

ESCUELA POLITECNICA NACIONAL
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA

CONTROL ELECTRONICO DE CALDERAS EN
EN BASE A UN MICROCONTROLADOR

JOSE R. PUEBLA B.

TESIS PREVIA A LA OBTENCION DEL TITULO DE
INGENIERO ELECTRONICO EN LA ESPECIALIZACION
DE TELECOMUNICACIONES

ABRIL 1992

DEDICATORIA

A MIS PADRES Y HERMANOS POR SU
APOYO Y CONFIANZA.

AGRADECIMIENTO

Al Ing. Oswaldo Buitrón por la valiosa ayuda y su acertada dirección.

Al Ing. Adrián Peña, a mis amigos y a todas las personas que de una u otra manera colaboraron en el desarrollo del presente trabajo.

Certifico que la presente Tesis
ha sido elaborada en su totalidad
por el Sr. José R. Puebla B.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Oswaldo Buitrón', with a stylized flourish at the end.

Ing. Oswaldo Buitrón

INDICE

	PAG.
INTRODUCCION.....	i
CAPITULO I	
ASPECTOS GENERALES	
1.1 Definición de caldera.....	1
1.2 Partes constitutivas de la caldera.....	1
1.3 Clasificación de las calderas.....	4
1.4 Calderas tipo paquete.....	5
1.5 Funcionamiento de la caldera.....	7
1.5.1 Encendido y apagado.....	10
1.5.2 Seguridad.....	12
1.5.3 Operación.....	13
1.5.4 Mantenimiento.....	13
1.6 Operación automática de la caldera.....	14
1.6.1 Control de presión y temperatura.....	15
1.6.2 Control de nivel de agua.....	15
1.6.3 Control de aire.....	16
1.6.4 Control de seguridad de llama.....	16
1.6.4.1 Controlador.....	18
1.6.4.2 Controles límites y seguridad.....	18
1.6.4.3 Control primario.....	18
1.7 Secuencia básica del programador.....	19
1.7.1 Prepurga.....	20
1.7.2 Postpurga.....	21
1.7.3 Tiempo de encendido de llama principal.....	21
1.8 Características del microcontrolador.....	22
1.8.1 Unidad central de proceso.....	25
1.8.2 Temporizadores/Contadores.....	25
1.8.3 Interfaz de comunicación serial.....	31
1.8.4 Interrupciones.....	36
CAPITULO II	
DISEÑO DEL HARDWARE	
2.1 Diseño del circuito de potencia.....	43

2.1.1	Accionamiento de motores.....	43
2.1.2	Accionamiento de transformadores, válvulas solenoides y bomba de agua....	46
2.1.3	Circuito de apertura y cierre del del damper.....	47
2.1.4	Comando de encendido y apagado.....	51
2.1.5	Señalización.....	52
2.2	Diseño del circuito de control.....	56
2.2.1	Diseño de la fuente de poder.....	57
2.2.2	Selección de señales y conversión analógica/digital.....	61
2.2.3	Circuito microcontrolador.....	64
2.2.4	Circuito de displays.....	68
2.3	Circuito de transmisión de datos.....	73

CAPITULO III

DISEÑO DEL SOFTWARE

3.1	Programa principal.....	75
3.2	Control de condiciones iniciales.....	77
3.2.1	Subrutina de control inicial de nivel de agua.....	78
3.2.2	Subrutina de control inicial de presión	80
3.2.3	Subrutina de selección de modo de operación.....	82
3.2.3.1	Subrutina de modo de operación manual..	85
3.2.3.2	Subrutina de modo de operación automá- tico.....	87
3.3	Subrutina de tiempo de prepurga y postpurga.....	92
3.4	Subrutina de arranque del quemador.....	95
3.5	Subrutina de control de límites.....	95
3.6	Subrutina de chequeo de fotoresistencia.....	100
3.7	Subrutina de control del damper en posición de alto fuego.....	101
3.8	Subrutina de control del damper en posición de alto fuego.....	103
3.9	Subrutina de control de nivel de agua de la caldera en funcionamiento.....	104
3.10	Alarmas.....	105
3.10.1	Alarma por nivel de agua.....	107
3.10.2	Alarma por sobrenivel.....	109
3.10.3	Alarma por no apertura del damper.....	110
3.10.4	Alarma por no cierre del damper.....	110
3.10.5	Alarma por no presencia de llama.....	115
3.11	Transformación del valor a código BCD.....	115

3.12	Subrutina de indicación en displays.....	118
3.13	Subrutinas de tiempo de espera.....	118
3.13.1	Subrutina de tiempo de 1 segundo.....	120
3.13.2	subrutinas de tiempo de 10, 15, 20 y 50 segundos.....	122
3.14	Subrutinas de transmisión y recepción de datos..	122
3.14.1	Subrutina para el circuito microcontrolador.....	126
3.14.2	Subrutina para el computador personal..	127

CAPITULO IV

RESULTADOS EXPERIMENTALES, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1	Pruebas y resultados.....	132
4.2	Conclusiones y recomendaciones.....	136

BIBLIOGRAFIA.....	141
-------------------	-----

ANEXO A	Manual de uso.
ANEXO B	Listado del programa.
ANEXO C	Componentes del circuito.
ANEXO D	Especificaciones de los circuitos integrados.

INTRODUCCION

La producción de vapor de agua o de agua caliente se hace imprescindible en lugares como centros hospitalarios, lo cual se consigue mediante la utilización de calderas.

Cada uno de los componentes de la caldera, así como también las situaciones de peligro que se puedan dar en la caldera es necesario controlar, por lo que es de importancia la presencia de un controlador.

El presente trabajo pretende dar justamente una solución desde el punto de vista electrónico al control de la caldera, para lo cual se ha diseñado un sistema basado en un microcontrolador, que permite al operador manipular el funcionamiento de la caldera desde un equipo de control, además que le permita controlar aquellas situaciones que revisten peligro, las cuales se pueden presentar antes y durante el funcionamiento de la caldera, así como también detectar las fallas que puedan darse en la caldera con su correspondiente visualización en el panel de alarma establecido y alertar al operador mediante la activación de una alarma sonora.

Otra característica del sistema diseñado es que permite hacer un registro continuo de los valores de

presión y temperatura cuando la caldera está en funcionamiento, mediante la utilización del puerto serial del microcontrolador y la asistencia de un computador personal.

Es así como éste trabajo está distribuido en cuatro capítulos de la siguiente manera:

El primer capítulo se refiere a los aspectos generales, donde se detalla los tipos de calderas existentes, sus componentes y su funcionamiento. También se abordan aspectos de importancia del control diseñado, así como las características del microcontrolador utilizado.

El segundo capítulo corresponde al diseño de HARDWARE, donde se describe el diseño de los circuitos de potencia, del circuito de control y el circuito de transmisión de datos.

El tercer capítulo se refiere al diseño del SOFTWARE, esto es el programa que se grabará en el microcontrolador, donde se detalla de manera completa la secuencia del programa principal, así como de las subrutinas que se requieren para el control del funcionamiento de la caldera.

En el cuarto y último capítulo se plantean los resultados, conclusiones y recomendaciones generales que van a ser de utilidad a los interesados en éste trabajo.

CAPITULO I

ASPECTOS GENERALES

1.1 DEFINICION

Caldera es un recipiente cerrado en el cual el agua, bajo presión, se transforma en vapor por la aplicación de calor. Puede utilizarse para sistemas de fuerza, procesos industriales o calefacción, y en su forma más simple, para producir agua caliente para calefacción o uso general .

Las calderas son diseñadas para transmitir el calor procedente de una fuente externa (generalmente combustión de algún combustible), a un fluido contenido dentro de la caldera. Si este fluido no es agua ni vapor, por ejemplo aceites térmicos; la unidad se clasifica como vaporizador o simplemente calentador.

1.2 PARTES CONSTITUTIVAS DE UNA CALDERA

En forma general una caldera está constituida por los siguientes elementos:

- a.) Tambor o hervidor
- b.) Hogar

- d.) Tubos de agua
- e.) Equipos auxiliares

Cada uno de estos elementos cumple las siguientes funciones:

a) **TAMBOR O HERVIDOR**

El tambor o hervidor es un recipiente metálico cerrado al cual se le suministra agua y con la aplicación de calor se produce continuamente agua caliente o vapor.

b) **HOGAR O CAMARA DE COMBUSTION**

El hogar, fogón o cámara de combustión es el espacio localizado generalmente en la parte inferior de la caldera, en el cual se quema combustible y de donde parten los productos de combustión a pasos subsiguientes, y de estos al exterior por medio de la chimenea.

El Hogar de la caldera proporciona también protección y soporte para el equipo de combustión.

Por lo tanto el propósito fundamental del fogón u hogar es el permitir que funcionen quemadores con una alimentación adecuada de aire, dando así un proceso de

combustión completo.

c) TUBOS DE FUEGO

Aumentan el rendimiento del caldero al aumentar el área de contacto del agua con la fuente de calor. Además, distribuyen más uniformemente el calor producido por la combustión en toda la masa de agua.

d) TUBOS DE AGUA

Los tubos de agua son recipientes adicionales y similares al tambor de la caldera, pero más pequeños, se conectan entre sí mediante una serie de pequeños tubos por los cuales circula agua o agua combinada con vapor, el líquido que fluye por los tubos absorbe el calor proveniente de los gases de escape.

e) EQUIPOS AUXILIARES

Espejos o mamparas

El flujo de gases a través de la caldera está controlada por mamparas o deflectores, cuyo único objeto es dirigir el paso de los gases por los sitios más adecuados a fin de que el proceso de transferencia de

calor entre el agua y los gases sea más eficiente.

1.3 CLASIFICACION DE LAS CALDERAS /

Las calderas se clasifican de diversos modos, respondiendo a nombres que destacan sus cualidades más importantes, de esta manera y a modo de ejemplo se dan las siguientes clasificaciones:

a.) Según la posición relativa de los gases calientes y el agua.

1.- Acuotubulares

2.- Piro-tubulares

b.) Según la posición de los tubos

1.- Verticales

2.- Horizontales

3.- Inclina-dos

c.) Según la forma de los tubos

1.- Rectos

2.- Doblados

d.) Según el servicio que prestan.

1.- Fijas

2.- Portátiles

- 3.- Marinas
- 4.- Locomóviles.

e.) Según el tipo de combustible que emplean.

- 1.- Gas
- 2.- Petróleo
- 3.- Diesel
- 4.- Carbón, etc.

f.) Según el número de pasos.

- 1.- Un paso
- 2.- Dos pasos
- 3.- Tres o más pasos.

g.) Según el tipo de construcción.

- 1.- De paquete
- 2.- De montaje en campo.

h.) Según la posición del tambor.

- 1.- Horizontales
- 2.- Verticales.

1.4 CALDERAS TIPO PAQUETE Y SU UTILIZACION.

De la clasificación anterior puede verse que diferentes tipos de calderas pueden utilizarse para

cumplir diferentes funciones. De ahí que de acuerdo a los requerimientos de la industria local se ha determinado el uso de un solo tipo de caldera. La caldera para producción de agua caliente o de vapor debe cumplir los siguientes requisitos :

- 1.- Producción de vapor o de agua caliente en las cantidades requeridas para satisfacer la demanda.
- 2.- Instalación fácil, sencilla y disposición de locales limpios.
- 3.- Fácil de mantener.
- 4.- Tener el menor número de elementos de construcción.

Del conjunto de propiedades que se dan en la clasificación anterior, se puede sacar la siguiente denominación para el tipo de caldera utilizada normalmente en hospitales.

Caldera tipo paquete con tubos de agua (producción de agua caliente), tubos de fuego (producción de vapor), puede ser horizontal o vertical y quemar diesel y/o gas.

La caldera tipo paquete es un equipo construido y equipado para ser operado cuando las acometidas necesarias

son dadas, es decir es un conjunto de equipos, tales como: quemador, tambor, controles de operación, etc. acoplados directamente y probados en fábrica.

Las ventajas que trae consigo son su fácil ubicación y pronta puesta en operación; así como la facilidad de limpieza y mantenimiento.

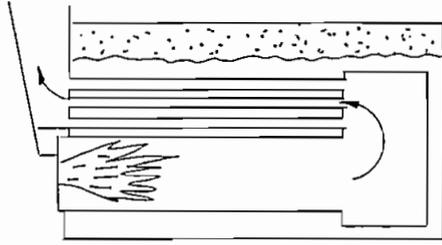
En la figura 1.1 pueden verse diferentes modelos de calderas tipo paquete para producción de vapor o agua caliente.

La figura 1.2 muestra el gráfico presión de vapor (PSI) vs. capacidad (LPH), para calderas de tubos de fuego y calderas de tubos de agua.

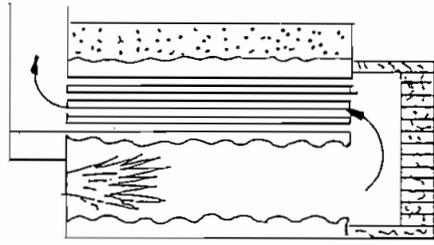
1.5 DESCRIPCION DEL FUNCIONAMIENTO DE UNA CALDERA.

El funcionamiento de una caldera se lo puede describir en las siguientes etapas:

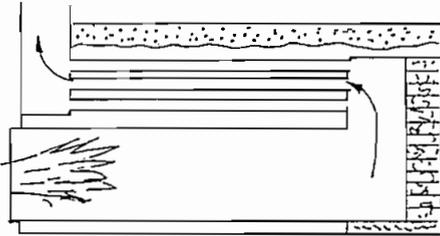
- 1.- Encendido y apagado
- 2.- Seguridad
- 3.- Operación
- 4.- Mantenimiento



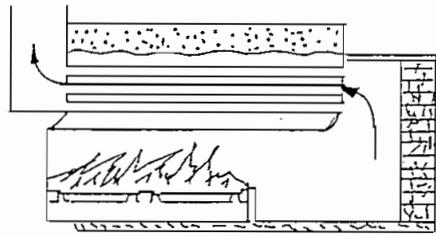
PARED HUMEDA DOS PASOS
ACEITE O GAS



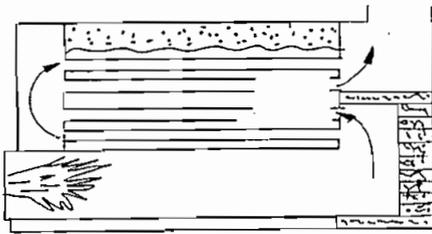
PARED SECA DOS PASOS
CAMARA CORRUGADA
ACEITE O GAS



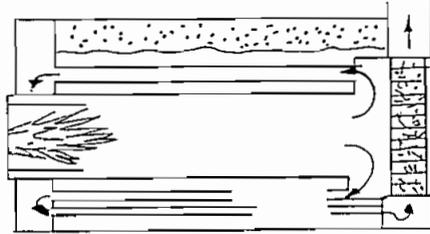
PARED HUMEDA DOS PASOS



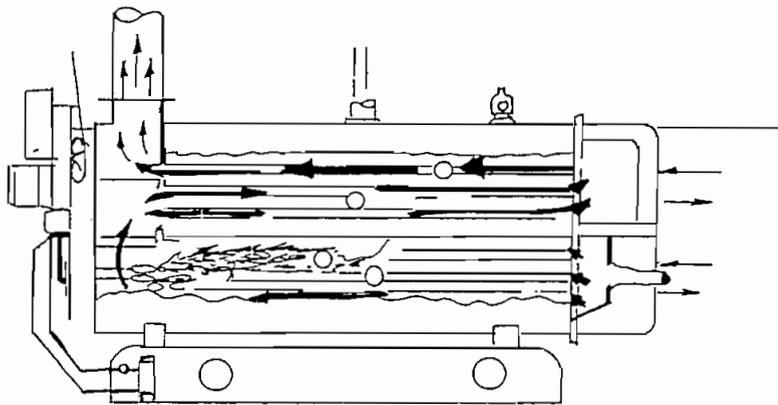
PARED SECA ACEITE O GAS CARBON



PARED SECA TRES PASOS
ACEITE O GAS



PARED SECA TRES PASOS
ACEITE O GAS



PARED SECA ACEITE
CUATRO PASOS

FIGURA Nº 1.1 Modelos de calderas tipo paquete

GENERADORES DE VAPOR

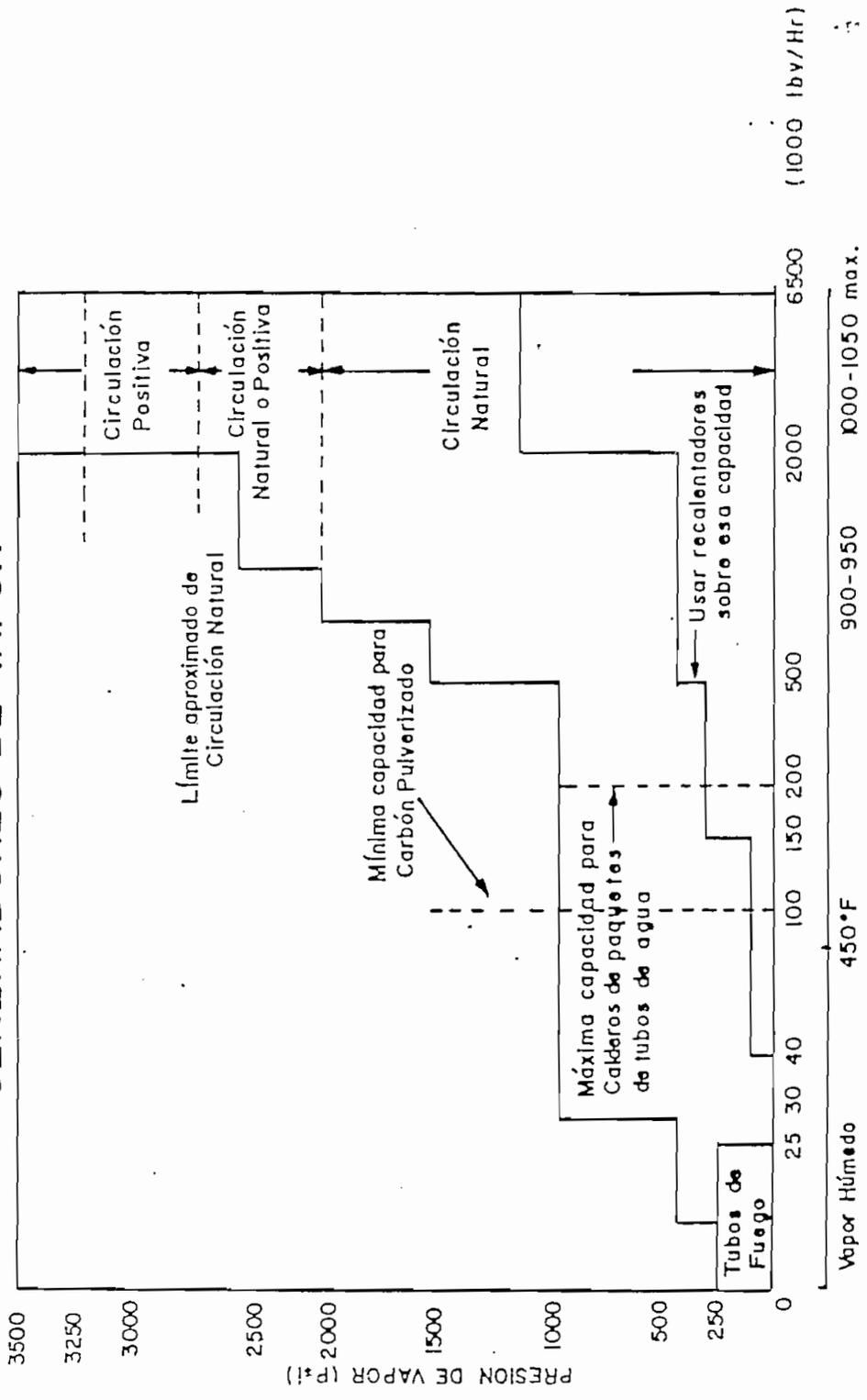


FIGURA NO 1.2 Gráfico Presión de vapor Vs. Capacidad

1.5.1 ENCENDIDO Y APAGADO

Para el encendido de la caldera, es necesario alcanzar una mezcla adecuada de aire y combustible que posibilite la combustión, de modo que se evite la formación de mezclas explosivas en el interior de la caldera. La presencia de llama es en este caso un indicador de que la mezcla de aire y combustible ha sido la adecuada.

