcionar lecturas del caudal del flujo de alimentación y del permeado, lo mismo que del flujo de recirculación.
- **Sensores de presión:** Para controlar la presión a través de la membrana. Deben estar localizados en la sección de entrada de los bancos de membranas así como en las secciones de salida y de permeado. Estos

sensores se utilizan también, para monitorear el lavado a contracorriente y la limpieza química.

- **Sensores de temperatura:** Para ajustar manual o automáticamente el caudal de alimentación a la temperatura necesaria. Se pueden colocar sobre las unidades

Las mediciones de caudal, presión y temperatura, son de gran importancia para la prueba y optimización de las técnicas de MFT en laboratorios.

En aplicaciones industriales pueden ser necesarios otros tipos de sensores adicionales para proteger la integridad tanto de las membranas como de la instalación en sí misma.

A continuación se enumeran algunos de ellos.

Válvulas de alivio de presión. Las membranas, dependiendo de su construcción, no están diseñadas para trabajar a presiones elevadas que pueden causar su rotura. Las válvulas de alivio protegen al sistema de elevaciones de presión, especialmente si la planta trabaja en modo manual.

Relés de presión. Son sensores que protegen al sistema, durante su operación normal, de problemas como rotura de una tubería, fallo de una válvula, etc. Estos relés, cortan la alimentación eléctrica de las bombas y pueden utilizarse para operar sistemas de señalización de alarmas.

Turbidímetros. Son utilizados especialmente en sistemas de tratamiento de aguas. La configuración del flujo de agua de alimentación puede cambiarse de modo de procesamiento, dependiendo de la calidad de la misma, especialmente durante los períodos de turbidez elevada.

Actuadores de válvula. Para pequeñas plantas o para trabajo en laboratorios, pueden usarse los actuadores eléctricos. Sin embargo, para grandes sistemas

industriales deben usarse válvulas actuadas por medios hidráulicos debido a que estos cierran en presencia de fallos, mientras que los actuadores eléctricos pueden dejar las válvulas a medio cerrar, requiriendo una programación más compleja en los procedimientos de automatización.

1.2 INTRODUCCIÓN A LA INSTRUMENTACIÓN VIRTUAL.

Los procesos industriales exigen el control de la fabricación de los productos a obtenerse. Estos procesos son muy variados y abarcan muchos tipos de productos en un sinnúmero de industrias; en todos ellos es absolutamente necesario controlar y mantener constantes algunas magnitudes, tales como la presión, el caudal, el nivel, la temperatura, el pH, la conductividad, la velocidad, la humedad, etc. En las aplicaciones de laboratorio resulta indispensable además del control de esas variables, llevar estadísticas, y procesar la información, en muchas ocasiones en tiempo real.

Los instrumentos de medición y control permiten el mantenimiento y la regulación de estas constantes en condiciones más idóneas que las un operador podría realizar.

Los instrumentos tradicionales son diseñados en fábrica con ciertas señales de entrada /salida (I/O) y una interfaz para el usuario (perillas, botones, pulsadores, etc.). En su interior se encuentran circuitos especializados como microprocesadores, memorias, acondicionadores de señal, conversores A/D, etc. que permiten cumplir con una tarea específica determinada por el fabricante, la que puede o no ser la más adecuada o aquella que necesita el usuario final, el cual no puede cambiarla.

La tecnología actual posibilita que las computadoras personales ofrezcan una alternativa para crear un nuevo tipo de instrumentos, los "instrumentos virtuales" (VI's). Estos instrumentos virtuales son diseñados y desarrollados por el usuario para cumplir con sus necesidades específicas.

La *Instrumentación Virtual*, posibilita a los usuarios crear sus propios sistemas de instrumentación (medición, prueba y control) sobre la base de computadoras estándares y de elementos de software y hardware de bajo costo. Estos sistemas de software centralizado aprovechan la tecnología abierta de las computadoras, sus enormes capacidades de procesamiento, memoria, visualización, almacenamiento y conectividad para permitir al ingeniero desarrollar sus propios programas de control. Por otro lado, las tarjetas de adquisición de datos (DAQ) de bajo costo, tarjetas IEEE 488 (GPIB) o VXI insertadas en un bus de expansión estándar de la PC se constituyen en las herramientas de instrumentación

De esta manera, se pueden integrar los instrumentos de adquisición de datos y el hardware de control de los mismos, incluyendo todos los equipos anteriores ya existentes, para crear sistemas de instrumentación que satisfagan plenamente las necesidades actuales.

La capacidad de procesamiento de un instrumento virtual es superior a la de un instrumento estándar y seguirá incrementándose conforme la rápida evolución tecnológica de las computadoras. Además, el desarrollo progresivo de soluciones a través de VI's en ambientes industriales es un método de gran eficiencia, debido a que todo el software y hardware puede ser reutilizado, mejorado o modificado de acuerdo a las diferentes necesidades que se tengan, ya sea en el mismo departamento o en otros diferentes, sin necesidad de rediseñar todo el sistema de instrumentación.

En la figura 1.2.1 se muestra la relación costo/desempeño cuando se utiliza la instrumentación virtual. (Fuente: Catálogo resumido de Instrumentación. N.I. 1997)

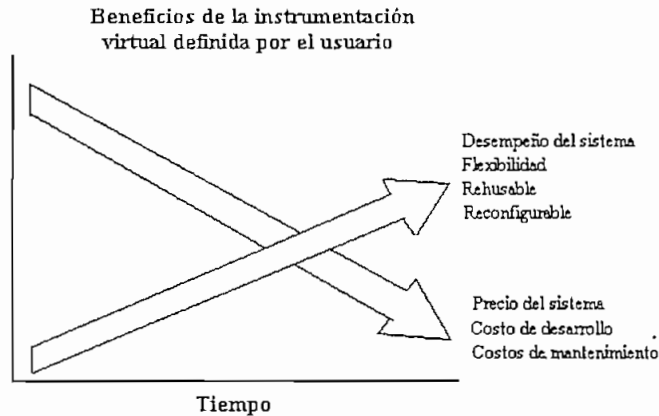


Fig. 1.2.1 Beneficios de la instrumentación virtual

Adicionalmente, se debe considerar que debido a que la mayor parte de los nuevos instrumentos creados son elementos de software, los costos de mantenimiento y personal disminuyen considerablemente.

La Instrumentación Virtual es aplicable, en dos áreas importantes: La primera corresponde a los sistemas de medida y prueba que se implementan al nivel de laboratorio y la segunda a los sistemas de automatización industrial. Para cada una de estas áreas existirán determinadas alternativas, tanto de software como de hardware, que deberán evaluarse antes de implementar el sistema para obtener los mejores resultados.

El software debería permitir que las aplicaciones desarrolladas en laboratorios de investigación puedan ser utilizadas posteriormente en la planta industrial. Además debe incorporar herramientas para adquisición de datos, análisis, presentación de resultados, interconectividad a través de interfaces como OLE, TCP/IP, ODBC/SQL y DDE, así como librerías de control de diversos instrumentos en un solo ambiente integrado de desarrollo³.

En lo que se refiere al hardware, los equipos deberán tener diferentes interfaces de entrada/salida para las aplicaciones de instrumentación, dependiendo del fabricante y de la tecnología utilizada. En general las opciones se pueden dividir

³ Catálogo Resumido de Instrumentación. National Instruments Corporation 1997

en cuatro tipos: IEEE488, equipos de adquisición de datos DAQ, redes Serie e Industriales y bus VXI. En las aplicaciones podrá usarse cualquiera de estos instrumentos o combinaciones de los mismos. Cada una de estas tecnologías, tiene un área de aplicación específica para la cual fue diseñada y en la que dará los mejores resultados. A continuación, se expondrán algunas de sus principales características:

IEEE 488

También conocida como **GPIB** o **HP-IB**. Se ha convertido en el estándar mundial para los sistemas de prueba y medida. Para la conexión y el control de estos equipos por medio de la PC, existen opciones de tarjetas insertables para casi cualquier bus de expansión: PCI, PC Card, ISA, NuBus Macintosh, etc. Las opciones de control mediante software para este tipo de dispositivos son variadas desde software de aplicaciones específicas hasta lenguajes de programación convencionales bajo cualquier sistema operativo.

Las principales características son:

- Estándar mundial desde 1975.
- Miles de instrumentos creados por cientos de fabricantes.
- Diseñado para control remoto de instrumentos programables.
- Cable redondo y flexible, 2 m por equipo y hasta 20 m en total.
- Control de hasta 14 instrumentos.
- Protocolo paralelo de 8 bits, conjunto de comandos ASCII.
- Velocidad de transferencia mayor de 1 Mbytes/s.

El nuevo protocolo GPIB de alta velocidad HS488 (patentado por National Instruments.) incrementa la velocidad de transferencia de datos de estos sistemas hasta los 8 Mbytes/s usando cables GPIB estándares. El rendimiento es incrementado al remover los retardos producidos por el IEEE 488.1 de 3 hilos mientras se mantiene la compatibilidad con los sistemas existentes. Todos los dispositivos IEEE 488 son compatibles con el nuevo protocolo.

Los sistemas de prueba y medida actuales eliminan las limitaciones del IEEE 488 al integrarse con otros tipos de sistemas, creciendo en tamaño y pudiendo ser colocados lejos del cuarto de control. La tendencia actual es enlazar las estaciones de medida y prueba a través de una red de computadoras en la que los servidores de red descargan programas a cada sistema de prueba y recogen los resultados al terminarse la misma. También es posible controlar los instrumentos desde lugares remotos o permitir que múltiples usuarios puedan acceder a los datos en cualquier instante y desde cualquier lugar. Para estos propósitos se emplean tarjetas insertables que se conectan al bus de expansión del PC y que poseen controladores Ethernet a GPIB con protocolos de comunicación como TCP/IP.

EQUIPOS DE ADQUISICION DE DATOS INSERTABLES

También conocidos como tarjetas **DAQ**, se insertan en buses de expansión de PC's como PCI, PCMCIA o ISA así como en los chasis SCXI o VXI. Los transductores son conectados directamente o a través de acondicionadores de señal al equipo DAQ.

Las principales características son:

- Se han convertido en la alternativa de instrumentación de más rápido crecimiento en el mercado.
- Bajo costo, alta calidad y mayor flexibilidad que los instrumentos independientes.
- Los instrumentos se encuentran en tarjetas insertables directamente en los buses de expansión de la PC.
- Digitalizan las señales directamente a la memoria del computador, estas señales adquiridas y/o generadas pueden ser analógicas o digitales.
- Comúnmente tienen una resolución de 8 a 16 bits (dependen del fabricante), tasa de muestreo de hasta 1MHz de conversión analógica a digital (A/D),

conversión digital a analógica (D/A), entrada/salida digital (DIO) y operaciones de conteo o temporización.

- Interfaces portátiles usando PCMCIA y el puerto paralelo de la PC.
- Se pueden utilizar tarjetas de adquisición de imagen que se integran directamente con DAQ.

COMUNICACIONES SERIAL E INDUSTRIAL

Los instrumentos utilizados en la industria requieren de alta calidad para comunicaciones entre dispositivos, muchos de los cuales utilizan interfaces seriales directamente a través de los puertos del PC como RS-232, RS-482 o RS-422. Para otros dispositivos industriales que utilizan redes de comunicación más sofisticadas, como Fieldbus, se requieren interfaces de hardware mucho más complejas.

Las principales características son:

- La mayor parte de instrumentos industriales seriales usan protocolos de comunicación asincrónicos sencillos como el ASCII, directamente accesibles desde los puertos del PC.
- Para dispositivos industriales más complejos como PLC's, se utilizan protocolos de comunicación más sofisticados como FOUNDATION Fieldbus o controladores de red por área CAN (Controller Area Network).
- Las comunicaciones entre estos instrumentos cubren distancias mayores que las proporcionadas por el estándar IEEE 488, alcanzando hasta 120 m para RS-485.
- La transferencia de datos está en rangos que van desde los cientos de bits hasta más de 1 Mbytes/s.
- Las redes industriales pueden ofrecer adicionalmente capacidades multipunto.
- Para interconectar equipos de diferentes fabricantes, se tiene la posibilidad de utilizar el Fieldbus.
- Para aplicaciones automotrices se utiliza el bus CAN.

Entre las principales redes industriales de comunicaciones se pueden mencionar:

DeviceNet: Es el líder industrial en redes para sensores y actuadores inteligentes, es usado principalmente para aplicaciones en la industria de manufactura. Es muy usado en todo el mundo, en especial en América del Norte y actualmente en Japón. Fue desarrollado originalmente por Allen-Bradley pero en la actualidad es regido por la ODVA (Open DeviceNet Vendors Association) que es una organización de más de 140 compañías de todo el mundo, dedicada a dar soporte a esta especificación.

DeviceNet es una red de bajo nivel diseñada para conectar dispositivos industriales (sensores, actuadores) a dispositivos de alto nivel (controladores).

Existen a disposición interfaces para buses ISA, PCI y PCMCIA , de manera que se pueda convertir a cualquier computador de escritorio o portátil en un miembro de esta red.

CAN: Es usado en redes automotrices y médicas entre las más importantes, existen interfaces disponibles para ISA (PnP) PCI y PCMCIA.

Foundation Fieldbus: Representa la siguiente generación en estándares de comunicación industrial para aplicaciones de control distribuido de procesos. Existen disponibles interfaces para ISA y PCMCIA. Fue desarrollado por Fieldbus Foundation, una organización de más de 120 compañías que cubren más del 80% del mercado mundial como proveedores de equipos y servicios de automatización. Se han desarrollado algunos paquetes de software para crear los sistemas HMI/SCADA utilizando Fieldbus (FBUS).

PROFIBUS y protocolos SIEMENS: Es una familia de protocolos para comunicación industrial ampliamente usados en Europa en aplicaciones de manufactura y automatización de edificios.

Esta tecnología es desarrollada y administrada por PROFIBUS User Organization, con miembros entre los que se cuentan más de 650 empresas de manufactura, usuarios e instituciones de investigación.

Los protocolos más usados son el PROFIBUS-DP y el PROFIBUS-FMS. El mayor proveedor de dispositivos de automatización y PLCs que usa este estándar es SIEMENS INDUSTRIAL AUTOMATION.

Adicionalmente, SIEMENS comercializa PLCs con una variedad de protocolos no estándares basados en la misma tecnología de PROFIBUS.

Bus VXI

Son instrumentos modulares tipo tarjeta que reducen el tamaño e incrementan el desempeño del sistema en aplicaciones industriales. Este ambiente VXI requiere de una interfaz para la PC tanto en hardware como en software.

Las principales características son:

- Estándar mundial de instrumentos en tarjeta desde 1987.
- Ofrecen un alto desempeño con instrumentos muy sofisticados.
- Contienen módulos multifunciones para adquisición de datos.
- Estos componentes son modulares y viene en empaques industriales.
- Combinan el bus VME con el protocolo IEEE 488.
- Velocidad de transferencia de datos muy alta, comunicación de memoria compartida.
- Permite utilizar tarjetas insertables tipo VME.
- Operabilidad entre instrumentos de diferentes fábricas.

El Bus VXI fue creado como una arquitectura abierta para sacar el mejor provecho de la nueva tecnología en computadoras, así como para aprovechar la reducción de tamaño de los equipos, reducir costos de pruebas, incrementar la productividad y reducir el tiempo de desarrollo. Este estándar ofrece los siguientes beneficios:

- Sistema abierto, estándar para diferentes fabricantes, máxima flexibilidad y mayor vida útil del equipo.
- Mejora el sistema de producción porque reduce el tiempo de prueba o incrementa el desempeño.
- Su pequeño tamaño y alta densidad de componentes reducen el espacio necesario, mejorando la movilidad o portabilidad, y proporciona una mayor proximidad al dispositivo bajo prueba o control.
- Sincronización y temporización más exactas, que incrementan la precisión de las mediciones.
- El software estándar VXI *plug&play* simplifica la configuración del sistema, la programación y hace la integración más sencilla.
- El diseño modular y robusto incrementa la fiabilidad, aumentando el tiempo medio entre fallas (Mean Time Between Failure MTBF) y disminuye el tiempo medio de reparación (Mean Time To Repair MTTR).
- Reducción de los costos del sistema durante su vida útil.
- Desde 1993, en que se creó la alianza de sistemas VXI *plug&play*, muchos fabricantes como National Instruments, GenRad, Racal Instruments, Tektronix, Wavetek, Hewlett Packard y otros están diseñando sistemas más abiertos y sencillos de usar.

Para su utilización, estos sistemas requieren de una tarjeta de comunicación con el computador que se inserta en un bus de expansión y el software adecuado de programación.

CAPITULO 2

EL EQUIPO DE MICROFILTRACION TANGENCIAL

CAPITULO 2. El Equipo de Microfiltración Tangencial

2.1 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO.

Independientemente de que se trate de una aplicación industrial o de laboratorio y de su tamaño, todos los equipos de MFT poseen ciertas partes constitutivas básicas, a las que pueden ser añadidas otras según la complejidad del proceso.

La unidad de operación en la que se disponen las membranas para su utilización se conoce como *módulo*. Esta unidad consta de las membranas, la estructura de soporte de la presión, las puertas de entrada de alimentación y la salida de concentrado y de puntos para la extracción del permeado¹.

Los módulos se diseñan para alcanzar tres objetivos esenciales:

- Asegurar al nivel de membrana una circulación suficiente del fluido que va a ser tratado para limitar los fenómenos de concentración, polarización y depósito de partículas.
- Producir un módulo compacto y que provea máxima superficie de intercambio por unidad de volumen.
- Evitar cualquier fuga entre los compartimentos de alimentación y permeado.

Los dos primeros, tienden a reducir el costo del módulo para producir un volumen determinado de fluido tratado. El tercer objetivo es debido a que, en la práctica, la mayoría de los problemas que ocurren provienen de una fuga debida a un ensamblaje defectuoso.

Adicionalmente, los módulos de MFT también deben satisfacer otros requerimientos, tales como:

- Facilidad de limpieza (hidráulica, química, esterilización).

¹ Tratamiento del agua por procesos de membrana. Principios, procesos y aplicaciones. American Water Works Association Research Foundation. Lyonnaise des Eaux. Water Research Commission of South Africa. Pág. 31

- Facilidad de ensamblaje y desmontaje.
- Pequeño volumen a ensamblar.

El principio de utilización del módulo es simple. Una bomba asegura la presurización de la alimentación y circulación a lo largo de la membrana. Se coloca una válvula sobre la línea del retenido (o concentrado) para mantener la presión dentro del módulo. El permeado sale a una presión P_p , generalmente cercana a la presión atmosférica (P_a). La elección de la bomba, lo mismo que la adaptación de la válvula, permiten el ajuste independiente de la presión media a través de la membrana o P_{tm} y la conversión (o rendimiento)².

La presión transmembrana se define como:

$$P_{tm} = \frac{P_{entrada} - P_{salida}}{P_p}$$

donde:

$P_{entrada}$ = presión a la entrada del módulo.

P_{salida} = presión a la salida.

P_p = presión del permeado.

La conversión es la relación entre el caudal de permeado y el caudal de alimentación a la entrada del módulo.

Para un módulo dado, es ventajoso trabajar a una relación de conversión elevada; esto limita el costo de la bomba y de las tuberías y también la energía consumida por la recirculación del retenido. Sin embargo si la relación de conversión es muy alta, el factor de concentración en el módulo puede alcanzar valores en los que la solubilidad producto de los varios componentes sea excedida o la viscosidad llegue a ser excesiva.

² Tratamiento del agua por procesos de membrana. Principios, procesos y aplicaciones. American Water Works Association Research Foundation, Lyonnaise des Eaux. Water Research Commission of South Africa. Pág. 36

En ósmosis inversa y nanofiltración tendrá lugar el depósito, mientras que en ultrafiltración y microfiltración puede formarse un gel de proteínas, junto con una progresiva obstrucción de los canales de circulación.

En la forma normal de operación de los módulos de placa y bastidor, o módulos tubulares, las membranas a presión son operadas bajo condiciones de alta velocidad de flujo cruzado con el fin de limitar los fenómenos de polarización y/o espesor de la torta de filtraje. Esto lleva a la elección de una baja conversión en un solo elemento y a la necesidad de combinar varios elementos en serie para obtener conversiones razonables, con bajo consumo relativo de energía³.

Las instalaciones de MFT utilizan módulos en serie y paralelo y operan de distintas maneras. Estos sistemas van desde el rango de monoetapa al sistema continuo multietapa.

Daremos una breve descripción de cada uno de ellos:

Sistema de producción de bucle abierto: El sistema incluye un depósito de alimentación, una bomba de recirculación y un conjunto de módulos. Una válvula colocada en la línea de retención, ajusta la presión a través de las membranas. A medida que el permeado se retira, la concentración en el depósito aumenta, pero el caudal de permeado Q_P disminuye (o la presión aumenta si el sistema trabaja a Q_P constante). Una de las desventajas de este sistema es el alto consumo de energía, ya que solo una pequeña parte del líquido presurizado pasa a través de la membrana. Sin embargo, se utiliza normalmente para aplicaciones en las cuales los volúmenes a tratar son bajos, ya que el costo de inversión es menor que para los otros tipos de operación⁴.

La Figura 2.1.1 ilustra este principio de funcionamiento.

³ Tratamiento del agua por procesos de membrana. Principios, procesos y aplicaciones. American Water Works Association Research Foundation. Lyonnaise des Eaux. Water Research Commission of South Africa. Pág. 36

⁴ Tratamiento del agua por procesos de membrana. Principios, procesos y aplicaciones. American Water Works Association Research Foundation. Lyonnaise des Eaux. Water Research Commission of South Africa. Pág. 38

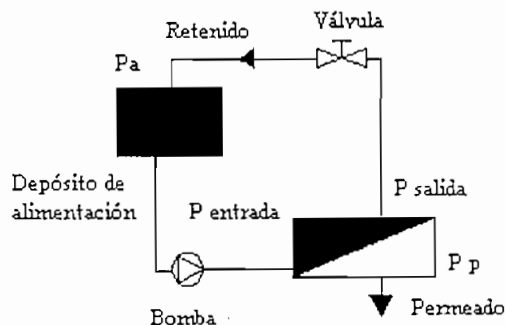


Fig. 2.1.1 Sistema de depósito con bucle abierto

Sistema de producción de bucle cerrado: Consiste en modificar el arreglo anterior, colocando una bomba de alimentación forzada entre el depósito y la bomba de recirculación. La ganancia de energía, comparada con el sistema anterior, es tanto mayor cuanto más alta es la presión de salida P_{salida} .

Las ecuaciones que relacionan las diferentes energías implicadas en la circulación son, en una primera aproximación:

$$E_0(\text{lazo} \cdot \text{abierto}) \propto 10(P_{sal} - P_p) + 10(P_{ent} - P_{salida})$$

$$E_C(\text{lazo} \cdot \text{cerrado}) \propto 0.5(P_{sal} - P_p) + 10(P_{ent} - P_{salida})$$

$$E_0 - E_C \propto (P_{salida} - P_p)$$

Mientras que la energía necesaria para permeación es la misma en ambos casos:

$$E_p = 0.5(P_{entrada} - P_{salida}) - P_p$$

Se escoge este tipo de sistema, cuando los caudales a tratar son mayores de 200 a 300 litros/día. El sistema se encuentra ilustrado en la Figura 2.1.2.

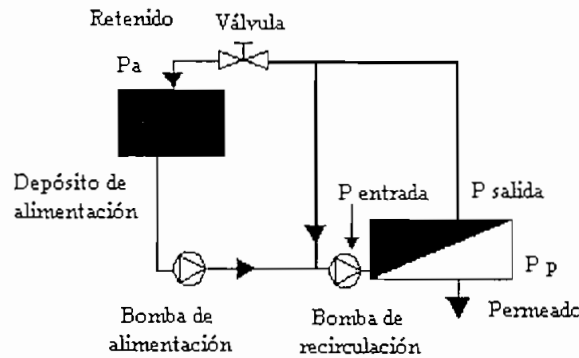


Fig. 2.1.2 Sistema de depósito con bucle cerrado

Sistema continuo monoetapa: Es utilizado cuando el líquido a tratar se produce en forma continua, el retenido es evacuado constantemente y el depósito de alimentación ya no es necesario. Una válvula colocada sobre la línea del retenido controla la conversión. En este caso, la desventaja es que el sistema opera con una alta concentración en el bucle y, por lo tanto, con un bajo caudal de permeado.

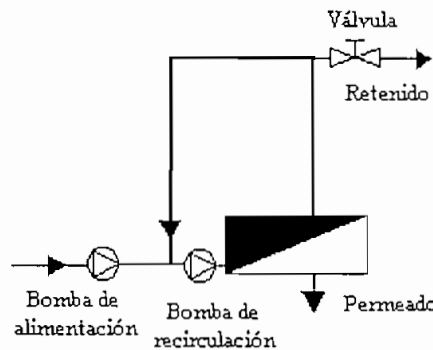


Fig. 2.1.3 Sistema continuo monoetapa.

Sistema multietapa con recirculación: Es utilizado principalmente en instalaciones a gran escala de Ultra y Microfiltración. En este sistema, cada etapa se alimenta con el retenido de la precedente y el número de módulos instalados en paralelo en cada etapa determina el grado de conversión deseado. Solo la última etapa trabaja con alta conversión, el caudal medio por módulo es mayor que el de una instalación trabajando con igual conversión pero en una sola etapa. La Figura 2.1.4 representa un sistema que utiliza 3 etapas.

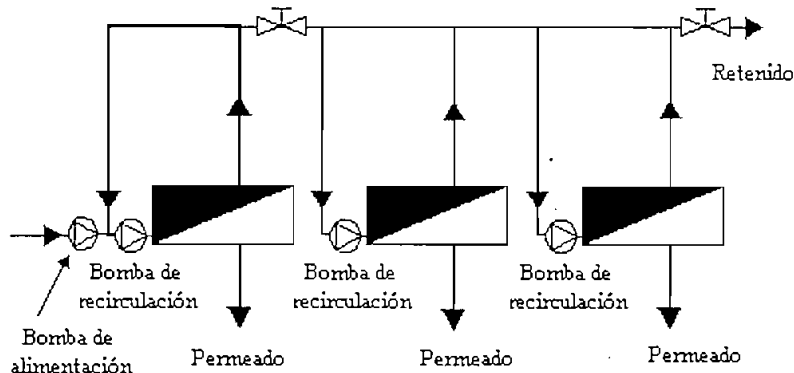


Fig. 2.1.4 Disposición de rechazo en etapas con recirculación.

2.2 EL EQUIPO PILOTO DE MFT. CARACTERÍSTICAS, PARTES CONSTITUTIVAS Y MODO DE OPERACIÓN

El equipo fue fabricado por la empresa francesa TECHNIQUES INDUSTRIELLES APPLIQUEES (T.I.A.) y es una unidad de ultrafiltración y microfiltración de membranas minerales tipo centrífuga con una superficie membranaria de 0.2m^2 .

Las dimensiones del equipo piloto son:

- Longitud = 650 mm.
- Ancho = 550 mm.
- Alto = 1750 mm.
- Peso = 50 Kg.

El piloto, que es de tipo BATCH, consta de los siguientes elementos⁵:

- Un tanque de alimentación marca TIA, de acero inoxidable, con una capacidad de 20 litros.
- Un módulo de ultrafiltración que puede operar a una presión máxima de 12 bar. Posee una membrana mineral P1940 PL de aluminio/circonio, de 100nm con una superficie filtrante de 0.2 m^2 .
- Una bomba de alimentación tipo centrífuga (PA) con las siguientes características:

⁵ Manual del módulo de MFT. Techniques Industrielles Appliquees

CODIGO	MARCA	TIPO	m ³ /h	KW
PA	HILGE	PANDA 00/02-0,7	1 m ³ /h a 3,5 bares	0,75

- Una bomba de recirculación del retenido tipo centrífuga (PC) con las siguientes características:

CODIGO	MARCA	TIPO	m ³ /h	KW
PC	HILGE	PANDA 00/01-0,7	10 m ³ /h a 1 bar	0,75

- Un intercambiador tubular, que permite compensar el calentamiento debido al rozamiento del jugo con la membrana. Para el enfriamiento se utiliza agua de la red pública. El fabricante recomienda utilizar agua a 15°C para procesos a una temperatura mayor de 25 °C y agua helada para procesos con temperaturas menores de 25°C.

- Una válvula (VO1) que permite regular el caudal de alimentación de la materia prima.

CODIGO	MARCA	TIPO	DN
VO1	GEMU	Membrana tipo 611	10

- Una válvula (V51) que permite controlar la presión del equipo.

CODIGO	MARCA	TIPO	DN
V51	GEMU	Membrana tipo 611	10

- Un manómetro con las siguientes características:

CODIGO	MARCA	ESCALA	φ
M1	BOURDON	0 - 10 bar	100

- Un termómetro con las siguientes características:

CODIGO	MARCA	TIPO	ESCALA
	JUMO	Cadran inox	0 - 100 °C

- La potencia necesaria para operar el equipo es de 1.5KW a 220 voltios trifásicos (220v - 60 Hz).

CODIGO	CANTIDAD	MARCA	TIPO
	2	Télemécanique	Disyuntor magneto - térmico 220 Trifásico de 0.75 Kw.

El módulo de microfiltración

La instalación consta de un medio filtrante que contiene:

El soporte de la membrana, constituido de alúmina α de estructura macroporosa muy permeable y al mismo tiempo muy sólido. Su geometría es multitubular. Su principio es representado en la Figura 2.2.1

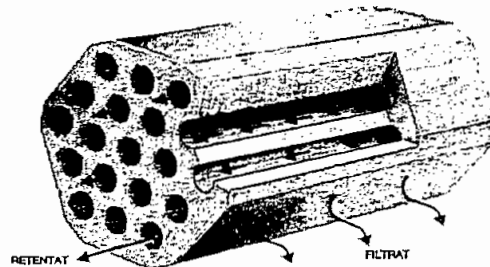


Fig. 2.2.1: Principio de la filtración tangencial en un multicanal

La membrana, compuesta de una o varias capas de cerámica de textura bien definida. Estas capas son ligadas entre ellas y al soporte por relaciones cerámicas muy sólidas. (Figura 2.2.2)

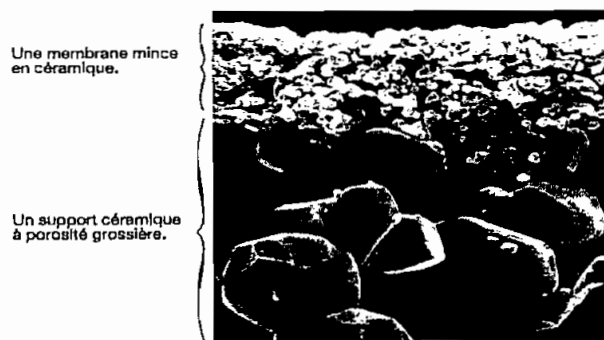


Fig. 2.2.2: Fotografía tomada con Microscopio electrónico, de un corte del soporte y de la membrana

El módulo que permite el montaje de la membrana de cerámica en la instalación es de acero inoxidable, y consta de: Un cilindro (a), la membrana (b), y una ligadura entre los dos por intermedio de una juntura (c). (Figura 2.2.3)

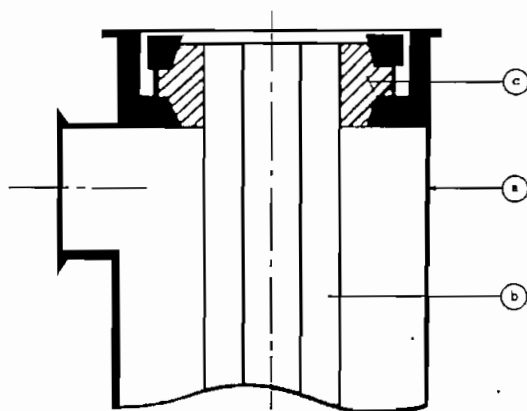


Figura 2.2.3: Esquema de montaje del módulo a una cerámica

Principio de funcionamiento.

PROCESO BATCH:

- El volumen de producto a tratar es introducido en el tanque de alimentación.
- El líquido es introducido sobre presión en el circuito por la bomba de alimentación (PA).
- La bomba de circulación (PC) asegura la velocidad tangencial en la superficie de las membranas.
- El permeado (filtrado) es evacuado continuamente, su volumen acumulado es medido.
- La parte parcialmente concentrada (el retenido) es reciclada hacia el tanque de alimentación.
- La operación es terminada cuando el volumen de retenido (concentrado) restante corresponde al factor de concentración volumétrica (FCV) deseado.

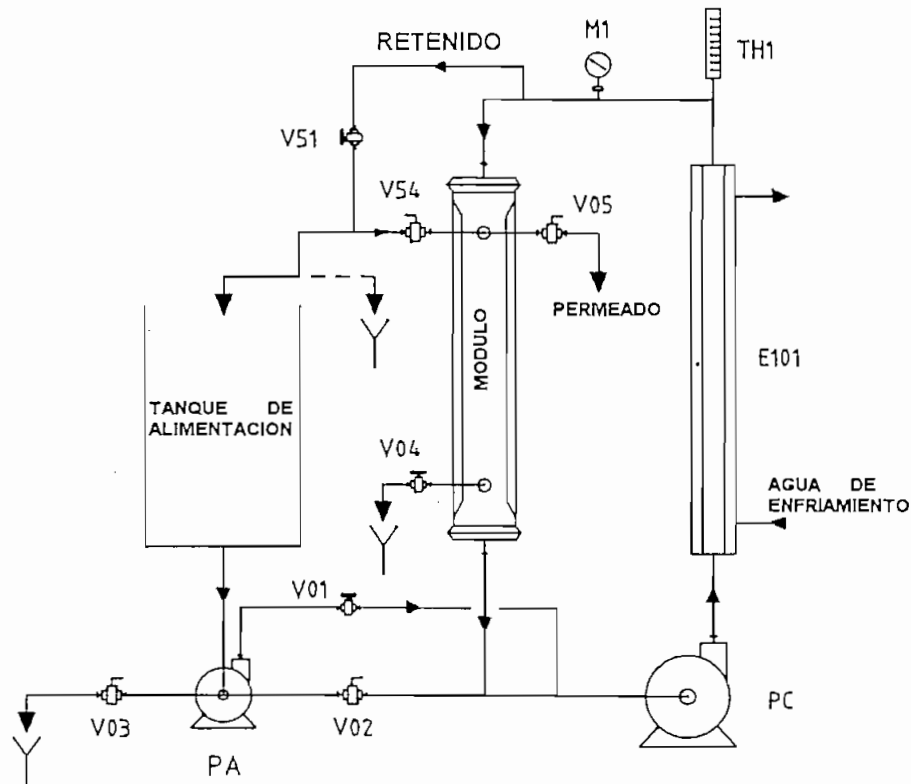


Figura 2.2.4: Diagrama esquemático del proceso

Parámetros del proceso que deben ser controlados:

Presión de alimentación y caudal de regreso del retenido:

Por acción de las válvulas V01 y V51.

Temperatura:

Por circulación de agua fría en el intercambiador del circuito E101, la lectura se da en el termómetro TH1.

Precaución: Para tratamientos superiores a la temperatura ambiente, el producto tratado deberá ser calentado antes de su introducción en el tanque de alimentación.

Velocidad de circulación:

Fijada a 5m/s.

Limpieza:

Después de cada producción, la máquina deberá ser vaciada, limpiada con agua pura y tener un ciclo de limpieza química completa.

UTILIZACIÓN Y PUESTA EN MARCHA.

A. Puesta en marcha con producto

Llenar el tanque (si es necesario, el líquido será calentado a la temperatura de trabajo antes de ponerlo en el tanque).

A.1 Llenar de producto, permeado cerrado

- Abrir V01 y V51.
- Cerrar V04, V05, V54, V02, V03.
- Poner en marcha la bomba PA.
- Cuando el circuito es llenado y totalmente purgado (regreso del líquido sin AIRE en el tanque), ajustar V51 hasta $M1 = P$ mínima (que es previamente calculada) y V01 para un caudal de retenido de más o menos 1000 lt/h.
- Poner en marcha la bomba PC.

A.2 Abrir el permeado.

- Abrir V05: es el $t = 0$. Abrir poco a poco V51 para ir de la P mínima hasta la presión fijada en el proceso, y eso cada 4 minutos.
- Recuperar el permeado en un recipiente graduado para poder añadir este volumen durante y al fin de la producción (Modo de recirculación).
- Mantener una temperatura constante (TH1) añadiendo agua fría en el intercambiador E101.

B1. Procedimiento de apagado.

- Abrir totalmente la válvula V51.
- Apagar las bombas PC y PA.
- Cerrar la válvula V05.

B2. Procedimiento de puesta en marcha después de un apagado y durante la etapa de producción.

- Abrir totalmente la válvula V51.
- Repetir la etapa A1.

C1. Vaciar después de una producción.**Recuperación gravitatoria del retenido.**

- Abrir V03, V02 y V51
- Vaciar el permeado.
- Abrir V04 y V05 (vaciada gravitatoria).

C2. Vaciar después de un procedimiento de lavado (NaOH, HNO₃ ...)

- Vaciar el tanque de alimentación (BL), el permeado y el retenido.
- Abrir V02, V03, V51, V04, V05.

D. Enjuague.

Poner las salidas del retenido y permeado a la alcantarilla.

Llenar el tanque de agua.

- Cerrar V02, V03, V54.
- Abrir V51 y V01.
- Poner en marcha la bomba PA.

- Cuando el circuito es llenado totalmente y purgado (regreso del líquido sin aire), ajustar V51 y V01 hasta que la presión sea de 1 bar y el caudal retenido de 1000 lt/h más o menos.
- Poner en marcha la bomba PC.
- Apagar PA y PC cuando el pH del retenido es neutro.

E. Secuencia de limpieza.

1. Limpieza básica.

El retenido y el permeado regresan al tanque.

Llenar el tanque hasta el 75% de su capacidad.

- Cerrar V02, V03, V04, V05.
- Abrir V01, V51, V54
- Poner en marcha la bomba PA.
- Cuando el circuito es llenado y totalmente purgado, ajustar V51 y V01 hasta que la presión sea de 1 bar y el caudal retenido de 1000 lt/h más o menos.
- Poner en marcha la bomba PC.
- Añadir los productos de limpieza.
- 600 ml de NaOH 33% (198 gr. de NaOH en 600 ml.).
- 120 ml de NaClO a 5.25%
- Calentar la solución a 70 - 75 °C (por termosubmersión eléctrica o circulación de agua caliente en el intercambiador E101).
- Esperar T1 = 30 minutos en esas condiciones.
- Alimentar el tanque con agua fría para bajar la temperatura hasta 50 °C dirigiendo los permeados y los retenidos hacia la alcantarilla.
- Apagar las bombas PA y PC.
- Vaciar y limpiar con agua fría (etapa C y D).
- Terminar la limpieza cuando el retenido y el permeado es neutro.

2. Limpieza ácida.

- Repetir las mismas etapas, sustituyendo los reactivos básicos por 83 ml. de HNO₃.
- El tiempo T1 es de 10 minutos, temperatura de 20 a 50°C.

3. Medición del caudal de agua.

Esta medida permite verificar el estado de la membrana después de un ciclo de limpieza.

Un valor llamado DE120 (que tiene como unidad lt/h/m² a 1 bar y 20°C) sirve de referencia y debe ser cumplido en ± 20%.

Este valor, para el equipo es de 250 lt/h/m² y su cálculo se realiza sobre la base de la siguiente ecuación.

$$DE120 = \frac{D * KT}{S * P}$$

Donde:

D: Flujo de permeado constante.

KT: Coeficiente de corrección de temperatura (según tablas anexas).

P: Presión en bares.

S: Superficie de la membrana en m².

Procedimiento:

- Llenar el tanque de agua.
- Cerrar V02, V03, V04, V54.
- Abrir V01 y V51.
- Poner en marcha la bomba PA.
- Ajustar V51 y V01 para obtener una presión M1 = 1 bar.
- Medir el caudal del permeado.

- Mantener la presión de alimentación y la temperatura.
- Apagar PA.

4. Limpieza de la membrana

Después de cada utilización del piloto, es indispensable limpiar la membrana, asegurando así una larga duración de vida. He aquí el proceso:

- Vaciar el tanque de alimentación que contiene el jugo de frutas.
- Enjuagar con agua destilada, hasta que el pH del retenido sea neutro.
- Lavado básico:
 - Llenar el tanque de alimentación de agua destilada. Añadir 120 ml de cloro a 5.25% y 30 ml de sosa líquida a 33%. Calentar todo a 75°C y esperar en estas condiciones durante 30 minutos.
 - Alimentar el tanque de lanzamiento con agua fría para descender la temperatura a 50°C, dirigiendo el retenido y permeado hacia la alcantarilla. Eso evita una caída brusca de temperatura que no soportarían las juntas de la instalación.
 - Vaciar y enjuagar con agua fría hasta que el pH del permeado sea neutro.
- Lavado ácido:
 - Repetir las mismas etapas sustituyendo los reactivos básicos por 83 ml de ácido nítrico a 58%, en agua a 25°C. Esperar así durante 10 minutos.
- Medida del caudal al agua.

Durante la primera utilización del piloto, se realizó la medición del caudal de agua del permeado y se obtuvo un flujo igual a 250 l/hm².

Para asegurarse que el lavado de la membrana fue eficaz, es necesario obtener este caudal de permeado después de los lavados básicos y ácidos. Si el flujo

medido es inferior a este valor, se debe empezar de nuevo la secuencia de lavado desde el principio.

Durante la limpieza de la membrana, se utiliza el agua de la red pública. El agua de lavado debe responder a normas estrictas sobre la dureza, la cantidad de hierro y silicatos o de partículas abrasivas, susceptibles de dañar la membrana.

Se realizó un análisis del agua de la ciudad y dio como resultado una buena calidad de la misma para el lavado del piloto.

CAPITULO 3

SELECCIÓN DEL HARDWARE Y SOFTWARE

CAPITULO 3. SELECCIÓN DEL HARDWARE Y SOFTWARE

Un sistema de instrumentación electrónico consta de varios componentes que se utilizan para realizar la medición y almacenar el resultado. Generalmente, estos sistemas se componen de tres elementos básicos: un dispositivo de entrada, un acondicionador de señal (o dispositivo de procesamiento) y un dispositivo de salida.

El dispositivo de entrada recibe la señal que se desea medir y envía otra, que generalmente es una señal eléctrica proporcional a la entrada, al dispositivo acondicionador.

En el acondicionador, la señal se amplifica, se filtra o en general se modifica de alguna manera para ser enviada al dispositivo de salida.

El dispositivo de salida puede ser desde un simple indicador hasta un complejo sistema para la presentación visual de la medición o para su almacenamiento, o inclusive una computadora digital para la manipulación, almacenamiento y análisis que puede ser en tiempo real de los datos.

La elección del tipo de sistema de instrumentación, depende de las variables que se van a medir y de la forma en que se desea mostrar los resultados.

Ya sea que se trate de una aplicación de prueba y medida (instrumentación) o de una aplicación de automatización industrial, el poder de cálculo y la rentabilidad de las computadoras han hecho que estas se conviertan en las herramientas ideales de trabajo. De hecho, actualmente, las computadoras son la selección óptima para la programación de PLC's y plataformas MMI (Man - Machine Interface).

3.1 SELECCIÓN DEL HARDWARE

Los sistemas de adquisición de datos son utilizados para medir y almacenar señales de dos tipos:

- Aquellas que se originan a partir de la medición directa de cantidades eléctricas, como son voltajes, frecuencia, resistencia, etc.; y,
- Señales que se originan a partir de transductores.

Los sistemas de instrumentación se clasifican en dos clases:

- Los sistemas analógicos, que tratan en forma analógica toda la información obtenida de las mediciones; y,
- Los sistemas digitales que manejan la información obtenida de la medición en una forma digital.

En la gran mayoría de sistemas de instrumentación, la variable de entrada no es eléctrica; debido a esto, es necesario convertir la variable en una señal eléctrica por medio de un dispositivo llamado *transductor*.

Un transductor es entonces un dispositivo que al ser afectado por la energía de un sistema de transmisión, proporciona energía en la misma forma o en otra a un segundo sistema de transmisión¹.

Existen diferentes tipos de transductores que se los puede clasificar según su aplicación, método de conversión de energía, naturaleza de la señal de salida, etc. Por lo general todas estas clasificaciones terminan en áreas que se superponen.

En todo sistema de medición, la selección de los transductores apropiados es el primer paso, y tal vez más importante, para la obtención de resultados con un margen de error aceptable.

En el caso del equipo de microfiltración tangencial es necesario llevar un registro y control básicamente de dos señales analógicas: la presión y la temperatura en la membrana de filtración. Debido a que todas las señales que se desean medir son analógicas y no eléctricas, es necesario escoger los transductores apropiados para cada una.

Se utilizará un sistema de adquisición de datos digital, por la facilidad que este presenta para la manipulación y almacenamiento de la información.

Luego de revisar todas las opciones que se indicaron en el capítulo introductorio sobre instrumentación virtual, se resolvió utilizar una tarjeta de adquisición de datos insertable (DAQ), tanto por las razones expuestas como por las que se detallan a continuación:

- Ofrece mayor grado de exactitud y precisión que elementos discretos del mismo costo.
- Al estar en un computador, la tarjeta DAQ puede ser utilizada para otras aplicaciones diferentes, para lo cual solo se necesita diseñar nuevos programas. Esto es conveniente ya que en el laboratorio se tienen otros equipos que podrían ser automatizados utilizando la misma tarjeta DAQ con programas adecuados para cada caso.
- Todas las opciones de configuración y calibración se pueden realizar por medio del software incluido, lo cual facilita su manejo y permite que el usuario dedique más tiempo a la programación de la aplicación que a la calibración de los equipos.
- Debido a esta última característica resulta evidente que el mantenimiento de gran parte del sistema es mínimo.
- Dependiendo del avance de la tecnología en PC's, se podrán utilizar máquinas cada vez más veloces para el mismo sistema con la misma tarjeta DAQ. Esto dará mayor potencia de cálculo y no será necesario hacer gastos extras en el sistema de adquisición de datos.

- Gracias a la característica multitarea de los sistemas operativos actuales, sería posible utilizar la computadora en la que se encuentra la tarjeta DAQ, con otra aplicación, como puede ser una hoja de cálculo o un procesador de texto; mientras se está ejecutando la adquisición de datos.
- Debido a que la tarjeta se encuentra en el bus de la PC, es posible utilizar las tecnologías actuales de interconexión de computadoras para compartir los datos medidos sobre una red, inclusive en tiempo real.

De todos los fabricantes de tarjetas de adquisición de datos que se encuentran en el mercado, se seleccionó a la compañía National Instruments por ser la de mayor prestigio, tener una gran variedad de productos y un servicio de soporte técnico y garantía en el Ecuador, a través de la compañía Tecnología Avanzada en la ciudad de Cuenca.

3.1.1 SELECCIÓN DE LA TARJETA DE ADQUISICIÓN DE DATOS.

La tarjeta fue seleccionada basándose en los siguientes parámetros:

- Es necesario adquirir dos señales analógicas de voltaje (o corriente) provenientes de los sensores de presión y temperatura, y además otras dos señales del mismo tipo que provienen de los sensores de posición de las válvulas.
- Se necesita adquirir además una señal digital proveniente del sensor de nivel del tanque de alimentación.
- Las válvulas de regulación de la presión y temperatura se accionarán por medio de motores de pasos con control digital, por lo que se necesitarán salidas de este tipo.
- La variación de los parámetros medidos es lenta, por lo tanto la tarjeta DAQ no tiene que ser demasiado rápida, pues la aplicación no es crítica.
- La precisión requerida no es elevada, por lo que una tarjeta de 12 bits es suficiente para esta aplicación.

Las señales están disponibles a través de un conector de 50 pines, cuyo diagrama de asignación se muestra en la Figura 3.1.2.

AIGND	1	2	AIGND
ACH0	3	4	ACH8
ACH1	5	6	ACH9
ACH2	7	8	ACH10
ACH3	9	10	ACH11
ACH4	11	12	ACH12
ACH5	13	14	ACH13
ACH6	15	16	ACH14
ACH7	17	18	ACH15
DGND	19	20	-12 V
+12 V	21	22	DINO
DIN1	23	24	DIN2
DIN3	25	26	DIN4
DIN5	27	28	DIN6
DIN7	29	30	DOUT0
DOUT1	31	32	DOUT2
DOUT3	33	34	DOUT4
DOUT5	35	36	DOUT6
DOUT7	37	38	OUT1*
EXTINT*	39	40	EXTCONV*
OUT0	41	42	GATE0
OUT1	43	44	GATE1
CLK1	45	46	OUT2
GATE2	47	48	CLK2
+5 V	49	50	DGND

Fig. 3.1.2 Asignación de pines del conector de I/O de la tarjeta PC-LPM-16PnP

La descripción de cada una de las señales es la siguiente:

Pin	Señal	Referencia	Descripción
1-2	AIGND	N/A	Tierra de las entradas analógicas. Las señales ACH<0..15> deben ser referidas a la señal AIGND.
3-18	ACH<0..15>	AIGND	Canales de entrada analógica del 0 al 15. Estos canales son de conexión simple.
19	DGND	N/A	Tierra digital. Este pin provee la referencia para las señales digitales de I/O del conector, así como para la fuente de +5VDC.
20	-12 V	DGND	Pin de salida de la fuente de -12 VDC. La corriente máxima de salida es de 5.0 mA.
21	+12 V	DGND	Fuente de +12 VDC desde el bus del computador. La línea tiene un fusible en serie de 0.5A con auto reset.
22-29	DIN<0..7>	DGND	Líneas digitales de entrada. Estas señales son compatibles TTL. La señal DIN7 es el MSB y DINO el LSB.
30-37	DOUT<0..7>	DGND	Líneas de salida digitales. Estas señales son compatibles TTL. La señal DOUT7 es el MSB y DOUT0 el LSB.
38	OUT1*	DGND	Salida del Contador 1.
39	EXTINT*	DGND	Interrupción externa. Es usada para entrada de interrupciones externas.
40	EXTCONV*	DGND	Señal de Conversión Externa. Es usada para iniciar externamente una conversión A/D.
41	OUT0	DGND	Salida del Contador 0. Esta es la señal de salida de la forma de onda programada del contador 0.
42	GATE0	DGND	Entrada de disparo del Contador 0. Esta señal controla el inicio, interrupción, y reinicio del contador 0.
43	OUT1	DGND	Salida del Contador 1. Esta es la señal de salida de la forma de onda programada del contador 1.

44	GATE1	DGND	Entrada de disparo del Contador 1. Esta señal controla el inicio, interrupción, y reinicio del contador 1.
45	CLK1	DGND	Reloj del Contador 1. Este pin es la entrada de reloj para el contador 1.
46	OUT2	DGND	Señal de salida del contador 2.
47	GATE2	DGND	Entrada de disparo del Contador 2. Esta señal controla el inicio, interrupción, y reinicio del contador 2.
48	CLK2	DGND	Reloj del Contador 2. Este pin es la entrada de reloj para el contador 2.
49	+5V	DGND	Fuente de +5VDC, directamente desde el bus de la computadora. Esta línea tiene un fusible en serie de 1.0 A auto reset.
50	DGND	N/A	Tierra digital. Este pin está conectado a la señal de tierra digital.

Nota: Un asterisco (*) indica que la señal es activa en bajo.

Las principales especificaciones técnicas, son:

ENTRADAS ANALÓGICAS:

Número de canales	16 con terminación simple.
Tipo de ADC	Aproximaciones sucesivas.
Resolución	12 bits.
Frecuencia muestreo (máx)...	50 Ks/s
Rangos de entrada	± 5V, ± 2.5 V, 0 a 10 V, ó 0 a 5 V, seleccionable por software.
Protección de sobre voltaje ...	± 45 V encendido ± 35 V apagado.
Entradas protegidas	ACH<0....15>
Tamaño del buffer FIFO	256 S.

ENTRADAS/SALIDAS DIGITALES:

Número de canales	8 de entrada y 8 de salida
Compatibilidad	TTL
Configuración.....	1 puerto de entrada de 8 bits. 1 puerto de salida de 8 bits.
Rangos Absolutos (máx):.....	+ 7.0V respecto de DGND; -0.5 V respecto de DGND.

En la Figura 3.1.4 se muestra la fotografía y el diagrama del sensor de presión.

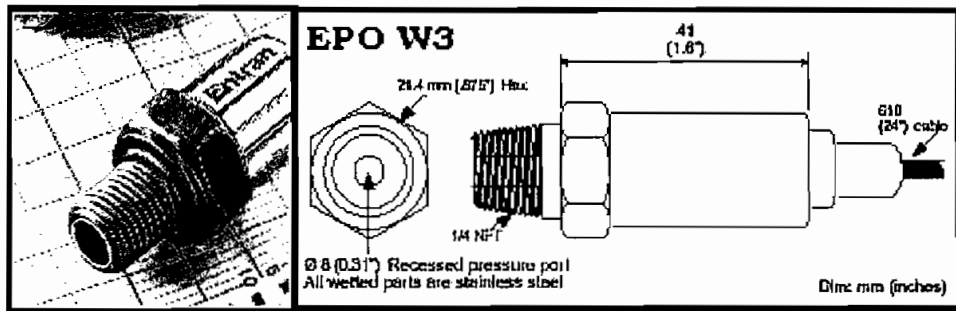


Fig. 3.1.4 Sensor de presión

3.1.3 MEDIDA DE LA TEMPERATURA, EL SENSOR DE TEMPERATURA

En el equipo de MFT ya se tiene incorporado un termómetro de par bimetálico, que es utilizado como referencia para realizar el control manual de la temperatura. Para el presente trabajo se necesita que las mediciones de temperatura se realicen directamente a través de la tarjeta DAQ, por lo que se requiere un transductor apropiado.

En el mercado se tienen disponibles múltiples opciones que para realizar mediciones de temperatura, sean estas RTD's, termocuplas o sensores integrados.

Las termocuplas que se encuentran disponibles tienen rangos de medición de temperaturas de entre -250°C hasta $+900^{\circ}\text{C}$. Sin embargo para su utilización se requieren de circuitos para compensación de la junta fría, son muy susceptibles al ruido eléctrico y a los cambios de temperatura en los hilos de extensión.

Para el caso de los RTD's disponibles, los rangos de temperaturas para sensores tipo Pt100 están entre -25°C hasta $+480^{\circ}\text{C}$. También para este caso son necesarias ciertas consideraciones especiales en los circuitos de polarización y acondicionamiento de señal para la correcta lectura de los valores de temperatura.

El rango de temperaturas de operación en el equipo será de entre 0°C hasta unos 80°C y su variación lenta, por lo que la constante de tiempo del sensor no necesita ser muy alta; es decir, no se necesita una gran velocidad de respuesta. Por estas razones se prefirió utilizar un sensor integrado LM335 de la empresa SGS THOMSON, que presenta las siguientes ventajas:

- Es un sensor de temperatura de precisión y de fácil calibración.
- Se encuentra calibrado directamente en grados Kelvin; la variación del voltaje de salida es lineal con respecto a la variación de temperatura absoluta y es de 10mv/°K.
- Su rango de temperaturas está entre -40°C y +100°C.
- Tiene un error menor a 1°C sobre un rango de variación de 100°C.
- Puede ser polarizado con fuentes de corriente de hasta 5mA.
- Los circuitos necesarios para su utilización son bastante sencillos.
- Es muy económico y de fácil reemplazo y manipulación.

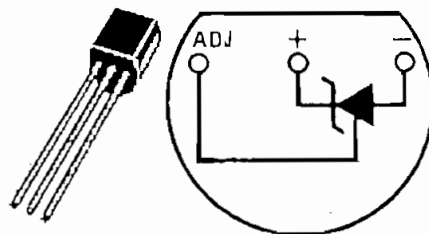


Fig. 3.1.5 Sensor LM335

3.1.4 EL SENSOR DE NIVEL DEL TANQUE DE ALIMENTACIÓN.

Durante el transcurso del proceso es necesario mantener un nivel mínimo de líquido en el tanque de alimentación, independientemente de que el proceso sea por recirculación o continuo. En ambos casos se debe asegurar un nivel que garantice el funcionamiento normal de las bombas.

En la práctica existen múltiples formas para realizar el control continuo del nivel, ya sea de líquidos o de sólidos; dependiendo de la aplicación, cada una de ellas tendrá un mayor o menor grado de precisión.

En nuestro caso, no es necesario llevar un registro continuo del nivel; solo se necesita mantenerlo por encima de un mínimo, por ello se ha decidido utilizar un sistema simple de nivel basado en un interruptor. Este sistema ya se encontraba trabajando en el equipo; sin embargo, su esquema de funcionamiento no era el más adecuado o el más eficiente.

El switch utilizado es un modelo 4700 de la empresa THOMAS PRODUCTS, este consta de una pequeña varilla que posee en la parte interior un elemento magnético que actúa como interruptor y una esfera de material magnético, como se muestra en la Figura 3.1.6.

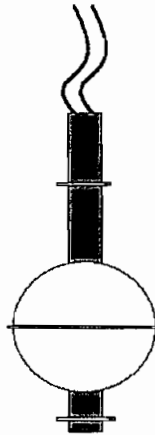


Fig. 3.1.6 Sensor de nivel.

Dependiendo de la polaridad con que se elija la posición de la esfera, el interruptor se abre o se cierra cuando se alcanza el nivel inferior de la varilla.

3.1.5 LAS VÁLVULAS DE CONTROL Y LOS MOTORES DE ACCIONAMIENTO.

Para controlar el nivel del tanque se utiliza una electroválvula de dos posiciones, que permite el paso del líquido hacia el tanque de alimentación. Esta electroválvula, al igual que el switch, ya se encontraban en operación cuando se empezó este trabajo.

La electroválvula, de la empresa Honeywell, es tipo ON/OFF de 220V, tiene una potencia de 10W y puede manejar presiones de hasta 700 psi. La Figura 3.1.7 muestra la válvula utilizada.

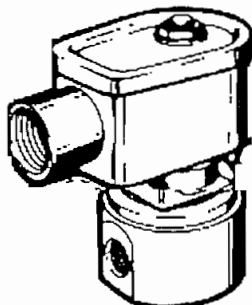


Fig. 3.1.7 Electroválvula Honeywell

Para el control de la presión se ha decidido utilizar la misma válvula manual existente en el equipo. La válvula será accionada por un motor de pasos que se controlará desde el computador.

El control de la temperatura se realizará manipulando la llave de paso del flujo de agua hacia el intercambiador de calor, por medio de un motor de pasos.

Se tiene a disposición dos motores de pasos de la empresa Japan Servo Co. Ltd. Son del tipo KEESKM2-032 con una resolución de 1.8 grados/paso. No se dispone de las hojas de las características de los mismos.

3.1.6 MEDIDA DEL PESO DEL LÍQUIDO DE SALIDA. LA BALANZA.

La determinación del peso del líquido filtrado se realiza por medio de una balanza electrónica modelo DI 4KD de la empresa DENVER INSTRUMENT COMPANY.

Esta balanza tiene las siguientes características:

Capacidad total:	4000 g.
Resolución :	0.01 g.
Alimentación:	12 VDC 500 mA.
Tiempo de respuesta:	3 segundos mínimo.
Display:	LCD de 1.5" x 5.25".

Comunicación:	Interface RS232C bidireccional.
Funciones:	Análisis estadístico, modos de conteo, calibración, autocero, etc.
Programación por menús:	Para configurar la comunicación serial, se utiliza el menú número 3 "THE SERIAL PORT SETUP", en el cual se tienen, entre otros, los siguientes parámetros:

- **Balance ID number:** Es un número de 4 dígitos que es usado para identificar a la balanza.
- **Calibration Data:** Habilita la salida automática o manual de los datos de calibración de la balanza.
- **Baud:** Configura la velocidad de comunicación serial. La información puede ser transmitida a las siguientes velocidades en formato ASCII estándar: 150, 300, 600, 1200, 2400, 4800 y 9600 baudios.
- **Parity:** Permite seleccionar el tipo de paridad que se desea. La información que se transfiere hacia y desde la balanza cumple con la norma RS232C y usa 8 bits de datos. El usuario puede elegir entre 1 bit de parada con paridad par o impar o 2 bits de parada sin paridad.
- **Clear to Send:** Indica cuando un dispositivo está listo para aceptar los datos de la balanza.
- **Print Icon:** Puede estar en ON u OFF. Imprime un ícono P en la pantalla cuando un dato es enviado.
- **Print Mode:** Selecciona la condición bajo la cual la balanza enviará datos. Se puede escoger entre las siguientes opciones:
 - *Manual printing:* Envía datos solo cuando se presiona la tecla PRINT.
 - *Stable printing:* Envía datos automáticamente cuando la lectura se encuentra estable.
 - *Continuous printing:* Permite que los datos sean enviados continuamente cada cierto intervalo de tiempo. Este intervalo puede ser por el usuario desde un menú preestablecido (5 sec., 10 sec., 60 sec.) o se puede ingresar un número hasta 9999 sec.
- **Format:** Establece el formato de envío de los datos.

Para un mayor detalle, refiérase al anexo 8.

La Figura 3.1.8 muestra una fotografía de la balanza.

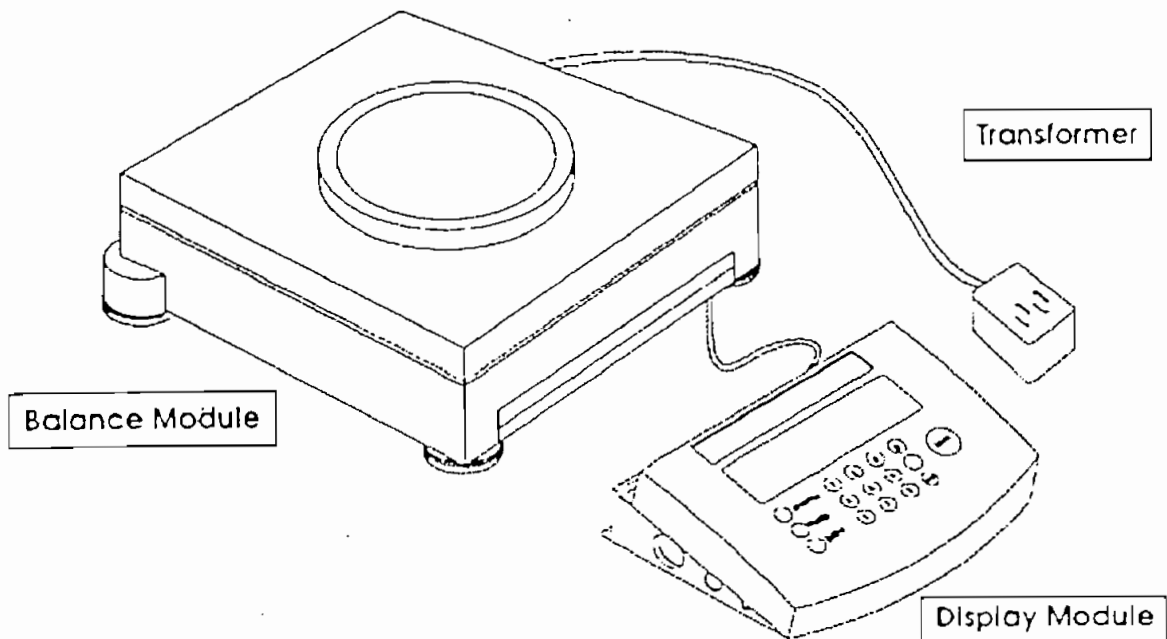


Fig. 3.1.8 Balanza electrónica Denver

3.2 SELECCIÓN DEL SOFTWARE

Las herramientas de software con librerías de interfaces gráficas, manejadores de instrumentos, pruebas ejecutivas y librerías de análisis, permiten reducir en gran medida el tiempo empleado en el desarrollo de la aplicación en factores de entre 4 a 10. Estas herramientas presentan al programador una interfaz amigable en un entorno gráfico (GUI) sencillo de comprender y manejar, ofreciendo una amplia variedad de elementos estándares preconstruidos (librerías) con los cuales trabajar. Este software posibilita tener el rendimiento y poder de cualquier lenguaje de programación de una manera sencilla, sin las dificultades asociadas al hecho de tener que aprender uno de ellos.

3.2.1 DESCRIPCIÓN DEL SOFTWARE COMERCIAL EXISTENTE. -SELECCIÓN DEL SOFTWARE.

La selección del software utilizado para desarrollar esta aplicación, se basa en los criterios generales sobre instrumentación virtual expuestos en el capítulo introductorio.

Durante el proceso de selección del software deben considerarse factores tales como: el costo del mismo, el sistema operativo sobre el cual se va a trabajar, el tipo de aplicación que se desarrollará, el o los tipos de elementos que se necesitarán tanto para la adquisición de datos como para el control del equipo, el tipo de computador que se utilizará, el ambiente en el cual se harán las mediciones, el nivel de conocimientos sobre programación que requiere el usuario para construir su sistema, etc.

En el presente trabajo se tomaron en cuenta además, dos factores importantes:

En primer lugar se debe considerar que siendo el objetivo principal del presente trabajo, el implementar un sistema de adquisición de datos y ayuda en el control de un equipo experimental de microfiltración tangencial, para su optimización, la aplicación puede ser considerada como de "medición y prueba".

