

Universidad Autónoma de Guadalajara

INCORPORADA A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA

25² Egen.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

EL CONTROL DIGITAL APLICADO A CALDERAS
DE BAJA PRESION.

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

PRESENTA

LEOPOLDO TORRES HERNANDEZ

GUADALAJARA, JAL. 1986



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

C O N T E N I D O

INTRODUCCION.	1
CAPITULO I. CONCEPTOS BASICOS SOBRE CONTROL DE CALDERAS..	7
1.1.- Reseña histórica e importancia de las calderas..	7
1.2.- El control automático, necesidad e importancia..	10
1.3.- El control digital.	15
CAPITULO II. DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL DIGITAL. . . .	18
2.1.- Nociones generales del diseño.	19
2.2.- El control del quemador.	20
2.3.- El control de nivel de agua.	33
2.4.- El control de presión.	56
CAPITULO III. DISEÑO DE LOS SISTEMAS SENSORES DIGITALIZA- DOS.	67
3.1.- Generalidades de los sensores.	67
3.2.- Bloque sensor del control del quemador.	67
3.3.- Bloque sensor del control de presión.	69
3.4.- Bloque sensor del control de nivel de agua. . . .	75
CAPITULO IV. ACOPLAMIENTO DEL SISTEMA SENSOR CON EL SIS- TEMA DE CONTROL.	80
4.1.- Circuito del control del quemador.	80
4.2.- Circuito del control de presión.	82

4.3.- Circuito del control de nivel de agua.	84
4.4.- Caracterfsticas generales de los circuitos.	87
CAPITULO V. CONCLUSIONES.	89
BIBLIOGRAFIA.	92
APENDICE A	94
APENDICE B.	102
APENDICE C.. . . .	116

I N T R O D U C C I O N

La caldera es un elemento esencial en la industria moderna y esto es debido a la gran aplicación que tiene el vapor generado (por la caldera), entre las aplicaciones más importantes podríamos mencionar, la generación de electricidad y su uso en la industria de la transformación, también las calderas tienen otras aplicaciones como la generación de vapor para baños saunas, el calentamiento de agua de una alberca, etc.

Uno de los aspectos que se debe de tener en cuenta al tratar con calderas es su control, el cual se relaciona mucho con la economía y seguridad, he aquí por qué el Arquitecto Oscar Velázquez (Planta Física U.A.G.) menciona que la caldera usada para el calentamiento del agua de la alberca existente en el área deportiva de Ciudad Universitaria es encendida por medio de diesel y posteriormente alimentada por combustóleo (combustible más barato que el diesel).

Carl D. Shield nos dice: "En las condiciones actuales de economía se necesita obtener, desde un principio el máximo de economía y seguridad del servicio del conjunto a un costo mínimo "tal vez sea esta la razón de la existencia e importancia del equipo de control automático para la generación de vapor por medio de calderas y una de las razones de que estos controles se estén perfeccionando.

En la actualidad las calderas de vapor son controladas principalmente por medios electromecánicos, aunque existen de-

terminados controles basados en la electrónica de los elementos discretos. El desarrollo de tales sistemas ha sido eficiente, pero en lo personal considero que una evolución en la electrónica digital en este campo de aplicación (el control de calderas) daría mejores frutos a un futuro próximo que el desarrollo de los sistemas basados en la electrónica discreta y en reveladores para los sistemas electromecánicos.

El control digital aplicado a calderas en la generación de vapor es un tema bastante amplio, así que empezaré definiendo el objetivo principal que se busca con este trabajo de tesis. El objetivo principal es lograr una introducción de la tecnología digital aplicada al control de calderas para la generación de vapor.

Los fines secundarios que se persiguen son los que se muestran a continuación:

a).- Lograr una automatización más completa que la de los sistemas electromecánicos.

b).- Aumentar la seguridad existente en el manejo de alarmas, las que estarán controladas por un sistema digital.

c).- Facilitar el manejo de los sistemas de control, así como aumentar la versatilidad del control digital al ser éste programable.

d).- Como último fin se pretende una divulgación de la electrónica digital aplicada al control de calderas (de generación de vapor) para inducir a otros profesionistas en el campo a realizar trabajos iguales o superiores al presente.

El sistema electromecánico y electrónico (basado en --

elementos discretos) en el que se basa este trabajo de tesis es aplicado a una caldera horizontal (hechiza) de 15 CV, cuyo combustible de alimentación es diesel que es aplicado a través de un quemador de cañón largo.

La caldera se usa en la generación de vapor en una tintorería (tintorería Apolo, Mazatlán, Sin., México) y usa sistemas de control tales como el McDonnell No. 150 el cual es un control del nivel de agua de la caldera, el L404A-D,F controlador de presión y el RA890F control primario protector-relevador, sus funciones son básicamente las siguientes:

McDonnell No. 150 (McDonnell & Miller ITT Mandling División) control (1) de nivel de agua interno en la caldera, cuya función consiste en activar una bomba cuando se baja de un nivel preestablecido de agua existente dentro de la caldera y -- apagar la bomba a un nivel superior del que se desea que no pase el nivel de agua. Es decir el control (1) tiene la función de mantener el agua dentro de la caldera en cierto nivel.

El L404A-D,F, controlador de presión (control 2) (Honeywell, Residential division tradeline catalog) este control va a activar y apagar el quemador que alimenta a la caldera, - el control consiste en una cápsula de mercurio, apoyada sobre un balancín que se calibra a la presión a la que se desea apagar el quemador y lo vuelve a prender a una presión inferior a la calibrada para el apagado.

El RA890F, control primario protector-relevador (control 3) (Honeywell, Residential division tradeline catalog), - es un control primario no programable de estado sólido, elec--

trónico, que sirve de protección para asegurar la flama en quemadores simples o dobles y de usos industriales o comerciales.

El sistema digital con el cual se sustituirá al sistema anteriormente citado, desarrollará que los tres controles puedan encontrarse en una sola caja de control siendo cada control separadamente enchufable a tal caja, de esta manera se busca facilidad y comodidad para poder desacoplar el control por separado, así en caso de fallas será posible un rápido reemplazo. También se busca la sencillez del manejo del control digital y su fácil lectura, logrando esto al estar todo ubicado en una sola localidad e incluyendo un sistema de programación de rangos por medio de teclas.

La forma en la que se desea que funcione el control digital es la siguiente: en el control 2, mediante un teclado decimal se programa en una serie de memorias la presión a la que se desea mantener trabajando la caldera (obviamente es un rango de presiones lo que se almacena), mediante un manómetro digitalizado se estará monitoreando la presión existente en la caldera y se estará comparando con la almacenada en memorias, después se procederá de la forma en la que esté programado el sistema de control ya sea para apagar el quemador o para encenderlo,

El control 1, que controla el nivel de agua actuará de forma parecida al control del quemador en cuanto a lo que se refiere a la programación del rango de nivel al que se desea trabajar, mediante un transductor analógico-digital des--

pués de ser censado el nivel de agua en la caldera, la señal será digitalizada para poderla comparar y después realizar el control de activar o desactivar la bomba que alimenta de agua a la caldera, también tendrá la función de activar el control del quemador si el nivel de agua es el correcto solamente.

El control 3, consistirá en estar checando digitalmente la existencia de la flama en el cañón de la caldera cuando esté siendo alimentado el quemador con combustible (diesel), por si se apaga la flama entre en acción un sistema de control que apague la bomba que alimenta de combustible el quemador.

Así pues, se ha descrito anteriormente en forma general en que consiste el diseño que se va llevar a cabo. A continuación se describirá cómo se desarrollará el diseño del control digital completo (es decir de los 3 controles).

El capítulo uno: expone la regulación que se lleva en las calderas de vapor, se da una pequeña reseña histórica del por qué son necesarias las calderas y por consiguiente también su control, se explicará la importancia propia de control automático aplicado a calderas y se resaltarán la importancia que puede tener un control digitalizado en comparación con uno electromecánico.

El capítulo dos: muestra el diseño del control automático para calderas de baja presión, basándose en 3 controles (control del quemador, control de nivel de agua, control de presión) en donde el control de nivel de agua y de presión actúan sobre el control del quemador.

Se desarrollará cada control por separado y se analizará cada control de acuerdo con el álgebra de Boole.

El capítulo tres: expone el diseño de los transductores para cada control mostrando cómo se llevará a cabo la transducción de la señal analógica a una señal eléctrica que pueda servir para realizar el control deseado.

El capítulo cuatro: desarrolla el diseño completo de los circuitos que componen cada control basándose para la selección de estos circuitos principalmente en la tecnología TTL.

El capítulo cinco: desarrolla las conclusiones obtenidas del trabajo de tesis indicando las ventajas y desventajas del control automático realizado en comparación con el sistema de control automático que regula la caldera para la cual está basada esta tesis.

C A P I T U L O I

CONCEPTOS BASICOS SOBRE CONTROL DE CALDERAS

I.1.- Reseña histórica e importancia de las calderas.

Una caldera es un "Transformador de energía térmica - capaz de transferir de forma conveniente, el calor producido por una combustión, o generado por otro fenómeno químico o físico, a un fluido (generalmente agua) destinada a su vez, a ceder la energía recibida, bajo forma térmica o mecánica de diversos modos y para múltiples empleos". (1:512)

Se puede asegurar que el vapor de agua producido por calentadores, que de acuerdo con la definición dada anteriormente, pueden considerarse como calderas rudimentarias o sencillas. Desde su aparición siempre han tenido gran aplicación las máquinas generadoras de vapor y su influencia siempre ha sido marcada en la industria.

En 1698 apareció la primera máquina de vapor basada en la energía producida por un rudimentario calentador, el cual fue ideado por Thomas Savery, ingeniero militar británico, esta máquina fue conocida como "el amigo del minero", la máquina tenía la función de bombear agua, pero estaba proyectada también como lo decía la patente, para mover toda clase de maquinaria, esta máquina influyó determinadamente sobre la industria minera en su tiempo, iniciando la gran importancia que tendría el uso del vapor en la industria.

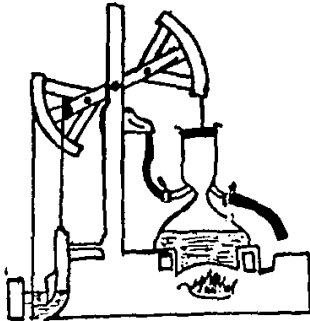


Ilustración 1. La máquina de Newcomen para extraer el agua de las minas. (6:78)

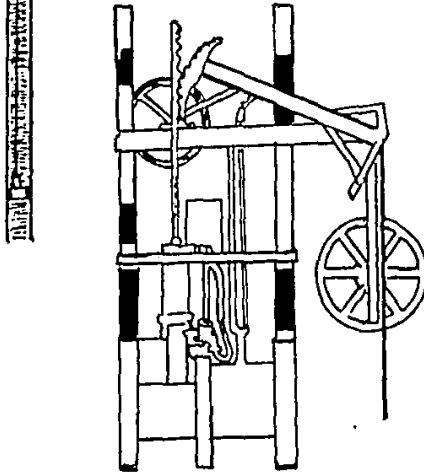


Ilustración 2. La máquina de vapor de Jaime Watt. (6:76)

El diseño de Savery fue rudimentario pero evolucionó cuando en 1712 se asoció con Newcomen. (2:149)

Los generadores de vapor no sufrieron grandes cambios hasta la era de James Watt, las perfeccionó planeando una válvula corredera y el regulador, su máximo perfeccionamiento lo logró añadiendo un condensador. (6:79)

En el siglo XIX la forma de generar vapor por medio de calderas ya había evolucionado lo suficiente y era la principal forma de obtener energía, llegando a ser de gran influencia en la industria y en las comunicaciones, fue tanta su importancia que a este siglo se le llamó "la era del carbón y el acero", (ya que el carbón fue el principal combustible utilizado). (3:78)

El desarrollo de los generadores de gran potencia, logró hacer surgir la era de la electricidad, que es nuestro siglo actual. Los edificios, las fábricas, la comodidad en los hogares, son únicamente posibles gracias a la electricidad y al vapor destinado a procesos industriales y a plantas de calefacción central.

La influencia de las calderas en la industria puede ser notada por su crecimiento, por ejemplo: en los E.U.A. se instalan unas 250,000 calderas por año. (8: prólogo)

Para recalcar por último la gran importancia de las calderas para generación de vapor, diré que éstas son de gran importancia en varios países, en cuanto se refiere a la generación de electricidad, actualmente la generación de electricidad es uno de los factores que determinan la economía de un

país, por ejemplo: "México según el programa de generación de 1984, la CFE cuenta con 32 termoeléctricas en operación y -- 120 unidades generadoras, las cuales generan más del 70% de - la electricidad que genera la CFE". (5:11)

Como se puede notar, en México la generación de electricidad se basa mucho en el uso de calderas.

1.2.- El control automático, necesidad e importancia.

En la sección 1.1. se ha descrito el por qué una caldera es importante en la industria, y si pensamos que una caldera es importante, se llega a la conclusión de que también - lo es su control (se recomienda leer el apéndice A).

Según Carl D. Shields, "Entre los accesorios de medición para el control de condiciones de operación de la caldera están incluidos los manómetros, indicadores del nivel del agua, termómetros, medidores de flujo para vapor y aparatos - de alarma. También está comprendido el equipo de control para la combustión y dispositivos de medición correspondiente". (8: 537)

Lo que debemos controlar en una caldera va a depender de la caldera misma, de sus necesidades, tamaño, capacidad, - etc. El control en pequeñas instalaciones se hace ajustando - manualmente válvulas, velocidades de motores, etc., en grandes instalaciones el ajuste a distancia de la caldera se hace por medio de enlaces mecánicos, neumáticos o eléctricos. Para lograr mayor efectividad se han desarrollado controles au-

tomáticos en lo siguiente:

1.- Regulación del gasto de agua para mantener el nivel interno de agua en la caldera.

2.- Regulación de la intensidad del fuego y del aire de combustión que depende de la demanda de carga en el servicio para ajustarlo en la mejor relación de combustible-aire.

3.- Control de temperatura del vapor recalentado por los registros de tiro de la posición de los quemadores y la atemperación de la corriente de agua.

Generalmente existen enclavamientos, para la seguridad en la parada y arranque de los equipos automáticos. (9:1262)

El equipo de control automático que usa la caldera -- por la cual se realiza esta tesis, es un equipo que podríamos denominar standar utilizado por las calderas de baja presión (generalmente calderas del tipo paquete), que controlan las siguientes operaciones:

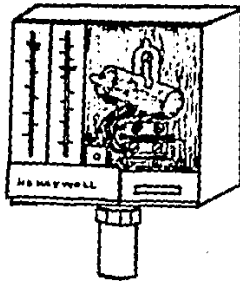
1.- Nivel de agua interno dentro de la caldera.

2.- Nivel de presión interno existente en la caldera.

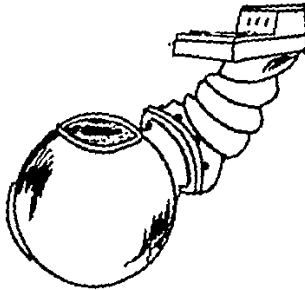
3.- Rectificación de la flama del quemador.

Estos controles existen en el mercado de Guadalajara, Jalisco, México, y sus respectivos modelos son los siguientes: McDonell No. 150 (control del nivel del agua), L404A,D,F, - L604A, L,M.N. (control de presión), RA890F (control de rectificación de flama).

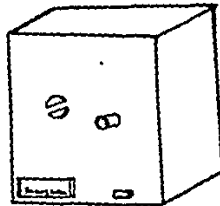
Carlos Olmos, gerente de ventas de "Calderas Mirgo, - S.A." (sucursal de Guadalajara, Jalisco, México) nos dice: - "De acuerdo a las investigaciones y aportaciones de personas-



a).- Control de presión, modelos; L404A-D; L604A,L,M, N. (Honeywell, Residential - división tradeline catalog).



b).- Control de nivel de agua, modelos; McDonnell No. 150, No. 152, No. 157. (McDonnell & Miller ITT mandling - división).



c).- Control de rectificación de flama, modelo; RA-89 OF. (Honeywell, Residential división tradeline catalog).

Ilustración 3. Forma física que muestran los controles en los cuales basán el funcionamiento de la caldera por la cual se realiza está tesis. Este tipo de controles son -- usados generalmente por calderas de tipo paquete, de baja -- presión.

del ramo se usan controles de este tipo (RA890F, L404A,D,F,;- L604A,L,M,N, McDonnell No. 150, No. 152, No. 157, No. 158, No. 159).

La caldera que usa este equipo de control, es una caldera hechiza, y sus controles están ubicados en donde los -- muestra la ilustración 4. (para mayor información pasar al -- apéndice A).

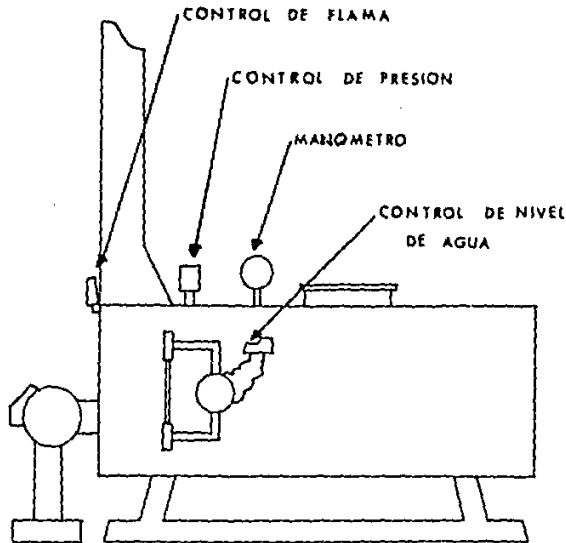


Ilustración 4. Ubicación de los controles de flama, de presión, de control de nivel de agua. Esta ubicación corresponde al modelo en el cual se basa la presente tesis.

Esta caldera podría clasificarse en el tipo de calderas de paquete, las cuales tienen muchas aplicaciones excepto en las termoeléctricas. (8: 385)

La caldera (para la cual se realiza esta tesis), es -

una caldera de tubos de humo de 2 retornos, como se muestra -
en la ilustración 5. (8:388)

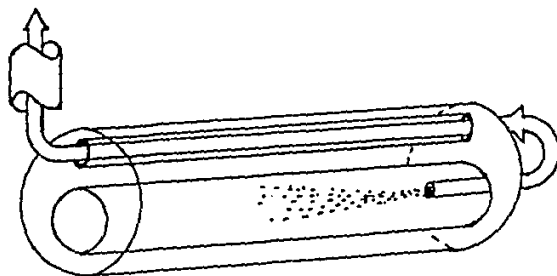


Ilustración 5. Diagrama de una caldera de dos re-
tornos, parte posterior seca. (8:388)

Para recalcar la importancia del control automático, -
diré que resulta obvio que un control automático pueda contro-
lar más rápido y más eficientemente que una persona.

Así pues, con el tipo de controles automáticos, como-
el rectificador de flama, se pueden evitar problemas como el
que se apagara el piloto del quemador y siguiera la bomba del
quemador alimentando el cañón, con el grave riesgo de que vol-
viera a haber una chispa provocando una explosión. (10:286)

El control automático del nivel de agua resulta nece-
sario, puesto que si el nivel llega a ser excesivamente bajo,
tanto que no se vea en el cristal del nivel de agua, se reco-
mienda apagar la caldera, puesto que si el nivel descendiera-
al punto de que algunas partes de la caldera trabajen a pre-
sión se recalienta, entonces si se alimenta de agua la calde-
ra podría haber una explosión. En caso de que la flama se -

apagara y no se añade agua, no existe la posibilidad de explosión, pero la caldera deberá inspeccionarse cuidadosamente antes de encender de nuevo la caldera. (10:232)

Los controles de presión lo más constante posible y - evitar que las válvulas de seguridad releven frecuentemente.- (10:232)

1.3.- El control digital.

Hablar del control digital con aplicación a calderas-generadoras de vapor, en México todavía es un terreno muy virgen.

La principal diferencia entre un control digital y un control analógico (tales como los descritos en la sección - - I.2), es la forma en que se trabajan las señales de información. Un sistema analógico, trabajará la señal de manera continua y proporcional, mientras un sistema digital trabaja las señales de información de forma discreta. (11:2)

El diseño del control digital que se propone está incluido en un sistema híbrido, la ilustración 6, muestra un -- diagrama de bloques, el cual indica, primero se mide la cantidad analógica, convirtiendo luego la señal a digital por medio de un convertidor analógico-digital (A/D), entonces esta señal se opera en el procesador central (en nuestro caso es - el control digital) el cual trabaja con señales digitales, - después de esta señal es vuelta a convertir en un valor analógico, por medio de un convertidor digital-analógico (D/A), es

ta salida actúa como controlador, el cual tiene un efecto sobre el proceso de ajustar el valor de la cantidad analógica - medida originalmente.

Los sistemas digitales ofrecen generalmente ventajas de mayor velocidad, precisión, memoria, que un sistema analógico, además son menos susceptibles a cambios en las características de los componentes del sistema y son generalmente -- más versátiles en un rango de más aplicaciones. (11:3)

Al ser el sistema que se desarrolla para el control de calderas un sistema híbrido en el cual como se ve la ilustración 6, y se base en su procesador central en un control digital tendrá éste todas las ventajas antes mencionadas.

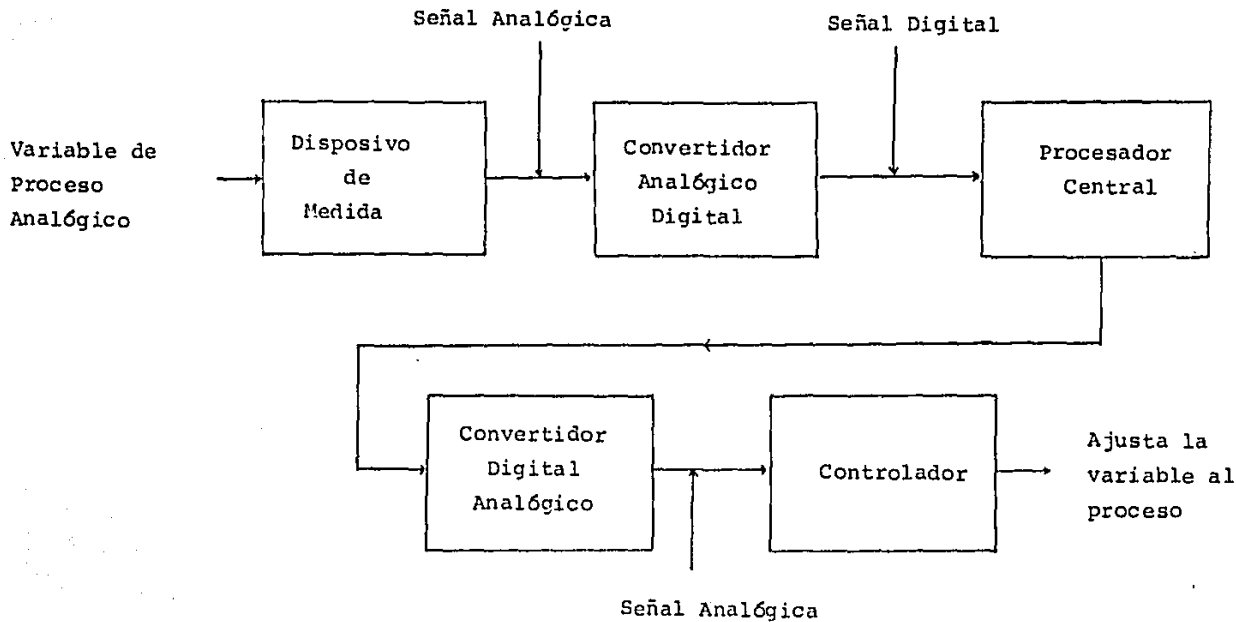


Ilustración 6. Diagrama de bloques de un control de procesos híbridos. (11:3)

C A P I T U L O I I
DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL DIGITAL

2.1.- Nociones generales del diseño

El presente trabajo de tesis, trata de realizar el control automático de una caldera de baja presión.

El control automático de la caldera será llevado a cabo por 3 controles, los cuales trabajan en forma híbrida y son los siguientes:

1.- Control del quemador, activando o desactivando el quemador con la finalidad de evitar accidentes en casos en que no exista flama (provocada por la combustión del combustible) si se está alimentando de combustible al quemador.

2.- Control del nivel de agua interno, consiste en mantener el nivel adecuado de agua en la caldera activando el quemador si el nivel de agua es el adecuado.

3.- Control de la presión, este control tiene la finalidad de mantener la presión dentro de la caldera aproximadamente constante.

Como se puede notar, el control automático de la caldera se realiza por medio de 3 controles, los cuales se diseñarán como sistemas separados, esto es con la finalidad que en un caso de falla de alguno de los controles éstos puedan ser reemplazados rápidamente.

En este capítulo se supondrá una señal proveniente -

de los transductores, los que serán analizados en el capítulo 3 y acoplados en el capítulo 4.

Es de gran importancia señalar que de las 3 funciones de control que realiza el control digital completo, 2 de ellas actúan sobre la tercera, esto se explica en la siguiente forma (ilustración 7), el control de nivel de agua actúa sobre el control del quemador activando el control del quemador sólo si el nivel de agua en la caldera se encuentra dentro del rango programado.

El control de presión actúa sobre el control del quemador, activando el quemador si la presión es menor que la programada, si la presión es mayor a la del rango programado se desactivará el quemador.

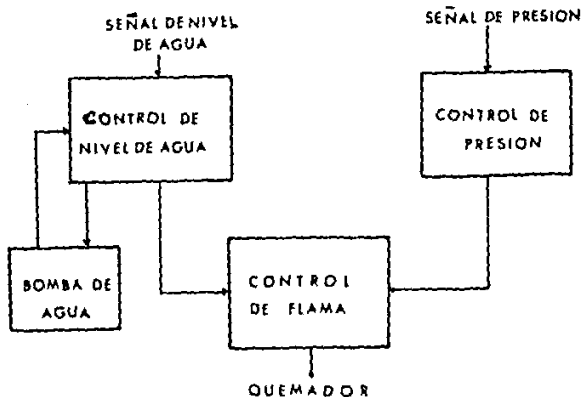


Ilustración 7. Diagrama de activación del quemador de acuerdo a la influencia del control del nivel de agua y control de presión sobre el control del quemador.

2.2.- El control del quemador.

Finalidad. En este control se tratará de estar monitoreando el paso de combustible a la caldera, para que el encendido sólo se haga cuando se esté produciendo un arco eléctrico en los electrodos del quemador produciendo la combustión del combustible e iniciar de esta forma la flama. Después se debe estar monitoreando que exista la flama mientras se esté alimentando combustible (diesel), esto es para evitar una alimentación de combustible sin que se esté consumiendo por su combustión, ya que esto puede acarrear graves problemas.