Cuando se utilizan petróleos livianos (diesel) no es necesario un período de precalentamiento, ya que en nuestro medio no se presentan temperaturas muy bajas. Si se utilizan petróleos pesados (residuos), el período de precalentamiento es necesario para disminuir la viscosidad y permitir la fluidez a través de los conductos.

Si no existen fallas, la secuencia de encendido puede iniciarse con una prepurga, que tiene como fin introducir aire fresco, para expulsar cualquier posible acumulación de gases que formarían una mezcla explosiva. En forma similar, por la misma razón, al apagarse la llama, deberá existir un período de postpurga, períodos que serán detallados más adelante.

Para calderas de una capacidad mayor que 150 HP,

luego de la prepurga, debe iniciarse el período de prueba de la llama piloto; durante el cual, una chispa eléctrica trata de encender el combustible piloto (generalmente gas). Este combustible piloto es necesario, ya que la temperatura de una chispa no puede encender al petróleo; sólo la llama puede hacerlo.

Si no se produce la ignición en el período de prueba, la secuencia de encendido debe detenerse para evitar que la caldera se llene de gas, con peligro de explosión. Cualquier nueva tentativa de encendido deberá repetir la secuencia completa, para proporcionar una ordenada prepurga.

Si se produce la ignición dentro del período de prueba de llama piloto (10 seg.), la chispa debe apagarse y al mismo tiempo, debe abrirse la válvula del combustible principal. Si no enciende la llama principal la caldera debe apagarse y el flujo de combustible principal debe detenerse.

Si la llama principal se enciende, debe cerrarse la válvula de combustible piloto.

En calderas que no utilizan combustible piloto, el encendido de la caldera se lo hace en dos etapas (bajo

fuego y alto fuego). De igual manera que en el caso anterior, la secuencia de encendido debe iniciarse con una prepurga, para luego y dado que el equipo se encuentra frío, una primera etapa de encendido debe funcionar para calentar el agua hasta una temperatura (o presión) cercana a la de ebullición del agua, para evitar que las partes metálicas en contacto con el agua por el un lado y con el fuego por el otro lado se fragilizan.

Cuando esta temperatura ha sido alcanzada, una o más etapas de incremento de llama deben encenderse para darle mayor rapidéz a la producción de vapor.

1.5.2 SEGURIDAD

Para casos de emergencia, debe existir un interruptor, que al ser accionado, interrumpa la fuerza eléctrica de alimentación. Cuando por cualquier motivo, se apague la llama, debe inmediatamente apagarse la caldera, para evitar el derrame de combustible principal.

Además es importante que exista un sistema que apague la caldera cuando no existe un nivel adecuado de agua. La mayoría de explosiones ocurren por esta causa; ya que al no existir un flujo constante de agua, el vapor producido se recalienta y alcanza presiones muy altas.

Para las condiciones inseguras de operación deberá existir señales de alarma de modo que el operador pueda conocer la existencia de una falla.

1.5.3 OPERACION

Una caldera trabaja en óptimas condiciones cuando su funcionamiento es continuo, por lo que deben evitarse los apagones frecuentes, además, deberá funcionar en las condiciones de operación de presión y temperatura establecidas por el fabricante.

Cuando la caldera está en funcionamiento se deben controlar permanentemente todas aquellas condiciones inseguras, sean estas de presión, temperatura, nivel de agua, presencia o no de llama, etc.

Así por ejemplo, una caída en la presión de vapor indica que la alimentación de combustible deberá ser aumentada; por el contrario, si existe un aumento en la presión, esto indica que demasiado combustible está siendo suministrado y esta situación debe ser corregida.

1.5.4 MANTENIMIENTO

Cuando es necesario realizar reparaciones, éstas

nunca deberán ejecutarse cuando la caldera esté en funcionamiento.

No se debe permitir la acumulación de depósitos, ya que corroen las paredes interiores. Los residuos de petróleo pueden formar ácido sulfúrico al combinarse con el vapor a temperaturas menores de 300 grados centígrados, por lo que las limpiezas deben ser periódicas.

El agua que se utilice deberá ser convenientemente tratada, para eliminar toda sustancia corrosiva o impureza que pueda obstruir los conductos.

1.6 OPERACION AUTOMATICA DE LAS CALDERAS

El grado de control automático se hace posible por el uso de monitores de seguridad los cuales controlan cada paso de la operación. Esto se acompaña por medio de dispositivos sensores o transductores que detectan condiciones anormales, incluyendo el apagado de la llama, alta presión, bajo nivel de agua, alta temperatura y baja presión de combustible.

Los controles automáticos de este tipo pueden ser aplicadas a unidades de todo tamaño.

1.6.1 CONTROL DE PRESION Y TEMPERATURA

Las calderas de acuerdo con su clasificación y características deben trabajar en las condiciones de operación de presión y temperatura del vapor establecidas por los fabricantes. Si una caldera trabaja a una presión y/o temperatura menor a las especificadas en el diseño, su rendimiento no alcanzará los niveles deseados, por el contrario, una caldera jamás debe trabajar sobre su presión y/o temperatura de diseño. Por esta razón se requieren de controles confiables de las condiciones de trabajo.

1.6.2 CONTROL DE NIVEL DE AGUA

En calderas donde el nivel de líquido debe mantenerse en un punto específico para garantizar una operación segura y evitar situaciones peligrosas, es necesario la instalación de un control que permita ejecutar múltiples acciones bajo la dependencia de una sola variable.

Dentro de los diferentes tipos de control de nivel de agua se tienen dos principales: tipo electrodos y tipo flotador.

1.6.3 CONTROL DE AIRE

Cuando el encendido de la caldera es en etapas (bajo fuego y alto fuego) es necesario regular automáticamente la entrada de aire a la cámara de combustión, pues en la etapa de alto fuego se requerirá una mayor cantidad de aire en la cámara para mantener adecuadamente la mezcla de aire y combustible.

Esta regulación de aire se lo hace adicionando a la caldera una ventanilla conocida como DAMPER.

El control de aire también es importante en el período de purga de la caldera, es decir cuando los excesos de combustible o restos de humo que han quedado de una operación anterior son eliminados por el ventilador, esta eliminación se hace con el DAMPER en posición de alto fuego.

1.6.4 CONTROL DE SEGURIDAD DE LLAMA

Se entiende por control de llama al sistema que cubre todos los controles con sus quemadores y equipos asociados.

Un quemador es simplemente un elemento para convertir

combustible en una energía de calor utilizable.

Estos sistemas deben ser rápidos en la detección de falla de llama de modo que se pueda cortar inmediatamente el paso de combustible. Aparte de la velocidad, se necesitan equipos confiables por razones de seguridad y economía, debido a que la pérdida del quemador puede resultar muy costosa.

Los sistemas modernos de seguridad de llama en las calderas comerciales o industriales cumplen las siguientes funciones:

- Proveen una operación de arranque y parada del quemador (CONTROLADOR).
- Arrancan el quemador de acuerdo a la secuencia correcta y supervisan la llama de quemador durante la operación (CONTROL PRIMARIO).
- Protegen el sistema contra condiciones excesivas de presión y temperatura (LIMITES Y CORTES).

1.6.4.1 CONTROLADOR

El controlador puede usar un elemento sensor automático de temperatura o presión, diseñado para operar al quemador y para mantener valores límites de presión, temperatura de agua o temperatura de aire.

1.6.4.2 CONTROLES LIMITES Y SEGURIDAD

Para chequear el controlador y proveer un límite máximo más allá del cual el quemador no debe seguir operando, debe proveerse un control límite que responda a la presión o a la temperatura.

En calderas de vapor también se hace necesario un límite de bajo nivel de agua para cortar la operación del quemador cuando dicho nivel cae debajo de los límites de seguridad.

1.6.4.3 CONTROL PRIMARIO

El control primario, es el sistema de control y seguridad en la operación de la caldera y del quemador, este convierte las señales provenientes del detector de llama, controladores, interbloques y límites, en una secuencia de operación segura que permite mantener

estables las condiciones de operación del quemador. Las funciones del control primario son :

- a) Ordena las operaciones de arranque, trabajo y corte del quemador o quemadores.
- b) Supervisa la presencia de llama en el hogar y corta el suministro de combustible si no está presente.
- c) Autocontrola las condiciones de operación inseguras . Si estas condiciones están presentes el sistema no arranca.

La figura 1.3 indica en forma esquemática las señales de entrada y salida de un control primario básico.

1.7 SECUENCIA BASICA DEL PROGRAMADOR

El Programador de seguridad de llama generalmente provee las siguientes secuencia de control del quemador:

- Prepurga
- Tiempo de encendido para el piloto
- Tiempo de encendido para la llama principal

-Post-purga

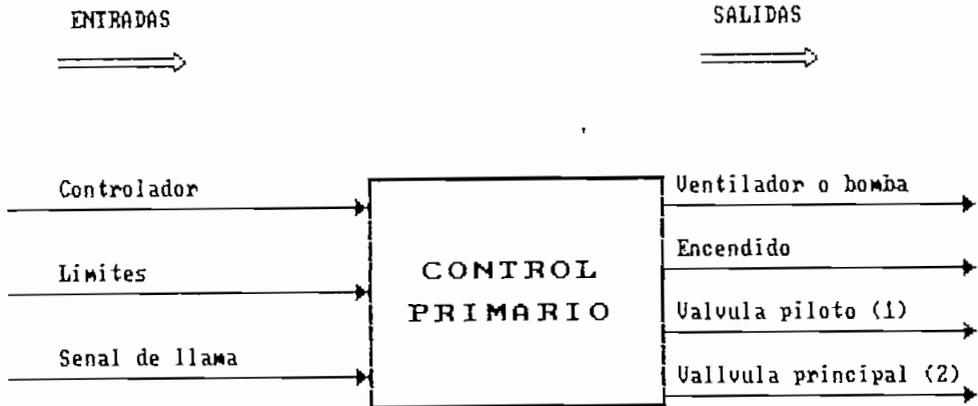


FIGURA Nº 1.3 Señales del Control Primario

1.7.1 PREPURGA

La prepurga es una fase que se cumple durante un período de tiempo, en el arranque, cuando el motor del quemador o el ventilador solamente, trabajan para enviar aire a través de la cámara de combustión, tubos de fuego y chimenea para purgar cualquier gas combustible que pueda haberse acumulado durante la última operación del quemador. La purga del sistema del quemador asegura que NO quede combustible acumulado que pueda causar una explosión o incendio cuando arranque el quemador.

1.7.2 POST-PURGA

La post-purga es la fase que debe cumplirse en un período de tiempo después que el quemador se para, y corresponde a la etapa en la que el motor del quemador o el ventilador continúa trabajando para expulsar todos los productos de la combustión, como así también el combustible no quemado, de la cámara de combustión después del trabajo del quemador. Comúnmente es usada en los quemadores rotativos horizontales para purgar la línea de aceite y la taza, previniendo descargas de aceite no atomizado y no quemado dentro de la cámara de combustión después de la parada del quemador. También es usada en quemadores de gas de grandes capacidades.

1.7.3 TIEMPO DE ENCENDIDO DE LA LLAMA PRINCIPAL

El tiempo de encendido de la llama principal es el período de tiempo, durante la secuencia de arranque, en el cual la válvula de corte de combustible principal permanece abierta. (ya el piloto está prendido y detectado), antes de que el detector de llama tenga que supervisar la llama principal del quemador. El período de encendido de la llama principal permite tiempo suficiente para que la llama del quemador principal se establezca antes de que el piloto se corte (piloto interrumpido),

asegurando que el detector de llama este detectando la llama del quemador principal y no la del piloto. La figura 1.4 indica los términos utilizados en la definición de la secuencia de los programadores.

1.8 CARACTERISTICAS DEL MICROCONTROLADOR A UTILIZAR

En el presente trabajo, el microcontrolador cumple un rol fundamental, pues es aquí donde se almacena y procesa toda la información que hace posible el control de todas las etapas de funcionamiento de la caldera.

El microcontrolador que se ha decidido utilizar en este trabajo es el 8751H de tecnología HMOS del fabricante INTEL, cuyas características principales son:

- Dispone de 128 bytes de memoria interna de datos (RAM).
- Dispone de 4K bytes de memoria interna para programas, que puede ser borrado por incidencia de luz ultravioleta para ser reprogramado (EPROM).
- CPU de 8 bits.

- Oscilador y circuito de reloj incorporado, solo se requiere de un cristal en conexión externa.

Secuencia

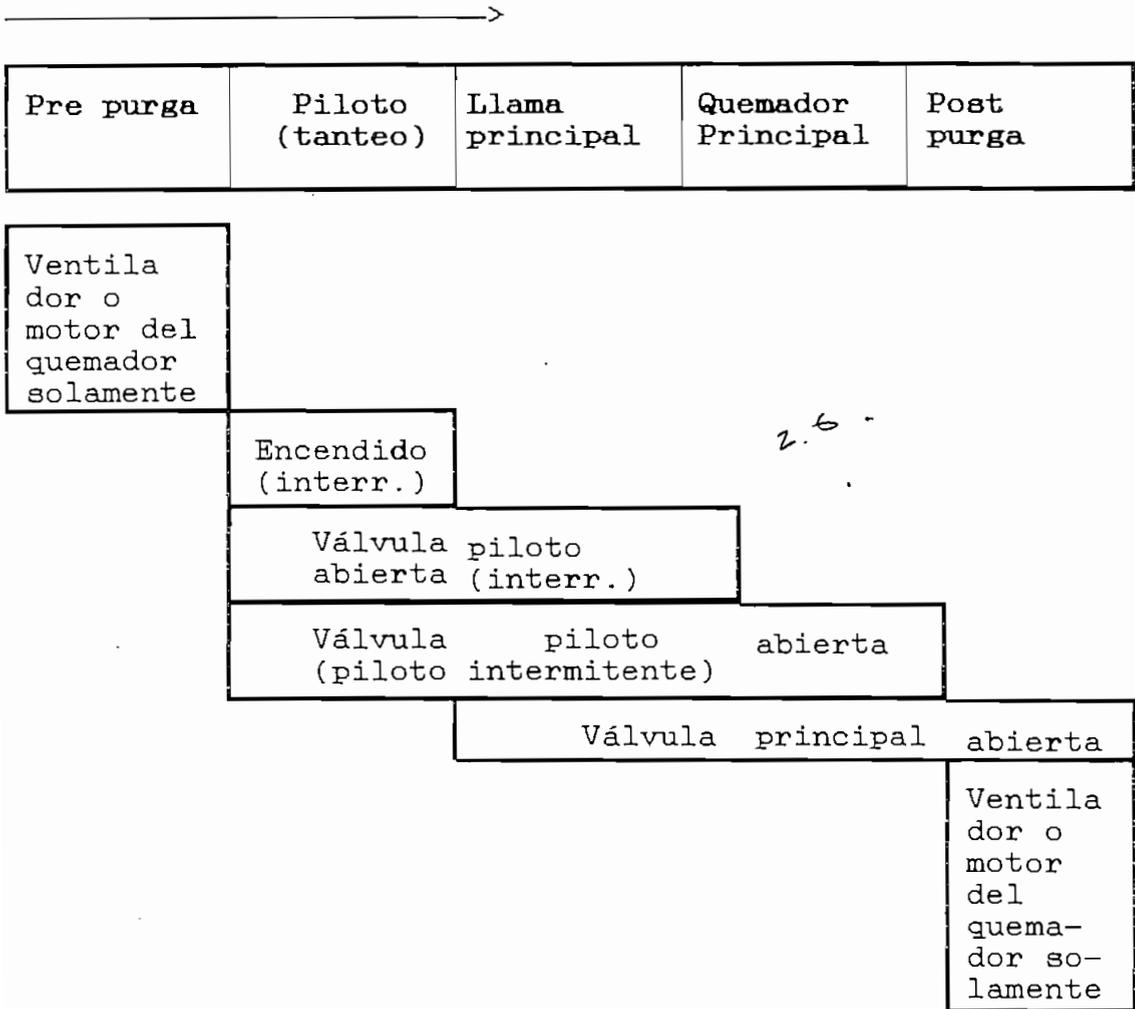


FIGURA Nº 1.4 Secuencia del programador

- 32 líneas de entrada y/o salida programables, distribuidos en cuatro puertos de 8 bits cada uno.
- 2 temporizadores/contadores internos de 16 bits.
- Direccionamiento de 64K bytes de memoria RAM externa.
- Direccionamiento de 64K bytes de memoria ROM externa.
- 5 niveles de interrupciones con 2 estructuras de prioridad.
- Canal de comunicación serial Full-Duplex programable.
- Procesador booleano.
- 111 instrucciones.
- Permite acceso directo a nivel de bits.
- Encapsulado de 40 pines.