En segundo lugar se debe tener en cuenta que el sistema desarrollado podrá ser utilizado o tomado como referencia para su futura aplicación, en equipos de iguales o similares características que se encuentran actualmente en funcionamiento no solo en la industria sino también en centros de investigación universitaria (Universidad del Valle - PASSICOL. Cali, Colombia).

Por lo tanto el software que se elija debe ofrecer un ambiente integrado de desarrollo en el cual se combine de forma sencilla y transparente al usuario, tanto el proceso de adquisición de datos así como su posterior tratamiento, visualización y almacenamiento.

Debe presentar una interfaz que permita entre otras cosas: una fácil utilización, manejo, visualización y control de todos los parámetros importantes involucrados en el proceso; un ambiente de programación que sea fácil de entender y utilizar para todo tipo de usuarios y que posibilite la fácil modificación del código conforme varíen las necesidades de medición y prueba.

Debe tener además la flexibilidad suficiente para poder ser utilizado con tipos distintos de hardware de adquisición y control, sin las complicaciones de tener que rediseñar completamente el código existente, así como presentar alternativas para poder ser aplicado en sistemas de producción industrial cuando se necesite.

En el mercado existen diferentes alternativas de software para el desarrollo de aplicaciones tanto de prueba, como de medición, control, adquisición, procesamiento y análisis de datos. Estas opciones van desde los tradicionales lenguajes de programación como Visual BASIC, Visual C++, etc. hasta productos especializados de diversos fabricantes. En las figuras 3.2.1 y 3.2.2 se muestran cuadros comparativos de los programas más usados en estas áreas (tomado de Personal & Instrumentation News, Reader Survey. Febrero de 1998.)

Test Software

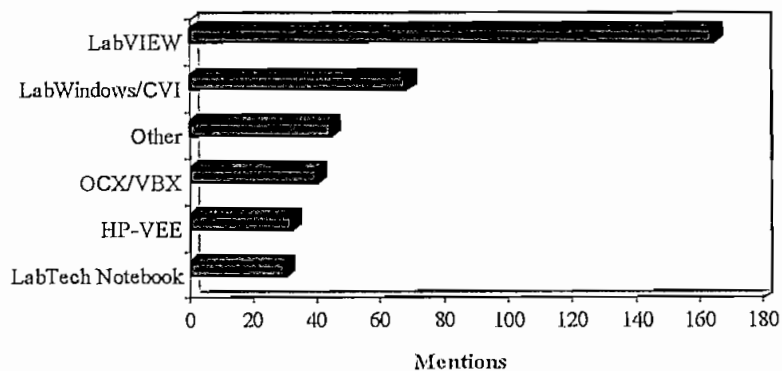


Fig. 3.2.1 Software para aplicaciones de prueba

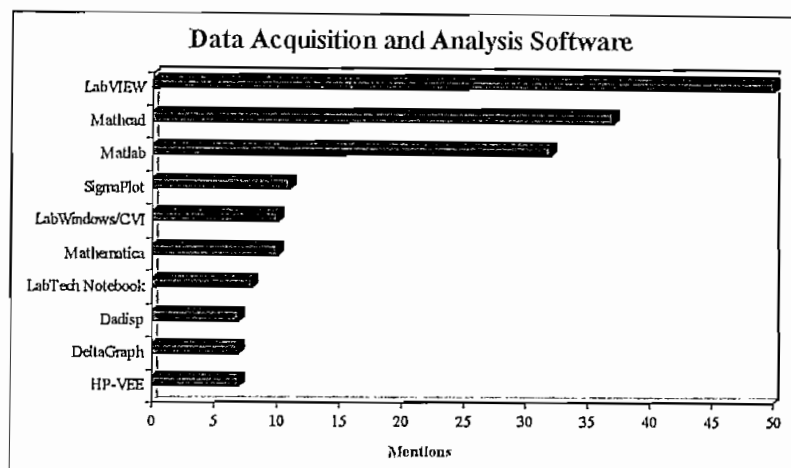


Fig. 3.2.2 Software para adquisición de datos y análisis.

Por todas las consideraciones anteriores se seleccionó el programa LabVIEW 5.0 de la empresa National Instruments. Adicionalmente, si bien el costo del software es elevado, el hecho de que este programa presente versiones tanto gratuitas de evaluación como académicas de bajo costo, así como paquetes de software y hardware con precios especiales para instituciones educativas, lo hacen una alternativa interesante.

3.2.2 EL PROGRAMA LabVIEW.

3.2.2.a Introducción

LabVIEW (**L**aboratory **V**irtual **I**nstrument **E**ngineering **W**orkbench) es un ambiente de desarrollo basado en programación gráfica utilizando el lenguaje G desarrollado por National Instruments, fácil de comprender y utilizar. Puede manejar comunicaciones con numerosos dispositivos de hardware como GPIB, VXI, PXI, RS-232, RS-485 y tarjetas de adquisición de datos (DAQ) insertables. Incorpora librerías que permiten configurar y controlar estos dispositivos de manera rápida, para realizar tareas como: control de instrumentos, adquisición de datos, análisis estadístico, regresiones, álgebra lineal, etc.; y, conectividad con otras aplicaciones utilizando numerosas herramientas virtuales como contenedores ActiveX, Dynamic Link Libraries (DLL), o comunicaciones con aplicaciones remotas usando protocolos como TCP/IP o UDP. Permite además construir aplicaciones autoejecutables. Algunas de estas propiedades vienen incluidas en el paquete básico y otras deben ser compradas por separado como accesorios.

LabVIEW puede ejecutarse con diferentes tipos de computadoras y sistemas operativos; en nuestro caso utilizaremos un PC compatible con sistema operativo Microsoft Windows 95, para cuya configuración los requerimientos mínimos del sistema en la versión 5.0 son:

- Mínimo 16 Mb de memoria RAM pero National Instruments recomienda 32 MB o más.
- Un procesador 80486 o superior.
- Aproximadamente 110 MB de espacio libre en disco duro.

Para otros tipos de PC's y sistemas operativos, estos requerimientos pueden cambiar. Para información más detallada, tanto sobre LabVIEW así como sobre los requerimientos del sistema refiérase a: "LabVIEW 5.0 Evaluation Package", "Measurement and Automation Catalogue National Instruments 1999 página 79" o a la dirección <http://www.ni.com/labview>.

LabVIEW utiliza la terminología, iconos e ideas familiares para los científicos e ingenieros. Los programas creados en LabVIEW son llamados Instrumentos Virtuales (VIs) porque su apariencia y operación es similar a la de los instrumentos actuales. El usuario puede ver en pantalla un panel que es igual al de un instrumento real y con el cual puede interactuar fácilmente.

Los instrumentos virtuales contienen tres elementos:

- i) Una interfaz interactiva de usuario;
- ii) Un código fuente equivalente (el código del programa); y,
- iii) Un icono que permite que el VI sea utilizado como un subVI (subprograma) de otro VI de mayor nivel.

3.2.2.b Panel Frontal y Diagrama de Bloques.

Para el desarrollo de instrumentos virtuales, se dispone de dos ventanas en las cuales se realiza toda la programación: el Panel Frontal y el Diagrama de Bloques. Ambas ventanas se encuentran estrechamente relacionadas.

El **Panel Frontal** es la interfaz interactiva con el usuario. Es llamada así debido a que simula el panel frontal de un instrumento físico.

El panel frontal contiene perillas, botones, gráficos así como otros controles e indicadores. Para crear este panel se dispone de librerías de controles e indicadores que son fácilmente accesibles a través de paletas de herramientas. Estas herramientas vienen incorporadas en el paquete básico, pero además existe la posibilidad de adquirir librerías adicionales con otro tipo de controles o indicadores dependiendo de la aplicación que se necesite.

Cuando se coloca uno de esos controles o indicadores se crea una variable cuyo valor queda determinado por el movimiento que realice el usuario de un control o por una operación de cálculo. Los datos que son ingresados en el panel frontal, son inmediatamente entregados al diagrama de bloques.

La Figura 3.2.3 muestra un ejemplo de panel frontal.

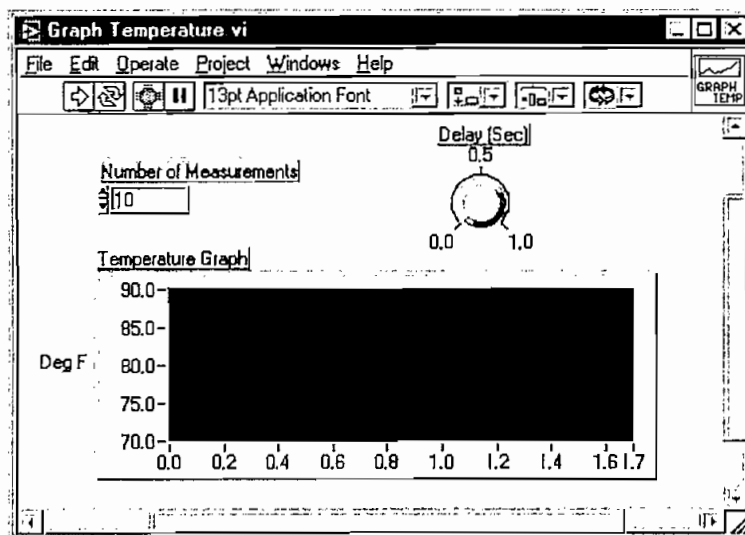


Fig. 3.2.3 Panel Frontal

Por el **Diagrama de Bloques** el VI recibe las instrucciones. Esta ventana contiene el código fuente que permite realizar todo el trabajo del VI. Este código fuente, que es construido en lenguaje G, es un conjunto de bloques funcionales (íconos) los cuales deben unirse unos con otros mediante "cables ficticios" hasta construir la solución del problema. Cuando se coloca un control o indicador en el panel frontal, LabVIEW coloca el terminal correspondiente en el diagrama de bloques y esta es la manera como los datos son transferidos entre las ventanas.

La Figura 3.2.4 muestra un ejemplo del diagrama de bloques del panel frontal anterior.

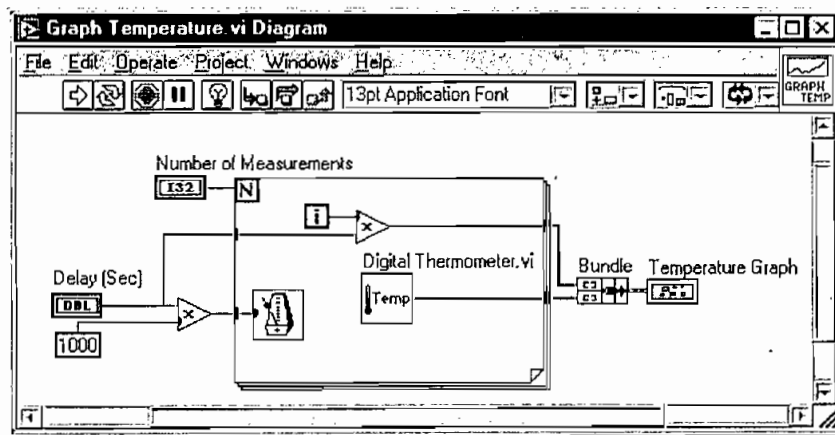


Fig. 3.2.4 Diagrama de Bloques.

3.2.2.c Programación en LabVIEW

Para programar en LabVIEW se debe comenzar colocando los controles e indicadores necesarios en el panel frontal. Para cada uno de ellos se crea la variable correspondiente en el diagrama de bloques, la cual debe ser unida con otros bloques de funciones, los que realizan operaciones similares a las funciones de cualquier lenguaje de programación.

Para poder acceder tanto a los controles e indicadores así como a las funciones, se dispone de tres paletas: Herramientas, Controles y Funciones.

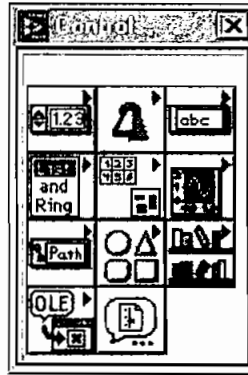


Fig. 3.2.6 Paleta de controles.

Paleta de Funciones.

Consiste de una paleta gráfica flotante que aparece automáticamente cuando se abre el diagrama de bloques. Esta paleta es usada para colocar nodos (constantes, indicadores, VIs, funciones, etc.) en el diagrama de bloques del VI. En la paleta de funciones se encuentran, entre las más importantes, estructuras de programación como FOR-NEXT, DO-WHILE, REPEAT-UNTIL, etc., que se utilizan en los lenguajes convencionales así como los VIs para realizar la adquisición de datos y análisis de los mismos.

Cada uno de los íconos de alto nivel de esta paleta contiene a su vez otras subpaletas de nivel inferior, a las cuales se accede presionando sobre el ícono que corresponde.

En la Figura 3.2.7 se puede observar el nivel principal de la paleta de funciones.

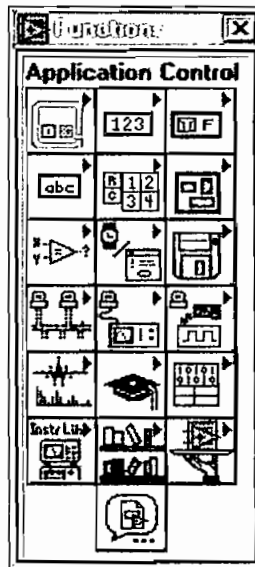


Fig. 3.2.7 Paleta de funciones

3.2.2.d Manejo del puerto serie con LabVIEW

La interfaz RS-232

RS-232 es una interface entre un equipo terminal de datos (DTE) y un equipo de comunicación de datos (DCE) que intercambia datos binarios en forma serial".

La norma RS-232 establece una lógica negativa para la transmisión de datos, esto es: al valor binario 0L le corresponde un voltaje positivo (+3 a +25v) y al valor binario 1L le corresponde un voltaje negativo (-3 a -25v). Generalmente los voltajes con los que se trabaja son -12v y +12v. La zona comprendida entre -3v y +3v, se denomina región de transición o ambigüedad y es un estado no permitido.

Los computadores personales utilizan la norma RS232C (EIA) para realizar comunicaciones asincrónicas con dispositivos externos. En este tipo de comunicación, cada caracter es transmitido sin que exista un tiempo fijo con el anterior o con el siguiente. En el modo de transmisión asincrónico, cada byte de información (dato) incorpora los bits de start/stop para sincronismo entre transmisor y receptor y, opcionalmente, bit de paridad.

En la Figura 3.2.8 puede observarse un esquema de una transmisión asincrónica.

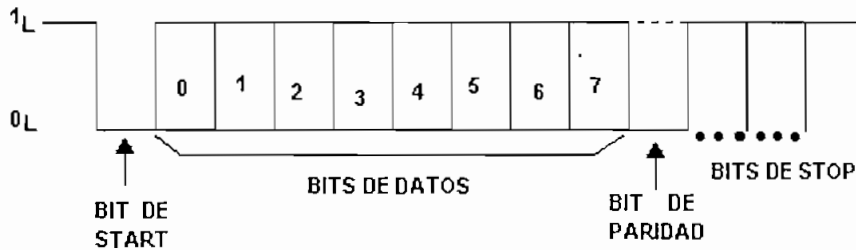


Fig. 3.2.8 Formato de transmisión asincrónica

Bit de start: Indica el comienzo de la transmisión. En estado de reposo existe un nivel de voltaje bajo (1_L) en la línea de transmisión, por lo que antes de enviar un bit, el dispositivo de salida serie de la computadora coloca un nivel alto (0_L) durante un intervalo de tiempo predeterminado.

Bits de datos: A continuación se transmiten los bits de datos, los mismos que pueden ser de 4 a 8 y poseen la misma temporización.

Bit de paridad: Luego del último bit de datos se puede encontrar, opcionalmente, el bit de paridad cuya finalidad es detectar errores.

Bits de stop: Finalmente se encuentra el o los bits de parada, que pueden ser 1, $1\frac{1}{2}$ o 2 y sus objetivos son señalar el final de la transmisión y permitir la resincronización automática en caso de pérdida de la misma.

La distancia a la cual es posible la comunicación utilizando esta norma dependerá tanto de la velocidad de transmisión así como de las características eléctricas del cable utilizado. La EIA recomienda que la capacidad total del cable no exceda los 2500 picofaradios. Como los cables de transmisión de datos tienen un valor de entre 120 a 150 picofaradios por metro, la longitud máxima sería 150 metros.

A continuación se muestran distintas longitudes de cable para diferentes velocidades de transmisión, utilizando un cable sin apantallar del tipo 12 AWG, de acuerdo a un experimento realizado por Joe Campbell.

Velocidad en baudios	Longitud en metros
110	916
300	833
600	633
1200	538
2400	250
4800	166
9600	83
19200	< 83

Las señales del puerto serial en el computador están disponibles a través de un conector tipo D macho que puede ser de 9 o 25 pines.

En el presente trabajo se utilizará un conector DB9 en el DTE (computadora) y un conector RJ11 en el DCE (balanza), por lo que a continuación se muestran las distribuciones de señales en los pines correspondientes.

EL CONECTOR DB9

En la Figura 3.2.9 se pueden apreciar los conectores DB9 tanto macho como hembra así como la distribución de señales.

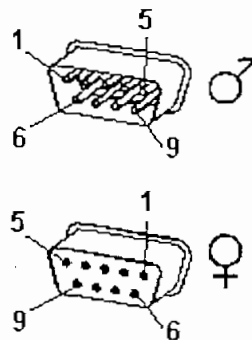


Fig. 3.2.9 Conector DB9

PIN	SIGLAS	DESCRIPCIÓN	DIRECCION
1	DCD	Data Carrier Detect (Detección de Portadora de datos)	DCE → DTE
2	RD	Receiv Data (Datos recibidos)	DCE → DTE
3	TD	Transmit Data (Datos transmitidos)	DTE → DCE
4	DTR	Data Terminal Ready (Terminal de Datos Preparado)	DTE → DCE
5	GND	Signal Ground (Señal de tierra)	

6	DSR	Data Set Ready (Enlace de datos preparado)	DCE → DTE
7	RTS	Request To Send (Solicitud de envío)	DTE → DCE
8	CTS	Clear to Send (Libre para enviar)	DCE → DTE
9	RI	Ring Indicator (Detección de timbrado)	DCE → DTE

Distribución de señales en el conector DB9.

EL CONECTOR RJ11

En la Figura 3.2.10 se observa el conector RJ11 utilizado para la comunicación serial en la balanza.

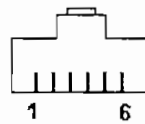


Fig. 3.2.10 VIs del puerto serie

PIN	SIGLAS	DESCRIPCION	DIRECCION
1	RXA	Receiv Data (Datos recibidos)	DTE → DCE
2	Case GND	Señal de tierra	
3	CTS	Clear to Send (Libre para enviar)	DCE → DTE
4	RTS	Request To Send (Solicitud de envío)	DTE → DCE
5	Signal GND	Señal de tierra	
6	TX	Transmit Data (Datos transmitidos)	DCE → DTE

Distribución de señales en el conector RJ11.

VIs para manejo del puerto serie.

LabVIEW dispone de VIs para el manejo del puerto serial de acuerdo a las necesidades del programador. En general existen tres niveles de VIs:

- 1) EASY VIs o VIs fáciles. Son aquellos en los que no se necesita configurar demasiados parámetros del VI para que realice su labor. Normalmente estos VIs necesitan de un solo ícono para realizar todo el trabajo, ya que tienen incorporados los parámetros necesarios para su funcionamiento y requieren de pocas conexiones. La desventaja de estos VIs es que son muy limitados cuando se requiere un mayor control sobre los dispositivos y, en ocasiones, dependiendo de la aplicación pueden llegar a ser demasiado lentos.

- II) VIs intermedios. Son usados cuando se requiere velocidad y mayor eficiencia. Estos VIs ofrecen un mayor control sobre los diversos parámetros de configuración, mayor control de errores y mayor funcionalidad del hardware. Para que funcionen, requieren de otros elementos extras y un mayor número de conexiones. Estas herramientas son las más usadas.
- III) VIs avanzados. Permiten un mejor control del hardware pero para su utilización requieren de un mayor nivel de conocimiento en la programación tanto de LabVIEW como del dispositivo físico.

Para utilizar los VIs que manejan el puerto serie se debe acceder desde el diagrama de bloques a la **paleta de funciones**, al submenú **Instrument I/O**, submenú **Serial**, como se muestra en la Figura 3.2.11

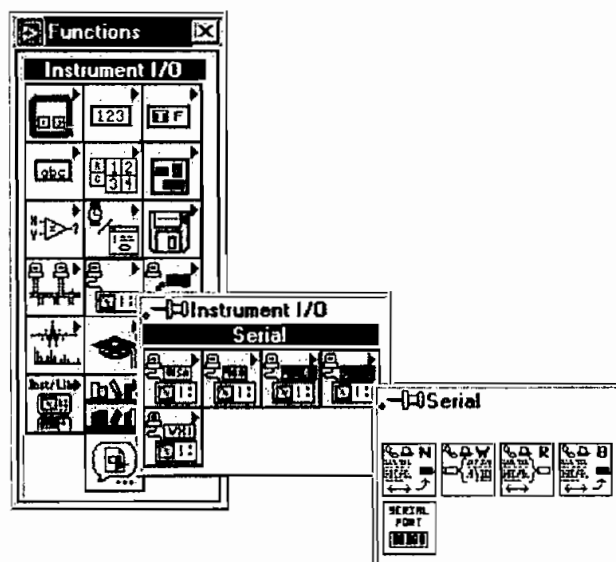


Fig. 3.2.11 VIs del puerto serie

Para utilizar el puerto serie se deben realizar los siguientes pasos:

- Configuración: Se inicializa el puerto de acuerdo a los parámetros de comunicación requeridos. Esta tarea se debe realizar una sola vez, al inicio del programa, mientras no se necesite cambiar las condiciones de la comunicación.

- Acceder al buffer del puerto, a través de los VIs apropiados, para realizar las lecturas (o escrituras) las veces que fueren necesarias.

A continuación se presenta una breve descripción de los VIs para el puerto serie:

Serial Port Init:

Se utiliza para configurar el puerto serie. Las opciones de configuración son:

- Tipo de protocolo para los buffer, en la entrada *flow control etc.*
- Tamaño del buffer de transmisión y del buffer de recepción, en la entrada *buffer size*.
- El número de puerto que se usará, en la entrada *port number*.
- La velocidad de transmisión en baudios, en la entrada *baud rate*.
- El número de bits de datos, en la entrada *data bits*.
- Número de bits de parada, en la entrada *stop bits*.
- El tipo de paridad a utilizarse, en la entrada *parity*.

Si existe algún error en el puerto, se genera un código de error por la salida *error code*.

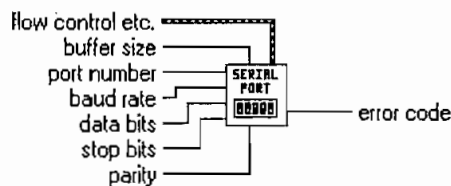


Fig. 3.2.12 Serial Port Init

Serial Port Read:

Lee el número de caracteres especificados por la entrada *requested byte count*, recibidos por el puerto serie definido por el terminal *port number*.

Los datos se devuelven por la salida *string read* en un formato de cadena de caracteres.

Si existe algún error de lectura, se genera el código correspondiente por la salida *error code*.

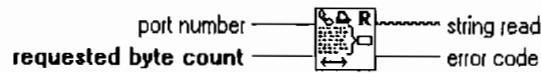


Fig. 3.2.13 Serial Port Read

Bytes at Serial Port:

Devuelve por la salida *byte count*, la cantidad de bytes que se encuentran almacenados en el buffer de entrada del puerto serie especificado por la entrada *port number*. Si existe error en la lectura del puerto, se genera el código correspondiente por la salida *error code*.

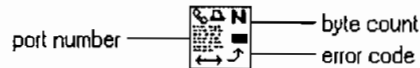


Fig. 3.2.14 Bytes at Serial Port

Serial Port Write:

Escribe la cadena de caracteres que se encuentra en la entrada *string to write* en el puerto seleccionado por la entrada *port number*. Si existe un error en la escritura en el puerto, se devuelve un código de error diferente de cero por la salida *error code*.



Fig. 3.2.15 Serial Port Write

3.2.2.e Manejo de tarjetas DAQ con LabVIEW

Una de las propiedades más importantes de LabVIEW es su habilidad para adquirir datos de casi todo tipo de dispositivos. LabVIEW contiene VIs que pueden controlar los siguientes dispositivos:

- Tarjetas de adquisición de datos insertables (DAQ).
- Instrumentos GPIB (IEEE488).
- Instrumentos VXI.

Se puede acceder a los diferentes VIs de adquisición de datos a través del menú **Data Acquisition** desde la paleta de funciones, en el diagrama de bloques, como se muestra en la Figura 3.2.16

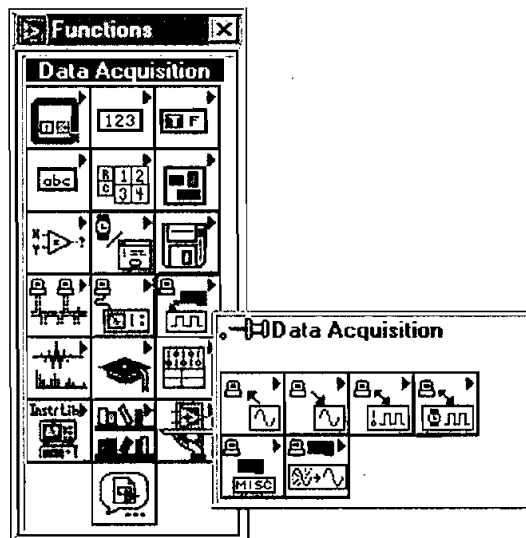


Fig. 3.2.16 VIs para adquisición de datos

En este menú se encuentran los íconos correspondientes a entradas y salidas analógicas, entradas y salidas digitales, temporización y conteo de eventos, así como otras opciones avanzadas. A continuación nos referiremos únicamente a las herramientas utilizadas en el presente trabajo.

Vis para manejo de tarjetas DAQ.

SEÑALES ANALÓGICAS:

En la tarjeta PC-LPM16PnP no se dispone de generación de señales analógicas, por lo que a continuación analizaremos únicamente los Vis utilizados en la adquisición de señales analógicas, los que se encuentran en la paleta *Analog Input*, como se muestra en la Figura 3.2.17.

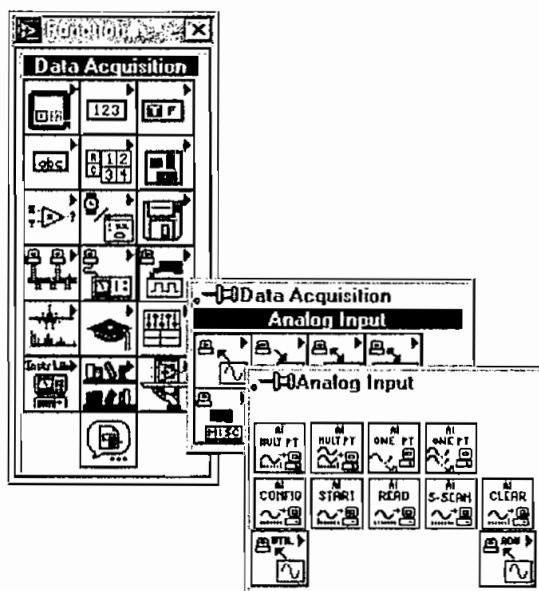


Fig. 3.2.17 Menú para adquisición de señales analógicas

Analog Input Config:

Configura una operación de entrada analógica, para un conjunto de canales especificado. Este VI configura el hardware y reserva espacio para el buffer de entrada.

Los parámetros de configuración más importantes son:

- Número del dispositivo DAQ con el que se realizará la adquisición y que fue asignado durante la instalación y configuración del mismo, por la entrada *device (1)*.

- Lista de canales de entrada analógicos por los cuales se desea realizar la adquisición, por la entrada *channels (0)*.
- Tamaño del buffer de almacenamiento de datos, cuando se realiza una adquisición continua, por la entrada *buffer size (1000 scans)*.

Una vez que este VI ha realizado la configuración del hardware, genera un número que identifica a la operación de adquisición por la salida *taskID*. Si existió algún error en la configuración, este es reportado por la salida *error out*.

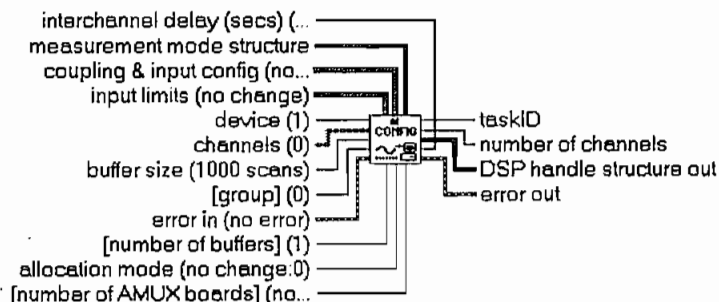


Fig. 3.2.18 AI Config.

Analog Input Single Scan:

Retorna una lectura de datos de un conjunto de canales analógicos inicializados por AI CONFIG y especificados por la entrada de identificación *taskID*. Si existió algún error durante la configuración, este error es comunicado al VI por la entrada *error in*. Los datos pueden ser leídos en la salida *scaled data* y son devueltos como un arreglo 2D.

Si se encuentran errores durante la adquisición, se reporta un código de error por la salida *error out*.

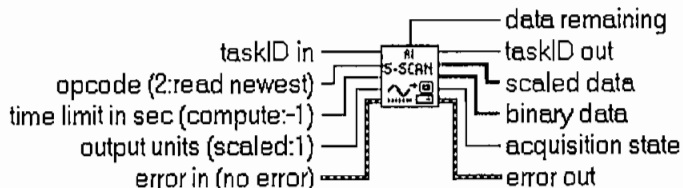


Fig. 3.2.19 AI S-SCAN

AI Clear:

Libera todos los recursos de hardware utilizados durante la adquisición de datos, incluyendo el buffer, asociados con el código de identificación de tarea *taskID in*.

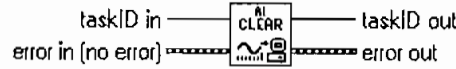


Fig. 3.2.20 AI CLEAR

SEÑALES DIGITALES:

La tarjeta PC-LPM16PnP puede realizar adquisición y generación de señales digitales. Para acceder a las herramientas apropiadas, se debe utilizar la paleta *Digital I/O*, como se muestra en la Figura 3.2.21.

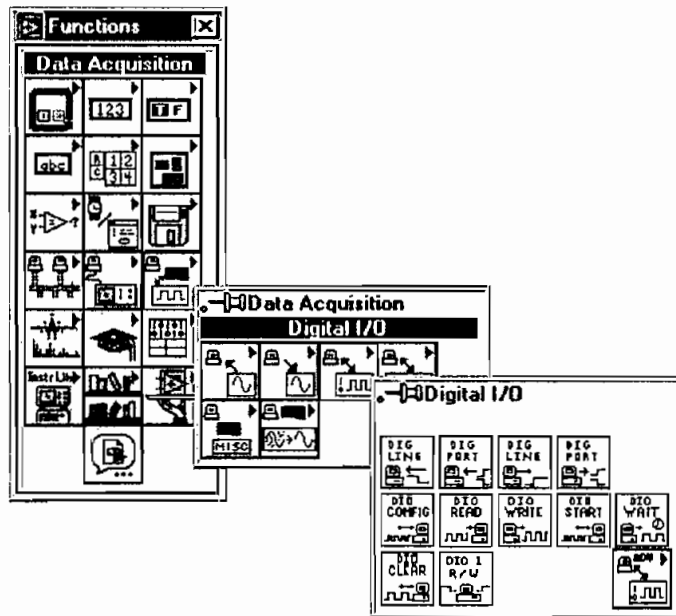


Fig. 3.2.21 Adquisición de señales digitales.

Las herramientas utilizadas fueron:

Read Form Digital Line:

Lee el estado lógico de una línea especificada en la entrada *line*, o de un canal digital previamente configurado y especificado en la entrada *digital channel*. La

lectura se realiza por medio de la tarjeta DAQ especificada por la entrada *device*. El valor leído se devuelve por la salida *line state*.

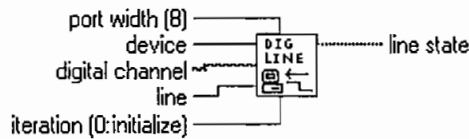


Fig. 3.2.22 Lectura del valor de una línea digital

Write to a Digital Line:

Coloca en la línea de salida digital definida por la entrada *line* o en al canal digital de salida previamente configurado y definido la entrada *digital channel*, el estado lógico alto o bajo según se la entrada *line state*. Esta operación de escritura se realiza sobre el dispositivo definido por la entrada *device*.

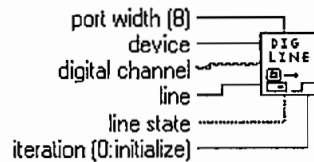


Fig3.2.23 Escritura de un valor en una línea digital

Write to Digital Port:

Escribe un patrón decimal especificado en la entrada *pattern*, en el canal digital definido por la entrada *digital channel*. La operación se realiza sobre el dispositivo definido por la entrada *device*.

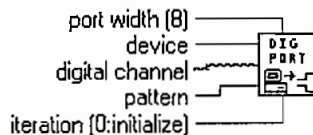


Fig. 3.2.24 Escritura en un puerto digital

CAPITULO 4

DISEÑO E IMPLEMENTACION DEL SISTEMA

CAPÍTULO 4: Diseño e Implementación del Sistema

Se desarrollará un sistema de adquisición de datos, basado en un computador personal, que permita el monitoreo y registro de las principales variables físicas y facilite el manejo del equipo experimental de microfiltración tangencial.

El sistema se basa en la utilización de una tarjeta de adquisición de datos, de la empresa National Instruments, que se inserta en una ranura de expansión de la computadora.

El procesamiento de los datos y la interfaz con el usuario se los realiza en ambiente Windows, utilizando el programa LabVIEW.

El diagrama de bloques del sistema desarrollado se observa en la Figura 4.1.

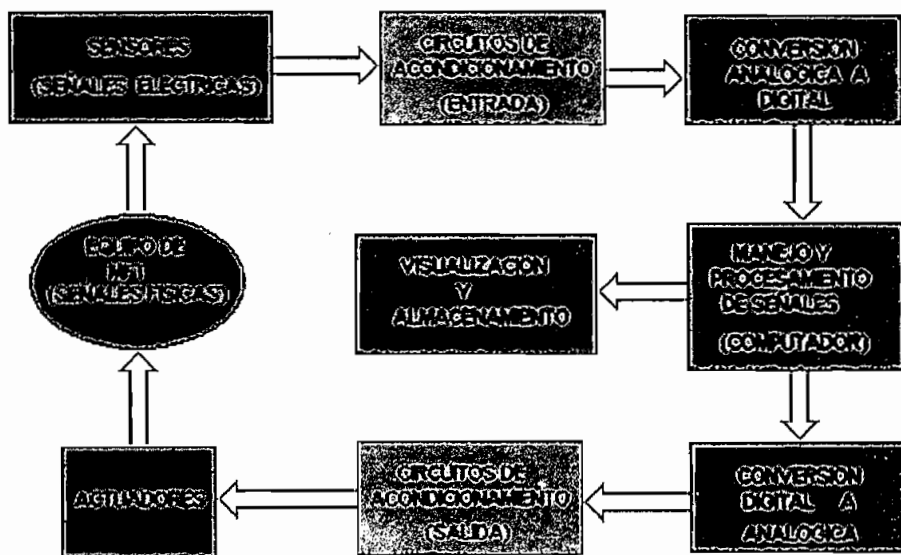


Fig. 4.1 Diagrama de bloques del sistema de adquisición de datos

La conversión analógica a digital de las señales es realizada por la tarjeta de adquisición de datos. Debido a que la tarjeta PC-LMP16PnP no posee salidas analógicas, la conversión digital a analógica será realizada por separado, al igual que los circuitos de acondicionamiento de señales tanto de entrada como de salida.

4.1 Diseño del sistema de adquisición de datos y control

4.1.1 ACONDICIONAMIENTO DE LA SEÑAL DEL SENSOR DE NIVEL DEL TANQUE DE ALIMENTACIÓN.

El SWITCH utilizado es un modelo 4700 de la empresa THOMAS PRODUCTS. Consta de una pequeña varilla que posee en la parte interior un elemento magnético que actúa como interruptor y una esfera de material magnético.

Dependiendo de la polaridad con que se elija la posición de la esfera, el interruptor puede estar abierto o cerrado cuando se alcanza el nivel inferior de la varilla. Esta señal debe comandar una electroválvula que permita el paso del líquido hacia el tanque de alimentación.

Debido a que se tiene un solo interruptor, se vigilará únicamente el nivel inferior y no el superior, por esto el tiempo que la electroválvula permanece abierta se controla mediante un programa en el computador.

Debido al flujo del jugo durante el proceso de filtración, en el tanque de alimentación se producen espuma y olas, las cuales interfieren el funcionamiento adecuado del interruptor. Para minimizar estas interferencias, así como el rebote mecánico del interruptor, se ha utilizado un comparador con Smith-Trigger como se muestra en la Figura 4.1.1

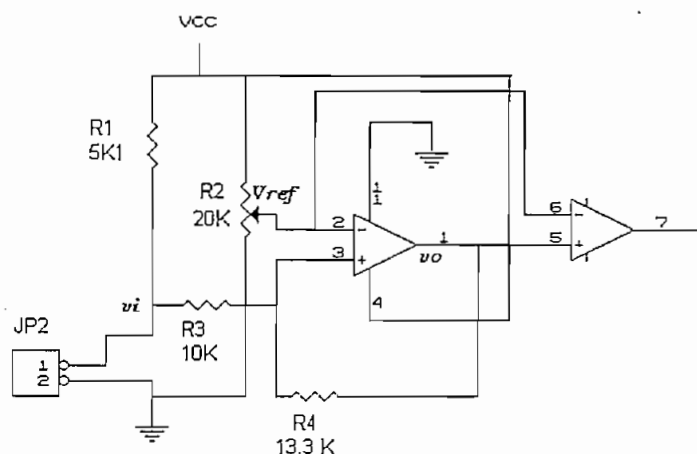


Fig. 4.1.1: Detección del nivel

En operación normal, cuando el nivel del líquido está por encima del mínimo requerido, el interruptor del sensor (JP2) se encuentra abierto, esto produce un nivel alto en la entrada positiva del comparador, por lo que a la salida del mismo se tiene también un nivel alto (v_o).

Como el voltaje de polarización es de 5v, se diseñó el comparador con una ventana de 3v como se muestra en la Figura 4.1.2.

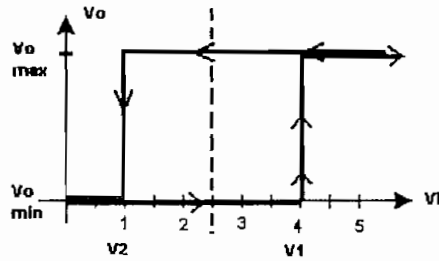


Fig. 4.1.2 Lazo de histéresis

Para el cálculo de los elementos se procede de la siguiente manera:

Aplicando una ecuación de nodos en v_+ se obtiene:

$$\frac{v_i - v_+}{R_3} + \frac{v_o - v_+}{R_4} = 0 \quad (\text{Ec. 4.1})$$

En el momento en que v_+ es mayor que V_{ref} el comparador conmuta hacia V_{cc} (+5v) y cuando es menor lo hace hacia 0v.

Por lo que si en la ecuación 4.1 $v_+ = V_{ref}$, despejando v_i se tiene:

$$v_i = V_{ref} \left(1 + \frac{R_3}{R_4} \right) - v_o \frac{R_3}{R_4} \quad (\text{Ec. 4.2})$$

Si:

$$v_i < V_1 \Rightarrow v_o = V_{\min}$$

$$v_i > V_1 \Rightarrow v_o = V_{\max}$$

Además:

El voltaje de histéresis es:

$$V_H = V_1 - V_2$$

El voltaje del centro es:

$$V_C = \frac{1}{2} (V_1 + V_2)$$

Reemplazando la ecuación 4.2 en V_H y V_C se tiene:

$$V_H = V_{Omax} \frac{R_3}{R_4} \quad (\text{Ec. 4.3})$$

$$V_C = V_{ref} \left(1 + \frac{R_3}{R_4} \right) - V_{Omax} \frac{R_3}{2R_4} \quad (\text{Ec. 4.4})$$

Se quiere que $V_H = 3\text{v}$ y $V_{Omax} = 5\text{v}$.

De las mediciones experimentales realizadas se determinó que $V_{Omax} = 4\text{v}$ aproximadamente, por lo que reemplazando esos valores en la Ec. 4.3 se tiene que:

$$\frac{R_3}{R_4} = \frac{3}{4}$$

Reemplazando estos valores en la ecuación 4.4 se obtiene que $V_{ref} = 2.28\text{v}$.

Sea: $R_3 = 10\text{K}\Omega$, por tanto $R_4 = 13.3\text{K}\Omega$. Se utiliza un potenciómetro de precisión de $20\text{K}\Omega$ para obtener este valor.

La señal obtenida por este circuito se envía a otro comparador positivo que me permitirá obtener el flanco negativo adecuado para disparar al circuito de temporización.

Debido a que la señal proveniente del interruptor será leída por el computador mediante la tarjeta DAQ y esta lectura se realiza a intervalos definidos por el usuario, se diseñó un circuito monoestable basándose en el LM555. Este circuito se dispara en cuanto detecta el primer pulso del comparador (que corresponde al primer pulso del interruptor cuando se está alcanzando el nivel mínimo) y permanece en un nivel alto durante aproximadamente 50 segundos (depende de C1 y R5). De esta manera se asegura que el computador será capaz de detectar solamente el primer pulso del interruptor e ignorará los siguientes.

Este circuito se muestra en la Figura 4.1.3.

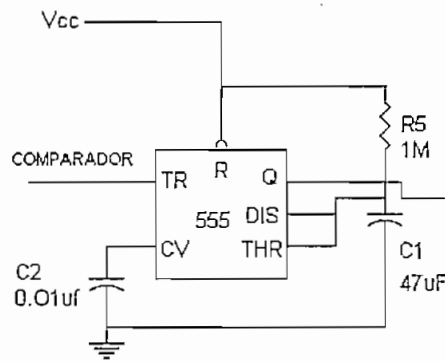


Fig. 4.1.3 Oscilador monoestable

Para el cálculo del tiempo del estado alto se emplea la siguiente ecuación:

$$t = 1.1 * R_5 * C_1 \quad (\text{Ec. 4.5})$$

Si $C_1 = 47 \mu\text{F}$, entonces:

$$R_5 = \frac{50}{1.1 * 47 * 10^{-6}}$$

Se tiene que: $R_5 = 967117 \Omega$

Entonces $R_5 = 1\text{M}\Omega$

El pulso generado por el LM555 es enviado al computador por medio de un circuito con optoacoplador para proteger la tarjeta DAQ, como se muestra en la Figura 4.1.4

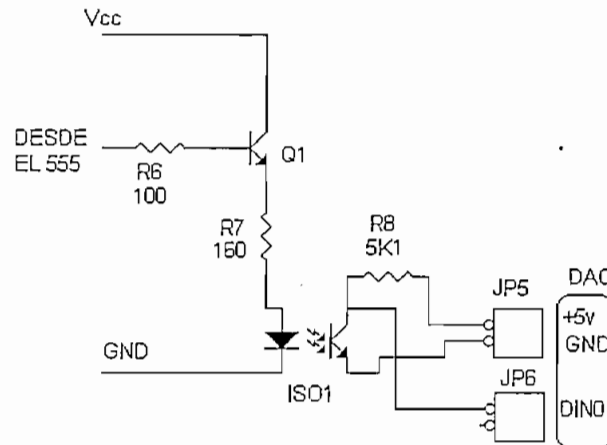


Fig. 4.1.4 Lectura de la señal de nivel

Para este acoplamiento se ha utilizado el ECG 3081, cuyas características son:

LED:

$I_f = 60 \text{ mA.}$

$V_{\text{reverso}} = 3 \text{ v.}$

TRANSISTOR:

Voltaje colector-emisor (V_{CEO}): 30 v

Corriente de colector (I_c): 100 mA

Frecuencia Típica: 100 KHz.

Para el manejo del optoacoplador se utiliza el transistor Q1 que es un 2N3904 con las siguientes características:

Corriente máxima de colector (I_c): 0.6 A.

Frecuencia de operación (f_t): 300 MHz.

Ganancia de corriente (h_{FE}): 200 typ.

Voltaje colector – base (V_{CBO}): 75 v.

Voltaje colector – emisor (V_{CEO}): 40 v.

Voltaje base – emisor (V_{BE0}): 6 v

De las mediciones realizadas se determina que el voltaje en la base del transistor (a la salida del LM555) en nivel alto es 4v.

Entonces, de la malla de base se establece que:

$$-4 + I_B * R_6 + 0.7 + (I_B + I_C) * R_7 + 0.7 = 0$$

Se obtiene:

$$-2.6 + I_B * R_6 + I_B * R_7 + I_C * R_7 = 0$$

Sea $I_C = 15 \text{ mA}$

La mínima corriente de base para que el transistor se sature será:

$$I_{Bmin} = \frac{I_C}{\beta} = \frac{15 \text{ mA}}{200} = 0.75 \mu\text{A}$$

Entonces sea $I_B = 10 * I_{Bmin} = 0.75 \text{ mA}$ y $R_6 = 100 \Omega$

$$-2.6 + 0.75 * R_6 + 0.75 * R_7 + 15 * R_7 = 0$$

Y despejando R_7 :

$$R_7 = \frac{2.525}{15.75 \cdot 10^{-3}} = 160.31 \Omega$$

Por lo que se elige:

$R_7 = 160 \Omega$. Además se escoge $R_8 = 5.1 \text{ K}\Omega$

La corriente que circulará por la resistencia R_8 cuando el fototransistor se encuentre en saturación será:

$$I_{R8} = \frac{5 \text{ V}}{5.1 \text{ K}\Omega} = 0.9 \text{ mA}$$

Para la lectura de la señal del sensor de nivel, se utiliza la entrada digital DIN0 de la tarjeta DAQ. En condiciones normales, es decir cuando el nivel del líquido es superior al mínimo requerido, en la entrada DIN0 se tiene un nivel lógico alto.

4.1.2 ACCIONAMIENTO DE LA ELECTROVÁLVULA DE CONTROL DEL NIVEL DEL TANQUE.

Cuando se ha detectado que el nivel del líquido ha descendido hasta el límite inferior, se activa durante un tiempo determinado la electroválvula EV1. Una vez que ha transcurrido ese tiempo, la válvula es apagada hasta la siguiente vez y para esto se utiliza la salida digital DOUT1 de la tarjeta DAQ.

Para proteger de transitorios la salida de la tarjeta DAQ, se ha utilizado un optoacoplador como se muestra en la Figura 4.1.5

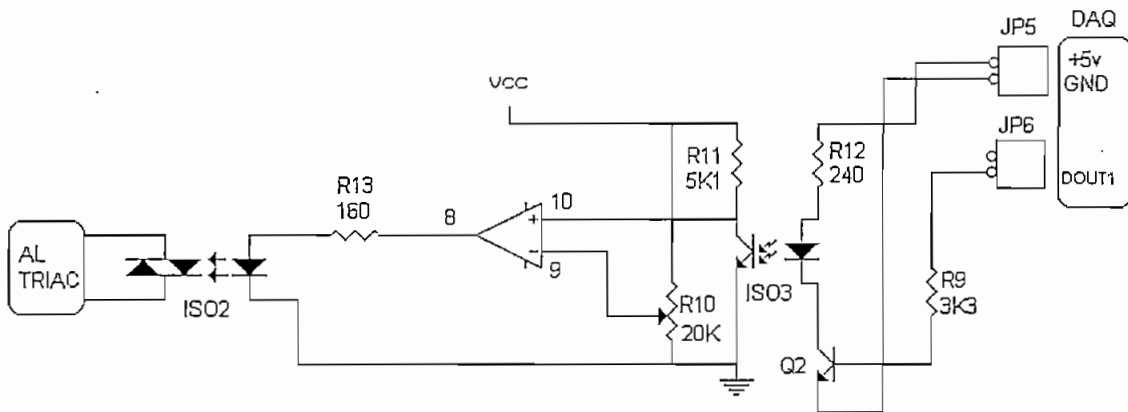


Fig 4.1.5 Circuito de disparo de la electroválvula

Se utiliza el ECG 3081, cuyas características se mencionaron anteriormente.

Como la corriente que puede circular por el diodo es 60 mA, tomemos $I_c = 20 \text{ mA}$, entonces:

$$R_{12} = \frac{5v}{20mA} = 250\Omega$$

Por lo que se elige $R_{12} = 240 \Omega$

Para polarizar al led se utiliza un transistor 2N3904.

La corriente de base mínima necesaria para que el transistor se sature es:

$$I_{B(min)} = \frac{40mA}{200} = 0.2mA$$

Considerando que la caída de voltaje en la juntura base - emisor es de 0.8 v, tenemos:

$$I_B = \frac{4.2v}{R_9}$$

Además : $I_B > I_{B(min)}$, entonces:

$$R_9 < 21 K\Omega$$

Tomamos: $R_9 = 3.3 K\Omega$.

El valor de R_{11} se elige igual que el de R_8 , esto es $R_{11} = 5.1K\Omega$.

La salida del transistor 3081 se envía a un comparador, el que será el encargado de manejar la etapa de potencia.

En operación normal, es decir cuando el nivel del líquido es mayor que el mínimo (la electroválvula EV1 se encuentra apagada), existe un nivel alto en la salida DOUT1 de la tarjeta DAQ. El transistor Q2 se encuentra en saturación por lo que el led se encuentra encendido y el fototransistor se encuentra en saturación, de modo que en la entrada positiva del comparador se tiene 0v.

La entrada negativa del comparador se encuentra en un nivel de referencia de 2v mediante un potenciómetro R_{10} de 20 $K\Omega$, para evitar falsos disparos.

Con las condiciones anteriores, en la salida del comparador se tiene 0v. Cuando se desea que EV1 se encienda, se coloca un nivel bajo (0v) en la salida DOUT1, por lo que a la salida del comparador se tienen aproximadamente 5v.

A la salida del comparador se encuentra un optotriac (ISO2), con detección de cruce por cero, el que se encargará de controlar el encendido del triac principal además de aislar el circuito de control de la etapa de potencia, como se muestra en la Figura 4.1.5.

El optotriac utilizado es el MOC3031 o su equivalente el ECG3049, cuyas características son las siguientes:

Voltaje de aislamiento: 7500v
 Consumo total de potencia: 330mW

LED:

Corriente directa máxima (I_F): 50 mA.
 Voltaje reverso (V_R): 3v.

TRIAC:

V_{DRM} : 250v.
 I_T RMS: 100 mA.
 I_{FT} : 15 mA.
 I_{HOLD} : 0.1 mA.

El control de la electroválvula se muestra en la Figura 4.1.6.

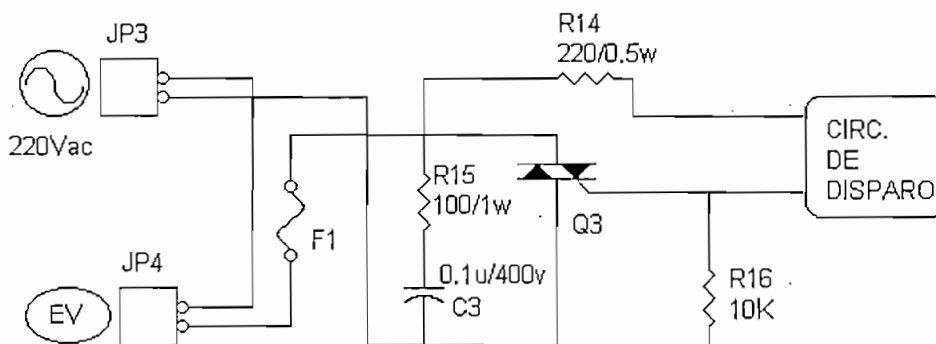


Fig. 4.1.6 Circuito de encendido de la electroválvula

Para el encendido de la electroválvula se utiliza el triac ECG5609 (Q3), con las siguientes características:

Corriente directa máxima (I_T RMS): 8A.
 V_{RRM} DC or Peak: 600v.
 I_{GT} min (4 cuadrantes): 10 mA.

V_{GT} max:	2.5v.
I_{HOLD} min:	15 mA.
V_{on} max:	1.5v.
dv/dt (Typ):	25 V/ μ s.

Para el diseño del circuito de disparo se procede de la siguiente manera:

Como la máxima corriente que debe circular por el LED del optotriac es 50 mA, entonces sea $I_{R13} = 30\text{mA}$.

$$R_{13} = \frac{5\text{v}}{30\text{mA}} = 166\Omega$$

Tomamos $R_{13} = 160\Omega$

Cuando conduce el optotriac, la corriente debe ser mayor que la corriente de disparo mínima del triac.

Como I_{GT} min = 10 mA, entonces sea $I_{R14} = 27$ mA y como en el momento en el que el triac se dispara el voltaje entre sus terminales es pequeño, debido al detector de cruce por cero, consideremos $V_{TRIAC} = 6\text{v}$.

$$R_{14} = \frac{V_{TRIAC}}{I_{R14}} = \frac{6\text{v}}{27\text{mA}} = 222.22\Omega$$

Por lo que tomamos $R_{14} = 220 \Omega$

Mientras el triac se encuentra conduciendo, el voltaje sobre R_{14} es aproximadamente cero.

La potencia que se disipará en la resistencia R_{14} se calcula como:

$$P_{R14} = I_{R14}^2 * R_{14}$$

$$P_{R14} = (27\text{mA})^2 * 220\Omega$$

$$P_{R14} = 0.16 \text{ w}$$

Entonces se elige R14 con una potencia de disipación de 0.5w.

Adicionalmente se incorpora una red dv/dt, para protección del triac y para evitar falsos disparos. Para el cálculo de esta red se utiliza la siguiente fórmula¹:

$$\frac{dv}{dt} = \frac{0.63V_{FOM}}{\tau}$$

Para este caso $V_{FOM} = 220 \text{ v}$, por lo que:

$$\tau = \frac{0.63 * V_{FOM}}{dv/dt}$$

Consideremos por seguridad un $dv/dt = 20 \text{ v}/\mu\text{s}$, que es menor al nominal.

$$\tau = \frac{0.63 * 220\text{v}}{20 \text{ v}/\mu\text{s}} = 6.93 \mu\text{s}$$

Sabemos además que:

$$\tau = R_L * C_3$$

Siendo R_L , la resistencia de la carga. En este caso, basándose en las mediciones realizadas, se determina un valor de R_L de 600Ω .

$$C_3 = \frac{\tau}{R_L} = \frac{6.93 \mu\text{s}}{600\Omega} = 0.02 \mu\text{F}$$

Entonces sea $C_3 = 0.1 \mu\text{F}$.

Para la resistencia R_{15} se emplea la siguiente fórmula²:

$$R_{15} = \sqrt{\frac{V}{(di/dt)_{max} * C_3}}$$

No se tiene el valor di/dt proporcionado por el fabricante del triac, pero para este tipo de elementos regularmente se asume un $di/dt = 50 \text{ A}/\mu\text{s}$.

Por seguridad, para los cálculos se toma $di/dt = 40 \text{ A}/\mu\text{s}$.

$$R_{15} = \sqrt{\frac{220}{40 \text{ A}/\mu\text{s} * 0.1 \mu\text{F}}} = 7.42 \Omega$$

Esto nos dice que cualquier resistencia pequeña nos dará un resultado satisfactorio, por lo que se toma: $R_{15} = 100 \Omega$, para limitar la corriente máxima por el capacitor.

Se conoce que:

$$X_c = \frac{1}{2\pi f C_3}$$

A una frecuencia de 60 Hz, se tiene:

$$X_c = \frac{1}{2\pi 60 * 0.1 \mu\text{F}} \approx 26 \text{ K}\Omega$$

Se conoce además que la energía almacenada en C_{13} es:

$$W_c = \frac{1}{2} * C * \hat{V}^2$$

Entonces :

¹ Industrial Electronics, Design and Application - Charles A. Davis. Pág. 123

² Industrial Electronics, Design and Application - Charles A. Davis. Pág. 125

$$W_c = \frac{1}{2} * 0.1 * 10^{-6} * (\sqrt{2} * 220)^2 = 0.00484$$

Además:

$$P = W_c * T$$

Con $T = 2f$, se tiene:

$$P = 0.58 \text{ w}$$

Que será la potencia disipada por R_{15} cuando C_3 se descargue.

Por ello se elige R_{15} de 100Ω y 1w.

4.1.3 ACONDICIONAMIENTO DE LA SEÑAL DEL SENSOR DE TEMPERATURA.

Para realizar mediciones de temperatura remotas, el fabricante recomienda el circuito de la Figura 4.1.7, con el cual se tiene un error típico de $0.5\text{ }^\circ\text{C}$ y el máximo de $1\text{ }^\circ\text{C}$ si el circuito se encuentra calibrado a $25\text{ }^\circ\text{C}$.

El circuito está calibrado cuando se mide un voltaje de 2.982v a $25\text{ }^\circ\text{C}$.

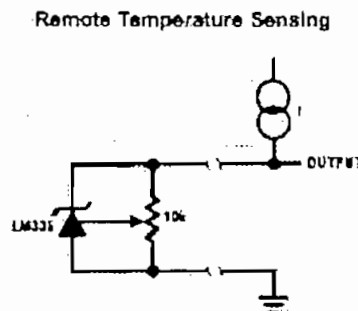


Fig. 4.1.7 Circuito del sensor de temperatura

Con el circuito propuesto es posible realizar mediciones correctas de temperatura hasta una distancia máxima de 400 pies (122 m) si se utiliza un conductor 24 AWG o hasta 4000 pies (1220 m) si se utiliza un conductor 14 AWG.

La fuente de corriente para el sensor de temperatura se diseñó y construyó basándose en un transistor 2N3702 (ECG 290A).

Las principales características de este transistor se enumeran a continuación:

Corriente máxima de colector (I_C):	0.5 A.
Frecuencia de operación (f_t):	120 MHz.
Ganancia de corriente (h_{FE}):	100 min.
Voltaje colector – base (V_{CBO}):	100 v.
Voltaje colector – emisor (V_{CEO}):	80 v.
Voltaje base – emisor (V_{BE0}):	5 v

Se utiliza además un diodo Zener ECG5007A que posee las siguientes características:

V_Z : 3.9 v \pm 5%.

P_D : 0.5 watt.

En la Figura 4.1.8 se puede observar el circuito correspondiente a la fuente de corriente.

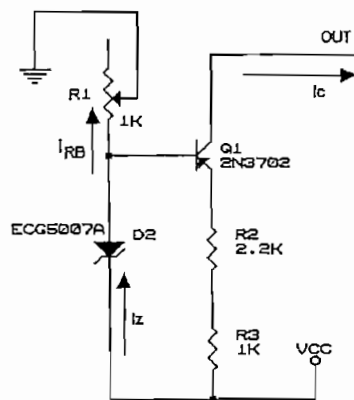


Fig. 4.1.8 Fuente de corriente.

Como el LM135 puede operar sobre un rango de 400 μ A hasta 5 mA sin variaciones en el rendimiento, para el diseño se asume una corriente de 1 mA.

Sean $I_C = 1$ mA, $I_Z = 20$ mA y $V_{CC} = 12$ v.

$$V_{RB} = 12 \text{ v} - 3.9 \text{ v} = 8.1 \text{ v.}$$

Como $I_C \approx I_E$, entonces:

$$I_B = \frac{I_C}{\beta}$$

$$I_B = \frac{1mA}{100} = 10\mu A$$

$$I_Z = I_{Zmin} + I_B = 20 \text{ mA} + 10 \mu A$$

$$I_Z = 20.01 \text{ mA}$$

Si: $I_{RB} = I_{Zmin}$, entonces:

$$R_1 = \frac{V_{R1}}{I_{R1}} = \frac{8.1V}{20mA}$$

Por lo que resulta: $R_1 = 405\Omega$, entonces utilizamos un potenciómetro de $1K\Omega$.

Como: $V_E = 3.9 \text{ v} - 0.7 \text{ v} = 3.2 \text{ v}$, entonces:

$$R_E = \frac{V_E}{I_E} = \frac{3.2V}{1mA}$$

Entonces: $R_E = 3.2 K\Omega$.

Se utilizan dos resistencias: R_2 de $2.2K\Omega$ y R_3 de $1K\Omega$ en serie.

Como el voltaje de salida del sensor se encuentra dentro del rango de lectura de la tarjeta y es completamente lineal, esta señal es enviada directamente a la entrada analógica ACH0.

Adicionalmente en la tarjeta se ha incluido un led que indicará si existe la señal de polarización de la fuente, el circuito se muestra en la Figura 4.1.9.



Fig. 4.1.9 Indicador de polarización

La corriente que pasa por la resistencia R5 se calcula como:

$$I_1 = \frac{12v - 2.4v}{5.1K\Omega} = 1.9mA$$

4.1.4 ACONDICIONAMIENTO DE LA SEÑAL DEL SENSOR DE PRESIÓN.

Cuando se aplica en las entradas de polarización del sensor de presión 10 voltios, en la salida se obtiene un voltaje entre 1 y 5 voltios que es proporcional a la presión medida.

Para polarizar el sensor de presión con 10 voltios, se utiliza el circuito mostrado en la Figura 4.1.10.

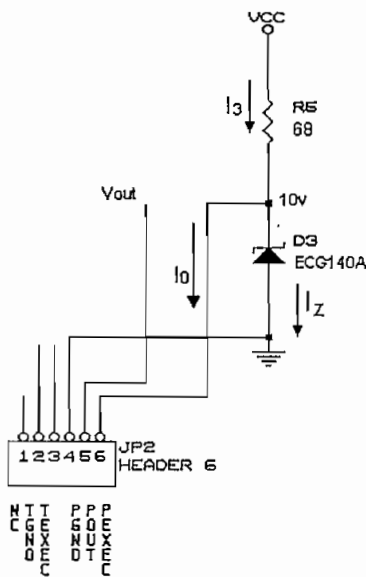


Fig. 4.1.10 Polarización del sensor de presión.

Se utiliza el ECG140A, que es un diodo Zener con las siguientes características:

V_Z : 10 v.

P_D : 1 Watt.

De acuerdo al manual del fabricante, la corriente máxima que consume el sensor de presión es 10 mA.

Si asumimos que la corriente necesaria para polarizar al Zener es 20 mA, entonces la corriente que debe circular por R5 se calcula como:

$$R_5 = \frac{12v - 10v}{30mA} = 66.67\Omega$$

Por lo que se toma $R_5 = 68\Omega$.

De las mediciones experimentales se determinó que la corriente máxima que consume la fuente de corriente es 21 mA, por lo que:

$$I_{FUENTE} = 21 \text{ mA} + 30 \text{ mA} + 1.9 \text{ mA}$$

$I_{FUENTE} = 52.9 \text{ mA}$; que es la corriente exigida a la fuente de 12 V de la tarjeta DAQ.

La salida del sensor de presión se lee directamente utilizando el canal analógico ACH1 de la tarjeta DAQ.

4.1.5 DETECCIÓN DE LA POSICIÓN DE LAS VÁLVULAS DE CONTROL DE PRESIÓN Y TEMPERATURA.

Como este circuito es el mismo para ambos casos, nos limitaremos al análisis del circuito correspondiente a la válvula de presión.

Para conocer la posición de la válvula se utiliza un potenciómetro lineal de precisión de 100Ω acoplado al engranaje de accionamiento de la misma.

La determinación de la posición es necesaria para poder controlar los límites entre los cuales la válvula puede ser abierta o cerrada con seguridad. Esta posición se conoce por la medición del voltaje que existe en la base de un transistor como se

muestra en la Figura 4.1.11 Este valor de voltaje es ingresado al computador por la entrada analógica ACH2 de la DAQ y luego es interpretado en el programa principal.

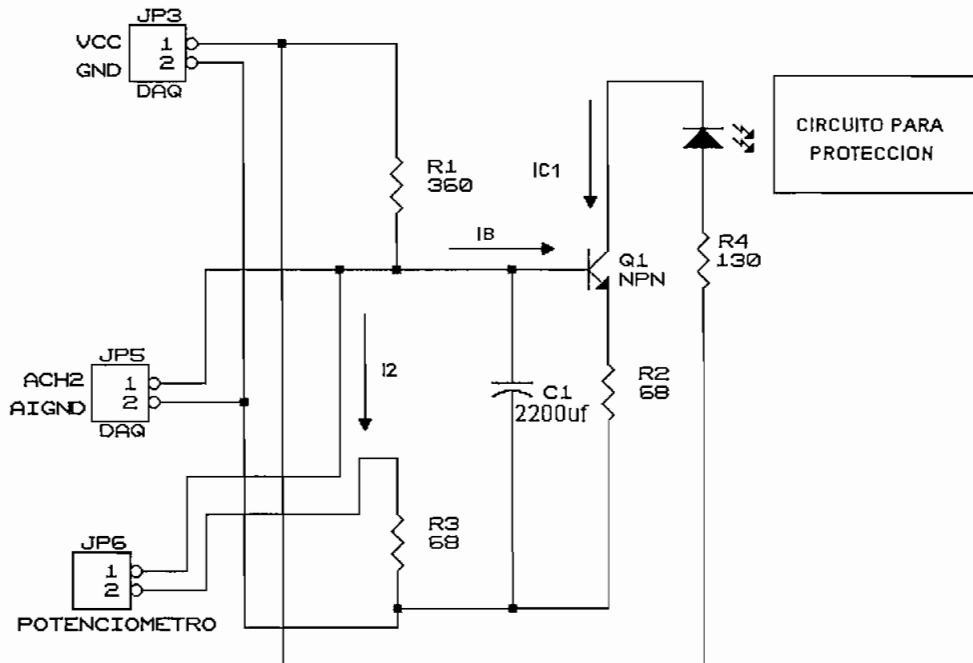


Fig. 4.1.11 Lectura de la posición de la válvula

De las pruebas realizadas con el equipo se determinó que cuando existe algún problema con el software se pierde temporalmente el control del giro del motor, pudiendo este quedar detenido o continuar girando indefinidamente hasta alcanzar (y posiblemente sobrepasar) la apertura o cierre total de la válvula. Para remediar este problema se diseñó un circuito de protección que se basa en la relación que existe entre la posición del potenciómetro y la cantidad de corriente que circula por el diodo del optoacoplador ECG8031, utilizado para proteger a la tarjeta DAQ.