Características. Son las siguientes:

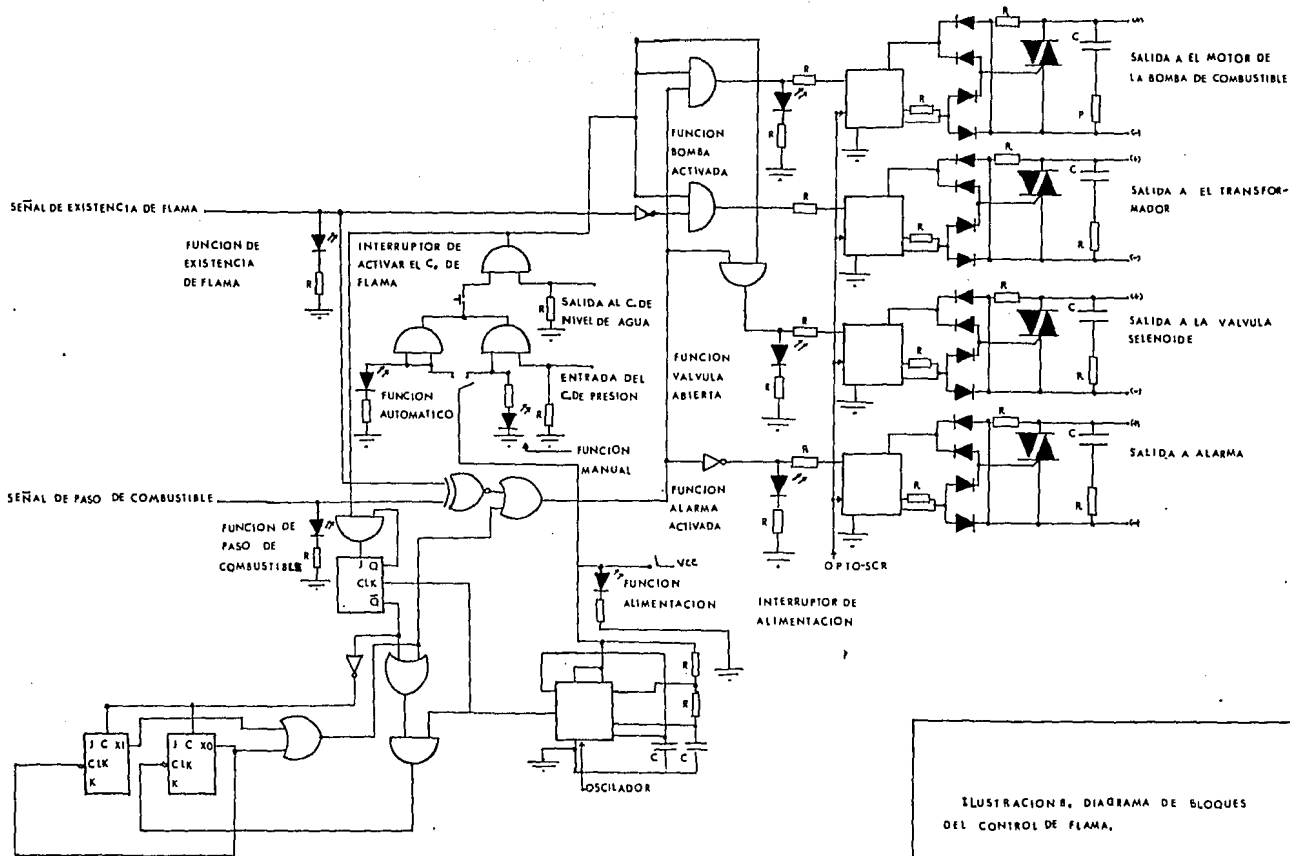
1.- Facilidad de trabajar en forma manual o automática el encendido del quemador de la caldera. Al igual que diodos emisores de luz (LED) que nos sirvan de indicadores para saber si se está trabajando en forma manual o automática.

2.- Un diodo emisor de luz (LED) que indica el paso de combustible a la cámara de combustión de la caldera.

3.- Un diodo emisor de luz (LED) indicador de la existencia de flama debida a la combustión del combustible.

4.- Un diodo emisor de luz (LED) indicador del funcionamiento de el motor de la bomba de combustible.

5.- Bloque de seguridad, el cual funciona de la forma siguiente: si se apaga la flama y el combustible sigue alimentando la caldera se intentará encenderlo durante 3 segundos - en caso de que no se encienda el combustible, el bloque de se



ILUSTRACION 8. DIAGRAMA DE BLOQUES DEL CONTROL DE FLAMA.

guridad procederá a desactivar la bomba de alimentación de combustible, también cerrará una válvula selenoide que permite el paso de combustible a la bomba de combustible, por último dará una alarma visual y de sonido indicando que el sistema está fallando en su control y de que se han dado los pasos de corrección antes mencionados.

Cabe aclarar que el bloque de seguridad no actuará sobre el intento de seguir dando el arco eléctrico.

Análisis de los bloques que componen el control del quemador. El diseño del control del quemador consta de 5 bloques (ilustración 9), los cuales son los siguientes:

- 1.- Bloque sensor (se analizará en el capítulo 3).
- 2.- Bloque de elección de control (manual o automático).
- 3.- Bloque de control.
- 4.- Bloque de retardo de tiempo.
- 5.- Bloque de seguridad.

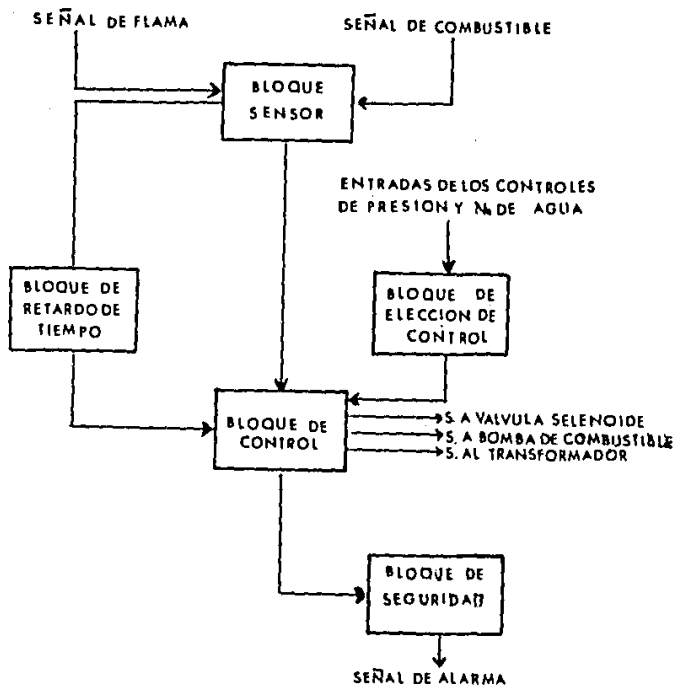


Ilustración 9. Diagrama de bloques del control del quemador.

Diseño del bloque de elección de control (manual o automático). Este sistema permite trabajar en manual o en automático la caldera, el control automático consiste en habilitar el control de presión, con la finalidad de que éste apague y active el quemador para tratar de mantener la presión -

del vapor generado en un rango que lo aproxime a lo constante.

Este sistema está predispuesto al control de nivel de agua, el cual activará o desactivará el sistema dependiente, - si el agua está en el rango de nivel correcto o no (ilustración 10).

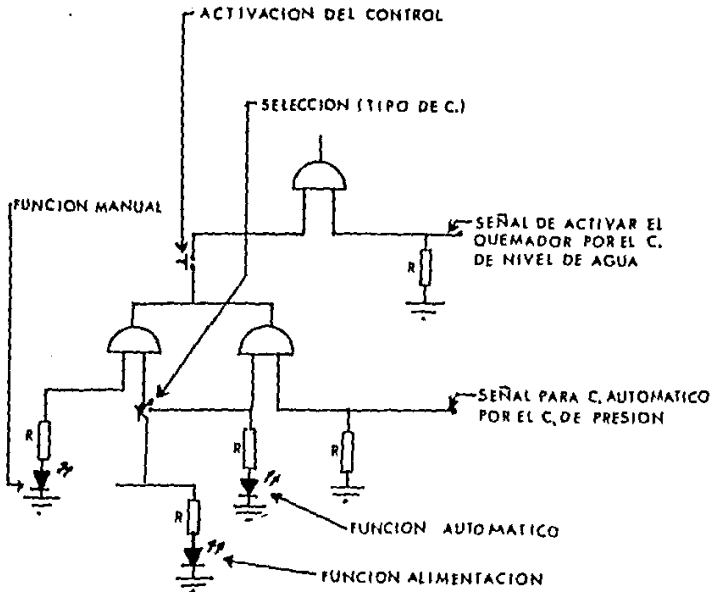


Ilustración 10. Diagrama del circuito del bloque de elección de control manual o automático.

Diseño del bloque de control. La terminal D que es la salida del bloque de elección de control (manual o automático), y los valores lógicos de esta serán utilizados para el encendido y apagado del quemador, esto se hace activando o desactivando el motor de la bomba de combustible y se proporciona sincrónicamente la orden para dar un pulso que produzca

la orden para formar el arco eléctrico para poder llevar a cabo la combustión del combustible, el diseño de este bloque se muestra en la ilustración 11.

Cuenta además con la característica de mandar activar la línea F con un 1 lógico al encender el sistema y esto abra una válvula selenoide que permite el paso de combustible.

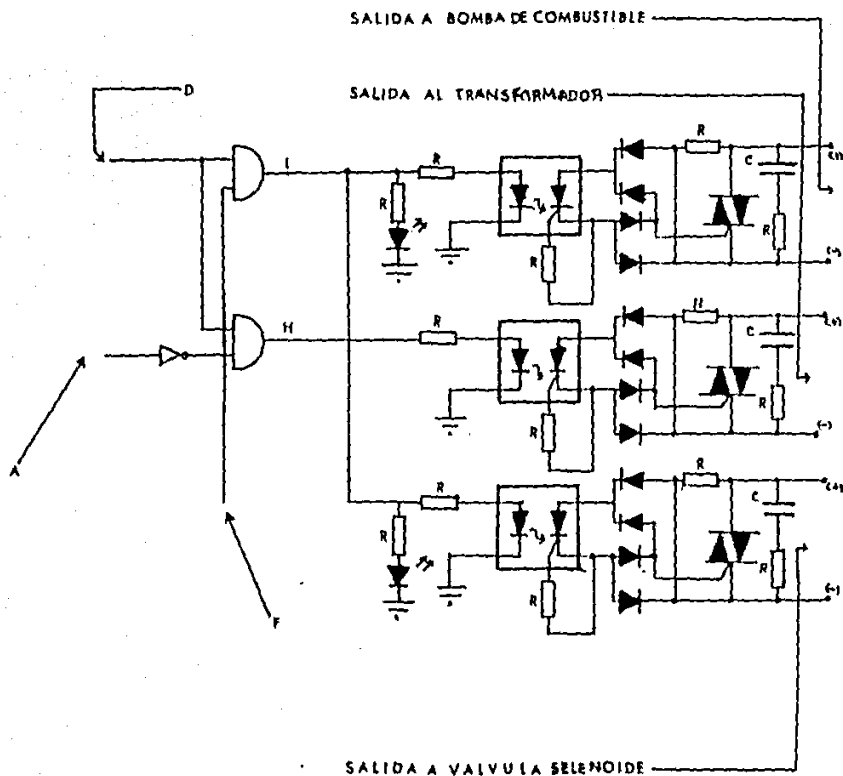


Ilustración 11. Circuito del bloque de control.

Las ecuaciones que reflejan las funciones del sistema de control son las siguientes:

1.- $H = D\bar{A}$ Indica activar transformador para dar el -- voltaje necesario a los electrodos para provocar un arco eléctrico que ponga en combustión el combustible si $H=1$, si es $H=0$ indica no activar el transformador.

2.- $I = DF$ Indica que si $I=1$ se abre la válvula selenoide y no deja pasar el combustible a la bomba de combustible, si $I=1$ se activa la bomba de combustible, si $I=0$ la -- desactiva.

Las condiciones iniciales que se pueden observar son-- que la señal $D=1$ se da cuando se enciende el quemador, la -- línea A al iniciarse es $A=0$ debido a que el quemador está -- apagado y la línea $F=1$ por sólo 3 segundos, si no se activa la flama en este tiempo se activará el bloque de seguridad al cambiar $F=0$.

Sustituyendo los valores iniciales en los 3 primeros-- segundos se muestra lo siguiente:

$H=(1)(\bar{0})=1$ Activa el transformador para el arco eléctrico.

$I=(1)(1)=1$ Abre la válvula selenoide permitiendo el-- paso del combustible y activa la bomba de alimentación del combustible.

Si en los 3 primeros segundos se prende el combusti-- ble haciendo cambiar $A=0$ a $A=1$ entonces el valor de H será:

$H=(1)(\bar{1})=0$ Desactiva el transformador para el arco -- eléctrico en los electrodos del quemador.

En caso de que no encienda el quemador en los 3 primeros segundos $F=1$ cambia a $F=0$ y entra en acción el bloque de seguridad haciendo lo siguiente:

$H=(1)(\bar{0})=1$ Sigue intentando poner en combustión el combustible por medio del arco eléctrico en los electrodos.

$I=(1)(0)=0$ Cierra la válvula selenoide, cerrando el paso de combustible y desactiva la bomba que alimenta el quemador con el combustible.

Diseño del bloque de retardo de tiempo. El circuito de retardo de tiempo se basa en un contador que tiene un oscilador de 1 Hz/segundo, sus valores lógicos se muestran en la tabla 2.

X_1	X_0	Pulso/seg.
0	0	-
0	1	1
1	0	2
1	1	3

Tabla 2. Valores lógicos del contador mod. 3.

El diagrama del bloque de retardo se muestra en la ilustración 12.

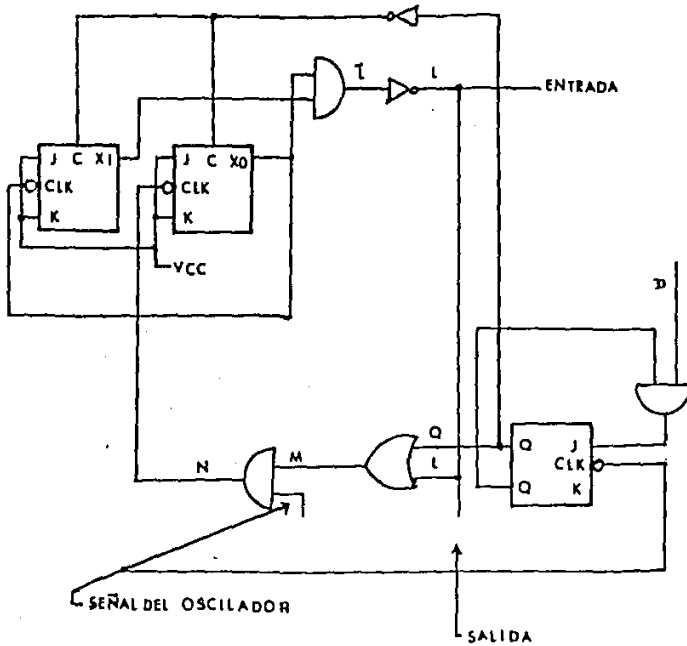


Ilustración 12. Diagrama del bloque de retardo de tiempo.

Se puede observar que el diagrama de la ilustración 12 que el diagrama de retardo de tiempo tiene la finalidad de -- dar un plazo de 3 segundos para que los electrodos enciendan el combustible, en caso de que el combustible no sea puesto en combustión después de ese plazo de tiempo será entonces ac tivado el bloque de seguridad.

El análisis del funcionamiento del bloque de retardo se resume de la siguiente forma:

Al encender el quemador $D=1 \Rightarrow T=1$ y provoca un pulso

en la salida de Q de 1 Hz/seg., si $M=L+Q$, $N=(M) (M2)$ esto implica que $M=1$ durante la parte alta del pulso y pone las salidas de los flip-flop X_0 y X_1 en 0 lógico, es decir $\bar{L}=0 \Rightarrow L=1$ tenemos entonces la salida de 1 lógico que estará presente durante 3 segundos, si en la parte baja del pulso de Q cambian los valores a $M=1$, si $L=1$ y $Q=0$ si M2 es la señal de entrada del reloj a 1 Hz/seg., de acuerdo con la ecuación $N=(M) (M2)$ entonces N tiene una salida pulsante de 1 Hz/seg.

Si las salidas X_1 y X_0 sólo poseen los valores de $X_1=1$, $X_0=1$ en el tercer segundo la salida $\bar{L}=1$ implica $L=0$ y el contador se detendrá.

Cuando $M=0$ y $L=0$ se activa el bloque de seguridad indicando que el combustible no se encuentra en combustión.

El oscilador usado para dar la señal del pulso es el IM555.

Para mostrar un análisis quizás más claro que el anteriormente mostrado, usaremos de nuevo las ecuaciones de M y N, haciendo M2 igual a CLK donde CLK será una señal de reloj de 1 Hz/segundo que estará siendo proporcionada por el oscilador basado en el integrado IM555.

Los resultados se dan a continuación en las siguientes ecuaciones de M y N donde se supondrá el cambio pulso por pulso.

$$M = L+Q$$

$$M = M(\text{CLK})$$

El funcionamiento antes del primer pulso es el siguiente:

si $Q = \Omega$, $L=0$ siendo $L =$ pulso de iniciar el conteo.

$$M = (\Omega + 0) = \Omega$$

$$N = (\Omega) (\Omega) = \Omega$$

En el primer pulso

$$\bar{L} = (X_i)(X_o) \text{ si } X_i=0, X_o=1$$

$$\bar{L} = \overline{(0)(1)}=1 \Rightarrow L=1$$

En el segundo pulso

$$M=1+0=1 \text{ si } X_i=1, X_o=0$$

$$N=1+\Omega = \Omega$$

$$\bar{L}=(1)(0)=0 \Rightarrow L=1$$

En el tercer pulso

$$M=1+Q=1 \text{ si } X_i=1, X_o=1$$

$$N=1+\Omega = \Omega$$

$$\bar{L}=(1)(1)=1 \Rightarrow L=0$$

Diseño del bloque de seguridad. Este bloque servirá para detectar fallas en la sincronización de la flama con el paso de combustible al igual que detectar fallas en la orden de activar y desactivar el motor de la bomba de alimentación de combustible a la caldera.

El sistema de seguridad del funcionamiento de la sincronización del paso de combustible con la existencia de flama (provocada por la combustión del diesel) empieza a funcionar después de 3 segundos de haber activado la señal de encendido del quemador (línea D), esto es con el fin de dar el suficiente tiempo para que pase el combustible y sea registrado por el sensor de paso de combustible, después este combusti--

ble será puesto en combustión por medio de un arco eléctrico. El sistema de seguridad se muestra en la ilustración 13. Este sistema funciona de la siguiente forma: en caso de falla en la sincronización del paso de combustible con su combustión para obtener la flama es decir que exista el caso de que por alguna razón se apague la flama y siga alimentando el quemador de combustible lo cual es muy peligroso.

A	B	X
0	0	1
1	1	1
1	0	0
0	1	0

Tabla 3. Valores lógicos de la compuerta nor-exclusiva.

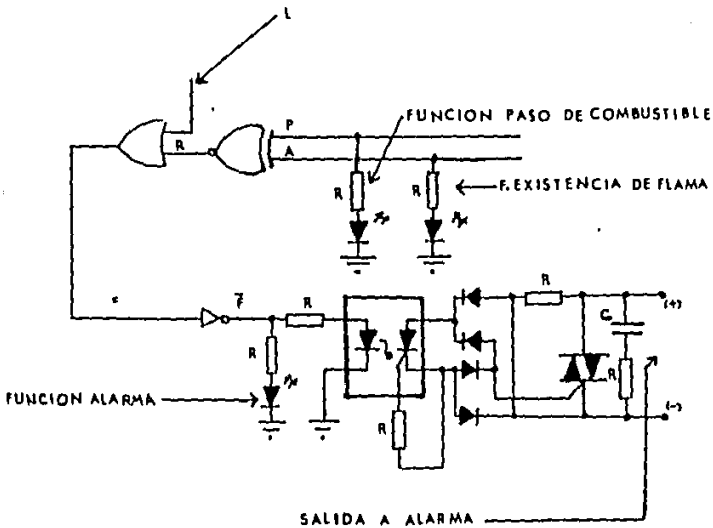


Ilustración 13. Circuito del bloque de seguridad.

La ecuación que expresa el funcionamiento del bloque de seguridad es la siguiente:

$$\bar{F} = R+L = \overline{(P \oplus A)} + L = \overline{(P \oplus A)} + L$$

Donde L=1 durante los 3 primeros segundos al encender el sistema, ya que se requiere que si hay paso de combustible debe haber flama, es decir si P=1, A=1 para que esté funcionando bien el sistema, si P=0 y A=0 indica que no hay paso de combustible y por lo tanto no hay flama. Como lo indica la ecuación \bar{F} si $\overline{P \oplus R}=0$ esto implica entonces:

$$\bar{F} = \overline{(P \oplus A)} + L$$

$\bar{F}=1$ + X=1 Esto indica señal de alarma activada, la cual sólo se activa para los casos de la tabla 4.

P	A	f u n c i ó n
0	1	Existe flama pero no paso de combustible (caso imposible)
1	0	Existe paso de combustible pero no flama.

Tabla 4. Casos para el cual se activa la señal de alarma.

2.3.- El control de nivel de agua.

Finalidad. El control de nivel de agua realiza la función de mantener el agua a un nivel determinado dentro de la caldera. Para lograr esto se establece que el nivel interno de agua estará oscilando entre 2 valores, en otras palabras, la función de este control es de mantener el agua en la caldera dentro de un rango del cual no debe disminuir ni exceder.

Características. Son las siguientes:

1.- Bloque de programación de valores en forma digital de 2 dígitos para rango superior y 2 dígitos para el rango inferior.

2.- Muestreo del cambio de nivel de agua en forma digital de acuerdo a las divisiones o unidades que muestra el transductor de nivel de agua cuyo rango de valores es de 0 a 99 unidades, siendo cada unidad representativa de 1 pulg. de altura de agua dentro de la caldera.

3.- Capacidad de habilitar al control de flama del quemador, sólo cuando el nivel de agua se encuentra en su rango determinado, en caso contrario no habilitaría el control de agua al control de flama.

4.- Sistemas de seguridad con alarma visual y de sonido para fallas de sobrealimentación de agua.

5.- Lectura digital del límite superior almacenado por medio de un desplegado de 7 segmentos (display).

6.- Lectura digital del límite inferior almacenado --

por medio de un desplegado de 7 segmentos (display).

Bloques que componen en control de nivel de agua. El diseño del control de nivel de agua se llevará a cabo por bloques, los cuales son los siguientes:

- 1.- Bloque sensor (se analizará en el capítulo 3).
- 2.- Bloque de medición.
- 3.- Bloque de programación.
- 4.- Bloque de control.
- 5.- Bloque de seguridad.

El bloque sensor no se analizará en este capítulo, si no se llevará a cabo en el capítulo 3. En la ilustración 15- se muestra el diagrama de bloques del control de nivel de -- agua.

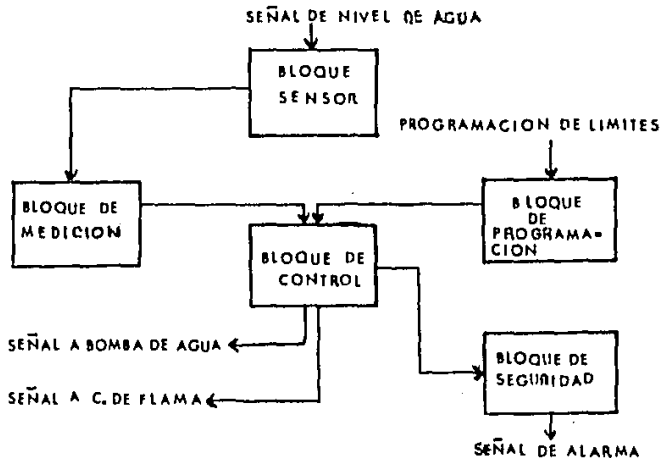


Ilustración 15. Diagrama de bloques del control de nivel de agua.

Diseño del bloque de medición. En este bloque se basa en la desmultiplexión del circuito mostrado en la ilustración 18 (para mayor información ver apéndice C). (14:30)

El circuito de la ilustración 16, consiste en un transductor analógico digital que multiplexea la señal de entrada, la cual se está monitoreando.

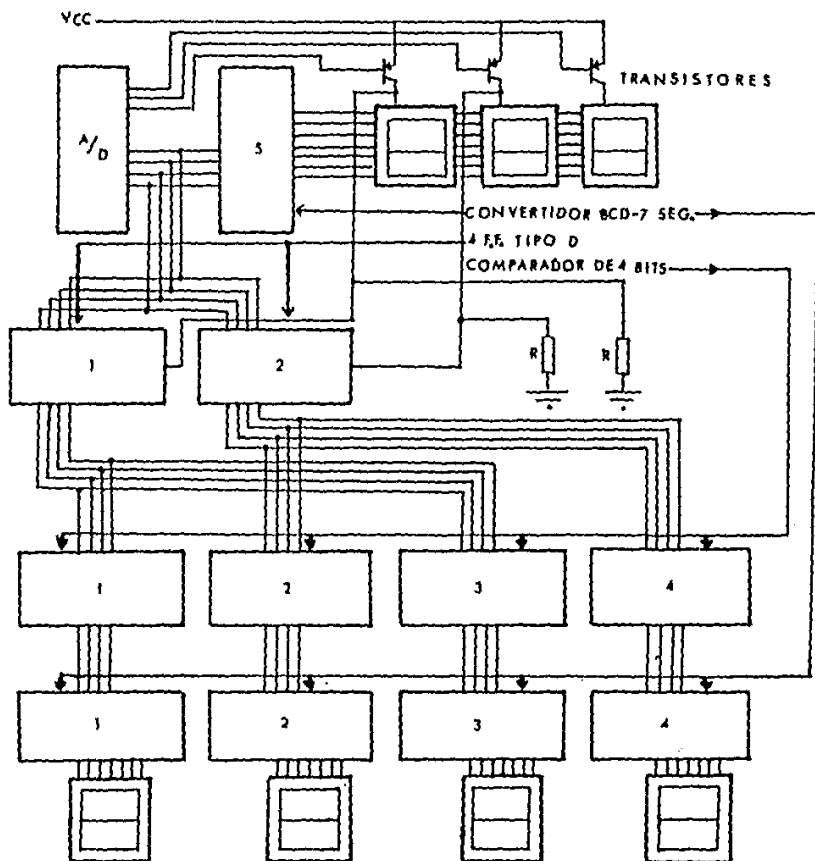


Ilustración 16. Circuito del bloque de medición.

Tiempo		
Tn	S1	S2
T1	1	0
T2	0	1

Tabla 5.

reloj	D	Q
1	1	1
1	0	0
0	1	NC
0	0	NC

Tabla 6.

reloj	entradas	salidas
1	X	X
0	X	NC

Tabla 7.

Línea	Valor	Señal serie transmitida		S2=0, S1=1 t1	S1=0, S2=1 t2
a	2 ⁰	A	E	D ₁₀ = A	D ₂₀ = E
b	2 ¹	B	F	D ₁₁ = B	D ₂₁ = F
c	2 ²	C	G	D ₁₂ = C	D ₂₂ = G
d	2 ³	D	H	D ₁₃ = D	D ₂₃ = H

Tabla 8.

La conversión de datos serie a paralelo está ilustrada en la ilustración 17, y el swicheo del multiplexor para el desplegado de 7 segmentos se muestra en la tabla 5.

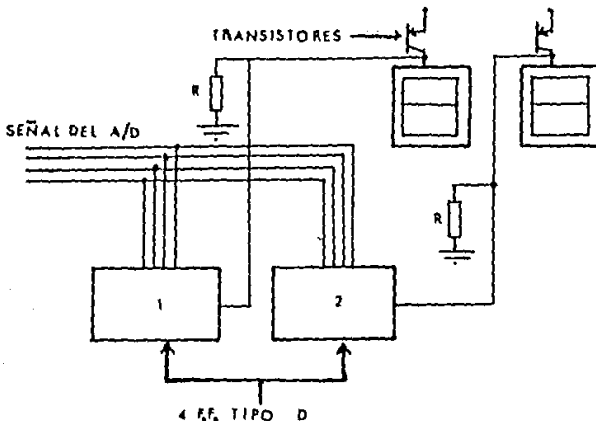


Ilustración 17. Circuito de desmultiplexión de datos.

La conversión de desmultiplexar la señal para pasar a los datos transmitidos en serie a paralelo, se hace cuando en el t_1 de conmutación (tabla 5) el reloj-1 de los primeros 4 flip-flop tipo D se dispara poniéndose en la condición de almacenar los bit de A,B,C,D, después pasa la condición del reloj-1 a 0 y sus valores no cambian (tabla 6), en el instante de swicheo t_2 se dispara S2 con un 1 lógico y se cierra (S1=0) pasándose a almacenarse E,F,G,H al dispararse el reloj-2 con 1 lógico (tabla 2) completándose de esta forma la conversión de serie a paralelo, esto se explica por sí mismo en la tabla 8.

En la entrada al comparador la señal ya se encuentra en paralelo, de esta forma un bus de datos para poder usarla en 4 comparadores, si los primeros dos comparadores (1,2) comparan la señal monitoreada con la programada para el límite superior, los dos últimos comparadores (3,4) lo hacen con el valor programado para el límite inferior (ilustración 18).