1.8.1 UNIDAD CENTRAL DE PROCESOS (CPU)

Consta de la Unidad Aritmética y Lógica (ALU) de 8 bits que tiene las siguientes funciones:

Aritméticas: Suma, Resta, Multiplicación y División

Lógicas: AND, OR, XOR, ROTACION (DESPLAZAMIENTO), CLEAR, COMPLEMENTO (NOT).

La ALU puede manipular tipos de datos de bit de la misma manera que bytes por ser booleano, entonces bits individuales pueden ser puestos en 1L, borrados, complementados, movidos, monitoreados y utilizados en cálculos lógicos.

1.8.2 TEMPORIZADORES / CONTADORES (TIMER/COUNTER).

Los dos Temporizadores/Contadores que se encuentran en el microcontrolador 8751H son controlados mediante registros de propósito especial, uno de control del temporizador/contador conocido como TCON y otro que controla el modo de operación conocido como TMOD.

Registro de Control de Temporizador/Contador.

Este es un registro direccionable por bit, y en él se encuentran las banderas de los dos timers. Además de los bits de control de interrupciones externas.

La figura 1.5 muestra la configuración del registro de control de temporizador/contador.

TF1	TR1	TFO	TRO	IE1	IT1	IE0	IT0
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

FIGURA 1.5 Registro de control de Temporizador/Contador

TF1 TCON.7 : Bandera de sobreflujo del Temporizador 1.

TR1 TCON.6 : Bit de control de arranque de Temporizador 1

TFO TCON.5 : Bandera de sobrefujo del Temporizador 0.

TRO TCON.4 : Bit de control de arranque de Temporizador 0

IE1 TCON.3 : Bandera de interrupción externa 1.

IT1 TCON.2: Bit de control de tipo de interrupción.
 Cuando éste bit se encuentra en 0 lógico,
 la interrupción 1 es disparada cuando se

detecta un nivel lógico bajo en el pin INT1. Si $IT1 = 1$, la interrupción 1 es disparada cuando se detecta un flanco en el pin de INT1.

IE0 TCON.1: Bandera de interrupción externa 0.

IT0 TCON.2: Bit de control de tipo de interrupción. Cuando este bit se encuentra en 0 lógico, la interrupción 0 es disparada cuando se detecta un nivel lógico bajo en el pin INTO.

Si $IT0 = 1$, la interrupción 0 es disparada cuando se detecta un flanco en el pin de INTO.

Registro de modo de operación de Temporizador/Contador.

La figura 1.6 muestra la configuración del registro de modo de operación de los Temporizador/Contador.

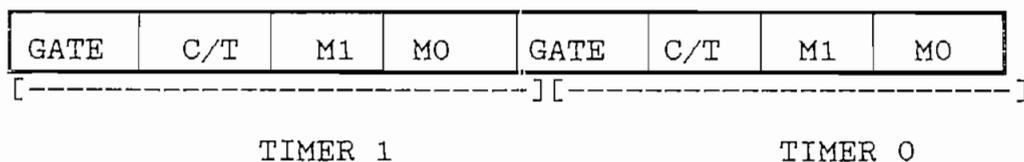


FIGURA 1.6 Registro de Modo de Operación de Temporizador/Contador

GATE : Control de compuerta.
Cuando GATE = 1 , Temporizador/Contador "x"
(x puede ser 0 o 1, según se trate del
timer 0 o timer 1) está habilitado cuando
el pin "INTx" = 1 y el bit de control "TRx"
= 1; en este caso se tiene un control
por Hardware. Cuando GATE = 0,
Temporizador/Contador está habilitado
solamente cuando "TRx" = 1; en este caso se
tiene un control por software.

C/T : Selector de Temporizador o Contador.
Para operación como temporizador se coloca
en cero (entrada desde el sistema interno
de reloj) y para operación como contador
se coloca en uno (entrada desde el pin de
entrada Tx).

M1 : Bit más significativo de selección de modo.

M0 : Bit menos significativos de selección de modo.

La tabla 1.1 nos indica la selección del modo de
operación mediante combinaciones de M1 y M0.

M1	M0	MODO
0	0	Modo 0
0	1	Modo 1
1	0	Modo 2
1	1	Modo 3

TABLA 1.1 Selección de modo de operación

Modo 0 : En este modo, el registro del timer es configurado como un registro de 13 bits. Cuando todos los bits son 1s, pasarán a ceros, activándose la bandera de interrupción del timer TFX. Los 13 bits del registro están distribuidos en 8 bits de THx y los 5 bits menos significativos de TLx, los 3 bits más significativos de TLx son indeterminados, por lo que serán ignorados.

Modo 1 : El modo 1 es igual que el modo 0, con la consideración de que el registro del timer está corriendo con los 16 bits.

Modo 2 : El modo 2 configura el registro del timer como un contador de 8 bits (TLx), con recarga automática. Cuando se llena de 1s el registro TLx, se llega al sobreflujo activándose la

bandera TFx, pero también recarga TLx con el contenido de THx, con lo cual es preseteado por software, la recarga deja a THx sin alterar.

Modo 3 : Para el timer 1, simplemente muestra la última cuenta. El efecto es el mismo que si se hubiese reseteado el bit de puesta en marcha (TR1 = 0) de timer 1.

En el caso del timer 0 establece a TLO y THO como dos contadores independientes de 8 bits. En el modo 3 el registro TLO utiliza los bits de control del timer 0 (C/T, GATE, TRO, INTO, TFO), por otro lado el THO utiliza los bits de control TR1 y TF1 que corresponden al timer 1. En este caso THO controla la interrupción del timer 1. Cuando el timer 0 está en modo 3, el timer 1 puede ser activado o detenido seleccionando el modo 3 para sí mismo. El timer 1 en este modo puede ser usado como generador de velocidad de transmisión en el puerto serial o también en cualquier aplicación que no requiera de una interrupción.

1.8.3 INTERFAZ DE COMUNICACION SERIAL

Internamente dispone de un registro de propósito especial para escritura conocido como SBUF (buffer de comunicación serial) y de un registro para lectura también SBUF. Por ser de característica 'FULL-DUPLEX, se puede realizar simultáneamente la transmisión y recepción.

1.8.3.1 MODOS DE OPERACION

El puerto serial puede trabajar en 4 modos, así:

Modo 0 : Los datos seriales ingresan a través del pin de recepción RxD y salen a través del pin de transmisión TxD, 8 bits son transmitidos o recibidos (primero el bit menos significativo LSB).

La frecuencia del oscilador fija la frecuencia de transmisión.

La velocidad de transmisión (Baud Rate) está dado por:

$$\text{BAUD RATE} = \frac{\text{Frecuencia del oscilador}}{12}$$

Modo 1 : Se transmiten 10 bits a través de **TxD** y se reciben 10 bit a través de **RxD**.

El formato de transmisión es:

1 bit de inicio (**start**), 8 bits de datos y 1 bit de parada (**stop**).

Cuando se utiliza el timer 1 como generador de baud rate, la velocidad de transmisión está dado por:

$$\text{BAUD RATE} = \frac{2^{\text{SMOD}}}{32} * (\text{Timer 1 overflow rate})$$

Donde :

SMOD : es el modo de operación.

Timer 1 overflow rate : es el valor que requiere para activar la bandera de sobreflujo del

temporizador 1.

Modo 2 : Se transmiten 11 bits a través de TxD o se reciben 11 bits a través de RxD.

El formato de transmisión es :

1 bit de inicio, 8 bits de datos, 1bit de paridad (programable) y 1 bit de parada.

La velocidad de transmisión está dado por:

$$\text{BAUD RATE} = \frac{2^{\text{SMOD}}}{64} * \text{Frecuencia del oscilador}$$

Modo 3 : Se transmiten 11 bits a través de TxD o se reciben 11 bits a través de RxD.

El formato de transmisión es :

1 bit de inicio, 8 bits de datos, 1bit de paridad (programable) y 1 bit de parada.

La velocidad de transmisión está dado por:

$$\text{BAUD RATE} = \frac{2^{\text{SMOD}}}{32} * (\text{Timer 1 overflow rate})$$

El puerto serial está controlado por un registro de propósito especial de 8 bits conocido como SCON.

Registro de control del Puerto Serial (SCON).

Este registro contiene los bits de selección del modo de operación, además los bits de interrupción del puerto serial y el bit de control del estado, del noveno bit de datos (bit de paridad).

La figura 1.7 muestra la configuración del registro de control del puerto serial.

SM0	SM1	SM2	REN	TB8	RB8	TI	RI
-----	-----	-----	-----	-----	-----	----	----

FIGURA 1.7 Registro de Control del Puerto Serial.

SM0 : Bit más significativo de selección de modo.

SM1 : Bit menos significativos de selección de modo.

La tabla 1.2 nos indica la selección del modo de operación, mediante combinaciones de SM1 y SM0.

SM1	SM0	MODO
0	0	Modo 0
0	1	Modo 1
1	0	Modo 2
1	1	Modo 3

TABLA 1.2 Selección de modo de operación

SM2 : Bandera puesta en 1L por software para deshabilitar la recepción de datos para los cuales el noveno bit es 0, en los modos 2 o 3 de operación.

REN : Puesta en 1L por software para habilitar la recepción serial. Borrado (clear) por software para deshabilitar la recepción serial.

TB8 : Puesta en 1L/Borrado por hardware para determinar el estado del noveno bit de datos transmitido en los modos de operación 2 o 3. Los 8 bits de información se almacenan en el SBUF y el noveno bit se almacena en TB8, es aquí donde se accede a este bit, que es el bit de

paridad transmitido.

RBS : Puesta en 1L/Borrado por hardware para determinar el estado del noveno bit de datos recibido en los modos de operación 2 o 3.

Los 8 bits de información se almacenan en el SBUF y el noveno bit se almacena en RBS, es aquí donde se accede a este bit, que es el bit de paridad recibido.

TI : Bandera de interrupción para transmisión.

RI : Bandera de interrupción para recepción.

1.8.4 INTERRUPCIONES

El microcontrolador 8751H tiene 5 niveles de interrupciones con 2 estructuras de prioridad.

Consta de un registro para la habilitación de interrupciones y de un registro de prioridad de interrupciones.

Registro de habilitación de interrupciones

Este es un registro direccionable por bits, pues tiene el control total sobre todas las interrupciones.

La figura 1.8 muestra la configuración del registro de habilitación de interrupciones.

EA	--	ET2	ES	ET1	EX1	ETO	EXO
----	----	-----	----	-----	-----	-----	-----

FIGURA 1.8 Registro de Habilitación de interrupciones.

- EA IE.7 : Deshabilita todas las interrupciones.
Si EA = 0 , ninguna interrupción será reconocida. Si EA = 1 , cada fuente de interrupción es individualmente habilitada o deshabilitada, colocando o borrando su respectivo bit de habilitación.
- IE.6 : No implementado.
- ET2 IE.5 : Habilita o deshabilita la interrupción de sobreflujo del timer 2 en el caso del microcontrolador 8052.
- ES IE.4 : Habilita o deshabilita la interrupción del

puerto serial.

ET1 IE.3 : Habilita o deshabilita la interrupción por
sobreflujo del timer 1.

EX1 IE.2 : Habilita o deshabilita la interrupción
externa 1.

ETO IE.1 : Habilita o deshabilita la interrupción por
sobreflujo del timer 0.

EXO IE.0 : Habilita o deshabilita la interrupción
externa 0.

Registro de Prioridad de Interrupciones

Este es un registro también direccionable por bit. Si el bit es 0, la correspondiente interrupción tiene prioridad baja, en cambio si el bit es 1, la correspondiente interrupción tiene prioridad alta.

Se debe considerar que cuando está en proceso una rutina de servicio a una interrupción, no podrá ser interrumpida por otra que sea de más bajo o igual nivel. Cuando interrupciones de un mismo nivel, interrumpen simultáneamente, serán atendidas en el orden de prioridad

que existe para estos casos, éste orden de prioridad es el siguiente:

IE0 Interrupción externa 0

TFO Interrupción de timer 0

IE1 Interrupción externa 1

TF1 Interrupción de timer 1

RI o TI Interrupción del puerto serial.

La figura 1.9 muestra la configuración del registro de prioridad de interrupciones.

--	--	PT2	PS	PT1	PX1	PT0	PX0
----	----	-----	----	-----	-----	-----	-----

FIGURA 1.9 Registro de Prioridad de Interrupciones.

-- IP.7 : No implementado

-- IP.6 : No implementado

PT2 IP.5 : Define el nivel de prioridad del timer 2,

en el caso del microcontrolador 8052.

PS IP.4 : Define el nivel de prioridad del puerto serial.

PT1 IP.3 : Define el nivel de prioridad del timer 1.

PX1 IP.2 : Define el nivel de prioridad de interrupción externa 1.

PT0 IP.1 : Define el nivel de prioridad del timer 0.

PX0 IP.0 : Define el nivel de prioridad de interrupción externa 0.

Registro de Estado de Programa (PSW)

Este es un registro de 8 bits, los cuales pueden cargarse desde o hacia el acumulador y que cumplen con la función de informar sobre el estado de ciertos parámetros de un programa, éste registro es direccionable por bit.

La figura 1.10 muestra la configuración del registro de estado de programa.

CY	AC	FO	RS1	RS0	OV	--	P
----	----	----	-----	-----	----	----	---

FIGURA 1.10 Registro de Estado de Programa.

CY PSW.7 : Bandera de acarreo.

AC PSW.6 : Bandera auxiliar de acarreo.

FO PSW.5 : Bandera 0, monitoreada por software, es una bandera de estado definida por el usuario.

RS1 PSW.4 : Bit 1 de selección de banco de registros.

RS0 PSW.3 : Bit 0 de selección de banco de registros.

La tabla 1.3 nos indica la selección del banco de registros, mediante combinaciones de RS1 y RS0.

RS1	RS0	BANCO	DIRECCIONES
0	0	Banco 0	00H - 07H
0	1	Banco 1	08H - 0FH
1	0	Banco 2	10H - 17H
1	1	Banco 3	18H - 1FH

TABLA 1.3 Selección del Banco de Registros.

OV PSW.2 : Bandera de sobreflujo.

-- PSW.1 : Reservado.

P PSW.0 : Bandera de paridad.

CAPITULO II

DISEÑO DEL HARDWARE

El circuito que satisface el control de calderas ha sido diseñado en base a tres etapas. La primera es la concerniente a los circuitos de potencia con sus respectivos interfaces, la segunda a los circuitos de control o lógica digital y la tercera al circuito de transmisión de datos a un computador personal.

2.1 DISEÑO DEL CIRCUITO DE POTENCIA.

Los circuitos de potencia están relacionados con niveles de corriente y voltaje relativamente altos, difíciles de ser manejados por la etapa de control, por lo que se requiere de una adecuada interfaz y de elementos actuadores apropiados. En el presente trabajo, son éstos circuitos los encargados de accionar motores, válvulas solenoides y transformadores. Debiendo destacarse el hecho de que para su implantación práctica se podrían duplicar por seguridad los dispositivos de accionamiento.

2.1.1 ACCIONAMIENTO DE MOTORES DE VENTILACION

Este circuito está formado por dos secciones, la una es la interfaz y la otra es la que corresponde al elemento

de actuación que es el relé cuya función es la de activar al motor.

El interfaz es un optoacoplador, que está formado de un diodo emisor de luz (LED) y un fototransistor. La conducción o no del LED depende del estado que envía el microcontrolador (bajo o alto respectivamente) y de la configuración circuital adoptada. Un estado bajo en el cátodo del LED lo polariza directamente provocando de ésta manera la emisión de una señal luminosa al fototransistor, de modo que éste conduce. Un estado alto en el cátodo del LED por el contrario no permite la emisión luminosa y corta al fototransistor impidiendo así su conducción; la explicación asume la configuración en ánodo común.

La otra sección que está compuesta por el relé es controlada por la sección anterior, ya que la conducción del fototransistor permite que la bobina del relé se energice, cerrando sus contactos y la consecuente activación del motor.

Debido a que el transistor actúa como un interruptor (SI/NO) se debe conseguir el estado de saturación o corte del mismo, para ello es necesario controlar la cantidad de luz emitida por el LED, limitando la corriente directa del diodo emisor, mediante un resistencia conectada en serie

con éste dispositivo, cuyo valor se calcula de la siguiente manera:

Dado que el elemento de acoplamiento óptico que se seleccionó es el ECG 3041, cuyas características eléctricas son:

- Corriente máxima en el LED 60 mA.
- Corriente máxima de colector en el fototransistor 100 mA.
- Voltaje de polarización utilizado para la etapa de control. $V_{cc} = 5 \text{ V}$.

Peró, en base a las curvas características dadas por el fabricante se puede establecer que se tiene una incidencia luminosa adecuada en el fototransistor con una corriente en polarización directa del LED de 10 mA. para un voltaje de 1.6 V. ¹

Entonces:

$$R = (V_{cc} - V_{LED}) / I$$

¹ OPTOELECTRONICS DESIGNER'S CATALOG, pgs. 46 - 49, Hewlett Packard, 1980, USA.

$$R = (5 \text{ V} - 1.6 \text{ V}) / 10 \text{ mA}$$

$$R = 340 \text{ ohm.}$$

$$R = 330 \text{ ohm.}$$

Valor normalizado

La figura 2.1 indica el circuito utilizado para el accionamiento de los motores de ventilación.

2.1.2 ACCIONAMIENTO DE TRANSFORMADORES, VALVULAS SOLENOIDES Y BOMBA DE AGUA

Los circuitos para poner en funcionamiento a los transformadores, válvulas solenoides y bomba de agua son los mismos que el circuito de accionamiento del motor de ventilación; es decir, están controlados mediante relés, los que a su vez son activados desde sus correspondientes fototransistores al recibir la orden del microcontrolador (un estado bajo).

Los valores de las resistencias que limitan la corriente de los fotodiodos R2, R3, R4, R5, se determinan de igual manera que en el caso anterior.

La figuras 2.2, 2.3, 2.4 y 2.5 indican los circuitos

de accionamiento del transformador, de las dos válvulas solenoides y de la bomba de agua respectivamente.

2.1.3 CIRCUITO DE APERTURA Y CIERRE DEL DAMPER

Debido a que el motor que permite la apertura y cierre del damper tiene doble sentido de giro, el circuito que se utiliza para controlar este proceso está compuesto por dos optoacopladores y consecuentemente dos relés, es decir, dos circuitos de los que se ha explicado anteriormente.

El un circuito activa al motor de modo que gire en sentido de apertura del damper, en cuanto exista la orden del microcontrolador (estado bajo en el cátodo del fotodiodo), de forma similar el otro circuito activará al motor en el otro sentido de giro o cierre del damper una vez que el microcontrolador ha recibido la indicación de que se ha cumplido la etapa de apertura.