Para el diseño se procede de la siguiente manera:

Debido a que la fuente de alimentación del transistor Q1 será la que posee la tarjeta DAQ, el consumo de corriente es un factor que debe ser minimizado. Q1 es un transistor 2N3904. Como la corriente máxima que puede circular por el LED

del optoacoplador es 60 mA, asumimos que la corriente de polarización que circulará por la LED será 15 mA.

Entonces se tiene:

$$\beta_{Q1} = 90 \text{ min.}$$

$$I_{C1} = 15 \text{ mA.}$$

$$I_B = \frac{I_C}{\beta} = \frac{15 \text{ mA}}{90} = 0.17 \text{ mA}$$

$$\text{Sea } V_{E1} = 1 \text{ v}$$

$$R_2 = \frac{1 \text{ v}}{15 \text{ mA}} = 66,7 \Omega$$

Entonces tomamos $R_2 = 68 \Omega$

$$\text{Sea: } I_2 = 10 \text{ mA.}$$

$$R_2 = \frac{V_{B1}}{I_2} = \frac{1.7 \text{ v}}{10 \text{ mA}} = 170 \Omega$$

Como: $R_2 = P_1 + R_3$ y $P_1 = 100 \Omega$, entonces $R_3 = 70 \Omega$.

Consideremos $R_3 = 68 \Omega$.

$$R_1 = \frac{(5 - 17) \text{ v}}{(10 + 0.17) \text{ mA}} = 325.5 \Omega$$

Entonces $R_1 = 360 \Omega$.

Si asumimos $V_{CE} = 2 \text{ v}$, entonces $V_C = 3 \text{ v}$.

$$R_4 = \frac{(5-3)V}{15mA} = 133.3\Omega$$

Entonces $R_4 = 130\Omega$.

Debido a la naturaleza mecánica del potenciómetro, durante las pruebas se pudo determinar que en ciertas regiones de giro del mismo se producían cambios significativos en el valor de voltaje leído. Se decidió incluir el capacitor C1, de 2200µf, con el objeto de evitar variaciones bruscas en el voltaje de base de Q1.

Conforme varía la corriente que circula por I_{c1} , también lo hace el voltaje de colector del transistor del ECG8031. Este voltaje será utilizado para operar el circuito de protección como se muestra en la Figura 4.1.12

El voltaje obtenido del optoacoplador, es comparado con dos límites que corresponden a los valores máximo y mínimo de apertura de la válvula de control de presión.

Cuando se sobrepasan dichos límites, las salidas de los comparadores activan uno de los transistores Q₂ o Q₃ (2N3904) los mismos que operan sobre el relé de desconexión de alimentación del motor de pasos, deteniéndolo.

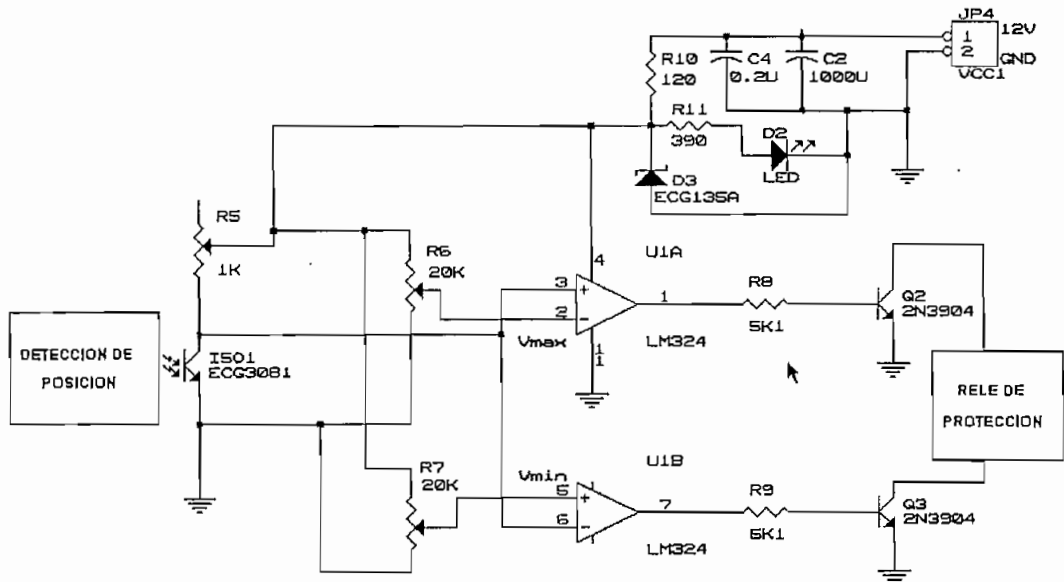


Fig 4.1.12 Circuito de control del relé de protección

Se conoce que:

$$h_{fe} = \frac{I_C}{I_F}$$

Para el ECG8031 esta relación es de aproximadamente 1.66, entonces:

$$I_{C2} = h_{fe} * I_{C1}$$

$$I_{C2} = 1.66 * 15mA = 24.9mA$$

$$R_{5(min)} = \frac{5V}{24.9mA} = 200.8\Omega$$

El valor de R_5 se debe calibrar para tener el mayor rango de variación del voltaje de colector teniendo en cuenta una resistencia mínima de 200Ω . Por este motivo se utiliza para ello un potenciómetro de $1K\Omega$. En el circuito utilizado, este valor fue de aproximadamente 814Ω .

Tanto R_6 como R_7 se han escogido como potenciómetros de $20K\Omega$. Con el potenciómetro R_6 se fija el valor del voltaje máximo de comparación y con R_7 el del voltaje mínimo. Estos valores de calibración dependerán de la posición máxima y mínima de apertura que se quiera dar a la válvula.

Los transistores Q_2 y Q_3 operan en corte y saturación dependiendo de las señales que les entrega el circuito LM324 que funciona como un comparador. Cuando se supera alguno de los dos límites uno de los transistores se encuentra en cortocircuito permitiendo que se active el relé, como se muestra en la Figura 4.1.13

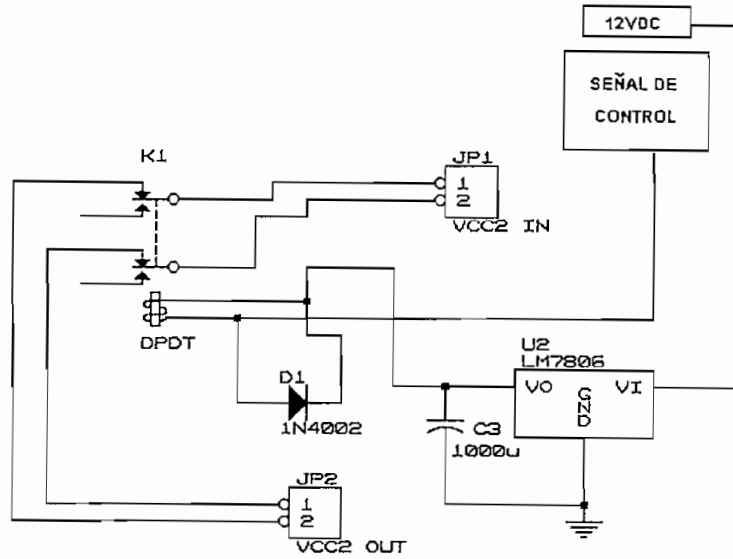


Fig. 4.1.13 Circuito de protección de las válvulas

Debido a que el relé utilizado trabaja con 6 voltios, se polariza a todo el circuito con una fuente de 12 voltios. Para obtener los 6 voltios necesarios para el relé, se utiliza un regulador LM7806 cuyo rango de voltaje de entrada está entre 8v y 35v con una capacidad de corriente de 1 A y una potencia de disipación de 15w. Para los elementos que necesitan 5v de polarización, se utiliza un regulador con diodo Zener de 5.1v. Este circuito se muestra en la Figura 4.1.14

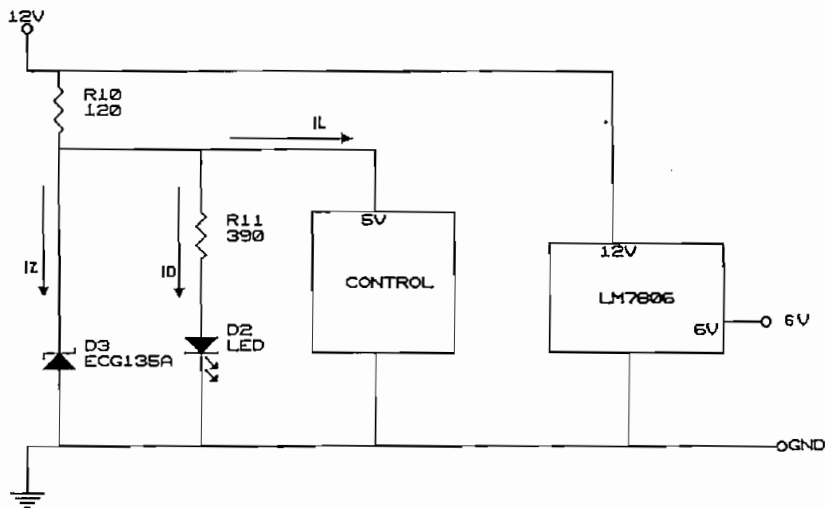


Fig. 4.1.14 Fuentes para los diferentes circuitos

Para el cálculo de la resistencia R_{10} se procede de la siguiente manera:

El Zener utilizado es el ECG135A, que posee las siguientes características:

Voltaje = $5.1\text{v} \pm 5\%$

Potencia = 1W.

Experimentalmente se determina que la corriente consumida por el circuito de control es menor o igual a 28 mA.

Además se incluye un circuito de señalización, conformado por la resistencia R_{11} y el diodo D_2 , que indica que el circuito de protección se encuentra en funcionamiento.

En la Figura 4.1.14 se hacen las siguientes consideraciones:

$I_{L\max} = 30\text{ mA}$.

$R_{11} = 390\Omega$.

$$I_D = \frac{5\text{v}}{390\Omega} = 12\text{mA}$$

$$I_L = I_{R10} - I_Z$$

Si: $I_{Z\max} \Rightarrow I_L = 0, I_D = 0$

$I_{R10} = I_{Z\max} \Rightarrow R_{10\min}$

$$I_{Z\max} = \frac{P_D}{V_Z} = \frac{1\text{W}}{5.1\text{v}} = 0.196\text{A}$$

$$R_{10\min} = \frac{(12 - 5.1)\text{v}}{0.196\text{A}} = 35.21\Omega$$

Si: $I_{Z\min} \Rightarrow I_{L\max}, I_D \neq 0$

$I_L = 30\text{ mA}, I_Z = 10\text{ mA}, I_D = 12\text{mA}$.

$$R_{10max} = \frac{(12 - 5.1)V}{(30 + 10 + 12)mA} = 132.69\Omega$$

Sea $R_{10} = 120\Omega$.

La potencia disipada en R_{10} es:

$$P_D = 120\Omega * (52 * 10^{-3}A)^2 = 0.32W$$

Entonces : $R_{10} = 120\Omega \frac{1}{2} W$.

4.1.6 Accionamiento de las válvulas de control de presión y de temperatura.

Para el accionamiento de las válvulas, tanto de temperatura como de presión, se utilizarán dos motores de pasos. El circuito de control es el mismo para ambos casos, por lo que solo se realizará el análisis de uno de ellos.

Los motores de pasos son ampliamente utilizados en sistemas mecánicos de posicionamiento controlados digitalmente. Son más económicos, seguros y fáciles de controlar que la mayoría de los motores, no requieren mantenimiento y pueden trabajar en ambientes difíciles.

Básicamente el motor de pasos es un motor sincrónico creado para operar con un voltaje pulsante de entrada en lugar de un voltaje AC. El motor está diseñado para moverse un determinado ángulo con cada pulso de la señal de control aplicada. La polaridad y la secuencia de los pulsos que deben ser aplicados a las bobinas del motor están determinados por el diseño específico del fabricante.

Existen dos tipos de motores de pasos:

Los motores bipolares: Poseen solamente dos bobinas, por lo tanto se requiere que las mismas se polaricen positiva y negativamente en la secuencia adecuada,

para lograr el movimiento en la dirección deseada. Esto implica el uso de dos fuentes de voltaje y una circuitería más complicada.

Los motores unipolares: Poseen cuatro bobinas, por lo que para lograr su movimiento no es necesaria la utilización de una fuente positiva. Por lo anterior se puede suponer que el circuito de control es mucho más simple.

En la siguiente Figura se muestra el diagrama típico de un controlador de motores de pasos:

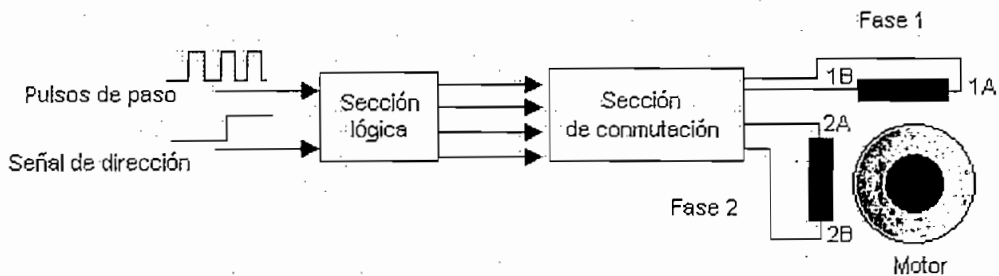


Fig. 4.1.15 Controlador de motores PAP.

El sistema consiste en una sección lógica que convierte las señales de pasos y de dirección en formas de onda adecuadas para controlar las secuencias de encendido y apagado de los interruptores de la sección de conmutación. Debido a la naturaleza digital del motor, esta sección puede ser implementada utilizando circuitos integrados TTL.

Los motores de que se dispone son unipolares y avanzan 1.8 grados por paso (200 pasos por revolución).

La manera más simple de controlar estos motores se muestra en la Figura 4.1.16.

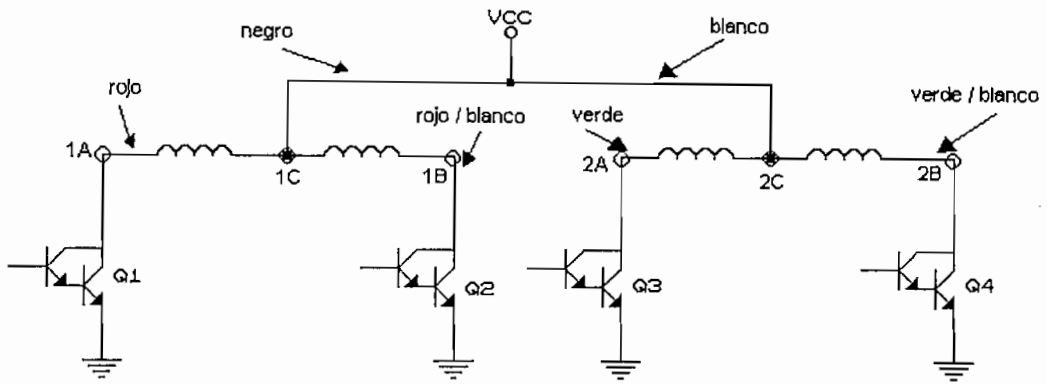


Fig. 4.1.16 Circuito de control de motores unipolares.

El motor se mueve un paso completo con cada pulso de reloj cuando ambos devanados se energizan al mismo tiempo, esto se conoce como el modo *full-step*.

El motor se mueve medio paso con cada pulso de reloj cuando se alterna la energización de los dos devanados con la de uno solo, esto se conoce como el modo *half-step*.

Los transistores Q1 a Q4 forman la sección de conmutación y actúan como interruptores en la secuencia apropiada para producir el movimiento deseado. Estas secuencias se muestran en la siguiente tabla.

	Q1	Q2	Q3	Q4	
1	OFF	ON	OFF	ON	FULL-STEP
2	OFF	ON	ON	OFF	
3	ON	OFF	ON	OFF	
4	ON	OFF	OFF	ON	
1	OFF	ON	OFF	ON	HALF-STEP
2	OFF	ON	OFF	OFF	
3	OFF	ON	ON	OFF	
4	OFF	OFF	ON	OFF	
5	ON	OFF	ON	OFF	
6	ON	OFF	OFF	OFF	
7	ON	OFF	OFF	ON	
8	OFF	OFF	OFF	ON	

CONTROL DE LOS MOTORES

Para el control de los motores de pasos se ha utilizado una configuración unipolar como la de la Figura 4.1.16 muy popular y de fácil implementación. Se denomina unipolar debido a que un momento dado, solo una de las mitades de cada devanado conduce corriente.

Debido a que las secuencias de conmutación de los transistores en cualquiera de los modos son cíclicas, se pueden usar flip-flops o registros de desplazamiento.

Considerando la secuencia de conmutación del modo *full-step*, tenemos:

Q4	Q3	Q2	Q1	ESTADO
1	0	1	0	4
0	1	1	0	3
0	1	0	1	2
1	0	0	1	1

De esta tabla se puede concluir que tanto Q1 y Q2 así como Q3 y Q4 no pueden encenderse al mismo tiempo.

Si intercambiamos Q4 por Q1 tenemos:

Q1	Q3	Q2	Q4	ESTADO
0	0	1	1	4
0	1	1	0	3
1	1	0	0	2
1	0	0	1	1

Si ahora consideramos la tabla de verdad de un registro de desplazamiento de 4 bits, tenemos:

A1	A2	A3	A4	ESTADO
1	0	0	1	1
1	1	0	0	2
0	1	1	0	3
0	0	1	1	4

Se concluye que el circuito de control se puede implementar fácilmente con un registro de desplazamiento.

Haciendo el mismo análisis para el caso *half-step*, tenemos:

Q1	Q3	Q2	Q4	ESTADO
0	0	1	1	1
0	0	1	0	2
0	1	1	0	3
0	1	0	0	4
1	1	0	0	5
1	0	0	0	6
1	0	0	1	7
0	0	0	1	8

La tabla anterior puede implementarse con dos registros de desplazamiento de 4 bits.

El circuito utilizado se realizó basándose en dos CI. 74194, que son registros de desplazamiento bidireccionales de 4 bits, como muestra en la Figura 4.1.17:

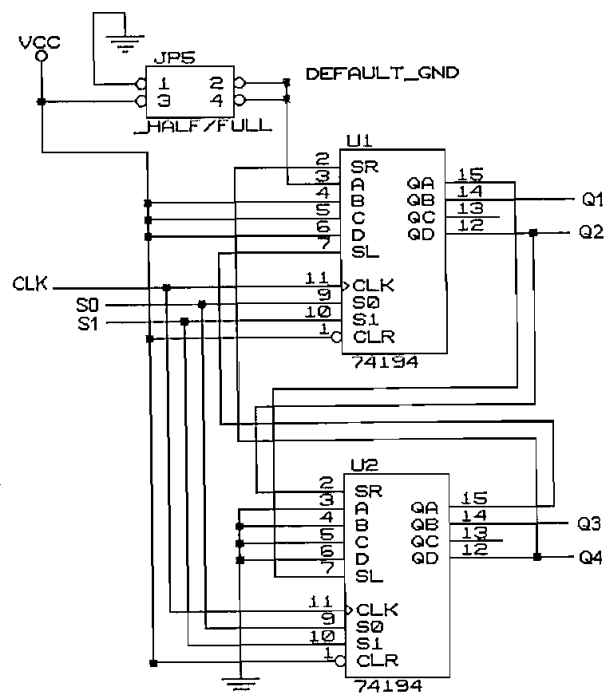


Fig. 4.1.17 Registros de desplazamiento.

Para analizar el funcionamiento de este circuito se presenta la tabla de verdad, con desplazamiento a la derecha, de los dos registros para el modo de trabajo *full-step*.

PRIMER REGISTRO										SEGUNDO REGISTRO												
A	B	C	D	SL	SR	Q _A	Q _B	Q _C	Q _D	A	B	C	D	SL	SR	Q _A	Q _B	Q _C	Q _D	S0	S1	CLR
1	1	1	1	*	*	0	0	0	0	0	0	0	0	*	*	0	0	0	0	*	*	0
1	1	1	1	*	*	1	1	1	1	0	0	0	0	*	*	0	0	0	0	1	1	1
1	1	1	1	*	0	0	1	1	1	0	0	0	0	*	1	1	0	0	0	0	1	1
1	1	1	1	*	0	0	0	1	1	0	0	0	0	*	1	1	1	0	0	0	1	1
1	1	1	1	*	0	0	0	0	1	0	0	0	0	*	1	1	1	1	0	0	1	1
1	1	1	1	*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	*	1	1	1	1	1	0	1	1
1	1	1	1	*	1	1	0	0	0	0	0	0	0	*	0	0	1	1	1	0	1	1
1	1	1	1	*	1	1	1	0	0	0	0	0	0	*	0	0	0	1	1	0	1	1
1	1	1	1	*	1	1	1	1	0	0	0	0	0	*	0	0	0	0	1	0	1	1
1	1	1	1	*	1	1	1	1	1	0	0	0	0	*	0	0	0	0	0	0	1	1

Tomando las salidas Q_B y Q_D de los dos registros de desplazamiento, se tiene:

PRIMER REGISTRO				SEGUNDO REGISTRO		ESTADO
QB		QD		QB	QD	
1	0	1	0	0	0	1
0	1	1	0	1	0	4
0	1	1	0	1	0	4
0	0	1	1	1	1	3
0	0	1	1	1	1	3
1	0	0	1	0	1	2
1	0	0	1	0	1	2
1	1	0	0	0	0	1

Realizando el mismo análisis para el modo *half-step*, se tiene:

PRIMER REGISTRO										SEGUNDO REGISTRO												
A	B	C	D	SL	SR	Q _A	Q _B	Q _C	Q _D	A	B	C	D	SL	SR	Q _A	Q _B	Q _C	Q _D	S0	S1	CLR
0	1	1	1	*	*	0	0	0	0	0	0	0	0	*	*	0	0	0	0	*	*	0
0	1	1	1	*	*	0	1	1	1	0	0	0	0	*	*	0	0	0	0	1	1	1
0	1	1	1	*	0	0	0	1	1	0	0	0	0	*	1	1	1	0	0	0	1	1
0	1	1	1	*	0	0	0	0	1	0	0	0	0	*	1	1	1	0	0	0	1	1
0	1	1	1	*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	*	1	1	1	1	0	0	1	1
0	1	1	1	*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	*	1	0	0	1	1	0	1	1
0	1	1	1	*	1	1	0	0	0	0	0	0	0	*	0	0	0	1	1	0	1	1
0	1	1	1	*	1	1	1	0	0	0	0	0	0	*	0	0	0	0	1	0	1	1
0	1	1	1	*	1	1	1	1	0	0	0	0	0	*	0	0	0	0	0	0	1	1
0	1	1	1	*	0	0	1	1	1	0	0	0	0	*	0	1	0	0	0	0	1	1

Tomando nuevamente las salidas Q_B y Q_D de los dos registros de desplazamiento, se tiene:

PRIMER REGISTRO		SEGUNDO REGISTRO		ESTADO
QB	QD	QB	QD	
0	1	0	0	8
0	1	1	0	7
0	0	1	0	6
0	0	1	1	5
0	0	0	1	4
1	0	0	1	3
1	0	0	0	2
1	1	0	0	1

Del análisis anterior se puede determinar que cualquiera de los dos modos de trabajo puede ser obtenido utilizando el mismo circuito, basta para ello solamente elegir adecuadamente el valor de carga inicial que se debe colocar en la entrada "A" del primer registro.

Para la obtención de las secuencias adecuadas en las bobinas de los motores, se intercambian los cables de las salidas de Q1 y Q4 modo que se tengan las siguientes conexiones:

- Q1 → verde-blanco
- Q2 → rojo-blanco
- Q3 → verde
- Q4 → rojo

Antes de iniciarse cada secuencia, los registros deben inicializarse en estados conocidos: Ello se realiza con la función de carga paralela poniendo las entradas S0 y S1 de ambos en 1 lógico. Esta inicialización debe realizarse mediante el software de control.

El sentido de giro del motor se elige por medio de las mismas entradas S0 y S1 de la siguiente manera:

- S0 = 0 y S1 = 1. Sentido horario
- S0 = 1 y S1 = 0. Sentido antihorario
- S0 = 0 y S1 = 0. No hay movimiento.

Se utiliza el modo *half-step* debido a que es el más utilizado en aplicaciones industriales pues proporciona una marcha más suave a bajas velocidades, no obstante que el modo *full-step* produce un torque más fuerte y uniforme. Esta selección se realiza por medio de JP5.

Cuando JP5 está en la posición 1-2 (A se encuentra en 0_L) se tiene el modo *half-step* y cuando JP5 está en la posición 3-4 (A se encuentra en 1_L) se tiene el modo *full-step*, como se muestra en la Figura 4.1.17.

Las salidas Q_B y Q_D de los dos registros de desplazamiento son enviadas a las entradas "B" de un 74157 que son 4 multiplexores de 2 a 1. Las entradas "A" se conectan directamente a tierra, como se muestra en la Figura 4.1.18.

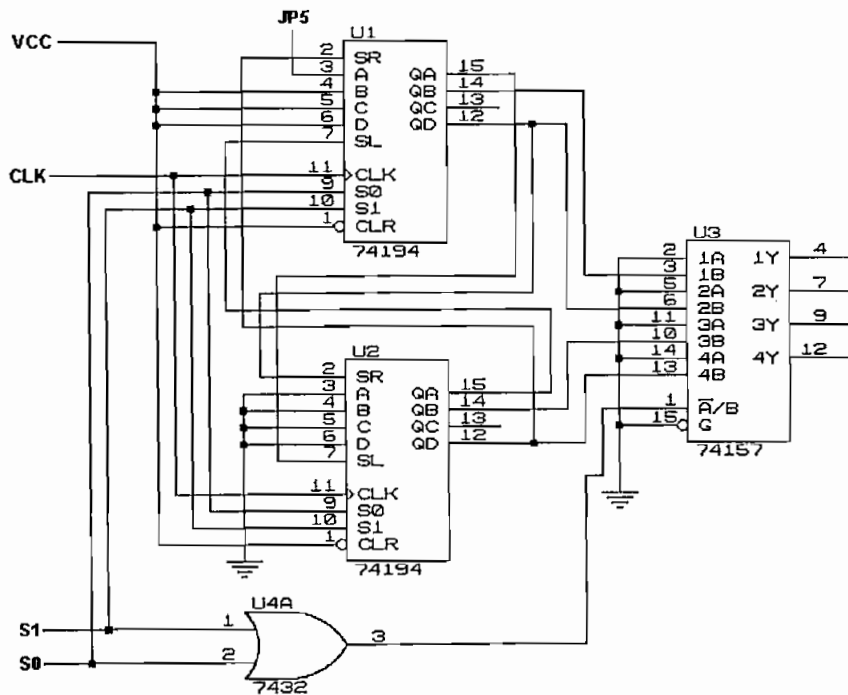


Fig. 4.1.18 Circuito de selección.

Para la combinación $S_0 = 0$ y $S_1 = 0$, en las que no hay movimiento, en la entrada de selección del 74157 se tiene un 0_L y para cualquier otro valor se tiene un 1_L .

Con un 0_L en la entrada de selección, en las salidas del 74157 se obtiene 0_L y para este valor, los transistores Q1 a Q4, de la etapa de conmutación, se encuentran en corte. De esta manera no circula corriente en los devanados de los motores previniendo el calentamiento innecesario que ocurriría sin la presencia de este circuito.

Para la sección de conmutación se emplean transistores Darlington en las regiones de corte y saturación, como se muestra en la Figura 4.1.19.

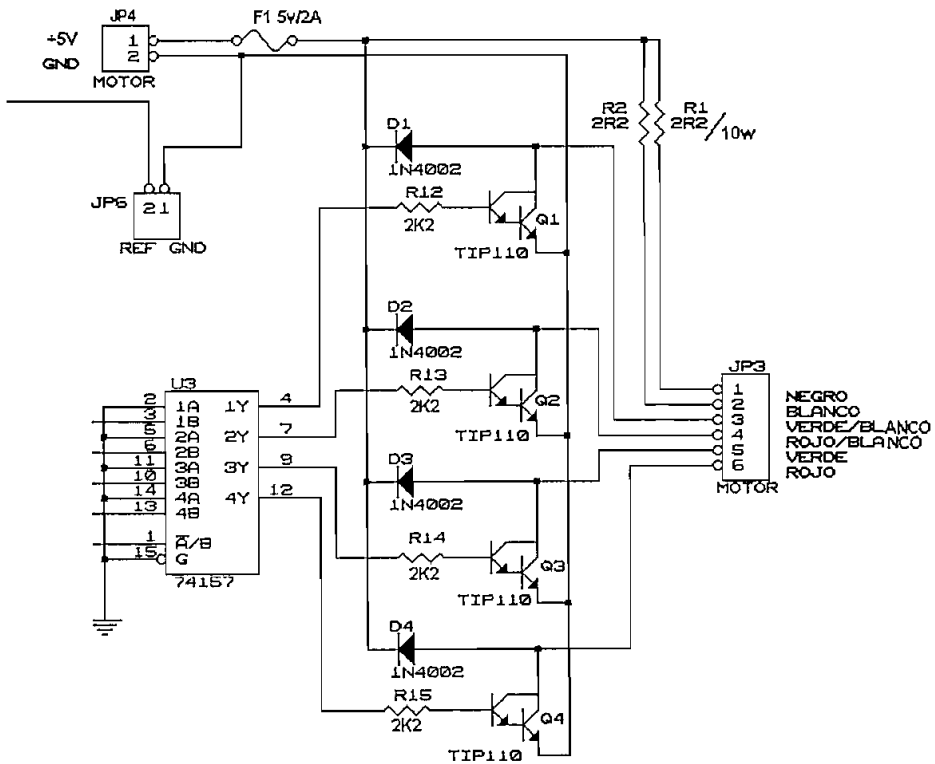


Fig. 4.1.19 Sección de conmutación.

Como no se tienen datos de los motores que se utilizan, se ha decidido polarizarlos con una fuente de 5v DC. La resistencia medida en las bobinas fue de 2.6Ω, por lo que cuando los transistores se encuentren en saturación por ellos circulará una corriente de 1,92 A.

Debido a las corrientes que circularán, se eligió los transistores TIP110 (ECG261), que entre sus principales características están las siguientes:

Voltaje colector emisor:	100v
Voltaje base emisor:	5v
Corriente de Colector máxima:	8A
Ganancia de corriente (h_{FE}):	1000 min.

Con el objeto de limitar a 1A las corrientes por las bobinas, se han colocado en serie con las mismas dos resistencias (R_1 y R_2) cuyos valores se calculan de la siguiente manera:

$$R_{1-2} = \frac{5v}{1A} = 5\Omega$$

Como las bobinas tienen una resistencia de $2,6\Omega$, entonces R_1 y R_2 deben ser de 2.4Ω y la potencia que disiparán se obtiene de:

$$P_{1-2} = \frac{(5v)^2}{5\Omega} = 5w$$

Se seleccionan las resistencias de $2,2\Omega$ y $10w$.

Como la corriente que circulará por colector de los transistores será de 1A, la corriente de base mínima necesaria para activarlos debe ser:

$$I_B = \frac{I_C}{h_{FE}} = \frac{1A}{1000} = 1mA$$

Si asumimos una corriente de 2mA, entonces las resistencias R_{12} a R_{15} se calculan de la siguiente manera:

$$R_{12-15} = \frac{5v}{2mA} = 2500\Omega$$

Por lo que se utilizan resistencias de $2,2K\Omega$.

Durante la conmutación, se producen transitorios en los devanados del motor en los períodos de apertura de los transistores. Para protegerlos, se utilizan los diodos D1 a D4.

Se ha elegido los diodos 1N4002 (ECG 116) cuyas principales características son:

Voltaje pico reverso: 600 v

Corriente directa promedio rectificadora: 1 A.

Durante las pruebas realizadas, se logró determinar que cuando el circuito de control pierde la secuencia adecuada, el motor se detiene y por el mismo circula una corriente cercana a 2 Amperios. Para proteger al motor en caso de corrientes de falla mayores, se coloca un fusible F1 de 2 A.

La señal de reloj para el circuito de control se la obtiene a partir de dos osciladores diseñados a partir de circuitos 7414, que son inversores con SMITH TRIGGER, como se muestra en la Figura 4.1.20.

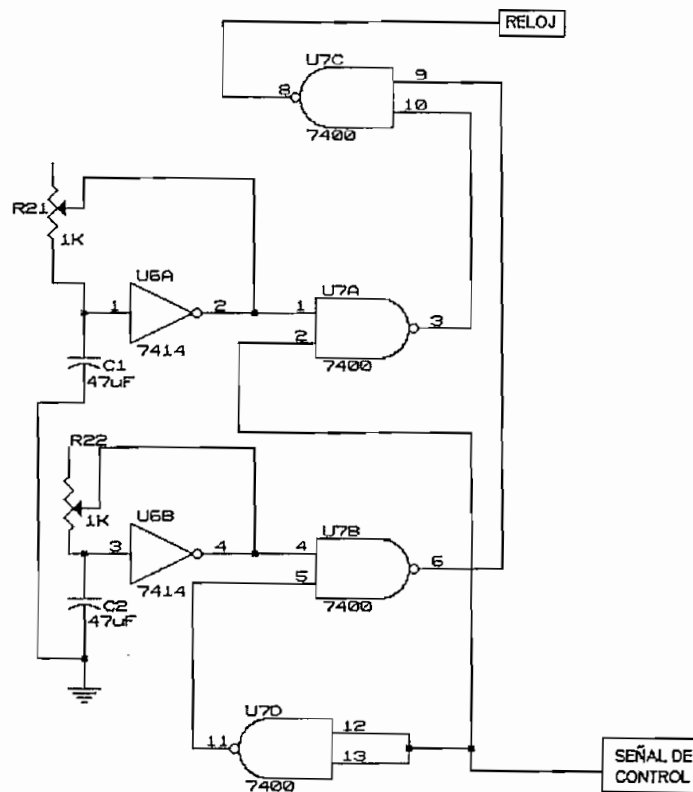


Fig. 4.1.20 Circuito de temporización.

Con el objeto de mejorar la respuesta del circuito de control se utilizarán dos frecuencias, las mismas que se seleccionarán dependiendo del porcentaje de diferencia existente entre los valores de presión o temperatura medidos en cada instante y los valores de trabajo establecidos.

Ese porcentaje será fijado en el programa de control de modo que cuando la diferencia de valores lo supere, se elegirá la frecuencia mayor y cuando el error sea menor se elegirá la menor.

La selección de la señal de reloj se realiza por medio de la línea digital DOUT3 para el caso del reloj del control de temperatura y de la línea DOUT6 para el caso del control de presión.

Las frecuencias de trabajo para ambos controles se calculan a partir de la siguiente fórmula³:

$$f = \frac{0.8}{RC}$$

Donde: $C \geq 100\text{pF}$ y $R \leq 500\Omega$.

Para la velocidad más lenta se eligió un valor de frecuencia mínimo de 33Hz. Se asume un valor de capacitor de $C_1 = 47\mu\text{F}$, por lo que el valor de resistencia R_{21} se obtiene de:

$$R_{21} = \frac{0.8}{33 * 47 * 10^{-6}} = 515.8\Omega$$

Para la velocidad más rápida se eligió un valor mínimo de 60Hz. Con el mismo valor de capacitor, $C_2 = 47\mu\text{F}$, se calcula la resistencia R_{22} :

$$R_{22} = \frac{0.8}{60 * 47 * 10^{-6}} = 283.7\Omega$$

Para variar los valores de frecuencia durante las pruebas experimentales se decidió utilizar potenciómetros de $1\text{K}\Omega$, tanto para R_{21} como para R_{22} .

³ Sistemas Digitales. Principios y Aplicaciones. 6ta ed. Ronald J. Tocci.

La señal de control elegirá la velocidad lenta con 1_L y la rápida con 0_L.

El control de las señales de selección del sentido de giro y parada del motor así como de la velocidad de los mismos, se realiza por medio de las salidas digitales de la tarjeta de adquisición de datos a través del circuito que se muestra en las figuras 4.1.21 y 4.1.22.

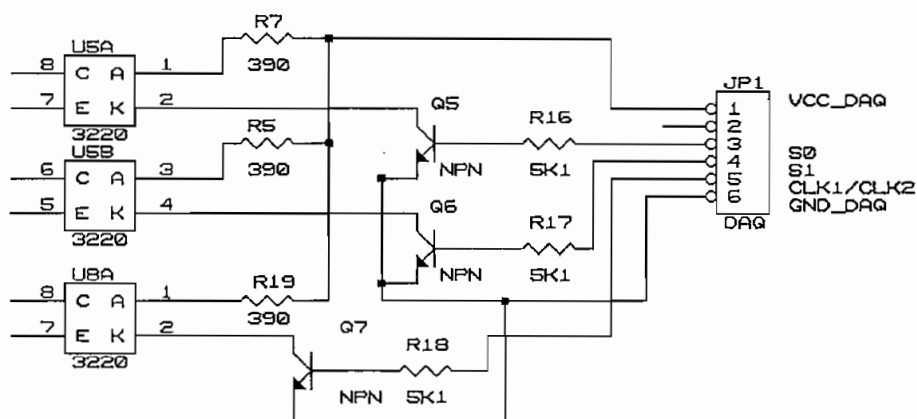


Fig. 4.1.21 Control de velocidad y dirección

Para proteger la tarjeta DAQ, las señales de salida de la misma son aisladas del circuito de control por medio de los optoacopladores ECG3220, cuyas principales características son:

- Voltaje de aislamiento: 5000v
- Potencia Total: 150 mw
- Relación de transferencia de corriente DC*: 100

LED

- Corriente directa I_F: 50mA
- Voltaje reverso V_R: 5v

FOTOTRANSISTOR:

- Voltaje Colector - Emisor: 55v
- Corriente de Colector I_C: 50mA

$h_{FE} = I_C / I_F$

Asumamos que la corriente que circula por el LED del C.I. 3220 es 10mA, cuando el transistor conduce por lo que R_5 , R_7 , R_{19} se calculan como:

$$R_{5,7,19} = \frac{(5 - 0.3 - .7)V}{10mA} = 400\Omega$$

Se selecciona un valor de resistencias de 390 Ω .

Para polarizar el LED se utilizan transistores 2N3904, cuyas características fueron detalladas anteriormente.

Para un valor de corriente de colector de los transistores Q5, Q6 y Q7 de 10mA, la corriente de base mínima necesaria es:

$$I_{B5,6,7} = \frac{10mA}{100} = 100\mu A$$

Para esta corriente se calculan los valores máximos de las resistencias R_{16} , R_{17} y R_{18} de la siguiente manera:

$$R_{16,17,18} = \frac{(5 - 0.7)V}{100\mu A} = 43000\Omega$$

Para garantizar la saturación se debe tomar un valor menor, por lo que se las elige de 5.1K Ω .

Adicionalmente se elige los valores de las resistencias de colector de los optoacopladores, R_9 , R_{10} y R_{20} , de 5.1 K Ω .

Para poder utilizar adecuadamente las señales de salida de los optoacopladores es necesario incrementar la corriente que entregan, por lo que se ha utilizado el circuito que se muestra en la Figura 4.1.22.

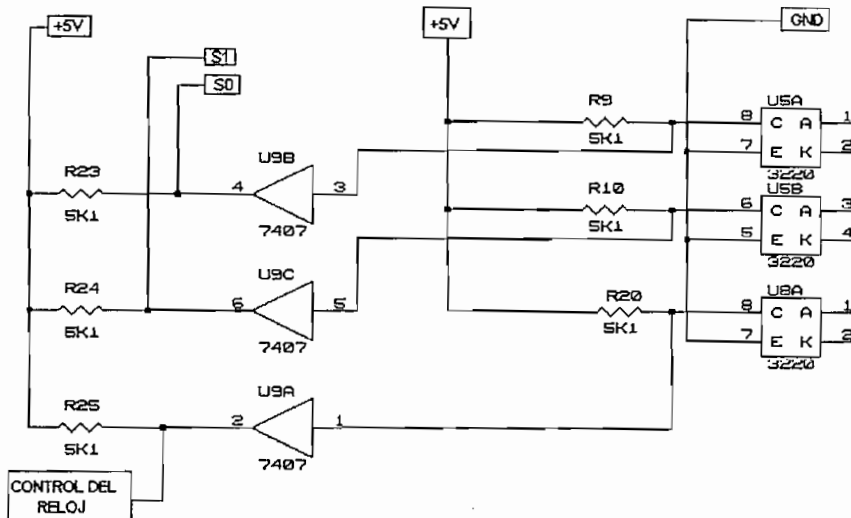


Fig. 4.1.22 Acondicionador de señal de los optocopladores

Este circuito de acondicionamiento está conformado por los integrados 7407, que son buffers/drivers con colector abierto y salidas de alto voltaje.

Las resistencias de salida se eligen de 5.1KΩ.

4.1.7 CABLE PARA LA COMUNICACIÓN SERIAL CON LA BALANZA.

Debido a que la balanza posee un conector RJ11 para comunicación serial, es necesario construir un cable de adaptación entre este conector y el DB9 existente en el computador.

La distribución de señales para el conector RJ11 se muestra en la Figura 4.1.23.



Fig. 4.1.23 Conector serial RJ11 de la balanza.

PIN	SIGLAS	DESCRIPCION
1	RxA	Recepción
2	Case GND	Tierra del equipo
3	CTS	Clear to Send
4	RTS	Request to Send
5	Signal GND	Tierra de señal
6	Tx	Transmisión

La estructura del cable de adaptación para la comunicación con la balanza, se muestra en la Figura 4.1.24

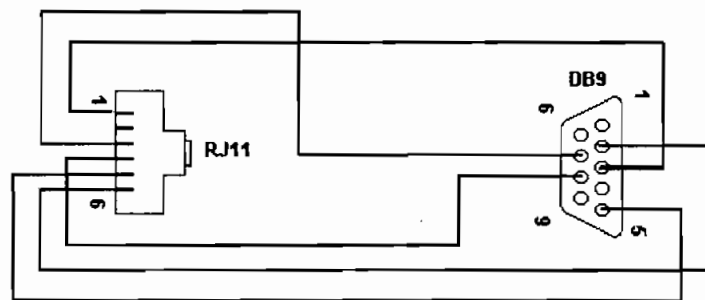


Fig. 4.1.24 Cable para la comunicación serial.

4.2 DISEÑO DEL SOFTWARE DE MONITOREO Y CONTROL

El software para el monitoreo y control del equipo se desarrolló en LabVIEW, debido a la gran cantidad de herramientas que tiene disponibles para la programación de este tipo de tareas y la facilidad para crear interfaces de usuario amigables y sencillas de manejar.

Para facilitar la creación de la aplicación se subdividió el problema general en un conjunto de actividades específicas para las que se desarrollaron pequeños programas que las solucionen. Una vez que estos programas se utilizaron por separado y se comprobó su correcto funcionamiento, se los unió (con ciertas modificaciones) en una sola aplicación general.

Finalmente se realizaron pruebas con la aplicación final para determinar su adecuado funcionamiento.

4.2.1 DESCRIPCIÓN DE LOS PRINCIPALES PARÁMETROS A MONITOREAR Y CONTROLAR.

Los principales parámetros que se deben monitorear son:

El nivel del tanque de alimentación del equipo: Como se indicó en el Capítulo III, se controlará únicamente el nivel inferior del mismo debido a que se tiene un solo sensor.

Por este motivo el software deberá permitir al operador del sistema la selección del tiempo durante el cual la válvula que controla el paso del líquido permanece abierta.

Este tiempo podrá ser modificado durante la operación normal del sistema y dependiendo de las necesidades del mismo.

La presión en la membrana de filtración: Debido a que este parámetro es específico para cada experimento, su valor será fijado al inicio de la operación del equipo y no podrá ser modificado durante todo el proceso. El valor de la presión en cada instante deberá mantenerse con un error no mayor de 0.1 bar del valor nominal establecido.

La temperatura del jugo que circula por la membrana: Al igual que la presión, este parámetro es específico para cada experimento por lo que deberá ser establecido al inicio de la operación del equipo y no podrá modificarse durante todo el proceso. El error máximo que se podrá tener deberá ser inferior a 0.5 °C del valor prefijado.

El peso del líquido filtrado: Este valor será adquirido desde la balanza, a través del puerto serial. Como la balanza tiene una capacidad máxima de 4Kg. debe existir alguna señalización que le indique al operador que se está llegando a dicho límite, para que el recipiente sea sustituido.

4.2.2 REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA.

Tanto el software como el hardware para la adquisición de datos requieren de ciertas características mínimas del computador en donde serán instalados.

Para la instalación de LabVIEW se requiere como mínimo lo siguiente:

Memoria: 32 Mb de memoria RAM como mínimo.

Procesador: 80486 o superior (Se recomienda mínimo Pentium).

Almacenamiento: Mínimo 110 MB de espacio libre en disco duro.

Monitor: VGA o superior.

Sistema operativo: Windows 95 o superior, o Windows NT.

Para la instalación de la tarjeta DAQ se requiere como mínimo:

Un computador con una ranura de expansión de 8 o 16 bits libre.

Software de configuración NI-DAQ para computadores compatibles.

Alguno de los siguientes paquetes de programación:

LabVIEW para Windows.

LabWindows/CVI.

4.2.3 DISEÑO DEL SOFTWARE:

Para el control de los motores de las válvulas de presión y de temperatura se ha decidido implementar un control flotante de velocidad constante, en el cual el elemento final de control se mueve a una velocidad única independientemente de la desviación de la variable medida con respecto del punto de consigna. La principal ventaja del control flotante es que puede compensar los cambios de carga lentos del proceso desplazando gradualmente la posición de la válvula⁴:

En el equipo de MFT, la variación de la presión y de la temperatura dependen del jugo que se esté procesando. De las observaciones realizadas se puede decir que en general estos parámetros varían muy lentamente.

El programa realizado utiliza el control flotante con una zona muerta que es definible por el usuario; además, permite elegir entre dos velocidades de giro de los motores dependiendo de la magnitud de la desviación de las medidas. Se ha fijado un porcentaje de desviación del 30% como margen para decidir entre la selección de las dos velocidades.

⁴ Instrumentación Industrial

6ta. ed.

Creus Solé Antonio.

Pág. 489

Para el control del nivel del jugo en el tanque se ha implementado un control ON-OFF, debido al tipo de válvula que se tiene

4.2.3.a El Programa Principal

El programa principal está compuesto por un conjunto de subVIs para facilitar la programación y depuración de la aplicación. Cada subVI está diseñado para realizar una tarea específica.

El programa principal muestra en pantalla una serie de botones los cuales sirven para configurar, mediante el respectivo subVI, cada uno de los parámetros necesarios para la operación del sistema. Un gráfico del panel frontal se muestra en la Figura 4.2.1

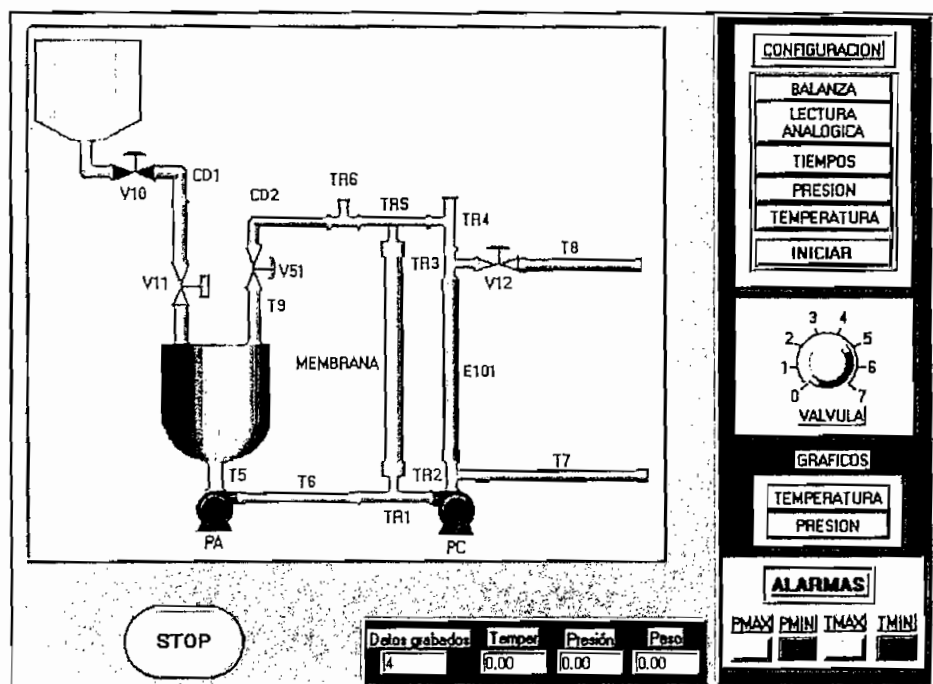


Fig. 4.2.1 Panel frontal

En esta pantalla se observa una representación animada (en operación) de los elementos que conforman el equipo de MFT.

En la parte derecha se observan los botones BALANZA, LECTURA ANALÓGICA, TIEMPOS, PRESION, TEMPERATURA, los cuales sirven para configurar la comunicación serial, la tarjeta DAQ, los tiempos de muestreo y registro de datos, la presión y temperatura de operación respectivamente. Bajo estos botones se encuentra una perilla que sirve para configurar el tiempo de apertura de la válvula de alimentación del jugo. Bajo la perilla se encuentran dos botones, PRESION Y TEMPERATURA, que al ser presionados, presentan una pantalla que permite visualizar la variación de cada uno de estos parámetros.

En la esquina inferior izquierda se encuentran las alarmas que indican que se han excedido los límites superior o inferior de presión o temperatura. En la parte inferior se encuentran los indicadores de los datos leídos de presión, temperatura, peso y número de datos grabados, así como el botón de STOP para detener el funcionamiento del programa.

El diagrama de bloques así como el de jerarquías del VI principal, se encuentran en el anexo 2.

4.2.3.b SubVIs del programa Principal

A continuación se realiza una breve explicación de los subprogramas utilizados dentro del programa principal.

SubVI para la comunicación con la balanza

Cuando se presiona el botón BALANZA se llama al subVI SERIALCONF.VI, que despliega una pantalla que permite realizar la configuración de la comunicación serial con la balanza.

Los parámetros que se pueden configurar son los siguientes:

Velocidad: Establece la velocidad de comunicación, en bits por segundo. La velocidad por defecto es 1200 bps.

Puerto: Corresponde al número de puerto utilizado para la comunicación serial. En LabVIEW el COM1 corresponde al número cero, el COM2 al número 1, etc. Por defecto se utiliza el COM1.

Paridad: Permite seleccionar el tipo paridad utilizada. Por defecto no se utiliza paridad.

Bits de parada: Selecciona el número de bits de parada. Por defecto se utilizan 2 bits.

Bits de datos: Permite elegir el número de bits utilizados para la comunicación. Por defecto se utilizan 8 bits.

El panel frontal de este subVI se muestra en la Figura 4.2.2.

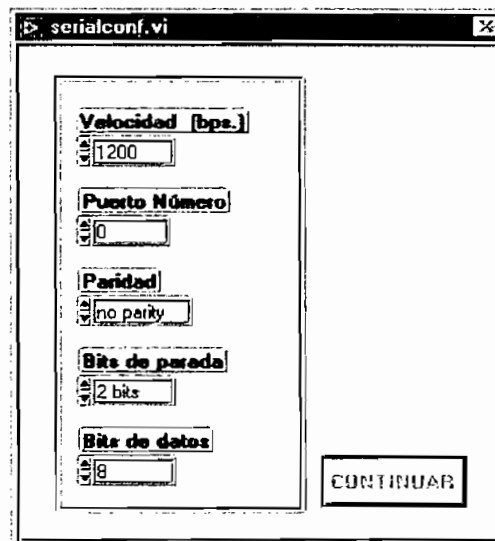


Fig. 4.2.2. Configuración de la comunicación serial

SubVI para la configuración de la lectura con la tarjeta DAQ

Cuando se presiona el botón LECTURA ANALOGICA, el programa llama al subVI ANALOGCONFIG.VI que permite seleccionar los canales analógicos previamente configurados, para la lectura de los datos de presión y temperatura así como de la posición de las válvulas respectivas. Estos valores se encuentran configurados por defecto y no necesitan ser cambiados a menos que se desee cambiar la configuración de la tarjeta DAQ. La Figura 4.2.3 muestra la pantalla de configuración.

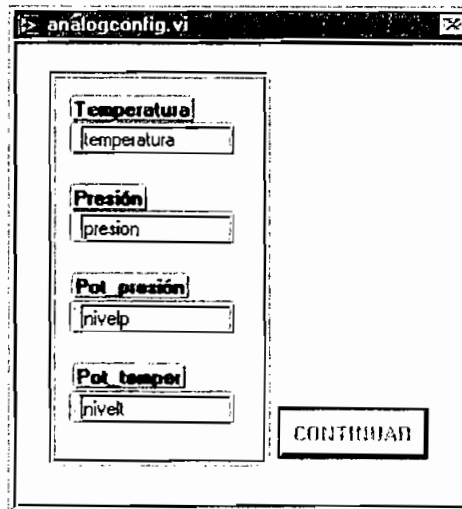


Fig. 4.2.3 Configuración de lectura analógica con la DAQ.

SubVI para configurar los tiempos.

Cuando se presiona el botón TIEMPOS se invoca al subVI TIEMPOS.VI. Este subVI permite, mediante perillas, fijar el tiempo para grabar en disco los datos adquiridos (tiempo para grabar) y el tiempo con el cual el programa realiza la adquisición de datos para llevar el control del equipo (tiempo de muestreo). El tiempo de muestreo está predeterminado en un segundo, que es un valor que fue elegido de acuerdo a las pruebas experimentales y permite un adecuado funcionamiento del equipo. El tiempo para grabar datos en disco, deberá ser elegido de acuerdo a las necesidades del usuario.

La Figura 4.2.4 muestra la pantalla de configuración de tiempos.

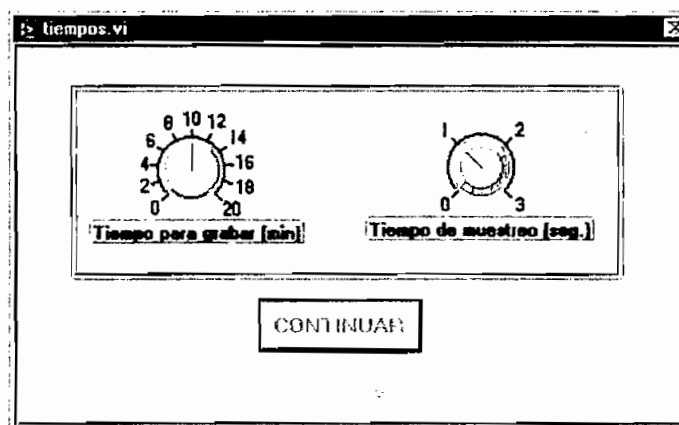


Fig. 4.2.4 Configuración de los tiempos.

SubVI para conversión de datos seriales a números.

LabVIEW recibe los datos enviados por la balanza, a través del puerto serial del computador, como una cadena de caracteres. Por este motivo y para que estos puedan ser utilizados en el programa, se los debe convertir a números reales. La conversión de cadenas de caracteres a números se realiza por medio de un subVI llamado CONVERSION.VI.

La balanza permite elegir el formato con el que los datos serán enviados. Para el presente trabajo se selecciona el modo 4 en el cual se envían los siguientes datos:

Un byte que indica el signo del valor medido. Este signo es el " + " que corresponde al número decimal 43.

Un byte para espacio en blanco entre el signo y los datos, este byte corresponde al número decimal 32.

Bytes de datos, en un número que depende del valor enviado.

Un byte indicando avance de línea (line feed), que corresponde al número decimal 10.

Un byte indicando retorno de carro (carriage return), que corresponde al número decimal 13.

En total se enviarán un máximo de 10 bytes.

El subVI, lee todos los bytes presentes en el buffer del puerto serial. La cadena de caracteres es convertida entonces en un arreglo de bytes sin signo y luego se examina cada elemento del arreglo para determinar cuáles corresponden a los valores del peso medido y cuáles no.

Cuando se encuentra un número, o el punto decimal, este es almacenado en otro arreglo auxiliar para su posterior utilización.

Una vez que se ha concluido con la revisión de todo el arreglo original, en el arreglo auxiliar se encuentran los valores correspondientes al peso medido, este arreglo es convertido nuevamente a una cadena de caracteres para posteriormente ser transformado en un número real, utilizando las funciones incorporadas en LabVIEW.

En la Figura 4.2.5 se muestra el diagrama de bloques de CONVERSION.VI.

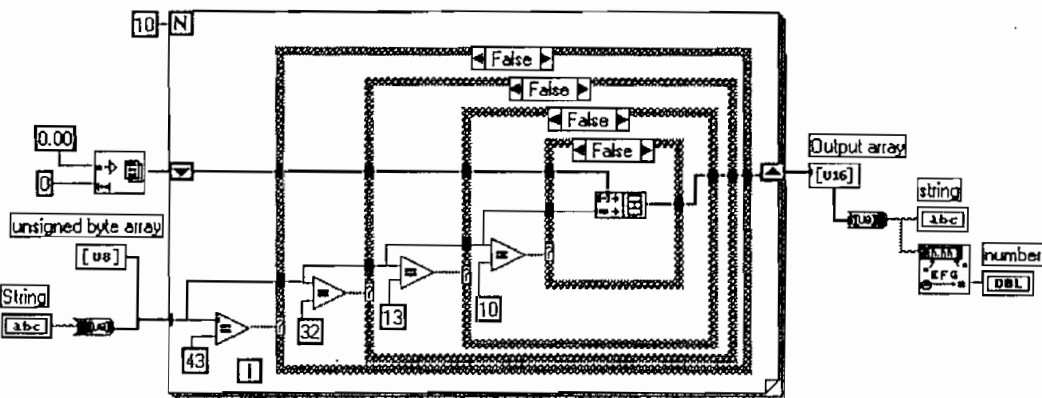


Fig. 4.2.5 Diagrama de bloques de CONVERSION.VI

SubVI para limpiar el buffer del puerto serie.

Como consecuencia del formato de los datos elegido para la comunicación con la balanza, siempre se esperan un máximo de 10 bytes en el buffer del puerto serial. Cuando de la lectura del mismo se obtienen valores mayores, se puede determinar que los datos presentes en el buffer no corresponden a los enviados por la balanza o que se han enviado datos en más de una ocasión. En este caso, se procede a eliminar estos datos y se espera por la siguiente lectura.

La operación descrita anteriormente se realiza por medio de un subVI llamado BORRAR.VI. En la Figura 4.2.6 se muestra el diagrama de bloques del SubVI.

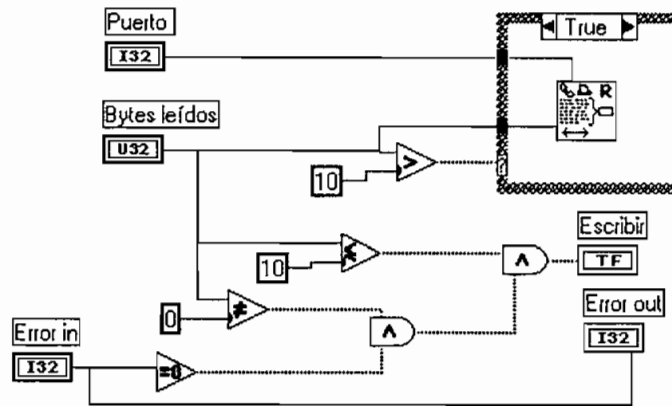


Fig. 4.2.6 Diagrama de bloques de BORRAR.VI

SubVI para el control de la electroválvula.

Para el control de la electroválvula que permite el paso del líquido hacia el tanque de alimentación, se ha creado un subVI llamado VALVULA1.VI, el cual lee el canal digital, previamente configurado, correspondiente a la señal del sensor de nivel.

Si se detecta un nivel inferior al deseado, se enciende la válvula y se mantiene en ese estado por un tiempo igual al preestablecido por el operador mediante la perilla VALVULA, que se encuentra en el panel frontal del VI principal.

De acuerdo a las características del jugo que se esté procesando, el tiempo necesario para alcanzar el nivel adecuado del tanque, y por lo tanto el tiempo de encendido de la válvula, puede variar. El operador del sistema debe tener la posibilidad de elegir este parámetro de acuerdo a las condiciones que se presenten durante el proceso y es por este motivo que el VI lee continuamente la perilla que fija el tiempo de encendido.

En la Figura 4.2.7 se muestra el diagrama de bloques de VALVULA1.VI.

Dependiendo de los valores que reciba, MOTORES2.VI selecciona el sentido de giro y la velocidad (de entre las dos disponibles) de los motores o los detiene completamente.

Los valores calculados por MOTORES2 son convertidos a valores binarios para que puedan ser escritos en el puerto digital de la tarjeta DAQ.

El diagrama de bloques de MOTORES2.VI se observa en la Figura 4.2.9.

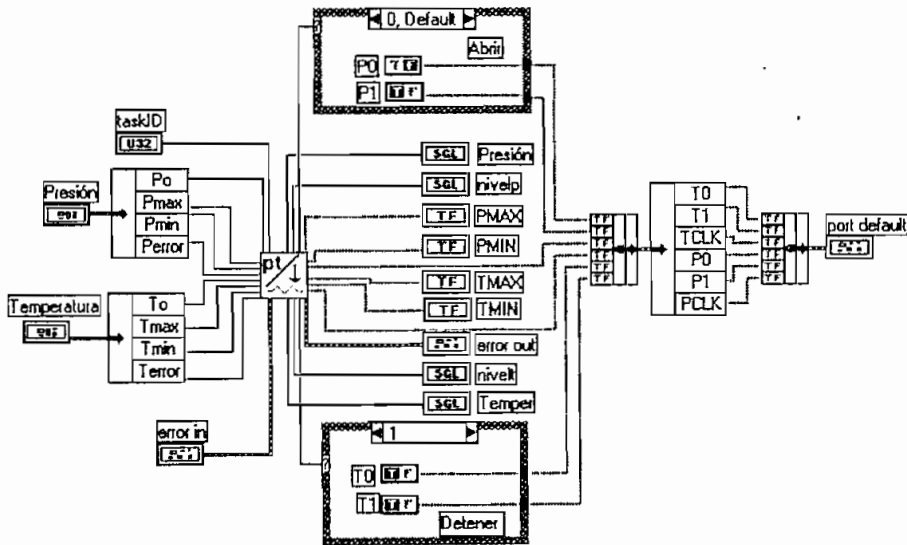


Fig. 4.2.9 Diagrama de bloques MOTORES2.VI

Los datos de presión y temperatura necesarios para que MOTORES2.VI realice los cálculos adecuados son ingresados por medio de dos ventanas en el panel frontal, como se muestra en la Figura 4.2.10

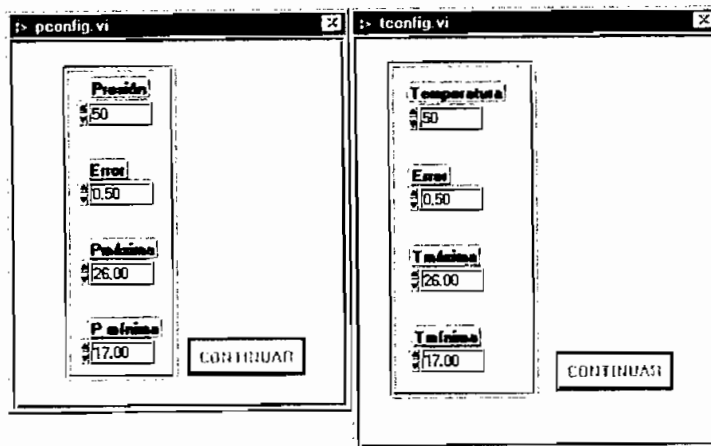


Fig. 4.2.10 Configuración de presión y temperatura

SubVI de escritura en el puerto digital.

Una vez que se han calculado los valores adecuados para el giro de los motores y se dispone de la señal de control de la electroválvula, estos datos son unidos y convertidos a un arreglo de datos binarios para luego transformarlos en número sin signo que es el dato requerido por el VI que realiza la escritura en el puerto digital. Este procedimiento es realizado por el subVI PUERTODIG.VI.