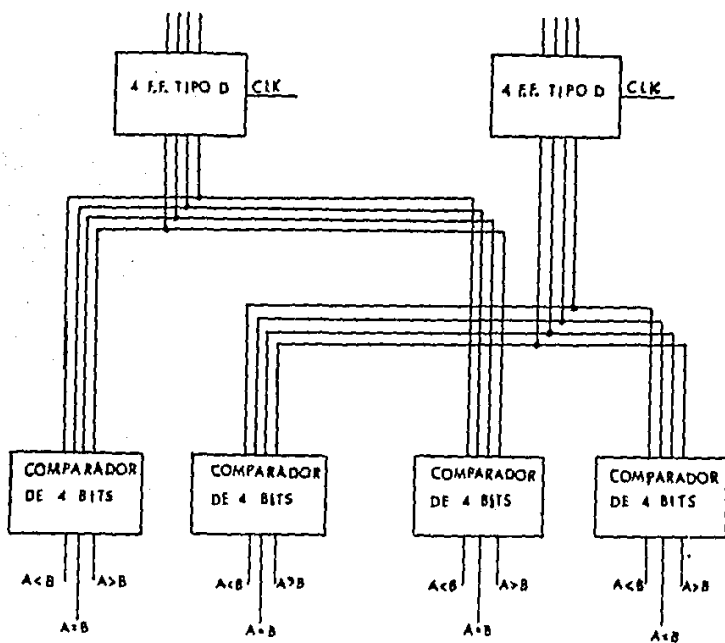


Ilustración 18. Entrada de la señal en paralelo a los comparadores, que las comparan con los valores programados en los límites superior e inferior.

Diseño del bloque de programación. Este diseño está basado en un sistema de programación ideado por Ronald Tocci (11:263), el circuito se puede observar en la ilustración 20.

El funcionamiento consiste en disparar un monoestable cuando se está activando cualquier dígito decimal del convertidor decimal a BCD, este monoestable dispara un contador, el cual va activando secuencialmente los relojes de los flip-flop tipo D.

El funcionamiento del monoestable, consiste en marcar un número digital, nos de una señal lógica en BCD la cual activa una compuerta "or" sacando un 1 lógico, el cual entra a una segunda "or", la cual se dispara si entra un 1 lógico.

La segunda "or" es necesaria porque el dígito 0 en BCD es 0 también su valor lógico invirtiendo su valor por medio de un inversor haciendo esta salida un 1 lógico activando la segunda compuerta en caso de que se presione la tecla del valor 0.

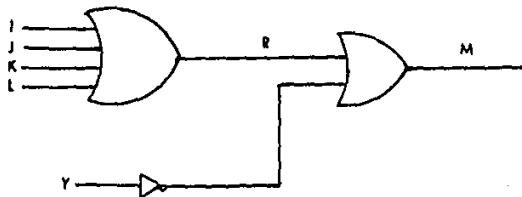


Ilustración 19.

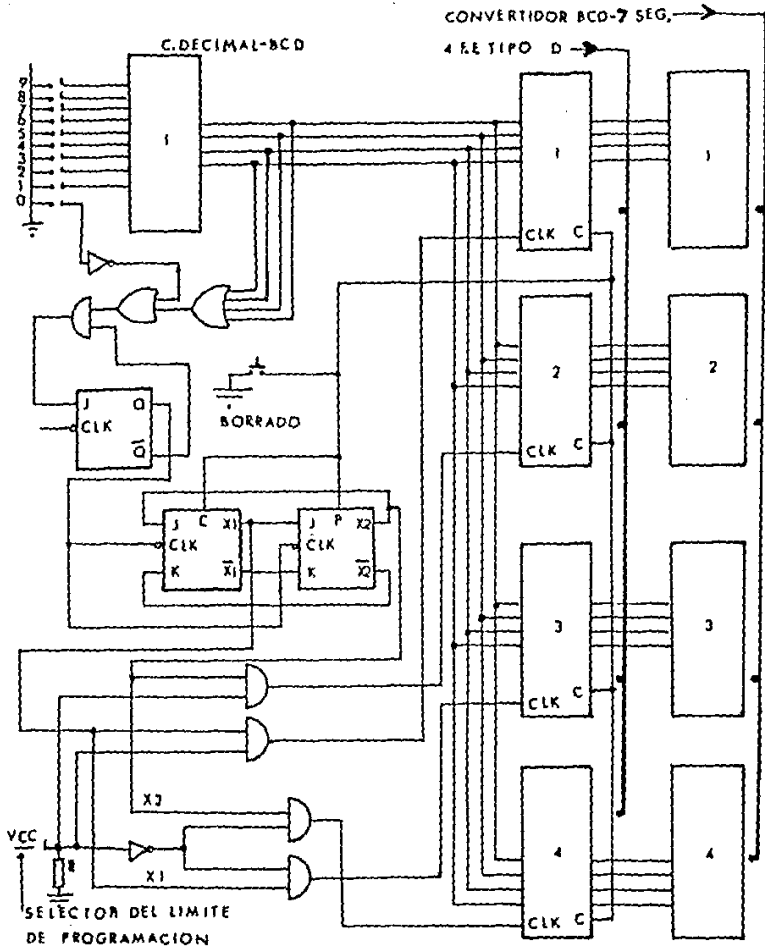


Ilustración 20. Bloque de programación de límites inferior y superior.

La comprobación de lo anterior se observa en la tabla 9 donde solo hay un caso cuando la salida es 0 pero es el caso $\bar{Y} \quad Y=0 \quad Y=1$, lo cual indica que hay un pulso al monoestable cuando se estén presionando las teclas para la programación.

dfgito	valores de entrada				salida
#	I	J	K	L	
1	0	0	0	1	1
2	0	0	1	0	1
3	0	0	1	1	1
4	0	1	0	0	1
5	0	1	0	1	1
6	0	1	1	0	1
7	0	1	1	1	1
8	1	0	0	0	1
9	1	0	0	1	1
0	0	0	0	0	1

Tabla 9. Salidas del convertidor decimal a BCD.

El monoestable tipo T dará un pulso de 1Hz/seg. estable en su salida cada vez que se dispare, esto es con la finalidad de lograr activar un contador en forma de registros de corrimiento, el cual irá activando los reloj de los flip-flop tipo D almacenado de esta forma su correspondiente los valores de la tabla 10 muestran esto.

X_i	X_o	Cuenta	Cx^{10^1}	Cx^{10^0}
1	0	0	1	0
0	1	1	0	1

Tabla 10. Valores lógicos del flip-flop tipo D.

Las 4 compuertas and sirven para hacer el cambio de flip-flop tipo D en los cuales se están almacenando los valores de 2 dígitos para el valor superior y de los dígitos para el valor del límite inferior.

Lo anterior implica que N, P, van a los respectivos relojes de cada flip-flop tipo D de almacenamiento para el rango superior, y O, R, van a los respectivos flip-flop tipo D para el almacenamiento del límite inferior.

Una vez almacenada la información en paralelo las señales pasan a 4 comparadores que las están comparando con el valor de los 2 dígitos representativos del nivel de agua que provienen de la sección de medición del nivel de agua, ilustración 21.

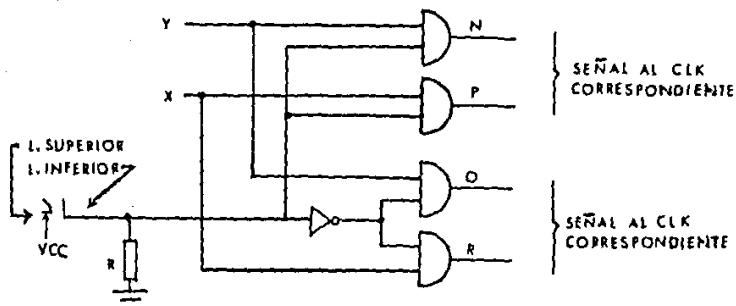


Ilustración 21. Compuertas de habilitación para el almacenamiento del límite superior e inferior, estas compuertas habilitan los respectivos flip-flop tipo D por medio de sus relojes.

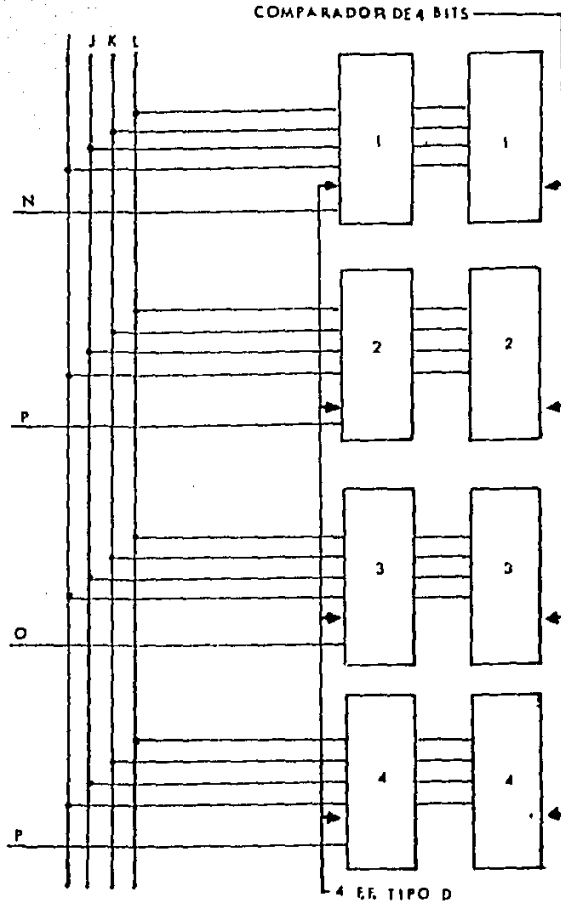


Ilustración 22. Información de programación entrando a los comparadores.

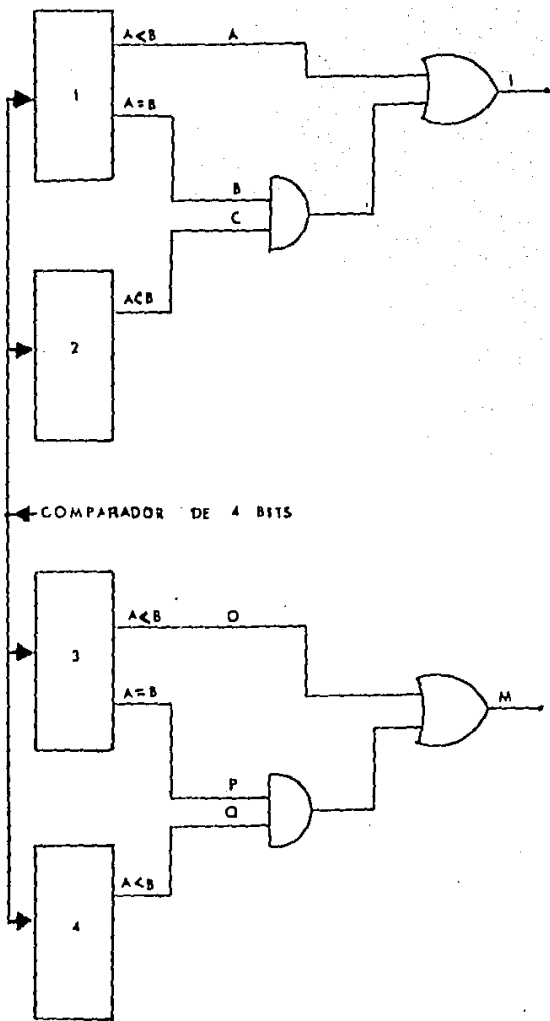


Ilustración 23. Comparadores acoplados para dar un 1 lógico a cantidades menores de un número de 2 dígitos.

Diseño del bloque de control. En este bloque, debido a que son 2 dígitos los valores para los rangos, requerimos - de una línea, la cual nos de un 1 lógico cuando la cantidad B de los comparadores sea menor que A ejemplo: si tenemos que - programar el número 15 (ilustración 24) esto implica:

1=10001 en los valores de A_3, A_2, A_1, A_0 , del compara-
dor 1.

5=0101 en los valores de A_3, A_2, A_1, A_0 del compara-
dor 2.

Requerimos de una línea de los dos comparadores que - nos de un 1 lógico para valores menores que el almacenado, es decir en nuestro ejemplo debería darnos I entre 0-14. El di-
seño de esto se hizo de la siguiente manera:

LINEA		
Si $A > B$	A	
$A < B$		Primer comparador
$A = B$	B	
$A > B$	C	
$A < B$		Segundo comparador
$A = B$	D	
$A > B$	O	
$A < B$		Tercer comparador
$A = B$	R	
$A > B$		
$A < B$		Cuarto comparador
$A = B$	S	

Para no perder detalle se pueden observar las tablas 11 y 12 donde se muestra sus valores lógicos correspondiendo a su respectiva tabla de verdad.

Ahora analizaremos la ilustración 24, de la cual podemos sacar las siguientes ecuaciones lógicas:

$$\begin{array}{ll}
 F = BC & T = MJ \\
 G = BD & P = RQ \\
 I = A+F & N = SR \\
 H = G+I & M = O+P \\
 K = I\bar{J} & V = M+N \\
 L = \bar{M}J & A2 = K+T=I\bar{J}+MJ \\
 X = K+L=I\bar{J}+\bar{M}J & W = \overline{(M+N)}(G+I)
 \end{array}$$

La ecuación para el motor de la bomba de agua es la siguiente:

$$A2 = I\bar{J} + MJ$$

La ecuación para mantener habilitado el quemador por medio del control de flama es la siguiente:

$$W = \overline{(M + RS)} (BD + I)$$

Donde BD indica que el número del límite superior programado es igual al medido y da un 1 lógico sólo entonces.

RS indica que el número del límite inferior programado es igual al medido y da un 1 lógico sólo entonces.

La ecuación representativa del pulso a la entrada del monoestable, ocasionará un pulso en su salida, el cual en su-

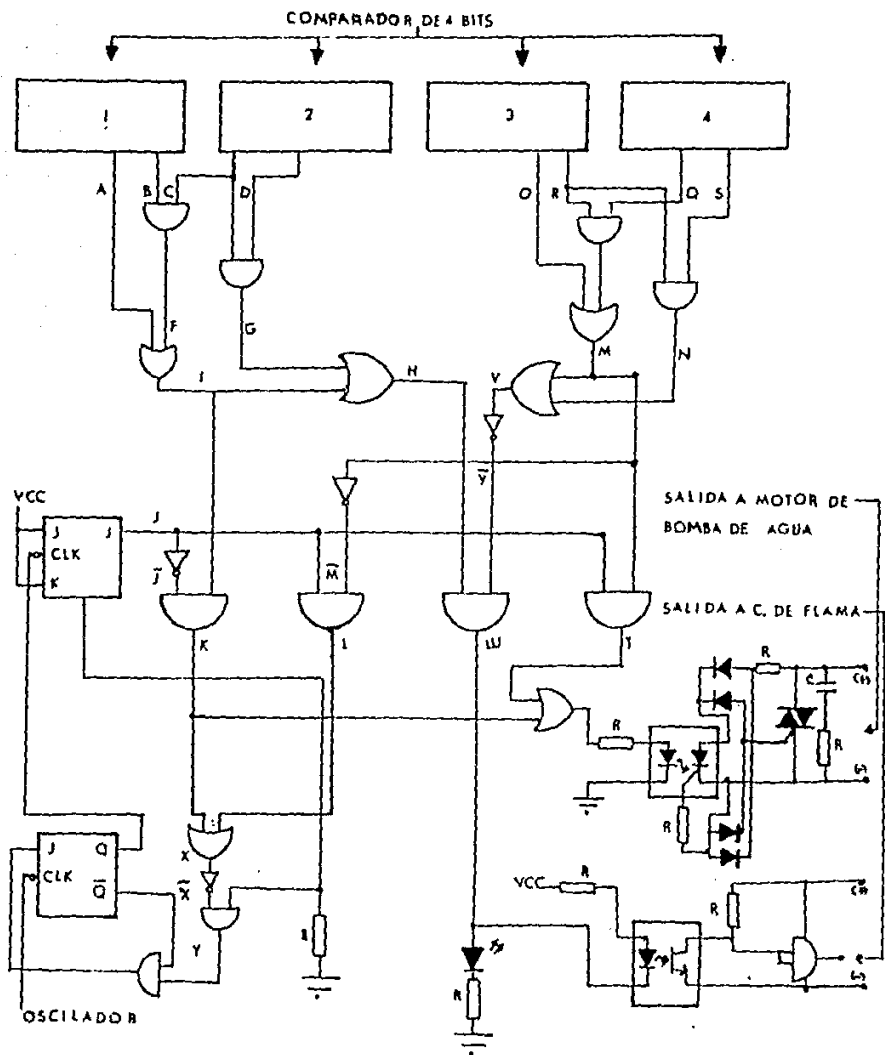


Ilustración 24. Bloque de control.

flanco de subida nos hace cambiar a el valor de J (salida del flip-flop) de 0 a 1 o viceversa, es la siguiente:

$$\bar{X} = \overline{IJ} + \overline{SRJ}$$

Dado que anteriormente definimos I, M, como que tendrían el valor lógico de 1 si la cantidad comparada era menor (I para el límite superior, M para el límite inferior), se su pondrán las siguientes características de entrada si la caldera inicialmente se encuentra sin agua y el contador empieza en J=0 para basarse bien en los datos ver la ilustración 25.

Prueba No. 1. Los datos iniciales son: I=1, M=1, -- J=0, BD=0, RS=0.

$$A2 = (1) (\bar{0}) + (1) (0) = 1$$

Bomba activada

$$W = \overline{(1+0)} (0+1) = 0$$

Quemador no habilitado

$$\bar{X} = (1) (1) + (\bar{0}) (0) = 0$$

No hay pulso J=0

Prueba No. 2. Los datos son; M=0, I=1, RS=1, BD=0, J=0.

$$A2 = (1) (\bar{0}) + (0) (0) = 1$$

Bomba activada

$$W = \overline{(0+1)} (0+1) = 0$$

Quemador no habilitado

$$\bar{X} = (1) (\bar{0}) + (\bar{1}) (0) = 0$$

No hay pulso J=0

Prueba No. 3. Los datos son: M=0, I=0, RS=0, BD=0, J=0.

$$A2 = (1) (\bar{0}) + (0) (0) = 1$$

Bomba activada

$$W = \overline{(0+0)} (0+1) = 1$$

Quemador habilitado

$$\bar{X} = (1) (\bar{0}) + (\bar{0}) (0) = 0$$

No hay pulso J=0

Prueba No. 4. Los datos son: M=0, I=0, RS=0, BD=1, R=0.

$$A2 = (0) (\bar{0}) + (0) (0) = 0$$

Bomba no activada

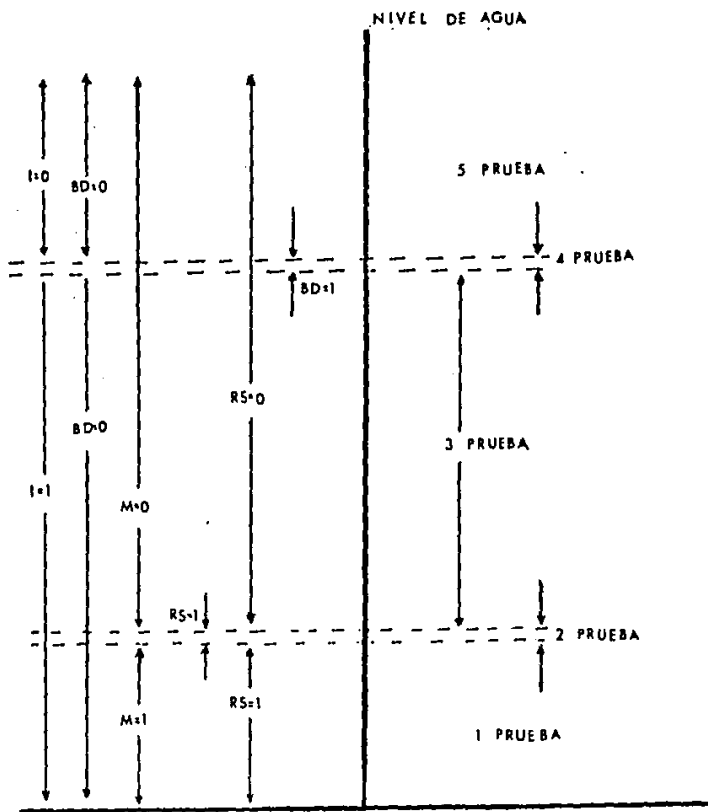


Ilustración 25. Cambios lógicos debidos a los cambios de nivel de agua en la alimentación de la caldera y localización de en donde se llevarón a cabo las pruebas de funcionamiento lógico.

$$W = \overline{(0+0)} (1+0) = 1$$

Quemador activado

$$\overline{X} = \overline{(0)} (\overline{0}) + \overline{(0)} (0) = 1$$

Hay pulso J=1

A partir de esta prueba debido a que no funciona la bomba de agua y el quemador está activado, está evaporando el agua dentro de la caldera la cual está consumiendo y comienza a bajar el nivel de agua en la caldera, es decir se vuelve a repetir la Prueba No. 4, con los nuevos datos obtenidos.

Prueba No. 4. Los datos son: M=0, I=0, RS=0, BD=0, J=1.

$$A2 = \overline{(0)} (\overline{1}) + (0) (1) = 0$$

Bomba no activada

$$W = \overline{(0+0)} (1+0) = 1$$

Quemador activado

$$\overline{X} = \overline{(0)} (\overline{1}) + \overline{(0)} (1) = 0$$

No hay pulso J=1

Prueba No. 3. Los datos son: M=0, I=1, RS=0, BD=0, J=1.

$$A2 = (1) (\overline{1}) + (0) (1) = 0$$

Bomba no activada

$$W = \overline{(0+0)} (0+1) = 1$$

Quemador activado

$$\overline{X} = (1) (\overline{1}) + \overline{(0)} (1) = 0$$

No hay pulso J=1

Prueba No. 2. Los datos son: M=0, I=1, RS=1, BD=0, J=1.

$$A2 = (1) (\overline{1}) + (0) (1) = 1$$

Bomba activada

$$W = \overline{(0+1)} (0+1) = 0$$

Quemador no activado

$$\overline{X} = (1) (\overline{1}) + \overline{(1)} (1) = 1$$

Hay pulso J=0

Debido a que funciona la bomba de agua y no funciona el quemador el nivel de agua empieza a subir, por lo tanto la siguiente prueba a realizar es la No. 3.

Prueba No. 3. Los datos son: M=0, I=1, RS=0, BD=0, J=0.

$$A2 = (1) (\overline{0}) + (0) (0) = 1$$

Bomba activada

$$W = \overline{(0+0)} (0+1) = 1$$

Quemador activado

$$\overline{X} = (1) (\overline{0}) + (\overline{0}) (0) = 0$$

No hay pulso J=0

El funcionamiento continuá, pues estará oscilando el comportamiento entre la prueba No. 2 y 4.

La prueba No. 5 será analizada en el bloque de seguridad.

La compuerta "and (*)" es para activar el control una vez realizada la programación del rango (ilustración 26).

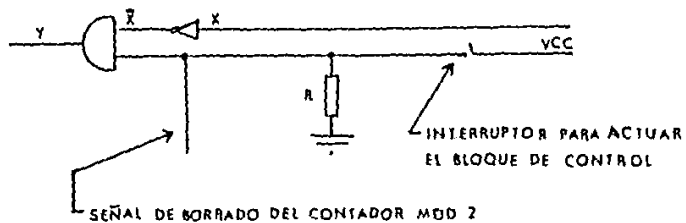


Ilustración 26. Compuerta activadora del circuito de control.

El funcionamiento como se ve en las pruebas será el siguiente (ilustración 27).

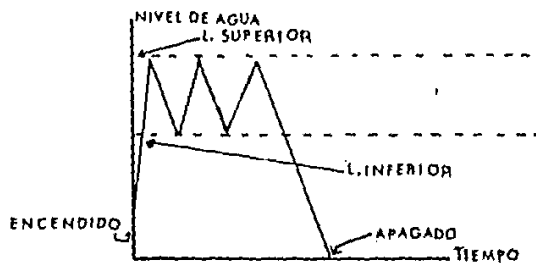


Ilustración 27. Gráfica del funcionamiento del control.

Diseño del bloque de seguridad. En la ilustración 28 se puede observar que la salida I=1 y la salida M=0 sólo se dan al mismo tiempo cuando el sistema falla, basándose en esto se planeó el bloque de control.

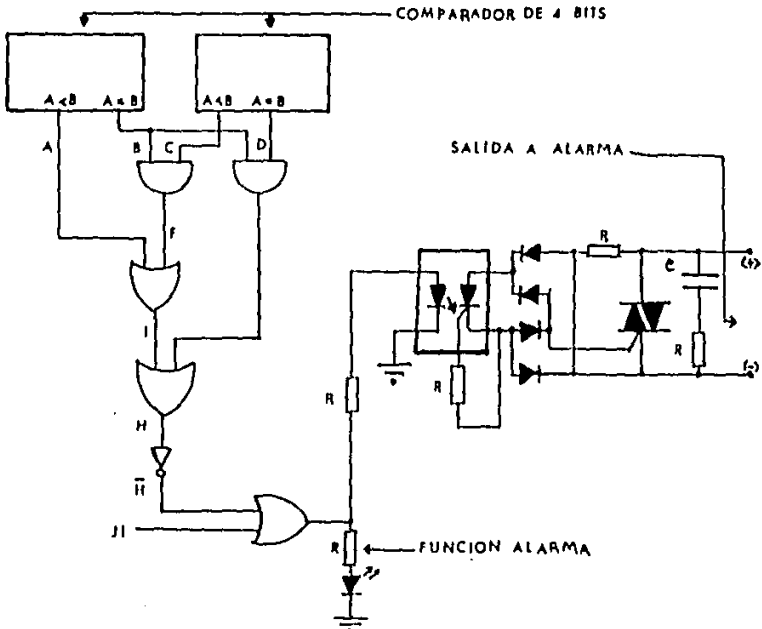


Ilustración 28. Bloque de seguridad.

La ecuación de funcionamiento es:

$$\overline{H} = \overline{G+1}$$

Si $G=BD$ sólo se hace 1 lógico si el número programado es igual al medido.

Si I sólo se hace 1 para los números menores que el programado y 0 para los iguales o mayores.

Cuando H se haga 1 indica fallas en el sistema de control y activa la alarma, si el sistema falla sucede entonces lo siguiente:

I=0 Número mayor o igual al programado.

G=0 Cuando es diferente del número programado.

I=1 Número menor al programado.

G=1 Cuando el número es igual al programado.

Analizando la ecuación de funcionamiento:

Prueba No. 1. los datos son: I=1

$\overline{H=1+X}=0$ No se activa la alarma

Prueba No. 2. Los datos son: G=1

$\overline{H=X+1}=0$ No se activa la alarma

Prueba No. 3. Los datos son: I=0

$\overline{H=0+X}=1$ Se activa la alarma

Prueba No. 4. Los datos son: G=0. Puede haber 2 casos, para un número menor al programado, entonces G=0, I=1, lo cual implica que:

$\overline{H=1+0}=0$ No se activa la alarma

El segundo caso sería si el número programado es menor al medido, entonces: G=0, I=1, lo cual implica:

$\overline{H=0+0}=1$ Se activa la alarma.

Como se puede observar, el bloque de seguridad sólo -

actúa para casos en los cuales hay sobrealimentación del nivel de agua en la caldera y su función es activar una alarma visual y de sonido sólo en este caso.

En caso en que no se aliente el agua a un nivel que llegue al límite mínimo inferior el sistema del bloque de control será el que se encargue de no llevar a cabo la activación del quemador para evitar riesgos.

La quinta prueba de seguridad hablada en la sección del bloque de control consiste en una compuerta "nor" la cual sólo se activa si se excede el límite de programación del nivel superior (ilustración 29).

La tabla de verdad se expone en la tabla 13, la cual nos muestra el comportamiento de la compuerta "nor" a las entradas I y M.

10	10	salida
A	X	AX=H
B	C	BC

Tabla 11.

10	10	salida
0	X	0
R	Q	RQ

Tabla 12.

I	M	salida
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Tabla 13.

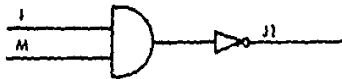


Ilustración 29.

2.4.- El control de presión.

Finalidad. El control de presión existente dentro de la caldera consiste en la siguiente: cuando se trabaja con máquinas que necesitan vapor de agua, es necesario mantener la presión constante, primero porque si existe una presión mayor a la requerida quemaremos más combustible que el necesario para trabajar al igual que se expone a peligros como el que se

exceda la presión de la que puede soportar la caldera y hay un gran peligro de explosión.

El segundo caso es cuando trabajamos a una presión menor a la requerida la caldera no generada el vapor suficiente para mantenerla trabajando eficientemente.