Los valores de las resistencias R6 y R7, cuya función es limitar la corriente en los LED se calcula de igual forma que en los casos anteriores.

La figura 2.6 indica el circuito que permite la apertura y cierre del damper.

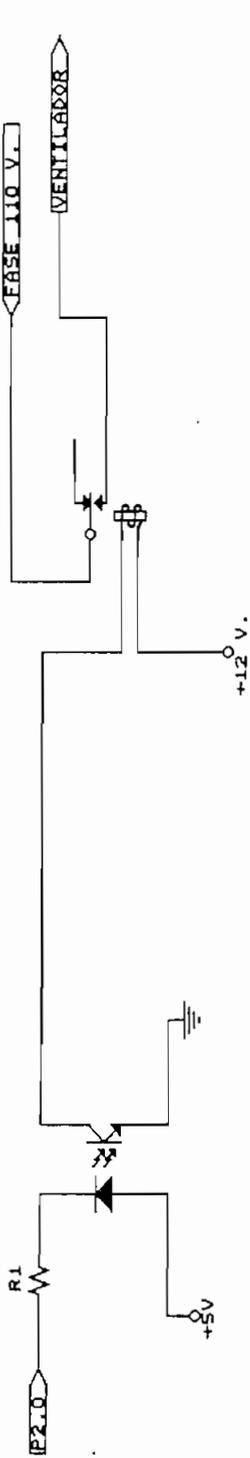


FIGURA 2.1 CIRCUITO DE ACCIONAMIENTO DEL VENTILADOR

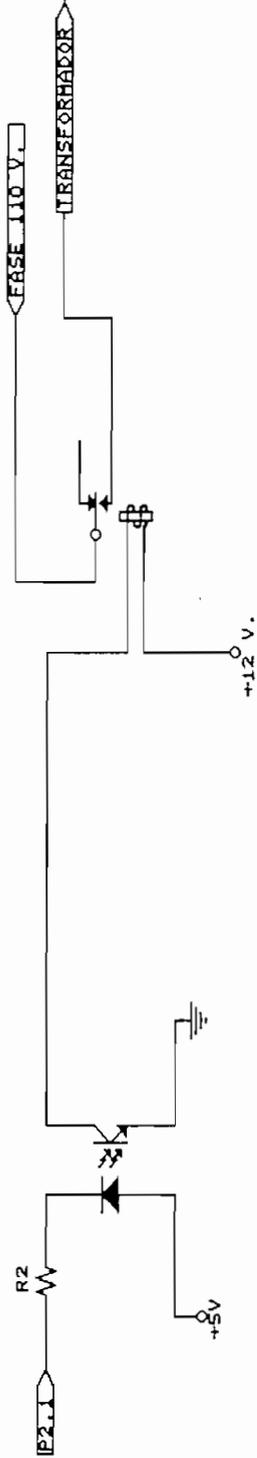


FIGURA 2.2 CIRCUITO DE ACCIONAMIENTO DEL TRANSFORMADOR

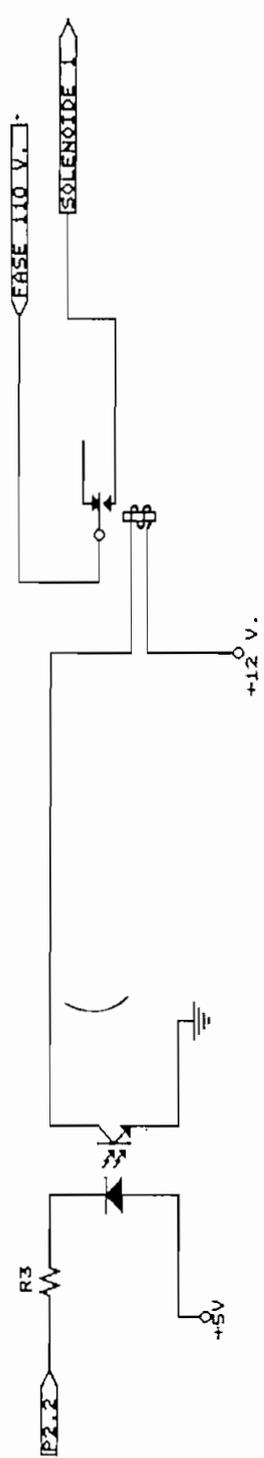


FIGURA 2.3 CIRCUITO DE ACCIONAMIENTO DE LA SOLENOIDE

ESCUELA POLITECNICA NACIONAL	
Title ACCIONAMIENTO DE MOTORES Y VALVULAS	
Size A	Document Number 2.1- 2.2- 2.3
Date: January 17, 1992	Sheet 1 of 1

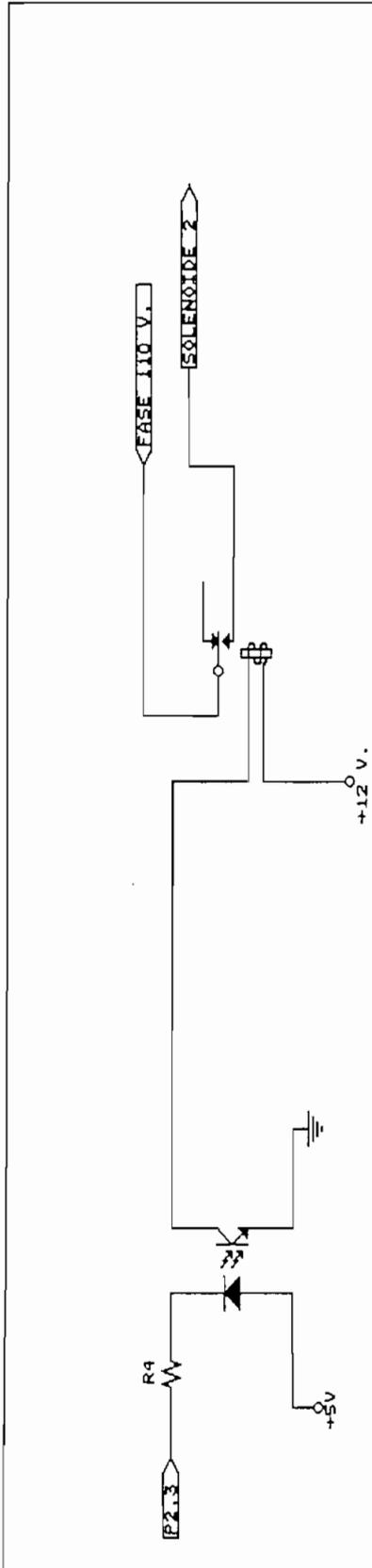


FIGURA 2.4 CIRCUITO DE ACCIONAMIENTO DE LA SOLENOIDE 2

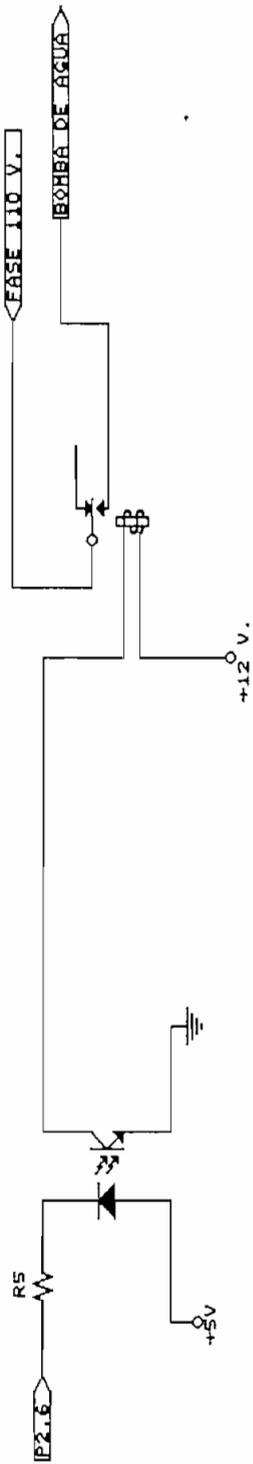


FIGURA 2.5 CIRCUITO DE ACCIONAMIENTO DE LA BOHBA DE AGUA

ESCUOLA POLITECNICA NACIONAL	
Title ACCIONAMIENTO DE MOTORES Y VALVULAS	
Size A	Document Number 2.4- 2.5
REV	
Date: January 17, 1992	Sheet of

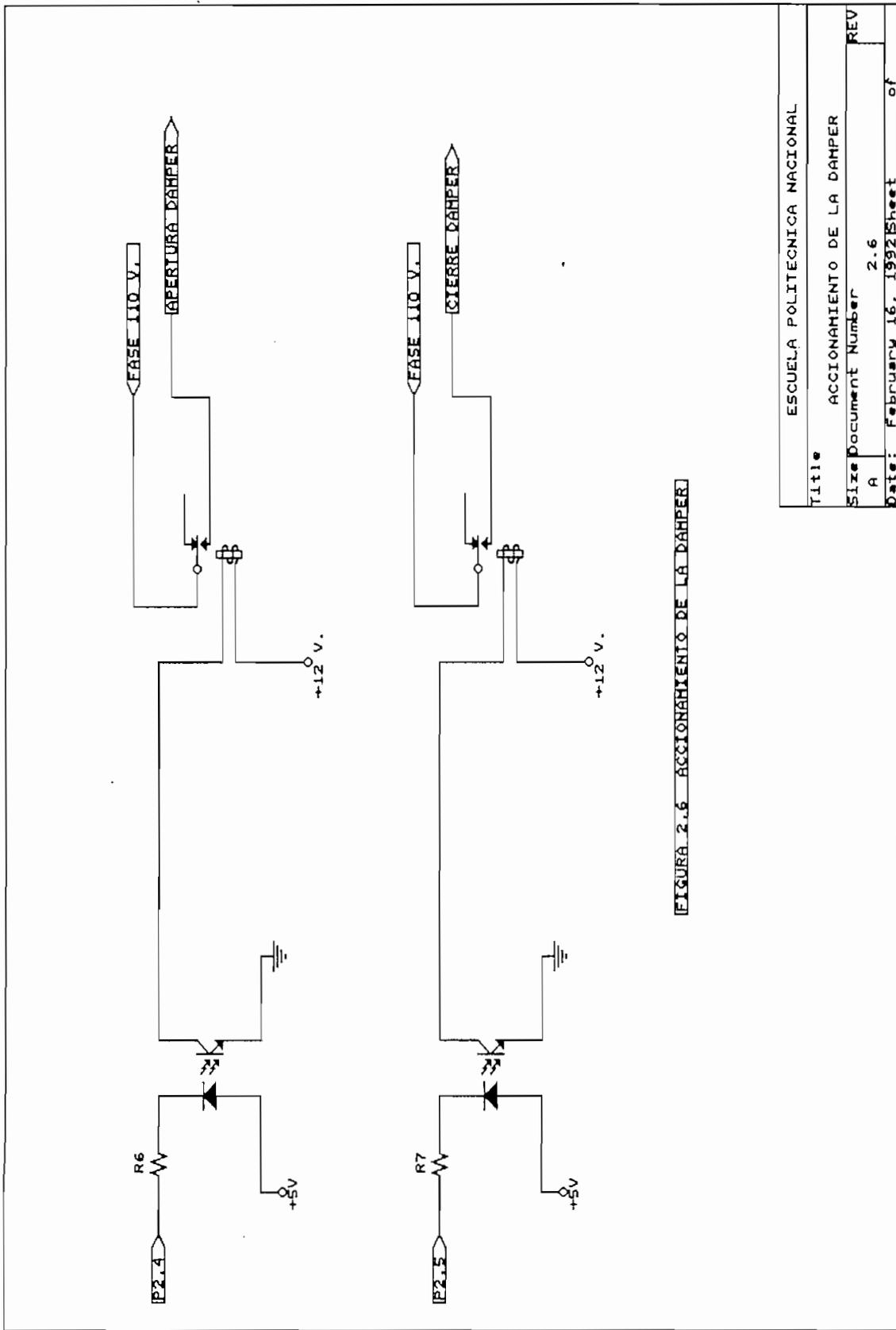


FIGURA 2.6 ACCIONAMIENTO DE LA DAMPER

ESCUELA POLITECNICA NACIONAL	
Title	ACCIONAMIENTO DE LA DAMPER
Size	Document Number
A	2.6
REV	
Date:	February 16, 1992
Sheet	of

2.1.4 COMANDO DE ENCENDIDO Y APAGADO

El encendido del equipo se lo realiza en dos partes, la primera que consiste en energizar el equipo, ésto se lo hace mediante el pulsador ON/OFF, que está ubicado a la entrada del transformador.

La segunda parte es la que permite el arranque de la caldera, dependiendo del modo de operación que se escoja. Así cuando se escoge el modo manual, la caldera arranca únicamente cuando el operador acciona el pulsante de arranque manual, si éste pulsante no es accionado, la caldera permanece apagada, esperando éste comando.

Si se escoge el modo automático en cambio, la caldera arranca sin la necesidad de la intervención del operador; por lo tanto bajo la acción del equipo electrónico de control.

De acuerdo a la explicación anterior, el apagado del equipo está relacionado con la secuencia de encendido, pues es necesario apagar la caldera en primer lugar, para luego desenergizar al equipo completamente.

El apagado de la caldera puede darse por dos circunstancias, la primera cuando se produce una situación

peligrosa y hay el accionamiento de una alarma, éste apagado se realiza automáticamente sin necesidad de la asistencia del operador, la otra se refiere a la finalización de la jornada de trabajo o funcionamiento de la caldera, ésta indicación la dá el operador al presionar el interruptor de **apagado**.

La desenergización del equipo se lo hace manualmente a través del conmutador **ON/OFF**.

2.1.5 **SEÑALIZACION**

Para el control electrónico de calderas se ha determinado los siguientes elementos de señalización:

- **Selección de modo de operación.**

Indica el modo de operación de la caldera que ha sido escogido por el operador, ésto es automático o manual, el indicador luminoso correspondiente permanecerá encendido mientras dure la jornada de funcionamiento de la caldera.

- **Indicador luminoso de arranque manual.**

Se enciende cuando el operador acciona el pulsador de arranque manual, iniciando de ésta manera el

funcionamiento de la caldera en éste modo de trabajo.

- Indicadores luminosos de presión y temperatura.

Se encienden dependiendo de la selección que haga el operador para sensar cualquiera de las dos variables.

- Señal de espera.

El indicador luminoso de espera se enciende para determinar que la caldera está en los tiempos de prepurga y postpurga.

- Indicadores luminosos de alarma.

Se encienden cuando se produce una condición peligrosa en el funcionamiento de la caldera, por lo que se ha incluido indicadores luminosos para los siguientes controles: nivel de agua, presencia de llama, control de apertura y cierre de la damper y control de sobreniveles de presión o temperatura.

-Indicador luminoso de apagado.

Se enciende cuando el operador acciona el interruptor de apagado de la caldera.

Los circuitos para los indicadores luminosos fueron diseñados de acuerdo a lo que se indica en la figura 2.7, donde el cálculo de las resistencias de la R8 hasta la R17 es el siguiente:

$$V_{CC} = I \cdot R + V_d + V_{OL}$$

Donde:

I corresponde a la corriente de salida en bajo máxima, que para tecnología TTL schotkey de bajo consumo es 10 mA.

V_{OL} corresponde al voltaje de salida en bajo de 1 a misma tecnología.²

Por lo que:

$$R = (V_{CC} - V_d - V_{OL}) / I$$

$$R = (5 - 1.6 - 0.2)V / 10 \text{ mA.}$$

$$R = 320 \text{ ohm.}$$

$R = 330 \text{ ohm.}$

Valor normalizado

² TTL DATA BOOK, capítulo 3, TTL Devices, pgs. 3-527 a 3-531, Texas Instruments, USA.

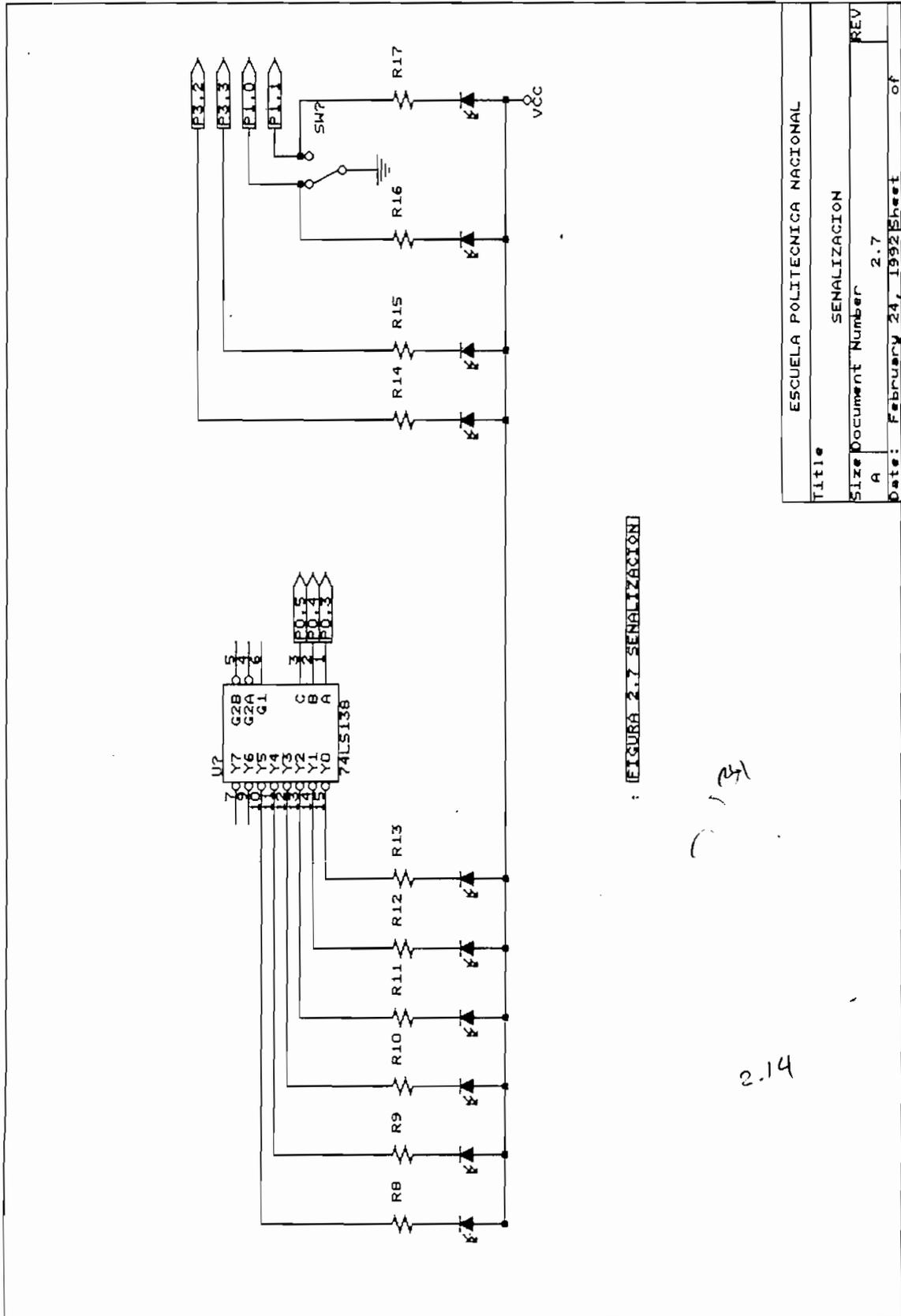


FIGURA 2.7 SENALIZACION

2.14

ESCUELA POLITECNICA NACIONAL	
Title	SENALIZACION
Size Document Number	2.7
A	REV
Date: February 24, 1992	Sheet of

2.2 DISEÑO DEL CIRCUITO DE CONTROL

El circuito de control puede esquematizarse según lo muestra el diagrama de bloques de la figura 2.8.