La Figura 4.2.11 muestra el diagrama de bloques de PUERTODIG.VI

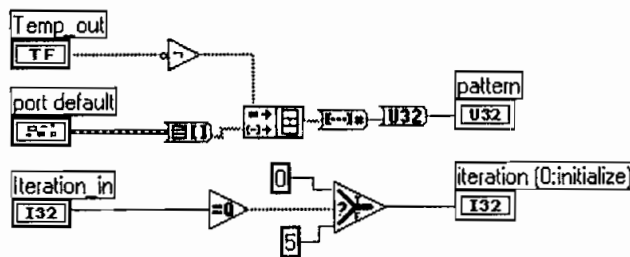


Fig. 4.2.11 Diagrama de bloques de PUERTODIG.VI

SubVI para almacenar los datos.

Los datos medidos son almacenados en un archivo con formato de hoja de cálculo, en intervalos de tiempo que han sido fijados por el usuario al inicio del proceso.

La conversión a formato de hoja de cálculo la realiza el subVI llamado GRABAR.VI, cuyo diagrama de bloques se muestra en la Figura 4.2.12.

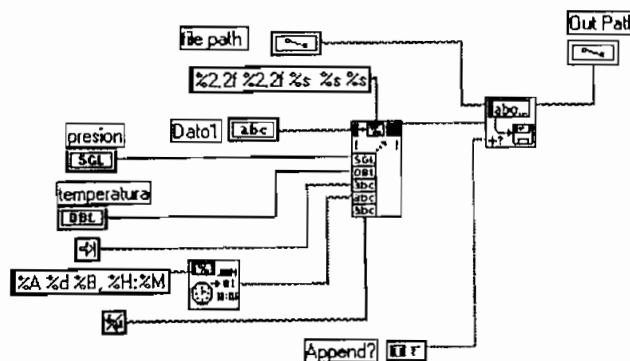


Fig. 4.2.12 Diagrama de bloques de GRABAR.VI

SubVIs para graficar los valores de presión y temperatura.

En cualquier instante se puede obtener en pantalla, un gráfico de la variación de los valores de presión o temperatura, para esto se han creado dos VIs llamados PRESGRAF.VI y TEMPGRAF.VI.

La única diferencia entre los dos subVIs es la señal que será graficada, por lo que en la Figura 4.2.13 se muestra únicamente el diagrama de bloques de la función PRESGRAF.VI.

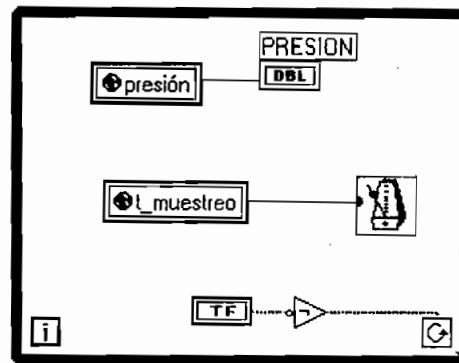


Fig. 4.2.13 Diagrama de bloques de PRESGRAF.VI

Antes de que el equipo de MFT pueda trabajar en las condiciones adecuadas, es necesario un procedimiento de arranque que se encuentra detallado en el manual de operación del equipo.

Este procedimiento de arranque consiste básicamente en asegurar que tanto las tuberías como la membrana se encuentran completamente llenas de líquido antes de aumentar la presión, manteniendo encendida solo la bomba de circulación. Este proceso se conoce como el purgado del equipo y se lo realiza a una presión de un bar (la temperatura no es importante) luego de lo cual se debe controlar el incremento gradual de la presión a razón de 0.4 bar/min hasta la de trabajo una vez que se ha encendido la bomba de presión.

Para realizar este procedimiento inicial se ha creado un subVI llamado INICIAL.VI el mismo que es ejecutado después de que se han configurado todos los parámetros de operación. El panel frontal del mismo se muestra en la Figura 4.2.14 y su diagrama de bloques en la Figura 4.2.15.

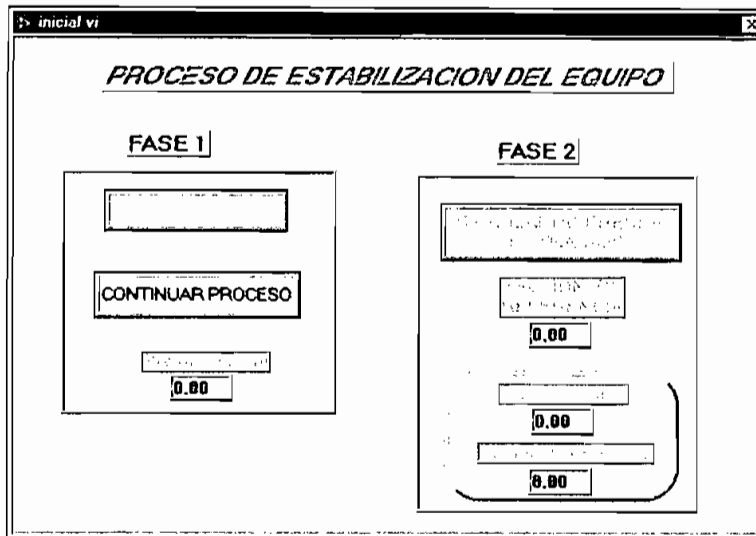


Fig. 4.2.14 Panel Frontal de INICIAL.VI

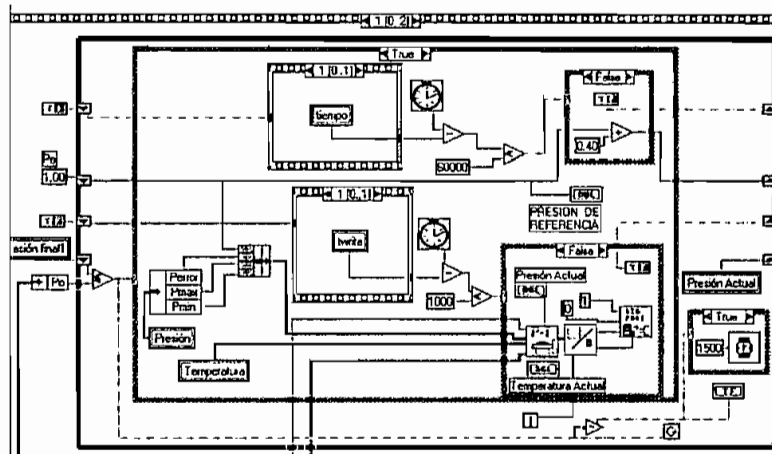


Fig. 4.2.15 Diagrama de bloques de INICIAL.VI

Cuando se ha alcanzado la presión adecuada de trabajo, INICIAL.VI finaliza y pasa el control del equipo al programa principal.

CAPITULO 5

CONSTRUCCIÓN Y PRUEBAS

CAPITULO 5: Construcción y Pruebas.

5.1 INSTALACIÓN Y CALIBRACIÓN DE LOS SISTEMAS DE ACONDICIONAMIENTO DE SEÑALES.

CALIBRACIÓN DEL CIRCUITO DEL SENSOR DE TEMPERATURA

En el manual del fabricante se establece que la variación de voltaje en la salida del sensor de temperatura es lineal e igual a $1\text{mV}/^\circ\text{K}$ y se recomienda la utilización de un potenciómetro de $10\text{K}\Omega$ para mejorar las lecturas.

Durante el proceso de calibración y pruebas del circuito de acondicionamiento de la señal del sensor, se procedió a tomar medidas de la salida de voltaje para diferentes temperaturas. Se realizaron dos mediciones en un ambiente seco hasta obtener la posición adecuada del potenciómetro de calibración y una en medio líquido, colocando el sensor dentro del pozo térmico en el cual debe operar. Debido a la geometría del sensor, que no permite que este haga un buen contacto con las paredes metálicas y para mejorar las mediciones, se colocó además un aceite conductor térmico. Las mediciones realizadas se muestran en la Tabla 5.1.

AMBIENTE SECO				MEDIO LÍQUIDO	
20/03/2001		21/03/2001		16/06/2001	
Temperatura	Voltaje	Temperatura	Voltaje	Temperatura	Voltaje
[°C]	[V]	[°C]	[V]	[°C]	[V]
25.0	2.983	25	2.982	25	2.982
29.0	3.023	30	3.032	30	3.036
34.9	3.080	35	3.088	35	3.085
39.5	3.130	40	3.132	40	3.137
45.0	3.180	45	3.186	45	3.184
50.0	3.232	50	3.229	50	3.230
55.0	3.277	55	3.278	55	3.285
59.0	3.320	60	3.322	60	3.333
64.0	3.370	65	3.376		
		70	3.429		
		75	3.476		
		79	3.515		

Tabla 5.1 Lecturas del sensor de temperatura

Como se puede observar en los gráficos que se encuentran en el anexo 1, el voltaje medido tiene una característica lineal y el error, cuando se utiliza el

potenciómetro de calibración de 10K, es menor o en el peor de los casos ligeramente mayor a medio grado centígrado en el rango de 25°C a aproximadamente 75°C. Para valores de temperatura superiores, este error se incrementa en valores menores a 1°C.

En los procesos en los que será utilizado este dispositivo, las temperaturas no superarán los 60°C y el error indicado es aceptable por lo que se constituye en un elemento de medida adecuado.

CALIBRACIÓN DEL SENSOR DE PRESIÓN

El voltaje de salida del sensor debe variar entre 1 y 5 voltios para presiones entre 0 y 15 bares. Para obtener los valores necesarios para la configuración del respectivo canal analógico de entrada, se realizaron las mediciones que se muestran en la Tabla 5.2.

07/09/2001		08/09/2001	
Presión	Voltaje	Presión	Voltaje
[bar]	[V]	[bar]	[V]
0.7	1.1	0.83	1.1
1.12	1.2	1.1	1.34
1.36	1.3	1.4	1.4
1.75	1.59	1.7	1.48
2.1	1.6	2.0	1.49
2.33	1.65	2.3	1.59
2.58	1.66	2.6	1.71
2.93	1.87	2.89	1.79
3.2	1.96	3.22	1.91
3.46	2	3.5	1.93
3.78	2.1	3.82	2.04
4.13	2.12	4.1	2.11
4.35	2.3	4	2.18

Tabla 5.2 Lecturas del sensor de presión

Al comparar los valores de presión medidos en el sensor con los que se obtienen del manómetro instalado en el equipo, se puede deducir que la salida es lineal y el error es menor a 0.2 bar. En el Anexo 1 se pueden observar los gráficos correspondientes a las mediciones experimentales realizadas con el sensor.

5.2 INSTALACIÓN Y CALIBRACIÓN DEL SISTEMA DE ACCIONAMIENTO DE VÁLVULAS.

CALIBRACIÓN DE LOS POTENCIÓMETROS DE DETECCIÓN DE POSICIÓN DE LAS VÁLVULAS.

Para poder establecer los límites máximo y mínimo de apertura de las válvulas de control de presión y temperatura, es necesario efectuar las mediciones de los valores de voltaje que entregan los respectivos circuitos en dichas posiciones.

Estos valores se detallan a continuación:

VÁLVULA DE PRESIÓN:

Máxima apertura: 1.22 voltios.

Mínima apertura: 1.03 voltios.

VÁLVULA DE TEMPERATURA:

Máxima apertura: 1.43 voltios.

Mínima apertura: 0.94 voltios.

Cuando se han alcanzado estos valores máximos o mínimos, tanto de presión como de temperatura, los circuitos de protección de las válvulas cortan el suministro de energía de los motores de pasos deteniéndolos automáticamente.

En este momento se pierde el control por programa de los motores, debido a que no es posible moverlos automáticamente en sentido contrario para deshabilitar los relés; la única manera en que se podría volver a tener control por software sería moviendo manualmente los motores hasta valores dentro del rango permitido

Para eliminar este problema se configuraron los parámetros correspondientes dentro del subprograma MOTORES2.VI en valores menores a los máximos, de modo que la detención se haga por software y no por hardware. Debido a esto los valores seleccionados son:

VÁLVULA DE PRESIÓN:

Máxima apertura (software): 1.18 voltios.

Mínima apertura (software): 1.09 voltios.

VÁLVULA DE TEMPERATURA:

Máxima apertura (software): 1.35 voltios.

Mínima apertura (software): 1.03 voltios.

CALIBRACIÓN DE LA FRECUENCIA DE RELOJ DE LOS MOTORES DE PASOS

La frecuencia de los pulsos que controlan la velocidad de operación de los motores de pasos se puede manipular por medio de los potenciómetros R21 y R22 en cada una de las tarjetas de control de los dos motores. Estos valores se deben escoger de manera tal que las válvulas puedan corregir rápidamente las desviaciones de los parámetros monitoreados pero sin provocar oscilaciones en los mismos.

De forma experimental se encontró que los valores de frecuencia que permiten obtener los mejores resultados son:

MOTOR DE LA VÁLVULA DE PRESIÓN:

Frecuencia 1: 180 Hz.

Frecuencia 2: 240 Hz.

MOTOR DE LA VÁLVULA DE TEMPERATURA:

Frecuencia 1: 240 Hz.

Frecuencia 2: 300 Hz.

5.3 INSTALACIÓN Y CONFIGURACIÓN DE LA TARJETA DE ADQUISICIÓN DE DATOS.

Para instalar y utilizar la tarjeta de adquisición de datos PC-LPM -16/PnP, se deben satisfacer los siguientes requerimientos:

SOFTWARE:

- NI-DAQ para PC compatibles.
- LabVIEW para Windows.

HARDWARE:

- Un computador que tenga disponible una ranura de expansión ISA 8 o ISA 16.
- Un accesorio CB-50 que incluya un cable plano de 50 hilos y bloque conector de 50 terminales (opcional).

Antes de instalar la tarjeta de adquisición deben haber sido instalados tanto LabVIEW como NI-DAQ (que viene con la tarjeta DAQ), de acuerdo a las instrucciones de los manuales correspondientes.

Una vez que la tarjeta DAQ ha sido instalada en una ranura de expansión, y debido a que es compatible con el estándar Intel/Microsoft Plug and Play versión 1.0a, el sistema operativo se encarga de administrar y asignar los recursos

necesarios vía software. Estos recursos incluyen una dirección de I/O y un canal para IRQ.

EL software NI-DAQ 6.5.1 que se adquirió con la tarjeta incluye además el "Measurement & Automation Explorer ©", que es un programa parecido al Explorador de Windows por medio del cual se pueden administrar los recursos de la tarjeta, así como configurar cada uno de los canales de entrada o salida analógicos o digitales.

En la Figura 5.3.1 se muestra el administrador de recursos de la tarjeta.

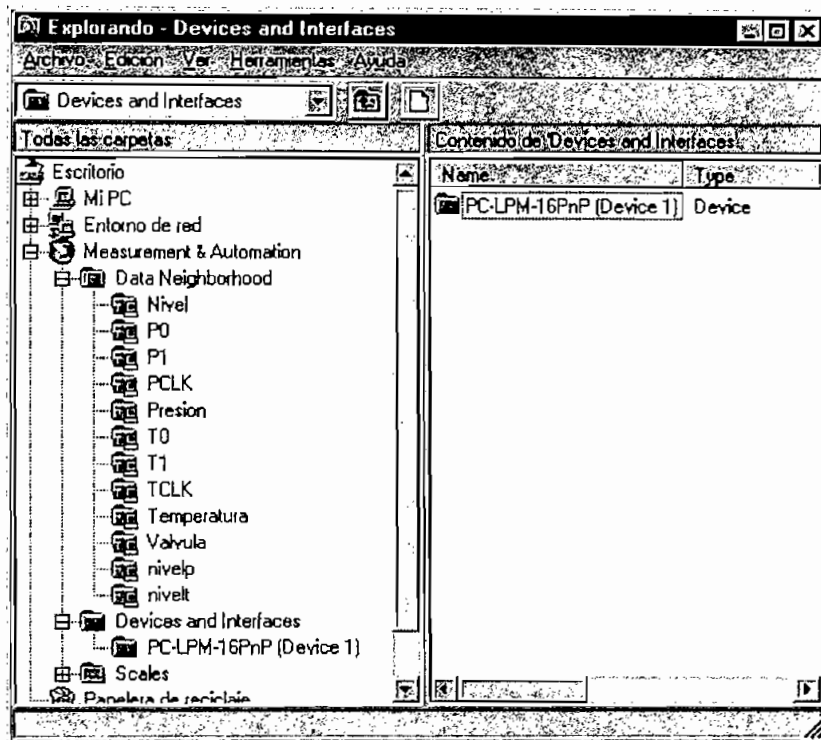


Fig. 5.3.1 Measurement & Automation Explorer ©

Para determinar el correcto funcionamiento de cada uno de los canales, tanto analógicos como digitales, se pueden utilizar los paneles de prueba que vienen incorporados y a los que se accede desde este administrador. La Figura 5.3.2 muestra el panel de prueba para canales analógicos y la Figura 5.3.3 muestra el panel de prueba de canales digitales.

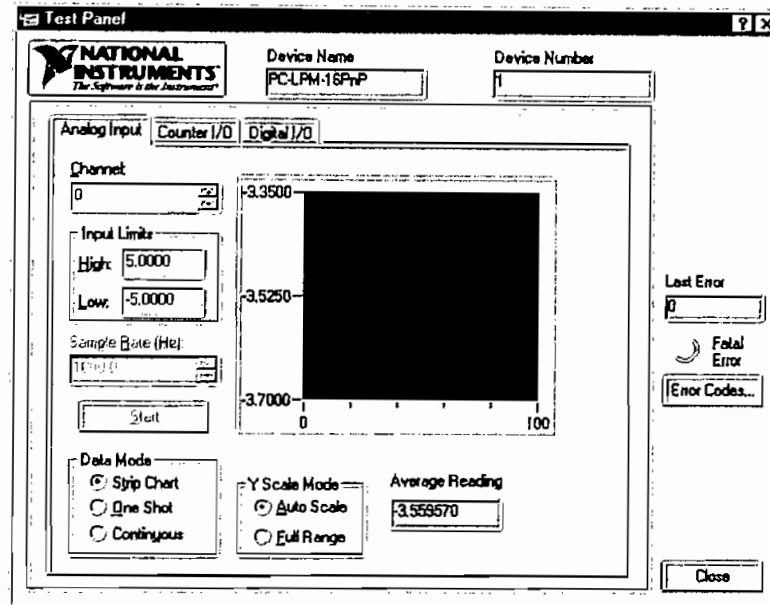


Fig. 5.3.2 Panel de pruebas de canales analógicos.

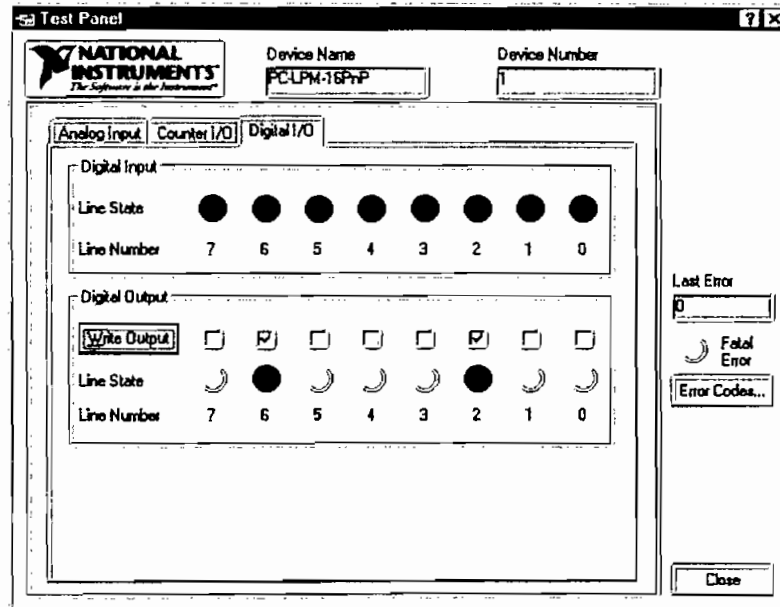


Fig. 5.3.3 Panel de pruebas de canales digitales.

Para facilitar la utilización de la tarjeta desde LabVIEW, el administrador permite dar un nombre a cada uno de los canales y asociar a ese nombre las operaciones de lectura analógica o lectura / escritura digital. Un asistente de configuración va guiando al usuario paso a paso hasta completar la creación de este **canal virtual**. La Figura 5.3.4 muestra la pantalla inicial del asistente.

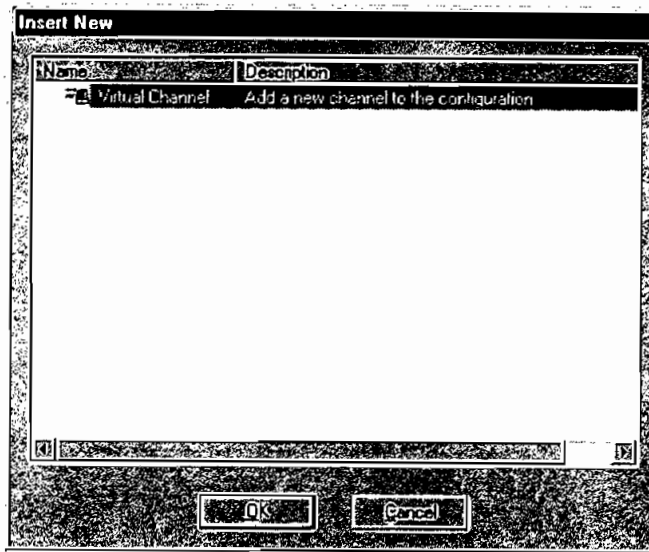


Fig. 5.3.4 Asistente para configuración de canales.

Cuando se inicia la creación de un canal virtual, se debe seleccionar el tipo desde la pantalla que se muestra en la Figura 5.3.5

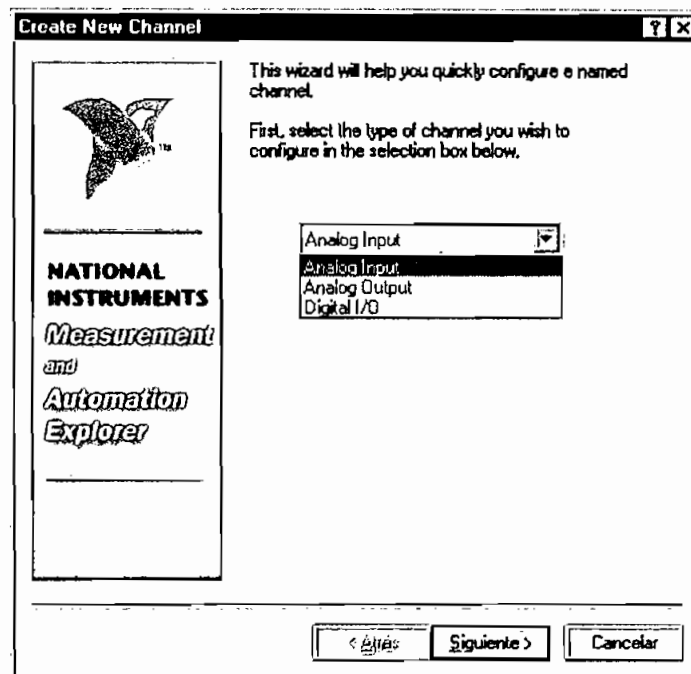


Fig. 5.3.5 Menú de selección del tipo de canal.

Se debe seleccionar además la tarjeta a la cual corresponde el canal (en caso que se tenga más de una) y el número de canal de entre los disponibles, como se muestra en la Figura 5.3.6.

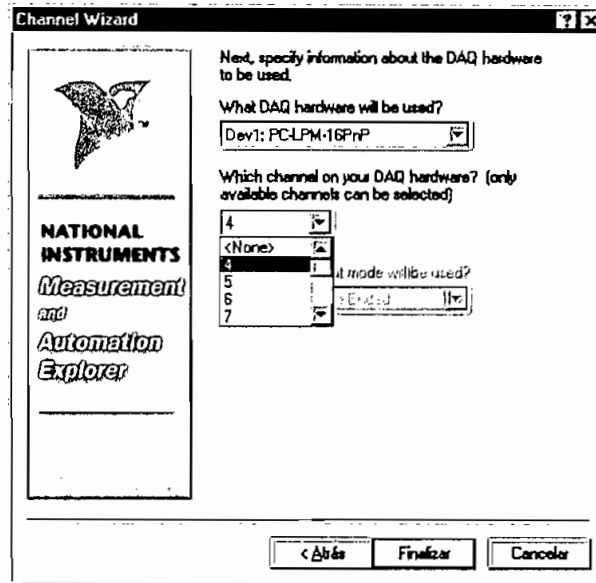


Fig. 5.3.6 Menú de selección de la tarjeta y el canal.

Se deberán seguir unas pocas instrucciones más para terminar con la configuración total del canal.

Una vez que se ha terminado con este procedimiento, es posible tener una pantalla con la configuración de cada canal como se muestra en la Figura 5.3.7.

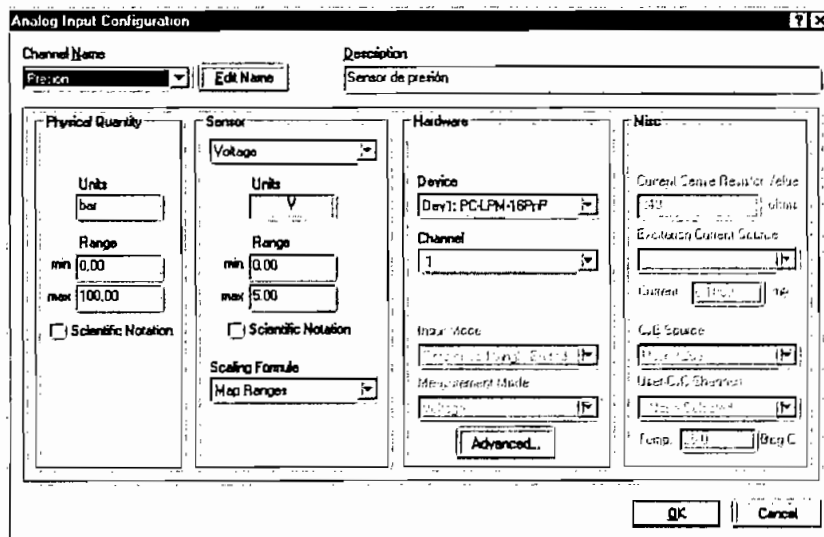


Fig. 5.3.7 Menú general de configuración del canal.

5.4 INSTALACIÓN Y CONFIGURACIÓN DEL SOFTWARE DE ADQUISICIÓN DE DATOS Y CONTROL.

Para facilitar su uso, cada uno de los canales -tanto digitales como analógicos - utilizados en la tarjeta DAQ han sido configurados como se muestra a continuación:

CANALES ANALÓGICOS:

Temperatura: Para poder realizar las mediciones de temperatura con el sensor, utilizando LabVIEW, se configura el canal analógico de entrada tomando como base las curvas obtenidas en las mediciones experimentales. Con estos datos se puede obtener el escalamiento adecuado de la señal para su procesamiento. La configuración del canal analógico de entrada ACH0, utilizando Measurement & Automation Wizard, se muestra en la Figura 5.4.1

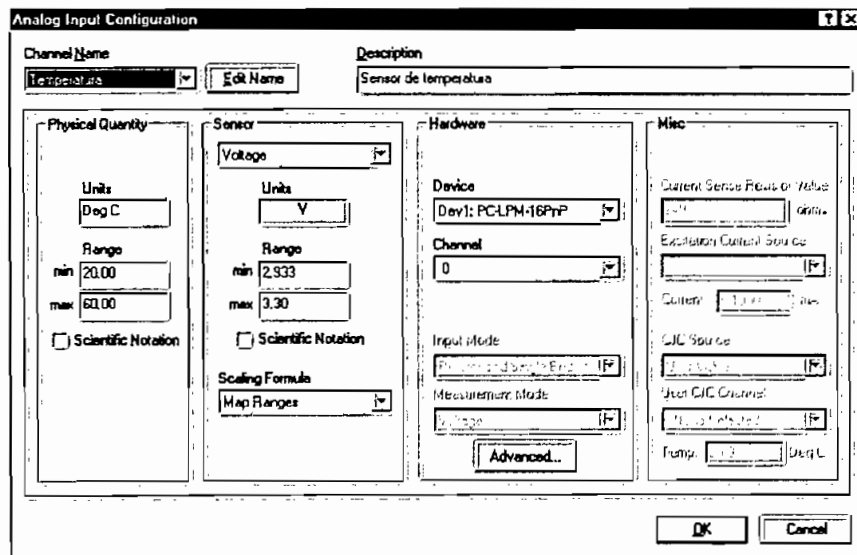


Fig. 5.4.1 Configuración del canal ACH0

Presión: La configuración del canal analógico de entrada ACH1 se hace utilizando el Measurement & Automation Wizard y las mediciones experimentales realizadas con el sensor de presión. Esta configuración se muestra en la Figura 5.4.2

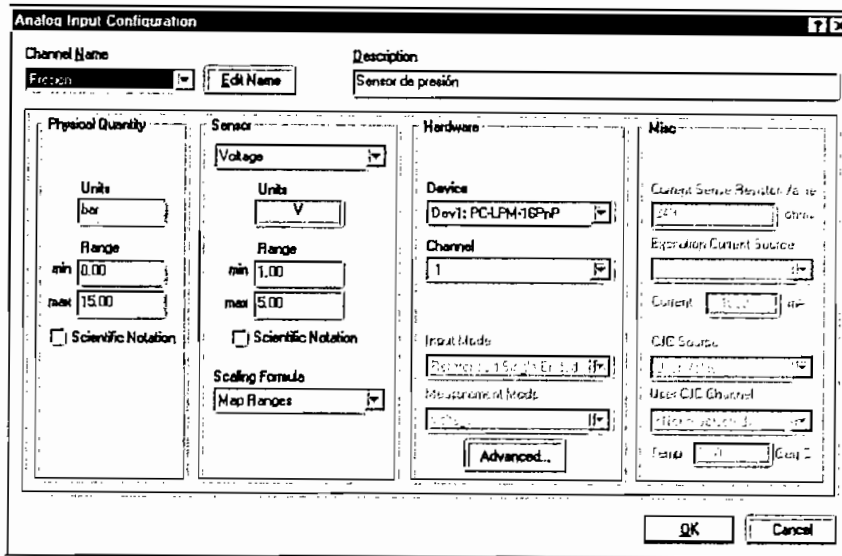


Fig. 5.4.2 Configuración del canal ACH1

Nivelp: Este canal analógico de entrada se utiliza para leer el valor del potenciómetro que determina la posición de la válvula de presión. Para este propósito se utiliza el canal de entrada ACH2, como se muestra en la Figura 5.4.3.

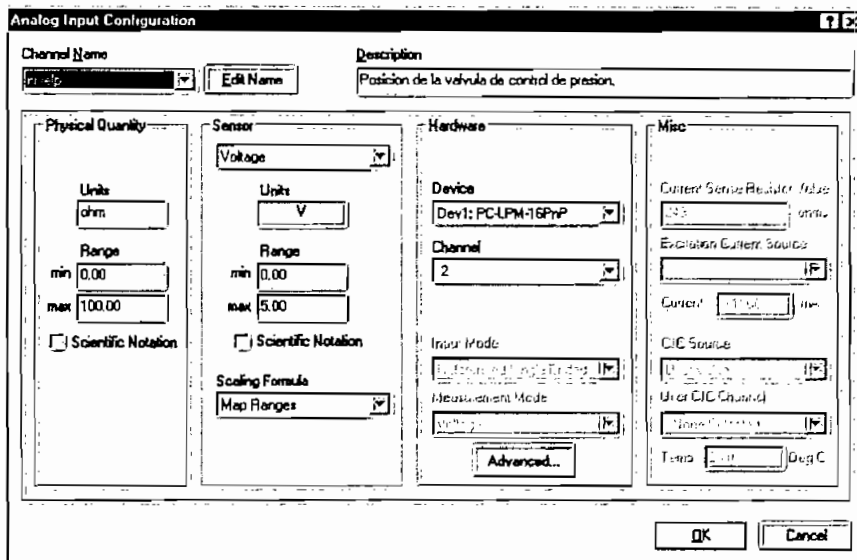


Fig. 5.4.3 Configuración del canal ACH2

Nivelt: Este canal analógico de entrada se utiliza para leer el valor del potenciómetro que determina la posición de la válvula de temperatura. Para este propósito se utiliza el canal de entrada ACH3, como se muestra en la Figura 5.4.4.

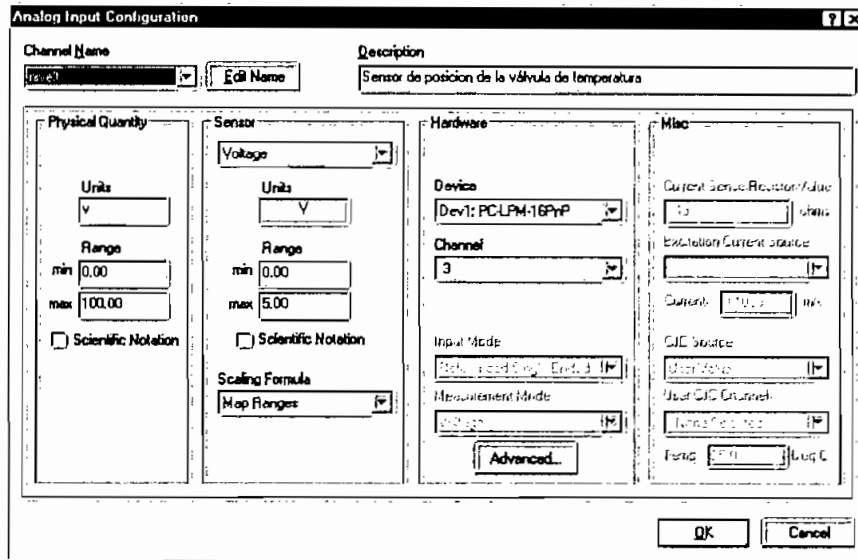


Fig. 5.4.4 Configuración del canal ACH3

CANALES DIGITALES:

Nivel: Canal digital de entrada. Es utilizado para leer el estado del interruptor del sensor del nivel de líquido del tanque de alimentación. Se ha elegido para este propósito al canal DIN0, como se muestra en la Figura 5.4.5.

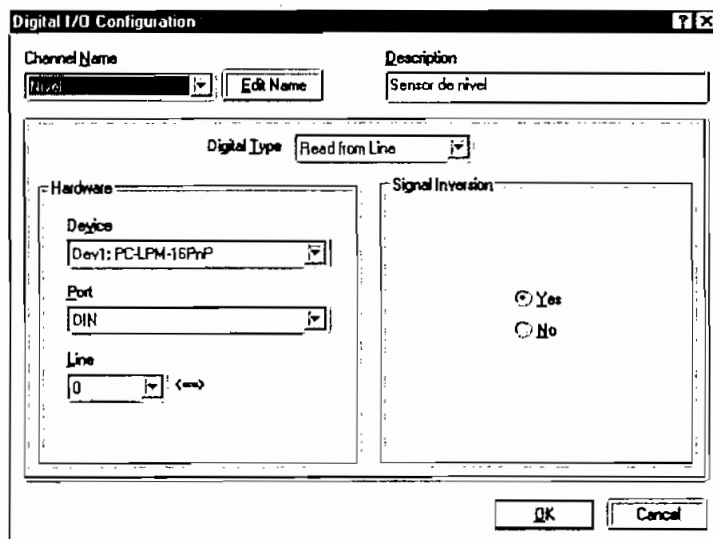


Fig. 5.4.5 Configuración del canal DIN0

Válvula: Canal digital de salida. Es utilizado para encender o apagar la electroválvula que permite el paso del líquido hacia el tanque de alimentación. Se ha elegido el canal DOUT0, como se muestra en la Figura 5.4.6.

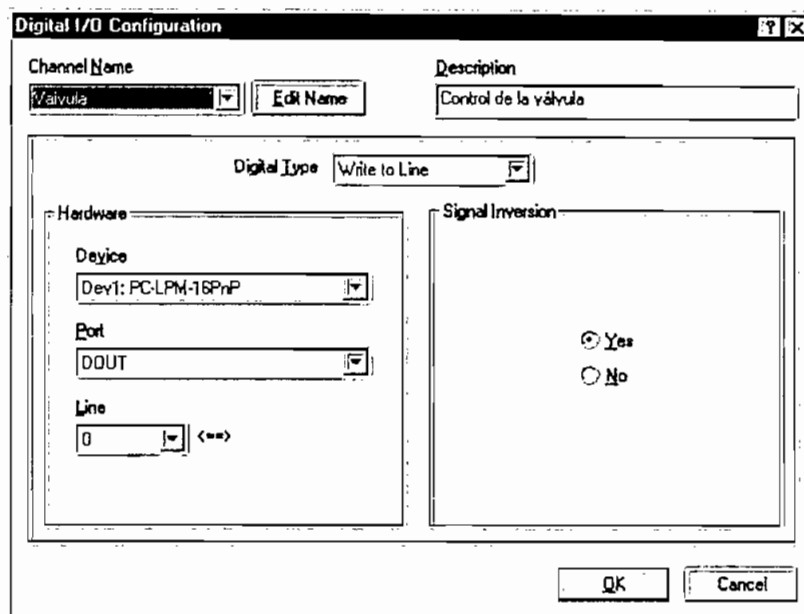


Fig. 5.4.6 Configuración del canal DOUT0

T0: Canal digital de salida. Es el bit menos significativo para la selección de la dirección de giro del motor de pasos que controla la válvula de temperatura. Se utiliza el canal DOUT1, como se muestra en la Figura 5.4.7.

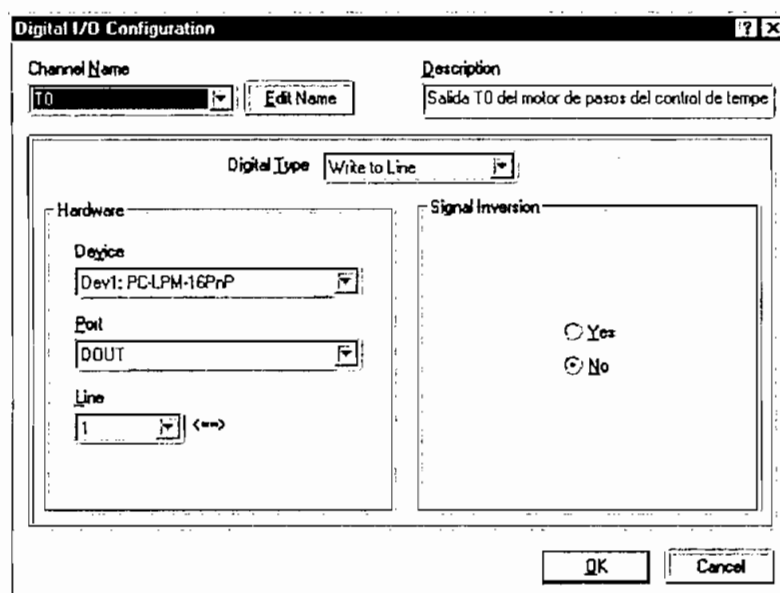


Fig. 5.4.7 Configuración del canal DOUT1

T1: Canal digital de salida. Es el bit más significativo para la selección de la dirección de giro del motor de pasos que controla la válvula de temperatura. Se utiliza el canal DOUT2, como se muestra en la Figura 5.4.8.

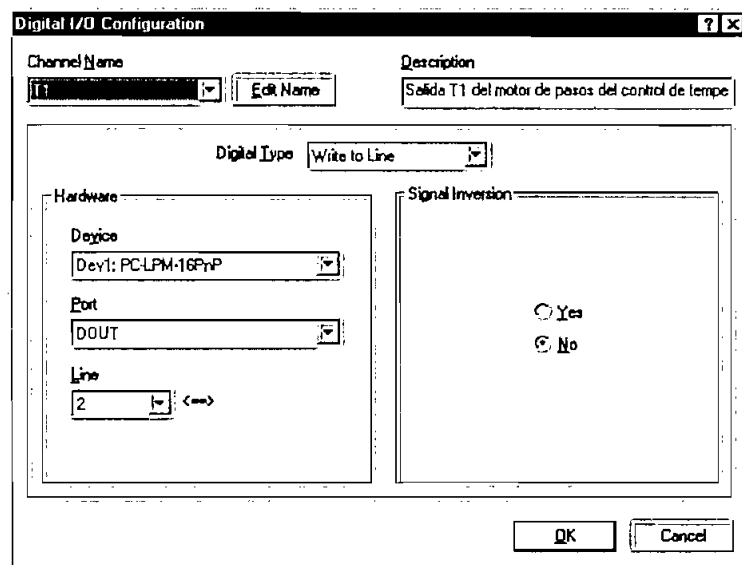


Fig. 5.4.8 Configuración del canal DOUT2

TCLK: Canal digital de salida. Se utiliza para la selección de la velocidad de giro (de las dos disponibles) del motor de pasos que controla la válvula de temperatura. Se utiliza el canal DOUT3, como se muestra en la Figura 5.4.9.

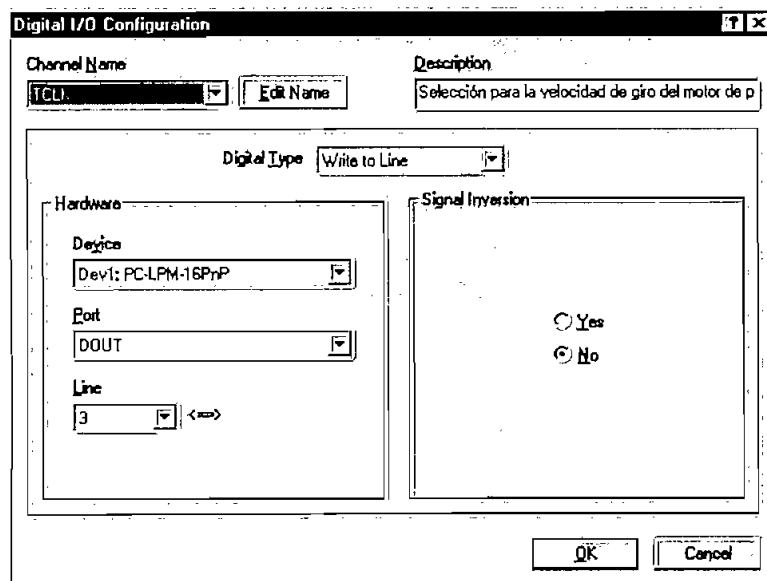


Fig. 5.4.9 Configuración del canal DOUT3

P0: Canal digital de salida. Es el bit menos significativo para la selección de la dirección de giro del motor de pasos que controla la válvula de presión. Se utiliza el canal DOUT4, como se muestra en la Figura 5.4.10.

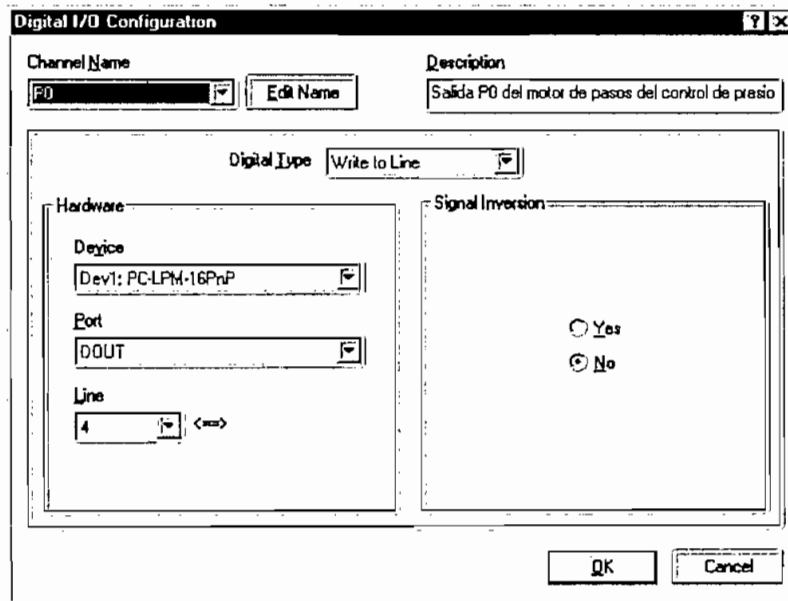


Fig. 5.4.10 Configuración del canal DOUT4

P1: Canal digital de salida. Es el bit más significativo para la selección de la dirección de giro del motor de pasos que controla la válvula de presión. Se utiliza el canal DOUT5, como se muestra en la Figura 5.4.11.

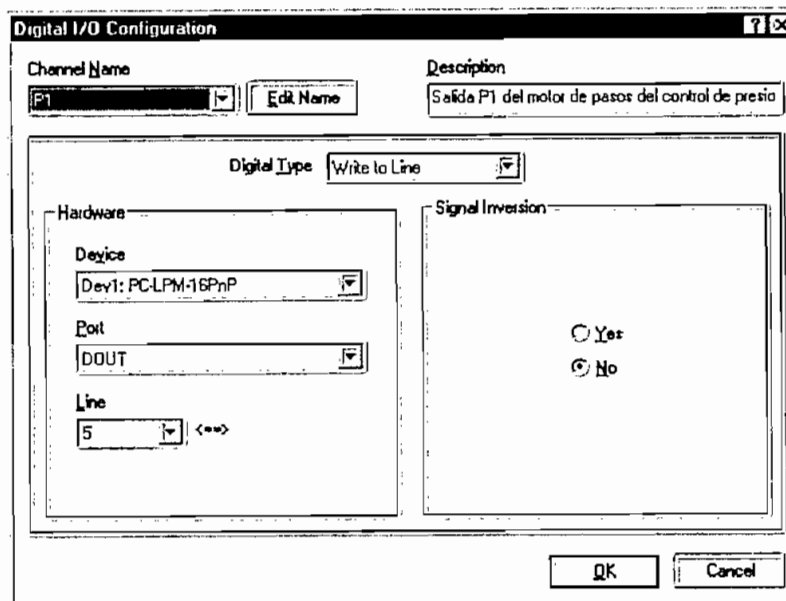


Fig. 5.4.11 Configuración del canal DOUT5

PCLK: Canal digital de salida. Se utiliza para la selección de la velocidad de giro (de las dos disponibles) del motor de pasos que controla la válvula de presión. Se utiliza el canal DOUT6, como se muestra en la Figura 5.4.12.

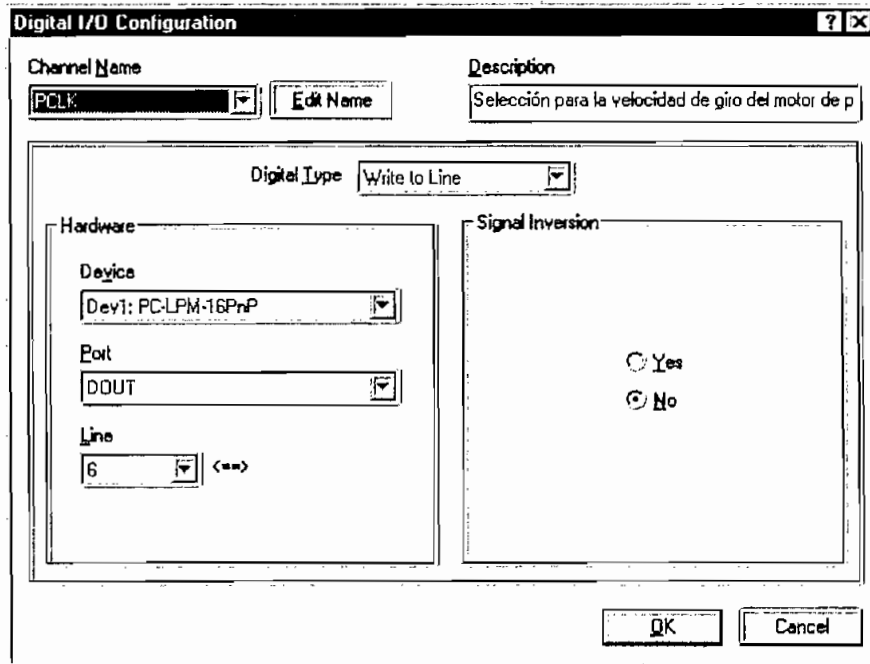


Fig. 5.4.12 Configuración del canal DOUT6

A continuación se muestra una tabla que resume la utilización de los diferentes canales de la tarjeta DAQ.

NOMBRE	TIPO	CANAL	DESCRIPCIÓN
Temperatura	Analógico - entrada	ACH0	Sensor de temperatura
Presión	Analógico - entrada	ACH1	Sensor de presión
Nivelp	Analógico - entrada	ACH2	Potenciómetro de presión
Nivelr	Analógico - entrada	ACH3	Potenciómetro de temperatura
Nivel	Digital - entrada	DINO	Sensor de nivel
Válvula	Digital - salida	DOUT0	Válvula de nivel
T0	Digital - salida	DOUT1	Motor válvula de temperatura (LSB)
T1	Digital - salida	DOUT2	Motor válvula de temperatura (MSB)
TCLK	Digital - salida	DOUT3	Velocidad motor de temperatura
P0	Digital - salida	DOUT4	Motor válvula de presión (LSB)
P1	Digital - salida	DOUT5	Motor válvula de presión (MSB)
PCLK	Digital - salida	DOUT6	Velocidad motor de presión

Tabla. 5.4.1 Configuración de canales en la DAQ

Una vez que tanto LabVIEW como NI DAQ se encuentran instalados adecuadamente y que los canales analógicos y digitales de la tarjeta DAQ se encuentran configurados de acuerdo a las características de los elementos de medición y control utilizados, para instalar el software de monitoreo y control solo es necesario copiar en algún directorio del disco los archivos que se detallan a continuación:

- general10.vi
- serialconf.vi
- analogconf.vi
- tiempos.vi.
- tconfig.vi
- pconfig.vi
- inicial.vi
- motores2.vi
- medición.vi
- borrar.vi
- conversión.vi
- valvula1.vi
- puertodig.vi
- grabar.vi
- presgraf.vi
- tempgraf.vi

Para la utilización del software no es necesario realizar ninguna configuración adicional a las que fueron realizadas con NI DAQ y Measurement & Automation Explorer.

5.5 PRUEBAS EXPERIMENTALES.

La mayoría de las pruebas experimentales realizadas, sirvieron para determinar los parámetros necesarios para la calibración de los diferentes sensores así como para determinar las velocidades de giro de los motores de pasos y los límites de giro de las válvulas; debido a que estos datos ya fueron presentados anteriormente, aquí solo se mencionarán ciertos criterios adicionales.

En las pruebas experimentales se pudo comprobar que, debido a que el sensor de temperatura se encuentra colocado dentro de un pozo térmico, las mediciones difieren de las que se pueden tomar con un termómetro colocado directamente en contacto con el líquido. Estos mismos errores se obtienen al realizar las mediciones con el termómetro bimetalico que se encuentra en el equipo, por lo se puede considerar que las mediciones realizadas con ambos sensores son equivalentes

En la Tabla 5.5.1 se puede observar los valores de temperatura medidos tanto con el sensor bimetalico así como con el sensor integrado

SENSOR INTEGRADO	SENSOR BIMETALICO
22.17	23
24.9	25.1
25.8	26.1
29.09	30
33.21	34
36.40	36.5
39.6	39.8
41.33	41.5
43.72	43
45.8	45

Tabla 5.5.1 Valores experimentales de temperatura

Las diferencias obtenidas en las mediciones de temperatura son debido a que el sensor integrado es más sensible a los pequeños cambios de temperatura que el par bimetálico, por lo que se puede esperar una mayor precisión.

Los valores de presión medidos con el manómetro que posee el equipo y con el sensor electrónico se resumen en la Tabla 5.5.2

MANÓMETRO	SENSOR ELECTRONICO
.5	0.7
1	1.1
1.5	1.46
2	2.06
2.5	2.4
3	3.07
3.5	3.46
4	3.95

Tabla 5.5.2 Valores experimentales de presión

Al igual que con el sensor de temperatura, se puede decir que las diferencias obtenidas en las mediciones de presión se deben a la mayor sensibilidad del medidor de presión electrónico.

En las pruebas experimentales con el equipo de MFT utilizando el programa desarrollado, se utilizó agua como líquido a ser filtrado; se obtuvo como resultado que los cambios en las variables medidas eran lentos y el método de control implementado producía resultados adecuados.

Para ayudar con la detección de fallas en el sistema de control -tanto en el hardware así como en el software- y para permitir una calibración más rápida de los elementos de control, se han desarrollado pequeños programas que se encuentran adjuntos en una carpeta llamada CALIBRACIÓN.

CAPITULO 6

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CAPÍTULO VI: Conclusiones y recomendaciones

El objetivo del presente trabajo fue desarrollar un sistema que permita el monitoreo y control de los principales parámetros de funcionamiento de un equipo experimental de MFT y que sirva de ayuda en la operación del mismo; sin embargo, el sistema diseñado también puede utilizarse, sin mayores modificaciones, como un auxiliar en operaciones de mayor escala, es decir, en producción continua de jugos clarificados de frutas en pequeños volúmenes.

El sistema se construyó con elementos de bajo costo y que se pueden adquirir fácilmente en el mercado local, lo presenta la ventaja de que los procedimientos de mantenimiento y reemplazo de componentes serán más fáciles de efectuar y que las modificaciones que en un futuro deban hacerse, no presentarán dificultad.

LA desventaja de esta alternativa radica en que los circuitos de control resultantes son más grandes debido al uso de elementos discretos. En la actualidad existen numerosos circuitos especializados que presentan muchas ventajas, sobre todo en cuanto a confiabilidad de funcionamiento en actividades como por ejemplo el control de motores de pasos, pero estos circuitos tienen precios elevados, dependiendo del tipo de características que se deseen obtener y, no siempre se encuentran disponibles en el mercado local por lo que, en caso de un daño mayor, se necesitaría de un cierto tiempo para la importación de los mismos. Como ejemplos de estos circuitos se pueden citar el de la empresa RMV Electronics Inc, que puede manejar hasta 16 motores de pasos utilizando el puerto serial y tiene un valor de 380 dólares, o el de la empresa PONTECH, que maneja un solo motor y cuyo valor es de 160 dólares.

No fue posible obtener un control total del equipo debido a que algunas de las válvulas son de operación manual y para la completa automatización se requeriría su reemplazo por otras controladas electrónicamente. Al hacer este reemplazo y con la ayuda de otros medidores (medidor de pH por ejemplo), se podrían automatizar otros procesos que por el momento deben realizarse manualmente tales como la limpieza, puesta en marcha y apagado del equipo.

Si bien la automatización total sería muy deseable, esto implicaría la necesidad de aumentar las capacidades de la tarjeta de adquisición de datos utilizada para este propósito. Esta nueva tarjeta DAQ necesitaría más entradas y salidas, tanto digitales como analógicas, lo cual elevaría en un valor considerable el costo del sistema. Por el momento, y debido a que el equipo es utilizado para propósitos de investigación, no es necesaria una automatización total pero sería recomendable si en algún momento se piensa en la producción del sistema con fines comerciales.

El sistema diseñado incorpora los principales conceptos necesarios para su implementación a escala industrial, como por ejemplo el uso de sistemas de detección de posición y protección de las válvulas, así como controles de límites presión y temperatura.

Si bien un operador deberá revisar con cierta periodicidad el correcto funcionamiento del equipo, el sistema propuesto permite disminuir los errores por fallas humanas.

Debido a que todo el proceso de control lo realiza el programa desarrollado en LabVIEW, la seguridad en la operación del equipo dependerá en gran medida de la confiabilidad en el funcionamiento del computador en el que se encuentre instalado el software, esto quiere decir que cualquier falla en el sistema de cómputo podría resultar en un funcionamiento inadecuado del equipo de MFT. Durante las primeras simulaciones y pruebas del software de control se presentaron ciertas ocasiones en las que el computador perdía el control del sistema como consecuencia de algunos problemas en el algoritmo de programación. Debido a esto se realizaron modificaciones tanto en el hardware como en el software que permitieron minimizar estos inconvenientes.

No se recomienda utilizar simultáneamente otros programas en el mismo computador que está corriendo el software de control, debido a que esto afecta el rendimiento del programa. Durante las pruebas del software se utilizaron programas como Word, Excel, Internet Explorer y otros al mismo tiempo que el de

control y se determinaron pequeños retrasos de temporización, que en muchos casos no superan los 30 segundos; sin embargo, en aplicaciones que utilizan intensivamente el disco duro en procesos de lectura y escritura o en aquellas que requieren de mucho tiempo de procesamiento, este valor podría aumentar considerablemente. Se debe tener en cuenta además que la aparición de virus en el computador podría afectar seriamente tanto el funcionamiento como la integridad de los datos y del programa.

Los sistemas operativos actuales como Windows NT, 2000, Linux, Unix, OS2, Solaris y otros presentan altos índices de seguridad y confiabilidad de operación lo que, sumado al rápido avance en la tecnología de construcción del hardware de computadoras y la creciente confiabilidad de las mismas, hace de las herramientas de instrumentación virtual una de las mejores alternativas para el desarrollo de aplicaciones de instrumentación y automatización.

Si se desea tener más seguridad en la operación del equipo, se podría utilizar un sistema basado en un PLC o en un microcontrolador como un elemento de apoyo.

En el presente trabajo también se consideró esta posibilidad, pero debido a que el sistema no será automatizado en su totalidad, al menos por el momento, no resulta adecuado utilizar un PLC debido a que la inversión sería grande y estaría subutilizado. Sin embargo, se recomienda que para mejorar aún más la confiabilidad de funcionamiento del equipo, y como un elemento de apoyo a la operación del mismo, se diseñe un sistema sobre la base de algún microcontrolador que tome el control del sistema completo cuando el computador o LabVIEW presenten alguna anomalía seria y no estén en capacidad de comandar el módulo.

Se recomienda que se disponga de un sistema que permita el apagado de las bombas que posee el equipo en caso de emergencia. Esto sería especialmente útil en situaciones en las que debido a una falla grave en hardware o en algún otro parámetro, el programa no pueda controlar adecuadamente las variables y se

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFÍA.**LIBROS**

- Mafart, Pierre y Béliard Emile (1994): "Ingeniería Industrial Alimentaria", Vol. II, Técnicas de Separación, Editorial ACRIBIA, S.A., Zaragoza, España, 1994.
- Huisman, Ingmar (1998): "Crossflow Microfiltration of Particle Suspensions. The Influence of Hydrodynamics and Physico-chemical Interactions", Department of Food Engineering. , Lund University, Suecia, 1998.
- Coriou, Rachel (1999): "Microfiltration tangentielle du jus de fruit de la passion. Effet de la conduite du procédé sur les caractéristiques physico-chimiques du rétentat et perméat ", Escuela Politécnica Nacional Quito, Ecuador, 1999.
- Water Research Commision of South Africa, Lyonnaise des Eaux, American Water Works Association Research Foundation (1998): "Tratamiento del agua por procesos de membrana. Principios, procesos y aplicaciones", McGraw Hill Interamericana de España, Aravaca, España, 1998.
- Ogata, Katsuhiko (1993): "Ingeniería de Control Moderna", 2^{da} ed., Prentice Hall Hispanoamericana S.A., México D.F., 1993.
- Creus Solé, Antonio (1997): "Instrumentación Industrial" 6ta. ed, Editorial Alfaomega Marcombo, México D.F., México, 1997.
- National Instruments Corporation (1997-2000): "Catálogo Resumido de Instrumentación". Austin Texas, 1997-2000
- National Instruments (1999 - 2000) "Measurement and Automation Catalogue". National Instruments Corporate Headquarters, Austin Texas, 1997-2000.

- Cooper, William D. Helfrick, Albert D. (1991): "Instrumentación Electrónica Moderna y Técnicas de Medición", 1^{ra} ed., Prentice Hall Hispanoamericana, México DF, 1991.
- National Instruments Corporation (1996): "Data Acquisition Basics Manual". National Instruments Corporate Headquarters. Austin, Texas, 1996.
- National Instruments Corporation (1996): "LabVIEW User Manual". National Instruments Corporate Headquarters. Austin, Texas, 1996
- National Instruments Corporation (1996): "LabVIEW Tutorial Manual". National Instruments Corporate Headquarters. Austin, Texas, 1996
- Techniques Industrielles Appliquees: "Manual módulo de Micro-Filtración Tangencial", s.f.