En resumen, nuestro control de presión tiene el fin de mantener la caldera trabajando en determinado rango de presiones para que la generación de presión se aproxime a un valor intermedio.

La manera en la que se reducirá la presión será apagando el quemador y para elevarla será activando el quemador. Este control logrará esto enviando señales de encender y apagar el quemador al control del quemador (las señales serán recibidas sólo cuando el control del quemador trabaje en automático).

Características. Son las siguientes:

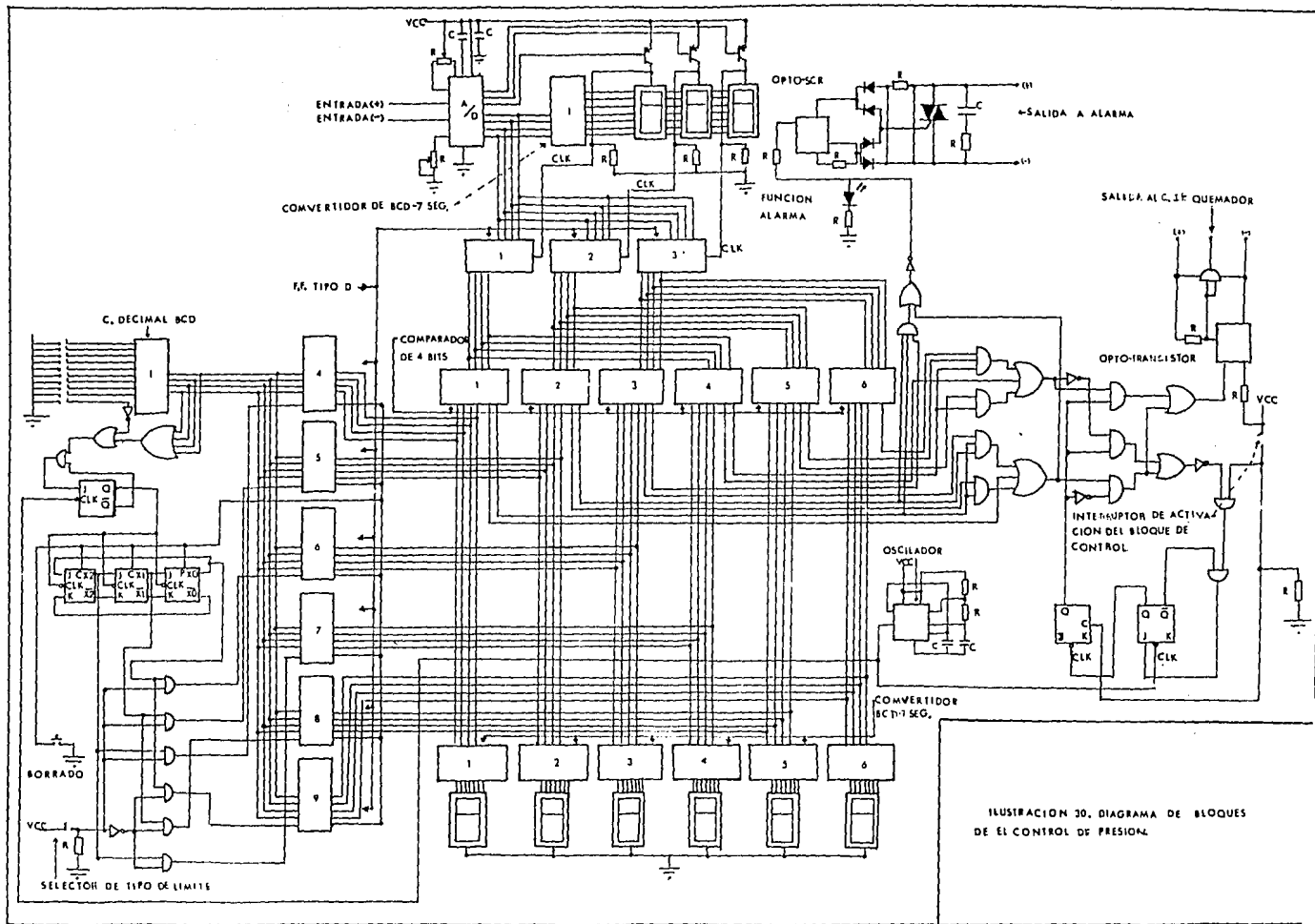
1.- Bloque de programación de los valores en forma digital de 3 dígitos para el límite superior y para el límite inferior.

2.- Muestreo de los cambios de presión en la caldera y su lectura en un desplegado de 7 segmentos (display).

3.- Bloque de seguridad para el caso, si por alguna razón se trabajó a una presión superior a la programada dará una señal de alarma visual y de sonido.

4.- Lectura del rango superior almacenado por medio de un desplegado de 7 segmentos (display).

5.- Lectura digital del rango inferior almacenado por



medio de un desplegado de 7 segmentos (display).

Bloques que componen el control de presión. Para llevar a cabo el diseño del sistema de control de presión nos basaremos en el diagrama de bloques de la ilustración 31, que posee los siguientes bloques:

- 1.- Bloque sensor (se analizará en el capítulo 3).
- 2.- Bloque de medición.
- 3.- Bloque de programación.
- 4.- Bloque de control.
- 5.- Bloque de seguridad.

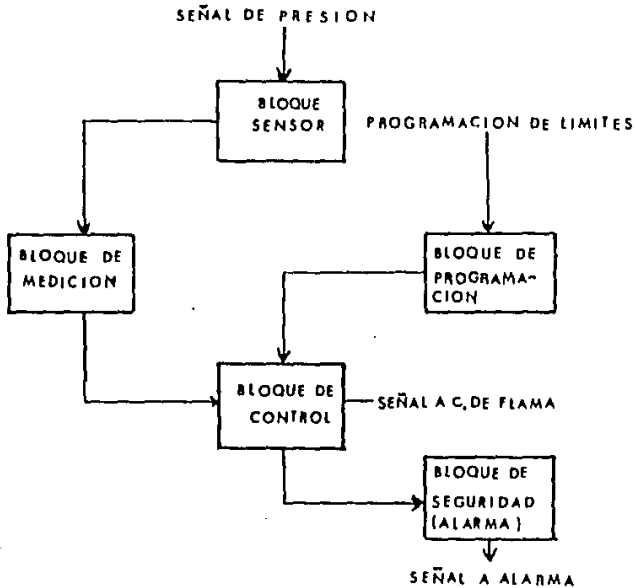


Ilustración 31. Diagrama de bloques del sistema de control de presión.

Debido a que el bloque de medición, programación y control están basados en una lógica similar a la realizada para el sistema de control de nivel de agua, considero innecesario volver a repetir comprobaciones lógicas ya efectuadas, ya que los cambios son mínimos, más daré una explicación del funcionamiento del control de presión para evitar caer en redondeces.

Diseño del bloque de medición. Este bloque está enteramente en su mayoría basado en la desmultiplexión del circuito mostrado en la ilustración 32, (para mayor información pasar al apéndice C. (14:30).

El funcionamiento es el siguiente: debido a que la señal digital pasa multiplexada, la señal es desmultiplexada por medio de 4 flip-flop tipo D, cada 4 bit representan un dígito los 4 flip-flop tipo D son activados cuando se dispara su reloj y éste almacena la información que entra, el reloj se dispara cuando hay una transición al desplegado de 7 segmentos - llevada a cabo por el transistor que está conmutando el respectivo desplegador de 7 segmentos.

Usamos 3 dígitos para los valores de los límites de - el rango, dado que por cada dígito son 4 bit, debemos usar entonces 12 flip-flop tipo D para almacenar cada límite del rango, es decir, por los 2 límites (superior e inferior) tendremos 24 flip-flop tipo D.

Diseño del bloque de programación. Se basa en el circuito mostrado en la ilustración 33, el cual almacena 3 dígi-

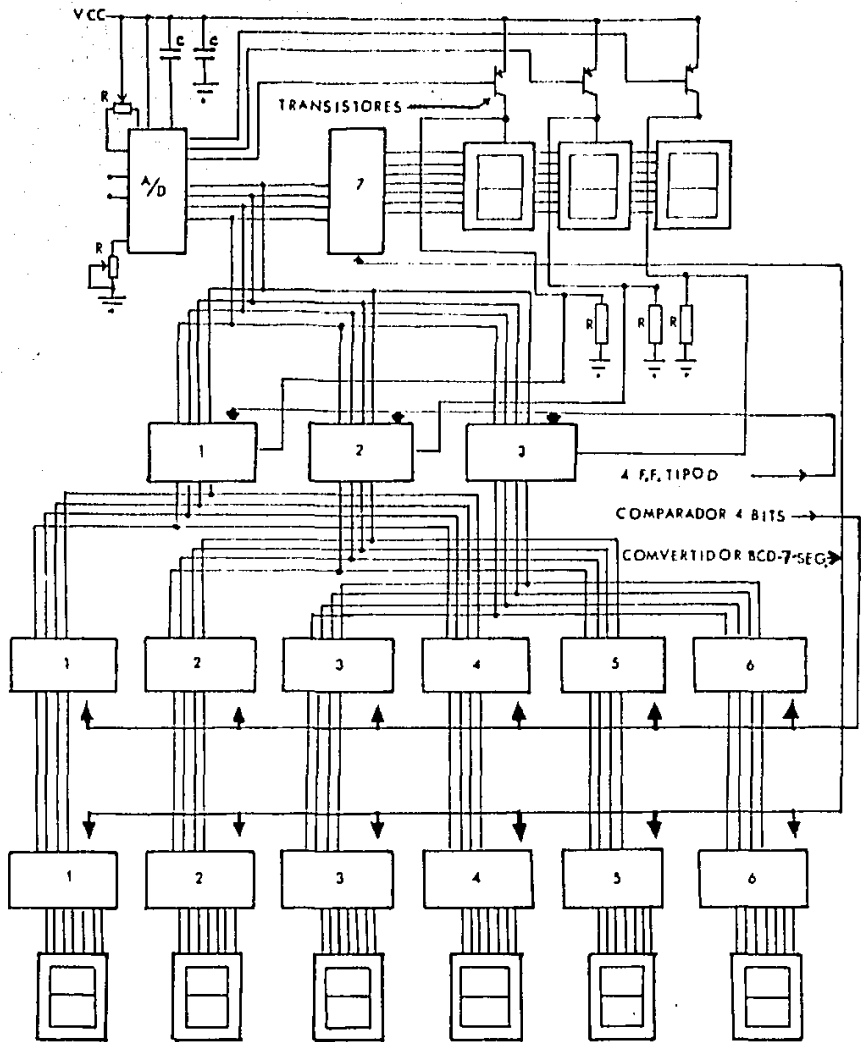


Ilustración 32. Bloque de medición

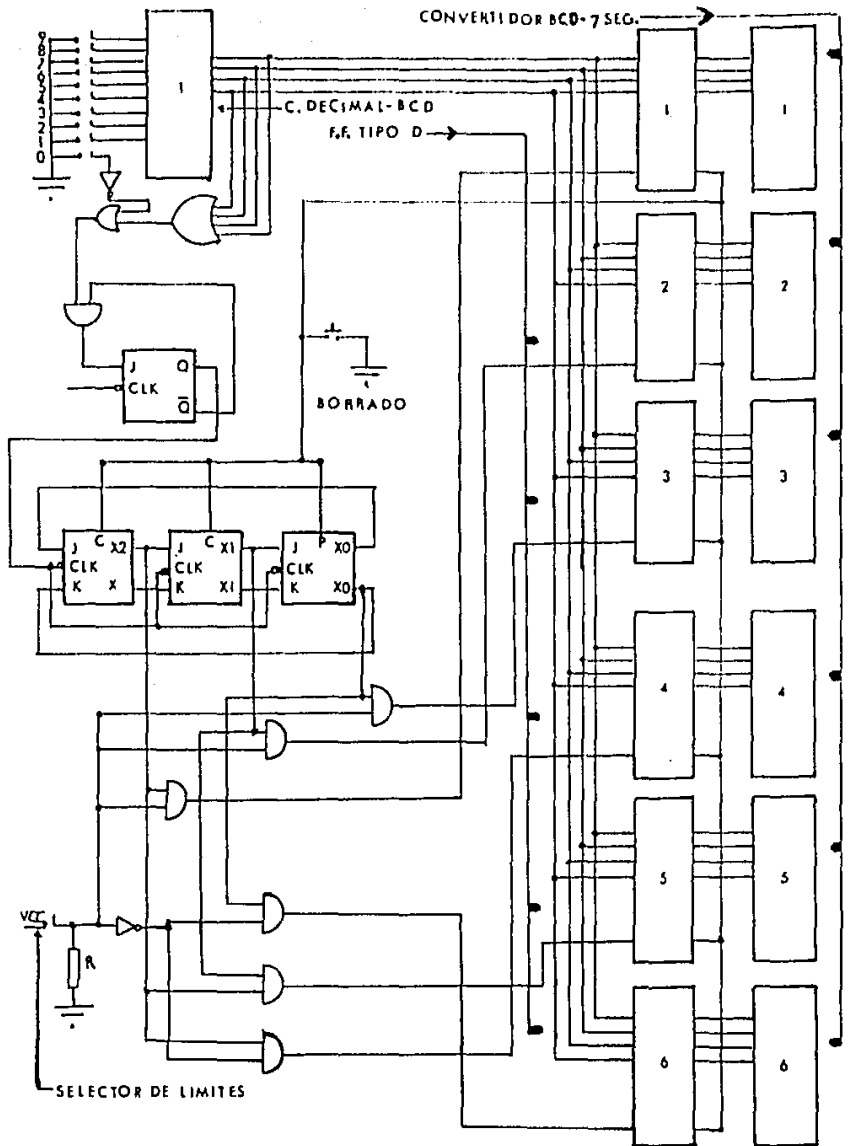


Ilustración 33. Bloque de programación de límites.

tos en BCD en un sistema de almacenamiento en paralelo .. - (11:289). Mediante un swich se escoge qué límite se almacenará primero, sea el superior o el inferior, este límite se almacenará en sus respectivos flip-flop y posteriormente se almacenará el otro límite faltante.

La secuencia para realizar el cambio de información de serie a paralelo la realiza un contador, el cual irá activando los relojes de los 4 flip-flop tipo D que almacenarán el código del dígito en cuestión.

Diseño del bloque de control. Debido a que necesitamos una sola línea de salida de los tres componentes nos basaremos en lo siguiente (ver tabla 14), para obtener un 1 lógico cuando el número de tres dígitos sea menor que el programado, suponiendo que los comparadores dan un 1 lógico para $A=B$, $A>B$, $A<B$, en sus salidas.

1 comparador 10^2 A	2 comparador 10^1 B	3 comparador 10^0 C	línea #
$A_1=B_1$	$A_2=B_2$	$A_3 B_3$	1
$A_1=B_1$	$A_2=B_2$	X	2
$A_1=B_1$	X		3

Tabla 14. Tabla de los valores lógicos de los comparadores (el subíndice indica el comparador correspondiente).

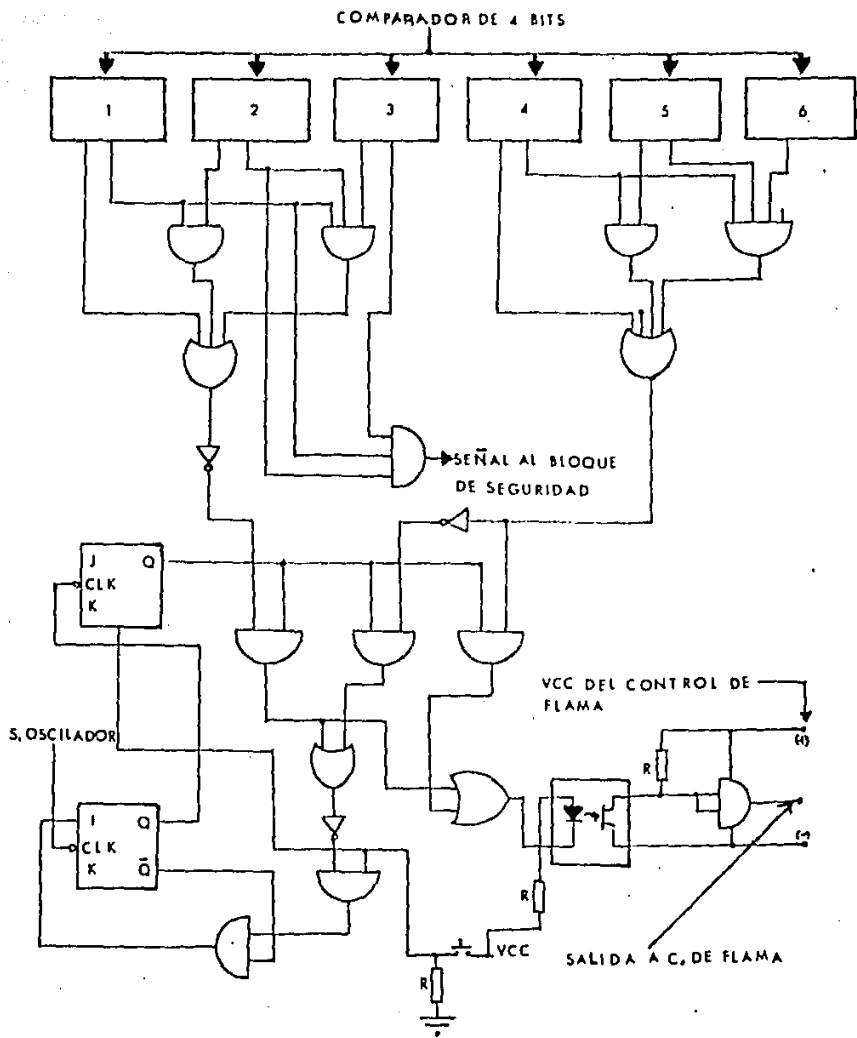


Ilustración 34. Bloque de control.

Como se observa, la ecuación resultante será:

$$U = ((A_1=B_1) (A_2=B_2) (A_3 < B_3)) + (A_1 < B_1) + (A_2 < B_2) + (A_1 < B_1)$$

Donde la ecuación U expresa la salida de un 1 lógico para cantidades menores a la cantidad de tres dígitos, y dará un 0 lógico para cantidades iguales o mayores a la comparada.

El control cuenta con un contador de tres estados que controla la línea que debe activarse en la salida Xo=0, de esta forma se activará la línea del límite superior cuando esta línea llegue a su valor máximo cambia su valor a 0 lógico a la línea 1 y obliga al circuito del monoestable a enviar un pulso que cambia el estado de nuestro contador a 1 lógico activando el control para el límite inferior, este control dará la señal al circuito del monoestable de dar un pulso al contador de 2 estados, cuando se baje de su valor activa de nuevo el monoestable la línea para su control.

Diseño del bloque de seguridad. Este sistema sólo nos dará una señal de alarma activando, una alarma de sonido y visual. Esta señal sólo se dará cuando la presión por alguna razón se exceda del límite superior almacenado.

El diagrama del bloque de seguridad se expone en la ilustración 35.

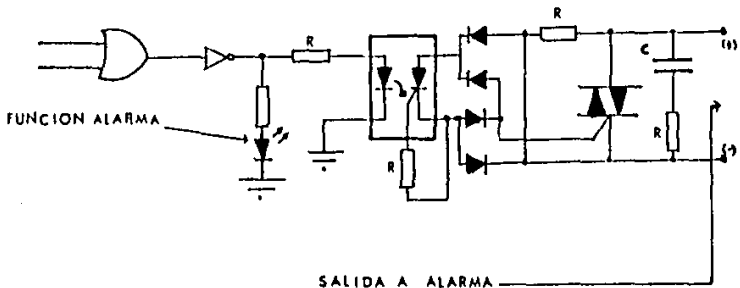


Ilustración 35. El bloque de seguridad.

La explicación del bloque de seguridad es la siguiente: El bloque sólo se activa cuando se sobrepase a la presión inmediatamente mayor, es decir por ejemplo: si programamos -- que el quemador se apague al llegar a las 180 lg/pulg² y si por alguna causa sigue incrementándose la presión, la alarma se activará en el valor próximo que será el de 181 lb/pulg.²

La señal de la compuerta "or" del bloque sólo se activa cuando el número es mayor que el almacenado en el límite superior.

C A P I T U L O I I I

DISEÑO DE LOS SISTEMAS SENSORES DIGITALIZADOS

3.1.- Generalidades de los sensores.

En este capítulo analizaremos básicamente 4 transductores, que están componiendo los 3 bloques sensores correspondientes a los controles del quemador, de nivel de agua, de presión.

Los transductores que componen el bloque sensor del quemador son el transductor de la existencia de flama y el transductor de paso de combustible.

El transductor del bloque sensor del nivel de agua de la caldera, se basa en un transmisor de presión diferencial.

El transductor del bloque sensor de la presión se basa en un transmisor de presión.

El análisis de cada bloque tendrá como salida una señal acopable al sistema de control que le corresponda.

3.2.- Bloque sensor del control del quemador.

Este bloque tiene que estar monitoreando 2 señales, - la primera de la existencia de flama en el cañón de la caldera debida a la combustión del combustible y la segunda consiste en monitorear el paso de combustible a través del quemador hacia la caldera.

El primer transductor (de existencia de flama en el cañon de la caldera) se encuentra completamente basado en un circuito del libro de Wilhelm Hennig sobre fotoelectrónica -- (Fotoelectrónica, Marcombo Boivareu Editores, Barcelona, España, 1976, pag. 150) el circuito se muestra en la ilustración 36.

"Los transistores T1 y T2 forman, por la realimentación a través de R6 y R7, un circuito disparador, que es controlado por el detector de rayos ultravioleta, F. Cuando éste entra en acción por efecto de la iluminación que produce la llama, los impulsos de la ignición cargan el condensador C1. Cuando la tensión en el condensador alcanza el valor umbral del condensador el transistor T1 resulta bloqueado y el T2, se hace conductor y su corriente de colector excita el relé Rel. El diodo D tiene por finalidad proteger el transistor en las crestas de tensión que se forman por efecto de la repentina variación de la corriente en la inductancia del arrollamiento del relé.

Al apagarse la llama, la célula de rayos ultravioleta ya no vuelve activarse. El condensador C1 se descarga a través de las resistencias conectadas, hasta que al disminuir la tensión hasta un valor inferior al umbral, bascula el disparador a su posición de reposo y el relé se queda sin excitación". (4:149).

Al estar el relé excitado proporcionará una señal de 5 volt d-c a la línea A, lo que corresponde al valor de 1 lógico, al quedar sin excitación el relé la línea A queda conec

tada a la tierra de la alimentación de 5 volts d-c y de esta manera se proporciona el 0 lógico.

El segundo transductor, el del paso del combustible - se muestra en la ilustración 37, pero este transductor no es - un transductor en particular de alguna marca, esto se ha escogido de esta forma debido a la facilidad para llevar a cabo - su construcción en un torno, lo cual resultará realmente sencillo.

Este segundo transductor (transductor de paso de combustible) consiste en indicar por medio de una señal eléctrica 5 volts d-c que está pasando combustible, y si no pasa combustible la tensión debe ser aproximadamente 0 volt.

El propósito de lo anterior es el de lograr una salida proporcional en valores lógicos, es decir en 1 y 0 lógicos.

El funcionamiento es que al pasar el fluido éste ejercerá una fuerza sobre la barra, la cual se moverá un ángulo θ , y se cierra el circuito estableciendo en la terminal de salida un voltaje de 5 volts d-c en caso de que el circuito no se cierre, debido a la resistencia de 1Ka conectada a tierra el valor en la terminal de salida será aproximadamente de 0 volt d-c.

La sensibilidad de este instrumento dependerá del ángulo necesario para cerrar el circuito eléctrico.

3.3.- Bloque sensor del control de presión.

Este bloque está diseñado basándose en un transmisor-

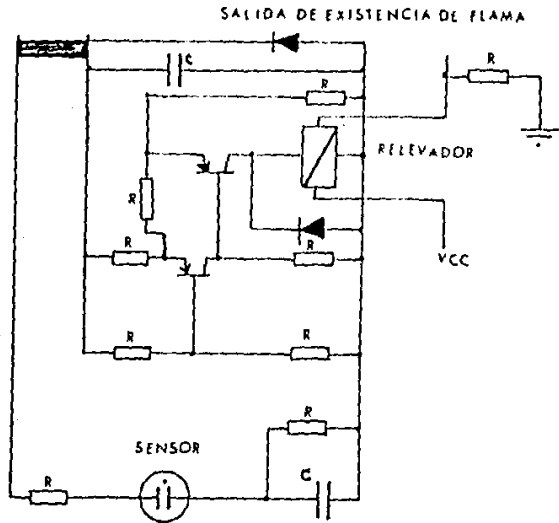


Ilustración 38.- El Transductor de Existencia de Flama.

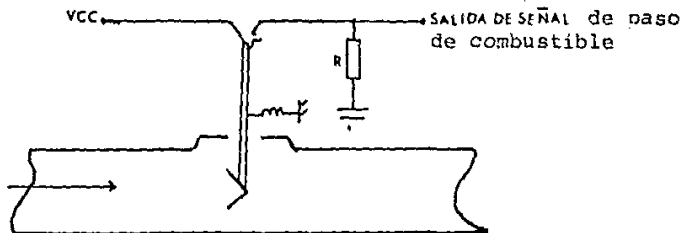


Ilustración 37. El transductor de paso de combustible.

de presión de la compañía Fósforo (para más información consultar el apéndice B).

Este transmisor pertenece a la serie E11GM, seleccionando la cápsula E y conectando de acuerdo a la tabla 15.

Amplitud	Media 500-1000 lbf/pulg. ²
posición de puentes	1-2
	3-5
	4-6
	7-9

Tabla 15. Tabla para la amplitud media para la cápsula E11GME.

Según las características de este transmisor va a proporcionar una señal eléctrica de 10 a 50 mA d-c proporcional a los cambios de presión desde las 500 lbf/pulg.² hasta las 1000 lbf/pulg.² Usando el tornillo de supresión de cero de este transmisor bajaremos el límite inferior hasta 0 lbf/pulg.² de tal forma que el rango para el cual la señal eléctrica va a ser proporcional, sea de 0 a 1000 lbf/pulg.²

La forma de conexión del transmisor se muestra en la ilustración 38 (para mayor información ver apéndice B).

Ya que para la traducción analógica a digital se realiza por la comparación de voltajes de la entrada positiva y la entrada negativa (del comparador analógico-digital) y según las características del convertidor analógico-digital (en

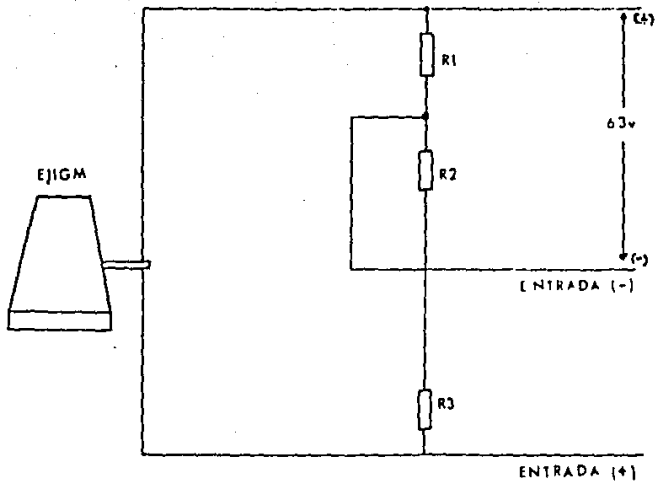


Ilustración 38. Conexión del transmisor de presión al convertidor analógico digital.

este caso el IC2RCA) especifica que la entrada no debe ser ma yor a 1 volt d-c y que el número que aparezca en el desplegado de 7 segmentos será proporcional a los cambios del voltaje entre la entrada positiva ($V_{(+)}$) y la entrada negativa ($V_{(-)}$) (para mayor información ver el apéndice C).

Si los cambios de 0 a 1000 lbf/pulg.² en el transmisor son proporcionales a los cambios de corriente de 10 a 50- mA d-c esto implica que los incrementos de corriente por unidad serán:

$$\frac{50 - 10 \text{ mA d-c}}{1000 \text{ lbf/pulg.}^2} = \frac{40 \text{ mA d-c}}{1000 \text{ lbf/pulg.}^2} = \frac{0.04 \text{ mA d-c}}{\text{lbf/pulg.}^2}$$

Si cada incremento de una lbf/pulg.² provoca un incremento de la corriente de 0.04 mA d-c dado que la señal eléctrica es proporcional a partir de 10 mA d-c significa que 0 - lbf/pulg.² es proporcional a 10 mA d-c.