3 -
2.11

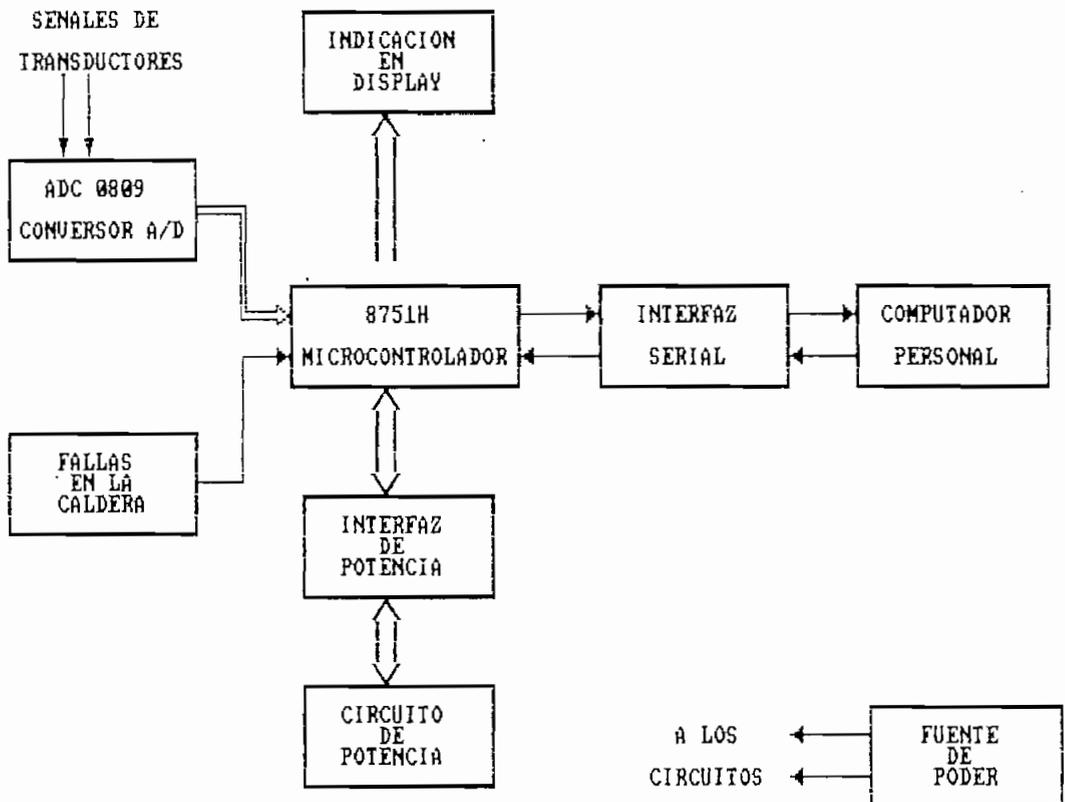


FIGURA 2.8 Diagrama de bloques del circuito de control

2.2.1 DISEÑO DE LA FUENTE DE PODER

La fuente de poder que fue necesario diseñar, entrega dos voltajes de polarización, uno para la etapa de control (5 V.), y otra para la etapa de potencia (12 V.).

La figura 2.9 indica el diseño de la fuente de poder, la misma que está conformada por:

- 1.- Rectificador de onda completa.
- 2.- Filtro para el rizado.
- 3.- Reguladores de voltaje para 5 V. y 12 V.

El rectificador de onda completa, es tipo puente, con una capacidad de corriente de 2 amperios, el C.I. utilizado es el RS205L.

El filtro de rizado se lo hace mediante la utilización de capacitores, cuyo dimensionamiento es:

El voltaje de rizado de la fuente está dado por:

$$V_{rp} = I_{dc} / 4fC \quad 3$$

³ R.BOYLESTAD, Electrónica Teoría de Circuitos, capítulo 14, CIs. Lineales Reguladores (Incluyendo filtros y fuentes de poder), pg. 573, Prentice Hall.

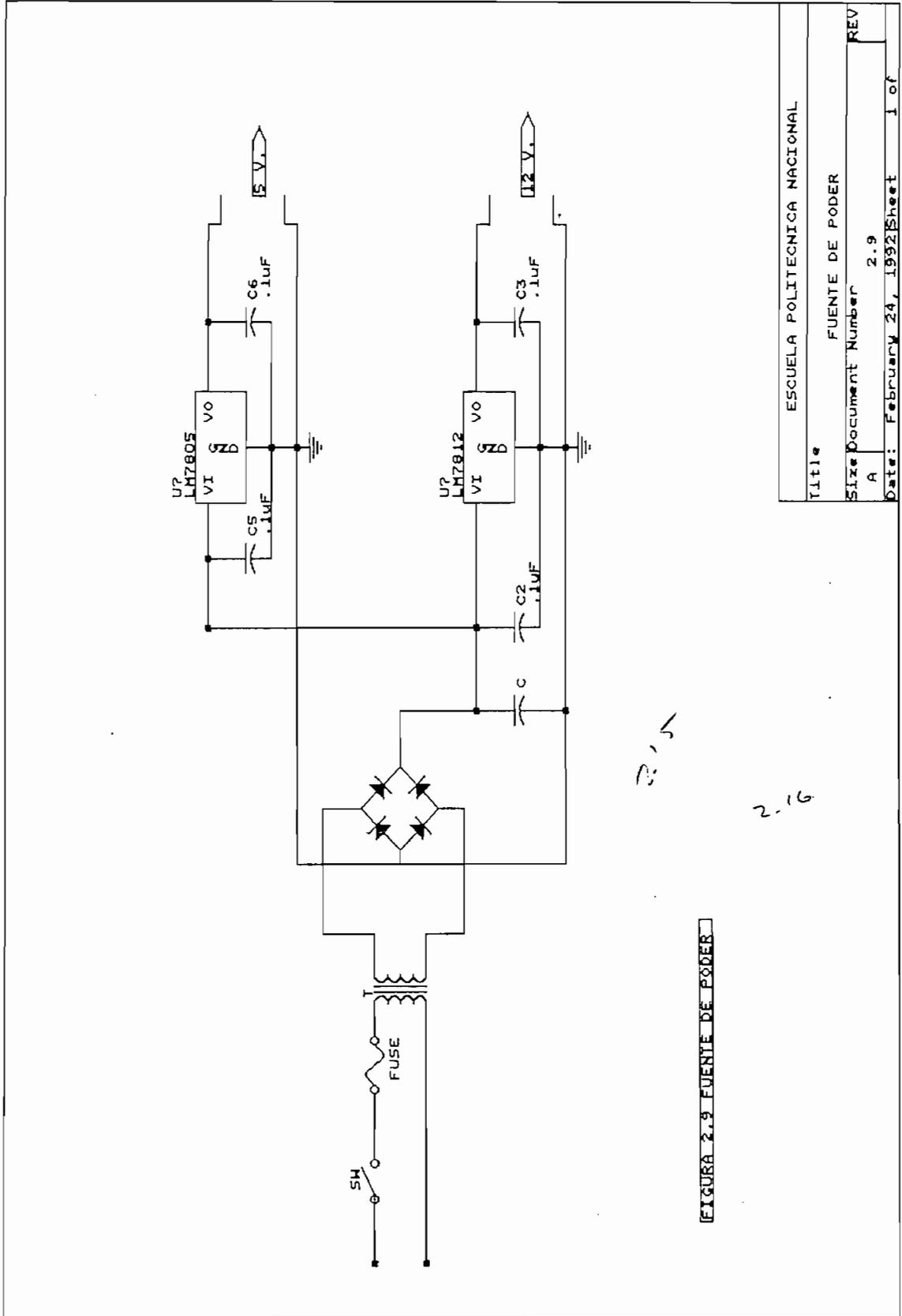


FIGURA 2.9 FUENTE DE PODER

2.5

2.6

ESCUELA POLITECNICA NACIONAL	
Title	FUENTE DE PODER
Size Document	Number 2.9
A	REV
Date: February 24, 1992	Sheet 1 of 1

Donde:

I_{dc} : es la corriente de carga

f : es la frecuencia normal de la red (60
Hz.)

C : es el capacitor de alizado (filtro)

Para $V_{rp} \leq 1$ V.

$$C = I_{dc} / 4fV_{rp}$$

$$C = 1.5 \text{ A.} / 4(60)(1)$$

$$C = 6250 \mu\text{F}$$

Por lo que se puede escoger un valor normalizado de capacitor, éste es:

$C = 6300 \mu\text{F}$

En cuanto se refiere a los reguladores, se utiliza el C.I. LM7805, que es un regulador positivo de 5 V. para la etapa de control y el C.I. LM7812 que es un regulador positivo de 12 V. para la etapa de potencia.

Los reguladores de voltaje fijos tienen un voltaje no regulado aplicado a la entrada del C.I. y depende de éste voltaje el que se mantenga el voltaje regulado deseado a la salida. Para el caso del regulador LM7812 se

recomienda un voltaje no regulado mínimo a la entrada de 14.6 V. y para el LM7805 un voltaje de 7.3 V. ⁴

Otra característica de los reguladores utilizados, que cabe destacar es que permiten el manejo de corrientes de hasta 1.5 A.

Además del diseño puede observarse, que la fuente para la etapa de control (fuente de 5 V.) se obtiene de una derivación de la fuente de la etapa de potencia (12 V.), ésta derivación nace una vez que el voltaje que proviene del transformador ha sido rectificado y filtrado, donde se asegura que se cumple con el requerimiento de voltaje no regulado a la entrada del C.I. LM7805.

El dimensionamiento del transformador, está condicionado a lo explicado anteriormente y se utilizará uno con las siguientes características:

Relación de voltajes entre el primario y secundario es

$$V_p / V_s = 110 / 15 \text{ V.}$$

⁴ R. BOYLESTAD, Electrónica Teoría de Circuitos, Capítulo 14, CIs. Lineales Reguladores (Incluyendo filtros y fuentes de poder), pag. 597, Prentice Hall.

El consumo máximo de potencia es:

$$P = V.I = 15V*2A = 30 \text{ VA.}$$

2.2.2 SELECCION DE SEÑALES Y CONVERSION ANALOGICA/DIGITAL

La selección de las señales provenientes de los transductores se la hace desde el microcontrolador, las mismas que posteriormente son digitalizadas, mediante la utilización del circuito integrado ADC 0809, que es un conversor de 8 bits de tecnología CMOS y del tipo de aproximaciones sucesivas, compatible para el trabajo con microcontroladores ⁵, que además facilita la selección de las señales, ya que tiene incluido un multiplexer para 8 canales analógicos, por lo que el proceso de selección y conversión analógico/digital, se lo hace en un solo circuito integrado .

Las características fundamentales de éste circuito integrado se presentan en los anexos.

La figura 2.10 indica el diagrama de bloques de

⁵ DATA CONVERSION/ADQUISITION, Data Book, capítulo 5, Analog to Digital Converters, pgs. 5.21 - 5.44, National Semiconductor Corporation, Santa Clara California.

selección de señales y conversión analógica/digital.

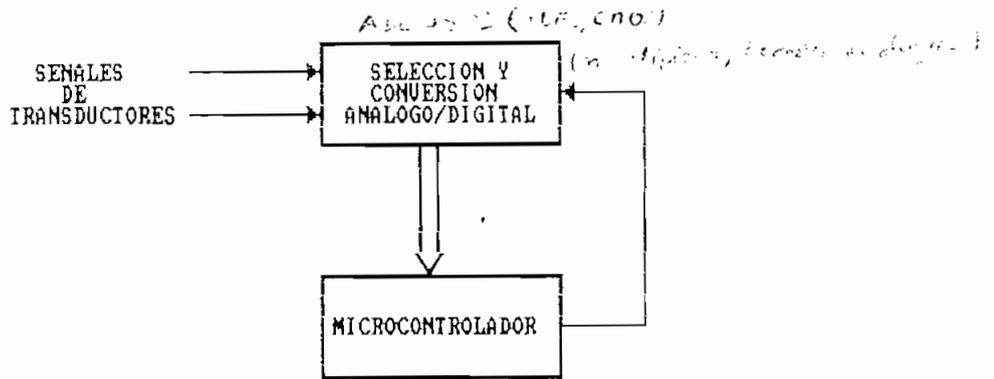


FIGURA 2.10 Diagrama de bloques de la selección y conversión A/D

Dado que el C.I. ADC 0809 tiene la facilidad de manejar 8 señales analógicas, necesita 3 entradas de selección, en el presente trabajo se utilizan 2 canales del multiplexer, el uno para la señal de temperatura y el otro para la señal de presión, además debido a que el acceso de las dos señales es independiente se necesitan dos entradas de selección.

En el modo manual de operación de la caldera, la selección de entradas la hace el operador, desde el tablero de control, ésta información ingresa al microcontrolador por los pines 2 y 3 del puerto 3, que a su vez van a las entradas de selección A0 y A1 del conversor A/D. En cambio en el modo automático de

operación la selección de entradas se lo hace sin necesidad de la participación del operador, a través de los pines 2 y 3 del puerto 3 del microcontrolador.

Los datos en binario obtenidos de la conversión, se ubican en los pines de salida del conversor, para luego ingresar al microcontrolador por los 8 pines del puerto 0, luego de pasar por un buffer.

El circuito ADC0809 requiere de una señal de reloj, la misma que puede ser generada mediante la utilización de una resistencia y un condensador conectados a un Schmitt trigger.⁶

La figura 2.11 indica el circuito de reloj del conversor A/D.

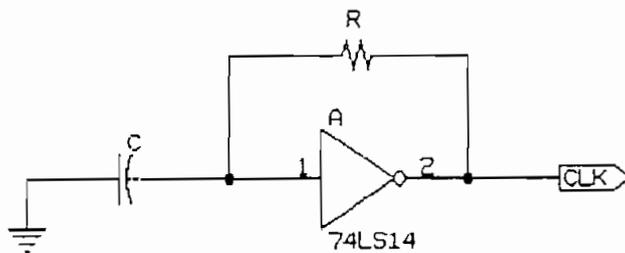


FIGURA 2.11 Circuito de reloj del conversor A/D

⁶ LINEAR DATA BOOK, capítulo 8, A to D, D to A, pag. 8.45, National Semiconductor Corporation, Santa Clara California.

Donde la frecuencia del reloj está dado por:

$$f_{CLK} = 1/ 1.1 RC$$

$$f_{CLK} = 500 \text{ KHz}$$

$$\text{Si } R = 10 \text{ Kohm}$$

$$C = 181.8 \text{ pF.}$$

Si se escoge un valor normalizado de C, esto es:

$$C = 220 \text{ pF}$$

El valor de la resistencia es ;

$$R = 8.2 \text{ Kohm}$$

La figura 2.12 muestra la interconexión de los los elementos que intervienen en el proceso de selección de las señales y la conversión analógica/digital.

2.2.3 CIRCUITO MICROCONTROLADOR

El circuito microcontrolador C.I. 8751H, es el elemento fundamental del control electrónico diseñado, pues a él llega toda la información, sea de la caldera o externamente del operador, para posteriormente ser

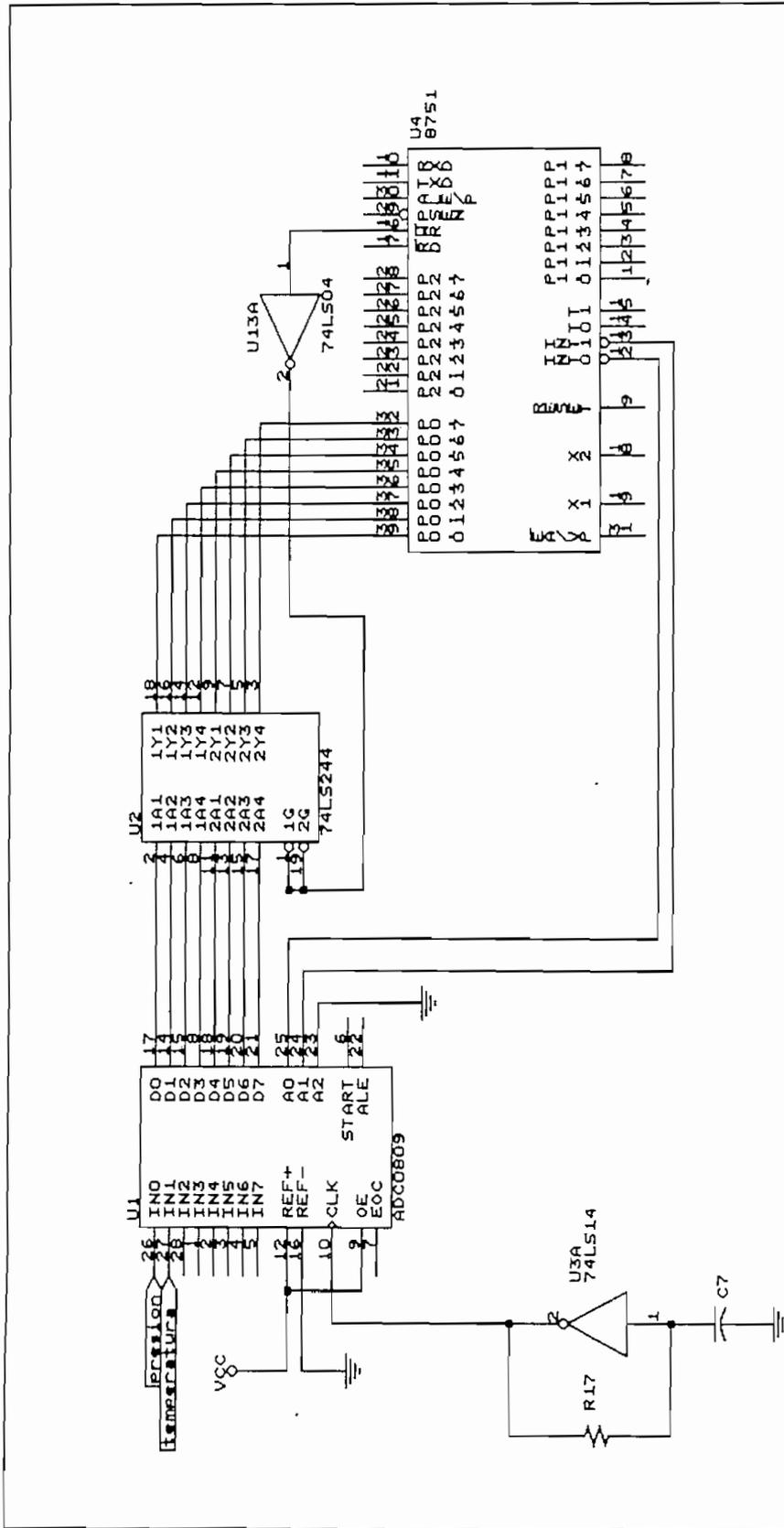


FIGURA 2.12 CONVERSION ANALOGICA DIGITAL

ESCUELA POLITECNICA NACIONAL	
Title	CONVERSION ANALOGICA DIGITAL
Size Document Number	2.12
A	REV
Date: February 24, 1992	Sheet of

procesada mediante el programa (software) grabado en la memoria EPROM interna del microcontrolador y ejecutar las acciones que determinan el buen funcionamiento de la caldera.