INTERNET

- National Instruments
www.ni.com/daq/daq.htm
- DeviceNet
www.odva.org/10_2/01a_fp_dn.htm
- Fieldbus Foundation
www.fieldbus.org/About/FoundationTech/AboutFoundationTech/
- PROFIBUS
www.profibus.com/profibus.html
- VXI
www.vxipnp.org/tchpapers05.htm

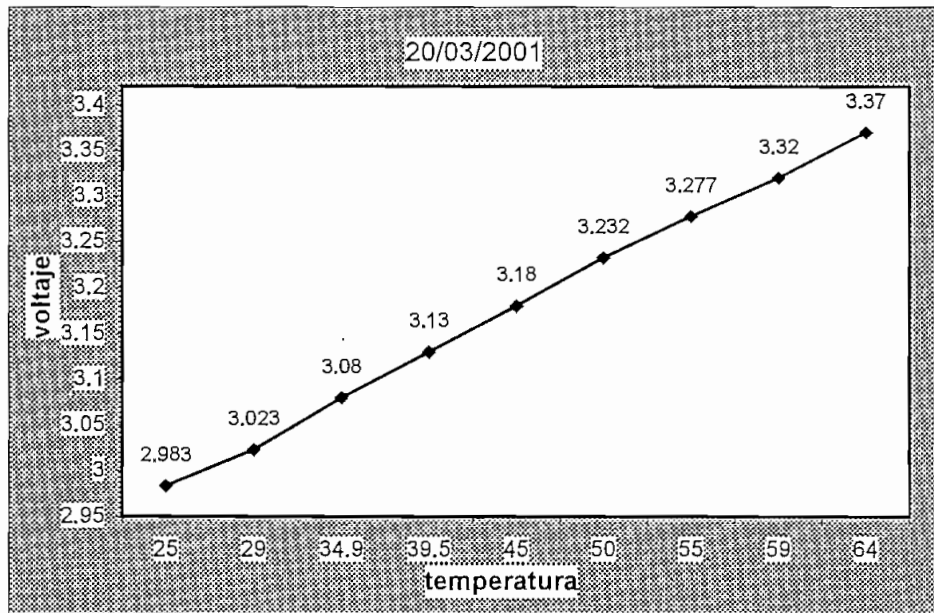
- Entran Devices Inc.
www.entran.com/ptoc.htm
- Stepper Motor Forum
www.eio.com/stepindx.htm

ANEXO 1

**TABLAS DE CALIBRACIÓN DE LOS SENSORES
DE PRESION Y TEMPERATURA**

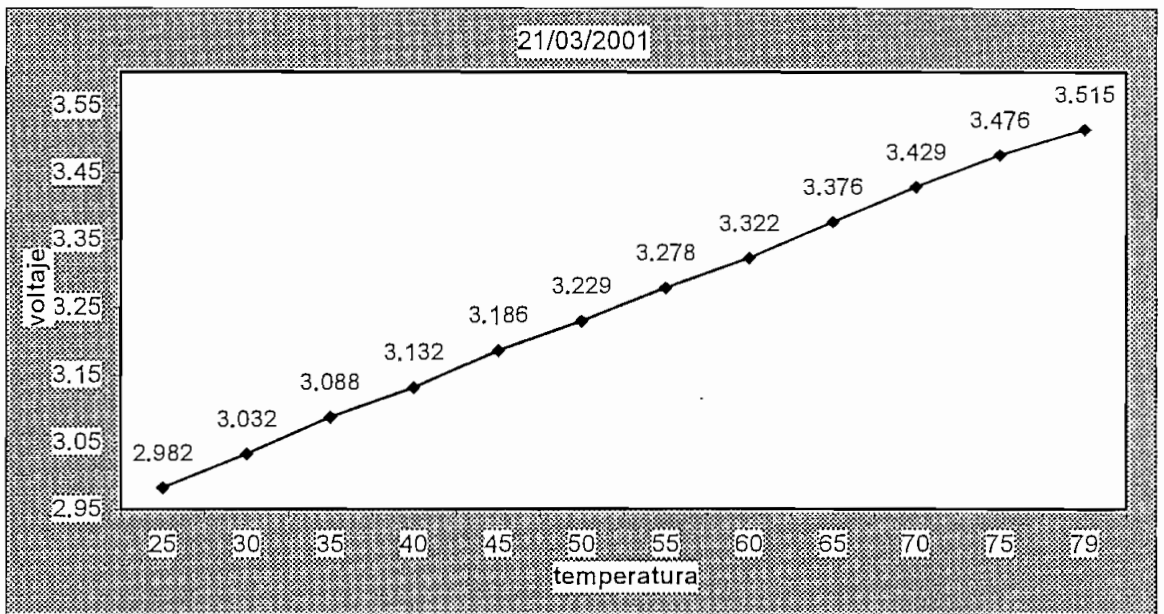
Fecha: 20/03/2001

Temperatura [°C]	Voltaje [V]	Calculado [°C]	Error [°C]
25	2.983	25.3	0.3
29	3.023	29.3	0.3
34.9	3.08	35	0.1
39.5	3.13	40	0.5
45	3.18	45	0
50	3.232	50.2	0.2
55	3.277	54.7	0.3
59	3.32	59	0
64	3.37	64	0



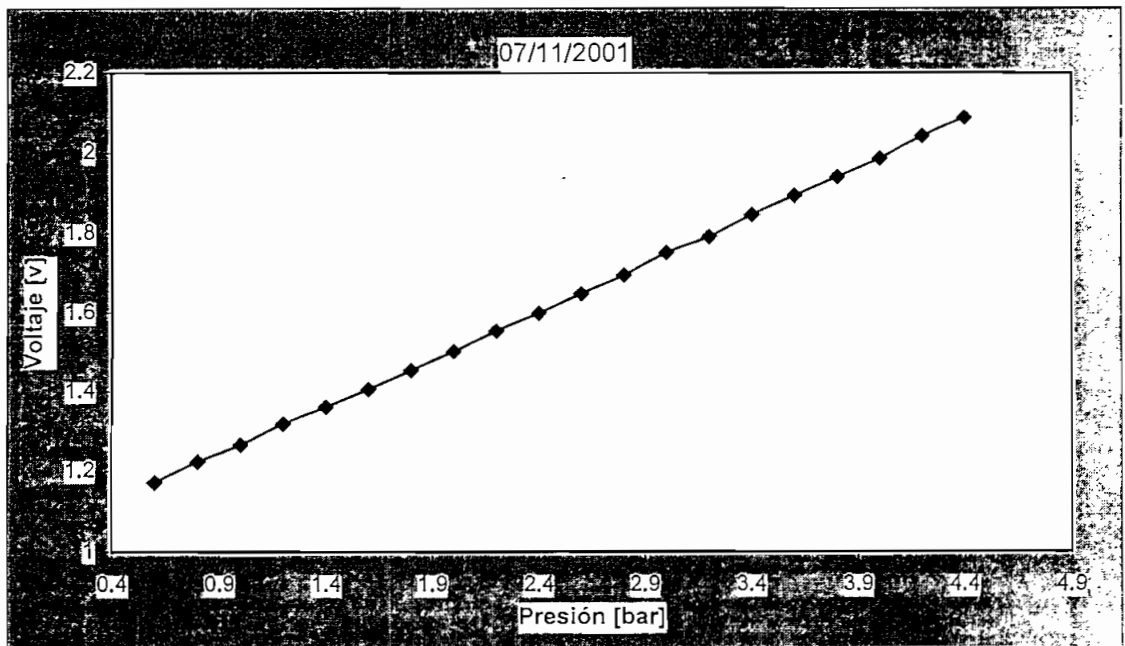
Fecha: 21/03/2001

Temperatura [°C]	Voltaje [V]	Calculado [°C]	Error [°C]
25	2.982	25.2	0.2
30	3.032	30.2	0.2
35	3.088	35.8	0.8
40	3.132	40.2	0.2
45	3.186	45.6	0.6
50	3.229	49.9	0.1
55	3.278	54.8	0.2
60	3.322	59.2	0.8
65	3.376	64.6	0.4
70	3.429	69.9	0.1
75	3.476	74.6	0.4
79	3.515	78.5	0.5



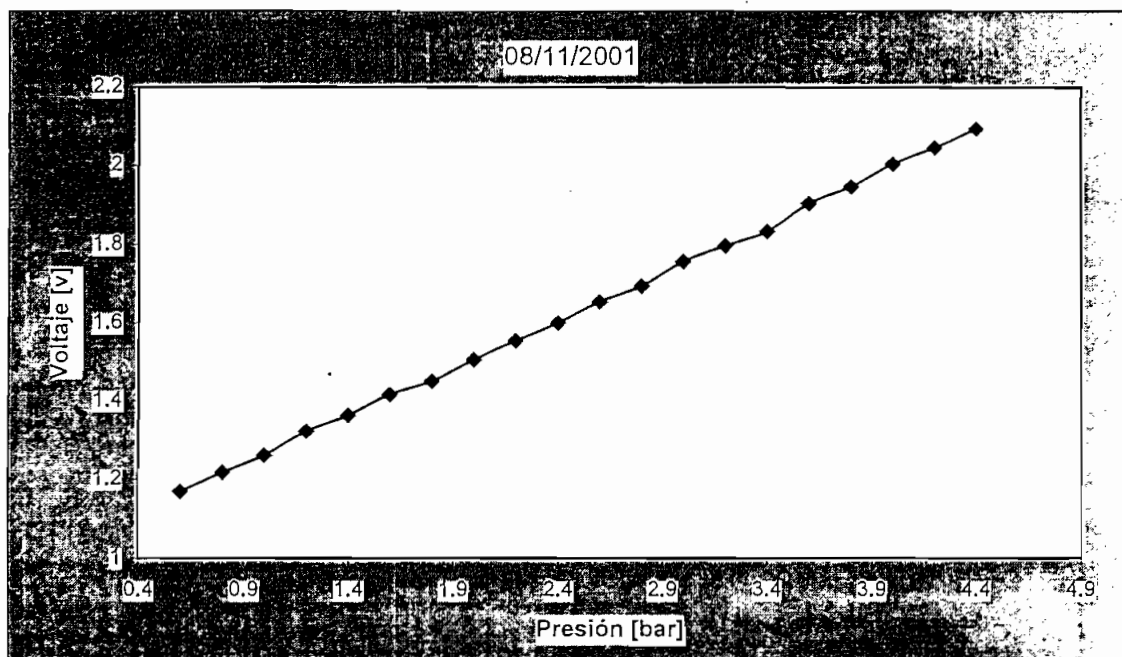
Fecha: 07/11/2001

Presión [bar]	Voltaje [v]	calculado [bar]	error
0.6	1.172	1.16	0.01
0.8	1.223	1.21	0.01
1	1.265	1.27	0.00
1.2	1.318	1.32	0.00
1.4	1.361	1.37	0.01
1.6	1.405	1.43	0.02
1.8	1.453	1.48	0.03
2	1.501	1.53	0.03
2.2	1.553	1.59	0.03
2.4	1.598	1.64	0.04
2.6	1.647	1.69	0.05
2.8	1.694	1.75	0.05
3	1.75	1.80	0.05
3.2	1.79	1.85	0.06
3.4	1.845	1.91	0.06
3.6	1.893	1.96	0.07
3.8	1.94	2.01	0.07
4	1.986	2.07	0.08
4.2	2.042	2.12	0.08
4.4	2.088	2.17	0.09



Fecha: 08/11/2001

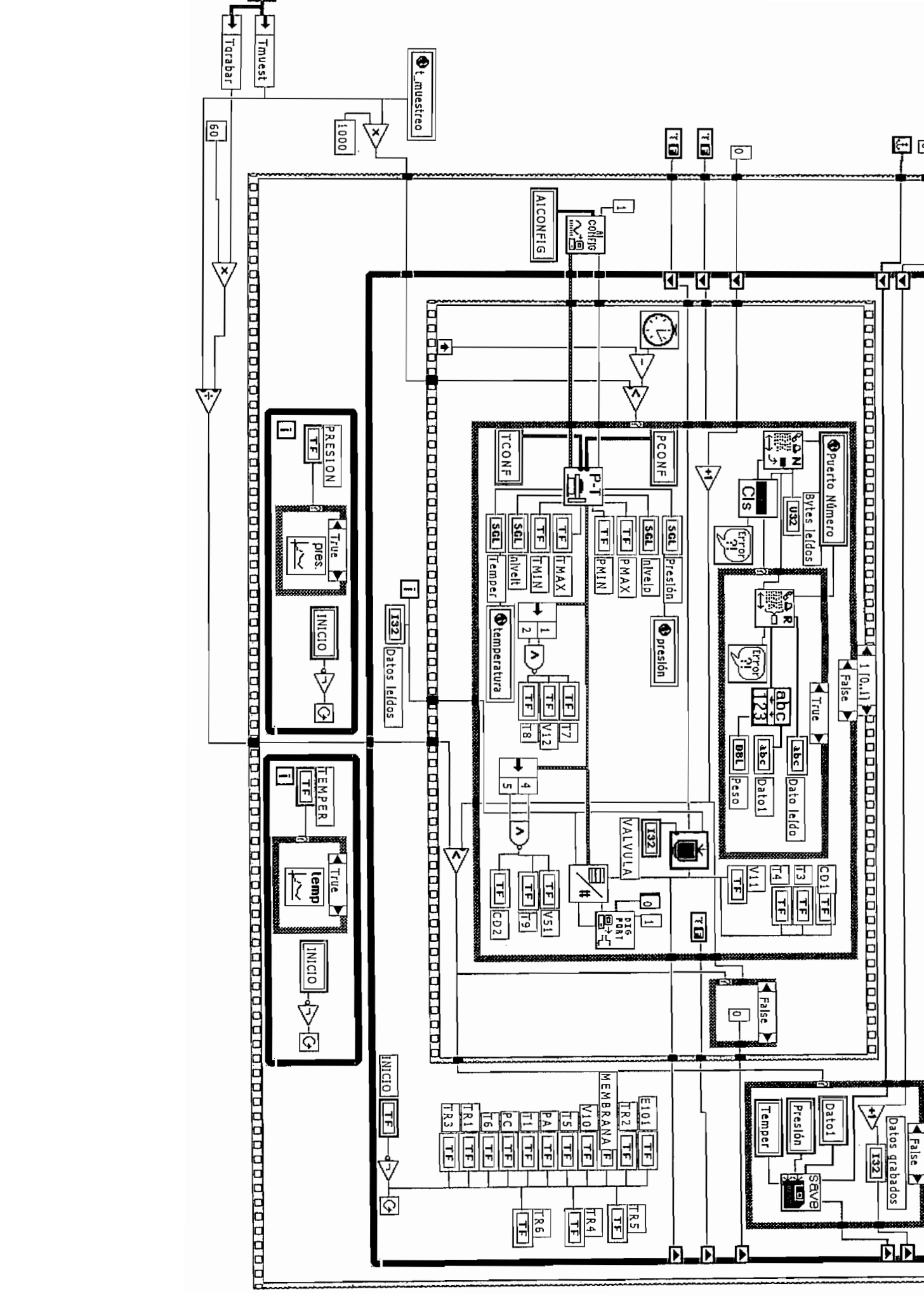
Presión [bar]	Voltaje [v]	calculado [bar]	error .
0.6	1.169	1.16	0.01
0.8	1.217	1.21	0.00
1	1.26	1.27	0.01
1.2	1.322	1.32	0.00
1.4	1.363	1.37	0.01
1.6	1.416	1.43	0.01
1.8	1.451	1.48	0.03
2	1.505	1.53	0.03
2.2	1.555	1.59	0.03
2.4	1.601	1.64	0.04
2.6	1.655	1.69	0.04
2.8	1.695	1.75	0.05
3	1.757	1.80	0.04
3.2	1.797	1.85	0.06
3.4	1.832	1.91	0.07
3.6	1.903	1.96	0.06
3.8	1.945	2.01	0.07
4	2.003	2.07	0.06
4.2	2.045	2.12	0.08
4.4	2.093	2.17	0.08

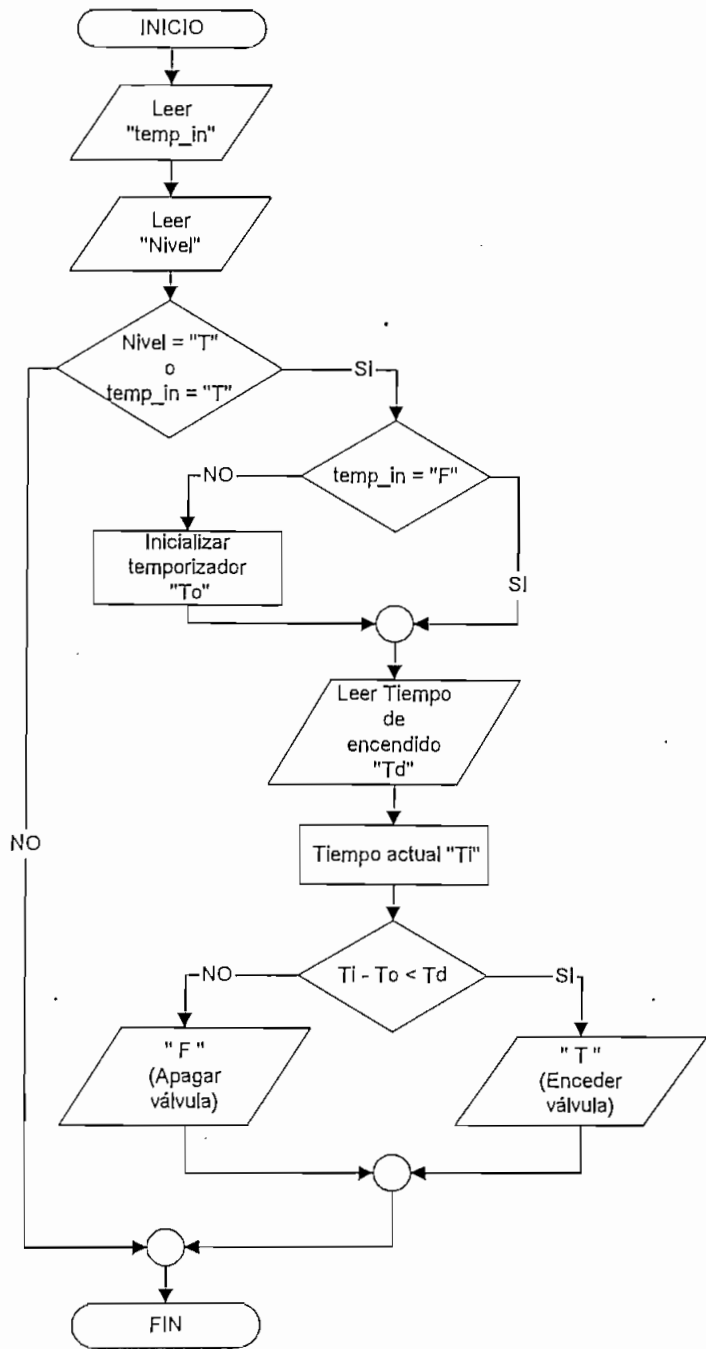


ANEXO 2

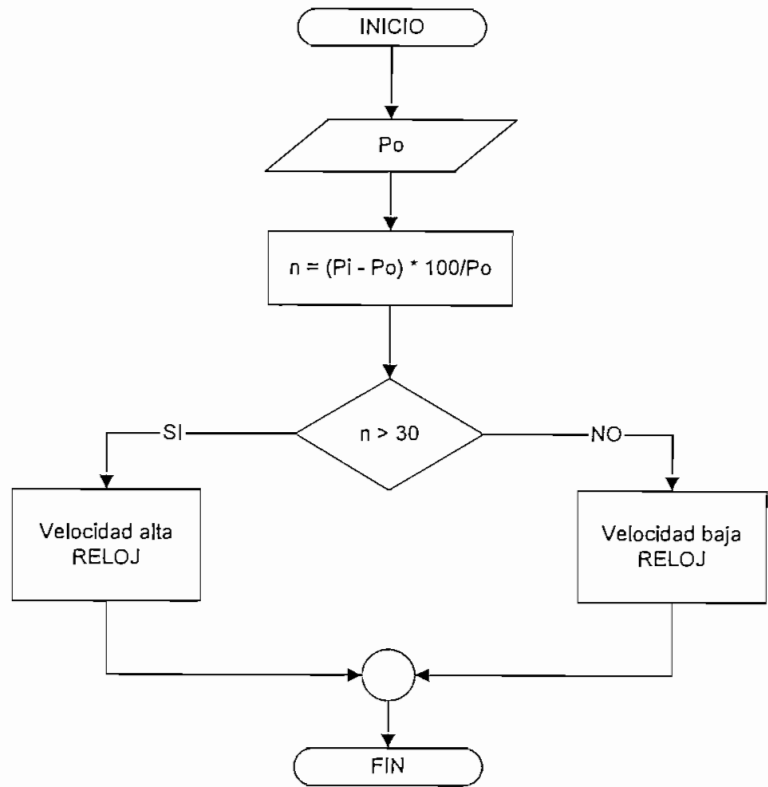
**DIAGRAMAS DE BLOQUES Y JERARQUÍAS DEL
SUBVI PRINCIPAL.**

DIAGRAMA DE FLUJO DE LOS SUBVIS

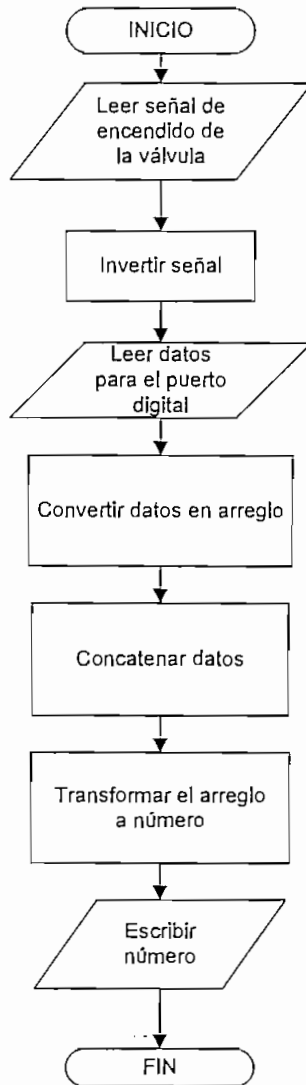




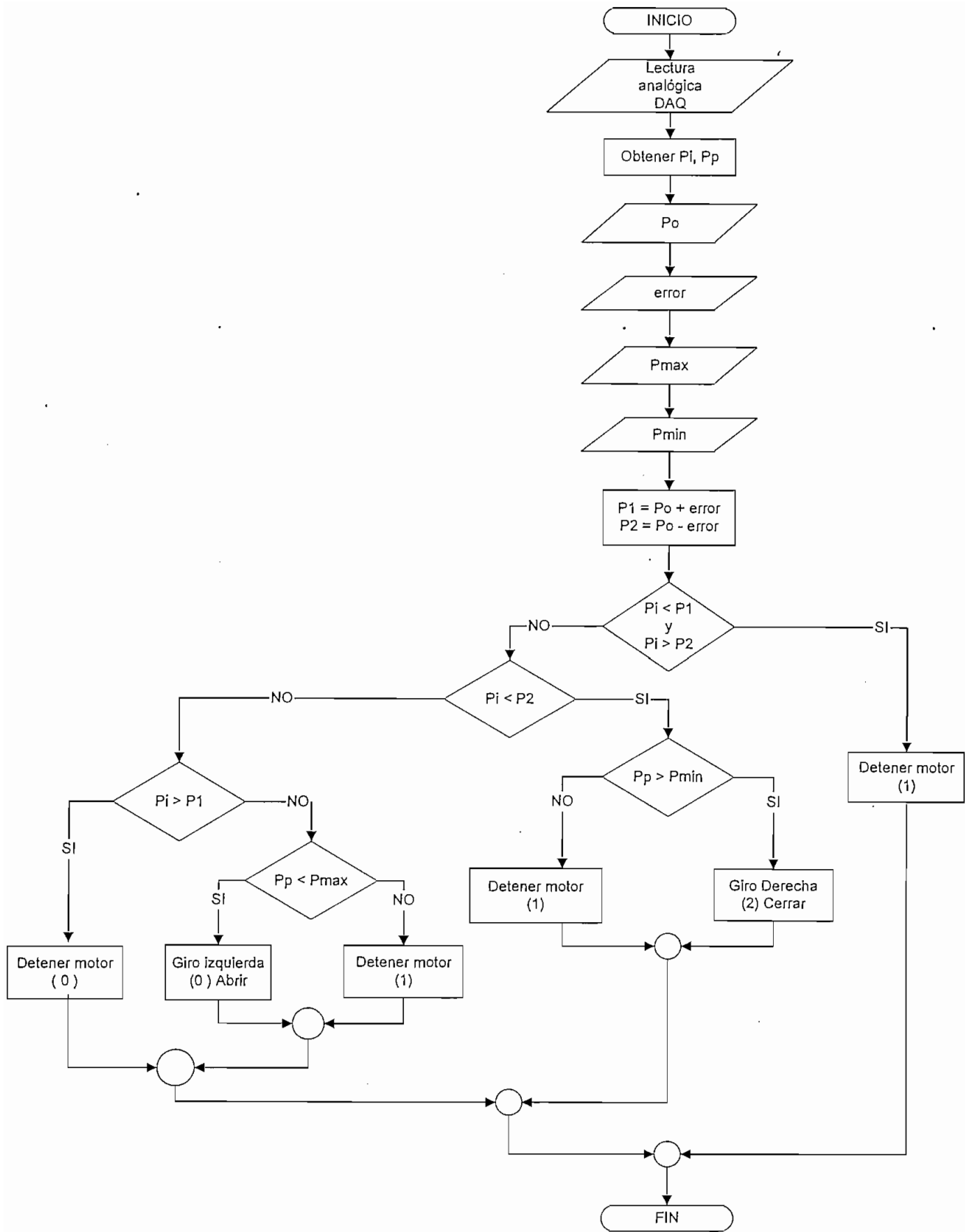
SUBROUTINA VALVULA1.VI



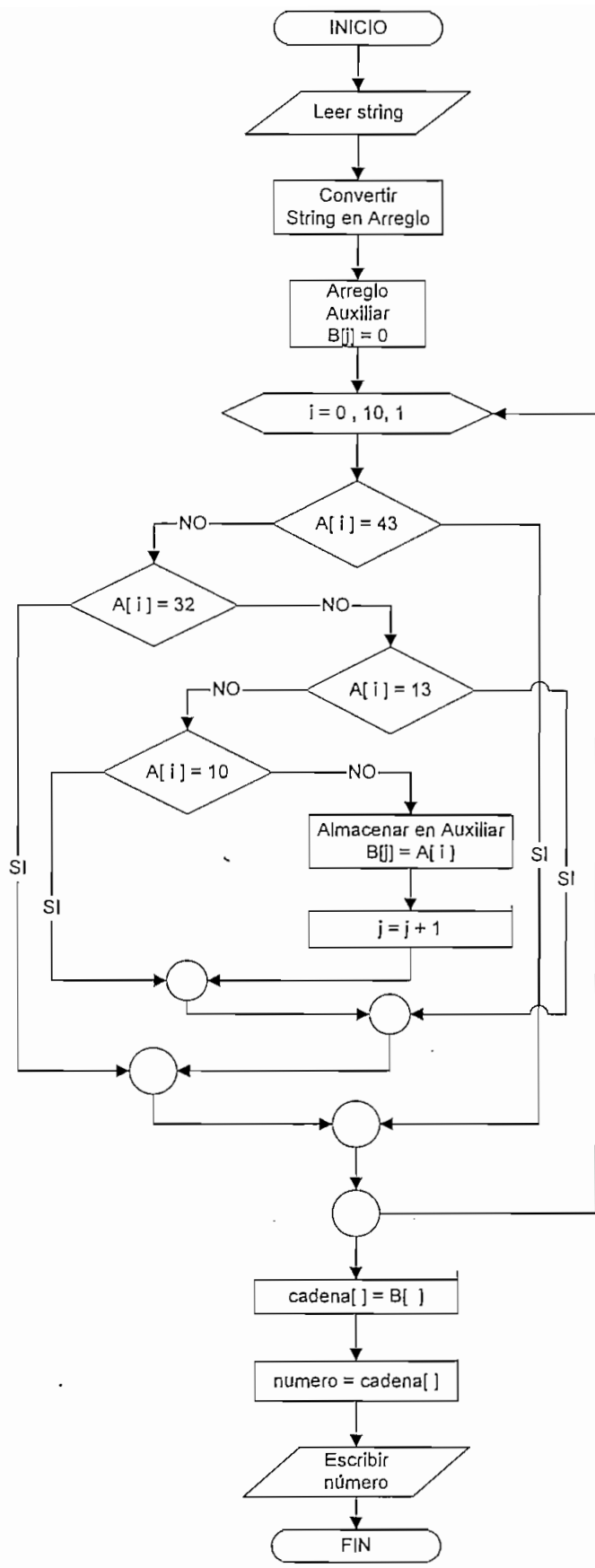
SELECCION DE LA VELOCIDAD DE GIRO DE LOS MOTORES



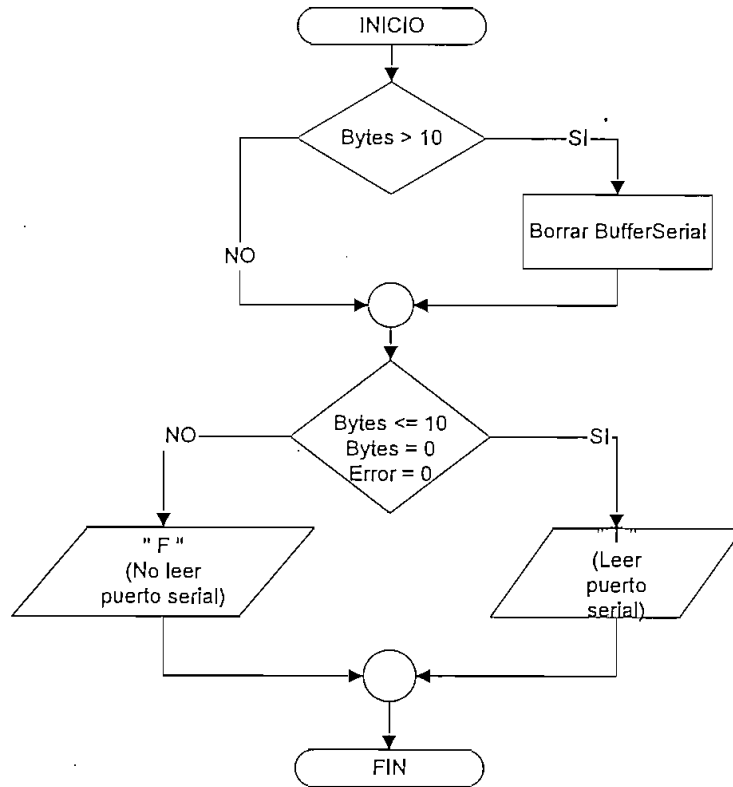
SUBROUTINA PUERTODIG.VI



SUBROUTINA MEDICION.VI



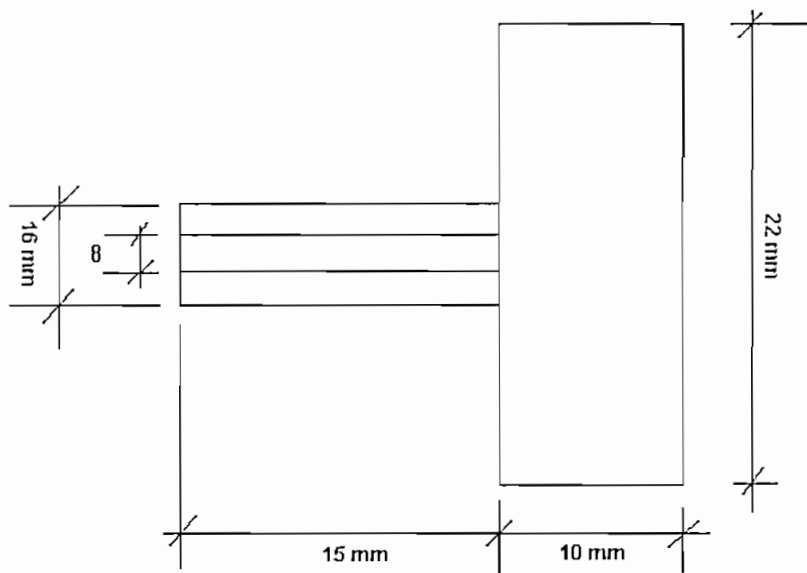
SUBROUTINA CONVERSION.VI



SUBROUTINA BORRAR.VI

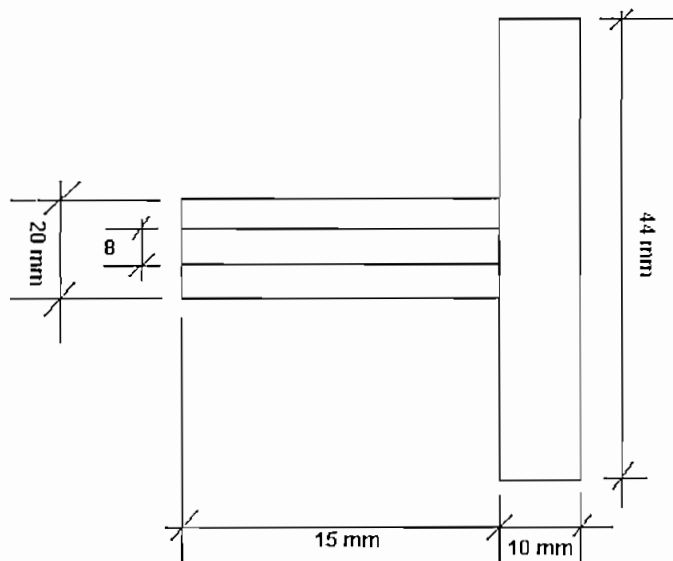
ANEXO 3

**DIAGRAMAS DE CONSTRUCCIÓN DE LOS
ENGRANAJES**



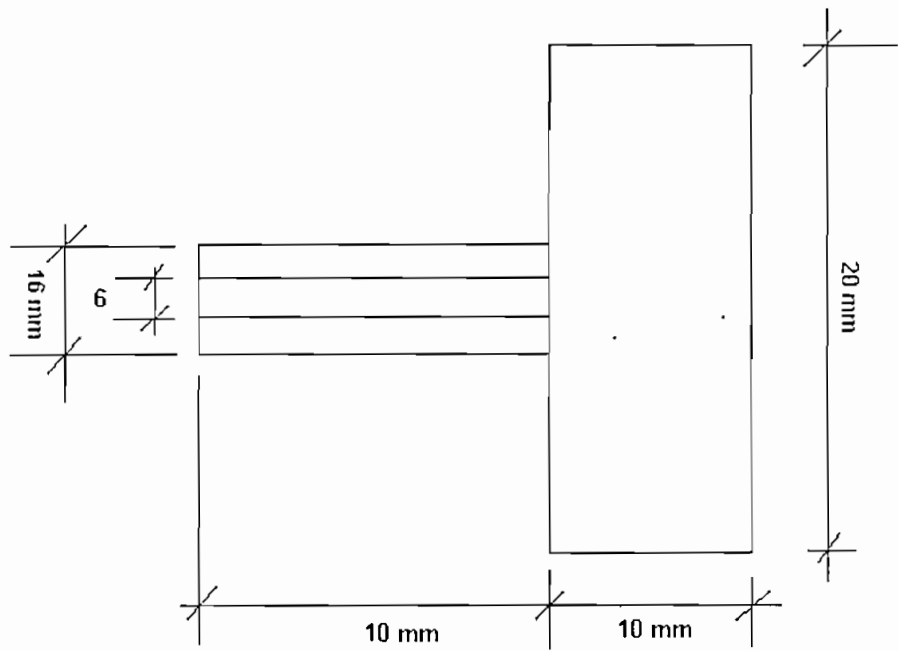
PIÑON 1

MOTOR VALVULA DE TEMPERATURA



PIÑON 2

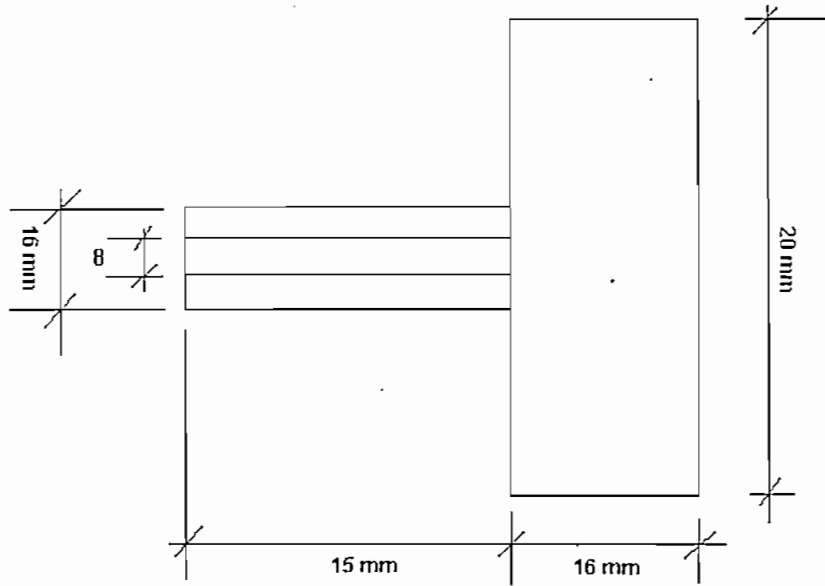
VALVULA DE TEMPERATURA



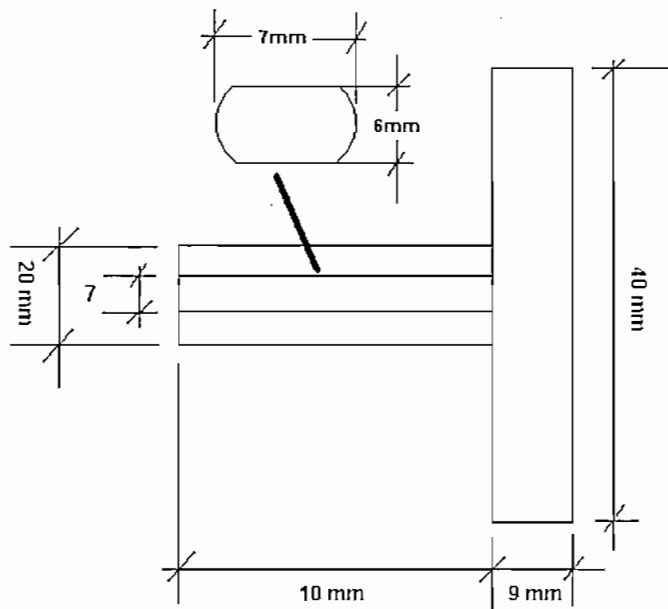
PIÑON 3

POTENCIOMETRO VALVULA DE TEMPERATURA

MOTOR VALVULA DE PRESION

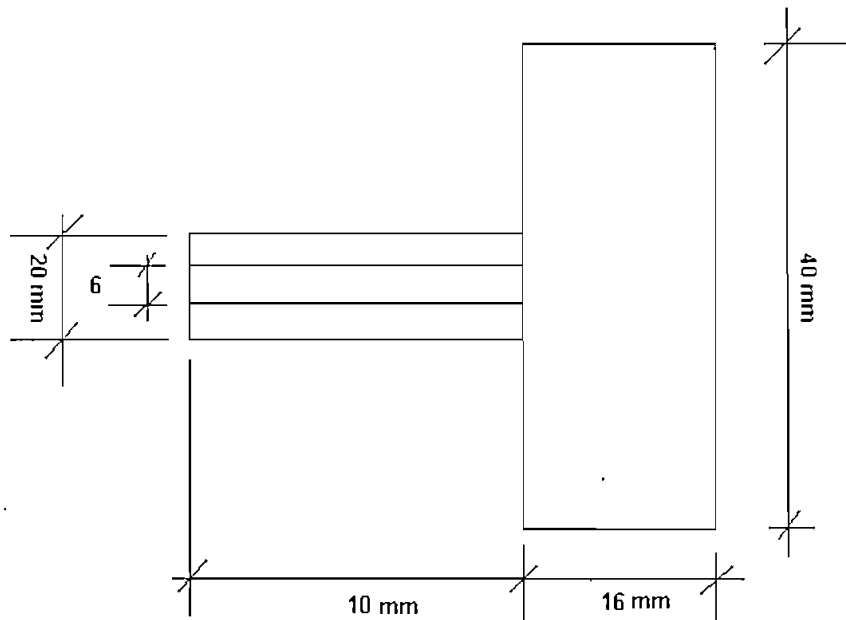


PIÑON 4



PIÑON 5

VALVULA DE PRESION



PIÑON 6

POTENCIOMETRO VALVULA DE PRESION

ANEXO 4

**ESQUEMÁTICOS DE LOS CIRCUITOS
IMPLEMENTADOS**

D40

1D A6
1E CC
2M HT
VD #1

JP1
1234 HEADER 4

WCC

C1
100u

C2
0.1u

Q1
2N3702

R1
1K

R2
2.2K

R3
1K

R4
5.1K

R5
5K

D1
DI100E

D2
ECC5007A

D3
ECC1408

WCC

WCC

WCC

WCC

WCC

WCC

NTI
BBP
CEE
EGE
GWE
HUY
JW
DTC
DTC
C

JP2
123456 HEADER 6

WCC

WCC

WCC

WCC

WCC

WCC

WCC

WCC

WCC

WCC

WCC

WCC

WCC

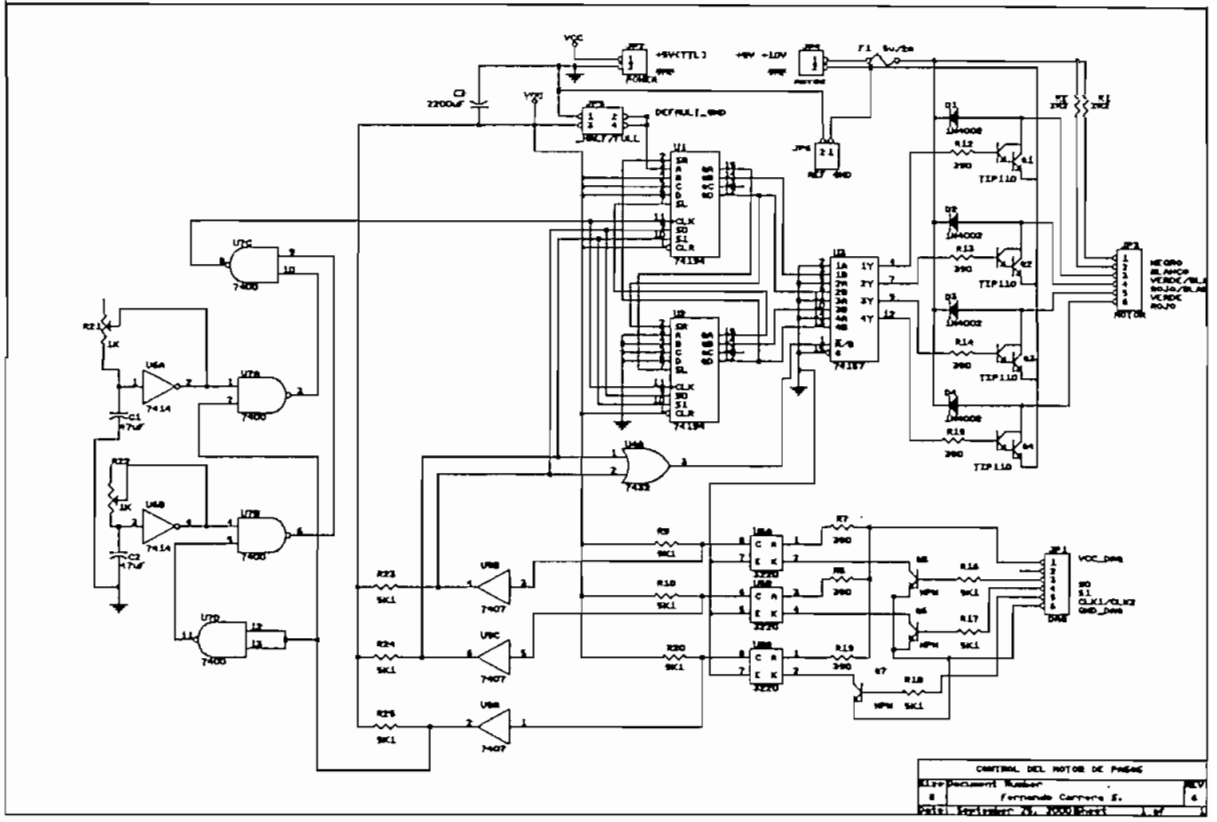
WCC

WCC

WCC

Size Document Number
A

Date: July 31, 2001 Sheet 1 of 1



CONTENIDO DEL MOTOR DE PASOS		
Equipamiento	Numero	REV
8	Fernando Carrero S.	4
2011	República S. 2000	1

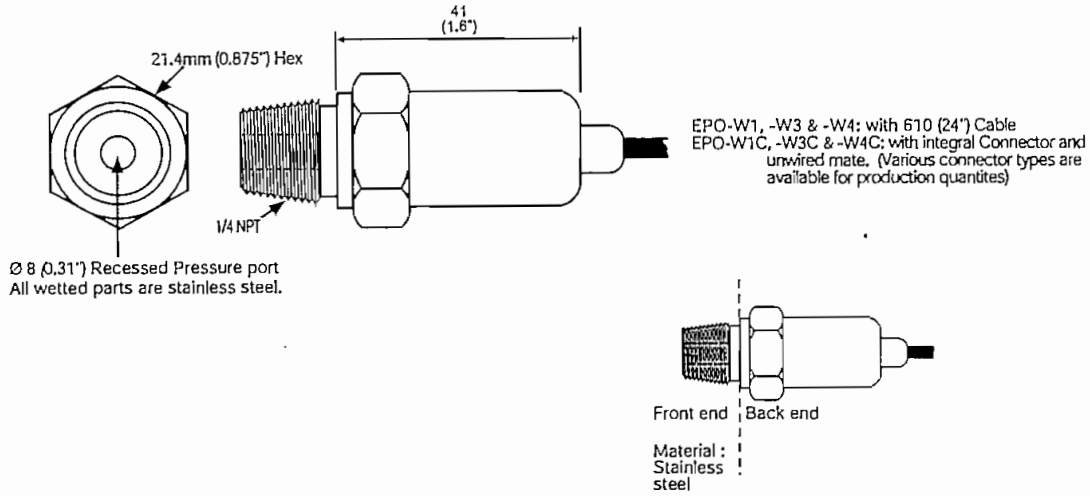
ANEXO 5

HOJAS DE DATOS DE LOS FABRICANTES

Specifications



EPO-W1, EPO-W3 and EPO-W4



Dim : mm (inches)

EPO Series

PSI RANGES "FS" (Note 1)	BAR RANGES "FS" (Note 1)	PRESSURE LIMIT	RESONANT FREQUENCY nom. (Note 2)	OUTPUTS nom.			CNL&H (%FSO)	THERMAL ZERO SHIFT /50°C (/100°F)
				W1	W3	W4		
15	1	2 XFS	10 KHz	0-50 mV (not available)	(not available)	(not available)	±1%	± 3% FSO
50	3,5	2 XFS	20 KHz	0-100 mV	1-5 V	4-20 mA	±1%	± 2% FSO
100	7	2 XFS	30 KHz	0-100 mV	1-5 V	4-20 mA	±1%	± 2% FSO
250	15	2 XFS	45 KHz	0-100 mV	1-5 V	4-20 mA	±1%	± 2% FSO
500	35	2 XFS	70 KHz	0-100 mV	1-5 V	4-20 mA	±1%	± 2% FSO
1000	70	2 XFS	100 KHz	0-100 mV	1-5 V	4-20 mA	±1%	± 2% FSO
2500	175	2 XFS	150 KHz	0-100 mV	1-5 V	4-20 mA	±1%	± 2% FSO
5000	350	2 XFS	225 kHz	0-100 mV	1-5 V	4-20 mA	±1%	± 2% FSO
10000	700	2 XFS	325 Khz	0-100 mV	1-5 V	4-20 mA	±1%	± 2% FSO

Notes: 1 Vented (gauge/relative) Pressure Reference 1. Temperatures expressed in °F for PSI Ranges and °C for BAR Ranges.

2 Resonant Frequency for sensor's diaphragm within the pressure port cavity. Useful frequency is 500Hz nom. Amplifier Bandwidth (-3dB) is 1KHz on W3 and W4.

	W1	W3	W4
EXCITATION:	5VDC	10-30VDC	10-30VDC
SUPPLY CURRENT:	5mA nom.	10mA max.	-
OUTPUT LOAD RECOMMENDED:	1mΩ min.	5KΩ min.	1.1KΩ
THERMAL SENSITIVITY SHIFT (TSS):	±2%/55°C (±2%/100°F)	±2%/55°C (±2%/100°F)	±2%/55°C (±2%/100°F)
OPERATING TEMPERATURE:	-20°C to 85°C (-4°F to 185°F)	-20°C to 85°C (-4°F to 185°F)	-20°C to 85°C (-4°F to 185°F)
COMPENSATED TEMPERATURE:	0°C to 55°C (30°F to 130°F)	0°C to 55°C (30°F to 130°F)	0°C to 55°C (30°F to 130°F)
ZERO OFFSET AT 21°C (70°F):	±5mV typ.	±2% FSO typ.	±2% FSO typ.
CE CONFORMANCE:	Type W1 only		
PRESSURE REFERENCE:	1 = Vented (gauge/relative) [not available on Connector versions] 2 = Sealed at 1 atmosphere on Connector version only		

"Off-The-Shelf" Stocking Program

	TITLE	Entran Devices, Inc. FAIRFIELD, NJ, USA		
	EPO PRESSURE SENSORS Low Cost Industrial & OEM	SPECIFICATION NUMBER	ISSUE	PAGE
		EPOS0001U	PC0	1 of 2

Options and Accessories:

COMPENSATED TEMPERATURE RANGES:

STANDARD = 0°C to 55°C (30°F to 130°F)
 Z' = Non-standard, contact Entran

EXCITATION VOLTAGE:

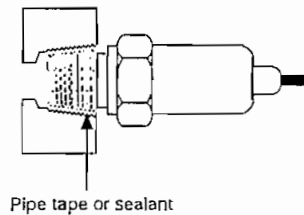
STANDARD = 5VDC
 V00 = Replace "00" with Excitation between 1 and 5. If less than 5, Sensitivity (FSO) will decrease accordingly.
 V' = Non-standard Excitation with standard FSO and non-standard TSS, contact Entran.

Model Number construction:

<u>EPO</u> Series	<u>W1</u> Body	<u>1</u> Reference	<u>I</u> Range	<u>B</u> Units	<u>V2</u> Options
	W1	1	(K used for 1000 Ex: 1K)	B = BAR P = PSI	V1 thru V5 or V' Z'
	W3	1			
	W4	1			
	W1C	2			
	W3C	2			
	W4C	2			

"Off-The-Shelf" Stocking Program

Installation:



	<u>W1</u>	<u>W3</u>	<u>W4</u>
Red	+Excitation	+Excitation	+Excitation
Black	-Excitation	Ground	Output
White	-Output	Output	
Green	+Output		

Entran®	EPO PRESSURE SENSORS	SPECIFICATION NUMBER	ISSUE	PAGE
		EPOS0001U	PC0	2 of 2

LM135/LM235/LM335, LM135A/LM235A/LM335A Precision Temperature Sensors

General Description

The LM135 series are precision, easily-calibrated, integrated circuit temperature sensors. Operating as a 2-terminal zener, the LM135 has a breakdown voltage directly proportional to absolute temperature at $+10 \text{ mV/K}$. With less than 1Ω dynamic impedance the device operates over a current range of $400 \mu\text{A}$ to 5 mA with virtually no change in performance. When calibrated at 25°C the LM135 has typically less than 1°C error over a 100°C temperature range. Unlike other sensors the LM135 has a linear output.

Applications for the LM135 include almost any type of temperature sensing over a -55°C to $+150^\circ\text{C}$ temperature range. The low impedance and linear output make interfacing to readout or control circuitry especially easy.

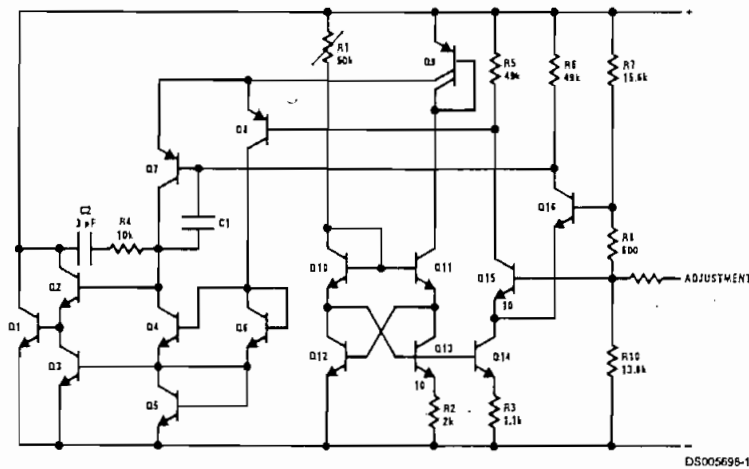
The LM135 operates over a -55°C to $+150^\circ\text{C}$ temperature range while the LM235 operates over a -40°C to $+125^\circ\text{C}$

temperature range. The LM335 operates from -40°C to $+100^\circ\text{C}$. The LM135/LM235/LM335 are available packaged in hermetic TO-46 transistor packages while the LM335 is also available in plastic TO-92 packages.

Features

- Directly calibrated in Kelvin
- 1°C initial accuracy available
- Operates from $400 \mu\text{A}$ to 5 mA
- Less than 1Ω dynamic impedance
- Easily calibrated
- Wide operating temperature range
- 200°C overrange
- Low cost

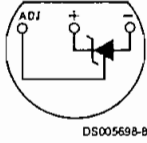
Schematic Diagram



DS005698-1

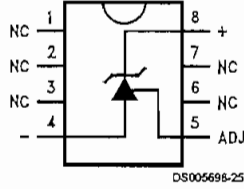
Connection Diagrams

TO-92
Plastic Package



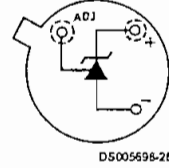
Bottom View
Order Number LM335Z
or LM335AZ
See NS Package
Number Z03A

SO-8
Surface Mount Package



Order Number LM335M
See NS Package
Number M08A

TO-46
Metal Can Package*



*Case is connected to negative pin

Bottom View
Order Number LM135H,
LM135H-MIL, LM235H,
LM335H, LM135AH,
LM235AH or LM335AH
See NS Package
Number H03H

Absolute Maximum Ratings (Note 4)

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

Reverse Current	15 mA
Forward Current	10 mA
Storage Temperature	
TO-46 Package	-60°C to +180°C
TO-92 Package	-60°C to +150°C
SO-8 Package	-65°C to +150°C

Specified Operating Temp. Range

	Continuous	Intermittent (Note 2)
LM135, LM135A	-55°C to +150°C	150°C to 200°C
LM235, LM235A	-40°C to +125°C	125°C to 150°C
LM335, LM335A	-40°C to +100°C	100°C to 125°C
Lead Temp. (Soldering, 10 seconds)		
TO-92 Package:		260°C
TO-46 Package:		300°C
SO-8 Package:		300°C
Vapor Phase (60 seconds):		215°C
Infrared (15 seconds):		220°C

Temperature Accuracy (Note 1)

LM135/LM235, LM135A/LM235A

Parameter	Conditions	LM135A/LM235A			LM135/LM235			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Operating Output Voltage	$T_C = 25^\circ\text{C}$, $I_R = 1\text{ mA}$	2.97	2.98	2.99	2.95	2.98	3.01	V
Uncalibrated Temperature Error	$T_C = 25^\circ\text{C}$, $I_R = 1\text{ mA}$		0.5	1		1	3	°C
Uncalibrated Temperature Error	$T_{\text{MIN}} \leq T_C \leq T_{\text{MAX}}$, $I_R = 1\text{ mA}$		1.3	2.7		2	5	°C
Temperature Error with 25°C Calibration	$T_{\text{MIN}} \leq T_C \leq T_{\text{MAX}}$, $I_R = 1\text{ mA}$		0.3	1		0.5	1.5	°C
Calibrated Error at Extended Temperatures	$T_C = T_{\text{MAX}}$ (Intermittent)		2			2		°C
Non-Linearity	$I_R = 1\text{ mA}$		0.3	0.5		0.3	1	°C

Temperature Accuracy (Note 1)

LM335, LM335A

Parameter	Conditions	LM335A			LM335			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Operating Output Voltage	$T_C = 25^\circ\text{C}$, $I_R = 1\text{ mA}$	2.95	2.98	3.01	2.92	2.98	3.04	V
Uncalibrated Temperature Error	$T_C = 25^\circ\text{C}$, $I_R = 1\text{ mA}$		1	3		2	6	°C
Uncalibrated Temperature Error	$T_{\text{MIN}} \leq T_C \leq T_{\text{MAX}}$, $I_R = 1\text{ mA}$		2	5		4	9	°C
Temperature Error with 25°C Calibration	$T_{\text{MIN}} \leq T_C \leq T_{\text{MAX}}$, $I_R = 1\text{ mA}$		0.5	1		1	2	°C
Calibrated Error at Extended Temperatures	$T_C = T_{\text{MAX}}$ (Intermittent)		2			2		°C
Non-Linearity	$I_R = 1\text{ mA}$		0.3	1.5		0.3	1.5	°C

Electrical Characteristics (Note 1)

Parameter	Conditions	LM135/LM235 LM135A/LM235A			LM335 LM335A			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Operating Output Voltage Change with Current	$400\ \mu\text{A} \leq I_R \leq 5\text{ mA}$ At Constant Temperature		2.5	10		3	14	mV
Dynamic Impedance	$I_R = 1\text{ mA}$		0.5			0.6		Ω
Output Voltage Temperature Coefficient			+10			+10		mV/°C
Time Constant	Still Air		80			80		sec
	100 ft/Min Air		10			10		sec
	Stirred Oil		1			1		sec
Time Stability	$T_C = 125^\circ\text{C}$		0.2			0.2		°C/chr

Electrical Characteristics (Note 1) (Continued)

Note 1: Accuracy measurements are made in a well-stirred oil bath. For other conditions, self heating must be considered.

Note 2: Continuous operation at these temperatures for 10,000 hours for H package and 5,000 hours for Z package may decrease life expectancy of the device.

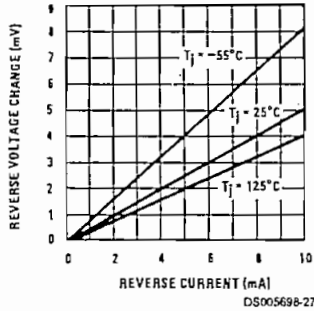
Note 3:

Thermal Resistance	TO-92	TO-46	SO-8
θ_{JA} (junction to ambient)	202°C/W	400°C/W	165°C/W
θ_{JC} (junction to case)	170°C/W	N/A	N/A

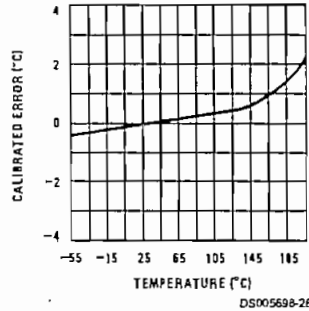
Note 4: Refer to RETS135H for military specifications.

Typical Performance Characteristics

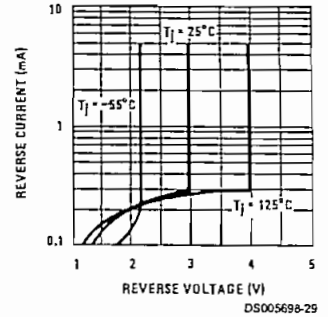
Reverse Voltage Change



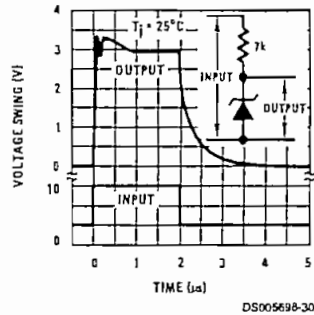
Calibrated Error



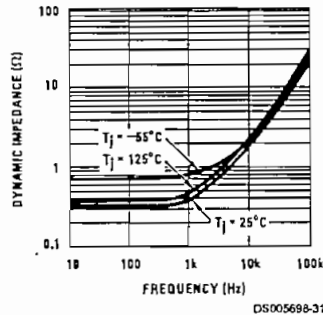
Reverse Characteristics



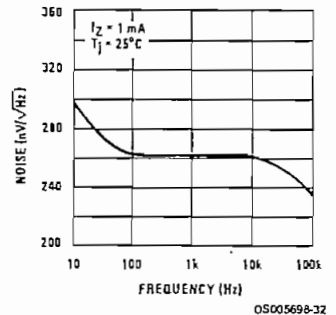
Response Time



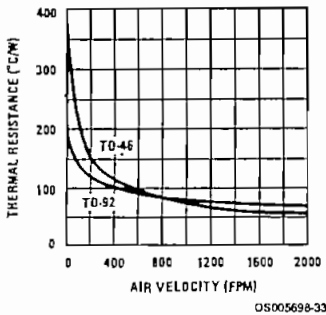
Dynamic Impedance



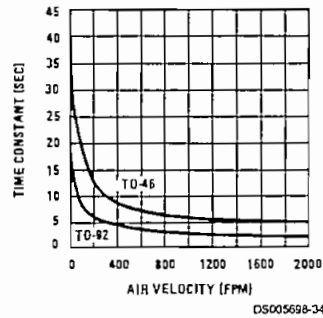
Noise Voltage



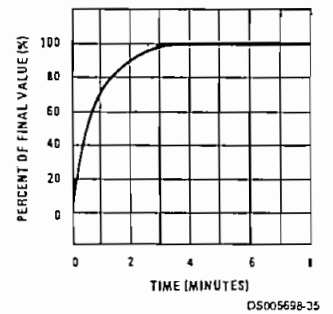
Thermal Resistance
Junction to Air



Thermal Time Constant

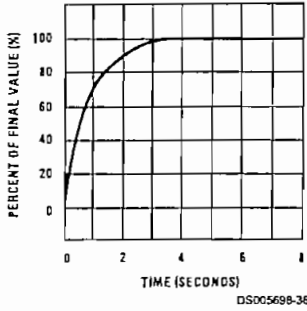


Thermal Response in Still Air

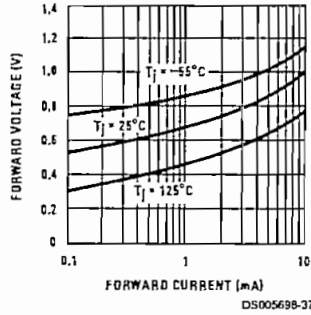


Typical Performance Characteristics (Continued)

Thermal Response in Stirred Oil Bath



Forward Characteristics



Application Hints

CALIBRATING THE LM135

Included on the LM135 chip is an easy method of calibrating the device for higher accuracies. A pot connected across the LM135 with the arm tied to the adjustment terminal allows a 1-point calibration of the sensor that corrects for inaccuracy over the full temperature range.

This single point calibration works because the output of the LM135 is proportional to absolute temperature with the extrapolated output of sensor going to 0V output at 0°K (-273.15°C). Errors in output voltage versus temperature are only slope (or scale factor) errors so a slope calibration at one temperature corrects at all temperatures.

The output of the device (calibrated or uncalibrated) can be expressed as:

$$V_{OUT_T} = V_{OUT_{T_0}} \times \frac{T}{T_0}$$

where T is the unknown temperature and T₀ is a reference temperature, both expressed in degrees Kelvin. By calibrating the output to read correctly at one temperature the output at all temperatures is correct. Nominally the output is calibrated at 10 mV/°K.

To insure good sensing accuracy several precautions must be taken. Like any temperature sensing device, self heating can reduce accuracy. The LM135 should be operated at the lowest current suitable for the application. Sufficient current, of course, must be available to drive both the sensor and the calibration pot at the maximum operating temperature as well as any external loads.

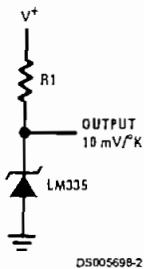
If the sensor is used in an ambient where the thermal resistance is constant, self heating errors can be calibrated out. This is possible if the device is run with a temperature stable current. Heating will then be proportional to zener voltage and therefore temperature. This makes the self heating error proportional to absolute temperature the same as scale factor errors.

WATERPROOFING SENSORS

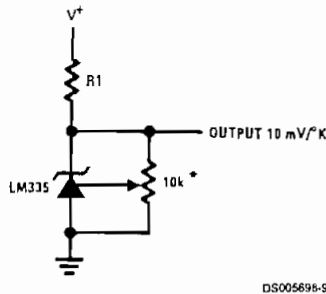
Meltable inner core heat shrinkable tubing such as manufactured by Raychem can be used to make low-cost waterproof sensors. The LM335 is inserted into the tubing about 1/2" from the end and the tubing heated above the melting point of the core. The unfilled 1/2" end melts and provides a seal over the device.

Typical Applications

Basic Temperature Sensor

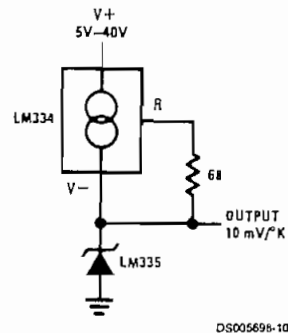


Calibrated Sensor



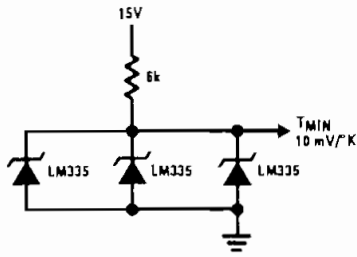
*Calibrate for 2.982V at 25°C

Wide Operating Supply



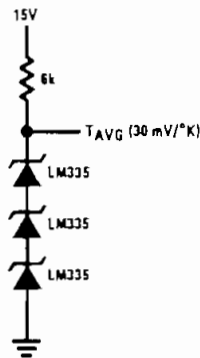
Typical Applications (Continued)

Minimum Temperature Sensing



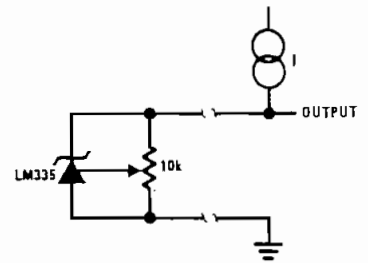
DS005698-4

Average Temperature Sensing



DS005698-18

Remote Temperature Sensing



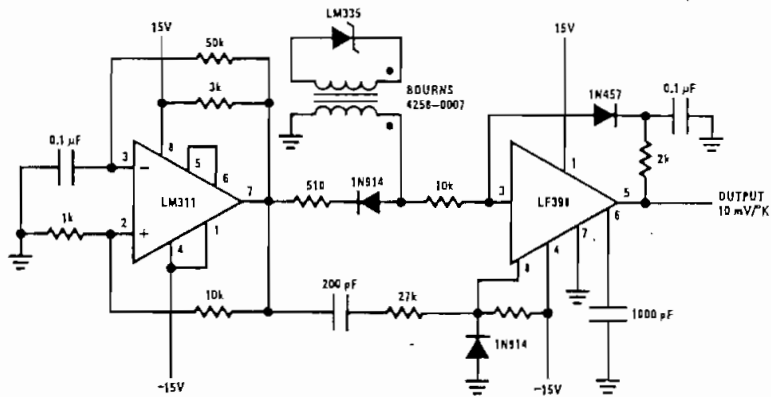
DS005698-19

Wire length for 1°C error due to wire drop

AWG	$I_R = 1$	$I_R = 0.5 \text{ mA}^*$
	FEET	FEET
14	4000	8000
16	2500	5000
18	1600	3200
20	1000	2000
22	625	1250
24	400	800

*For $I_R = 0.5 \text{ mA}$, the trim pot must be deleted.

Isolated Temperature Sensor

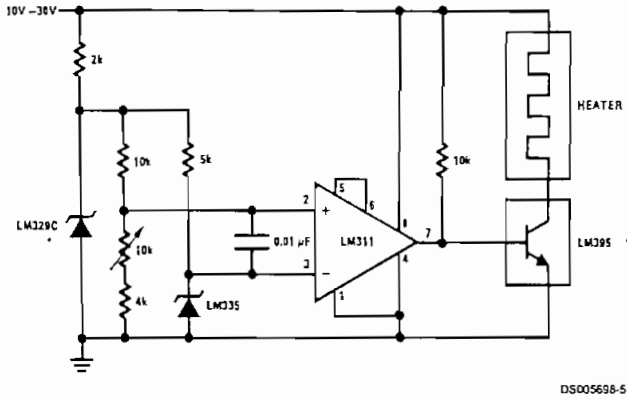


DS005698-20

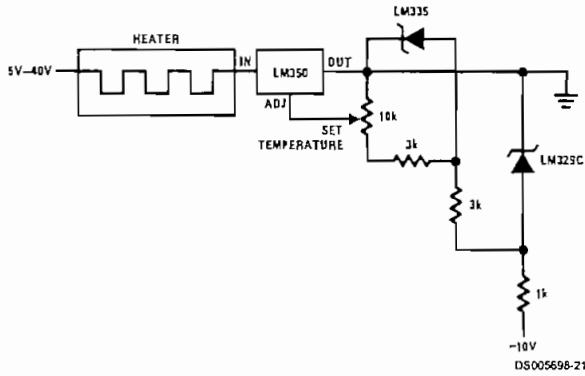
Typical Applications (Continued)

LM135/LM235/LM335, LM135A/LM235A/LM335A

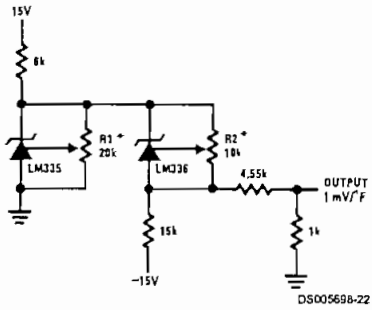
Simple Temperature Controller



Simple Temperature Control

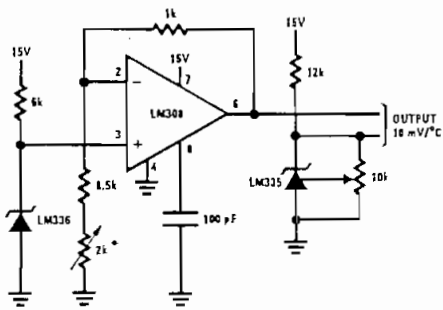


Ground Referred Fahrenheit Thermometer



*Adjust R2 for 2.554V across LM336.
Adjust R1 for correct output.