Ya que nuestro transductor analógico-digital refleja en su desplegado de 7 segmentos la cantidad de voltaje menor a 1 volt y está dada por la ecuación:

$$V_{\text{desp}} = V_{(+)} - V_{(-)}$$

Donde V_{desp} - Voltaje reflejado en el desplegado de 7 segmentos.

Lo anterior indica que la resistencia de entrada a $V_{(-)}$ está conectada en paralelo su valor será de:

$$R_s = \frac{V}{I} = \frac{0.001 \text{ volt d-c}}{0.004 \text{ A}} = 25 \Omega$$

La ecuación de R_3 se puede comprobar con los valores de la tabla 16.

Presión de entrada en lbf/pulg.	Corriente proporcional en mA D-c	Voltaje reflejado en la entrada V en mV d-c
0	10.00	250
1	10.04	251
2	10.08	252
3	10.12	253
4	10.16	254

Tabla 16. Voltaje en la entrada $V_{(+)}$ con una resistencia de 25 en paralelo.

Si $V_{(+)} = 252$ mV d-c, el valor deseado para $V_{\text{desp}} = 001$ entonces:

$$V_{(-)} = 251 - 001 = 250 \text{ mV d-c}$$

Usando una alimentación de 63 volts d-c para el transmisor de presión usando un divisor de voltaje como se muestra en la ilustración 39.

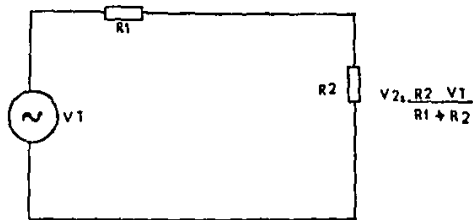


Ilustración 39. Circuito con fórmula para la división de voltaje.

Si

$$V_T = 63 \text{ volt d-c}$$

$$V_2 = 0.250 \text{ volt d-c}$$

$$R_2 = 1K \Omega \text{ (valor arbitrario)}$$

$$\text{Por lo tanto se implica que: } R_1 = \frac{R_2 V_T}{V_2} - R_2$$

Sustituyendo valores:

$$R_1 = \frac{(1K \Omega) (63 \text{ volt d-c})}{0.250 \text{ volt d-c}} - 1K\Omega = 251 K\Omega$$

Lo que implica que $V_{(-)} = 0.250 \text{ volt d-c}$

Tomando los datos de la tabla 16.

$$V_{\text{desp}} = V_{(+)} - V_{(-)} = 251 \text{ mV d-c} - 250 \text{ mV d-c} = 001 \text{ mV d-c}$$

$$V_{\text{desp}} = V_{(+)} - V_{(-)} = 252 \text{ mV d-c} - 250 \text{ mV d-c} = 002 \text{ mV d-c}$$

En caso de necesitar más información sobre el transmisor usado de la Compañía Fósforo pasar al apéndice B a la hoja de especificaciones correspondiente al transmisor que se esté analizando.

3.4.- Bloque sensor del control del nivel de agua.

El bloque sensor de este control se basa en un transmisor de presión diferencial de la Compañía Fósforo (para más información sobre el transmisor pasar al apéndice B).

Se seleccionó el transmisor de rango medio EI3DM, según las características de este transmisor si puenteamos de --

acuerdo a la tabla 17, podemos mandar una señal eléctrica proporcional a los cambios de corriente desde 10 mA d-c a 50 mA d-c.

Amplitud	Alta 100" a 205"
posición	1-2
de	3-4
puentes	5-6
	7-10

Tabla 17. Tabla para la amplitud alta del transmisor El3DM.

Para lograr que el transmisor envíe la señal eléctrica desde las 0 pulgadas de altura se calibrará el traductor de acuerdo a sus especificaciones (ver apéndice B), entonces la señal eléctrica de salida de 10 a 50 mA d-c será proporcional a los cambios de nivel de 0 a 205 pulgadas.

Si para la traducción analógica-digital se realiza por la comparación de voltajes en las entradas del convertidor analógico digital, el cual se basa en la diferencia del voltaje de la entrada positiva ($V_{(+)}$) con el de la entrada negativa ($V_{(-)}$) además se especifica (en el IC 3162RCA) que el voltaje en las entradas no debe exceder 1 volt d-c (para mayor información ver el apéndice C).

Si los cambios de 0 a 205 pulgadas de nivel de altura de agua son proporcionales a los cambios de corriente de 10 Ma a 50 mA d-c esto implica que los incrementos de corriente-

por unidad serán:

$$\frac{50 - 10 \text{ mA d-c}}{205 \text{ pulg.}} = \frac{40 \text{ mA d-c}}{205 \text{ pulg.}} = 0.195121951 \frac{\text{mA d-c}}{\text{pulg.}}$$

Si cada incremento de una pulgada de nivel de agua - provoca un incremento de 0.19512195 mA d-c/pulg., si la señal empieza a ser proporcional a partir de los 10 mA d-c significa que 0 pulg. es proporcional a 10 mA d-c.

Conectando una resistencia de entrada en paralelo a V en donde su valor está dado por:

$$R_3 = \frac{V}{I} = \frac{0.001 \text{ V-d-c}}{0.00019512195 \text{ A}} = 5.125 \Omega$$

Debido a que la conexión del transmisor se lleva de acuerdo a la ilustración 40.

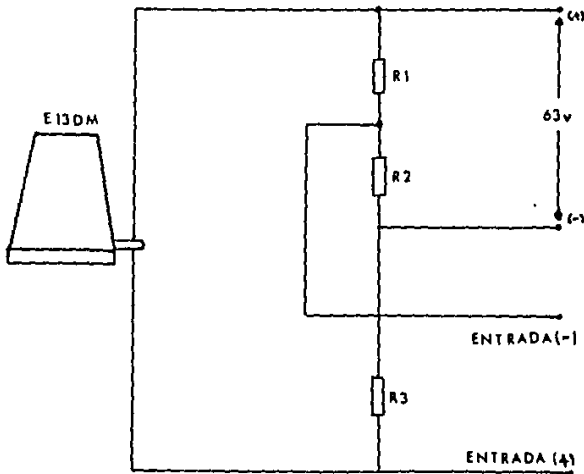


Ilustración 40. Conexión del transmisor de presión diferencial al convertidor analógico digital.

Pulgadas de altura	Corriente proporcional en mA d-c	Voltaje reflejado en V en mV d-c
0	10.000000000	051.25
1	10.195121951	052.25
2	10.390243902	053.25
3	10.585365853	054.25

Tabla 18. Voltaje en la entrada V con una resistencia en paralelo de valor de 5.125

Si el traductor analógico-digital refleja la ecuación:

$$V_{\text{desp}} = V_{(+)} - V_{(-)}$$

Donde V_{desp} - Es el valor reflejado de 2 dígitos de 7 segmentos.

Si $V_{(+)} = 052.25$ mV d-c, $V_{\text{desp}} = 001$ esto implica que:

$$V_{(-)} = 052.25 - 001 = 051.25 \text{ mV d-c}$$

Si usamos una alimentación de 63 volt para el transmisor (ver apéndice B), si poseemos los siguientes valores:

$$V_T = 63 \text{ volt d-c}$$

$$V_2 = 0.05125 \text{ volt d-c}$$

$$I_T = 0.010 \text{ A}$$

$$R_2 = 5.125 \Omega$$

Dado que $R_1 = (V_T - V_2) / I_T$ sustituyendo valores:

$$R_1 = (63 - 0.05125) \text{ vdc} / 0.010 \text{ A}$$

$$R_1 = 6294.875 \Omega$$

lo que implica que $V_{(-)} = 0.05125$ volt d-c

entonces:

$$V_{\text{desp}} = V_{(+)} - V_{(-)} = 052.25 - 051.25 = 001 \text{ mV d-c}$$

$$V_{\text{desp}} = V_{(+)} - V_{(-)} = 053.25 - 051.25 = 002 \text{ mV d-c}$$

Como se puede notar V_{desp} es proporcional a los cambios de nivel de agua.

ESTA TERCERA PARTE DE LA BATERIA SAIR

C A P I T U L O I V
ACOPLAMIENTO DEL SISTEMA SENSOR CON EL
SISTEMA DE CONTROL

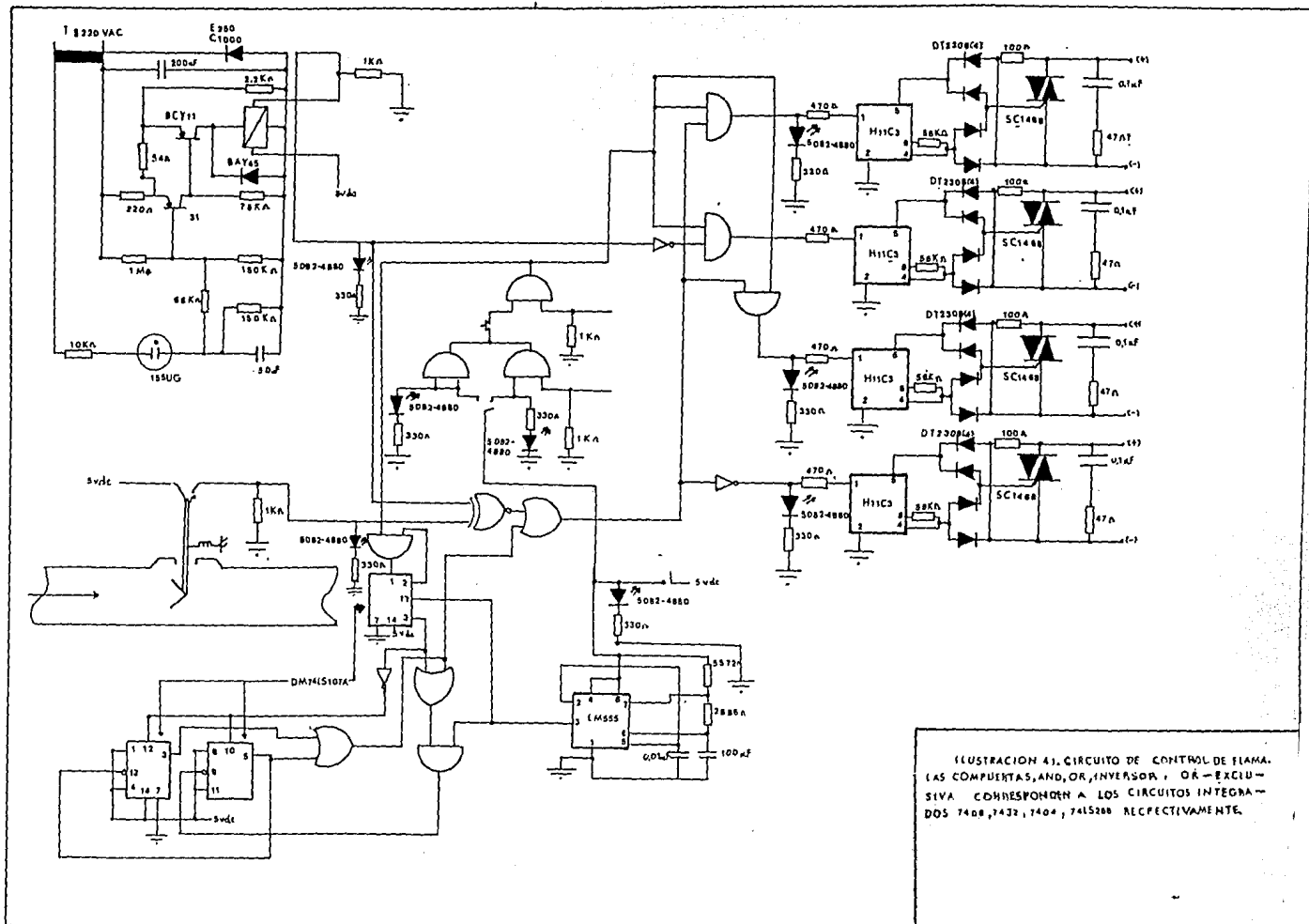
4.1.- Circuito del control del quemador.

El circuito del control del quemador de acuerdo a la existencia de flama se muestra en la ilustración 41.

El funcionamiento tan sólo consiste en estar monitoreando que se encuentre la flama presente, si está siendo alimentado el cañón de la caldera con combustible.

Este control controla 3 dispositivos por medio de optoacopladores SCR (H11C3) los que permiten trabajar una señal a 120 V a-c a 10 amperes de corriente máxima, los dispositivos que se controlan son: La bomba de alimentación de combustible, un transformador para activar los electrodos del quemador con los que se producirá un arco eléctrico para poner en combustión el combustible, y por último controla una válvula-selenoide para permitir o no permitir el paso de combustible al quemador.

Siempre que se active el quemador dará el bloque de control la señal para activar la bomba de combustible, la válvula selenoide para el paso de combustible y el transformador, si el combustible no entra en combustión en los 3 primeros segundos se activará el bloque de seguridad cerrando el paso de combustible en la válvula selenoide y apagando la bomba de --



ILUSTRACION 43. CIRCUITO DE CONTROL DE FLAMA.
 (LAS COMPUTAS, AND, OR, INVERSOR, OR-EXCLU-
 SIVA CORRESPONDEN A LOS CIRCUITOS INTEGRA-
 DOS 7408, 7432, 7404, 74LS200 RESPECTIVAMENTE.

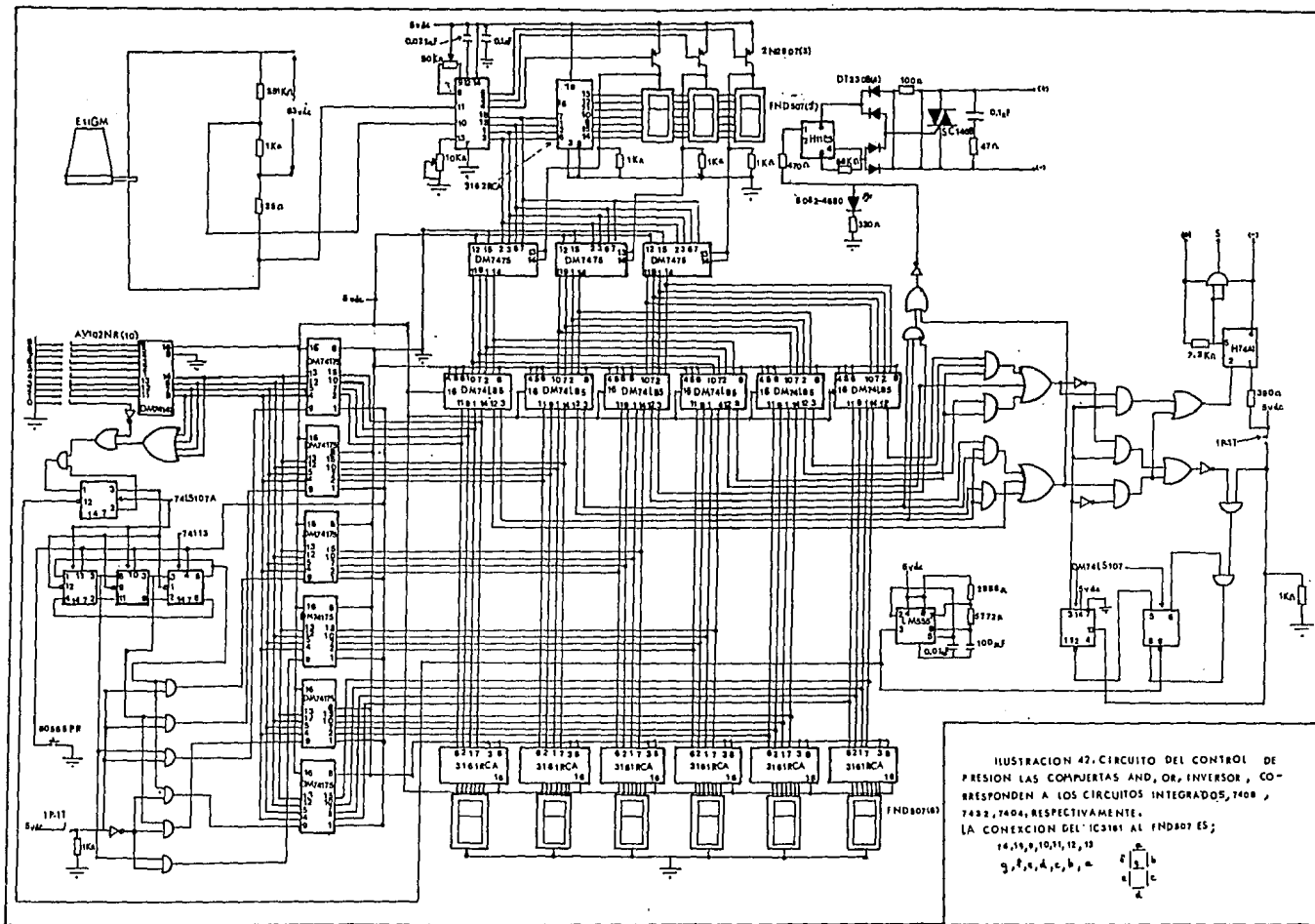
combustible, también se accionará una alarma visual y audible para este caso.

4.2.- Circuito del control de presión.

El circuito de control de presión se muestra en la ilustración 42.

El funcionamiento de este control es el siguiente: Mediante un codificador decimal BCD (DM74147) se programa un límite superior y uno inferior cada límite es una cantidad de 3 dígitos cuyo valor puede ser desde 0 lbf/pulg.² hasta las 999 lbf/pulg.², mediante un selector se determina el límite que se va a programar, después de haber programado los límites se establece entonces el rango representativo en lbf/pulg.² de presión en la caldera (los límites son almacenados en IC DM74175).

Un medidor digital de presión traduce la señal proveniente del transmisor de presión (E11GME) a código BCD esta señal como es una transmisión en serie de 3 dígitos debe ser convertida a una transmisión en paralelo para poder llevar a cabo el control deseado, la señal es almacenada en paralelo en los flip-flop tipo D (DM7475) después esta señal entra a una serie de comparadores (DM74L85) que comparan esta señal proveniente del medidor con la señal almacenada de los límites programados (DM74175), el resultado de la comparación va al bloque de control, si la señal medida de la presión es mayor a la del límite superior el bloque de control manda una



señal de apagar el quemador, si la señal medida resulta menor en comparación con el límite inferior el bloque de control dará una señal al control del quemador de que éste debe activarse.

Para el funcionamiento adecuado de este control se cuenta con los siguientes elementos:

Un interruptor para seleccionar el límite de programación que se llevará a cabo sea este el límite superior o el límite inferior.

Diez interruptores para la programación decimal de los límites.

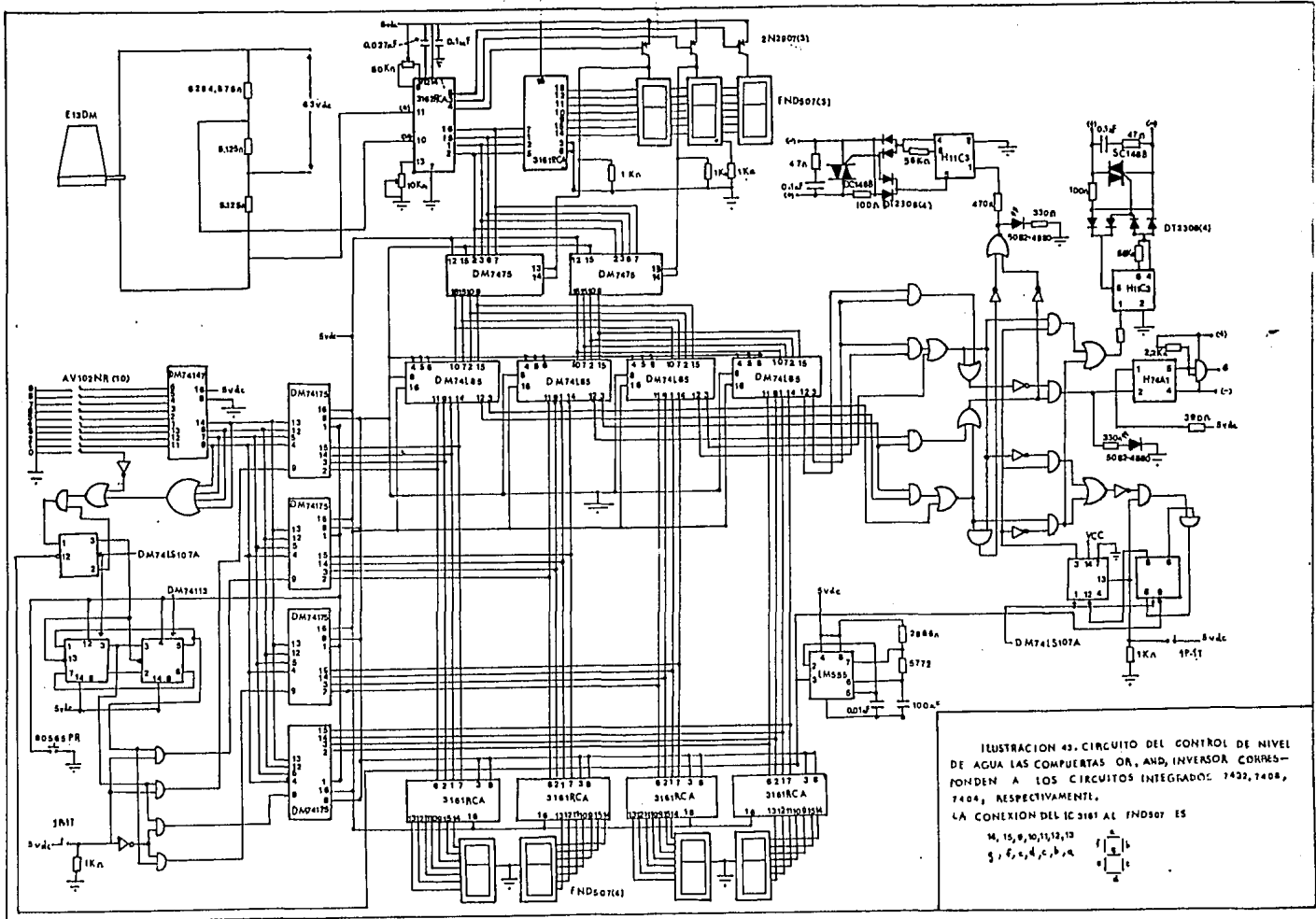
Un interruptor de borrado de ambos límites, para usarse en caso de programar un límite inadecuado.

Un interruptor de activación del bloque de control que debe activarse después de haber llevado a cabo la programación de los límites, esto es con la finalidad de que el bloque de control trabaje a partir de la existencia de los límites superior e inferior en memorias.

4.3.- Circuito del control de nivel de agua.

El circuito del control de nivel de agua se muestra en la ilustración 43.

El funcionamiento de este control es el siguiente: Un codificador decimal a BCD (DM74147) se programa un límite superior y un límite inferior siendo estos límites de 2 dígitos cuyo valor puede ser desde 0 pulg. hasta las 99 pulg., median



te un selector de límites escogemos el límite a programar, - sea éste el límite superior o el inferior, después de haber - programado los límites establecimos entonces el rango de pul- gadas de altura de nivel de agua dentro de la caldera (los lí- mites son almacenados en IC 74175).

Un medidor de nivel de agua digital, posee un conver- tidor analógico-digital (CA3162) que está traduciendo la se- ñal analógica y la traduce y codifica en BCD, después la se- ñal es transmitida en serie y esta transmisión en serie es -- transformada a paralelo utilizando flip-flop tipo D (DM7475)- los que transmitirán la señal en paralelo a los comparadores- (DM74L85) en donde se realiza la comparación de la señal medi- da en nuestro medidor de nivel con las almacenadas en memoria es decir con los límites programados, dependiendo del resulta- do de la comparación, el bloque de control activará un SCR -- opto (H11C3) si la señal medida es inferior al límite infe- - rior programado, en caso de que la señal medida sea superior- al límite superior programado se desactivará el SCR opto que- controla la alimentación de tensión de una bomba de alimenta- ción de agua de la caldera.

Este control también lleva la función de permitir ac- tivar el control del quemador sólo en caso de que el nivel de agua en la caldera sea el correcto, es decir el quemador per- manecerá apagado si el nivel de agua en la caldera no es el - adecuado.

Para el funcionamiento adecuado de este control se -- cuenta con los siguientes elementos:

Un interruptor de la fuente de alimentación con el -
circuito.

Un interruptor para seleccionar el límite que se programará, sea el límite superior o el inferior.

Diez interruptores para llevar a cabo la programación decimal de los límites.

Un interruptor de borrado de ambos límites, para usarse en caso de programar un límite inadecuado.

Un interruptor de activación del bloque de control - que debe de activarse después de haber llevado a cabo la programación de los límites, esto es con la finalidad de que el bloque de control trabaje a partir de la existencia de los límites superior e inferior en las memorias.

4.4.- Características generales de los circuitos.

El diseño de los circuitos fue basado casi en su totalidad en la tecnología de los TTL para realizar operaciones de almacenamiento de datos y operaciones lógicas, en relación a los acoplos de circuitos de tensión directa con circuitos de tensión alterna se usaron optoacopladores basados en SCR opto, también fueron usados optoacopladores de tensión directa como opto-transistores. La salida de los SCR opto tienen una capacidad de manejar hasta 120 V a-c y un máximo de 10 amperes, los optotransistores poseen la característica de trabajar salidas de 5 volt d-c trabajando como acopladores de circuitos de tensión directa.

Las compuertas "and", "or", "nor-exclusiva", "inver--sor" del bloque de control corresponden directamente a los integrados, SN7408, SN7432, SN74LS266, SN7404.

Una característica muy notoria de los controles de - nivel de agua y de presión es la forma en que realizan las -- operaciones de medición, programación y control, ya que las - operaciones de ambos controles son similares.

C A P I T U L O V

CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos cabe destacar la similitud existente entre el control de presión y el control de nivel de agua, básicamente en los circuitos para la programación de los límites superior e inferior, al igual que el sistema de traducción analógica-digital, el sistema de comparación de la señal proveniente de las memorias donde se encuentran los valores de los límites superior e inferior con la señal medida por nuestro transductor, tiene una gran similitud el bloque de control ya que la función fundamental de este bloque es realizar ciertas funciones cuando se exceda de la señal medida del límite superior o la señal medida sea menor que la del límite inferior.

El control del quemador tiene como característica principal en relación a los otros dos controles que éste (control del quemador) es un receptor de la señal del control de nivel de agua y también del control de presión.

El control de nivel de agua permitirá activar el control del quemador sólo en caso de que el nivel de agua esté entre el límite superior y el límite inferior programados.

En relación al control de presión actúa sobre el control del quemador refiriéndose al control automático en cuanto a la activación y desactivación del quemador, es decir el control de presión lleva a cabo la función sobre el control -

del quemador de prender el quemador al reducirse la presión interna de la caldera de la presión programada en el límite inferior y de apagar el quemador si la presión interna en la caldera es mayor que la programada en el límite superior programado.

En cuanto al número de circuitos integrados considero que son más de los previstos quizás demasiados, para lograr un tamaño ideal (pequeño) en el dispositivo en caso de que se pasara a la fase de construcción, el diseño se puede minimizar, esto se lograría si no tomamos en cuenta uno de los fines de esta tesis que es el desarrollo de cada control por separado con la finalidad de que en caso de falla de alguno de los tres controles que componen el control automático de la caldera, sea fácil una rápida sustitución ya que inclusive los controles pueden tener una alimentación de voltaje separada cada uno.

Minimizar el circuito sería posible si se basa en la similitud del control de nivel de agua y del control de presión, y se realice un control multiplexado para la entrada de las señales de nivel de agua y de presión, lográndose diseñar un control con un sólo bloque de medición, programación, y -- hasta en cierto grado el bloque de control.

En comparación con sistemas de control automático ya existentes, opino que el presente diseño se encuentra aún en una etapa experimental por lo tanto no se puede hacer una comparación y evaluación lo suficientemente objetiva en este caso.

El control diseñado cuenta con dos características - que lo hacen diferente de algún otro, éstas son:

1.- Programación de los límites en forma decimal sin necesidad de adaptar otro dispositivo.

2.- Dispositivos indicadores por medio de diodos que despliegan luz (LED) de algunas de las operaciones que está - realizando el control en ese instante.