La interrelación del microcontrolador con los demás elementos que componen el control se la puede observar de manera esquemática en el diagrama de bloques de la figura 2.13.

La información digitalizada de las señales de presión o temperatura ingresan al microcontrolador por los 8 pines del puerto 0, pasando previamente por un buffer (C.I. 74LS244), debido que los pines del 0 al 5 de éste puerto también se los utiliza para el circuito de señalización y para el circuito de detección de fallas, también pasando por su respectivo buffer. La habilitación de los buffers está correctamente sincronizada a través del microcontrolador.

El puerto 1 es utilizado para el envío de los datos en código BCD, los mismos que van a ser mostrados en los displays, también se utiliza los pines 0,1 y 2 de éste puerto como entradas, para el ingreso de las señales externas que envía el operador. De la misma forma que con el puerto 0, éstas señales que ingresan o salen del

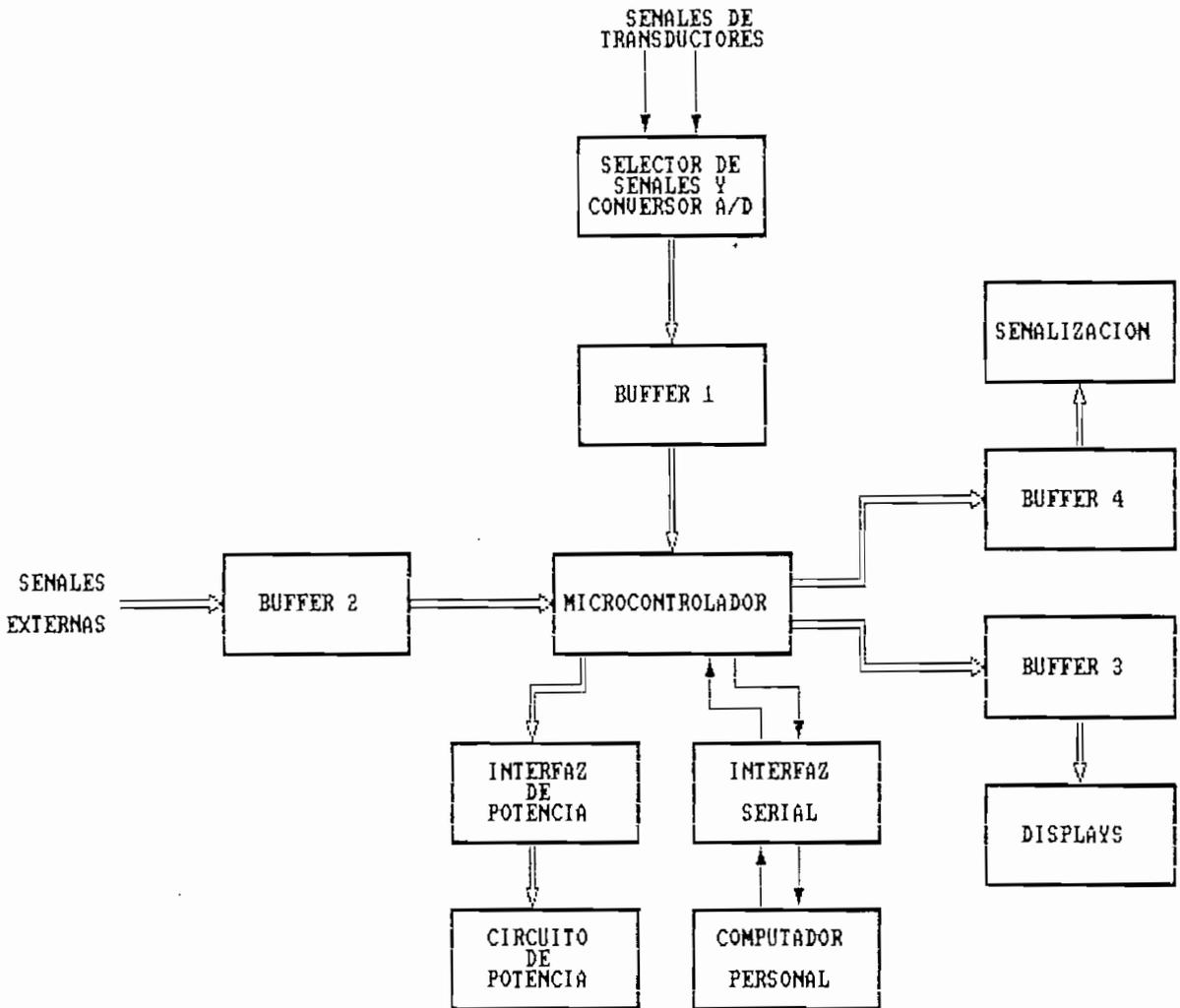


FIGURA 2.13 Interrelación del microcontrolador con los demás elementos

microcontrolador, pasan por buffers sincronizados o habilitados adecuadamente.

El puerto 2 es utilizado para el envío de información

al interfaz del circuito de potencia, estados alto o bajo que llegan a los optoacopladores, sin necesidad del concurso de ningún otro elemento.

El pin 7 del puerto 2 es utilizado para el ingreso de información de las fallas que se pueden producir en el funcionamiento de la caldera, previamente ésta información pasa por un multiplexer de 8 entradas a 1 salida (C.I. 74151), donde mediante el control del software se seleccionan las entradas cuyo contenido es enrutado al pin 7 del puerto 2.

Los pines del puerto 3 son utilizados de manera indistinta, así:

- Los pines 2 y 3 se utiliza para controlar la selección de las entradas al conversor análogo/digital.
- El pin 6 es utilizado para la habilitación de los buffers. En la figura 2.14 se indica el control de los buffers.
- El pin 7 es utilizado para el control de apagado del equipo.

2.2.4 CIRCUITO DE DISPLAYS

Una vez transformado el dato de temperatura o presión

a código BCD mediante software en el microcontrolador, se lo enruta por el puerto 1 al circuito de displays.

Este circuito consta de un decodificador de BCD a 7 segmentos (C.I. 74LS47), de tres displays de configuración ánodo común, para las unidades, decenas y centenas respectivamente.

La conexión entre las salidas de los segmentos del C.I. 74LS47 y los segmentos de los displays, se lo hace a través de resistencias limitadoras de corriente, cuyos valores se calcula de la siguiente manera:

$$V_{CC} = I \cdot R + V_{SEG} + V_{CEsat} + V_{OL}$$

$$R = (V_{CC} - V_{SEG} - V_{CEsat} - V_{OL}) / I$$

$$V_{SEG} = 1.6 \text{ V.}$$

$$I = 10 \text{ mA.}$$

$$R = (5 - 1.6 - 0.2 - 0.5) \text{V.} / 10 \text{ mA.}$$

$R = 270 \text{ ohm}$

Valor normalizado

Para habilitar los tres dígitos del display se utiliza el C.I. 74LS139 que es un demultiplexer de 2 a 4 líneas, el mismo que permite ir habilitando secuencialmente todos los dígitos en función del contador constituido por dos líneas de entrada que llegan del microcontrolador.

Las salidas del demultiplexer se conectan cada una a través de resistencias de limitación (R25, R26, R27) a las bases de los transistores PNP (Q1, Q2, Q3) que funcionan en corte o saturación según se ponga un nivel alto o bajo respectivamente en la base del transistor, el valor de estas resistencias de limitación se calcula de la siguiente manera:

$$V_{CC} = R \cdot I + V_{BEsat} + V_{OL}$$

$$R = (V_{CC} - V_{BEsat} - V_{OL}) / I$$

$$R = (5 - 0.7 - 0.5) / 8 \text{ mA.}$$

R = 470 ohm.

Valor normalizado

La figura 2.15 indica el circuito de displays.

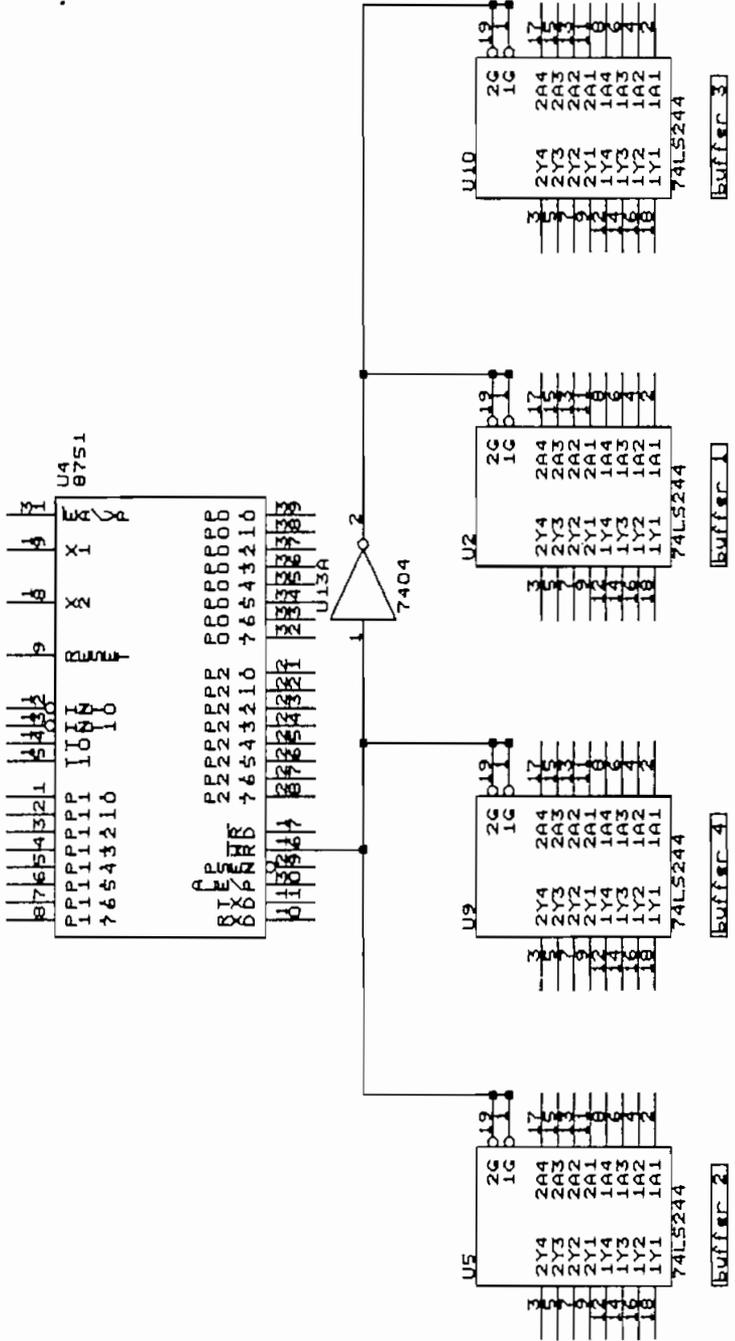


FIGURA 2.14 CIRCUJO DE HABILITACION DE BUFFERS

ESUELA POLITECNICA NACIONAL	
Title	
HABILITACION DE BUFFERS	
Size	Document Number
A	2.14
Date:	February 24, 1992
Sheet	of

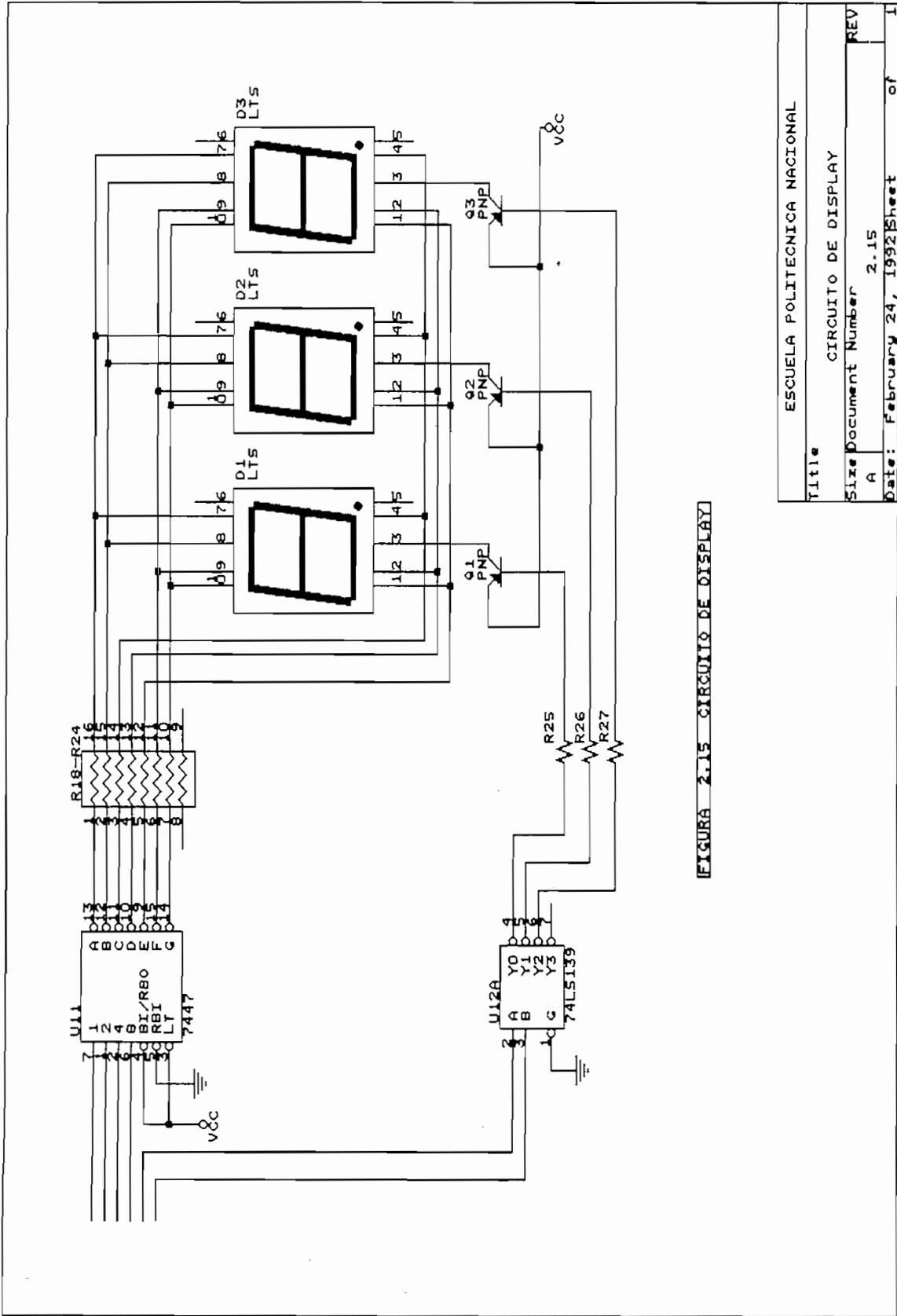


FIGURA 2.15 CIRCUITO DE DISPLAY

ESCUELA POLITECNICA NACIONAL	
Title	CIRCUITO DE DISPLAY
Size	Document Number 2.15
REV	A
Date:	February 24, 1992
Sheet	of 1

2.3 CIRCUITO DE TRANSMISION DE DATOS

Para el diseño del circuito de transmisión de datos a un computador se aprovecha la facilidad que ofrece el microcontrolador 8751H, que es la de tener incorporado un puerto serial full duplex para manejar las comunicaciones seriales. El caracter llega al microcontrolador a través del pin 10 y el que sale lo hace por el pin 11 del microcontrolador.

Para que se establezca la comunicación es necesario de la concurrencia de un interfaz, que está compuesto por el circuito integrado MAX232, el mismo que permite adaptar los niveles de voltaje CMOS (9 V.) a niveles TTL (5 V.), que usa el microcontrolador, tanto para las señales de entrada como para las señales de salida.

El circuito integrado MAX232, consta de dos transmisores y dos receptores del bus serial, y permite generar los voltajes de la interfaz serial (9 V.), a través de capacitores externos con una fuente de alimentación de 5 V.

La figura 2.16 indica el circuito del MAX232 con los

componentes recomendados por el fabricante. ⁷

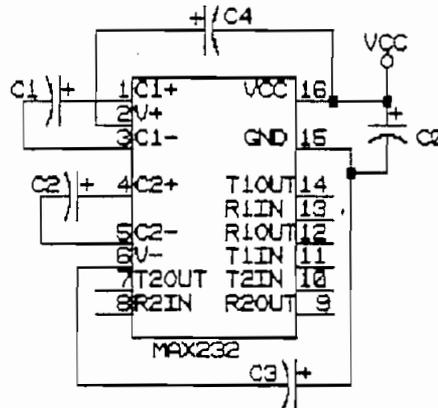


FIGURA 2.16 Circuito Integrado MAX232

Donde:

$C0 = 10 \mu\text{F}.$	
$C1 = 10 \mu\text{F}.$	6.3 V.
$C2 = 10 \mu\text{F}.$	16 V.
$C3 = 10 \mu\text{F}.$	16 V.
$C4 = 10 \mu\text{F}.$	6.3 V.