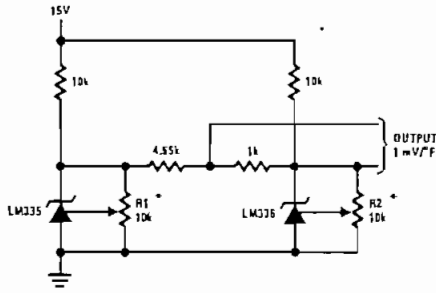
Centigrade Thermometer



*Adjust for 2.7315V at output of LM308

Typical Applications (Continued)

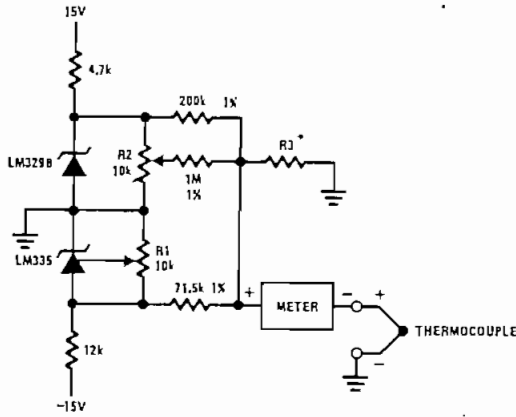
Fahrenheit Thermometer



DS005698-24

*To calibrate adjust R2 for 2,554V across LM336.
Adjust R1 for correct output.

THERMOCOUPLE COLD JUNCTION COMPENSATION Compensation for Grounded Thermocouple



DS005698-6

*Select R3 for proper thermocouple type

THERMO- COUPLE	R3 (±1%)	SEEBECK COEFFICIENT
J	377Ω	52.3 μV/°C
T	308Ω	42.8 μV/°C
K	293Ω	40.8 μV/°C
S	45.8Ω	6.4 μV/°C

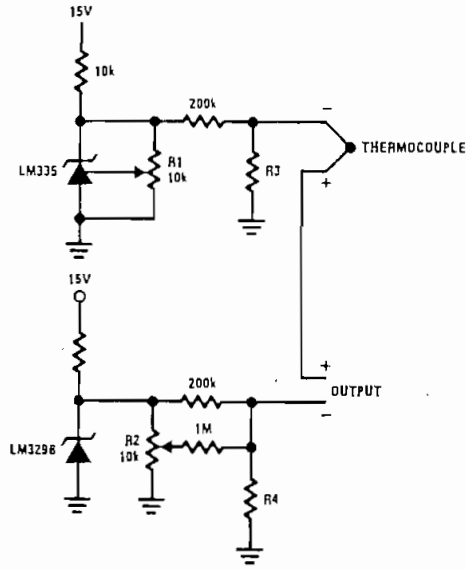
Adjustments: Compensates for both sensor and resistor tolerances

1. Short LM329B
2. Adjust R1 for Seebeck Coefficient times ambient temperature (in degrees K) across R3.
3. Short LM335 and adjust R2 for voltage across R3 corresponding to thermocouple type

J	14.32 mV	K	11.17 mV
T	11.79 mV	S	1.768 mV

Typical Applications (Continued)

Single Power Supply Cold Junction Compensation



DS005698-11

*Select R3 and R4 for thermocouple type

THERMO-COUPLE	R3	R4	SEEBECK COEFFICIENT
J	1.05K	385Ω	52.3 μV/°C
T	856Ω	315Ω	42.8 μV/°C
K	816Ω	300Ω	40.8 μV/°C
S	128Ω	46.3Ω	6.4 μV/°C

Adjustments:

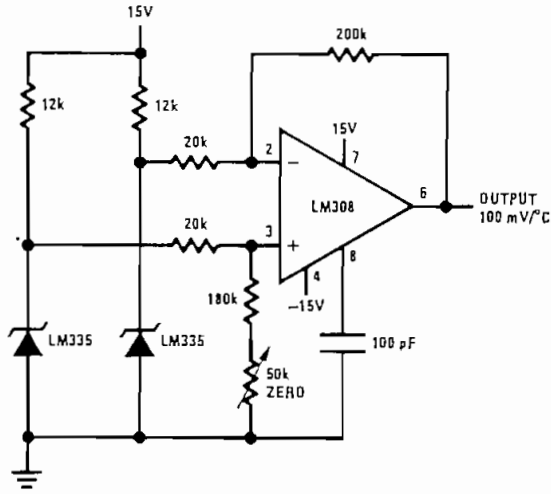
1. Adjust R1 for the voltage across R3 equal to the Seebeck Coefficient times ambient temperature in degrees Kelvin.
2. Adjust R2 for voltage across R4 corresponding to thermocouple

J	14.32 mV
T	11.79 mV
K	11.17 mV
S	1.768 mV

Typical Applications (Continued)

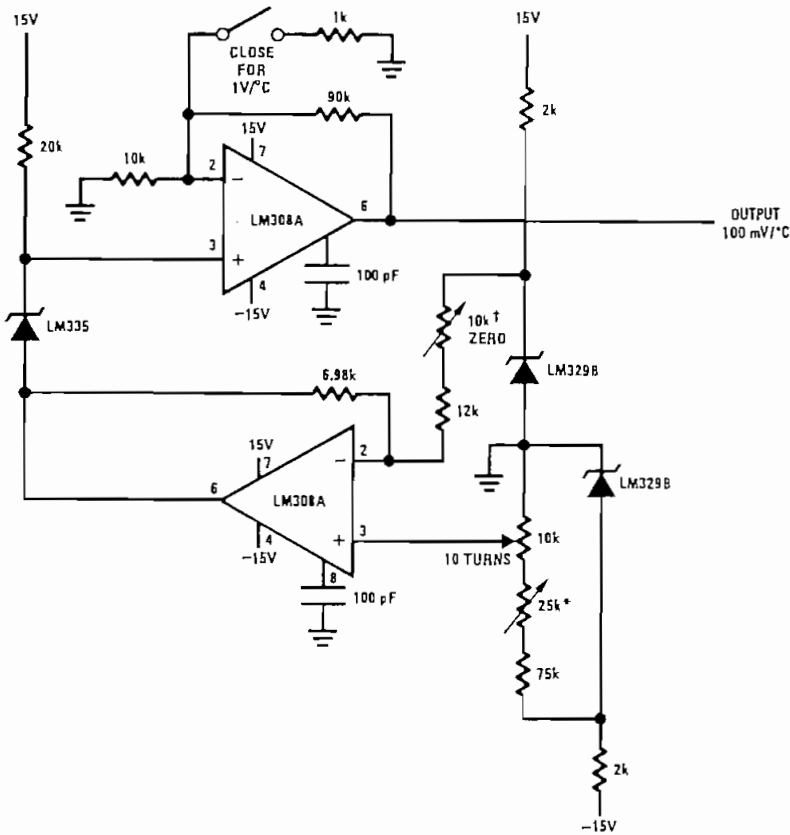
LM135/LM235/LM335, LM135A/LM235A/LM335A

Differential Temperature Sensor



DS005698-14

Variable Offset Thermometer

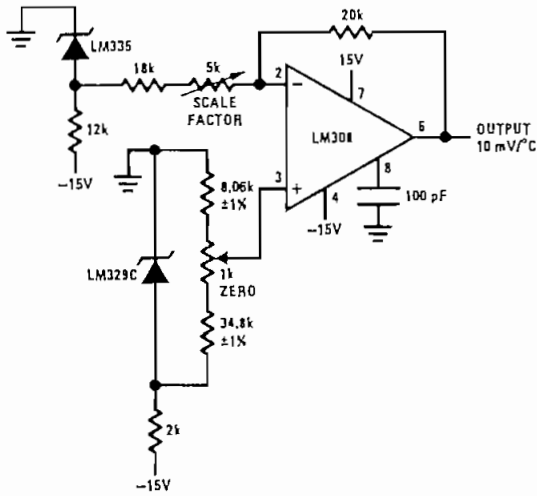


DS005698-15

†Adjust for zero with sensor at 0°C and 10T pot set at 0°C
 *Adjust for zero output with 10T pot set at 100°C and sensor at 100°C
 Output reads difference between temperature and dial setting of 10T pot

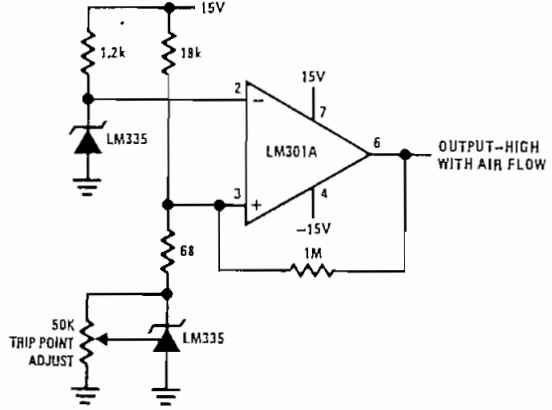
Typical Applications (Continued)

Ground Referred Centigrade Thermometer



DS00569B-16

Air Flow Detector*



*Self heating is used to detect air flow

DS00569B-17

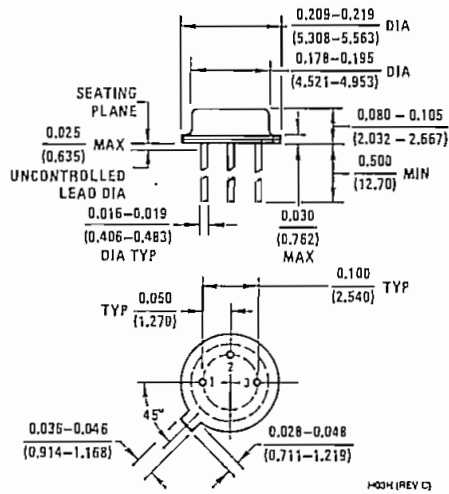
Definition of Terms

Operating Output Voltage: The voltage appearing across the positive and negative terminals of the device at specified conditions of operating temperature and current.

Uncalibrated Temperature Error: The error between the operating output voltage at 10 mV/K and case temperature at specified conditions of current and case temperature.

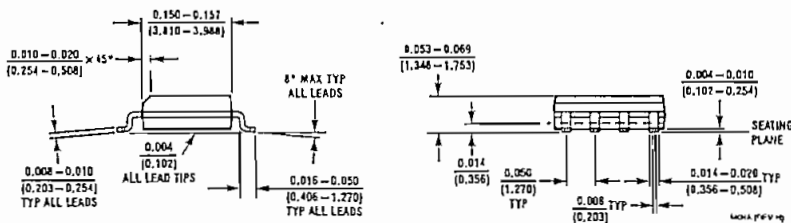
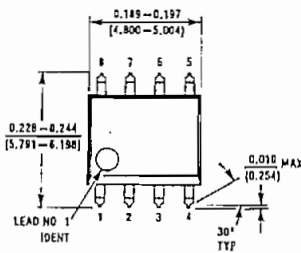
Calibrated Temperature Error: The error between operating output voltage and case temperature at 10 mV/K over a temperature range at a specified operating current with the 25°C error adjusted to zero.

Physical Dimensions inches (millimeters) unless otherwise noted



Metal Can Package (H)

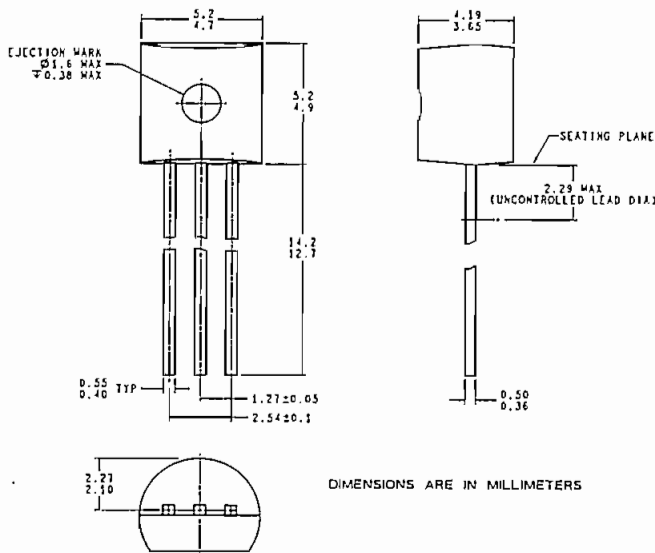
Order Number LM135H, LM235H, LM335H, LM135AH, LM235AH or LM335AH
NS Package Number H03H



8-Lead Molded Small Outline Package (M)

Order Number LM335M
NS Package Number M08A

Physical Dimensions inches (millimeters) unless otherwise noted (Continued)



Plastic Package
 Order Number LM335Z or LM335AZ
 NS Package Z03A

LIFE SUPPORT POLICY

NATIONAL'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF THE PRESIDENT AND GENERAL COUNSEL OF NATIONAL SEMICONDUCTOR CORPORATION. As used herein:

1. Life support devices or systems are devices or systems which, (a) are intended for surgical implant into the body, or (b) support or sustain life, and whose failure to perform when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in a significant injury to the user.
2. A critical component is any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.

 National Semiconductor Corporation
 Americas
 Tel: 1-800-272-9959
 Fax: 1-800-737-7018
 Email: support@nsc.com
 www.national.com

National Semiconductor Europe
 Fax: +49 (0) 180-530 85 85
 Email: europe.support@nsc.com
 Deutsch Tel: +49 (0) 69 9508 6208
 English Tel: +44 (0) 870 24 0 2171
 Français Tel: +33 (0) 1 41 91 8790

National Semiconductor Asia Pacific Customer Response Group
 Tel: 65-2544466
 Fax: 65-2504466
 Email: ap.support@nsc.com

National Semiconductor Japan Ltd.
 Tel: 81-3-5639-7560
 Fax: 81-3-5639-7507

SN5400, SN54LS00, SN54S00, SN7400, SN74LS00, SN74S00 QUADRUPLE 2-INPUT POSITIVE-NAND GATES

DECEMBER 1983—REVISED MARCH 1988

- Package Options Include Plastic "Small Outline" Packages, Ceramic Chip Carriers and Flat Packages, and Plastic and Ceramic DIPs
- Dependable Texas Instruments Quality and Reliability

description

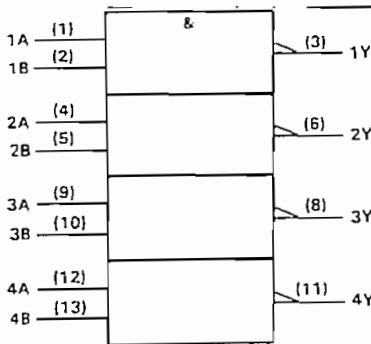
These devices contain four independent 2-input-NAND gates.

The SN5400, SN54LS00, and SN54S00 are characterized for operation over the full military temperature range of -55°C to 125°C . The SN7400, SN74LS00, and SN74S00 are characterized for operation from 0°C to 70°C .

FUNCTION TABLE (each gate)

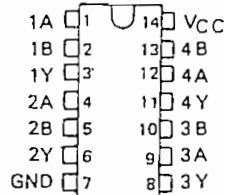
INPUTS		OUTPUT
A	B	Y
H	H	L
L	X	H
X	L	H

logic symbol†

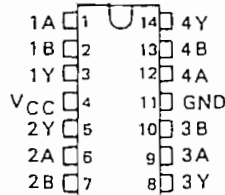


†This symbol is in accordance with ANSI/IEEE Std. 91-1984 and IEC Publication 617-12. Pin numbers shown are for D, J, and N packages.

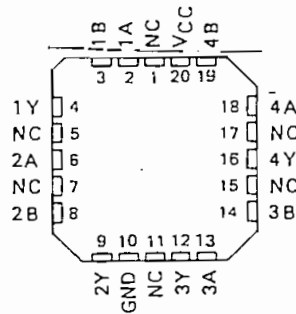
SN5400 . . . J PACKAGE
SN54LS00, SN54S00 . . . J OR W PACKAGE
SN7400 . . . N PACKAGE
SN74LS00, SN74S00 . . . D OR N PACKAGE
(TOP VIEW)



SN5400 . . . W PACKAGE
(TOP VIEW)

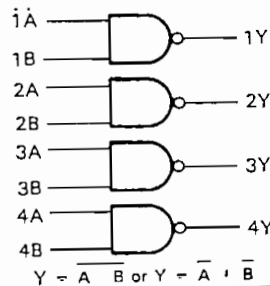


SN54LS00, SN54S00 . . . FK PACKAGE
(TOP VIEW)



NC - No internal connection

logic diagram (positive logic)



PRODUCTION DATA documents contain information current as of publication date. Products conform to specifications per the terms of Texas Instruments standard warranty. Production processing does not necessarily include testing of all parameters.

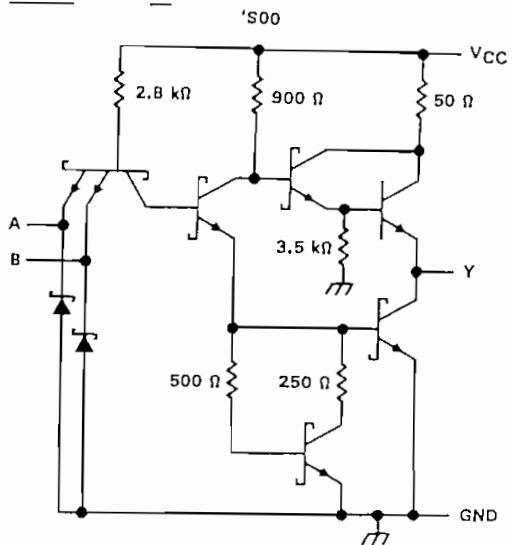
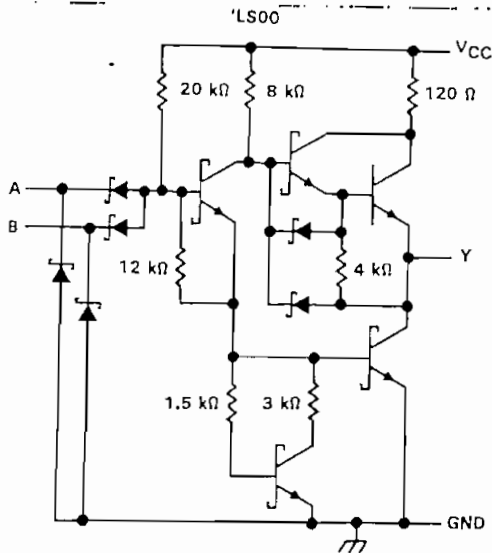
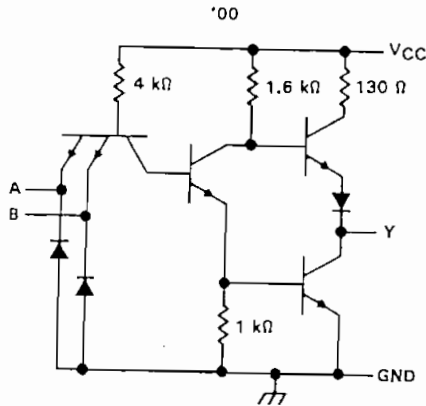

**TEXAS
INSTRUMENTS**

POST OFFICE BOX 655012 • DALLAS, TEXAS 75265

2
TTL Devices

SN5400, SN54LS00, SN54S00,
SN7400, SN74LS00, SN74S00
QUADRUPLE 2-INPUT POSITIVE-NAND GATES

schematics (each gate)



Resistor values shown are nominal.

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)

Supply voltage, V_{CC} (see Note 1)	7 V
Input voltage: '00, 'S00	5.5 V
'LS00	7 V
Operating free-air temperature range: SN54'	-55°C to 125°C
SN74'	0°C to 70°C
Storage temperature range	-65°C to 150°C

NOTE 1: Voltage values are with respect to network ground terminal.

2
TTL Devices

SN5400, SN7400
QUADRUPLE 2-INPUT POSITIVE-NAND GATES

recommended operating conditions

	SN5400			SN7400			UNIT
	MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX	
V _{CC} Supply voltage	4.5	5	5.5	4.75	5	5.25	V
V _{IH} High-level input voltage	2			2			V
V _{IL} Low-level input voltage	0.8			0.8			V
I _{OH} High-level output current	-0.4			-0.4			mA
I _{OL} Low-level output current	16			16			mA
T _A Operating free-air temperature	-55 125			0 70			°C

electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST CONDITIONS †	SN5400		SN7400		UNIT
		MIN	TYP ‡	MAX	MIN	
V _{IK}	V _{CC} = MIN, I _I = -12 mA	-1.5		-1.5		V
V _{OH}	V _{CC} = MIN, V _{IL} = 0.8 V, I _{OH} = -0.4 mA	2.4	3.4	2.4	3.4	V
V _{OL}	V _{CC} = MIN, V _{IH} = 2 V, I _{OL} = 16 mA	0.2	0.4	0.2	0.4	V
I _I	V _{CC} = MAX, V _I = 5.5 V	1		1		mA
I _{IH}	V _{CC} = MAX, V _I = 2.4 V	40		40		µA
I _{IL}	V _{CC} = MAX, V _I = 0.4 V	-1.6		-1.6		mA
I _{OS} §	V _{CC} = MAX	-20	-55	-18	-55	mA
I _{CCH}	V _{CC} = MAX, V _I = 0 V	4	8	4	8	mA
I _{CCL}	V _{CC} = MAX, V _I = 4.5 V	12	22	12	22	mA

† For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions.

‡ All typical values are at V_{CC} = 5 V, T_A = 25°C.

§ Not more than one output should be shorted at a time.

switching characteristics, V_{CC} = 5 V, T_A = 25°C (see note 2)

PARAMETER	FROM (INPUT)	TO (OUTPUT)	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
t _{PLH}	A or B	Y	R _L = 400 Ω, C _L = 15 pF	11	22		ns
t _{PHL}				7	15		ns

NOTE 2: Load circuits and voltage waveforms are shown in Section 1.

2
TTL Devices

SN54LS194A, SN74LS194A 4-BIT BIDIRECTIONAL UNIVERSAL SHIFT REGISTERS

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)

Supply voltage, V_{CC} (see Note 1)	7 V
Input voltage	7 V
Operating free-air temperature range: SN54LS194A	-55°C to 125°C
SN74LS194A	0°C to 70°C
Storage temperature range	-65°C to 150°C

NOTE 1: Voltage values are with respect to network ground terminal.

recommended operating conditions

	SN54LS194A			SN74LS194A			UNIT
	MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX	
Supply voltage, V_{CC}	4.5	5	5.5	4.75	5	5.25	V
High-level output current, I_{OH}			-400			-400	μ A
Low-level output current, I_{OL}			4			8	mA
Clock frequency, f_{clock}	0		25	0		25	MHz
Width of clock or clear pulse, t_w	20			20			ns
Setup time, t_{su}	Mode control		30			30	ns
	Serial and parallel data		20			20	ns
	Clear inactive-state		25			25	ns
Hold time at any input, t_h	0			0			ns
Operating free-air temperature, T_A	-55		125	0		70	°C

electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST CONDITIONS†	SN54LS194A			SN74LS194A			UNIT
		MIN	TYP‡	MAX	MIN	TYP‡	MAX	
V_{IH} High-level input voltage		2			2			V
V_{IL} Low-level input voltage				0.7			0.8	V
V_I Input clamp voltage	$V_{CC} = \text{MIN}$, $I_I = -18 \text{ mA}$			-1.5			-1.5	V
V_{OH} High-level output voltage	$V_{CC} = \text{MIN}$, $V_{IH} = 2 \text{ V}$, $V_{IL} = V_{IL \text{ max}}$, $I_{OH} = -400 \mu\text{A}$	2.5	3.5		2.7	3.5		V
V_{OL} Low-level output voltage	$V_{CC} = \text{MIN}$, $V_{IH} = 2 \text{ V}$, $V_{IL} = V_{IL \text{ max}}$		0.25	0.4		0.25	0.4	V
	$I_{OL} = 4 \text{ mA}$						0.5	
	$I_{OL} = 8 \text{ mA}$							
I_I Input current at maximum input voltage	$V_{CC} = \text{MAX}$, $V_I = 7 \text{ V}$			0.1			0.1	mA
I_{IH} High-level input current	$V_{CC} = \text{MAX}$, $V_I = 2.7 \text{ V}$			20			20	μ A
I_{IL} Low-level input current	$V_{CC} = \text{MAX}$, $V_I = 0.4 \text{ V}$			-0.4			-0.4	mA
I_{OS} Short-circuit output current‡	$V_{CC} = \text{MAX}$	-20		-100	-20		-100	mA
I_{CC} Supply current	$V_{CC} = \text{MAX}$, See Note 2		15	23		15	23	mA

† For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions.

‡ All typical values are at $V_{CC} = 5 \text{ V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$.

§ Not more than one output should be shorted at a time, and duration of the short-circuit should not exceed one second.

NOTE 2: With all outputs open, inputs A through D grounded, and 4.5 V applied to S0, S1, clear, and the serial inputs, I_{CC} is tested with a momentary GND, then 4.5 V, applied to clock.

switching characteristics, $V_{CC} = 5 \text{ V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$

PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
f_{max} Maximum clock frequency		25	36		MHz
t_{pHL} Propagation delay time, high-to-low-level output from clear	$C_L = 15 \text{ pF}$, $R_L = 2 \text{ k}\Omega$, See Figure 1		19	30	ns
t_{pLH} Propagation delay time, low-to-high level output from clock			14	22	ns
t_{pHL} Propagation delay time, high-to-low level output from clock			17	26	ns


**TEXAS
INSTRUMENTS**

POST OFFICE BOX 655012 • DALLAS, TEXAS 75265

SN54S194, SN74S194

4-BIT BIDIRECTIONAL UNIVERSAL SHIFT REGISTERS

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)

Supply voltage, V_{CC} (see Note 1)	7 V
Input voltage	5.5 V
Operating free-air temperature range: SN54S194	-55°C to 125°C
SN74S194	0°C to 70°C
Storage temperature range	-65°C to 150°C

NOTE 1: Voltage values are with respect to network ground terminal.

recommended operating conditions

	SN54S194			SN74S194			UNIT
	MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX	
Supply voltage, V_{CC}	4.5	5	5.5	4.75	5	5.25	V
High-level output current, I_{OH}			-1			-1	mA
Low-level output current, I_{OL}			20			20	mA
Clock frequency, f_{clock}	0		70	0		70	MHz
Width of clock pulse, $t_w(\text{clock})$	7			7			ns
Width of clear pulse, $t_w(\text{clear})$	12			12			ns
Setup time, t_{su}	Mode control	11		11			ns
	Serial and parallel data	5		5			ns
	Clear inactive-state	9		9			ns
Hold time at any input, t_h	3			3			ns
Operating free-air temperature, T_A	-55		125	0		70	°C

electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST CONDITIONS†	SN54S194			SN74S194			UNIT
		MIN	TYP‡	MAX	MIN	TYP‡	MAX	
V_{IH} High-level input voltage		2			2			V
V_{IL} Low-level input voltage				0.8			0.8	V
V_{IK} Input clamp voltage	$V_{CC} = \text{MIN}$, $I_I = -18 \text{ mA}$			-1.2			-1.2	V
V_{OH} High-level output voltage	$V_{CC} = \text{MIN}$, $V_{IH} = 2 \text{ V}$, $V_{IL} = 0.8 \text{ V}$, $I_{OH} = -1 \text{ mA}$	2.5	3.4		2.7	3.4		V
V_{OL} Low-level output voltage	$V_{CC} = \text{MIN}$, $V_{IH} = 2 \text{ V}$, $V_{IL} = 0.8 \text{ V}$, $I_{OL} = 20 \text{ mA}$			0.5			0.5	V
I_I Input current at maximum input voltage	$V_{CC} = \text{MAX}$, $V_I = 5.5 \text{ V}$			1			1	mA
I_{IH} High-level input current	$V_{CC} = \text{MAX}$, $V_I = 2.7 \text{ V}$			50			50	µA
I_{IL} Low-level input current	$V_{CC} = \text{MAX}$, $V_I = 0.5 \text{ V}$			-2			-2	mA
I_{OS} Short-circuit output current§	$V_{CC} = \text{MAX}$	-40	-100		-40	-100		mA
I_{CC} Supply current	$V_{CC} = \text{MAX}$, See Note 2		85	135		85	135	mA
	$V_{CC} = \text{MAX}$, $T_A = 125^\circ\text{C}$, See Note 2	W package		110				

†For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions.

‡All typical values are at $V_{CC} = 5 \text{ V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$.

§Not more than one output should be shorted at a time, and duration of the short-circuit should not exceed one second.

NOTE 2: With all outputs open, inputs A through D grounded, and 4.5 V applied to SD, S1, clear, and the serial inputs, I_{CC} is tested with a momentary GND, then 4.5 V, applied to clock.

switching characteristics, $V_{CC} = 5 \text{ V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$

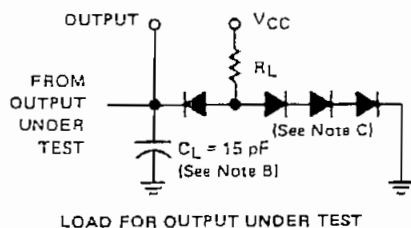
PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT	
f_{max} Maximum clock frequency	$C_L = 15 \text{ pF}$, $R_L = 280 \Omega$, See Figure 1	70	106		MHz	
t_{PHL} Propagation delay time, high-to-low-level output from clear			12.5	18.5	ns	
t_{PLH} Propagation delay time, low-to-high-level output from clock			4	8	12	ns
t_{PHL} Propagation delay time, high-to-low-level output from clock			4	11	16.5	ns

TEXAS
INSTRUMENTS

POST OFFICE BOX 655012 • DALLAS, TEXAS 75265

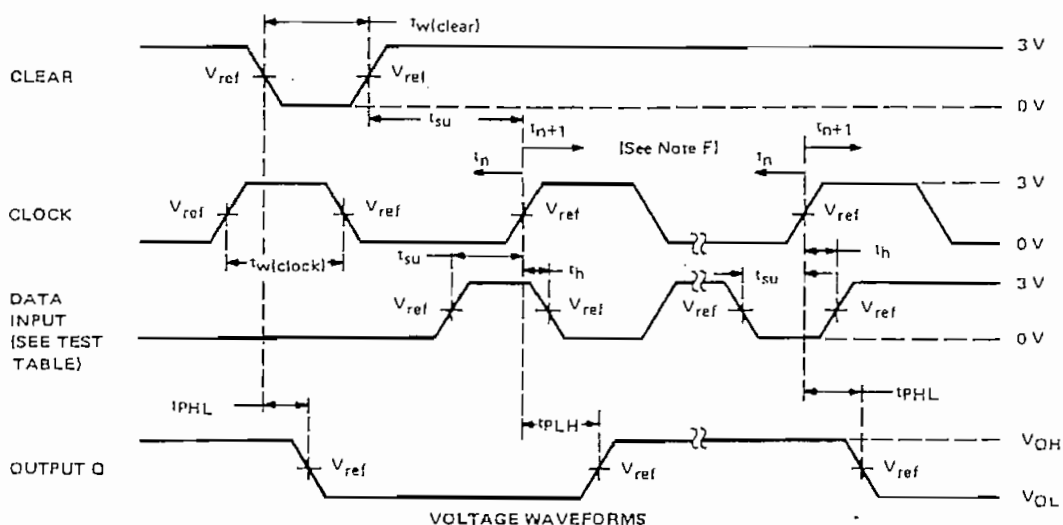
**SN54194, SN54LS194A, SN54S194,
SN74194, SN74LS194A, SN74S194
4-BIT BIDIRECTIONAL UNIVERSAL SHIFT REGISTERS**

PARAMETER MEASUREMENT INFORMATION



. TEST TABLE FOR SYNCHRONOUS INPUTS

DATA INPUT FOR TEST	S1	S0	OUTPUT TESTED (SEE NOTE E)
A	4.5 V	4.5 V	QA at t_{n+1}
B	4.5 V	4.5 V	QB at t_{n+1}
C	4.5 V	4.5 V	QC at t_{n+1}
D	4.5 V	4.5 V	QD at t_{n+1}
L Serial Input	4.5 V	0 V	QA at t_{n+4}
R Serial Input	0 V	4.5 V	QD at t_{n+4}



- NOTES: A. The clock pulse generator has the following characteristics: $Z_{out} \approx 50 \Omega$ and $PRR \leq 1 \text{ MHz}$. For '194, $t_r \leq 7 \text{ ns}$ and $t_f \leq 7 \text{ ns}$. For 'LS194A, $t_r \leq 15 \text{ ns}$ and $t_f \leq 6 \text{ ns}$. For 'S194, $t_r \leq 2.5 \text{ ns}$ and $t_f \leq 2.5 \text{ ns}$. When testing f_{max} , vary PRR.
- B. C_L includes probe and jig capacitance.
- C. All diodes are 1N3064 or 1N915.
- D. A clear pulse is applied prior to each test.
- E. For '194 and 'S194, $V_{ref} = 1.6 \text{ V}$; for 'LS194A, $V_{ref} = 1.3 \text{ V}$.
- F. Propagation delay times (t_{PLH} and t_{PHL}) are measured at t_{n+1} . Proper shifting of data is verified at t_{n+4} with a functional test.
- G. t_n = bit time before clocking transition.
 t_{n+1} = bit time after one clocking transition.
 t_{n+4} = bit time after four clocking transitions.

FIGURE 1—SWITCHING TIMES

**TEXAS
INSTRUMENTS**

POST OFFICE BOX 655012 • DALLAS, TEXAS 75255

IMPORTANT NOTICE

Texas Instruments (TI) reserves the right to make changes to its products or to discontinue any semiconductor product or service without notice, and advises its customers to obtain the latest version of relevant information to verify, before placing orders, that the information being relied on is current.

TI warrants performance of its semiconductor products and related software to the specifications applicable at the time of sale in accordance with TI's standard warranty. Testing and other quality control techniques are utilized to the extent TI deems necessary to support this warranty. Specific testing of all parameters of each device is not necessarily performed, except those mandated by government requirements.

Certain applications using semiconductor products may involve potential risks of death, personal injury, or severe property or environmental damage ("Critical Applications").

TI SEMICONDUCTOR PRODUCTS ARE NOT DESIGNED, INTENDED, AUTHORIZED, OR WARRANTED TO BE SUITABLE FOR USE IN LIFE-SUPPORT APPLICATIONS, DEVICES OR SYSTEMS OR OTHER CRITICAL APPLICATIONS.

Inclusion of TI products in such applications is understood to be fully at the risk of the customer. Use of TI products in such applications requires the written approval of an appropriate TI officer. Questions concerning potential risk applications should be directed to TI through a local SC sales office.

In order to minimize risks associated with the customer's applications, adequate design and operating safeguards should be provided by the customer to minimize inherent or procedural hazards.

TI assumes no liability for applications assistance, customer product design, software performance, or infringement of patents or services described herein. Nor does TI warrant or represent that any license, either express or implied, is granted under any patent right, copyright, mask work right, or other intellectual property right of TI covering or relating to any combination, machine, or process in which such semiconductor products or services might be or are used.

ANEXO 6

**MANUAL DE USUARIO DEL PROGRAMA
DESARROLLADO**

MANUAL DE USUARIO

Antes de ejecutar el programa de adquisición de datos y control se deben cumplir con los siguientes requisitos:

- Haber instalado correctamente el software de configuración de la tarjeta de adquisición de datos, NI DAQ, que viene incluido con la misma.
- Haber configurado adecuadamente los canales de entrada y salida tanto digitales como analógicos, utilizando el asistente Measurement & Automation Explorer que se incluye con la tarjeta. La configuración por defecto se encuentra detallada en el capítulo correspondiente a la instalación y configuración del sistema.
- Tener instalado LabVIEW 5.0 o posterior.

Para ingresar a la aplicación se utilizará el ícono correspondiente en el escritorio de Windows, como se muestra en la Figura 1.

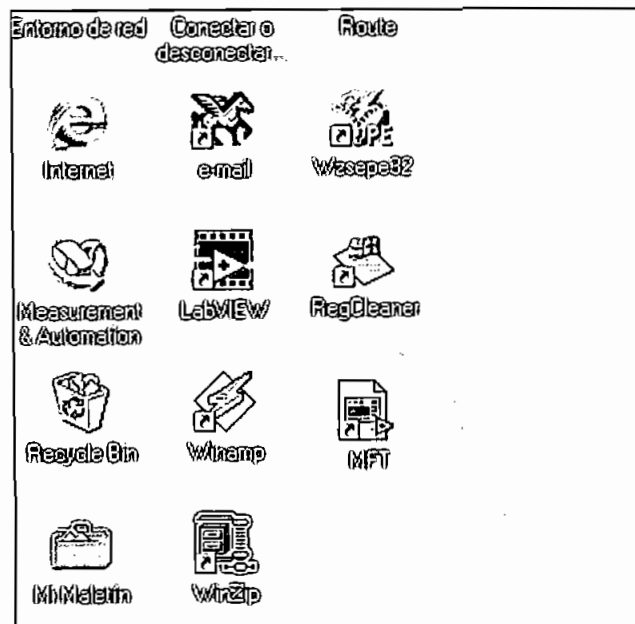


Fig. 1 Ícono del programa de adquisición de datos

Una vez que se ha cargado el programa de automatización, para ejecutarlo se debe presionar el botón de RUN en la barra de herramientas del editor de LabVIEW como se muestra en la Figura 2.

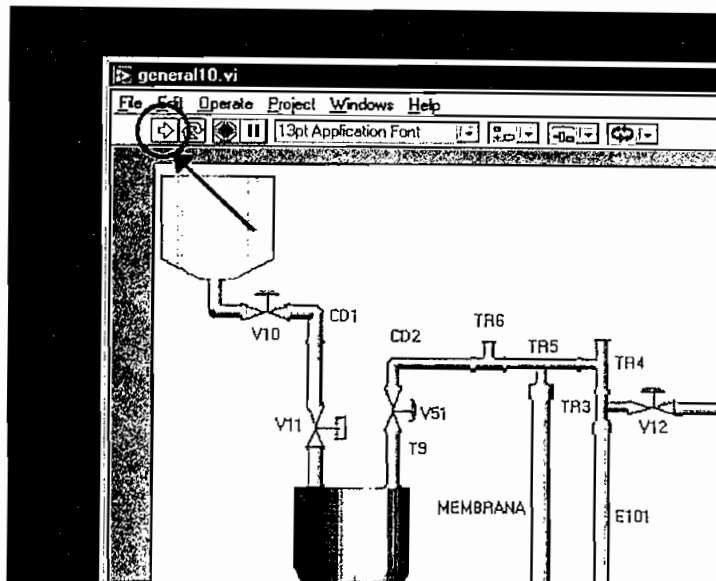


Fig. 2 Botón para la ejecución del programa

El programa principal muestra en parte derecha de la pantalla, una serie de botones los que permiten configurar cada uno de los parámetros necesarios para la operación del sistema. Un gráfico del panel frontal se muestra en la Figura 3.

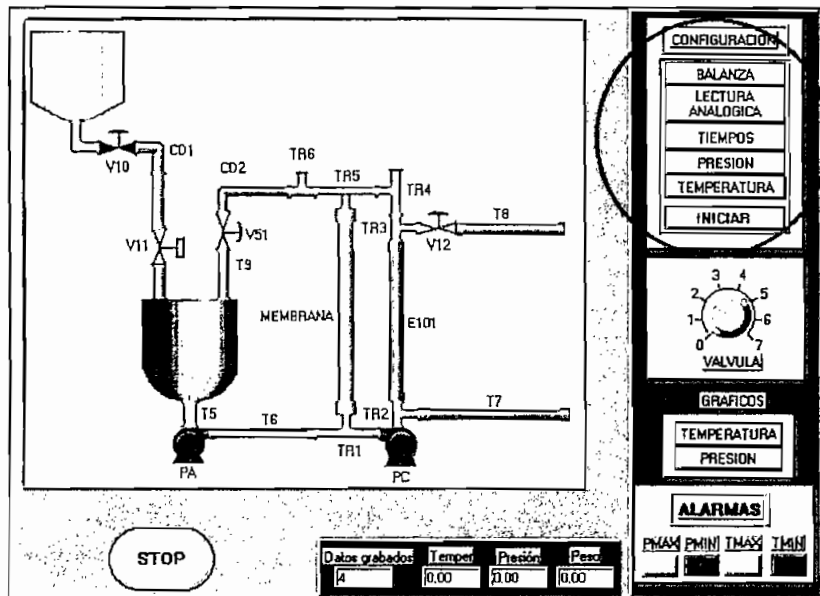


Fig. 3 Panel frontal con los botones de configuración.

Se observan los botones BALANZA, LECTURA ANALÓGICA, TIEMPOS, PRESION, TEMPERATURA, los cuales sirven para configurar la comunicación serial, la tarjeta DAQ, los tiempos de muestreo y registro de datos, la presión y temperatura de operación respectivamente.

La configuración de estos parámetros debe hacerse en el mismo orden en el que se encuentran los botones. El programa no admite un orden diferente y no se puede comenzar con el funcionamiento del equipo hasta que este procedimiento se haya realizado. Para todos los menús de configuración ya se encuentran definidos ciertos valores que fueron utilizados durante las pruebas experimentales del equipo por lo que la mayoría de los parámetros no necesitarán ser modificados, a excepción de la temperatura y presión de trabajo que cambiarán continuamente dependiendo de la prueba que se desee realizar.

CONFIGURACIÓN DE LA COMUNICACIÓN CON LA BALANZA:

Al presionar el botón BALANZA aparece una pantalla en la que se pide al usuario configurar los parámetros de la comunicación serial con la balanza electrónica DENVER, como se muestra en la Figura 4.

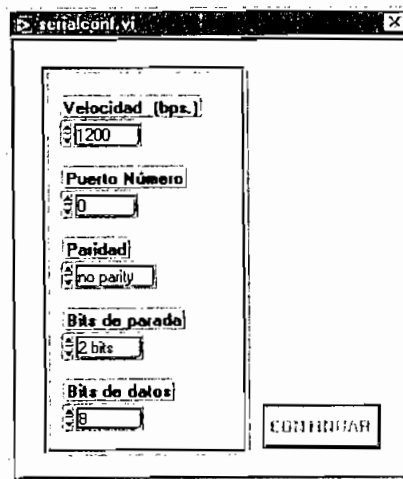


Fig. 4 Configuración de la comunicación con la balanza

Los parámetros que se pueden configurar son los siguientes:

Velocidad: Establece la velocidad de comunicación, en bits por segundo. La velocidad por defecto es 1200 bps.

Puerto: Corresponde al número de puerto utilizado para la comunicación serial. En LabVIEW el COM1 corresponde al número cero, el COM2 al número 1, etc. Por defecto se utiliza el COM1.

Paridad: Permite seleccionar el tipo paridad utilizada. Por defecto no se utiliza paridad.

Bits de parada: Selecciona el número de bits de parada. Por defecto se utilizan 2 bits.

Bits de datos: Permite elegir el número de bits utilizados para la comunicación. Por defecto se utilizan 8 bits.

Los parámetros de comunicación escogidos también deberán configurarse en la balanza y además en esta se debe escoger para la transmisión, el formato de datos tipo 4 en el menú tres. (Refiérase al manual de la balanza).

CONFIGURACIÓN DE LA LECTURA CON LA TARJETA DAQ:

Cuando se presiona el botón LECTURA ANALOGICA, el programa permite seleccionar los canales analógicos previamente configurados, para la lectura de los datos de presión y temperatura así como de la posición de las válvulas respectivas. Estos valores se encuentran configurados por defecto y no necesitan ser cambiados a menos que se desee cambiar la configuración de la tarjeta DAQ. La Figura 5 muestra la pantalla de configuración.

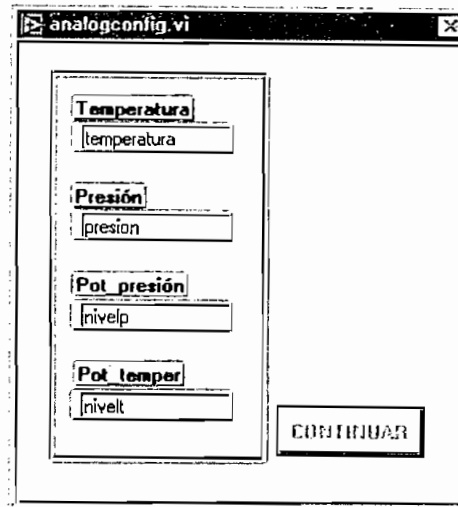


Fig. 5 Configuración de los canales analógicos

CONFIGURACIÓN DE LOS TIEMPOS:

Cuando se presiona el botón TIEMPOS aparece un menú que permite, mediante perillas, fijar el tiempo para grabar en disco los datos adquiridos (tiempo para grabar) y el tiempo con el cual el programa realiza la adquisición de datos para llevar el control del equipo (tiempo de muestreo). El tiempo de muestreo está predeterminado en un segundo, que es un valor que fue elegido de acuerdo a las pruebas experimentales y permite un adecuado funcionamiento del equipo. El tiempo para grabar datos en disco, deberá ser elegido de acuerdo a las necesidades del usuario como se muestra en la Figura 6.

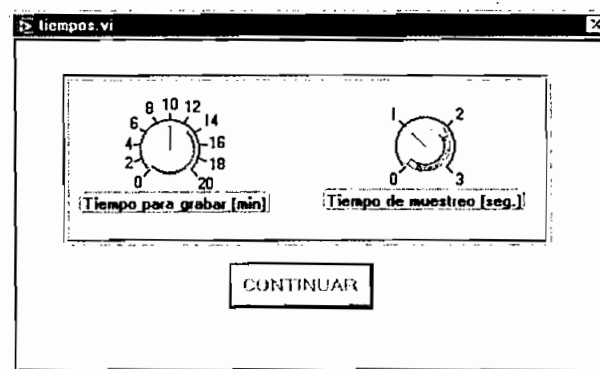


Fig. 6 Configuración de los tiempos

CONFIGURACIÓN DE LA PRESIÓN DE TRABAJO:

El botón PRESION presenta un menú en pantalla que permite establecer los valores de la presión de trabajo, el error permitido y los niveles máximo y mínimo como se muestra en la Figura 7.

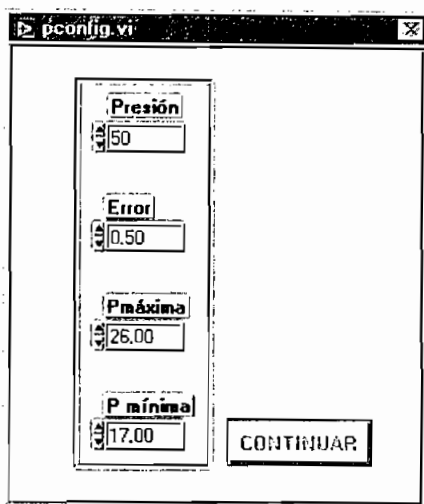


Fig. 7 Configuración de la presión de trabajo

CONFIGURACIÓN DE LA TEMPERATURA DE TRABAJO:

El botón TEMPERATURA presenta un menú en pantalla que permite establecer los valores de la temperatura de trabajo, el error permitido y los niveles máximo y mínimo como se muestra en la Figura 8.

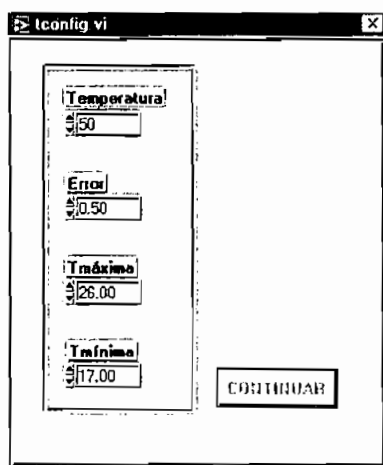


Fig. 8 Configuración de la temperatura de trabajo

INICIO DEL PROCESO:

Una vez que se han configurado todos los parámetros anteriores, se presiona el botón INICIAR que da comienzo a la operación del equipo.

El funcionamiento del equipo se ha dividido en dos etapas, la primera es una etapa de estabilización y la segunda la de operación estable.

Inicialmente aparecerá una pantalla que ayudará al operador a realizar el procedimiento de estabilización y luego empezará la operación normal como se muestra en la Figura 9.

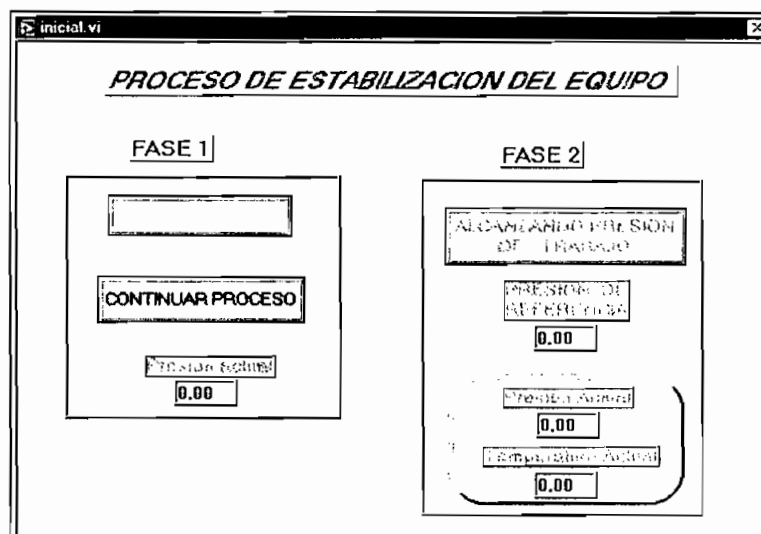


Fig. 9 Pantalla del subprograma de estabilización del equipo

ETAPA DE ESTABILIZACIÓN:

Para facilitar el uso del software se ha subdividido la etapa de estabilización en dos fases:

- Una fase que permite el llenado completo de jugo en todas las tuberías y la membrana, se realiza a una presión de 1 bar. Esta fase (que se conoce como purga del equipo) se realiza durante un tiempo indefinido hasta que

el operador considere que todo el aire ha salido de las tuberías, en este momento debe presionar el botón CONTINUAR PROCESO para pasar a la segunda fase.

- Una vez purgado el equipo se comienza la fase 2, en la que se incrementa lentamente la presión desde 1 bar hasta la presión de trabajo establecida en la configuración inicial a razón de 0.4 bar/min. Una vez alcanzada esta presión, la pantalla se cierra automáticamente.

ETAPA DE OPERACIÓN ESTABLE:

Una vez estabilizado el equipo, se muestra la pantalla principal con una animación del funcionamiento del mismo.

TIEMPO DE LA VÁLVULA DE ALIMENTACIÓN:

En la parte inferior se encuentra una perilla que sirve para configurar el tiempo de apertura de la válvula de alimentación del jugo, cuando el sensor determine que se está alcanzando el nivel mínimo requerido. El valor por defecto es de un minuto pero eso dependerá del tipo de jugo que se esté procesando, se puede configurar ese valor a un máximo de 7 minutos como se muestra en la Figura 10.

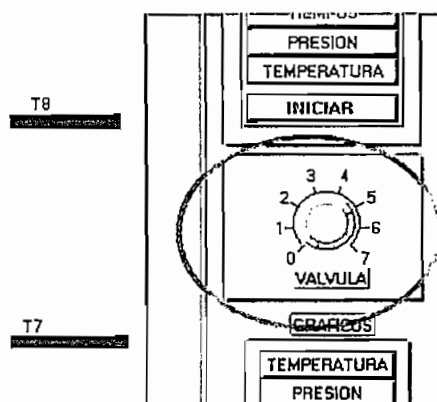


Fig. 10 Tiempo de la válvula de alimentación

Bajo la perilla de la válvula de alimentación, se encuentran dos botones, PRESION Y TEMPERATURA que, al ser presionados, presentan una pantalla que permite visualizar la variación de cada uno de estos parámetros como se muestra en las Figuras 11 y 12.

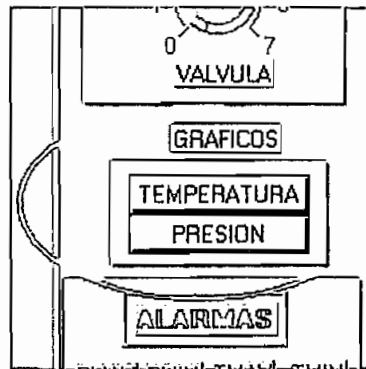


Fig. 11 Botones para obtener gráficos de presión y temperatura

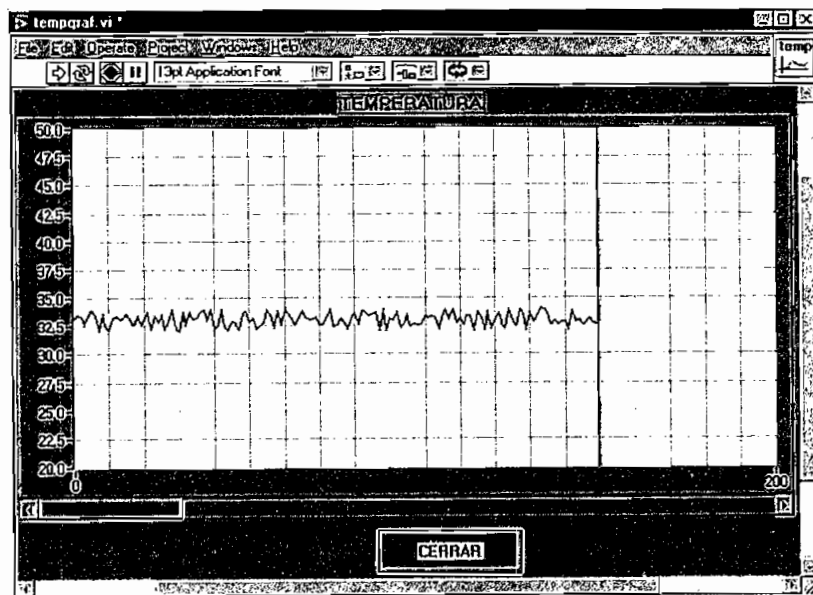


Fig. 12 Gráfico de la variación de la temperatura

En la esquina inferior derecha se encuentran las alarmas que indican que se han excedido los límites superior o inferior de presión o temperatura, como se muestra en la Figura 13.

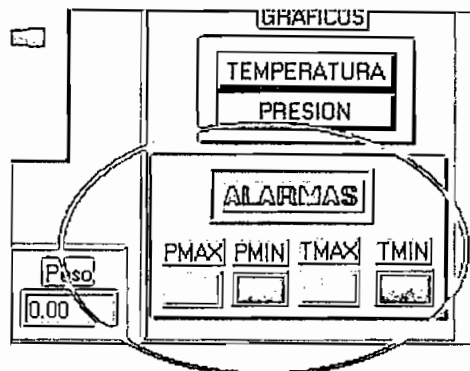


Fig. 13 Alarmas de presión y temperatura

En la parte inferior se encuentran los indicadores de los datos leídos de presión, temperatura, peso y número de datos grabados en disco, así como el botón de STOP para detener el funcionamiento del programa. Esto se muestra en la Figura 14.

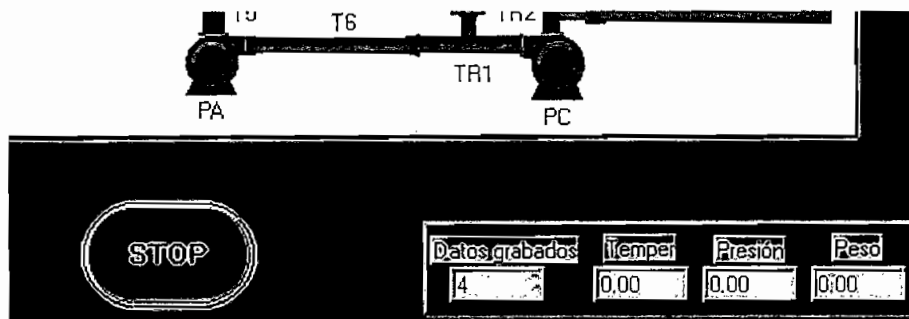
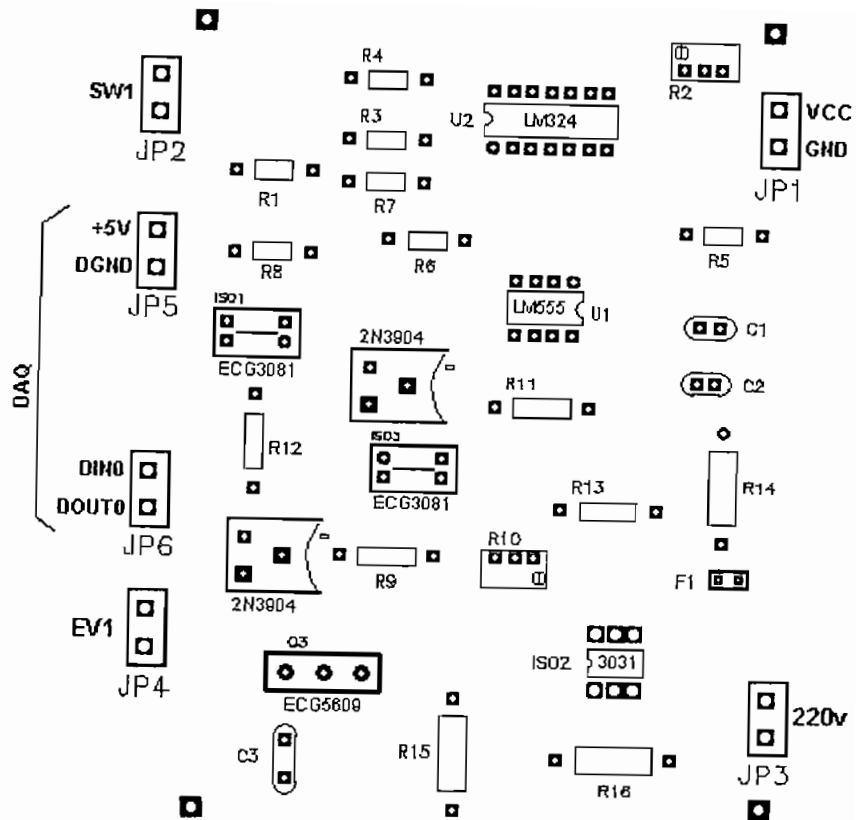


Fig. 14 Datos del proceso y botón de finalización del programa

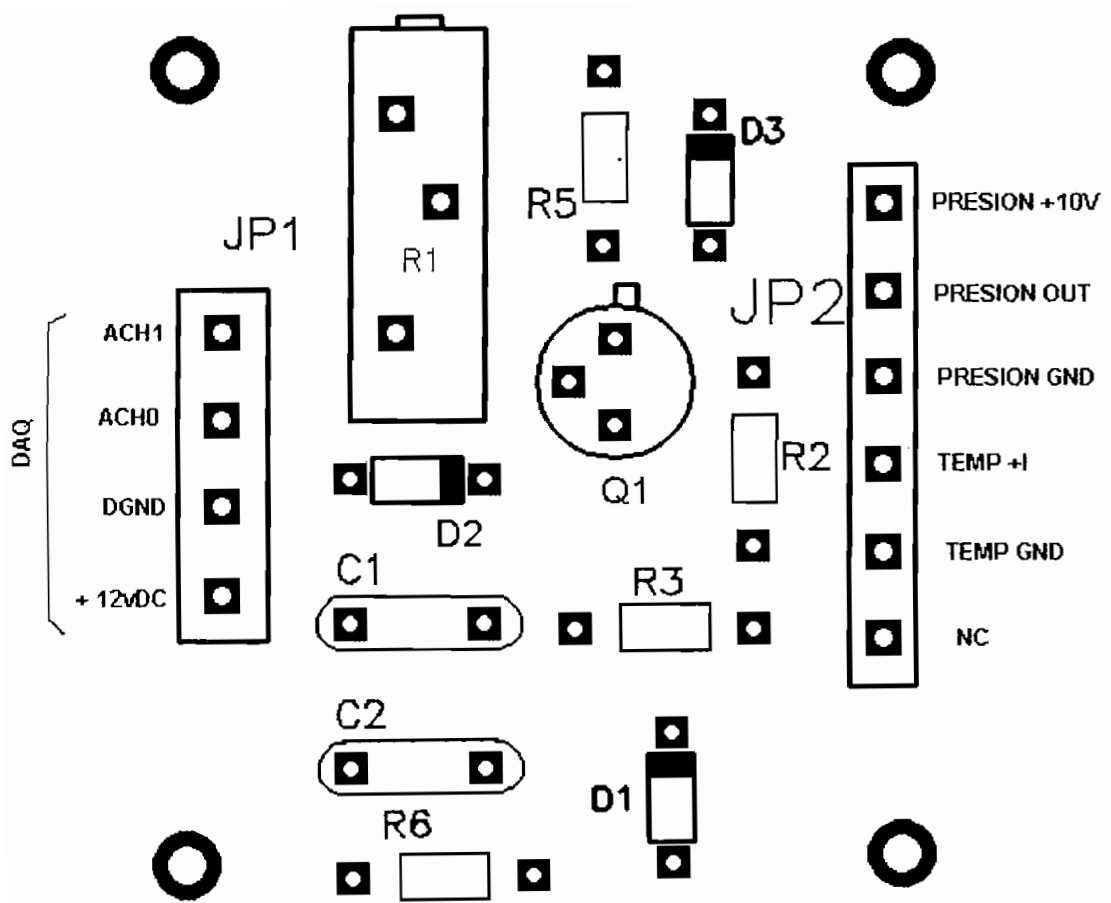
ANEXO 7

**DIAGRAMAS DE LOCALIZACIÓN DE
COMPONENTES EN LOS CIRCUITOS IMPRESOS**

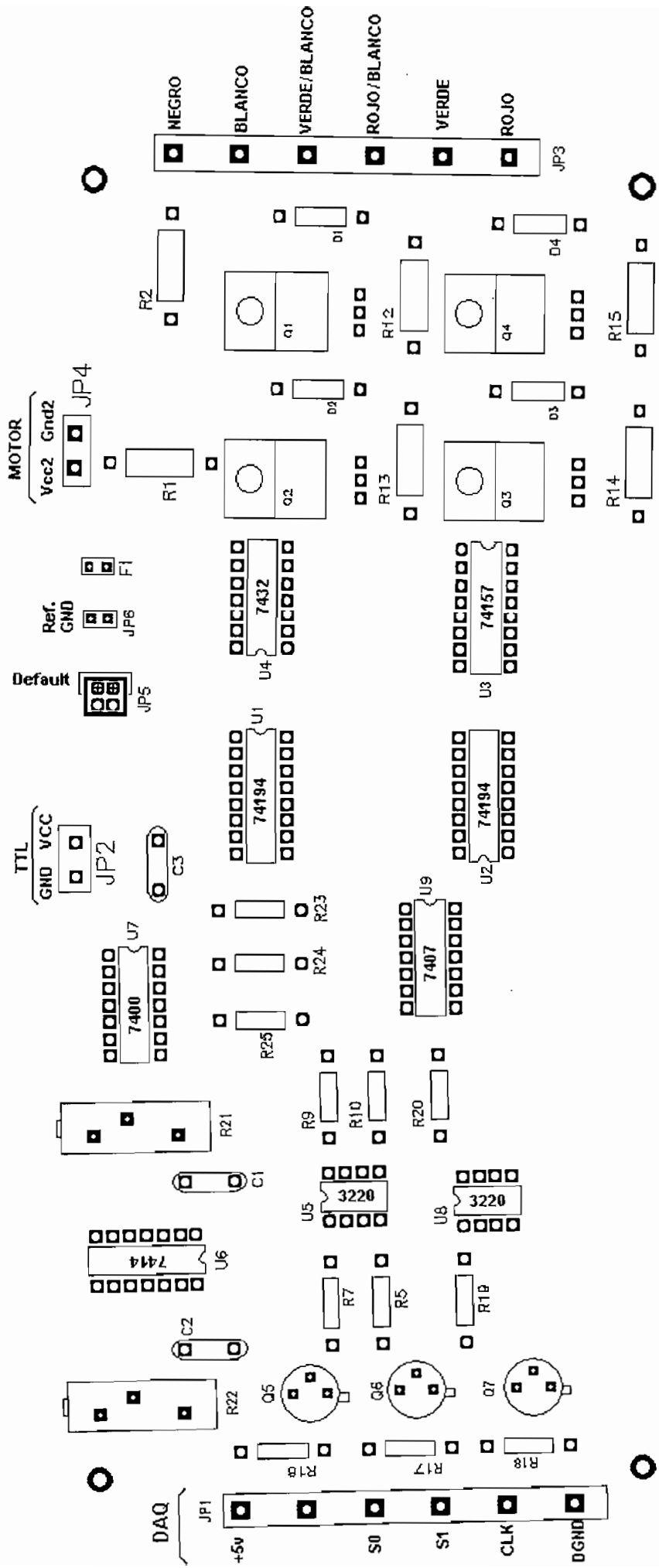


- | | | | |
|--|-----------------|--|------------|
| | SENSOR DE NIVEL | | FUENTE TTL |
| | TARJETA DAQ | | 220v AC |
| | ELECTROVALVULA | | |

CONTROL VALVULA DE NIVEL



MEDICION DE PRESION Y TEMPERATURA

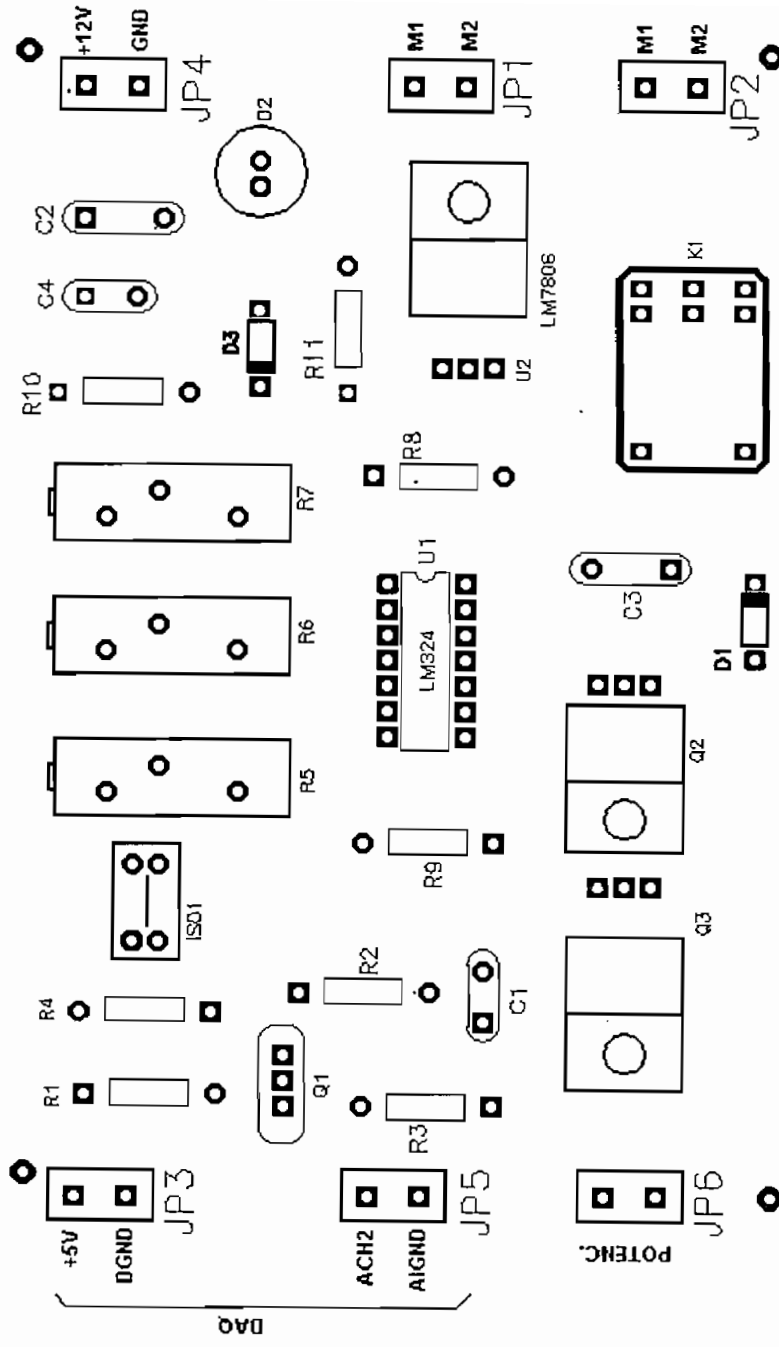


TARJETA DAQ

FUENTE DEL MOTOR

FUENTE TTL

TARJETA DE CONTROL DE MOTORES - DISPOSICION DE COMPONENTES



- FUENTE PARA EL MOTOR
 - FUENTE
 - TARJETA DAQ
 - TERMINALES DEL POTENCIOMETRO
- CONTROL DE POSICION DE LAS VALVULAS
DISPOSICION DE LOS COMPONENTES

ANEXO 8

**MANUAL DE LA BALANZA ELECTRÓNICA
DENVER**

Table of Contents

General Information

<i>Introduction</i>	GI-1
Unpacking Your Balance	GI-1
<i>Model Specifications</i>	GI-2
<i>Installation</i>	GI-3
Preparation	GI-3
Setup	GI-3
Cleaning Instructions	GI-4
Maintenance	GI-4
Display Module	GI-5
Weighing Displays	GI-6
Status Indicators	GI-7
Keypad Descriptions	GI-8
Basic Weighing Operations	GI-10

Programming Your Balance - Menu #1

<i>1. Calibration</i>	PRG-1
A. Preset Weight Values	PRG-1
B. Other Weight Values	PRG-1
<i>2. Units</i>	PRG-2
A. Unit Selection	PRG-2
B. Math Function	PRG-2
<i>3. Count Modes</i>	PRG-4
A. Basic Count Mode	PRG-4
B. Count with Gross Weight	PRG-4
C. Average Piece Weight	PRG-5
D. Kitting (Negative Count)	PRG-5
<i>4. Check Weighing</i>	PRG-5
A. Setting Low and High Limits	PRG-5
B. Setting The Percentage to Target	PRG-6
<i>5. Statistics Mode</i>	PRG-8
A. Storing Values	PRG-8
B. Calculate Statistics	PRG-8
C. Standard Deviation	PRG-8
D. List Data or Edit	PRG-9
<i>6. Tare Weights</i>	PRG-9

Balance Configuration - Menu #2

<i>1. Filters</i>	BC-1
<i>2. Beeper</i>	BC-1

Table of Contents - Continued

3. Auto Zero BC-1

4. Clock..... BC-2

 Setting Date and Time BC-2

 Date Format and Clock Standby BC-2

Utilities - Menu #3

1. Serial Port Set Up UTIL-1

2. User ID Number UTIL-4

3. Default Values (Factory Settings) UTIL-4

 Recalling Factory Settings (Defaults) UTIL-4

4. Pass Codes UTIL-5

Interface Applications

1. Technical Specifications APLN-1

 A. I/O Connector APLN-1

 B. Signal Definition APLN-1

 C. I/O Specifications APLN-1

2. Input Specifications APLN-1

3. RS-232 Communication Parameters APLN-2

APPENDICES

Appendix A: Troubleshooting APNX-1

Appendix B: Glossary APNX-2

Appendix C: Unit Display Chart APNX-4

Appendix D: Preset Weight Specifications APNX-5

Appendix E: External Transformers APNX-6

Appendix F: Menu Trees

 Menu #1 APNX-7

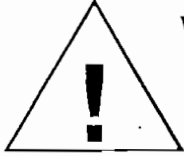
 Menu #2 APNX-8

 Menu #3 APNX-9

CE Declaration of Conformity APNX-10

INTRODUCTION

Thank you for selecting one of our precision balances. Your balance is designed and engineered to give you years of service.