Es aún de gran pesar que si se sigue avanzando sobre el campo del control de calderas por medio de la electrónica digital llegará a ser más eficiente que los sistemas analógicos existentes.

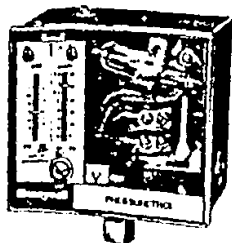
En relación a los objetivos de esta tesis han sido -- desarrollados y espero que este diseño experimental sirva como una base ilustrativa de lo que se puede lograr aplicando - la electrónica digital, y de esta forma se puedan realizar di seños más perfeccionados sobre el control de calderas usando la electrónica digital.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- Gispert, Carlos, y otros, ed. "Caldera". Enciclopedia de la ciencia y la técnica, tomo 2. España, Barcelona: Editorial Océano, 1982.
- 2.- Maluquer de Motes, Juan, y otros. Fundamentos del siglo XX. España, Navarra: Salvat Editores, 1971.
- 3.- The Hanlyn Publishin Group Limited. "Las aplicaciones de la ciencia". Nueva Historia Universal, tomo 8. México D.F.: Editorial Mexicana, 1984.
- 4.- Wilhelm, Hennig. Fotoelectrónica. España, Barcelona: Boixareu Editores, 1976.
- 5.- Ramos, Carrillo. "Análisis estadístico de fallas en generadoras de vapor". Ingeniería Mecánica y Eléctrica, enero-febrero de 1985, pp. 8-12.
- 6.- "La máquina que transformó al mundo". Nueva Enciclopedia Temática, tomo 7. México, D.F.: Editorial Cumbre, 1978.
- 7.- "Caldera". Enciclopedia Salvat Diccionario. España, Barcelona: Salvat Editores, 1972.
- 8.- Shield D., Carl. Calderas tipos, características y sus funciones. México, D.F.: Editorial Continental, 1984.
- 9.- Brumeister y Marks. Manual del ingeniero mecánico de Mark. México, D.F.: Editorial Uteha, 1968.

- 10.- Swift, C. Donald. Plantas de vapor, arranque, prueba y -
operación. México, D.F.: Editorial Continental, 1982.
- 11.- J. Tocci, Ronald. Sistemas digitales principios y apli--
caciones. España, Madrid: Editorial Prentice Hall --
International, 1984.
- 12.- Morris L. Robert y Miller John. Diseño con circuitos -
integrados TTL. Madrid, España: Editorial Continen--
tal, 1978.
- 13.- Taub Herbert. Circuitos digitales y microprocesadores. -
Edo. de México, México: MccGraw Hill, 1984.
- 14.- The engieneering staff of N.S.C. Linear data book. San-
ta Clara California, U.S.A.: National Semiconductor -
C., 1982.
- 15.- The engieneering staff of Texas Instruments, Inc. TTL -
data book for desing engienners. Dallas, Texas, - -
U.S.A.: Texas Instrument Inc., 1981.

A P E N D I C E A



L404A-D,F; L604A,L,M,N Pressure Controllers

Provide operating control, automatic or manual reset limit protection for pressure systems up to 300 psi [2068 kPa].

May be used with steam, air, noncombustible gases, or fluids noncorrosive to pressure sensing element. Mercury switch except as noted in ordering table. Maximum Ambient Temperature: 150 F [66 C]. Pressure Sensing Element: Stainless steel diaphragm (phos-bronze bellows in models with 20 to 300 psi [138 to 2068 kPa] scale range). Mounting Means: 1/4 in. NPT female threads, or surface mounted through back of case. Listed by Underwriters Laboratories Inc.: L404A-D,F; L604A,L,N—File No. MP466, Guide No. MBPR. Industrial Risk Insurers (formerly FIA) approvable. Canadian Standards Association certified: L404A-D; L604A,L,N—File No. LR1620, Guide No. 400-E-O.

ELECTRICAL RATINGS (A):

Model	Load	120	240	120	240
		Vac	Vac	Vdc	Vdc
L404 ^A	Full Load	8.0	5.1	2.4	1.2
	Locked Rotor	48.0	30.6	24.0	12.0
	Resistive Load	10.0	5.0	5.0	2.0
L604A,L	Full Load	8.0	5.1	2.0	1.0
	Locked Rotor	48.0	30.6	20.0	10.0
	Resistive Load	10.0	5.0	8.0	4.0
L604N	Full Load	8.0	5.1		
	Locked Rotor	48.0	30.6		

^AL404F, L604N do not have dc ratings

DIMENSIONS:

Range		Height		Width		Depth	
psi	kPa	In.	mm	In.	mm	In.	mm
2 to 15	14 to 103	4-27/32	123.0	4-1/2	114.3	3-1/4	82.6
5 to 50	35 to 345	4-31/32	126.2	4-1/2	114.3	2-3/4	69.9
10 to 150	69 to 1034	4-31/32	126.2	4-1/2	114.3	2-3/4	69.9
20 to 300	138 to 2068	5- 3/4	146.1	4-1/2	114.3	2-3/4	69.9

ACCESSORIES:

33312B Knurled Adjustment Knob—with setscrew. Fits head of main adjusting screw to permit adjusting without screwdriver.

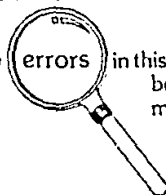
4074BWJ Limit Stop Assembly—to limit set point. Includes 129564 Range Stop, 107194 Range Stop Screw and 23466 Wrench.

14026 Siphon Loop.

REPLACEMENT PART:

129178 Thermoplastic Cover.

If you detect any



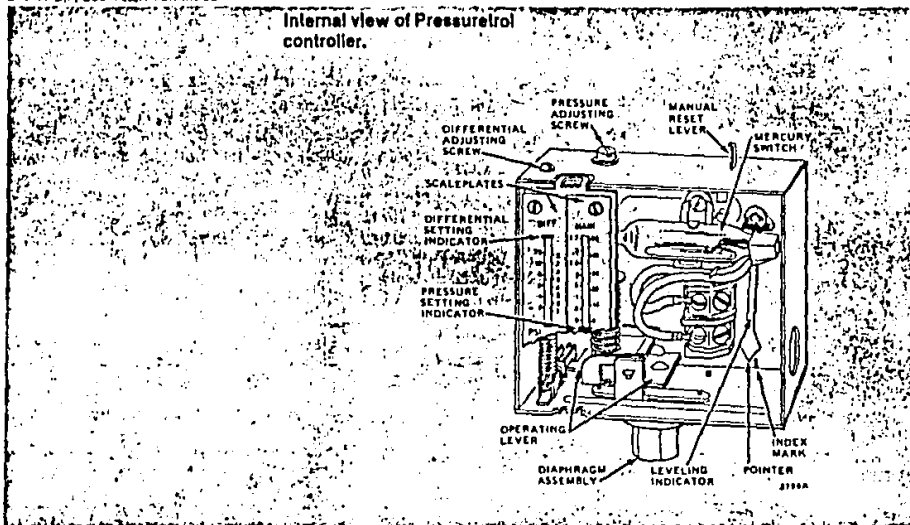
in this Catalog, please let us know. We want the information to be as accurate as possible; we appreciate your help in making it so. Write:

Creative Services Supervisor
Honeywell Inc.
MN10-1430
1985 Douglas Drive North
Golden Valley, MN 55422-3992

continued next page

Controllers

L404A-D,F; L604A,L,N continued

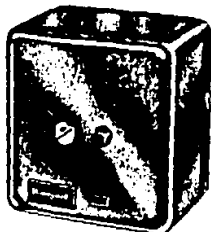


* **TRADELINE** models.

Order Number	Operating Range		Subtractive Differential ^a		Surge Pressure		Includes Siphon Loop	Switch	
	psl	kPa	psl	kPa	psl	kPa		Type	Action on Pressure Rise
L404A1354	2 to 15	14 to 103	1 to 6	7 to 41	25	172	No	Spst	Breaks
L404A1370	5 to 50	35 to 345	4 to 12	28 to 83	85	586	No		
L404A1396	10 to 150	69 to 1034	8 to 16	55 to 110	225	1151	No		
L404A1404 ^a	20 to 300	138 to 2068	15 to 40	103 to 276	350	2413	Yes		
L404B1304	2 to 15	14 to 103	1 to 6	7 to 41	25	172	No	Spst	Makes
L404B1320	5 to 50	35 to 345	4 to 12	28 to 83	85	586	No		
L404B1346	10 to 150	69 to 1034	8 to 16	55 to 110	225	1151	No		
L404B1353 ^a	20 to 300	138 to 2068	15 to 40	103 to 276	350	2413	Yes		
L404C1139 ^a	20 to 300	138 to 2068	Manual Reset		350	2413	Yes	Spst	Breaks
L404C1147	2 to 15	14 to 103	Manual Reset		25	172	No		
L404C1162	10 to 150	69 to 1034	Manual Reset		225	1151	No		
L404D1088	2 to 15	14 to 103	Manual Reset		25	172	Yes	Spst	Makes
L404D1096	10 to 150	69 to 1034	Manual Reset		225	1151	Yes		
L404F1060	2 to 15	14 to 103	2 to 6	14 to 41	25	172	Yes	Spst	R-W makes R-B breaks
L404F1078	5 to 50	35 to 345	6 to 14	41 to 97	85	586	Yes	snap-acting Micro Switch	
L404F1094 ^a	20 to 300	138 to 2068	20 to 50	138 to 345	350	2413	Yes		
L404F1102	10 to 150	69 to 1034	10 to 22	69 to 152	225	1151	No		
*L604A1169	2 to 15	14 to 103	1 to 6	7 to 41	25	172	Yes	Spst	R-W makes R-B breaks
*L604A1177	5 to 50	35 to 345	4 to 12	28 to 83	85	586	Yes		
*L604A1185	10 to 150	69 to 1034	8 to 16	55 to 110	225	1151	Yes		
*L604A1193 ^a	20 to 300	138 to 2068	15 to 40	103 to 276	350	2413	Yes		
L604L1035	2 to 15	14 to 103	Manual Reset		25	172	Yes	Spst	R-W makes R-B breaks
L604N1009	10 to 150	69 to 1034	7	48	225	1151	Yes	2 Spst snap-acting Micro Switch	Make R-W Break R-B

^aPhos-bronze bellows.

^bDifferential at midscale.



RA890F Protectorelay Primary Control

Nonprogramming primary control provides solid state, electronic, flame safeguard protection for industrial and commercial single or dual fuel burners.

Uses rectification principle of electronic flame detection. For use with flame rods, rectifying photocells, and C7012A,C Purple Peeper Ultraviolet Flame Detectors. Can be used with R482D Relay for cutoff system. Directly replaces RA890E in most applications; mounts on same Q270A1024 Subbase. Recycles once after flame failure in attempt to re-establish pilot before lockout. Will not start if flame-simulating failure occurs in flame detector circuit. Approximate Dimensions (including subbase): 5 in. [127 mm] high, 5 in. [127 mm] wide, 4-3/4 in. [120.7 mm] deep. Approvals: American Gas Association (A.G.A.) design certified for minus 20 F [minus 20 C] certificate No. 20-AL. Listed by Underwriters Laboratories Inc: File No. MP268, Guide No. MCCZ; Industrial Risk Insurers (formerly FIA) approvable; Canadian Standards Association certified: File No. LR1620, Guide Nos. 140-A-2, 300-1-0.2. Factory Mutual approved. Report Nos. 17678, 19417, and 19784.

ELECTRICAL RATINGS:

Controller: Use line (120 V) or low (24 V), automatic or manual (such as S446A).
Low Voltage Controller Circuit (T-T): 0.3 A.

Terminal	Typical Load		120 Vac	240 Vac
3	Burner Motor	Full Load	5.2 A	2.6 A
		Locked Rotor	31.2 A	15.6 A
	Ignition ^{a,b}		3.0 A	1.5 A
	Pilot Fuel Valve ^b		25.0 VA	25.0 VA
4	Ignition ^a		3.0 A	1.5 A
5	Main gas valve, or second stage oil valve (if used).		125.0 VA	125.0 VA
	pilot duty		pilot duty	pilot duty
Alternate Rating: 25 VA pilot duty plus 1 or more motorized valves with total rating 400 VA opening, 200 VA holding.				
Isolated Spdt Alarm Terminals	Alarm		3.0 A at 24 Vac, or 1.0 A at 120 Vac in suitable wiring enclosure.	

^a If Ignition and motor are connected to terminal 3, terminal 4 cannot be used. This is to prevent overloading relay 1K.

^b Ignition and/or pilot valve can be transferred to terminal 5 by the R482D or R488F for cutoff service.

POWER RATINGS:

	Watt		VA	
	Maximum	Standby	Maximum	Standby
60 Hz	6.2	1.7	13.5	6.3
50 Hz	8.0	3.0	17.0	13.6

AMBIENT TEMPERATURE RANGE:

	Minimum		Maximum	
	F	C	F	C
60 Hz	-20	-29	115	46
50 Hz	-20	-29	105	41

continued next page

Primary Controls

RA890F continued

REPLACEMENT PART:

131891BA Cover—with reset button affixed.

No other parts replaceable.

ACCESSORIES:

Q270A1024 Mounting Subbase—serves as junction box for connecting to external circuits. Contains terminal blocks with coded terminals and screws.

W136A Test Meter (includes 196146 Meter Connector Plug).

121708 Flame Simulator (rectifying).

FSP1535 Tester—for operational check of all RA890's and R4795's.

S446A1018 Start-Stop Station.

118702B Remote Reset Cover—120 V, 60 Hz.

22042 Ignition Transformer.

Q624A Solid State Ignition Transformer.

132569 Contact Cleaner.

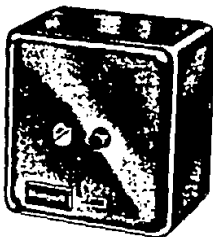
Order Number ^a	Voltage (50/60 Hz)	Safety Switch Timing (sec)	Flame Failure Response Time (sec) ^b	Alarm Contacts apdt
RA890F127D	120	15	0.8	Yes
RA890F128B	120	15	3.0	Yes
RA890F1296	208	15	3.0	Yes
RA890F1304	220	15	0.8	Yes
RA890F1338	120	30	0.8	Yes
RA890F1346	120	30	3.0	Yes
RA890F1353	240	30	0.8	Yes
RA890F1361	240	30	3.0	Yes
RA890F1379	240	15	0.8	Yes
RA890F1387	240	15	3.0	Yes
RA890F1429	220	15	3.0	Yes
RA890F1460	100	15	0.8	Yes
RA890F1478 ^c	120	15	0.8	Yes
RA890F1635	120	15	0.8	Yes
RA890F1676 ^d	120	15	0.8	Yes

^aFor new installation, also specify Q270A1024 base.

^bsecond response is recommended for nonrecycling ignition cutoff service.

^cFast response on controller demand, 60 Hz only.

^dUL and CSA listed to -40 F (-40 C).



RA890G Protectorelay Primary Control

Nonprogramming primary control provides solid state, electronic, flame safeguard protection for industrial and commercial single or dual fuel burners.

Used for interrupted ignition with intermittent pilot on gas burners; interrupted or intermittent ignition on oil burners. Uses C7027, C7035, or C7044 Minipeeper Ultraviolet Flame Detector for flame sensing. Mounts on Q270A1024 Subbase (order separately). Recycles once after flame failure in attempt to re-establish pilot before lockout. Ambient Temperature Range: Minus 20 to plus 125 F [minus 29 to plus 52 C]; optional minus 40 F [minus 40 C] rating available. Approximate Dimensions (including subbase): 5 in. [127 mm] high, 5 in. [127 mm] wide, 4-3/4 in. [120.7 mm] deep. Underwriters Laboratories Inc. listed: 120 V models only, File No. MP268, Guide No. MCCZ; Factory Mutual approved: Report No. 22013; American Gas Association design certified for minus 20 F [minus 29 C] No. 20-6B; Canadian Standards Association certified: 120 V models only; File No. LR1620.

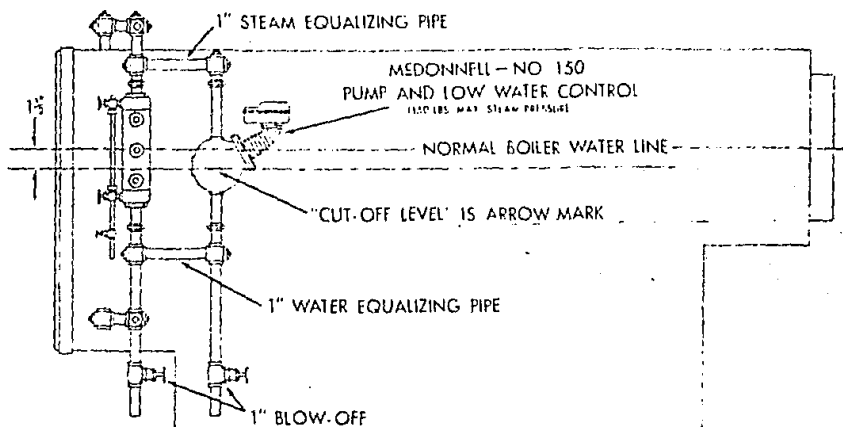
ELECTRICAL RATINGS:

Controller: Use line (120 V) or low (24 V).

Low Voltage Controller Circuit (T-T): 0.17 VA.

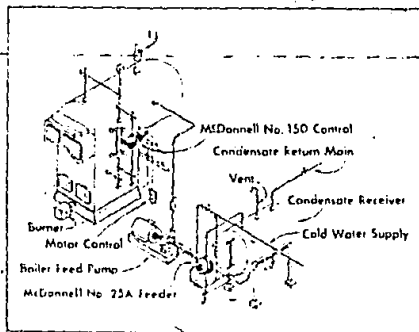
continued next page

How to install the McDONNELL No. 150 Low Water Cut-off—Pump Control—Low Water Alarm —for steam pressures up to 150 lbs.



➔ **When used as a low water cut-off**
Arrow mark on body casting of No. 150 is burner cut-off level. Install control so arrow mark will be 1½" to 2" below normal boiler water level, but never lower than ¾" of water in gauge glass. "On" level is ¾" above "off" level. See diagram above for installation and separate sheet for wiring diagram.

➔ **When used as pump control**
Pump "cut-off" level is 1½" above arrow mark on body of No. 150 (factory setting: Install control so arrow mark will be 1½" below normal water level of boiler. Pump "on" level (factory setting) is ¾" below "off" level. See diagram above and separate sheet covering wiring.



McDonnell No. 150 controlling electric pump and providing low water cut-off

Typical pump control hook up. *Wiring diagram at left.* Complete facts and installation instructions will be gladly furnished covering the McDONNELL No. 25A Feeder for maintaining the proper level in the receiving tank as shown in this diagram.

Terminals are provided in the No. 150 for the installation of a low water alarm as covered on reverse side of this sheet.

TEST THE No. 150 BEFORE TURNING IT OVER TO OWNER

This can be easily done by opening the blow-off valve, causing the water line to drop in the float chamber. As the float drops the pump circuit (if used) will close first. Then, on a further drop, the cut-off circuit will open and the alarm circuit will be closed.

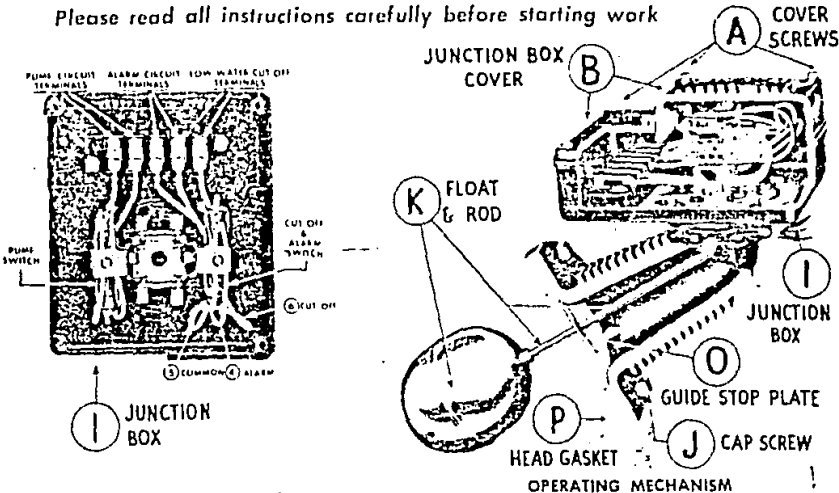
IMPORTANT — Impress the boiler attendant with the fact that the No. 150 should be blown down at least once each day when boiler is in operation.

How to Install Complete Replacement Operating Mechanism

BULLETIN No. I-150HD
REVISION 1

Used in McDonnell 150, 152 and 157 Series
(No. 158 has two 3-wire switches; No. 159 has two 2-wire switches)

Please read all instructions carefully before starting work



To Remove Original Operating Mechanism:

1. With the boiler cold, cut off power to equipment and drain enough water from the boiler to bring the water level below Float Chamber of Control.
2. Remove Cover Screws (A) and Junction Box Cover (B).
3. Mark all power wires so they can be replaced on correct "numbered" terminals.
4. Disconnect power wires from switch terminals and remove from Junction Box (I).
5. Unscrew eight Cap Screws (J) and remove complete OPERATING MECHANISM from Float Chamber of Control.

To Install New Operating Mechanism:

(after original mechanism has been removed)

6. Scrape clean all gasket surfaces and the inside of Float Chamber; then remove shipping cord from Float and Rod (K) of new Operating Mechanism.
7. Check Float and Rod (K) for proper centering in the brass Guide Stop Plate (O) and make sure that Rod is straight.
8. Replace OPERATING MECHANISM on Float Chamber (new Head Gasket (P) should be used), insert the eight Cap Screws (J) and tighten securely.
9. Remove only two of Cover Screws (A) which hold small (unsealed) section of Junction Box Cover (B) in position. Then remove small cover from new Operating Mechanism.
10. Connect power wiring to Switch Terminals, replace small (unsealed) section of Junction Box Cover (B) and the two Cover Screws (A).
11. Turn on power to equipment and restore water level to correct height.

Test Operation of Control as Follows:

Open blow-off valve. This causes the water level to drop in the float chamber of control.

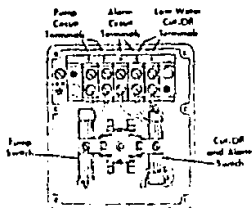
As the float drops the control is started on one cycle of operation, depending of course on the number of circuits used. The pump circuit will close first. A further drop will open the cut-off circuit—stopping the firing device and closing alarm circuit to sound an alarm.

Close blow-off valve. Restore water level in boiler and control to correct height and repeat test two or three times under actual operating conditions to make certain control is working properly.

MCDONNELL & MILLER **ITT**
3100 N. SPALDING AVE. • CHICAGO, ILL. 60618
FLUID HANDLING DIVISION
INTERNATIONAL TELEPHONE AND TELEGRAPH CORPORATION

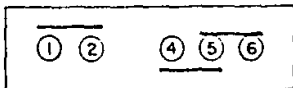
WIRING INSTRUCTIONS—

JUNCTION BOX

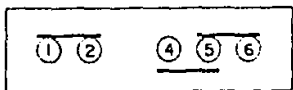


Note — Junction box cover is made in two parts, to provide access to terminal panel without exposing switches and leads.

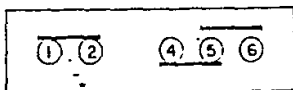
SCHEMATIC SWITCH OPERATION



Boiler feed pump off — burner on — alarm off.



Boiler feed pump on — burner on — alarm off.



Boiler feed pump on — burner off — alarm on.

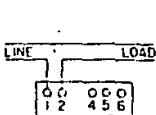


ELECTRICAL RATINGS

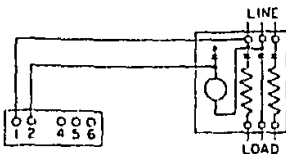
Pump and Cut-off Circuits Ampere Rating				
Motor Duty	120V A.C.	240V A.C.	120V D.C.	240V D.C.
Full Load	7.4	3.7	2.4	1.2
Locked Rotor	44.4	22.2	24.0	12.0
Pilot Duty Service: 345 Volt Amps., 170 and 240V A.C.				
Alarm Circuit Ampere Rating				
120V A.C.	240V A.C.	120V D.C.	240V D.C.	
1	1/2	1/2	1/2	

PUMP CONTROL CIRCUIT ONLY

For pump motors within switch electrical ratings wire as main line switch

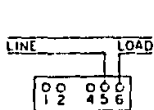


As pilot switch to holding coil of automatic starter

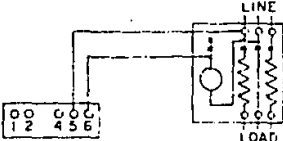


LOW WATER CUT-OFF ONLY

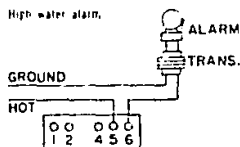
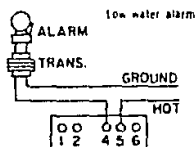
For burner motors within switch electrical ratings wire as main line switch



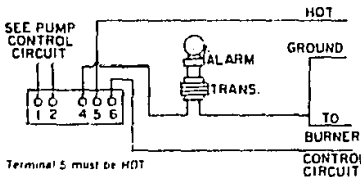
As pilot switch to holding coil of automatic starter



ALARM CIRCUIT ONLY

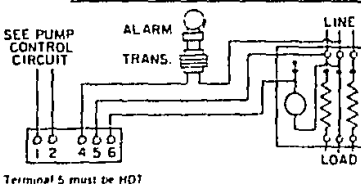


Combination Pump Control, Low Water Cut-off & Low Water Alarm



For burner motors within switch electrical ratings follow this diagram

Caution: Terminal 5 must always be HOT



As pilot switch to holding coil of automatic starter.

Caution: Terminal 5 must always be HOT

Wire from Terminal 6 must return to starter to resume circuit through control stations.

A P E N D I C E B

Technical Information

TI
39-13c
March 1969

E13 SERIES ELECTRONIC DIFFERENTIAL PRESSURE TRANSMITTERS



FIGURE 1

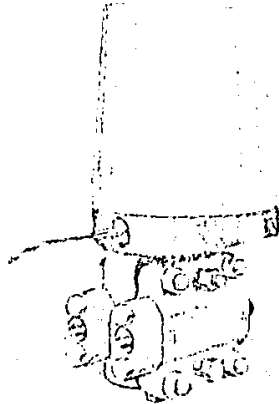


FIGURE 2

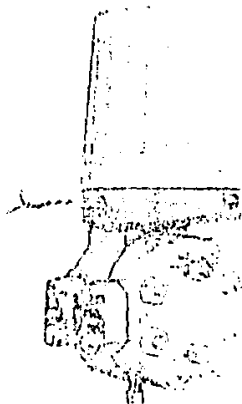


FIGURE 3

GENERAL

The E13 Series Electronic Differential Pressure Transmitters are applied to flow, liquid level, and low-pressure measurement applications. They are available in a wide variety of material of construction to satisfy the requirements of most processes. The E13 Series Transmitters utilize a stable force-balance measurement system which provides high accuracies for both zero-based and elevated measurement spans. This design permits high performance and excellent resistance to the effects of environmental changes.

These transmitters measure differential pressure from 0 to 5 inches H₂O to 0 to 50 inches H₂O and transmit a proportional 10-50 ma d-c signal. For measurement spans between 5 and 850 inches H₂O, standard measuring capsules are available, selection depending on measurement range and maximum working pressure requirements. This capability is presented in Table I.

giving the range and maximum working pressure capability of the models with the capsules utilized.

PRINCIPLE OF OPERATION

Because the E13 Series Transmitters operate on the force-balance principle, all forces applied throughout the system as a result of measurement and feedback maintain a lever system in a state of equilibrium. Excellent hysteresis and repeatability is attained with this system because very little movement is required to balance the mechanism.

Referring to Figure 1, in operation a difference in pressure between the high and low side of the transmitter body is sensed by a twin diaphragm capsule (1) which transforms the differential pressure into a force applied to the differential pressure times the effective area of the diaphragm. The resultant force is transferred through the C-flexure (2) to the lower end of the force bar.