La interconexión de todos los diseños explicados anteriormente se encuentra en el circuito global, el mismo que se presenta en los anexos.

⁷ MAXIM, RS232 Drivers/Receivers, pag. 5, Maxim Integrated products, USA.

CAPITULO III

DISEÑO DEL SOFTWARE

3.1 PROGRAMA PRINCIPAL

El programa principal consta de cuatro partes básicamente tal como se indica en el diagrama de bloques de la figura 3.1.

El primer bloque es el que se refiere a la programación de las condiciones iniciales donde consta: la inicialización del microcontrolador, control de nivel de agua inicial, control de presión inicial y selección de modo de operación, sea manual o automático.

El segundo bloque se refiere al encendido de la caldera, a cuyo efecto se debe cumplir un tiempo de prepurga y posteriormente el arranque del quemador.

El tercer bloque contiene el control de operación de la caldera, donde se hace un control de límites para la presión, temperatura, nivel de agua, control de llama y control de transmisión de datos al terminal del computador, sea en modo de operación manual o automático.

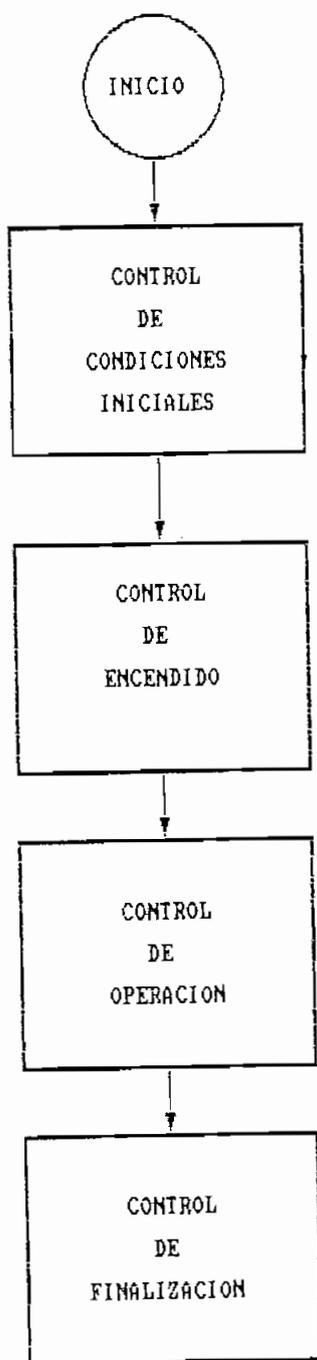


FIGURA Nº 3.1 Diagrama de bloques del programa principal

El cuarto bloque contiene el control de finalización de la operación de la caldera, cuyo objetivo es detectar

la orden de finalización y emitir los comandos necesarios para cumplir con un tiempo de postpurga ,el apagado de la caldera y de reinicializar al microcontrolador.

A continuación se detallará los procesos de programación de que constan cada uno de los bloques mencionados.

3.2 CONTROL DE CONDICIONES INICIALES

Esta primera parte del control es de mucha importancia por seguridad, ya que en el arranque de la caldera es necesario que se cumpla con los requerimientos de nivel de agua y de presión iniciales. En caso de que estas condiciones no se cumplan el microcontrolador se quedará en un lazo cerrado de chequeo, dotando de ésta manera de un control de seguridad hasta que se alcancen los niveles satisfactorios.

La figura 3.2 muestra el diagrama de flujo del control de condiciones iniciales.

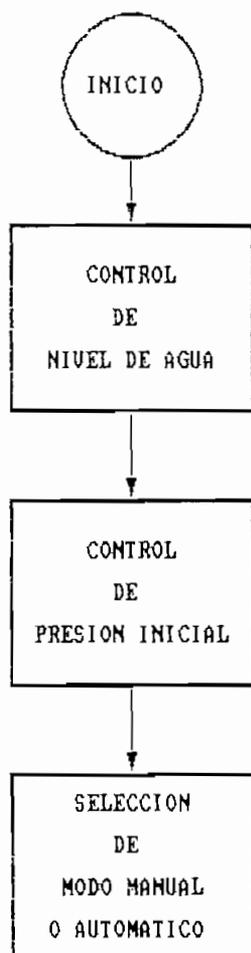


FIGURA Nº 3.2 Secuencia de control condiciones iniciales

3.2.1 SUBROUTINA DE CONTROL INICIAL DE NIVEL DE AGUA

Como se había explicado en el capítulo I el control de nivel de agua se lo hará por el método de electrodos, en éste caso se requiere que el nivel de agua llegue al mínimo requerido para que se pueda encender la caldera, ésto es, que el electrodo más largo conduzca y se pueda detectar una señal de voltaje.

Esta subrutina se encarga de seleccionar la entrada 2 del multiplexer, que corresponde a la señal del electrodo más largo (mínimo nivel de agua) y de enrutar ésta señal al pin 7 del puerto 2 del microcontrolador.

La tabla 3.1 indica el método de selección de entradas al multiplexer y la asignación de cada una de ellas, para ésto se utilizan los pines 0,1 y 2 del puerto 0 como salidas para el control de las entradas de selección del multiplexer.

C	B	A	Y	ASIGNACION
0	0	0	D0	Nivel máximo agua
0	0	1	D1	Nivel medio agua
0	1	0	D2	Nivel mínimo agua
0	1	1	D3	Fotoresistencia
1	0	0	D4	Apertura de damper
1	0	1	D5	Cierre de damper
1	1	0	D6	Control de apagado
1	1	1	D7	Sin uso

TABLA 3.1 Selección de entradas al multiplexer

Si ésta señal que ingresa al pin 7 indicado, señala que no se ha establecido la conducción entre los electrodos (0 lógico), se deberá encender la alarma de

nivel de agua por un tiempo de 30 segundos, para inmediatamente después accionar la bomba de agua hasta que los electrodos establezcan conducción, es decir hasta que la señal sea 1 lógico, en éste caso retornará al siguiente paso del proceso de control de condiciones iniciales.

La figura 3.3 indica el diagrama de flujo del control inicial de nivel de agua.

3.2.2 SUBROUTINA DE CONTROL INICIAL DE PRESION

Esta subrutina se encarga de seleccionar la entrada al conversor analógico-digital que corresponde a la presión, para luego habilitar el buffer de ingreso de datos al puerto 0 del microcontrolador. Una vez obtenido el dato de presión se verificará si éste es menor o igual a 20 PSI, que en hexadecimal equivale a 14H, en ésta situación el proceso puede continuar, caso contrario se comprobará si éste valor es mayor o igual al límite máximo de presión (130 PSI.), en cuyo caso activará la alarma de presión por un tiempo de 30 segundos, luego llamará a la subrutina de postpurga y volverá a un nuevo chequeo de presión inicial hasta que el valor se ajuste al mínimo inicial requerido para el arranque de la caldera.

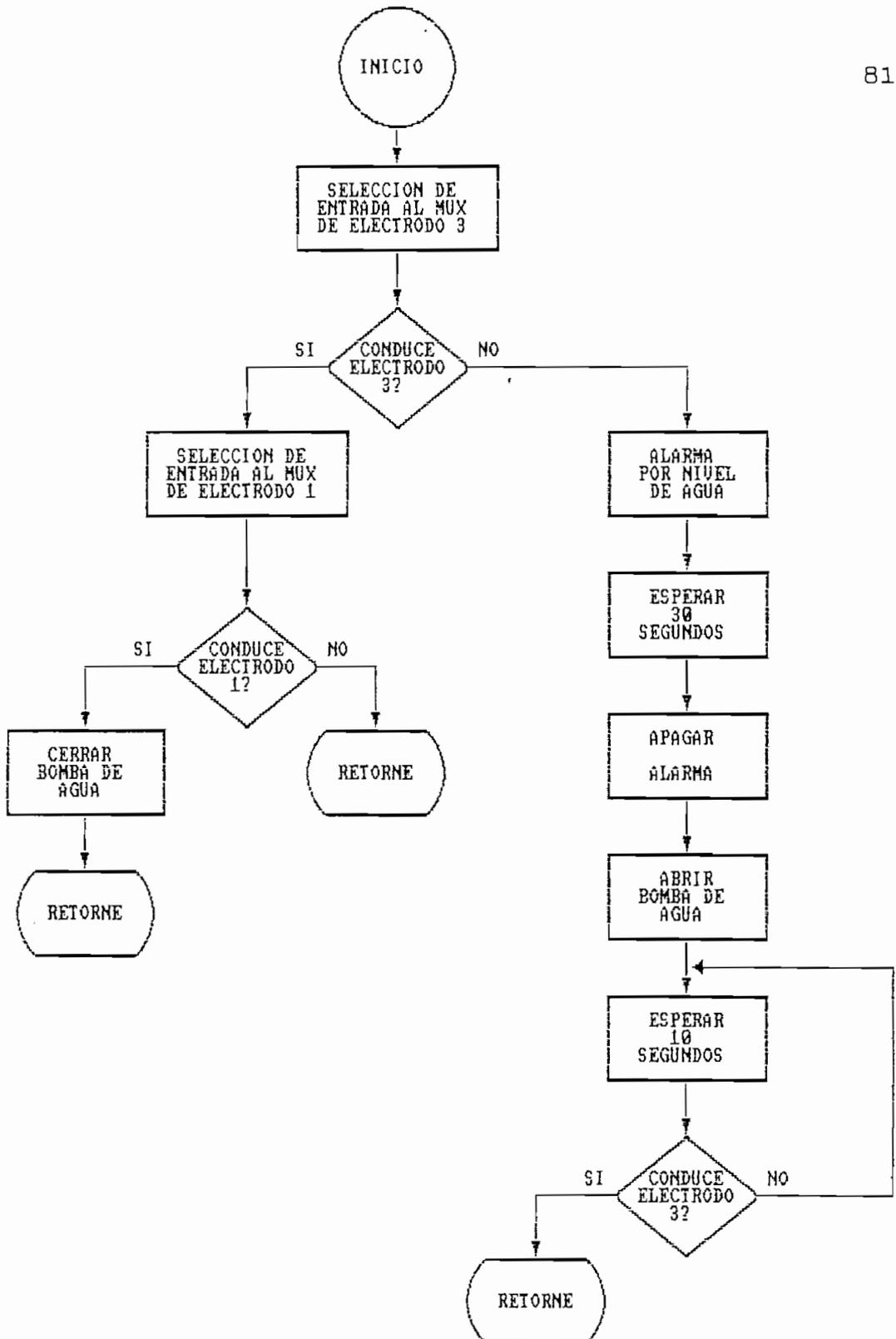


FIGURA N^o 3.3 Diagrama de flujo de control inicial de nivel de agua

Si la lectura de presión obtenida está entre el mínimo inicial y el máximo (20 - 130 PSI.), regresará para hacer un nuevo chequeo de presión inicial.

La figura 3.4 indica el diagrama de flujo de control de presión inicial.

3.2.3 SUBROUTINA DE SELECCION DE MODO DE OPERACION

Esta subrutina es la que se encarga de la selección del modo de operación, sea éste manual o automático, para éste cometido se utilizan los pines 0 y 1 del puerto 1 del microcontrolador.

En primer lugar es necesario habilitar el buffer de switches, de modo que si se envía un cero al pin 0 (P1.0) mediante el switch 1, el modo de operación será automático y si a través del switch 1 se envía un 0L al pin 1 (P1.1) el modo de operación será manual.

Además esta subrutina provee de un tiempo adecuado de decisión al operador en el caso de que cambie de opinión al escoger el modo de operación.

La figura 3.5 indica el diagrama de flujo de selección de modo de operación.

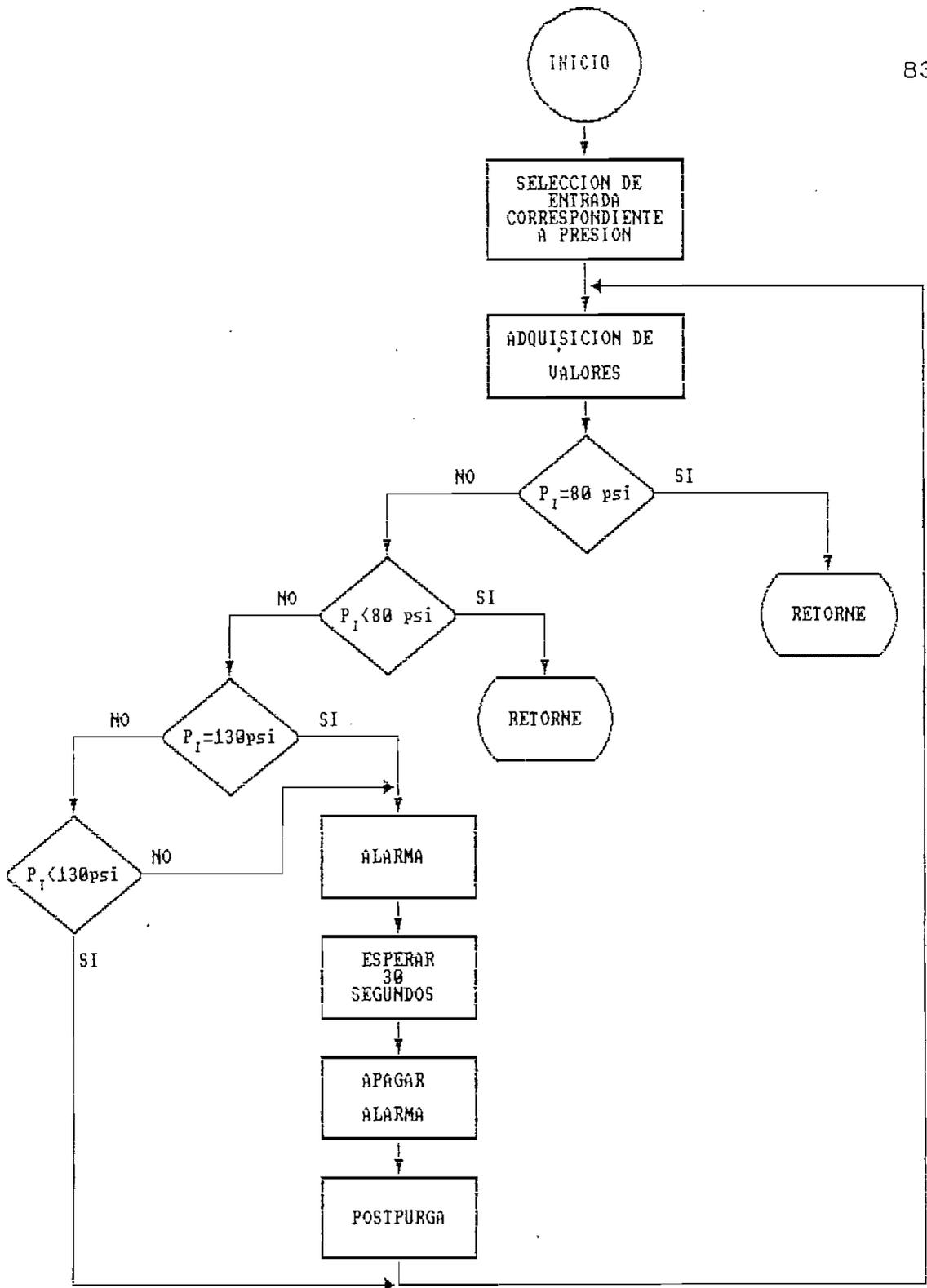


FIGURA N° 3.4 Diagrama de flujo del control inicial de presión

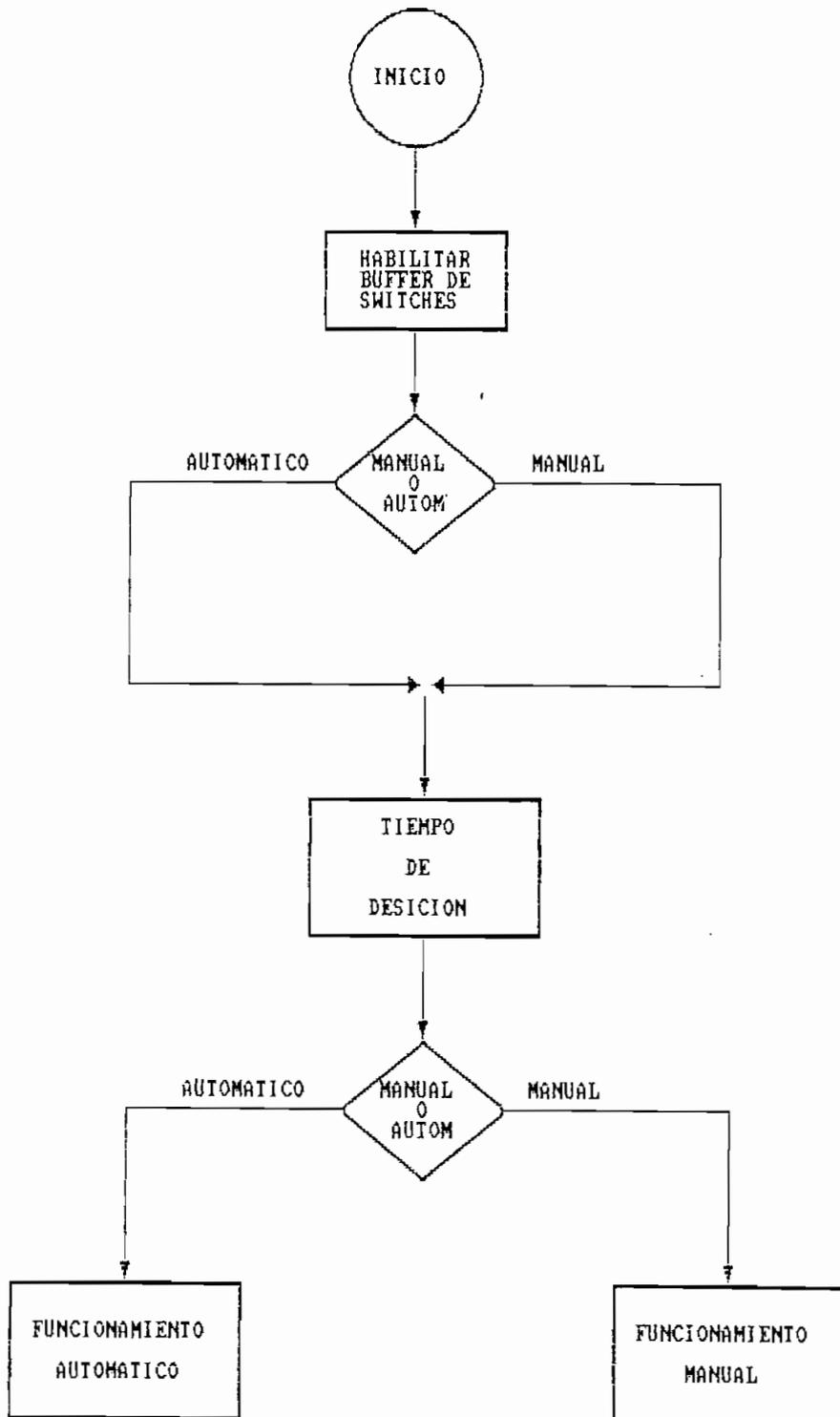


FIGURA Nº 3.5 Diagrama de flujo de selección del modo de funcionamiento manual o automático

3.2.3.1 SUBROUTINA DE MODO DE OPERACION MANUAL

Esta subrutina consta de cuatro etapas, la primera se encarga del arranque manual del quemador, la segunda de seleccionar las entradas sea de presión o temperatura, la tercera de hacer un control de límites para la entrada seleccionada, de nivel de agua y de que el quemador permanezca prendido y la cuarta etapa se encarga de chequear si se finaliza la operación de la caldera para ejecutar la instrucción de apagado.