Warning: Use of this product in a manner not specified by the manufacturer may impair any safety protection provided by the equipment!

Unpacking Your Balance

The Top Loading Electronic Balance is shipped in a single carton. Your balance is beneath a protective layer of packaging foam with the power transformer attached. The power transformer is attached and threaded through the bottom of the balance so you need only to plug in the AC adapter to any standard wall socket. The weighing pan and a 12' communication cord are located at the bottom of the carton beneath another layer of packaging foam.

Check the following list for the contents of the shipping carton to ensure that all items have been shipped with your balance. You should find the following items:

- Operating Instructions Manual
- Warranty Registration Card
- Balance
- Weighing Pan (round or square depending on model)
- 3/32 Allen Wrench
- Power Transformer (attached to balance)
- 12' Coiled Communication Cord for Remote Display

Carefully read your operating manual so that you can take full advantage of the many features of your balance. It contains step-by-step procedures, examples, and other useful information.

Remember to return your completed warranty card within ten days and to record all purchase information in the space provided on the inside back cover of this manual.

Model Specifications


Single Range Models

MODEL	CAPACITY	RESOLUTION	PAN SIZE
100	100g	0.0001g	3 ¼" dia. (8.3 cm)
200	200g	0.0001g	3 ¼" dia. (8.3 cm)
400	400g	0.001g	5 ½" dia. (14 cm)
800	800g	0.01g	5 ½" dia. (14 cm)
2200	2200g	0.01g	6 ¼" dia (15.8 cm)
4K	4000g	0.01g	6 ¼" dia (15.8 cm)
5K	5000g	0.1g	8"x 9" (20x23 cm)
8K	8000g	0.1g	8"x 9" (20x23 cm)
12K	12000g	0.1g	8"x 9" (20x23 cm)

Dynamic Fine Range Models

MODEL	CAPACITY		RESOLUTION		PAN SIZE
	OVERALL RANGE	FINE RANGE	OVERALL RANGE	FINE RANGE	
400D	400g	100g	0.01g	0.001g	5 ½" dia. (14 cm)
4KD	4000g	400g	0.1g	0.01g	6 ¼" dia (15.8 cm)
8KD	8000g	800g	0.1g	0.01g	8" x 9" (20x23 cm)

Common Specifications and Features For All Models

Electrical Requirements: 12 VDC  @ 500 mA with AC Adapter.**

Response Time: minimum 3 seconds.

Controls: Silicone Rubber Keypad, 16 Keys.

Display: 1.5" x 5.25" liquid crystal display (LCD).

RS-232 Bidirectional Interface

Multiple Functions

Statistical Analysis

Count Modes

Check Weighing

Calibration

Auto Zero

Menu Selectable Filters

**Note: Model 12K is supplied with 15 VDC transformer.

See Appendix E- External Transformers for further assistance.

Installation

Preparation

- This product is intended for indoor use.
- Select a suitable work area. The work area should be relatively free from drafts and vibrations, and the work surface should be level and rigid.
- The line voltage to the balance should be reasonably constant $\pm 10\%$ and free from fluctuations.
- It is not advisable to use an outlet that is shared with fluorescent fixtures or other electrical equipment that draw current in an inconsistent manner.
- Do not locate balance near magnetic materials, equipment or instruments which use magnets in their design.
- Avoid areas which have extreme variations in room temperature or have excessive room temperature. Room temperatures above $105^{\circ}\text{F}/40^{\circ}\text{C}$ or below $60^{\circ}\text{F}/15^{\circ}\text{C}$ could affect balance operation and accuracy.

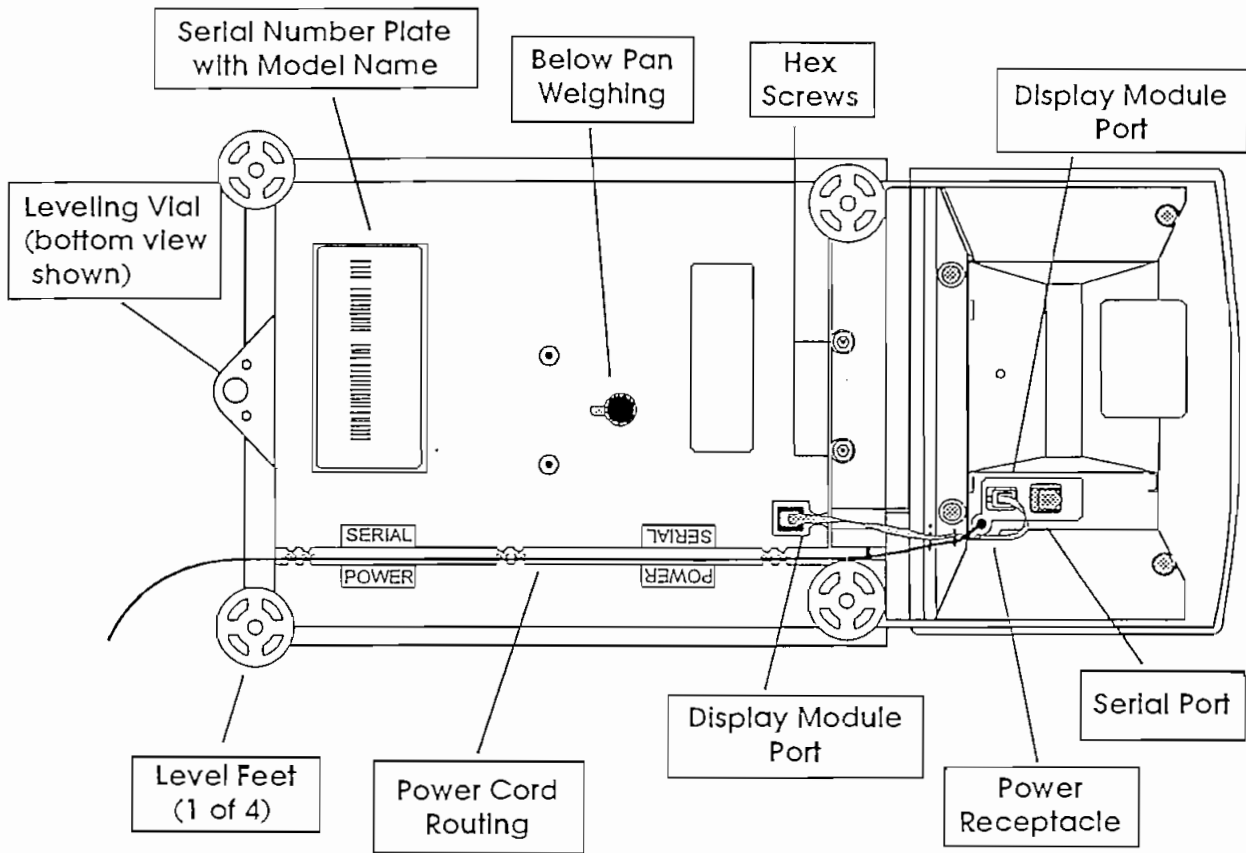
Setup

Carefully remove balance and all accessories from the carton. There are no tie downs or internal packing inside the balance.

Level the balance by using the following procedure: (See Figure 1 on the following page.)

1. Turn all leveling feet counter clockwise until they are fully retracted into the bottom of the balance base. (When viewing the balance from above, turning the feet clockwise will result in the full extension of the feet.)
2. Look at the leveling vial located at the rear of the balance. The bubble must be inside the black circle on the vial in order to be balanced. The bubble moves toward a foot when that foot is turned clockwise and away from that foot when the foot is turned counter-clockwise.
3. Begin with the corner from which the bubble in the leveling vial is furthest away from and turn clockwise until the bubble is centered in the leveling vial. Repeat this process with the remaining 3 feet as necessary until the balance is level.
4. To improve stability, avoid extending the leveling feet as much as possible. If the feet are excessively extended, check the levelness of the surface the balance is on, or repeat steps 1 & 2.
5. Insert the power cord of the transformer into the power receptacle located on the bottom of the unit if it is not already attached. The power cord is routed from the bottom of the display module to the rear of the balance through routing grooves on the bottom of the balance.
6. It is not necessary to unplug your balance. There is no power switch. This unit is designed to be continuously plugged in with power supplied to it at all times.
7. Where appropriate, place the rectangular weighing pan on the balance by aligning the 4 brass supports on the top of the balance to the mounting surfaces on the bottom of the weighing pan. If you have a balance that uses a round weighing pan, place the pan on the stud in the top center of the balance.
8. The balance has an internal temperature sensor, so allow a 60 minute warm up period (average warm up time) for the temperature to stabilize.

Figure 1: Balance-Bottom View



Cleaning Instructions

The exterior surfaces of the product may be cleaned with a mild detergent and a lint-free nonabrasive cloth. Alternatively, isopropyl alcohol may be used. Do not immerse the product in any liquid.

Maintenance:

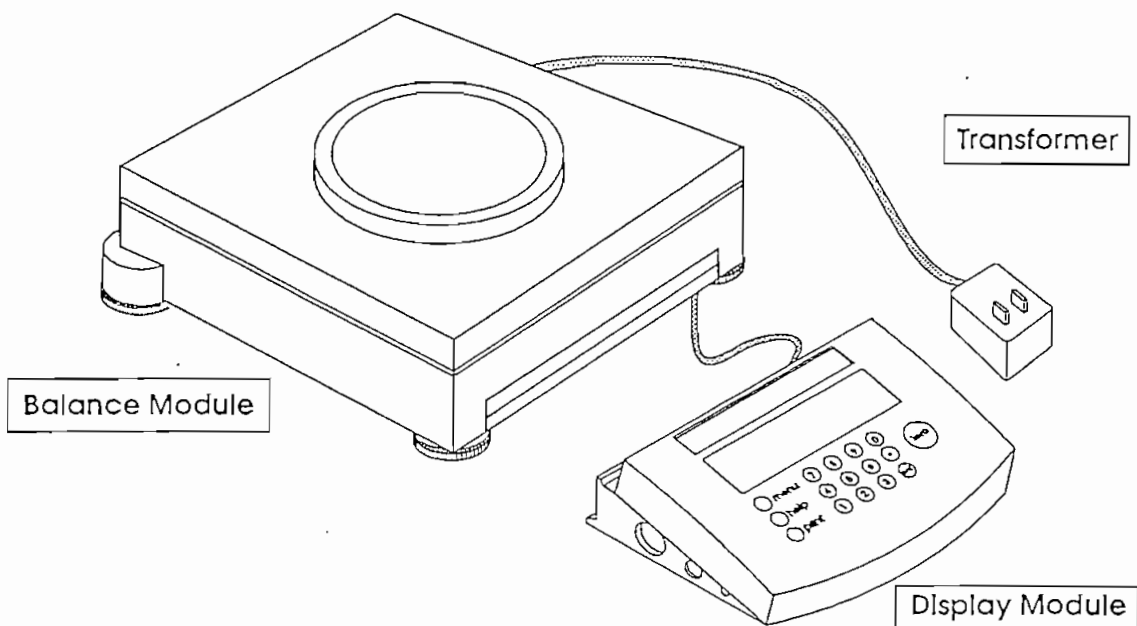
This product contains no user serviceable parts. All replacement parts should be obtained from the manufacturer or an authorized distributor.

Display Module

The Display module is shipped attached to the Balance module. To detach the Display module for remote viewing, use the following procedure:

1. First, disconnect input power. Disconnect the short cable between the Display and the Balance modules, connect to both Display module ports. (See Figure 1 on page GI-4.)
2. Remove the Display module by loosening the two hex screws under the Balance module using the 3/32 Allen wrench provided in the accessory kit. Then, slide the module out of its alignment grooves by pulling it away from the base.
3. Connect the 12' long accessory cable to both the Display and the Balance modules, replacing the short cable. Finally, reconnect input power to the balance.

Figure 2: Components of the Balance



Display

Your balance is equipped with a large, easy to read, Liquid Crystal Display (LCD) installed in the Display module. The LCD is capable of displaying full alphanumeric information about your weighing task. When no functions have been performed for 12 minutes, the display will default to a digital clock display. The display operates in two different modes: Weigh mode and Menu mode.

- The display is in Weighing mode when it displays the result of a measurement operation or when it requests entry of numerical data to complete a measurement operation.
- The display is in Menu mode when it displays setup menus or other information not directly related to taking a measurement.

Weighing Displays

The large bold numbers in the center of the LCD display indicate the measured weight.

Figure 3: Weighing Mode Display
(400D Model shown)

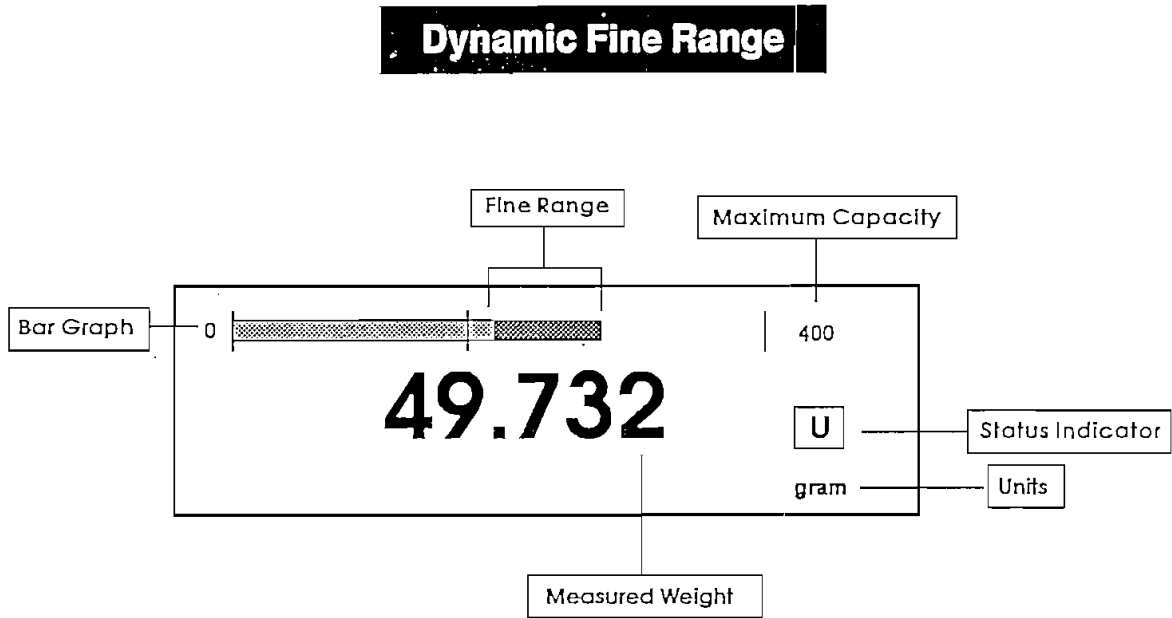
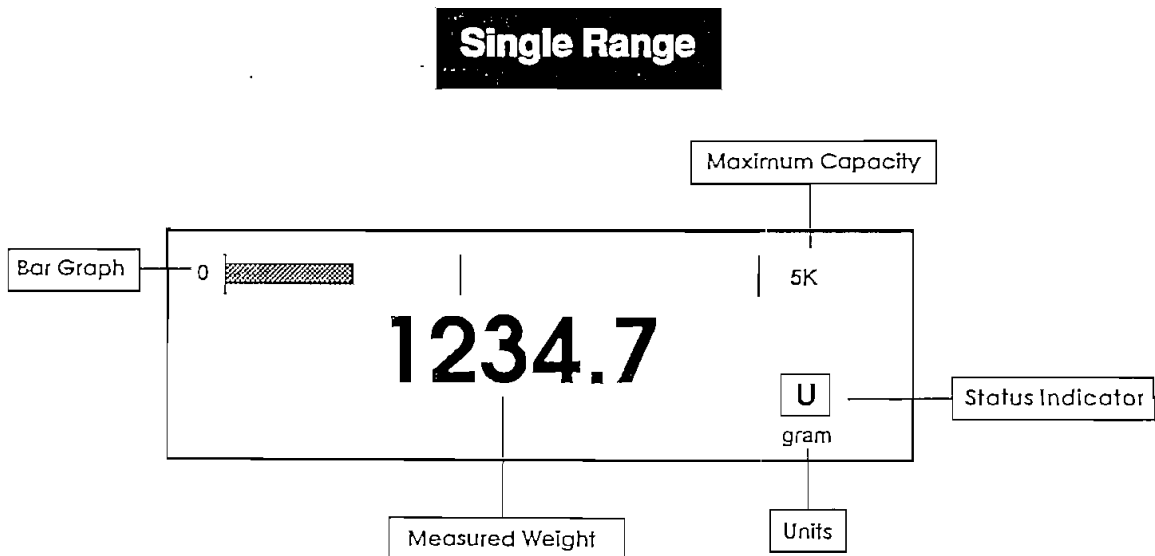


Figure 4: Weighing Mode Display
(5K Models shown)



SN54S00, SN74S00
QUADRUPLE 2-INPUT POSITIVE-NAND GATES

recommended operating conditions

	SN54S00			SN74S00			UNIT
	MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX	
V _{CC} Supply voltage	4.5	5	5.5	4.75	5	5.25	V
V _{IH} High-level input voltage	2			2			V
V _{IL} Low-level input voltage			0.8			0.8	V
I _{OH} High-level output current			-1			-1	mA
I _{OL} Low-level output current			20			20	mA
T _A Operating free-air temperature	-55		125	0		70	°C

electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST CONDITIONS †	SN54S00			SN74S00			UNIT
		MIN	TYP ‡	MAX	MIN	TYP ‡	MAX	
V _{IK}	V _{CC} = MIN, I _I = -18 mA			-1.2			-1.2	V
V _{OH}	V _{CC} = MIN, V _{IL} = 0.8 V, I _{OH} = -1 mA	2.5	3.4		2.7	3.4		V
V _{OL}	V _{CC} = MIN, V _{IH} = 2 V, I _{OL} = 20 mA			0.5			0.5	V
I _I	V _{CC} = MAX, V _I = 5.5 V			1			1	mA
I _{IH}	V _{CC} = MAX, V _I = 2.7 V			50			50	µA
I _{IL}	V _{CC} = MAX, V _I = 0.5 V			-2			-2	mA
I _{OS} §	V _{CC} = MAX	-40		-100	-40		-100	mA
I _{CCH}	V _{CC} = MAX, V _I = 0 V		10	16		10	16	mA
I _{CCL}	V _{CC} = MAX, V _I = 4.5 V		20	36		20	36	mA

† For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions.

‡ All typical values are at V_{CC} = 5 V, T_A = 25°C.

§ Not more than one output should be shorted at a time, and the duration of the short-circuit should not exceed one second.

switching characteristics, V_{CC} = 5 V, T_A = 25°C (see note 2)

PARAMETER	FROM (INPUT)	TO (OUTPUT)	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
t _{PLH}	A or B	Y	R _L = 280 Ω, C _L = 15 pF		3	4.5	ns
t _{PHL}					3	5	ns
t _{PLH}			R _L = 280 Ω, C _L = 50 pF		4.5		ns
t _{PHL}					5		ns

NOTE 2: Load circuits and voltage waveforms are shown in Section 1.

2
TTL Devices

IMPORTANT NOTICE

Texas Instruments (TI) reserves the right to make changes to its products or to discontinue any semiconductor product or service without notice, and advises its customers to obtain the latest version of relevant information to verify, before placing orders, that the information being relied on is current.

TI warrants performance of its semiconductor products and related software to the specifications applicable at the time of sale in accordance with TI's standard warranty. Testing and other quality control techniques are utilized to the extent TI deems necessary to support this warranty. Specific testing of all parameters of each device is not necessarily performed, except those mandated by government requirements.

Certain applications using semiconductor products may involve potential risks of death, personal injury, or severe property or environmental damage ("Critical Applications").

TI SEMICONDUCTOR PRODUCTS ARE NOT DESIGNED, INTENDED, AUTHORIZED, OR WARRANTED TO BE SUITABLE FOR USE IN LIFE-SUPPORT APPLICATIONS, DEVICES OR SYSTEMS OR OTHER CRITICAL APPLICATIONS.

Inclusion of TI products in such applications is understood to be fully at the risk of the customer. Use of TI products in such applications requires the written approval of an appropriate TI officer. Questions concerning potential risk applications should be directed to TI through a local SC sales office.

In order to minimize risks associated with the customer's applications, adequate design and operating safeguards should be provided by the customer to minimize inherent or procedural hazards.

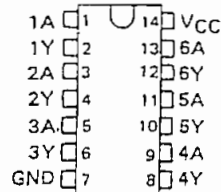
TI assumes no liability for applications assistance, customer product design, software performance, or infringement of patents or services described herein. Nor does TI warrant or represent that any license, either express or implied, is granted under any patent right, copyright, mask work right, or other intellectual property right of TI covering or relating to any combination, machine, or process in which such semiconductor products or services might be or are used.

SDLS032

SN5407, SN5417, SN7407, SN7417
HEX BUFFERS/DRIVERS WITH
OPEN-COLLECTOR HIGH-VOLTAGE OUTPUTS
 DECEMBER 1983—REVISED MARCH 1988

- Converts TTL Voltage Levels to MOS Levels
- High Sink-Current Capability
- Input Clamping Diodes Simplify System Design
- Open-Collector Driver for Indicator Lamps and Relays
- Inputs Fully Compatible with Most TTL Circuits

SN5407, SN5417 . . . J OR W PACKAGE
 SN7407, SN7417 . . . N PACKAGE
 (TOP VIEW)

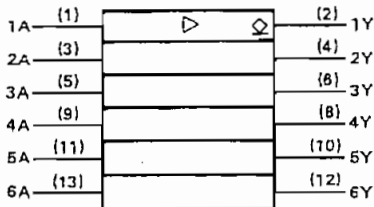


description

These monolithic TTL hex buffers/drivers feature high-voltage open-collector outputs for interfacing with high-level circuits (such as MOS), or for driving high-current loads (such as lamps or relays), and are also characterized for use as buffers for driving TTL inputs. The SN5407 and SN7407 have minimum breakdown voltages of 30 volts and the SN5417 and SN7417 have minimum breakdown voltages of 15 volts. The maximum sink current is 30 milliamperes for the SN5407 and SN5417, and 40 milliamperes for the SN7407 and SN7417.

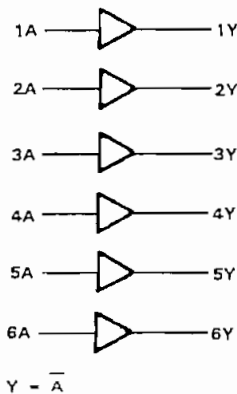
These circuits are completely compatible with most TTL families. Inputs are diode-clamped to minimize transmission-line effects which simplifies design. Typical power dissipation is 145 milliwatts and average propagation delay time is 14 nanoseconds. The SN5407 and SN5417 are characterized for operation over the full military temperature range of -55° C to 125° C; the SN7407 and SN7417 are characterized for operation from 0° C to 70° C.

logic symbol†

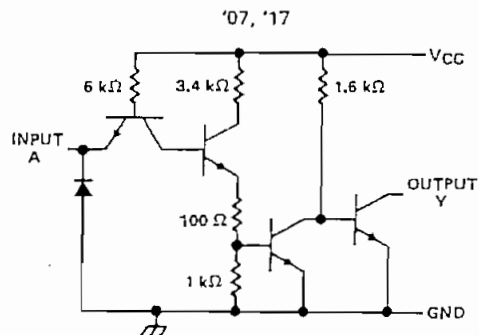


† This symbol is in accordance with ANSI/IEEE Std 91-1984 and IEC Publication 617-12.

logic diagram (positive logic)



schematic



Resistor values shown are nominal.

PRODUCTION DATA documents contain information current as of publication date. Products conform to specifications per the terms of Texas Instruments standard warranty. Production processing does not necessarily include testing of all parameters.

TEXAS
INSTRUMENTS

POST OFFICE BOX 655012 • DALLAS, TEXAS 75265

SN5407, SN5417, SN7407, SN7417

HEX BUFFERS/DRIVERS WITH OPEN-COLLECTOR HIGH-VOLTAGE OUTPUTS

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)

Supply voltage V_{CC} (see Note 1)	7 V
Input voltage (see Note 1)	5.5 V
Output voltage (see Notes 1 and 2): SN5407, SN7407 Circuits	30 V
SN5417, SN7417 Circuits	15 V
Operating free-air temperature range: SN5407, SN5417 Circuits	-55°C to 125°C
SN7407, SN7417 Circuits	0°C to 70°C
Storage temperature range	-65°C to 150°C

NOTES: 1. Voltage values are with respect to network ground terminal.
2. This is the maximum voltage which should be applied to any output when it is in the off state.

recommended operating conditions

	SN5407 SN5417			SN7407 SN7417			UNIT		
	MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX			
V_{CC} Supply voltage	4.5	5	5.5	4.75	5	5.25	V		
V_{IH} High-level input voltage	2			2			V		
V_{IL} Low-level input voltage				0.8			V		
V_{OH} High-level output voltage	'07			30			V		
	'17			15					
I_{OL} Low-level output current	30			40			mA		
T_A Operating free-air temperature	-55			125			0	70	°C

electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST CONDITIONS†	SN5407 SN5417			SN7407 SN7417			UNIT	
		MIN	TYP‡	MAX	MIN	TYP‡	MAX		
V_{IK}	$V_{CC} = \text{MIN}$, $I_I = -12 \text{ mA}$	-1.5			-1.5			V	
I_{OH}	$V_{CC} = \text{MIN}$, $V_{IL} = 0.8 \text{ V}$, $V_{OH} = \S$	0.25			0.25			mA	
V_{OL}	$V_{CC} = \text{MIN}$, $V_{IH} = 2 \text{ V}$	$I_{OL} = 16 \text{ mA}$			0.4			V	
		$I_{OL} = \P$			0.7				
I_I	$V_{CC} = \text{MAX}$, $V_I = 5.5 \text{ V}$	1			1			mA	
I_{IH}	$V_{CC} = \text{MAX}$, $V_{IH} = 2.4 \text{ V}$	40			40			μA	
I_{IL}	$V_{CC} = \text{MAX}$, $V_{IL} = 0.4 \text{ V}$	-1.6			-1.6			mA	
I_{CCH}	$V_{CC} = \text{MAX}$	29			29			41	mA
I_{CCL}	$V_{CC} = \text{MAX}$	21			21			30	mA

† For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions.

‡ All typical values are at $V_{CC} = 5 \text{ V}$, $T_A = 25^\circ \text{C}$.

§ $V_{OH} = 30 \text{ V}$ for '07 and 15 V for '17.

¶ $I_{OL} = 30 \text{ mA}$ for SN54' and 40 mA for SN74'.

switching characteristics, $V_{CC} = 5 \text{ V}$, $T_A = 25^\circ \text{C}$ (see Note 3)

PARAMETER	FROM (INPUT)	TO (OUTPUT)	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
t_{PLH}	A	Y	$R_L = 110 \Omega$, $C_L = 15 \text{ pF}$	6		15	ns
t_{PHL}				20		26	
t_{PLH}	A	Y	$R_L = 150 \Omega$, $C_L = 50 \text{ pF}$	15		26	ns
t_{PHL}				26			

NOTE 3: Load circuits and voltage waveforms are shown in Section 1.

IMPORTANT NOTICE

Texas Instruments (TI) reserves the right to make changes to its products or to discontinue any semiconductor product or service without notice, and advises its customers to obtain the latest version of relevant information to verify, before placing orders, that the information being relied on is current.

TI warrants performance of its semiconductor products and related software to the specifications applicable at the time of sale in accordance with TI's standard warranty. Testing and other quality control techniques are utilized to the extent TI deems necessary to support this warranty. Specific testing of all parameters of each device is not necessarily performed, except those mandated by government requirements.

Certain applications using semiconductor products may involve potential risks of death, personal injury, or severe property or environmental damage ("Critical Applications").

TI SEMICONDUCTOR PRODUCTS ARE NOT DESIGNED, INTENDED, AUTHORIZED, OR WARRANTED TO BE SUITABLE FOR USE IN LIFE-SUPPORT APPLICATIONS, DEVICES OR SYSTEMS OR OTHER CRITICAL APPLICATIONS.

Inclusion of TI products in such applications is understood to be fully at the risk of the customer. Use of TI products in such applications requires the written approval of an appropriate TI officer. Questions concerning potential risk applications should be directed to TI through a local SC sales office.

In order to minimize risks associated with the customer's applications, adequate design and operating safeguards should be provided by the customer to minimize inherent or procedural hazards.

TI assumes no liability for applications assistance, customer product design, software performance, or infringement of patents or services described herein. Nor does TI warrant or represent that any license, either express or implied, is granted under any patent right, copyright, mask work right, or other intellectual property right of TI covering or relating to any combination, machine, or process in which such semiconductor products or services might be or are used.

SN54157, SN54LS157, SN54LS158, SN54S157, SN54S158, SN74157, SN74LS157, SN74LS158, SN74S157, SN74S158 QUADRUPLE 2-LINE TO 1-LINE DATA SELECTORS/MULTIPLEXERS

MARCH 1974 — REVISED MARCH 1988

- Buffered Inputs and Outputs
- Three Speed/Power Ranges Available

TYPES	TYPICAL AVERAGE PROPAGATION TIME	TYPICAL POWER DISSIPATION
'157	9 ns	150 mW
'LS157	9 ns	49 mW
'S157	5 ns	250 mW
'LS158	7 ns	24 mW
'S158	4 ns	195 mW

applications

- Expand Any Data Input Point
- Multiplex Dual Data Buses
- Generate Four Functions of Two Variables (One Variable Is Common)
- Source Programmable Counters

description

These monolithic data selectors/multiplexers contain inverters and drivers to supply full on-chip data selection to the four output gates. A separate strobe input is provided. A 4-bit word is selected from one of two sources and is routed to the four outputs. The '157, 'LS157, and 'S157 present true data whereas the 'LS158 and 'S158 present inverted data to minimize propagation delay time.

FUNCTION TABLE

STROBE \bar{G}	INPUTS		OUTPUT Y		
	SELECT \bar{A}/\bar{B}	A	B	'157, 'LS157,'S157	'LS158 'S158
H	X	X	X	L	H
L	L	L	X	L	H
L	L	H	X	H	L
L	H	X	L	L	H
L	H	X	H	H	L

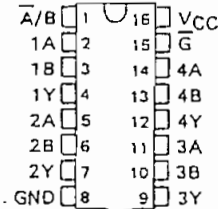
H = high level, L = low level, X = irrelevant

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)

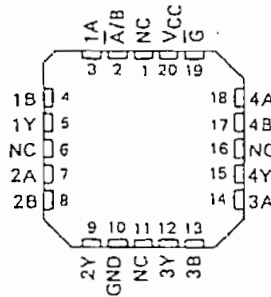
Supply voltage, V_{CC} (See Note 1)	7 V
Input voltage: '157, 'S158	5.5 V
'LS157, 'LS158	7 V
Operating free-air temperature range: SN54'	-55°C to 125°C
SN74'	0°C to 70°C
Storage temperature range	-65°C to 150°C

NOTE 1: Voltage values are with respect to network ground terminal.

SN54157, SN54LS157, SN54S157,
SN54LS158, SN54S158 . . . J OR W PACKAGE
SN74157 . . . N PACKAGE
SN74LS157, SN74S157,
SN74LS158, SN74S158 . . . D OR N PACKAGE
(TOP VIEW)



SN54LS157, SN54S157, SN54LS158,
SN54S158 . . . FK PACKAGE
(TOP VIEW)



NC - No internal connection

PRODUCTION DATA documents contain information current as of publication date. Products conform to specifications on the terms of Texas Instruments standard warranty. Production processing does not necessarily include testing of all parameters.

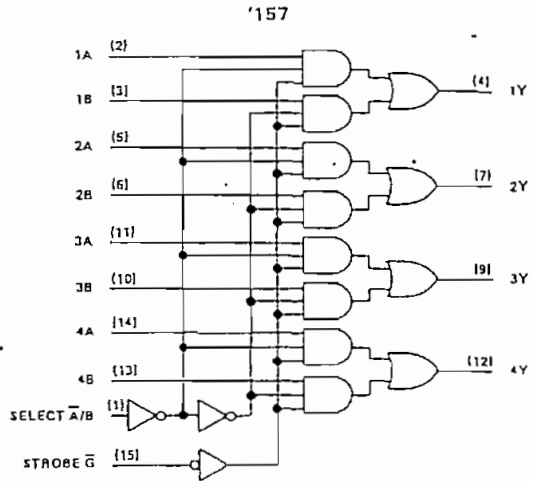
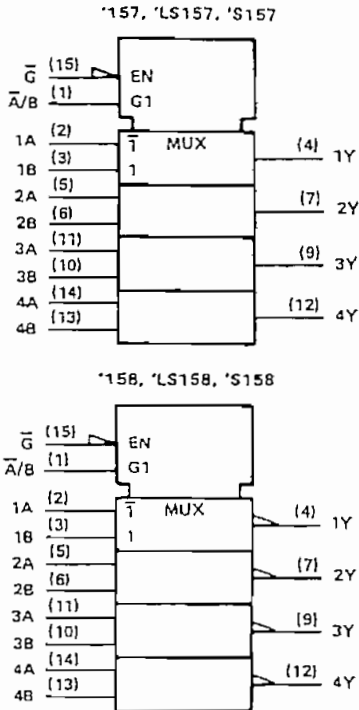


POST OFFICE BOX 550812 • DALLAS, TEXAS 75255

**SN54157, SN54LS157, SN54LS158, SN54S157, SN54S158,
SN74157, SN74LS157, SN74LS158, SN74S157, SN74S158
QUADRUPLE 2-LINE TO 1-LINE DATA SELECTORS/MULTIPLEXERS**

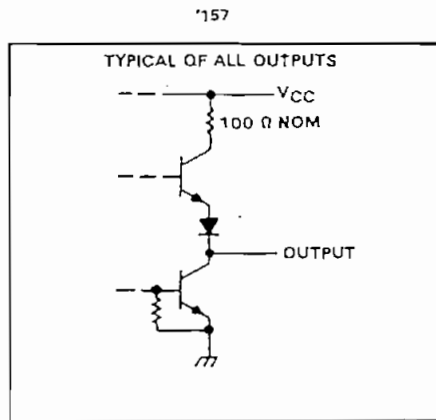
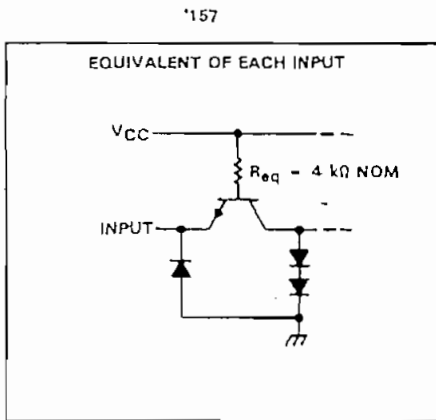
logic symbols†

logic diagram (positive logic)



†These symbols are in accordance with ANSI/IEEE Std. 91-1984 and IEC Publication 617-12. Pin numbers shown are for D, J, N, and W packages.

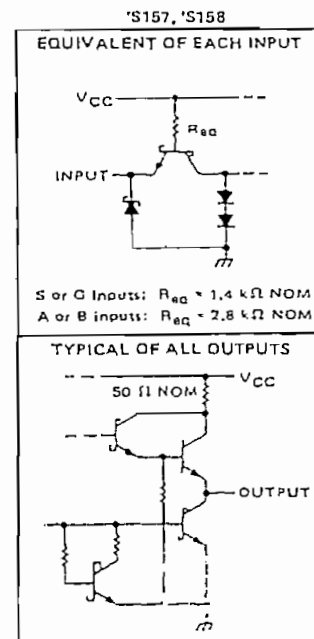
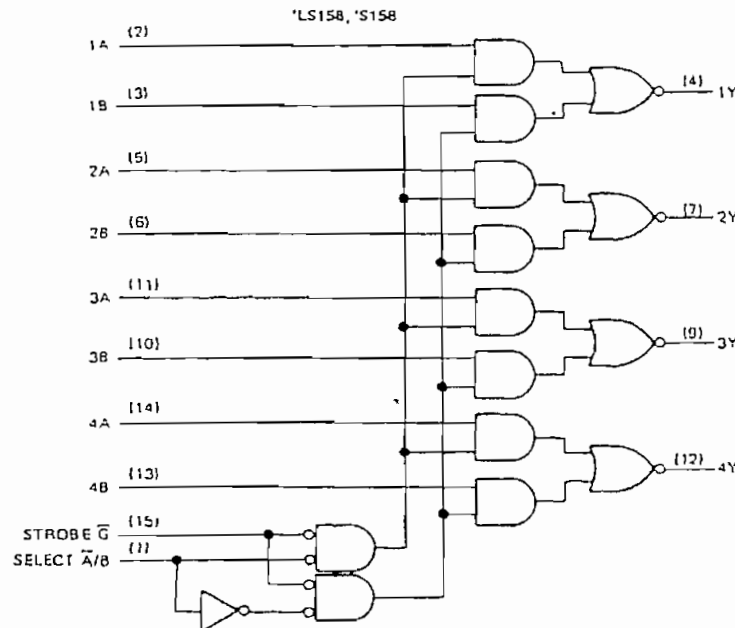
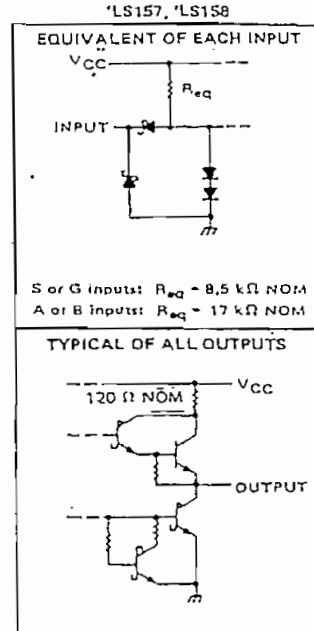
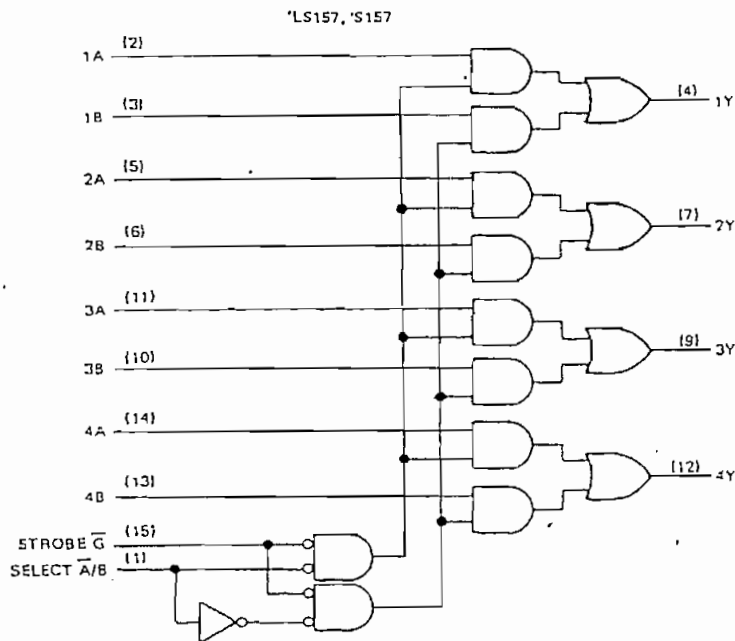
schematics of inputs and outputs



**SN54LS157, SN54LS158, SN54S157, SN54S158,
SN74LS157, SN74LS158, SN74S157, SN74S158
QUADRUPLE 2-LINE TO 1-LINE DATA SELECTORS/MULTIPLEXERS**

logic diagrams (positive logic)

schematics of inputs and outputs



Pin numbers shown are for O, J, N, and W packages.

SN54157, SN74157
QUADRUPLE 2-LINE TO 1-LINE DATA SELECTORS/MULTIPLEXERS

recommended operating conditions

	SN54157			SN74157			UNIT
	MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX	
Supply voltage, V_{CC}	4.5	5	5.5	4.75	5	5.25	V
High-level output current, I_{OH}			-800			-800	μ A
Low-level output current, I_{OL}			16			16	mA
Operating free-air temperature, T_A	-55		125	0		70	$^{\circ}$ C

electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST CONDITIONS†	SN54157			SN74157			UNIT
		MIN	TYP‡	MAX	MIN	TYP‡	MAX	
V_{IH} High-level input voltage		2			2			V
V_{IL} Low-level input voltage				0.8			0.8	V
V_{IK} Input clamp voltage	$V_{CC} = \text{MIN.}, I_I = -12 \text{ mA}$			-1.5			-1.5	V
V_{OH} High level output voltage	$V_{CC} = \text{MIN.}, V_{IH} = 2 \text{ V}, V_{IL} = 0.8 \text{ V}, I_{OH} = -800 \mu\text{A}$	2.4	3.4		2.4	3.4		V
V_{OL} Low-level output voltage	$V_{CC} = \text{MIN.}, V_{IH} = 2 \text{ V}, V_{IL} = 0.8 \text{ V}, I_{OL} = 16 \text{ mA}$		0.2	0.4		0.2	0.4	V
I_I Input current at maximum input voltage	$V_{CC} = \text{MAX.}, V_I = 5.5 \text{ V}$			1			1	mA
I_{IH} High-level input current	$V_{CC} = \text{MAX.}, V_I = 2.4 \text{ V}$			40			40	μ A
I_{IL} Low-level input current	$V_{CC} = \text{MAX.}, V_I = 0.4 \text{ V}$			-1.6			-1.6	μ A
I_{OS} Short-circuit output current‡	$V_{CC} = \text{MAX.}$	-20		-55	-18		-55	mA
I_{CC} Supply current	$V_{CC} = \text{MAX.}, \text{ See Note 2}$		30	48		30	48	mA

† For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions.

‡ All typical values are at $V_{CC} = 5 \text{ V}, T_A = 25^{\circ}\text{C}$.

§ Not more than one output should be shorted at a time and duration of short-circuit should not exceed one second.

NOTE 2: I_{CC} is measured with 4.5 V applied to all inputs and all outputs open.

switching characteristics, $V_{CC} = 5 \text{ V}, T_A = 25^{\circ}\text{C}$

PARAMETER ¹	FROM (INPUT)	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
t_{PLH}	Data	$C_L = 15 \mu\text{F}, R_L = 400 \Omega, \text{ See Note 3}$		9	14	ns
t_{PHL}				9	14	
t_{PLH}	Strobe \bar{C}			13	20	ns
t_{PHL}				14	21	
t_{PLH}	Select \bar{A}/\bar{B}			15	23	ns
t_{PHL}				18	27	

¹ t_{PLH} = propagation delay time, low-to-high-level output

t_{PHL} = propagation delay time, high-to-low-level output

NOTE 3: Load circuits and voltage waveforms are shown in Section 1.

TEXAS
 INSTRUMENTS

POST OFFICE BOX 655012 • DALLAS, TEXAS 75265

SN54LS157, SN54LS158, SN74LS157, SN74LS158
QUADRUPLE 2-LINE TO 1-LINE DATA SELECTORS/MULTIPLEXERS

recommended operating conditions

		SN54LS ¹			SN74LS ¹			UNIT
		MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX	
V _{CC}	Supply voltage	4.5	5	5.5	4.75	5	5.25	V
I _{OH}	High-level output current			-400			-400	μA
I _{OL}	Low-level output current			4			8	mA
T _A	Operating free-air temperature	-55		125	0		70	°C

electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range (unless otherwise noted)

PARAMETER		TEST CONDITIONS ¹	SN54LS ¹			SN74LS ¹			UNIT
			MIN	TYP ²	MAX	MIN	TYP ²	MAX	
V _{IH}	High-level input voltage		2			2			V
V _{IL}	Low-level input voltage				0.7			0.8	V
V _{IK}	Input clamp voltage	V _{CC} = MIN, I _I = -18 mA			-1.5			-1.5	V
V _{OH}	High-level output voltage	V _{CC} = MIN, V _{IH} = 2 V, V _{IL} = MAX, I _{OH} = -400 μA	2.5	3.4		2.7	3.4		V
V _{OL}	Low-level output voltage	V _{CC} = MIN, V _{IH} = 2 V, I _{OL} = 4 mA	0.25	0.4		0.25	0.4		V
I _I	Input current at maximum input voltage	V _{CC} = MAX, V _I = 7 V			0.2			0.2	mA
			\bar{A}/B or \bar{G}	A or B	0.1		0.1		
I _{IH}	High-level input current	V _{CC} = MAX, V _I = 2.7 V			40			40	μA
I _{IL}	Low-level input current	V _{CC} = MAX, V _I = 0.4 V			20			20	
I _{OS}	Short-circuit output current ³	V _{CC} = MAX			-0.8			-0.8	mA
					-0.4			-0.4	
I _{CC}	Supply current	V _{CC} = MAX, See Note 2			-20			-100	mA
			'LS157	9.7	16	9.7	16		
			'LS158	4.8	8	4.8	8		
		V _{CC} = MAX, All A inputs at 4.5 V, All other inputs at 0 V	'LS158	6.5	11	6.5	11		

¹ For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions.

² All typical values are at V_{CC} = 5 V, T_A = 25°C.

³ Not more than one output should be shorted at a time and duration of short circuit should not exceed one second.

NOTE 2: I_{CC} is measured with 4.5 V applied to all inputs and all outputs open.

switching characteristics, V_{CC} = 5 V, T_A = 25°C

PARAMETER ¹	FROM (INPUT)	TEST CONDITIONS	'LS157			'LS158			UNIT
			MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
t _{PLH}	Data	C _L = 15 pF, R _L = 2 kΩ, See Note 3	9	14		7	12	ns	
t _{PHL}			9	14		10	15		
t _{PLH}	Strobe \bar{G}		13	20		11	17	ns	
t _{PHL}			14	21		18	24		
t _{PLH}	Select \bar{A}/B		15	23		13	20	ns	
t _{PHL}			18	27		16	24		

¹t_{PLH} = propagation delay time, low-to-high-level output

t_{PHL} = propagation delay time, high-to-low-level output

NOTE 3: Load circuits and voltage diagrams are shown in Section 1.

SN54S157, SN54S158, SN74S157, SN74S158
QUADRUPLE 2-LINE TO 1-LINE DATA SELECTORS/MULTIPLEXERS

recommended operating conditions

	SN54S157 SN54S158			SN74S157 SN74S158			UNIT
	MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX	
Supply voltage, V_{CC}	4.5	5	5.5	4.75	5	5.25	V
High-level output current, I_{OH}			-1			-1	mA
Low-level output current, I_{OL}			20			20	mA
Operating free-air temperature, T_A	-55		125	0		70	$^{\circ}$ C

electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST CONDITIONS†	SN54S157 SN74S157		SN54S158 SN74S158		UNIT	
		MIN	TYP‡	MAX	MIN		TYP‡
V_{IH} High-level input voltage		2		2		V	
V_{IL} Low-level input voltage			0.8		0.8	V	
V_{IK} Input clamp voltage	$V_{CC} = \text{MIN}$, $I_I = -18 \text{ mA}$			-1.2		-1.2	V
V_{OH} High-level output voltage	$V_{CC} = \text{MIN}$, $V_{IH} = 2 \text{ V}$, $V_{IL} = 0.8 \text{ V}$, $I_{OH} = -1 \text{ mA}$	Series 54S 2.5	3.4	Series 74S 2.7	3.4	2.5 3.4 2.7 3.4	V
V_{OL} Low-level output voltage	$V_{CC} = \text{MIN}$, $V_{IH} = 2 \text{ V}$, $V_{IL} = 0.8 \text{ V}$, $I_{OL} = 20 \text{ mA}$		0.5		0.5	0.5	V
I_I Input current at maximum input voltage	$V_{CC} = \text{MAX}$, $V_I = 5.5 \text{ V}$		1		1	1	mA
I_{IH} High-level input current	$\overline{A/B}$ or \overline{G}		100		100	100	μ A
	A or B		50		50	50	
I_{IL} Low-level input current	$\overline{A/B}$ or \overline{G}		-4		-4	-4	mA
	A or B		-2		-2	-2	
I_{OS} Short-circuit output current‡	$V_{CC} = \text{MAX}$	-40	-100	-40	-100	-40 -100	mA
I_{CC} Supply current	$V_{CC} = \text{MAX}$, All inputs at 4.5 V, See Note 2		50 78		39 61	50 78 39 61	mA
	$V_{CC} = \text{MAX}$, A inputs at 4.5 V, B,G,S, inputs at 0 V. See Note 2				81	81	

† For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions.

‡ All typical values are at $V_{CC} = 5 \text{ V}$, $T_A = 25^{\circ}\text{C}$.

§ Not more than one output should be shorted at a time, and duration of the short-circuit should not exceed one second.

Note 2: I_{CC} is measured with all outputs open.

switching characteristics, $V_{CC} = 5 \text{ V}$, $T_A = 25^{\circ}\text{C}$

PARAMETER†	FROM (INPUT)	TEST CONDITIONS	SN54S157 SN74S157		SN54S158 SN74S158		UNIT
			MIN	TYP	MAX	MIN	
t_{PLH}	Data	$C_L = 15 \text{ pF}$, $R_L = 280 \Omega$, See Note 3	5	7.5	4	6	ns
t_{PHL}			4.5	6.5	4	6	
t_{PLH}	Strobe \overline{G}		8.5	12.5	6.5	11.5	ns
t_{PHL}			7.5	12	7	12	
t_{PLH}	Select $\overline{A/B}$		9.5	15	8	12	ns
t_{PHL}			9.5	15	8	12	

† t_{PLH} = propagation delay time, low-to-high-level output

† t_{PHL} = propagation delay time, high-to-low-level output

NOTE 3: Load circuits and voltage waveforms are shown in Section 1.

IMPORTANT NOTICE

Texas Instruments (TI) reserves the right to make changes to its products or to discontinue any semiconductor product or service without notice, and advises its customers to obtain the latest version of relevant information to verify, before placing orders, that the information being relied on is current.

TI warrants performance of its semiconductor products and related software to the specifications applicable at the time of sale in accordance with TI's standard warranty. Testing and other quality control techniques are utilized to the extent TI deems necessary to support this warranty. Specific testing of all parameters of each device is not necessarily performed, except those mandated by government requirements.

Certain applications using semiconductor products may involve potential risks of death, personal injury, or severe property or environmental damage ("Critical Applications").

TI SEMICONDUCTOR PRODUCTS ARE NOT DESIGNED, INTENDED, AUTHORIZED, OR WARRANTED TO BE SUITABLE FOR USE IN LIFE-SUPPORT APPLICATIONS, DEVICES OR SYSTEMS OR OTHER CRITICAL APPLICATIONS.

Inclusion of TI products in such applications is understood to be fully at the risk of the customer. Use of TI products in such applications requires the written approval of an appropriate TI officer. Questions concerning potential risk applications should be directed to TI through a local SC sales office.

In order to minimize risks associated with the customer's applications, adequate design and operating safeguards should be provided by the customer to minimize inherent or procedural hazards.

TI assumes no liability for applications assistance, customer product design, software performance, or infringement of patents or services described herein. Nor does TI warrant or represent that any license, either express or implied, is granted under any patent right, copyright, mask work right, or other intellectual property right of TI covering or relating to any combination, machine, or process in which such semiconductor products or services might be or are used.

SN54194, SN54LS194A, SN54S194, SN74194, SN74LS194A, SN74S194

4-BIT BIDIRECTIONAL UNIVERSAL SHIFT REGISTERS

MARCH 1974—REVISED MARCH 1988

- Parallel Inputs and Outputs
- Four Operating Modes:
 - Synchronous Parallel Load
 - Right Shift
 - Left Shift
 - Do Nothing
- Positive Edge-Triggered Clocking
- Direct Overriding Clear

TYPE	TYPICAL MAXIMUM CLOCK FREQUENCY	TYPICAL POWER DISSIPATION
'194	36 MHz	195 mW
'LS194A	36 MHz	75 mW
'S194	105 MHz	425 mW

description

These bidirectional shift registers are designed to incorporate virtually all of the features a system designer may want in a shift register. The circuit contains 46 equivalent gates and features parallel inputs, parallel outputs, right-shift and left-shift serial inputs, operating-mode-control inputs, and a direct overriding clear line. The register has four distinct modes of operation, namely:

- Inhibit clock (do nothing)
- Shift right (in the direction Q_A toward Q_D)
- Shift left (in the direction Q_D toward Q_A)
- Parallel (broadside) load

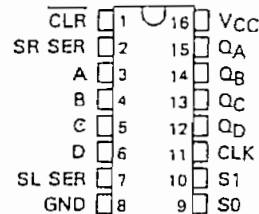
Synchronous parallel loading is accomplished by applying the four bits of data and taking both mode control inputs, S_0 and S_1 , high. The data are loaded into the associated flip-flops and appear at the outputs after the positive transition of the clock input. During loading, serial data flow is inhibited.

Shift right is accomplished synchronously with the rising edge of the clock pulse when S_0 is high and S_1 is low. Serial data for this mode is entered at the shift-right data input. When S_0 is low and S_1 is high, data shifts left synchronously and new data is entered at the shift-left serial input.

Clocking of the shift register is inhibited when both mode control inputs are low. The mode controls of the SN54194/SN74194 should be changed only while the clock input is high.

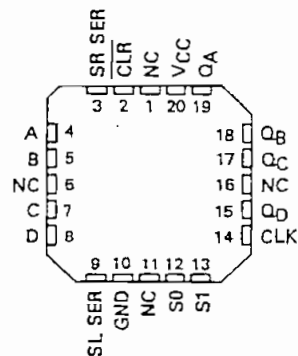
SN54194, SN54LS194A, SN54S194 . . . J OR W PACKAGE
SN74194 . . . N PACKAGE
SN74LS194A, SN74S194 . . . D OR N PACKAGE

(TOP VIEW)



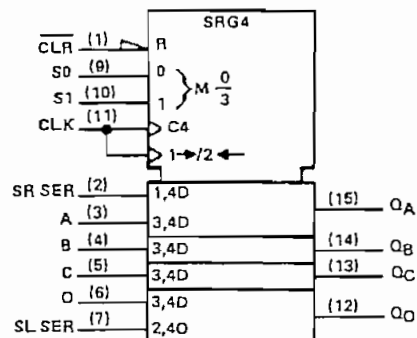
SN54LS194A, SN54S194 . . . FK PACKAGE

(TOP VIEW)



NC - No internal connection

logic symbol†



†This symbol is in accordance with ANSI/IEEE Std. 91-1984 and IEC Publication 617-12.

Pin numbers shown are for D, J, N, and W packages.

PRODUCTION DATA documents contain information current as of publication date. Products conform to specifications per the terms of Texas Instruments standard warranty. Production processing does not necessarily include testing of all parameters.