TABLE I

Series	MWP	Range	Capable
E13DL - Figure 1	500 psig	0-5 to 0-25" H ₂ O	Low Range
E13DM - Figure 2	2000 psig	0-20 to 0-25" H ₂ O 0-200 to 0-500" H ₂ O	Medium Range High Range
E13DH - Figure 3	6000 psig	0-20 to 0-25" H ₂ O 0-200 to 0-500" H ₂ O	Medium Range High Range

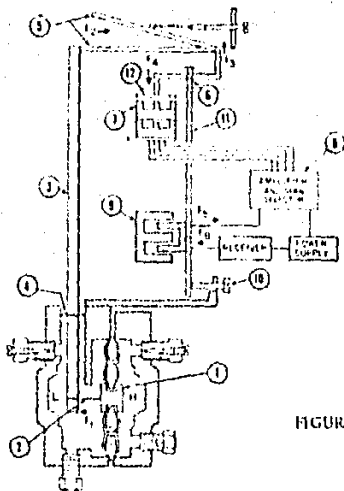


FIGURE 4

(5). Attached to the force bar is a cobalt-nickel alloy diaphragm which serves as a fulcrum point for the force bar and also as a seal to the process in the low-pressure cavity side of the transmitter body. As a result of the force generated, the force bar pivots about the CoNi alloy seal transferring a force to the vector mechanism (5).

The force transmitted by the vector mechanism to the lever system (11) is dependent on the adjustable angle. Changing this angle adjusts the span of the instrument. At point (9) the lever system pivots and moves a ferrite disk, part of a differential transformer (7) which serves as a detector. Any position change of the ferrite disk changes the output of the differential transformer determining the amplitude output of an oscillator (*). The oscillator output is rectified to a d-c signal and amplified, resulting in a 10-50 ma d-c transmitter output signal. A feedback motor (12), in series with the output signal, exerts a force proportional to the error signal generated by the differential transformer. This force rebalances the lever system. Accordingly, the output signal of the transmitter is directly proportional to the applied differential pressure at the capsule.

For any given applied differential pressure, within the calibrated measurement range, the ferrite disk of the detector is continuously throttling, maintaining an output signal from the amplifier proportional to the measurement and retaining the force-balance system in equilibrium.

BODY CONSTRUCTION

Two forgings constitute the body of the transmitter with a twin diaphragm capsule installed between the body halves. Bodies are available in standard materials of construction including aluminum plated carbon steel and 316 stainless steel with Monel available for the E13DM. The portion of the force bar below the CoNi alloy seal is standard in 316 stainless steel and available in the E13DM made of Monel. In Table II, the volumes of the low and high side cavities of each transmitter are given.

TABLE II

Series	Low Side Vol.	High Side Vol.
E13DL	300 cc	135 cc
E13DM	150 cc	30 cc
E13DH	150 cc	60 cc

Vent and drain plugs are provided in the body forgings for venting entrapped gases and draining fluids from the body. The vent and drain plugs are interchangeable and can be properly oriented, depending on the mounting position of the transmitter. Screens are provided in the 1/4-inch process ports in the body, to keep solid particles from entering the body. Each transmitter has process connection flanges mounted on 2 1/8-inch centers (standard orifice flange-tap spacing) with various size connections available. Standard connections are 1/4-inch NPTF, 1/2-inch NPTF, and 1/2-inch schedule 80 weld neck. The E13DH Series Transmitter is supplied with body forgings machined to accept directly 5/16 - 18 Amisco high-pressure fittings. In addition, process connectors with the above connections are available.

The CoNi alloy diaphragm as shown in Figure 5 along with the O-ring positioned beneath the diaphragm forms a seal between the process and the topworks. Standard material of this O-ring is silicone elastomer, but it is also available in Viton, Buna-N, Teflon, and Chemloy plastic. The O-ring above the CoNi alloy seal is a backup safety seal in the event the CoNi alloy seal fails when exposed to extreme process conditions. If the metal seal failed the top O-ring would seal the annular area between the force bar and body, limiting a pressure leak into the topworks to a very small rate. The operation of this restriction created by the compressed O-ring eliminates the possibility of the topworks

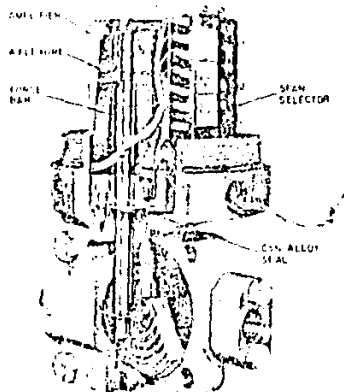


FIGURE 5

cover fracturing. If the pressure in the topworks reaches approximately 300 psig, a blowout disk, located under the transmitter topworks housing, would release, relieving the pressure buildup in the topworks. The disk installation is designed so that upon release the disk (and whatever process liquid happened to be in the topworks) would be directed down against the transmitter body, not directly into the surrounding atmosphere. The CoNi alloy seal is an integral part of the force bar assembly and should not be removed. It is resistant to corrosion from most processes and has an element composition shown in Table III. As used in the 500 and 2000 psig rated transmitters, the seal is .006-inch thick and .032-inch in the 6000 psig transmitter.

TABLE III

Element	% Composition
Cobalt	42.5
Chromium	20.0
Nickel	13.0
Molybdenum	2.0
Manganese	1.6
Tungsten	2.8
Iron	Balance

Gaskets are provided on either side of the capsule and at the process connectors. Standard gaskets are Teflon plastic and are suitable for applications with process operating temperatures to 250 F. For process temperatures of 250 F to 375 F, Chemloy plastic gaskets are available. In most applications Chemloy gaskets afford the same resistance to chemical attack as Teflon and consist of glass-filled Teflon plastic.

CAPSULE

The function of the capsule is to transform the differential pressure existing across the capsule into a force at the lower end of the force bar. To accomplish this, two diaphragms are welded to a backup plate as shown in Figure 6 and connected in the center by a connecting spool. Since the effective area of each diaphragm

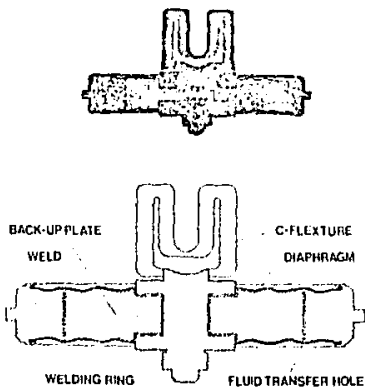


FIGURE 6

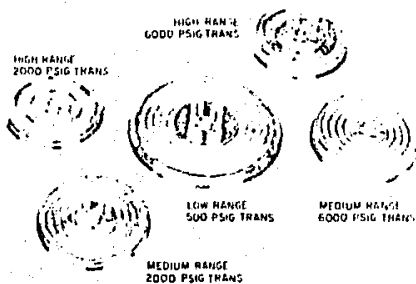


FIGURE 7

is equal, the pressure difference across the capsule times this effective area would equal the force exerted at the force bar. The capsule is of all-welded construction to permit easy field replacement if required.

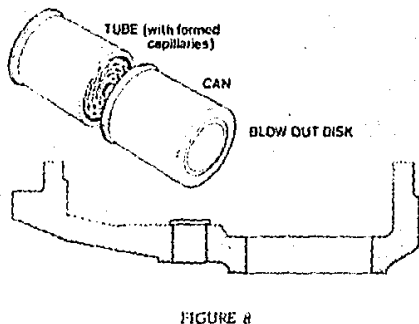
The standard material of construction for the d/p Cell transmitter capsules is 316 stainless steel. Other standard options are available such as Monel and Hastelloy C alloy.

To insure positive over-range protection, the backup plate to which the two diaphragms are welded has convolutions machined to match the convolutions formed in the diaphragms. This construction permits full static pressure to exist on one side of the capsule while the other side is vented to atmosphere without damaging the capsule diaphragms.

Dampening of process noise is afforded by the capsule. The combination of the viscosity of the capsule silicone fill fluid and its transfer through the holes in the backup plate and center restriction provides an optimum degree of dampening. The viscosity of the standard fluid utilized is 600 centistokes. When process conditions such as excessive flow noise require additional dampening, silicone fluid with a higher viscosity rating (2200 centistokes) is available.

The connection between the capsule and the force bar is made by means of a C-flexure, designed to eliminate any change in force due to angularity when the capsule diaphragm moves. Actual movement of the diaphragm and force bar is extremely small, approximately .006-inch. Since the diaphragm travel is very small, the actual diaphragm displacement is small, and in the case of overranging, the volumetric displacement is less than 3 cc with the medium range capsule. For full range traverse, the displacement is less than 1 cc. This permits the use of seal fluids on extremely corrosive service and eliminates the requirement of condensing chambers on steam service.

All capsules are of the same basic construction illustrated in Figure 6. To cover all the ranges and working pressures capable with the E13 Series of transmitters, five basic capsules exist as shown in Figure 7. Capsules with three different effective areas cover the range capability of 0-5 to 0-750 inches H₂O. The only difference in working pressure ratings between the capsules in the E13DM and E13DH is the thicker construction of the backup plate on the E13DH to withstand 6000 psig differential across the capsule. The medium- and high-range capsules are interchangeable in the E13DM and E13DH, respectively.



The capules utilized in the E13 Series Transmitters operate in vacuum service to full vacuum as well as on positive pressure applications.

TRANSMITTER TOPWORKS HOUSING

The electromechanical topworks is enclosed by a cast aluminum housing designed to be moisture tight and meet the electrical code explosion-proof requirements of Class I, Group C and D, Division 1 locations. The bottom bowl of this housing is bolted directly to the body forming the transmitter (refer to figure 9). This type of construction prevents stresses, due to electrical conduit piping installation, from being transmitted to the force-balance mechanism. Stress is transmitted through the body to the mounting bracket, not affecting transmitter operation.

A blow out disk mentioned previously is installed on the under side of the topworks bottom bowl. This configuration, shown in figure 8, consists of a tube surrounding a series of very fine capillary tubes, appearing like wire mesh. This tube is inserted in a can which in turn is cemented in a hole in the transmitter topworks bottom bowl. If pressure builds up over 300 psig inside the topworks, the bottom end of the can will blow out. The wire mesh or capillary holes meet the flame path requirements of the National Electric Code. This configuration cannot readily be seen from outside the transmitter and is sealed against moisture penetration.

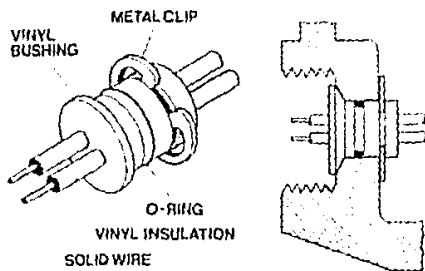


FIGURE 9

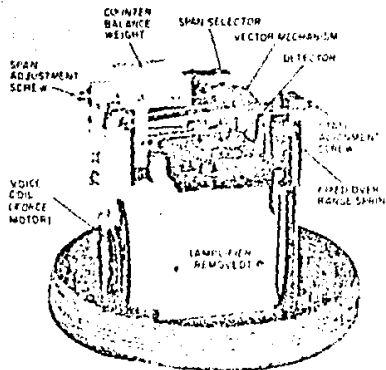


FIGURE 10

The two-wire electrical cable assembly consists of a vinyl bushing molded on the lead wires and an O-ring to provide a moisture tight seal at the junction of this assembly and the topworks bottom bowl. A metal clip retains the bushing in place (figure 9).

The cast aluminum cover is threaded on to the topworks base assembly and seats on a Buna-N plastic O-ring seal. The cover is chamfered to seat the O-ring seal and provide a seal to moisture. This construction meets NEMA 4 specifications.

ELECTROMECHANICAL TOPWORKS

The transmitter topworks electromechanical mechanism, figure 11, is designed to be stable, minimizing the effects resulting from position change and vibration. To assure this stability, the fulcrum points of both the primary and secondary lever systems are fixed, permitting the weight of the voice coil to be counterbalanced by a counter balance weight positioned on the opposite side of the secondary fulcrum point from the voice coil. Temperature stability is aided by the use of Ni-Span C alloy flexures and springs in the topworks.

To further protect the topworks against moisture, the majority of metal parts other than springs and flexures are coated with a protective epoxy resin barrier. This type of protection is extended to the detector coils which are encapsulated with silicone rubber and to the voice coil and amplifier printed circuit board which receive epoxy and polyurethane moisture protective coatings respectively.

The detector shown in figure 11 consists of two ferrite cores on top of one another. The air gap between the middle leg of the bottom core and the bottom of the upper core is fixed. A ferrite disk on top of the top core, when in a certain position with respect to the top core, forms an effective air gap equal to the one in the bottom core. Whenever the disk departs from this position, an error signal is produced. As the ferrite disk shortens the air gap, the inductive coupling to the secondary of the transformer increases, increasing the amplitude output

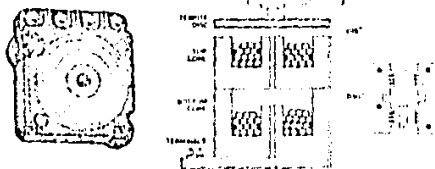


FIGURE 11

of the oscillator. This would be the result of an increased measurement. The detector is protected against over-ranging forces by two means; first, the lever arm upon an overrange in either direction would be restricted by a stop located underneath the force motor; at the same time, the force bar would exert sufficient force to engage the fixed overrange spring (one on either side of the force bar) and dissipate the excess movement caused by over-ranging. All connections to the detector are soldered on terminals external to the detector encapsulating compound, eliminating stress on leads at the point where they enter the encapsulating compound.

The vector mechanism (Figure 12) is a span adjustment. The angle of the vector determines the force components translated to the secondary lever system. As the angle of the lever increases the vertical force translated increases and would be equivalent to decreasing the span of the instrument. This relationship is also shown graphically in Figure 12.

AMPLIFIER

The amplifier is normally mounted integral to the topworks of the transmitter; however, if the temperature of the topworks should exceed 180 F, the amplifier

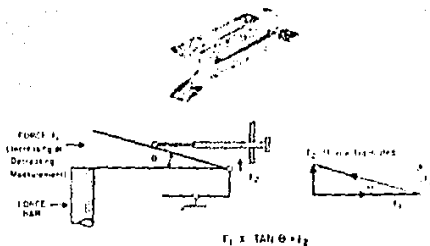
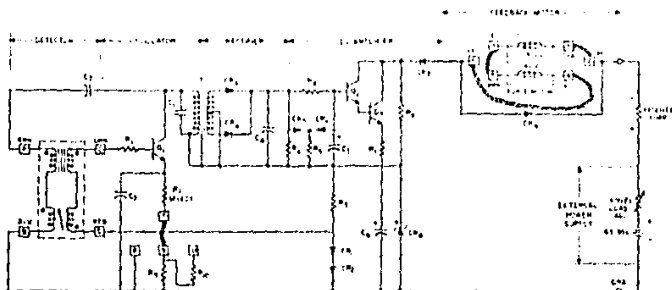


FIGURE 12

should be remote mounted. The remote-mounted amplifier can be located as far as 500 feet from the transmitter. With a remote amplifier the topworks can operate at temperatures of 250 F. The body of the transmitter can operate at temperatures of 375 F, and under most ambient conditions would not require removing the amplifier; however, the topworks temperature should be checked.

In operation (Figure 13), the detector determines the amplitude of oscillation of an oscillator in the transmitter amplifier assembly. The frequency of oscillation is not critical and is approximately 4 kHz. The output of the oscillator is fed through a transformer to a full wave rectifier and a filter circuit to a d-c current amplifier. The output of this amplifier is the 30 to 50 ma d-c output signal. The voice coil is in series with the output and generates a force sufficient to bring the force balance system into equilibrium.

The Zener diode CR5 establishes a fixed bias voltage for the oscillator which makes the oscillator insensitive to fluctuating supply voltage. The two diodes CR1 and CR2, are mainly intended as temperature compensation for Q1 and provide some bias on the base of Q1. The diode-resistance network at the base of Q2 provides an equal response time upscale and downscale for a given measurement change.



SPAN	RES.	RES. CO.	RES. CO.
100	1.0	1.0	1.0
10	1.0	1.0	1.0
1	1.0	1.0	1.0

SELECTION CHART FOR LOW RANGE CAPSCALE

SPAN	RES.	RES. CO.	RES. CO.
100	1.0	1.0	1.0
10	1.0	1.0	1.0
1	1.0	1.0	1.0

SELECTION CHART FOR MEDIUM RANGE CAPSCALE

SPAN	RES.	RES. CO.	RES. CO.
100	1.0	1.0	1.0
10	1.0	1.0	1.0
1	1.0	1.0	1.0

SELECTION CHART FOR HIGH RANGE CAPSCALE

8 PARTS SHOWN IN OTHER POSITIONS

FIGURE 13



FIGURE 14

The instrument loop is a series loop in which the transmitter actually acts as a current regulator, consequently all instruments in the loop are connected in series (power supplies, receivers, etc.). The transmitter is powered by a remote power supply, generally located with the panel board instruments.

CALIBRATION

Span selection is achieved by changing jumpers as illustrated in Figure 5 to the particular configuration desired (see the table in Figure 13). This involves changing the number of turns in the feedback coil or force motor.

Within the span selection setting, the desired span is accurately adjusted with a vector mechanism. By changing the angle of the vector (Figure 12), the ratio between the force exerted by the force bar to the translated vertical force changes, changing the span.

The instrument zero is adjusted by an external zero screw which adjusts a temperature-stable spring



FIGURE 15

placing a fixed bias pressure on the force-balance system. Span elevation or suppression is attained by a separate biasing kit mounted on the transmitter shown in Figure 14. The same kit is utilized whether span elevation or suppression is required. Similar to the zero screw adjustment, a fixed bias is imposed on the force-balance system.

Calibration of the instrument is accomplished in a minimum number of steps. After the span selection is made, two alternate adjustments between the zero screw and vector mechanism screws is all that is required in obtaining an accurate calibration. Both the zero and vector mechanism adjustments incorporate self-locking screws eliminating the problems associated with cam-borne lock nuts.

To obtain a reverse output calibration (0 to 10 ma d-c for metering measurement), a suppression elevation kit is required. With the span suppressed 100 percent and the process connection interchanged, a reverse output calibration can be achieved.

OPTIONAL EXTRA FEATURES

An external junction box with or without indicator, Figures 15 and 16, is a standard option with the electronic series of force-balance transmitters. The basic junction box and base housing is employed whether or not an indicator is supplied. The standard junction box enclosure is designed for Class I, Group C and D, Div. 1 locations. The same terminal board is utilized in all configurations including remote amplifier installation. The jacks to which the meter plugs into the terminal board serve as test jacks when an indicator is not desired (Figure 17). The test jacks are across a 10-ohm resistor in series with the 1 to 50 ma d-c signal. The indicator, which plugs into the test jacks (banana plugs on meter) is a millivolt meter, 0-500 millivolt input. The meter is available with optional scales and is standard with 0 to 100 percent of flow (square root scale) or 0 to 100 percent of output uniform. Accuracy of the meter is ± 2 percent of full scale.

Below steam tracing rods are available for the EIB Series Transmitters, where conditions warrant maintaining process temperature above a minimum value to avoid solidification of liquids. These conditions exist mainly where cold ambient temperatures exist. Two



FIGURE 16

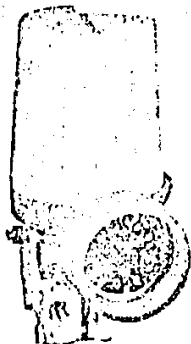


FIGURE 17

hollow 17-4 PH stainless steel studs replace two body bolts and are coupled together by tubing at one end of the transmitter as shown in Figure 18.

Optional capsule materials are available with the E13DM unit in drum-range capsule including Hastelloy C and Monel alloy construction.

Other options include transmitters cleaned and packaged for nuclear or oxygen service. 17-4 PH stainless steel cap screws and nuts through the body and process connectors are available for corrosive atmospheres. Bypass and 3-valve manifolds are available mounted to the transmitter when required for connection to process lines. For a remote-mounted amplifier either a general purpose or explosion-proof housing is available.

An integral flow orifice attachment is available for the E13DL, E13DM, and E13DH Series Transmitters and is shown in Figure 19 attached to the E13DM d/p Cell Transmitter. Small flow rates are measured by means of a choice of standard size orifices contained in the attachment.

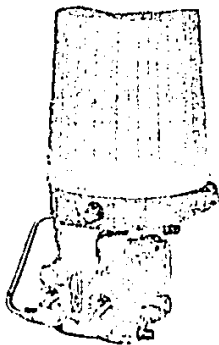


FIGURE 18

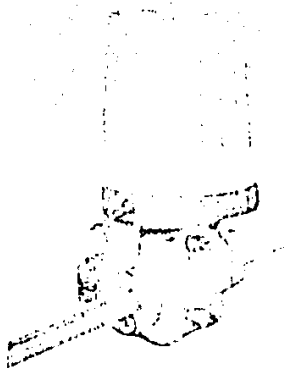


FIGURE 19

Other capsule fills are available upon request including those in Table IV.

TABLE IV

Optional Capsule Fill Fluids

- Mineral Oil
- Silicone Fluid (High Viscosity)
- Anderol
- Fluorolube
- Demineralized Water

SUMMARY

The E33 Series Force-Balance Transmitters measure differential pressure and transmit a proportional 10 to 50 ma d-c signal over a pair of transmission wires (also used as power leads) to receivers located up to several thousand feet away. The transmitter is actually a current regulator and effectively acts as a variable resistor in the series instrument loop shown in Figure 20.

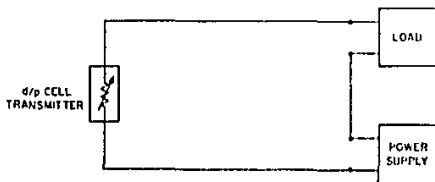
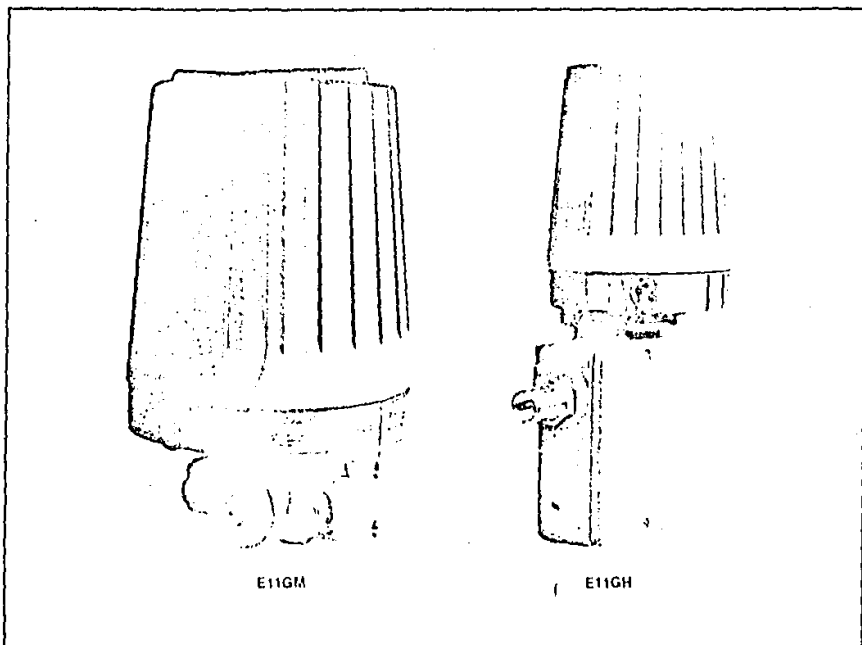


FIGURE 20



E11GM

E11GH

E11GM AND E11GH SERIES GAUGE PRESSURE TRANSMITTERS

These transmitters measure gauge pressure and transmit proportional 4 to 20 mA or 10 to 50 mA dc signals. They are two-wire transmitters which may be installed in ordinary or hazardous locations.

Two transmitters are available to provide wide range capability. The E11GM Series use one of five bellows elements ("modules") which are coded A through E to provide a measurement range from full vacuum up to 21 MPa (3000 psi or 200 bar or kg/cm²). Spans are available between 0.97 and 14 MPa, 10 and 2000 psi, or 0.7 and 140 bar or kg/cm².

The E11GH Series use one of two bourdon elements (coded L and H) for pressure measurements up to 80 MPa (12 000 psi or 800 bar or kg/cm²). Spans are available between 7 and 80 MPa, 1000 and 12 000 psi, or 70 and 800 bar or kg/cm².

In addition to wide range capability, these transmitters are designed for high overranges. Depending on the element, the maximum overrange limit is up to 1.5 times the upper range limit. (Refer to PSS 2A 1B3A for more information.)

PRINCIPLE OF OPERATION

The E11G Series Transmitters have two major assemblies. One is the weatherproof topworks housing which encloses an electromechanical force balance mechanism, the other is the body assembly (case for the E11GH) which encloses the measurement element (see Figures 1 and 2).

FOXBORO
CORPORATION

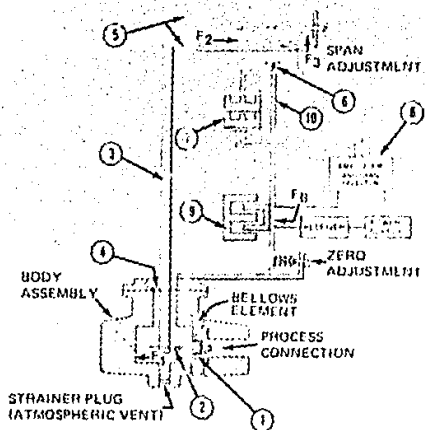


Figure 1.
Diagram of E11GM
and Force Balance Mechanism

The basic principle of operation is the application of the measurement (a force) to a force-balance system which through a feedback mechanism, remains in a state of equilibrium. Since motion in the lever system is very small, these transmitters feature excellent repeatability and minimum hysteresis. This force-balance mechanism is a modification of that introduced in the Foxboro d/p Cell Transmitter nearly 30 years ago. Many thousands of successful, trouble-free installations have demonstrated its exceptional dependability.

E11GM Series

Referring to Figure 1, the process pressure is applied to the outside of the bellows (1). This pressure becomes a force (F_1) on the force-bar (5) and is equal to the pressure times the effective area of the bellows. This force tends to make the force bar (5) want to pivot about the cobalt-nickel force-bar seal (4), transferring a force (F_2) to the vector assembly (6).

The force (F_2) transferred by the vector assembly to the secondary lever system (10) is dependent on the adjustable angle. Changing this angle adjusts the span of the instrument. At point (8), the secondary lever system pivots and moves a ferrite disc, part of the differential transformer (7) which serves as a detector. Any change in position of the ferrite disc changes the output of the differential transformer, determining the output of an oscillator (12). The oscillator output is rectified to a dc signal and ampli-

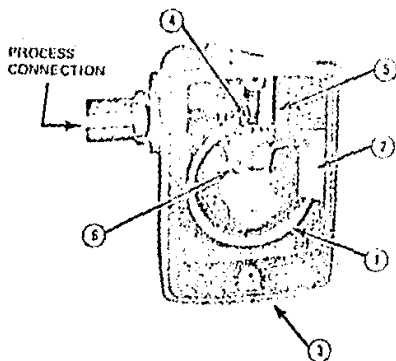


Figure 2. E11GH

fed, resulting in a 4 to 20 mA or 10 to 50 mA dc transmitter output signal. A feedback motor (9), in series with the output signal, exerts a force (F_2) proportional to the error signal generated by the differential transformer. This force rebalances the lever system. Accordingly, the output signal of the transmitter is directly proportional to the applied pressure with respect to atmosphere at the bellows element.

For any given applied gauge pressure, within the calibrated measurement range, the ferrite disc of the detector is continuously pivoting. This generates an output signal from the amplifier proportional to the measurement and keeps the force-balance system in a state of equilibrium.

E11GH Series

The operation of the E11GH Series is exactly the same as the E11GM Series, except that a bourdon element applies the force (F_1) to the force bar.

Referring to Figure 2, one end of the bourdon element (1) is welded to an integral connection block (2) which is mounted to the transmitter case (3). A ferrite disc (7) is welded to the other end of the element and is clamped to the force bar (5). The process connection is isolated from the integral connection block by an AISI Type 316 stainless steel (316 ss) tube (1). This arrangement protects the cast iron case from stresses induced by the process pressure.

Process pressure tends to straighten the bourdon element, thus applying a force to the force bar.

ELECTROMECHANICAL FORCE-BALANCE MECHANISM

The electromechanical force balance mechanism (functionally described in the "Principle of Operation" section) used in these transmitters is shown in Figure 3. This mechanism is designed to be stable, minimizing the effects of the position change and vibration. To ensure stability, the fulcrum points of both the primary lever system (consisting of the force bar and the vector assembly) and the secondary lever system are fixed. This allows for equalizing the mass of the feedback motor with a counterbalance weight. Temperature stability is enhanced by the use of Ni-Span C flexures and springs.

Moisture protection is provided by the liberal use of epoxy and polyurethane coatings, and encapsulated components and circuits.

The detector, shown in Figure 4, consists of two ferrite cores, one on top of the other. The air gap between the middle of the lower core and the bottom of the upper core is fixed. The ferrite disc is positioned over the upper core so that the effective air gap is equal to the one in the bottom core. Whenever the position of the disc changes, an error signal is produced. For example, if the ferrite disc shortens the air gap, the output of the detector increases, increasing the output of the oscillator. This would be the result of an increase in measurement.

The detector is protected against overranging by two means: First, the lever arm, upon overrange in either direction, is restricted by a stop; at the same time, the force bar engages the fixed overrange spring (shown in Figure 3) which absorbs the excess motion caused by overranging.

The vector assembly (Figure 5) is the fine span adjustment. The angle of the vector determines the force component transferred to the secondary lever system. As the angle of the vector increases, the vertical force transferred to the secondary lever system increases and has the effect of decreasing the span of the transmitter.

Normally, the amplifier is integrally mounted to the force-balance mechanism. However, if the ambient temperature exceeds 80°C (180°F), an optional remote amplifier must be used. This amplifier can be mounted up to 165 m (500 ft) from the transmitter. When the remote amplifier is used, the transmitter can operate in ambient temperatures up to 120°C (250°F). With the integrally mounted amplifier, the maximum allowable process temperatures are 150°C (375°F) and 120°C (250°F) for the E11GM and E11GH Series, respectively. However, at these elevated process temperatures, it is recommended that the topworks temperature be checked to determine the need for a remote amplifier.

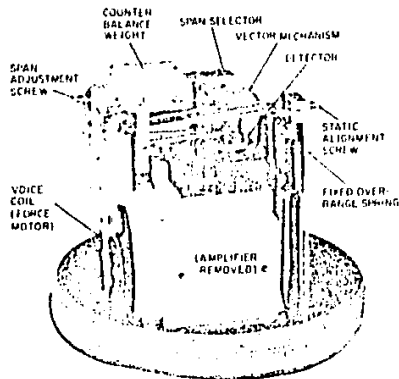


Figure 3.
Electromechanical Force-Balance Mechanism

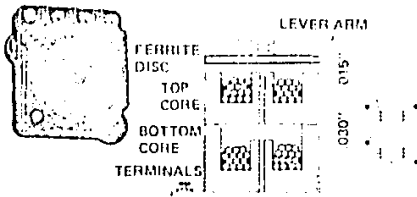


Figure 4. Detector

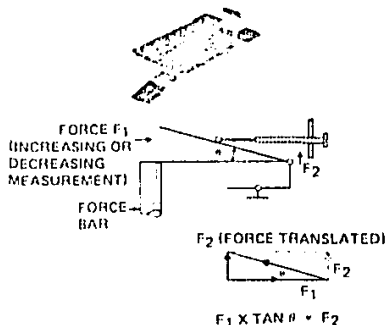


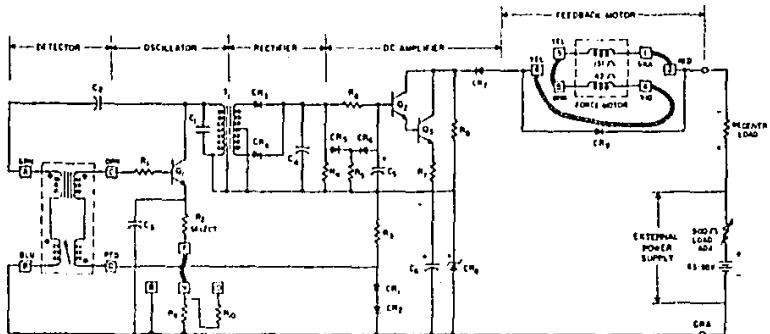
Figure 5. Vector Assembly

DEVELOPING THE OUTPUT SIGNAL

A circuit diagram is illustrated in Figure 6. Also shown in the figure are the jumper position charts for span selection. These jumpers are metal links located on a terminal board and are shown in Figure 7.

Referring to Figure 6, the detector determines the amplitude of oscillation of the oscillator. The frequency of oscillation is not critical and is approximately 4 kHz. The output of the oscillator passes through a transformer (T₁) and a full-wave rectifier circuit. The rectified dc signal is filtered and fed into the amplifier which provides the 4 to 20 mA or 10 to 50 mA dc output signal from the transmitter.

The Zener diode, CR₁, establishes a fixed bias voltage for the oscillator which makes the oscillator insensitive to fluctuating supply voltage. The two diodes, CR₁ and CR₂, are mainly intended as temperature compensation for Q₁, and provide some bias on the base of Q₁. The diode-resistance network at the base of Q₁ provides an equal response time upscale and downscale for a given measurement change. The measurement loop is a series loop in which the transmitter acts as a current regulator. Thus all components in the loop (power supply, receiver, etc.) are connected in series. Typical wiring diagrams are shown in Figure 8.



Span	High 40-80 psi	Medium 20-40 psi	Low 10-20 psi
Jumper*	1-2	1-2	1-3
Position	3-4	3-5	2-4
	5-6	4-6	5-6
	7-10	7-9	7-8

Selection Chart (for E11GM-C Capsule)

Span	High 100-200 psi	Medium 50-100 psi	Low 20-50 psi
Jumper*	1-2	1-2	1-3
Position	3-4	3-5	2-4
	5-6	4-6	5-6
	7-10	7-9	7-8

Selection Chart (for E11GM-F Capsule)

Span	High 200-400 psi	Medium 100-200 psi	Low 40-100 psi
Jumper*	1-2	1-2	1-3
Position	3-4	3-5	2-4
	5-6	4-6	5-6
	7-10	7-9	7-8

Selection Chart (for E11GM-G Capsule)

Span	High 500-1000 psi	Medium 250-500 psi	Low 100-250 psi
Jumper*	1-2	1-2	1-3
Position	3-4	3-5	2-4
	5-6	4-6	5-6
	7-10	7-9	7-8

Selection Chart (for E11GM-D Capsule)

Span	High 1000-2000 psi	Medium 500-1000 psi	Low 200-500 psi
Jumper*	1-2	1-2	1-3
Position	3-4	3-5	2-4
	5-6	4-6	5-6
	7-10	7-9	7-8

Selection Chart (for E11GM-E Capsule)

Span	High 4000-6000 psi	Medium 2000-4000 psi	Low 1000-2000 psi
Jumper*	1-2	1-2	1-3
Position	3-4	3-5	2-4
	5-6	4-6	5-6
	7-10	7-9	7-8

Selection Chart (for E11GM-Medium Range Element)

Span	High 8000-12 000 psi	Medium 4000-8000 psi	Low 2000-4000 psi
Jumper*	1-2	1-2	1-3
Position	3-4	3-5	2-4
	5-6	4-6	5-6
	7-10	7-9	7-8

Selection Chart (for E11GM-High Range Element)

*Jumpers shown in Medium Position

Figure 6.
Diagram of Electronic Circuitry
and Span Selection Charts

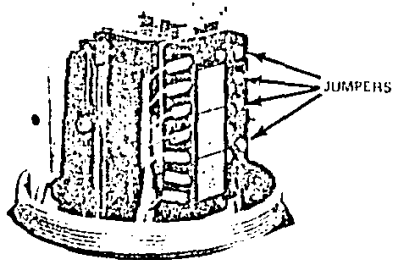


Figure 7. Span Jumpers

CALIBRATION

Span selection is made by changing the jumpers (shown in Figure 7) to the configurations listed in the charts in Figure 6. These configurations effectively change the number of turns in the feedback motor. Fine span adjustment is made by changing the angle of the vector assembly with a screwdriver.

Zero is also a screwdriver adjustment, easily accessible on the outside of the topworks base. Turning the ZERO screw changes the fixed bias force that the ZERO spring applies on the force balance mechanism.

Calibration of these transmitters involves a minimum number of steps. After the span selection is made, alternate adjustments between the ZERO screw and the fine SPAN screw are all that is required to make an accurate zero based calibration. Both screws have a nonslip feature.

SUPPRESSED ZERO AND ELEVATED-ZERO RANGES

Using the ZERO screw, the lower range value may be suppressed to a maximum of 200% of the element minimum span, depending upon the element selected. However, the lower range value plus the calibrated span must not exceed the upper range limit of the particular element.

Zero may be elevated to the lower range limit (full vacuum) for the E11GH Series. Elevated-zero ranges are not possible for the E11GM Series using the ZERO screw. Refer to PSS 2A-1B3 A for additional information.

A biasing kit is available to provide additional zero suppression for both transmitters and elevated-zero ranges for the E11GM Series. This kit is mounted on the top of the force balance mechanism, as shown in Figure 9. It functions similarly to the zero adjustment in that it applies a fixed bias on the force balance mechanism.

Using this kit, the lower range value may be suppressed to a maximum of 900% of the element minimum span for the E11GM Series, and 500% of the element minimum span for the E11GH Series. However, the sum of zero suppression plus calibrated span must not exceed the upper range limit of the element. Zero may be elevated to the lower range limit (full vacuum) for both transmitters with this kit.

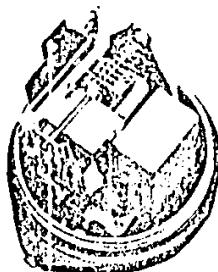
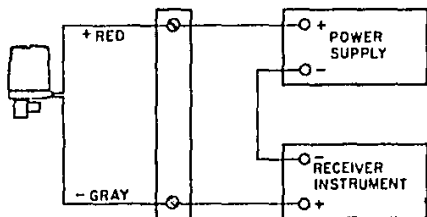
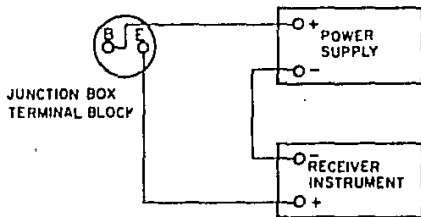


Figure 9.
Biasing Kit for Suppressed Zero
and Elevated-Zero Ranges



EXTERNAL CONNECTION BOX
(SUPPLIED BY USER)

WIRING FOR TRANSMITTER WITHOUT
OPTIONAL JUNCTION BOX



WIRING FOR TRANSMITTER WITH
OPTIONAL JUNCTION BOX

Figure 8. Typical Wiring Diagrams

TOPWORKS ENCLOSURE

The topworks enclosure consists of a base and a screw-on cover. These are low-copper aluminum die castings, finished with textured vinyl paint. The cover seats on a Buna-N O ring. This construction is weatherproof and dusttight as defined in IEC IP65, and provides the watertight protection of NEMA Type 4. In addition, the E 11G Series Transmitters are certified by most agencies for virtually all significant electrical classifications. (Refer to PGS 2A-1B3 A for additional information.)

OPTIONS

A wide variety of options enhances the versatility of these transmitters. Each of these options is described in detail in PGS 2A-1B3 A. However, three of the more popular options merit mentioning.

One is the bias kit for suppressed zero and elevated zero ranges described earlier.

Perhaps the most popular option is the external junction box, available either blind or with an indicating meter. These are shown in Figures 10 and 11.

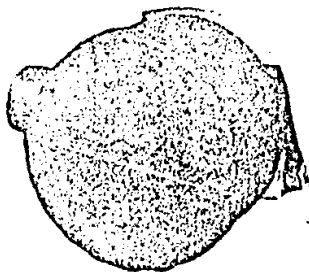


Figure 10. Junction Box, Blind

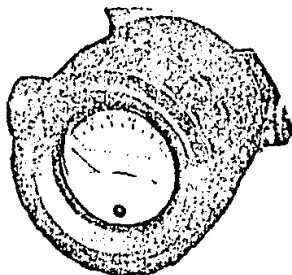


Figure 11. Junction Box With Meter

The basic junction box and base housing is the same whether or not an indicating meter is used. The terminal block, shown in Figure 12, is the same for all wiring configurations, including the optional remote amplifier. Note that there is a pair of test jacks in the terminal block. These jacks are provided for calibration checks in the field and function as receptacles for the plug-in meter.

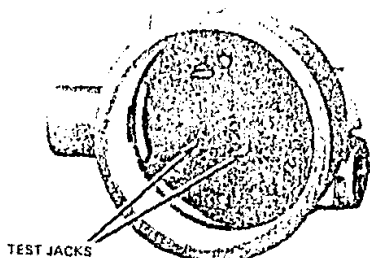


Figure 12.
Junction Box Terminal Block

Filled pressure seal systems broaden the application of these transmitters, particularly for elevated temperature processes. These systems are made up of the seal (remote sensor), capillary, fill fluid, and element. They are available in a variety of materials and are field-replaceable. A typical system is illustrated in Figure 13.

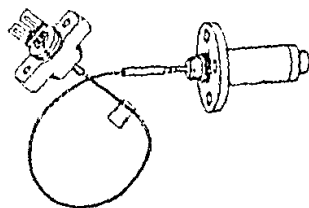


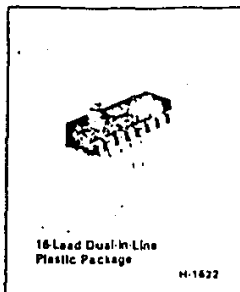
Figure 13.
Filled Pressure Seal System

dup Cell is a trademark of The Foxboro Company.
Hi-Span C is a trademark of Huntington Alloys, Incorporated.

A P E N D I C E C

Linear Integrated Circuits

CA3162E



A/D Converter for 3-Digit Display

Features:

- Dual-slope A/D conversion
- Multiplexed BCD display
- Ultra-stable internal band-gap voltage reference
- Capable of reading 99 mV below ground with single supply
- Differential input
- Internal timing - no external clock required

- Choice of low-speed [4-Hz] or high-speed [96-Hz] conversion rate
- "Hold" inhibits conversion but maintains delay
- Overrange indication - "EEE" for reading greater than + 999 mV, "-" for reading more negative than -99 mV when used with CA3161E BCD-to-Seven Segment Decoder/Driver

The CA3162E is an i^2L monolithic A/D converter that provides a 3-digit multiplexed BCD output. It is used with the CA3161E BCD-to-Seven-Segment Decoder/Driver* and a minimum of external parts to implement a complete 3-digit display.

The CA3162E is supplied in 16-lead dual-in-line plastic package (E suffix). The CA3162E is also available in chip form (H suffix).

*The CA3161E is described in RCA data bulletin File No. 1079.

TERMINAL ASSIGNMENT CA3162E

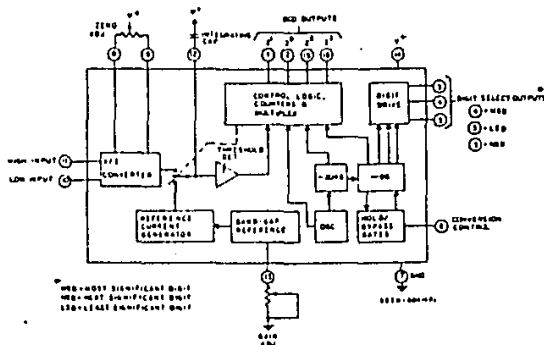
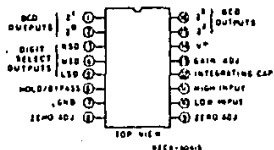


Fig 1 - Functional block diagram of the CA3162E.

MAXIMUM RATINGS, Absolute-Maximum Values:

DC SUPPLY VOLTAGE (between terminals 7 and 14)	+7 V
INPUT VOLTAGE (terminal 10 or 11 to ground)	±15 V
DEVICE DISSIPATION:	
Up to $T_A = 55^\circ\text{C}$	750 mW
Above $T_A = 55^\circ\text{C}$	operate linearly at 79 mW/°C
AMBIENT TEMPERATURE RANGE:	
Operating	0 to +75°C
Storage	-65 to +150°C
LEAD TEMPERATURE (DURING SOLDERING):	
At distance 1/16 ± 1/32 inch (1.59 ± 0.79 mm) from case for 10 seconds max.	+265°C

ELECTRICAL CHARACTERISTICS at $T_A = 25^\circ\text{C}$, $V^+ = 5\text{ V}$, Zero pot centered, gain pot = 2.4 k Ω unless otherwise stated

CHARACTERISTIC	TEST CONDITIONS	LIMITS			UNITS
		Min.	Typ.	Max.	
Operating Supply Voltage Range, V^+		4.5	5	5.5	V
Supply Current, I^+	100 k Ω to V^+ on terms. 3,4,5	—	—	17	mA
Input Impedance, Z_i		—	100	—	M Ω
Input Bias Current, I_{iB}	Terms. 10 and 11	—	-80	—	nA
Unadjusted Zero Offset	$V_{11} - V_{10} = 0\text{ V}$, read decoded output	-12	—	+12	mV
Unadjusted Gain	$V_{11} - V_{10} = 900\text{ mV}$, read decoded output	846	—	954	mV
Linearity	See Notes 1 and 2	-1	—	+1	Count
Conversion Rate:					
Slow Mode	Term. 6 = open or gnd	—	4	—	Hz
Fast Mode	Term. 6 = 5 V	—	96	—	
Conversion Control Voltage (Hold Mode) at Terminal 8		0.8	1.2	1.6	V
Common-Mode Input Voltage Range, V_{ICR}	See Note 3, 4	-0.2	—	+0.2	V
BCD Sink Current at terms. 1,2,15,16	$V_{BCD} > 0.5\text{ V}$, at logic zero state	0.4	1.8	—	mA
Digit Select Sink Current at terms. 3,4,5	$V_{\text{Digit Select}} = 4\text{ V}$ at logic zero state	1.6	2.5	—	mA
Zero Temperature Coefficient	$V_i = 0\text{ V}$, zero pot centered	—	10	—	μVPV
Gain Temperature Coefficient	$V_i = 900\text{ mV}$, gain pot = 2.4 k Ω	—	0.005	—	%/°C

Notes:

- Apply zero volts across V_{11} to V_{10} . Adjust zero potentiometer to give 000 mV reading. Apply 900 mV to input and adjust gain potentiometer to give 900 mV reading.
- Linearity is measured as a difference from a straight line drawn through zero and positive full scale. Limits do not include ±0.5 count bit digitizing error.
- For applications where negative terminal 10 is not operated at terminal 7 potential, a return path of not more than 100 k Ω resistance must be provided for input bias currents.
- The common-mode input voltage above ground cannot exceed +0.2 V of the full input signal range of 999 mV is required at terminal 11. That is, terminal 11 may not operate higher than 1.2 V positive with respect to ground or 0.2 V negative with respect to ground. If the maximum input signal is less than 999 mV, the common-mode input voltage may be raised accordingly.

Linear Integrated Circuits

CA3162E

Circuit Description

The functional block diagram of the CA3162E is shown in Fig. 1. The heart of the system is the V/I converter and reference-current generator. The V/I converter converts the input voltage applied between terminals 10 and 11 to a current that charges the integrating capacitor on terminal 12 for a predetermined time interval. At the end of the charging interval, the V/I converter is disconnected from the integrating capacitor, and a band-gap reference constant-current source of opposite polarity is connected. The number of clock counts that elapse before the charge is restored to its original value is a direct measure of the signal induced current. The restoration is sensed by the comparator, which in turn latches the counter. The count is then multiplexed to the BCD outputs.

The timing for the CA3162E is supplied by a 786-Hz ring oscillator, and the input at terminal 6 determines the sampling rate. A 5-V input provides a high-speed sampling rate (96 Hz), and grounding or

floating terminal 6 provides a low-speed (4 Hz) sampling rate. When terminal 6 is fixed at +1.2 V (by placing a 12 K resistor between terminal 6 and the +5-V supply) a "hold" feature is available. While the CA3162E is in the hold mode, sampling continues at 4 Hz but the display data are latched to the last reading prior to the application of the 1.2 V. Removal of the 1.2 V restores continuous display changes. Note, however, that the sampling rate remains at 4 Hz.

Fig. 3 shows the timing of sampling and digit select pulses for the high-speed mode. Note that the basic A/D conversion process requires approximately 5 ms in both modes.

The "EEE" or "-" displays indicate that the range of the system has been exceeded in the positive or negative direction, respectively. Negative voltages to -99 mV are displayed with the minus sign in the MSD. The BCD code is 1010 for a negative overrange (-) and 1011 for a positive overrange (EEE).

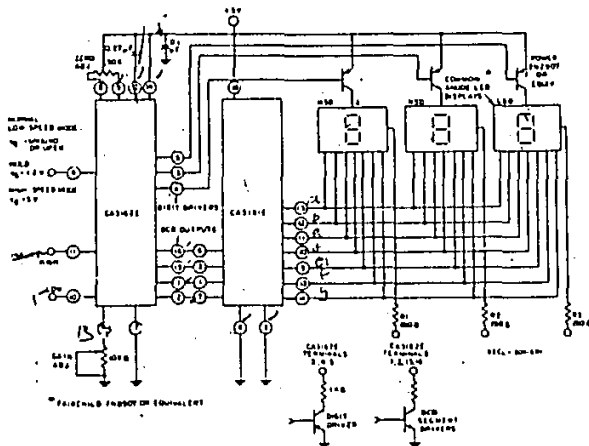


Fig. 2—Basic digital readout system using the CA3162E and the CA3161E.

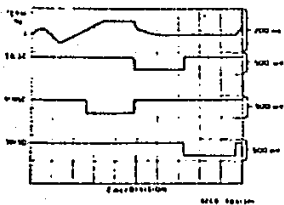


Fig. 3—High speed mode timing diagram

CA3162E Liquid Crystal Display (LCD) Application

Fig. 4 shows the CA3162E in a typical LCD application. LCD's may be used in

favor of LED displays in applications requiring lower power dissipation, such as battery-operated equipment, or when visibility in high ambient light conditions is desired.

Multiplexing of LCD digits is not practical, since LCD's must be driven by an ac signal and the average voltage across each segment is zero. Three CD4056B liquid-crystal decoder/drivers are therefore used. Each CD4056B contains an input latch so that the BCD data for each digit may be latched into the decoder, using the inverted digit-select outputs of the CA3162E as strobes.

Inverters G1 and G2 are used as an astable multivibrator to provide the ac drive to the LCD backplane, inverters G3, G4, and G5 are the digit-select inverters

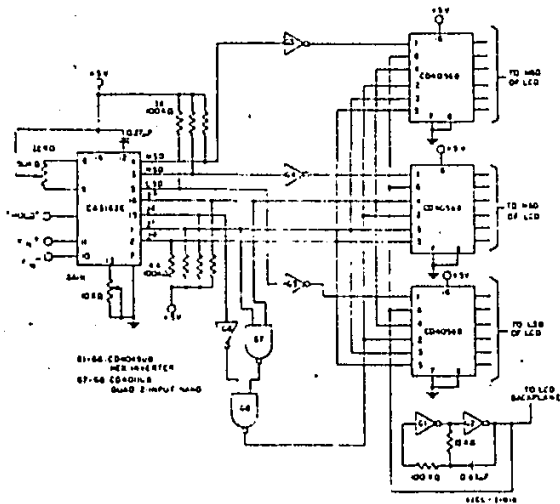


Fig. 4—Typical LCD application

Linear Integrated Circuits

CA3162E

and require pull-up resistors to interface the open-collector outputs of the CA3162E to COS/MOS logic. The BCD outputs of the CA3162E may be connected directly to the corresponding CD4056B inputs (using pull-up resistors). In this arrangement, the CD4056B decodes the negative sign (-) as an "L" and the positive overload indicator (E) as an "H".

CA3162E Common-Cathode, LED Display Application

Fig. 5 shows the CA3162E connected to a CD4511B decade driver to operate a common-cathode LED display. Unlike the CA3161E, the CD4511B remains blank for all BCD codes greater than nine. After 999 mV the display blanks rather than displaying EEE, as with the CA3161E. When

displaying negative voltage, the first digit remains blank instead of (-), and during a negative or positive overrange the display blanks.

The additional logic shown within the dotted area of Fig. 5 restores the negative sign (-), allowing the display of negative numbers as low as -99 mV. Negative overrange is indicated by a negative sign (-) in the MSD position. The rest of the display is blanked. During a positive overrange, only segment b of the MSD is displayed. One inverter from the CD4049B is used to operate the decimal points. By connecting the inverter input to either the MSD or NSD line either DP1 or DP2 will be displayed. Fig. 7 shows the P.C. board and component placement.

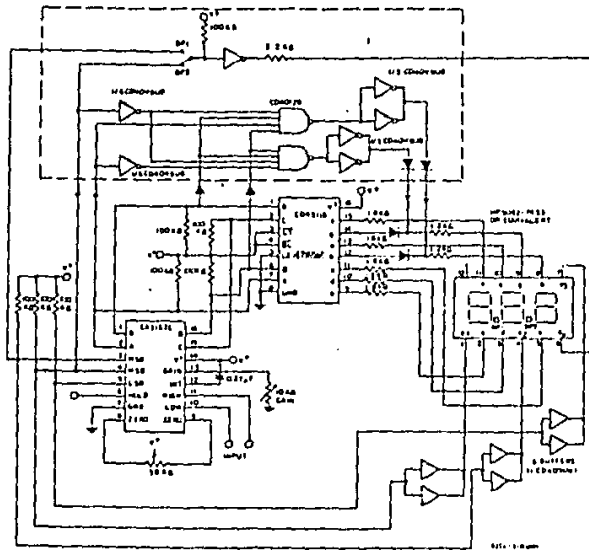
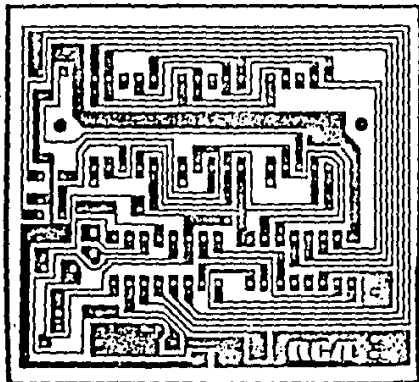
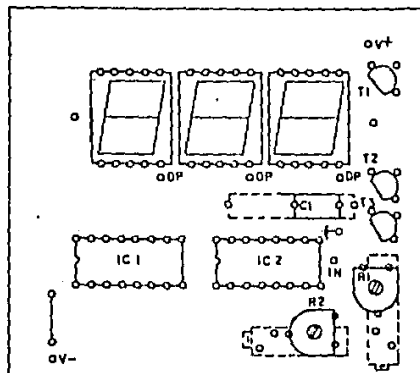


Fig. 5—Typical common-cathode LED application.



92CS-32442



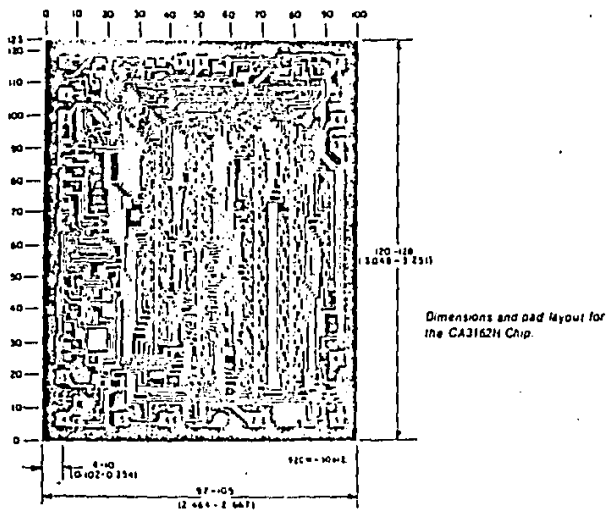
92CS-32493

Fig. 6—P.C. board* template (actual size $\pm 3\%$) and component layout guide for circuit shown in Fig. 2.

*P.C. board courtesy EFS, Velleman P.V.B.A., St. Amensberg, Belgium

Data Conversion Circuits

CA3162E



Dimensions in parentheses are in millimeters and are derived from the basic inch dimensions as indicated. Grid graduations are in mils (10^{-3} inch).

The photographs and dimensions of each Linear chip represent a chip when it is part of the wafer. When the wafer is cut into chips, the cleavage angles are 57° instead of 90° with respect to the face of the chip. Therefore, the isolated chip is actually 7 mils (0.17 mm) larger in both dimensions.