TEXAS
INSTRUMENTS

POST OFFICE BOX 655012 • DALLAS, TEXAS 75265

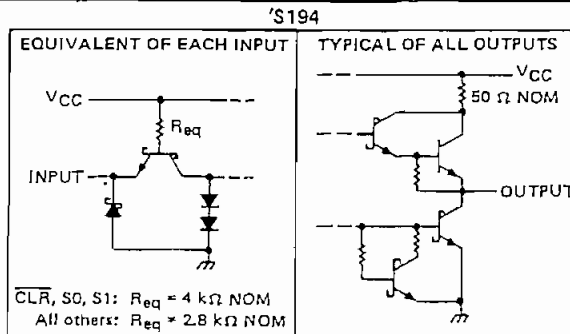
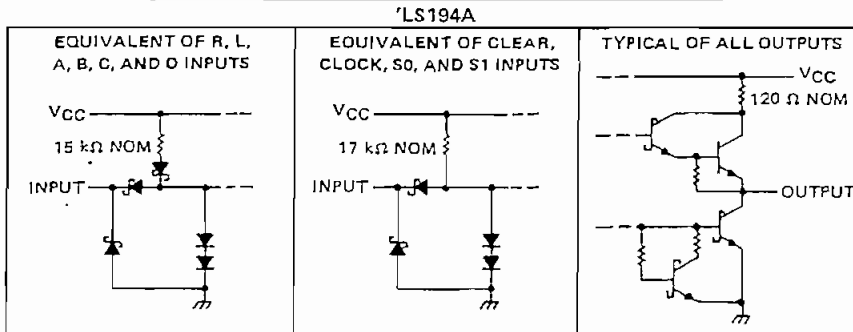
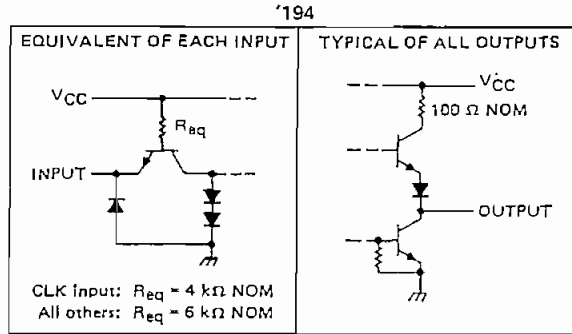
**SN54194, SN54LS194A, SN54S194
SN74194, SN74LS194A, SN74S194
4-BIT BIDIRECTIONAL UNIVERSAL SHIFT REGISTERS**

FUNCTION TABLE

CLEAR	MODE		CLOCK	INPUTS				OUTPUTS					
	S1	S0		SERIAL		PARALLEL		Q _A	Q _B	Q _C	Q _D		
				LEFT	RIGHT	A	B					C	D
L	X	X	X	X	X	X	X	X	X	L	L	L	L
H	X	X	L	X	X	X	X	X	X	Q _{A0}	Q _{B0}	Q _{C0}	Q _{D0}
H	H	H	↑	X	X	a	b	c	d	a	b	c	d
H	L	H	↑	X	H	X	X	X	X	H	Q _{An}	Q _{Bn}	Q _{Cn}
H	L	H	↑	X	L	X	X	X	X	L	Q _{An}	Q _{Bn}	Q _{Cn}
H	H	L	↑	H	X	X	X	X	X	Q _{Bn}	Q _{Cn}	Q _{Dn}	H
H	H	L	↑	L	X	X	X	X	X	Q _{Bn}	Q _{Cn}	Q _{Dn}	L
H	L	L	X	X	X	X	X	X	X	Q _{A0}	Q _{B0}	Q _{C0}	Q _{D0}

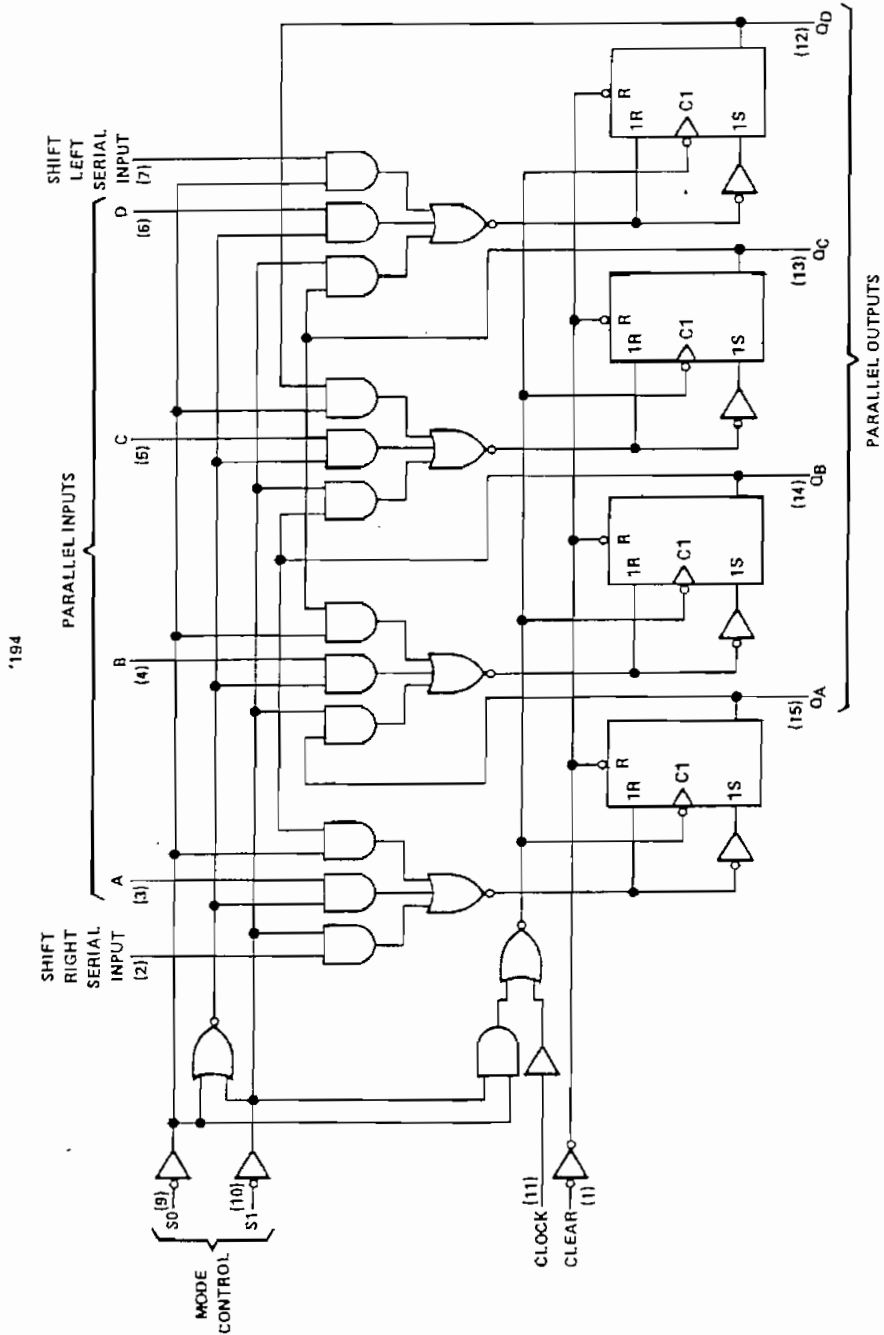
H = high level (steady state)
L = low level (steady state)
X = irrelevant (any input, including transitions)
↑ = transition from low to high level
a, b, c, d = the level of steady-state input at inputs A, B, C, or D, respectively.
Q_{A0}, Q_{B0}, Q_{C0}, Q_{D0} = the level of Q_A, Q_B, Q_C, or Q_D, respectively, before the indicated steady-state input conditions were established.
Q_{An}, Q_{Bn}, Q_{Cn}, Q_{Dn} = the level of Q_A, Q_B, Q_C, respectively, before the most-recent ↑ transition of the clock.

schematics of inputs and outputs



SN54194, SN74194
4-BIT BIDIRECTIONAL UNIVERSAL SHIFT REGISTERS

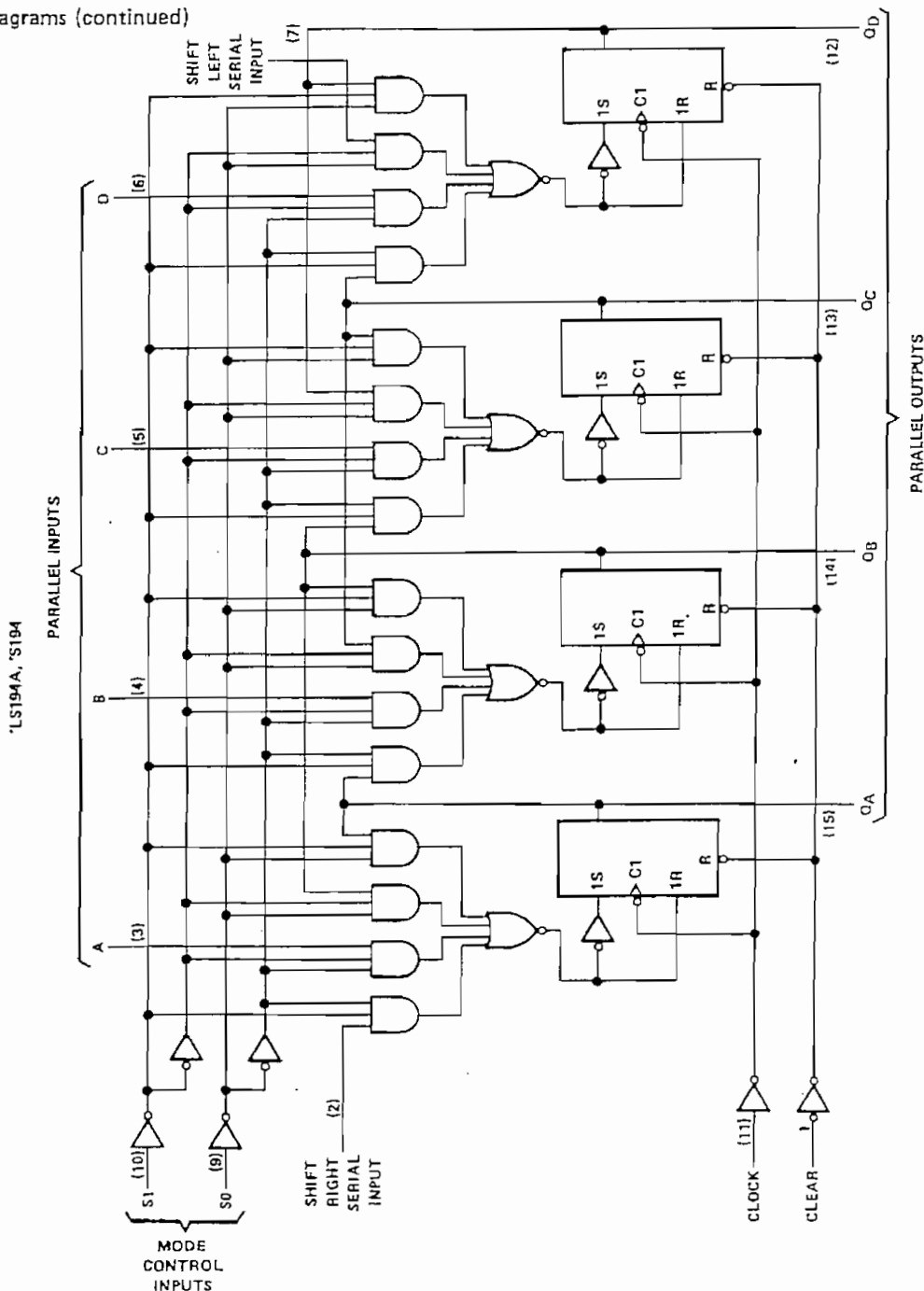
logic diagrams (positive logic)



Pin numbers shown are for O, J, N, and W packages.

SN54LS194A, SN54S194
 SN74LS194A, SN74S194
 4-BIT BIDIRECTIONAL UNIVERSAL SHIFT REGISTERS

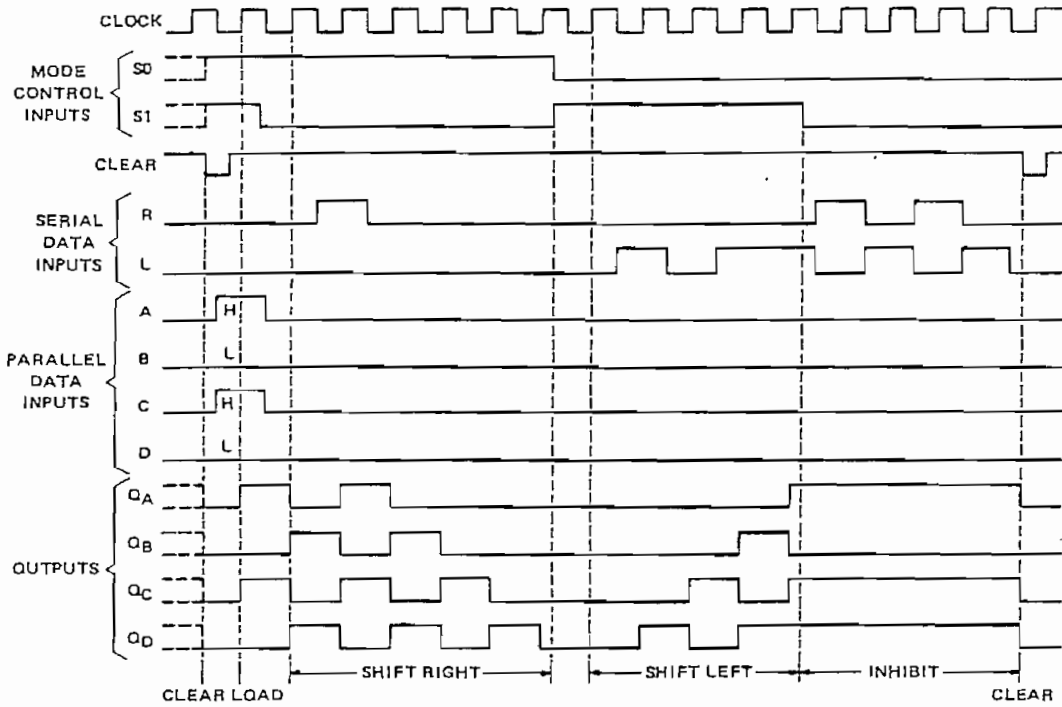
logic diagrams (continued)



Pin numbers shown on logic notation are for D, J or N, and W packages.

SN54194, SN54LS194A, SN54S194,
SN74194, SN74LS194A, SN74S194
4-BIT BIDIRECTIONAL UNIVERSAL SHIFT REGISTERS

typical clear, load, right-shift, left-shift, inhibit, and clear sequences



TEXAS
INSTRUMENTS

POST OFFICE BOX 655012 • DALLAS, TEXAS 75265

SN54194, SN74194 4-BIT BIDIRECTIONAL UNIVERSAL SHIFT REGISTERS

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)

Supply voltage, V_{CC} (see Note 1)	7 V
Input voltage	5.5 V
Operating free-air temperature range: SN54194	-55°C to 125°C
SN74194	0°C to 70°C
Storage temperature range	-65°C to 150°C

NOTE 1: Voltage values are with respect to network ground terminal.

recommended operating conditions

	SN54194			SN74194			UNIT
	MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX	
Supply voltage, V_{CC}	4.5	5	5.5	4.75	5	5.25	V
High-level output current, I_{OH}	-800			-800			μ A
Low-level output current, I_{OL}	16			16			mA
Clock frequency, f_{clock}	0	25		0	25		MHz
Width of clock or clear pulse, t_w	20			20			ns
Setup time, t_{SU}	Mode control			30			ns
	Serial and parallel data			20			ns
	Clear inactive-state			25			ns
Hold time at any input, t_h	0			0			ns
Operating free-air temperature, T_A	-55		125	0	70		°C

electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST CONDITIONS†	SN54194			SN74194			UNIT
		MIN	TYP‡	MAX	MIN	TYP‡	MAX	
V_{IH} High-level input voltage		2			2			V
V_{IL} Low-level input voltage		0.8			0.8			V
V_{IK} Input clamp voltage	$V_{CC} = \text{MIN}, I_I = -12 \text{ mA}$	-1.5			-1.5			V
V_{OH} High-level output voltage	$V_{CC} = \text{MIN}, V_{IH} = 2 \text{ V}, V_{IL} = 0.8 \text{ V}, I_{OH} = -800 \mu\text{A}$	2.4	3.4		2.4	3.4	V	
V_{OL} Low-level output voltage	$V_{CC} = \text{MIN}, V_{IH} = 2 \text{ V}, V_{IL} = 0.8 \text{ V}, I_{OL} = 16 \text{ mA}$	0.2	0.4		0.2	0.4	V	
I_I Input current at maximum input voltage	$V_{CC} = \text{MAX}, V_I = 5.5 \text{ V}$	1			1			mA
I_{IH} High-level input current	$V_{CC} = \text{MAX}, V_I = 2.4 \text{ V}$	40			40			μ A
I_{IL} Low-level input current	$V_{CC} = \text{MAX}, V_I = 0.4 \text{ V}$	-1.6			-1.6			mA
I_{OS} Short-circuit output current‡	$V_{CC} = \text{MAX}$	-20	-57		-18	-57	mA	
I_{CC} Supply current	$V_{CC} = \text{MAX}, \text{ See Note 2}$	39	63		39	63	mA	

†For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions.

‡All typical values are at $V_{CC} = 5 \text{ V}, T_A = 25^\circ\text{C}$.

§Not more than one output should be shorted at a time.

NOTE 2: With all outputs open, inputs A through D grounded, and 4.5 V applied to S0, S1, clear, and the serial inputs, I_{CC} is tested with a momentary GND, then 4.5 V applied to clock.

switching characteristics, $V_{CC} = 5 \text{ V}, T_A = 25^\circ\text{C}$

PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
f_{max} Maximum clock frequency	$C_L = 15 \text{ pF}, R_L = 400 \Omega, \text{ See Figure 1}$	25	36		MHz
t_{PHL} Propagation delay time, high-to-low-level output from clear			19	30	ns
t_{PLH} Propagation delay time, low-to-high-level output from clock			14	22	ns
t_{PHL} Propagation delay time, high-to-low-level output from clock			17	25	ns

TEXAS
INSTRUMENTS

POST OFFICE BOX 655012 • DALLAS, TEXAS 75265

Status Indicators

This area of the screen displays one of four symbols or is blank. The symbols (referred to as icons) are as follows:

- U** - indicates an unstable condition.
- Z** - indicates that the **zero** key was pressed and the balance is zeroing.
- P** - indicates that data is being sent out to the serial port.
- E** - indicates that the **ent** key has been pressed and data is entered into the statistics memory.

— Units

The current selected weighing unit is displayed. (See Appendix C for unit display abbreviations.)

— Bar Graph

The top of the display has a bar graph which visually illustrates the total amount of the weight on the balance relative to its maximum capacity. The number to the right of the bar shows the maximum capacity in the current weighing unit. The dynamic fine range models also differentiate the fine range of the distribution from the coarse range by a darker graphic display in those regions. The bar graph display of a zeroed balance with additional weight in the container would have two regions on a dynamic fine range (DFR) balance. See Figure 3 on the previous page.

Weighing Messages

— Calibrated

Indicates balance has successfully been calibrated. The balance will return to Weighing mode after 3 seconds.

— Zeroing

Indicates that the **zero** key has been pressed and the balance is currently unstable.

Keypad Description

The keypad has sixteen keys. There are four special function keys and a standard numeric keypad with a "." decimal key and an **enter** key, labeled "ent". (See Figure 5.)

menu KEY

The **menu** key is used to access the menu mode for programming your balance. Each press of this key will advance the display to the next menu. The operation of the **menu** key is cycled through the three menus. If you are in MENU #2 and you want MENU #1, simply continue pressing the **menu** key until you have cycled back to MENU #1. Press the **zero** or the **ent** keys to exit out of the Menu mode and return to the Weighing mode.

MENU #1	MENU #2	MENU #3
1. CALIBRATE	1. FILTER	1. SERIAL PORT SETUP
2. UNITS	2. BEEPER	2. USER ID NUMBER
3. COUNT MODES	3. AUTO ZERO	3. FACTORY DEFAULTS
4. CHECK WEIGHING	4. CLOCK	4. PASS CODES
5. STATISTICS		
6. TARE WEIGHTS		

A selection is made by pressing the number on the keypad corresponding to the menu item number. (See Appendix F for a full diagram of the menu tree.)

help KEY

The **help** key is used to access the on line help feature. The help feature is context sensitive so that you can use it at any time to get more information about a particular operation.

print KEY

The **print** key is used to manually output data to a printer, data logger, or computer. When the balance is set in the print manual mode, simply press the **print** key to have the data sent to a printer interfaced with the balance. (See "Interface Applications" to connect and install a printer to the balance.)

ent KEY (Enter)

The **ent** key is used to enter data or to choose selections from menus.

zero KEY

The large **zero** key is used to zero the display before weighing, subtract container weight, or to exit all menus and return to the weighing screen of the current mode. When the weighing display shows an unstable icon and the **zero** key is pressed, the weighing display will read "ZEROING. . ." to inform you that the zeroing function is in process. The **zero** key also functions as a 'clear' key. If you make a mistake while entering numeric information, press the **zero** key to clear the previously typed character.

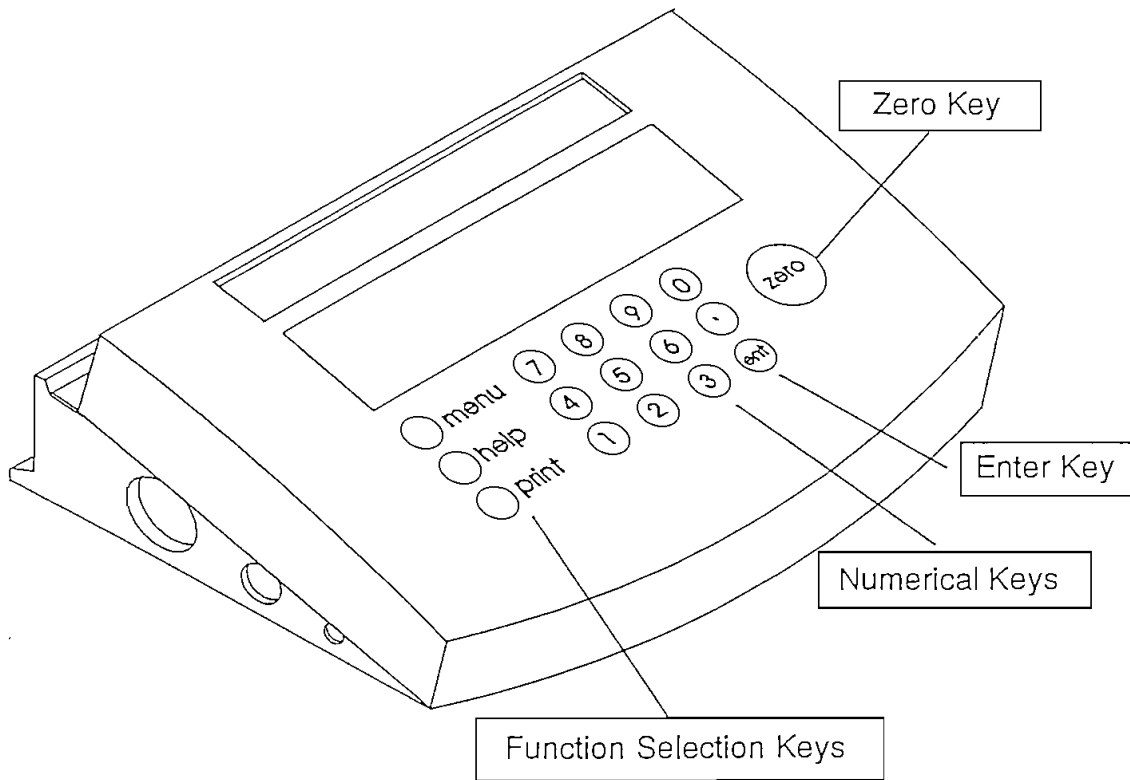
". " Decimal Point KEY

The decimal point is used in Count mode to recycle through weighing procedures using a different part. Using the decimal point eliminates the step of reentering a menu. It also is used during the calibration function. (See "Operating Your Balance" section.)

Numeric Keys

The numerical keys are **0** through **9** and the "." (decimal point) key. These keys are used to enter numerical information into the balance. To key a number into the balance, press the numeral key corresponding to each digit of that number using the "." (decimal point) key where necessary. The **zero** key functions as a backspace key that can delete data which has been entered incorrectly.

Figure 5: Balance Keypad



Basic Weighing Operations

You are now ready to do any basic weighing operation without further adjustment, provided that you have properly installed your balance, have allowed adequate warm up time, and have done the necessary calibration.

Note: *The factory settings are automatically activated when the balance is initially powered up. (See "Factory Settings" section for the default values.)*

Your balance is designed to make accurate measurements independent of sample placements on the pan. However, repeatability, accuracy, and stability are maximized if the load is placed as close to the center of the pan as possible.

Taring:

1. Press the **zero** key to go to Weighing mode and zero the display. If a separate container is used and that weight is to be disregarded, place it on the balance before pressing the **zero** key.
2. Place your sample on the weighing pan and wait for stability.
3. Read result in units selected when the " U " icon disappears.

PROGRAMMING YOUR BALANCE - Menu #1

MENU #1 OF 3

1. CALIBRATE
2. UNITS
3. COUNT MODES
4. CHECK WEIGHING
5. STATISTICS
6. TARE WEIGHTS

1. Calibration

Before calibrating your balance, please set the date and time. This ensures that the correct calibration data is stored in memory. See page BC-2.

Ref. Appendix F

All balances are calibrated at the factory prior to shipment. However, you should calibrate your balance before using it for the first time. We recommend that you check the calibration once a week, whenever the balance has been moved or whenever excessive temperature variations have occurred. Use only calibrated weights. Calibrated weights may be purchased from your sales representative or supplier. You may calibrate the balance in two different ways using the following:

A. Preset Weight Values

Calibration is not possible if the balance is not stable or the mass is incorrect. The balance will not accept weights that are out range or that exceed the capacity. The fastest calibration procedure is outlined below. Use Preset weight values as your calibration standard. (See Appendix D - Preset Weights for each model.)

To Calibrate with a **Preset Weight Value**:

1. Press the **menu** key until MENU #1 is displayed.
2. Press the **1** key to select Calibrate.
3. Place preset mass on pan.
4. The balance will automatically calibrate. A short beep will occur and the display will read CALIBRATED for three seconds, and then return to the Weighing screen displaying the calibration weight value.

B. Other Weight Values

To calibrate with weights other than a preset weight or specific weights that are close to a preset weight (e.g., known weight = 400.35 grams and preset weight = 400 grams) use the following procedure.

To set the **Other Weight Value**:

1. Press the **menu** key until MENU #1 is displayed.
2. Press the **1** key to select Calibration.
3. Place weight on pan. The display will change to enter calibration weight.
4. Press the **" . "** (decimal point) key and enter known mass.
5. Enter the actual value, in grams, of the calibration weight and press the **ent** key.
6. The display will read CALIBRATED. Wait three seconds and the display will return to Weighing mode displaying the calibration weight value. Or if you do not have those particular weights, you may manually enter other weight values. It is recommended that you use the calibrated weight closest in value to our typical sample weight. *Remember to use only calibrated weights.*

If you choose a weight value other than a preset weight when calibrating, place the weight on the pan and wait for the display to request data input. If the entered weight and the measured weight agree, the balance will calibrate.

2. Units

The current weighing units are displayed on the Weighing screen. (See Appendix C for Unit Display Abbreviations.)

A. Unit Selection

Your balance is preset to weigh in GRAMS. If a different unit of measure is required it must be selected by going to the UNITS MENU.

To set a **Different Weighing Unit**:

1. Press the **menu** key until MENU #1 is displayed.
2. Press the **2** key to select Units.
3. Press the number key corresponding to the desired unit.
4. If the unit desired is not displayed, press the **8** key to select Next Menu (Units Menu 2).
5. Press the **5** key in Units Menu 2 to select the Math Function or the **6** key to return to Units Menu 1.
6. Press the **zero** key to return to weighing screen.
7. The balance is now displaying the weight in the new unit you have selected.

B. Math Function

A multiplier or a divisor can be entered into memory so that the balance automatically calculates the math while the weight value is on the weighing pan.

The Math Function uses the following equations:

Math A display value = $A \times \text{Weight in grams}$

Math B display value = $B / \text{Weight in grams}$

A & B are constants that you enter.

In order to use this function following the above equations, the Math A or Math B function must be selected. To use this option follow the procedure on the next page.

Note: When choosing either the Math A or Math B function, the Count mode or Check Weighing mode will be disabled.

To set a Math function:

1. Press the **menu** key until MENU #1 is displayed.
2. Press the **2** key to select Units.
3. Press the **8** key to select Next Menu (Units Menu 2).
4. Press the **5** key to select Math Menu.
5. Press either the **1** key to select Math A (WGT * Constant) or the **2** key to select Math B (Constant/WGT), then press the **ent** key.
6. Enter a constant value and press the **ent** key. Then press the **ZERO** key to return to the message next display.

NOTE: If the message "CONSTANT TOO LARGE" appears, the entered constant is larger than allowed.

7. To turn off the Math Function and return to a different unit of measurement, cycle back through the units menu until the unit you want is displayed and select that unit.
8. Press the **zero** key to return to the Weighing display.

3. Count Modes

The balance can be set to count common pieces that are within the capacity and resolution of the balance. Please note that counting accuracy may be affected by weight variation that may occur from one part to another. Select the balance with the appropriate resolution for the parts you are counting. The total sample weight must not exceed the balance capacity and the weight of each piece must be greater than the resolution of the balance. (See "Specifications" section for the specifications on your particular model.) All count modes have on line instruction. The count mode has four different options. The following is an explanation of those options:

A. Basic Count Mode

Basic Count mode allows the operator to perform basic counting of identical items. This operation is carried out by first weighing a known number of items and then entering that number into the balance. Placement of subsequent identical items results in a display of total number of items.

To set the **Basic Count Mode**:

1. Press the **menu** key until Menu #1 is displayed.
2. Press the **3** key to select Count Modes.
3. Press the **1** key to select Basic Count Mode and press the **ent** key.
4. If a container is used, zero the container weight prior to placing pieces in the container.
5. Place known number of identical pieces on the pan or in the container, allow the balance to stabilize and press the **ent** key.
6. Key in the number of pieces and press the **ent** key.
7. Press the **zero** key to exit the menu and return to the Count mode.
8. Add or remove identical pieces until you reach the desired count.
9. To count a different part with a different weight and without reentering the Menu mode, press the ". " (decimal point) key and follow steps 4 through 8.

B. Count with Gross Weight

Count with gross weight is the same as basic count except the gross weight is also displayed.

To set the **Count with Gross Weight**:

1. Press the **menu** key until MENU #1 is displayed.
2. Press the **3** key to select Count Modes.
3. Press the **2** key to select Count with Gross Weight and press **ent** key.
4. If a container is used, zero the container.
5. Place known number of identical pieces on the pan, allow the balance to stabilize, and press the **ent** key.
6. Key in the number of pieces and press the **ent** key.
7. Press the **zero** key to exit the menu and return to the Count mode.
8. Add identical pieces until you reach the desired count or gross weight.
9. To count a different part with a different weight and without reentering the Menu mode, press the ". " (decimal point) key and follow steps 4 through 8.

C. Average Piece Weight

Average piece weight enables the operator to enter the known average piece weight of a sample through either the number keys or bar code reader.

To set **Average Piece Weight**:

1. Press the **menu** key until MENU #1 is displayed.
2. Press the **3** key to select Count Modes.
3. Press the **3** key to select Average Piece Weight and press the **ent** key.
4. If a container is used, zero the container.
5. Key in the average piece weight in the current weighing units of the sample and press the **ent** key.
6. Press the **zero** key to exit the menu and return to the Count mode.
7. Add identical pieces until you reach the desired count.
8. To count a different part with a different weight and without reentering the menu, press the ". " (decimal point) key and follow steps 4 through 7.

D. Kitting (Negative Count)

Kitting enables the operator to count the parts that are added or removed from a larger number of parts, allowing the count of parts for kitting.

To set **Kitting**:

1. Press the **menu** key until MENU #1 is displayed.
2. Press the **3** key to select Count Modes.
3. Press the **4** key to select Kitting and press the **ent** key.
4. If a container is used, zero the container.
5. Place sample of unknown identical pieces of unknown average weight on the pan, allow the balance to stabilize, and press the **ent** key.
6. Remove piece(s) from the pan, allow the balance to stabilize, enter number of removed pieces, and press the **ent** key.
7. Press the **zero** key to exit the menu.
8. Display shows number of pieces now on the pan which should be zero.
9. Add or remove identical pieces until you reach the desired count.
10. To count a different part with a different weight and without reentering the menu, press the ". " (decimal point) key and follow steps 4 through 9.

4. Check Weighing

The **Check Weighing** option offers two different methods for check weighing.

A. Setting Low and High Limits

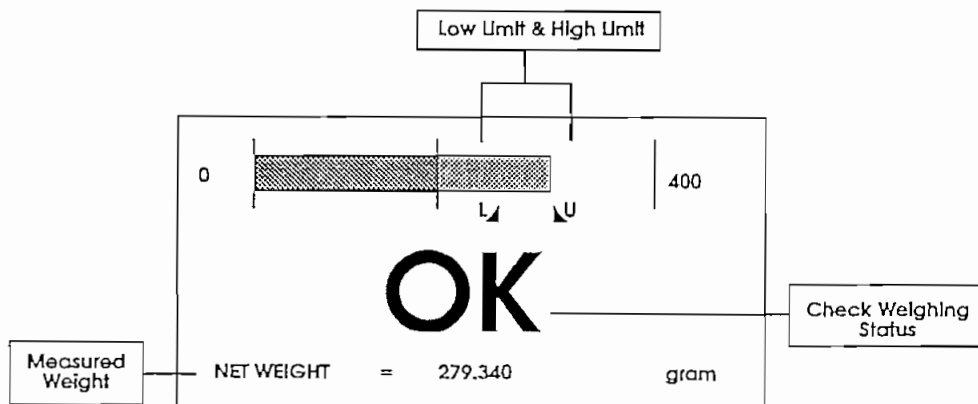
The display shows **UNDER** if the weight is below the Low Limit, **OVER** if the weight is above the High Limit, and **OK** if the weight is between the limits. A graphic display of the weight is shown with the High Limit U (upper) and Low Limit L (lower) which are indicated by arrows. (See Figure 6 on next page.) The net weight of the sample is also shown on the display.

To set values for the **Low Limit** and the **High Limit**:

1. Press the **menu** key until MENU #1 is displayed.
2. Press the **4** key to select Check Weighing mode.
3. Press the **1** key to select Low and High Limit Weighing and press the **ent** key.
4. Enter the desired Low Limit weight in the current weighing units and press the **ent** key.
5. Enter the desired High Limit weight and press the **ent** key. You will automatically return to the MENU #1 display.
6. Press the **zero** key to go to Weighing display mode.
7. Place sample for weighing on the pan. The display will read **OK** if the sample is within the High and Low Limits set in steps 4 and 5, **UNDER** if it is under the low limit, and **OVER** if it is over the High Limit.
8. Return to Check Weighing Menu and select the **3** key to display current settings or select the **4** key to turn Check Weighing OFF. See Figure 6 below.

Note: For proper operation, the High Limit value must be greater than the Low Limit value.

Figure 6: Check Weighing Display (with user defined high and low limits).



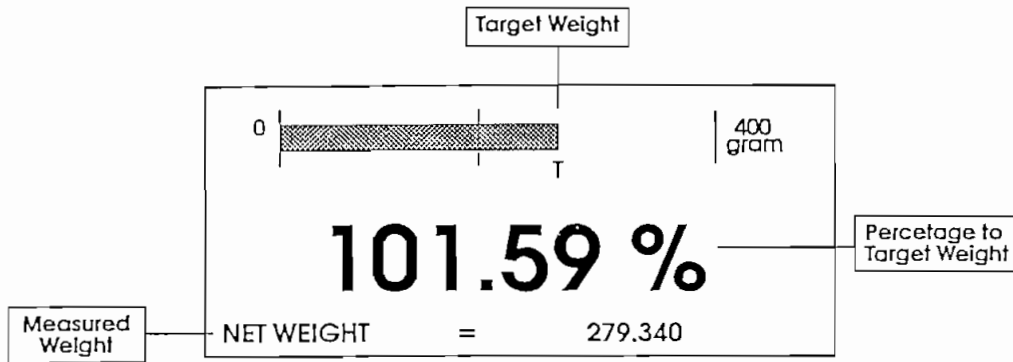
B. Setting Percentage to Target

To set the Percentage To Target:

1. Press the **menu** key until MENU #1 is displayed.
2. Press the **4** key to select Check Weighing.
3. Press the **2** key to select Percentage To Target and press the **ent** key.
4. Enter the desired target weight value as prompted and press the **ent** key. This returns you to MENU #1.
5. Press the **zero** key to go to Weighing display as read as a percent to target.

Once values have been entered during Check Weighing procedures, they remain as stored data. To change any of the values, follow the same procedure used in setting these values.

Figure 7: Check Weighing with Percentage to Target Display
(if target weight = 275 grams)



5. Statistics Mode

The Statistics menu offers the options of listing the entered data and editing it, calculating statistics, or turning the statistics function OFF, or clearing the data entirely.

To turn Statistics mode ON:

1. Press the **menu** key till MENU #1 is displayed.
2. Press the **5** key to select statistics.
3. Press the **1** key for Statistics Function ON.
4. Return to MENU #1 by pressing the **ent** key or press **zero** to return to the Weighing display.

A. Storing Values

The balance can be in any mode when storing values. As many as 255 weight samples can be stored in the statistical buffer. The values stored are those shown on the display when it is in Weighing display mode and the balance is stable.

To Store Values:

1. Values are stored by pressing the **ent** key. The icon "E" is displayed when data is entered while the balance is in Statistics mode.
 - Also, the buffer count is displayed directly below the "E". This indicates the current data point.
 - When the buffer is full, the balance will no longer accept data and the count will show as full.
 - If the **ent** key is pressed while the balance is unstable, the "E" icon will remain ON until stability occurs. This assures that only stable measurements are stored data.

In addition, if the beeper is activated, it will beep giving the user an audible verification of data input.

B. Calculate Statistics

To Calculate Statistics:

By pressing the **2** key for Calculate Statistics, the balance will compute the following statistical information:

n (Number of Samples) = 15	Mean = 38.161
Minimum = 38.159	Standard Deviation = 0.001
Maximum = 38.162	Total = 572.409
Range = 0.003	

C. Standard Deviation

The balance calculates standard deviation according to the following formula.

$$\text{Standard Deviation (Std Dev)} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\chi_i - \bar{\chi})^2}{n - 1}} \quad \bar{\chi} = \text{Mean of the sample}$$

D. List Data or Edit

To List Data or Edit:

1. From the Statistics Menu, press the **3** key for List Data & Edit. The display will show the first page of the stored data (6 data points per page).
2. Press the **1** key to view additional data.
3. To delete a data point, press the **2** key to delete.
4. Enter the number of the data point to delete and press the **ent** key. The display will show this data point as being deleted with a string of asterisks.

To Clear All Data:

1. From the Statistics Menu, press the **4** key for Clear All Data.
2. A confirming question should be answered "yes" by pressing the **1** key to clear all statistics.
3. Or to escape without deleting all data points, press the **2** key for NO.

To send Statistics to the Serial Port:

1. At the Statistics Menu, press the **5** key. The display will indicate "working....." while the data is sent.

6. Tare (Zero) Weights

When weighing material or objects that must be held in a container, taring enables you to store the container weight in the balance's memory, separate from the weight of the material in the container.

To Tare (zero) a container:

1. Place an empty container on the pan. Its weight will be displayed.
2. Press the **zero** key. The display will show zero and the container's weight will be stored in memory. Notice that the capacity guide displays the tared weight relative to the balance's capacity.
3. Add material to the container. As material is added, its net weight will be displayed.
4. Removing the container and material from the pan will cause the balance to display the container's weight as negative number. Tared weight remains in balance memory until the **zero** key is pressed again.

You can store tare weights in memory by selecting item # 6 of Menu #1.

1. Select one of the following: # 1 - Store - Auto Entry or # 2 - Store - Manual Entry. The balance is designed to store 9 individual weights that correspond to the weight of a container that is normally tared out.
2. After storing tare weight, go to item # 3 - Recall Tare Weights and select 1 through 9.
3. After you have selected an item, return to the Weighing screen. The weight displayed on the screen should now be ZERO (if the correct container is on the pan). Now all corresponding weight on the pan will be displayed as the net weight.
4. To clear the tare weight from the Weighing screen, simply press the **zero** key.

BALANCE CONFIGURATION - MENU #2

MENU #2 OF 3

1. FILTER
2. BEEPER
3. AUTO ZERO
4. CLOCK

Ref. Appendix F

1. Filter

It is possible to optimize the balance response to compensate for varying conditions, including building vibrations, drafts, surface vibrations, etc. Five settings, listed below, are available.

Setting #1 - Ultra Fast

Used under ideal conditions. It provides the fastest response time. When weighing in this setting, the balance is most susceptible to environmental conditions.

Setting #2 - Fast Filter

Used in areas with some vibrations and drafts. This setting updates faster than medium-normal filter. It is suggested you try fast before Ultra-Fast.

Setting #3 - Medium-Normal Filter (Default Setting)

Used under normal conditions. The balance operates at moderate speed.

Setting #4 - Slow Filter

Used in areas with vibrations and drafts. This setting updates faster than ultra-slow. It is suggested you try slow filter before ultra-slow.

Setting #5 - Ultra-Slow Filter

Used when there is extreme environmental noise situations such as manufacturing or animal weighing situations. This filter has the slowest update speed.

To change the Filter setting:

Using the numerical key pad, enter a number from 1-5 that corresponds to the above filter settings and then press the **ent** key.

We recommend that you try various filter settings to determine the most suitable setting for the environment the balance is located.

2. Beeper

The default state of the beeper is OFF. The balance will give an audible beep when a key is pressed or during certain weighing applications. Follow the procedure below to turn the beeper ON.

To turn the Beeper ON:

1. Press the **menu** key until MENU #2 is displayed.
2. Press the **2** key to select Beeper.
3. Press the **1** key to select Beeper ON.
4. Press the **ent** key to return to MENU #2 or press **zero** key to return to Weighing display.

3. Auto Zero

Auto Zero helps to maintain a zero display reading when the balance has been zeroed. It is recommended that this remain ON. Use the procedure below.

To turn Auto Zero ON:

1. Press the **menu** key two times to get to MENU #2.
2. Press number the **3** key to select Auto Zero.
3. Press the **1** key or the **2** key to select Auto Zero ON or OFF status.
4. Press the **ent** key to return to Menu #2 or or press **zero** key to return to Weighing display.

4. Clock

To set the **Date Format**:

1. Press the **menu** key until MENU #2 is displayed.
2. Press the **4** key to select Clock.
3. Press the **5** key to select Format & Clock Standby.
4. Select date format of #1 for month, day and year (MM/DD/YY) or #2 for day, month, and year (DD/MM/YY), then press the **ent** key.

To set **Date and Time**:

1. Press the **1** key to change the time to AM setting, then key in the hour, minutes, and seconds and press the **ent** key.
OR - Press the **2** key to change the time to PM setting, then key in the hour, minutes, and seconds then press the **ent** key.
OR - Press the **3** key to select a 24 Hour format, then key in the hour, minutes, and seconds and press the **ent** key.
2. Press the **4** key to change the date, then key in the day, the month, and the year and press the **ent** key.
3. Press **zero** key to return to Weighing display.

Clock Standby

The Clock standby can be switched ON or OFF by selecting item 3 or 4 from the Clock Menu. When the Clock Standby is enabled (ON), the balance will automatically display the current time after an elapsed time of approximately 12 minutes of non-use. The timer is reset after the balance has become unstable or when a key has been pressed.

To turn the **clock off** and return to the Weighing screen after the clock has automatically been turned on:

1. Press any key or remove/place a weight on the pan. When the clock is enabled, the weight data can not be sent to the serial port. Therefore, it might be necessary to turn off the clock default when long term weighing applications occur. However, you can still observe the clock from the Weighing display by pressing the **2** key. This will display the time until any key is pressed.

UTILITIES - MENU #3

MENU #3 OF 3

1. SERIAL PORT SET UP
2. USER ID NUMBER
3. FACTORY DEFAULTS
4. PASS CODES

Ref. Appendix C

1. The SERIAL PORT SET UP

A. Serial Port Parameters

The serial port enables the balance to communicate with other serial devices such as printers, computers, and data loggers. You can connect a printer to the serial port by following the procedures stated in the section "Interface Applications." The serial port has eight different parameters that can be selected and is accessed with the following procedure:

1. Press the **menu** key three times to get to MENU #3.
2. Press the **1** key for Serial Port Set Up.
3. Select particular setup selection by pressing the appropriate number.

The **Serial Port Set Up** menu has the following options:

- Balance ID Number

Is a four digit number that is used to reference that particular balance. The ID number can be modified to any four digit number.

- Calibration Data

Enables automatic or manual output of calibration data. The option to display current calibration data is also available. The data includes the calibration weight used, and the date and time of last calibration.

- Baud

Sets the transfer rate for serial data transmission in bits per second. Choose the baud that matches the setting on the printer or computer used with your balance. Seven choices are available:

150 baud 9600 baud
 300 **baud** 2400 baud
 600 baud 4800 baud
 1200 baud

The default value is 300 **baud**.

To change the **Baud Setting** use the following procedure:

1. Press the **menu** key until MENU #3 is displayed.
2. Press the **1** key to select Serial Port Set Up.
3. Press the **3** key to select Baud.
4. Press the appropriate key to select the baud required.

- Parity

This option permits you to set a control bit to check the accuracy of serially transmitted data. The parity setting must match the printer or computer interfaced with the balance. Even parity requires that the number of set bits be even. Odd parity requires that the number of set bits be odd. The default value is parity OFF.

- Misc I/O Menu

• *Output Tare*

Can either be switched ON or OFF. This determines whether or not the character

- **Clear to Send**

The CTS (Clear To Send) can be turned ON or OFF. The CTS option displays whether or not an output device is cleared to accept data sent from your balance.

- **Print Icon**

The Print Icon can be toggled ON or OFF in the Misc. menu. This determines whether the P icon is displayed when printing data.

- **Print Mode**

Sets the conditions under which the balance outputs to the serial port. The operator may set printing to occur under three different conditions.

- Manual printing option means the serial port only outputs data when the **print** key is pressed and the balance is stable.
- Stable printing option means the weight value will automatically be sent to the printer when the reading becomes stable.
- Continuous printing option means data is output to the serial port after each time interval. The time interval can be either selected from the menu (5 sec., 10 sec., 60 sec.,) or a number may be entered (up to 9999sec.) by selecting user defined interval.

The print icon can be switched ON or OFF in the print mode setup depending on your particular weighing and printing application.

- **Format**

Sets the format for the type of I/O string. Refer to Output chart below.

SAMPLE OUTPUT CHART

Actual output may vary decimal places depending on model.

Output can be in one of the following formats:

Type	Unit #*	Stable	Unstable
Type 1	1	+ 10.0002	U + 10.0002
	1	+ 0.0003	U + 0.0003
Type 2	S	+ 0.0002	SD + 10.0002
	S	- 0.0003	SD - 0.0003
Type 3	ST	+ 0.0002	US + 10.0002
	ST	- 0.0003	US - 0.0003
Type 4		+ 10.0002	+ 10.0002
		- 0.0003	- 0.0003
Type 5		+ 10.0002 gram	+ 10.0002 US
		- 0.0003 gram	- 0.0003 US
Type 6		+ 10.0002 gram	+ 100.0002 gram
		- 0.0003 gram	- 0.0003 gram
Type 7 Balance ID	S	+ 100.0002 gram	Balance ID U - 100.002 gram
Type 8 Batch Routine	(See page UTIL-3)		
Type 9 Sequence Number:	1	+ 10.0004 S 12-24-1994 13:34:25	
	2	+ 10.000 U 07/11/1994 12:59:22	

* For type 1 only, the numerical prefix for stable readings corresponds to the unit # in the table on the following page.

UNIT NUMBER CHART

Unit #	Weighing Unit	Unit #	Weighing Unit
0	Gram	11	Momme
1	Troy Ounce	12	Pound Avoirdupois
2	Avoirdupois Ounce	13	Not Used
3	Dram	14	Not Used
4	pennyweight	15	Tael Hong Kong
5	Carat	16	Tael Singapore
6	Grain	17	Tael Taiwan
7	Kilogram	18	Not Used
8	Not Used	19	Not Used
9	Milligram	20	Not Used
10	Not Used		

- Batch Routine

The batch routine is a method of applying Good Laboratory Practice (GLP) in your laboratory. This requires either a printer or computer attached to your balance to capture the Batch data and the balance is set to manual print. The Batch data includes the following:

Date:

Time:

Balance ID:

Tare:

Net:

Gross:

Weighed By: _____

Verified By: _____

To access the Batch Routine:

1. Go to the Serial Port Menu (MENU # 3 of 3) and press the **7** key for Formats.
2. Then press the **8** key from the Format menu and press the **ent** key. Once you return to the Weighing screen, you will notice the word "TARE" on the lower right hand corner of the screen. This prompt, and the next 2 prompts, will keep you informed as to where you are at in the batch process.
3. With no weight on the pan, tare the unit by pressing the **zero** key. Place the container on the pan, and once stable, press the **ent** key. This will store the container weight under the Tare value. Press the **zero** key again to tare out the container weight.
4. Next, you will notice that the word "TARE" has been replaced by the word "NET". Place the material to be measured into the container and wait for the balance to stabilize. Press the **ent** key again to accept the weight and store this weight under the Net weight.
5. Finally, the word "NET" has been replaced with the word "PRT" or "PRINT" depending on whether you have a Dynamic Fine Range or Single Range Balance. At this time, you can press the **print** key to send the data to the serial port for your in-house documentation.

Your next batch sampling can be performed after the RS-232 communications port has completed the output.

- Zero Print

Permits the option to select whether or not to print when zero is displayed *on the screen*.

Note: *Data is always followed by a carriage return and line feed.*

2. User ID Number

Four different user ID Numbers can be used to reference a particular user. The ID number can be modified to any four digit number.

3. Default Values (Factory Settings)

The Default Values are activated when your balance is powered up. These settings (listed below) remain in memory until changed by the user.

Auto Zero	ON	Parity	OFF
Baud	300	Print Calibration	Automatic
Beeper	OFF	Print Icon	ON
Clock Standby	ON	Print Interval	OFF
Count Mode	OFF	Print Mode	Manual
CTS	OFF	Statistics	OFF
Filter - Medium	Normal	Weigh Units	Grams
Manual	Print	Zero Print	ON
Output Format	Type 1		

You can easily change the factory settings to any of these options by following the procedure outlined in that section.

Recalling Factory Settings (Defaults)

To return to all of the default values, go to MENU #3 and select Factory Defaults. You will be prompted to accept or reject the default values. If you select YES, all data, statistics, menu options, etc. will be cleared and returned to the factory settings. If you select NO all data, statistics, menu options, etc. entered by the user will remain.

To set Recall Values procedure:

1. Press the **menu** key until MENU #3 is displayed.
2. Press the **3** key to select Factory Defaults.
3. Select the **1** key, Yes (Clear All) or select the **2** key, No (Exit Do Not Clear).
4. Disconnect (unplug) input power transformer and then reconnect.

NOTE: *Unit will not reset to default values if power is not cycled.*

4. *Pass Codes*

The Pass Code option allows you to enter a security pass code number with a maximum of four digits. After entering the pass code, all other keys are locked except for the **zero** key and the **print** key. A small key icon will appear in the upper left corner of the measurement display when keys are locked. To unlock the keypad re-enter the same pass code. The **zero** key will return you to the Weighing display. For the default pass code setting, call your supplier. To set up a pass code, use the following procedure.

To **lock the balance** using a **Pass Code**:

1. Press the **menu** key until MENU #3 is displayed.
2. Press the **4** key to select Pass Codes.
3. Enter a pass code using up to 4 digits on the numeric keypad.
4. Press the **ent** key to store the pass code.

To **Unlock the Balance** procedure:

1. Press most any key other than the **zero** and **print** keys.
2. Enter the pass code.
3. All of the menus are now accessible.

INTERFACE APPLICATIONS

1. Technical Specifications

A. I/O Connector

The interface connector is a 6 pin RJ11 modular telephone plug. The pins used are as follows:

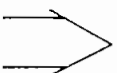
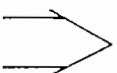
<u>PIN #</u>	<u>FUNCTION</u>	<u>PIN #</u>	<u>FUNCTION</u>
1	RXA	4	RTS
2	Case GND	5	Signal GND
3	CTS	6	TX

B. Signal Definition

The balance uses a level compatible RS-232C interface. It is important to determine the interface requirements of equipment connected to the balance. The maximum recommended cable length is 25 feet.

Data output - voltage output compatible with RS-232C levels, 300 ohm source resistance and ± 10 volt swing minimum

Data input - voltage input compatible with RS-232C levels, nominal 3000 ohms input impedance, ± 5 volt minimum, ± 20 volts maximum voltage.

Case ground - Pin 2.  **Signal ground** - Pin 5.  Tied Together

C. I/O Specifications

The information transfer to and from the balance is accomplished with the RS-232C serial compatible signals, using 8 data bits with user choice of 1 stop bit with Parity EVEN or ODD, or 2 stop bits with Parity OFF.

The information is transmitted at user selectable baud rates (from 150 to 9600) in standard ASCII format. The default default baud is 300. Baud from 150 to 9600 will have less than 1% error factor.

2. Input Specifications

It is possible to control the balance from a terminal or computer with RS-232C interface and a baud rate between 150 and 9600. When interfaced, all balance settings and operations can be directly accessed from a computer terminal.

To interface with a computer terminal you must have a communications program or other software that will allow you to access and send information through the RS-232C.

To access your balance from a computer or terminal:

1. Plug a six pin telephone connector into the balance in the empty slot provided underneath the keypad module.
2. Plug the other end of the cord into your computer terminal. (Special adaptors maybe required.)


3. Press the **M** key on your computer keyboard and then press enter (or carriage return <cr>) on your computer keyboard to access all menu screens.
4. At the menu display, press the number on the computer keyboard that corresponds to the function you want to use.
5. Press the **R** key followed by the <cr> key on your computer keyboard to return to measurement display.
6. Press either the **Z** or **T** key on the computer keyboard and <cr> to zero (tare) the balance.
7. Press **R** on the computer keyboard and <cr> to return to the previous screen.
8. Press **P** on the computer keyboard and <cr> to print the balance displayed weight to the computer.

3. RS-232 Communication Parameters

Command Table

H - HELP
M - MENU
P - } Print while in Manual Print Mode only.
? - }
R - ENTER
T - }
t - } ZERO
Z - }
0-9 - Numerical Entry
"." - Decimal Point

APPENDIX A - TROUBLESHOOTING

<u>DISPLAY SHOWS</u>	<u>PROBLEM</u>	<u>SOLUTION</u>
Blank screen.	Power cord not connected.	Connect cord.
	No power to outlet or improper voltage.	Check power supply.
	Temporary fault.	Disconnect and reconnect power cord. (Wait at least five seconds before reconnecting it.)
	Weighing module not connected.	Plug in connecting cord to display module.
OVERLOAD	Bad connection in connecting cord.	Make sure connectors are securely clipped into sockets, disconnect and reconnect cord.
	Weight exceeds balance capacity.	Reduce weight.
Unstable icon  .	Air movement around balance.	Use draft shield and/or change filter setting.
	Unstable location.	Move balance and/or alter filter setting.
	Sample not stationary.	Alter filter setting. Make sample stationary.
Incorrect weight reading.	Balance operating error.	Re-calibrate balance. Check level.
	Incorrect weigh unit. Pan obstructed.	Check weigh unit setting. Check pan placement. Check in use cover.
Display is too dark or too light.	Contrast needs to be adjusted.	Contact Customer Service
Smart I-O Error	Cable not connected.	Disconnect input power.
		Check cable connections between display and balance modules. Then reconnect power.

APPENDIX B - GLOSSARY

Auto Zero - Automatically correcting the zero display due to slow drift.

Baud Rate - The transfer rate unit for serial data transmission in transitions per second between the computer and the printer.

Bit - Binary digit.

Calibration - A process where the balance is adjusted to weigh relative to a standard weight.

Capacity - The maximum mass that a balance is capable of weighing accurately. (See "*Specifications*" in the General Information section for the capacity of your particular model.)

Check Weighing - Weighing application that uses a preset reference value to equal 100% with the numeric display showing the deviation of the sample weight in percent.

Default - Preset parameters automatically in use when the balance is turned on.

Dynamic Fine Range - A dynamically switching fine resolution whose effective measurement range is dependent upon the sample weight and the gross weight.

Electronic Balance - An electronic balance senses physical force when weight is placed on it and translates this force into digital form.

Factory Setting - Preset operation parameters set by the manufacturer for normal applications and conditions. These can be changed by the user, but they also can be reset using the Recalling Factory Settings procedure outlined in the section "Default Values (Factory Settings").

Gross Weight - The total weight on the balance including tare weight.

Leveling - Horizontal aligning of the balance during installation using a level vial.

Linearity - The amount a weight reading may deviate from a straight line between 0 grams and the maximum capacity of the balance.

Menu - A series of displayed tables listing the parameters that the user can change in order to adapt a balance to a particular weighing situation.

Parity - A parameter whose values may be odd, even, or none which is used in a method of error checking information in a data transmission.

Piece Counting - A weighing application for determining the piece count of identical weighing samples.

Resolution - The smallest fraction of a weight that a balance is able to discern.

Example: If weight were added to a balance in increments of .0001 grams, the resolution would be defined as the amount added before the balance reading would change.

Setup - The process of configuring the balance to operate in a certain way.

Tare Weight - Weight of a container or package that should not be taken into account in the weighing. This value is also referred to as the zero weight.

Taring - Compensating for a tare weight by setting the display of the balance at zero with the container or other packaging material on the weighing pan. Often called re-zeroing.

Unstable Indicator - Symbol that is automatically displayed when the balance reading or weight is not stable. It disappears when the reading becomes stable.

Zero Weight - The same as the tare weight.

APPENDIX C - UNIT DISPLAY CHART

Chart

<u>Units</u>	<u>Abbreviation</u>
Carat	carat
Dram	dram
Pennyweight	DWT
Grain	grain
Gram	gram
Kilogram	kilo
Milligram	mg
Momme	momme
Troy Ounce	ozt
Ounce Avoirdupois	ounce
Pound Avoirdupois	lb
Tael - Hong Kong	H.K.
Tael - Singapore	Sing.
Tael - Taiwan ROC	Taiw.

Press HELP while in Unit Menu for gram equivalent of the selected units.

APPENDIX D - PRESET WEIGHT SPECIFICATIONS

Specifications

The following chart lists the preset weights on the twelve Models.




Model 100	Model 2200	Model 12K
1) 20	1) 1000	1) 2000
2) 30	2) 1500	2) 5000
3) 50	3) 2000	3) 10000
4) 100	4) 2200	4) 12000
Model 200	Model 4K	Model 400D
1) 50	1) 1000	1) 100
2) 100	2) 2000	2) 200
3) 150	3) 3000	3) 300
4) 200	4) 4000	4) 400
Model 400	Model 5K	Model 4KD
1) 100	1) 1000	1) 400
2) 200	2) 2000	2) 2000
3) 300	3) 4000	3) 3000
4) 400	4) 5000	4) 4000
Model 800	Model 8K	Model 8KD
1) 200	1) 1000	1) 800
2) 400	2) 2000	2) 2000
3) 500	3) 5000	3) 5000
4) 800	4) 8000	4) 8000

APPENDIX E - EXTERNAL TRANSFORMERS




Equipment Ratings:

One of the following external transformers is supplied for use with the product:

All models except DI-12K:

part#	input	output	mains plug type
100711.1	120VAC ~ 60 hz	12 VDC  500mA	North American NEMA 5-15p
601436.1	230VAC ~ 50/60 hz	12 VDC  500mA	Continental European CEE 7/16
601437.1	240VAC ~ 60 hz	12 VDC  500mA	United Kingdom BS 1363

Model DI-12K only:

part#	input	output	mains plug type
601438.1	120VAC ~ 60 hz	15 VDC  1A	North American NEMA 5-15p
601434.1	230VAC ~ 50 hz	15 VDC  1A	Continental European CEE 7/16
601435.1	240VAC ~ 50 hz	15 VDC  1A	United Kingdom BS 1363

The tolerance for AC input voltage is +/- 10%.

Note: Other main plug configurations may be available. Contact your sales representative.

APPENDIX F - MENU TREES

MENU #1

- MENU #1 OF 3**
1. CALIBRATE
 2. UNITS
 3. COUNT MODES
 4. CHECK WEIGHING
 5. STATISTICS
 6. TARE WEIGHTS

- UNITS MENU 1:
1. GRAMS
 2. MILLIGRAMS
 3. KILOGRAM
 4. POUND
 5. GRAIN
 6. OZ. MENU
 7. CARATS
 8. NEXT MENU

- UNITS MENU: OUNCES
1. APOTHECARIES (TROY)
 2. AVOIRDUPOIS

- UNITS MENU 2:
1. DWT
 2. DRAM
 3. MOMME
 4. TAEI MENU
 5. MATH MENU
 6. UNITS MENU 1

- UNITS MENU: TAEIS
1. HONG KONG
 2. SINGAPORE
 3. TAIWAN ROC

- COUNTING SCALE MENU:
1. BASIC COUNT MODE
 2. COUNT WITH GROSS WEIGHT
 3. AVERAGE PIECE WEIGHT
 4. KITTING - NEGATIVE COUNT
 - 5. COUNT MODE OFF

- MENU: MULTIPLE TARE VALUES
1. STORE - AUTO ENTRY
 2. STORE - MANUAL ENTRY
 3. RECALL TARE WEIGHTS

- CHECK WEIGHING:
1. LOW & HIGH LIMIT WEIGHING
 2. PERCENTAGE TO TARGET
 3. DISPLAY CURRENT SETTINGS
 - 4. CHECK WEIGHING OFF

- STATISTICS MENU:
1. STATISTICS FUNCTION ON
 2. CALCULATE STATISTICS
 3. LIST DATA & EDIT
 4. CLEARALL DATA
 5. SEND STATS TO PORT
 - 6. STATISTICS FUNCTION OFF

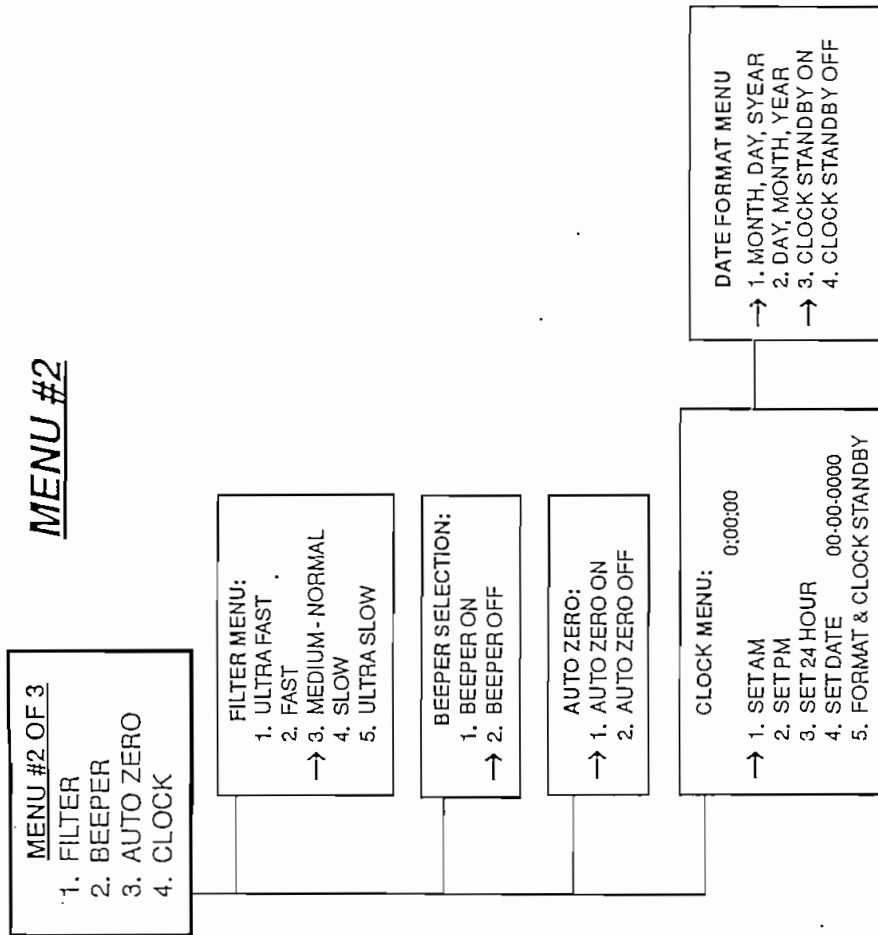
N = 0
 Min = 0.000
 Max = 0.000
 Range = 0.000
 Average = 0.000
 Std dev = 0.000
 Total = 0.000
 <<STRIKE ANY KEY TO EXIT>>

1) PAGE 1
 2)
 3)
 4)
 5)
 6)
 1 - MORE 2 - DELETE 3 - EXIT

STATISTICS: CURRENTLY N = 0
 ARE YOU SURE YOU WANT TO CLEARALL STATISTICS DATA?
 1. YES
 → 2. NO

Note: the arrow → indicates factory setting.

MENU #2



Note: the arrow → indicates factory setting.

MENU #3

MENU #3 OF 3
 1. SERIAL PORT SET UP
 2. USER ID NUMBER
 3. FACTORY DEFAULTS
 4. PASS CODES

—
 ENTER 4 DIGIT PASS CODE

THIS WILL CLEAR EVERYTHING
 1. YES (CLEARALL)
 → 2. NO (EXIT DO NOT CLEAR)

MENU USER ID NUMBER
 → 1. USER NUMBER 1
 2. USER NUMBER 2
 3. USER NUMBER 3
 4. USER NUMBER 4

SERIAL PORT SET UP MENU:
 1. BALANCE ID
 2. CAL DATA
 3. BAUD
 4. MISC. I/O
 5. PARITY
 6. PRINT MODE
 7. FORMAT
 8. ZERO PRINT

CURRENT ID NUMBER = 1234
 —
 ENTER NEW 4 DIGIT NUMBER

PRINT CALIBRATION DATA:
 → 1. AUTOMATIC OUTPUT
 2. MANUAL OUTPUT
 3. DISPLAY DATA ON SCREEN

BAUD RATE MENU:
 → 1. 150 5. 2400
 2. 300 6. 4800
 3. 600 7. 9600
 4. 1200

MISC. I/O
 → 1. OUTPUT TARE - ON
 2. OUTPUT TARE - OFF
 → 3. PRINT ICON - ON
 4. PRINT ICON - OFF
 → 5. CLEAR TO SEND - ON
 6. CLEAR TO SEND - OFF

PARITY MENU:
 → 1. PARITY OFF
 2. PARITY ODD
 3. PARITY EVEN

PRINT MODE SETUP:
 → 1. MANUAL
 2. STABLE
 3. CONTINUOUS

PRINT INTERVAL MENU:
 → 1. 5 SECONDS
 2. 10 SECONDS
 3. 60 SECONDS
 4. USER DEFINED INTERVAL

OUTPUT FORMAT MENU:
 → 1. ONE 6. SIX
 2. TWO 7. SEVEN
 3. THREE 8. BATCH
 4. FOUR 9. DATE/TIME
 5. FIVE

ZERO PRINT MENU:
 → 1. ZERO PRINT ON
 2. ZERO PRINT OFF

Note: the arrow → indicates factory setting.



Declaration of Conformity

Denver Instrument Company declares that the following products:

DI Series Electronic Balances

conform to the European Union Council Directives and other standards listed below:

73/23/EEC, "Low Voltage Directive"

EN 61010-1, "Safety requirements for electrical equipment for measurement, control, and laboratory use. Part 1. General requirements"

89/336/EEC, "Electromagnetic Compatibility Directive"

EN 55011, Group 1, Class A, "Limits and methods of measurement of radio disturbance characteristics of industrial, scientific, and medical (ISM) radio-frequency equipment"

EN 50082-1, "Electromagnetic compatibility - Generic immunity standard; Part 1: Residential, commercial, and light industry"

Further information may be obtained from the manufacturer, or from the manufacturer's representative:

manufacturer:

Denver Instrument Company
6542 Fig Street
Arvada, CO 80004 USA

manufacturer's representative:

Denver Instrument Company, Ltd.
Denver House
Sovereign Way
Trafalgar Business Park
Downham Market
Norfolk, UK PE38 9SW

manufacturers representative:

Denver Instrument Company Asia LTD.
Unit 17, 5th Floor, Block B
Cambridge Plaza, 188 San Wan Road
Sheung Shui, New Territories
Hong Kong

December 1995