La primera etapa mediante el accionamiento del switch 4 que envía un OL al pin 2 de puerto 1 (P1.2) del microcontrolador, indicará que el operador inició la operación de la caldera, llamando a la subrutina de tiempo de prepurga y luego a la subrutina de arranque del quemador, que serán explicadas más adelante.

La segunda etapa es la selección manual de entradas, que se lo hace mediante el accionamiento de los switches 2 y 3 según la siguiente combinación:

SWITCH 2	SWITCH 3	ENTRADA
0	0	PRESION
1	0	TEMPERAT.
0	1	LIBRE
1	1	SIN USO

TABLA 3.2 Selección de entradas en modo manual

En esta etapa el operador está obligado a escoger una de las entradas, pues en caso contrario el programa se quedará en un lazo cerrado hasta que se cumpla éste requisito.

En la tercera etapa se habilita el buffer de ingreso de datos, para con estos valores hacer el control de límites y la transformación de éste valor a código BCD para su posterior indicación en displays en el caso de presión o temperatura.

Luego llamará a la subrutina de control de nivel de agua pero en este caso cuando la caldera está en funcionamiento. Para la verificación de que el quemador permanece prendido se llama a la subrutina de chequeo de fotoresistencia.

La cuarta etapa se encarga de deshabilitar el buffer de ingreso de datos y de habilitar la entrada del

multiplexer correspondiente al switch 5 que es el de control de apagado, para luego llamar a la subrutina de finalización y apagado.

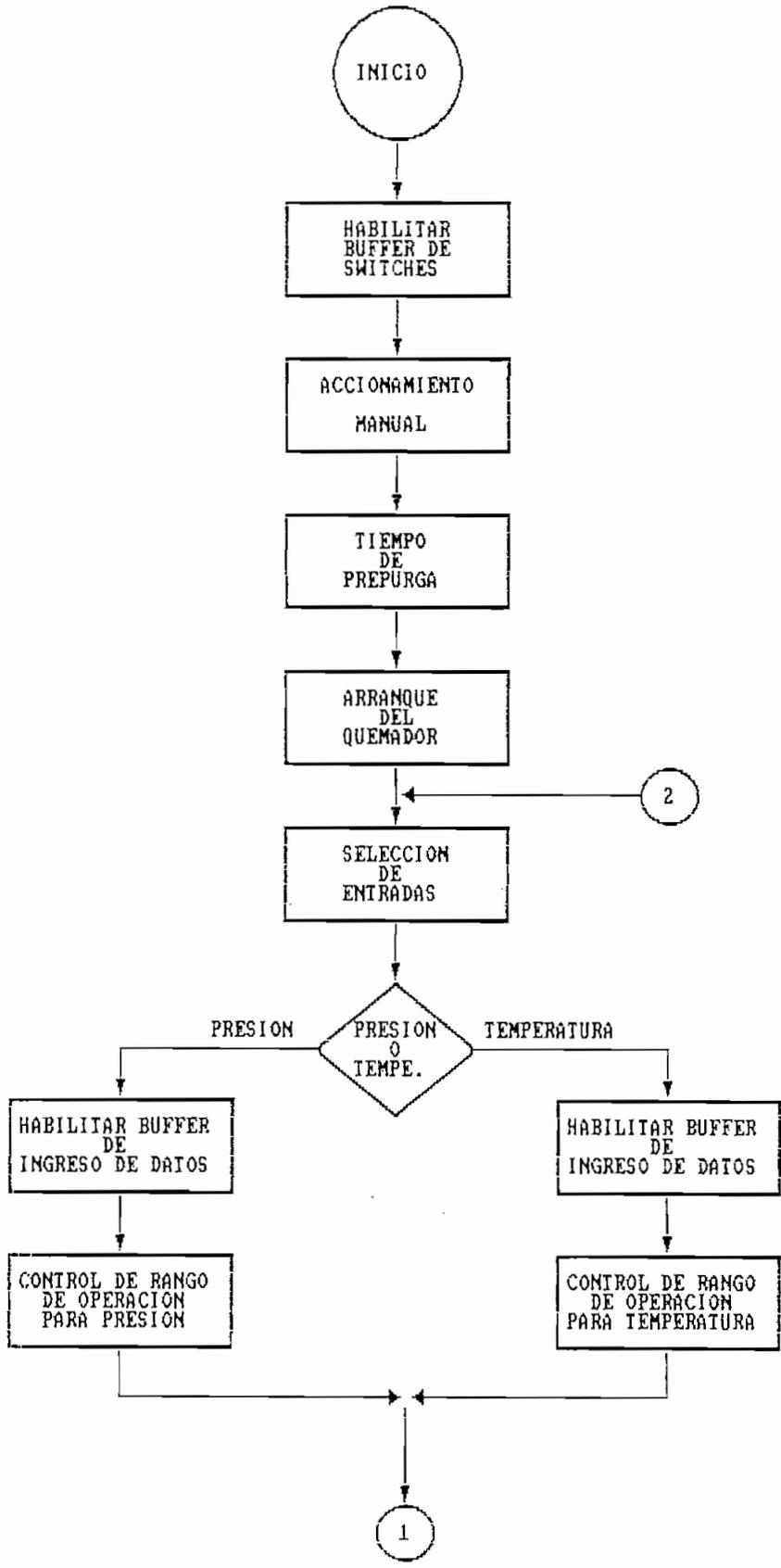
En la figura 3.6 se presenta el diagrama de flujo de la subrutina de control de modo de operación manual.

3.2.3.2 SUBROUTINA DE MODO DE OPERACION AUTOMATICO

Esta subrutina es muy similar a la subrutina de modo manual de operación, pues consta de las mismas etapas, con la diferencia de que en éste caso se habilita el buffer de ingreso de datos a cambio del buffer de switches, además en la segunda etapa que es la de selección de entradas, en éste caso se lo hace de manera automática, seleccionando en primer lugar la entrada de presión para luego seleccionar la entrada de temperatura, el cambio de entrada se realiza cuando los contadores (R6 y R5 del banco de registros 0) decremantan hasta cero.

Las otras etapas cumplen las mismas funciones que ya se explicaron en puntos anteriores.

La figura 3.7 nos indica el diagrama de flujo de la subrutina de control de modo de operación automático.



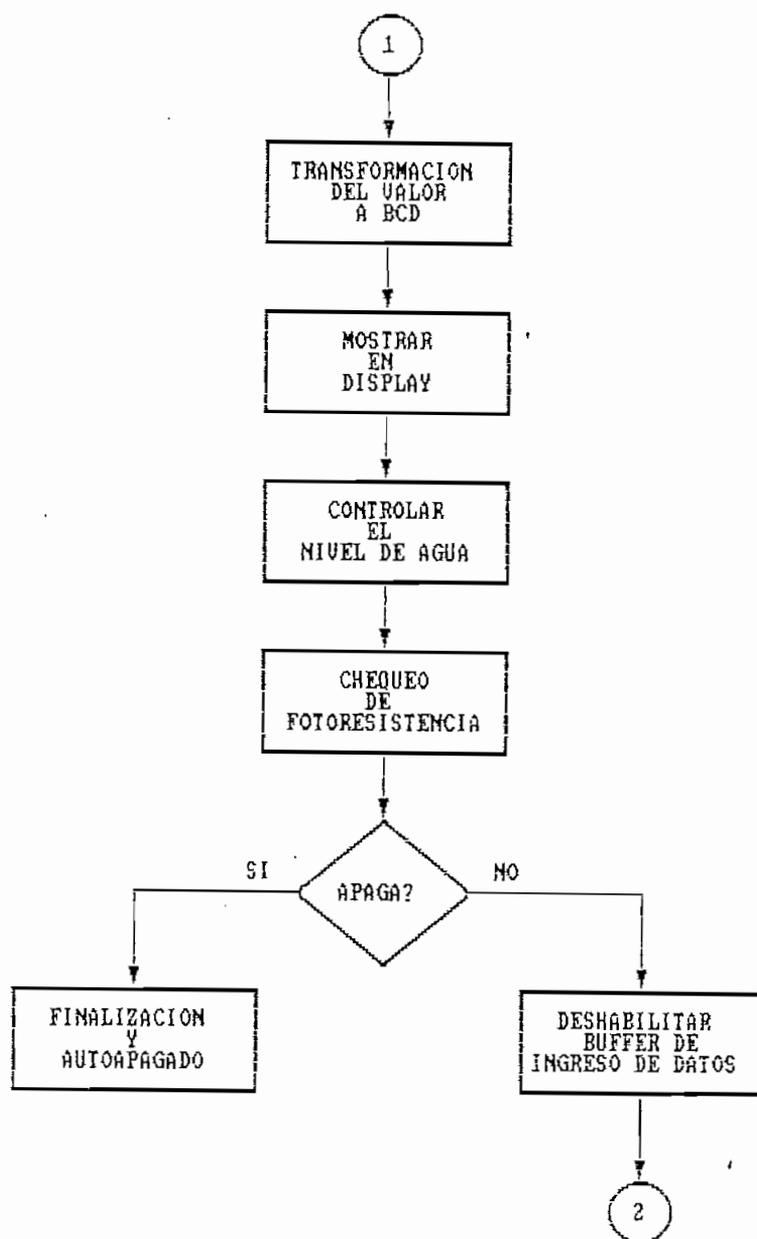
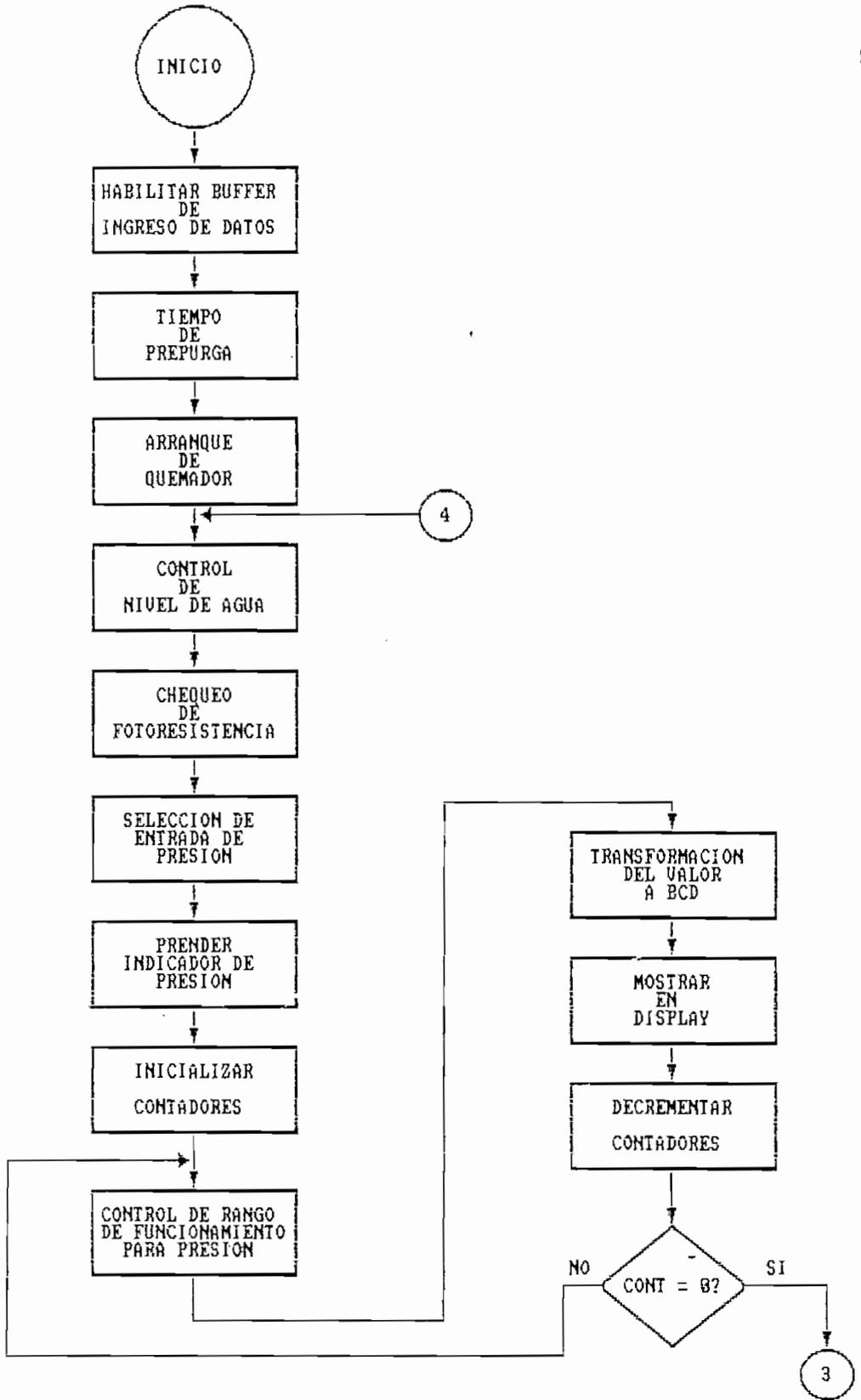


FIGURA Nº 3.6 Diagrama de flujo del control de funcionamiento en modo manual



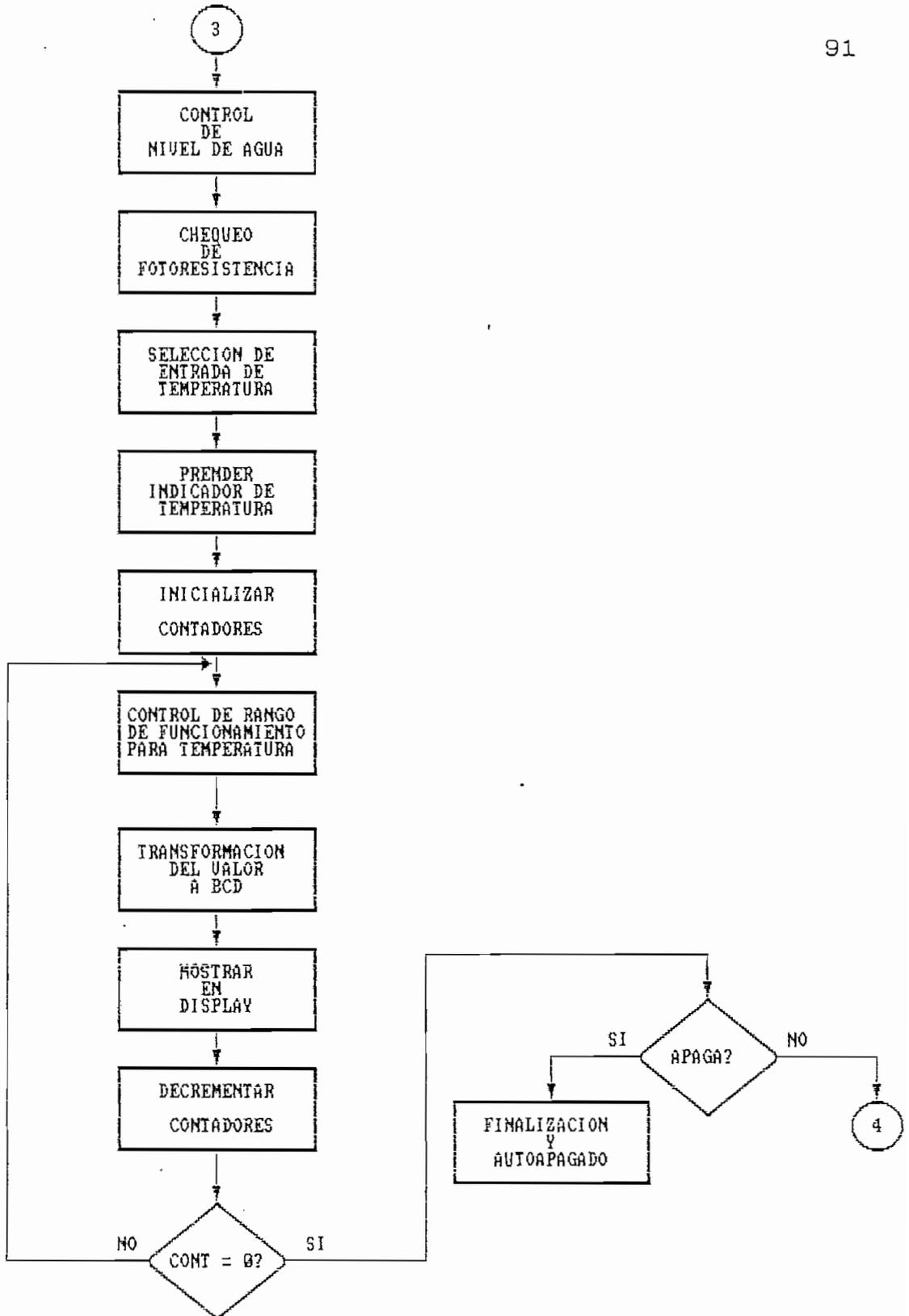


FIGURA Nº 3.7 Diagrama de flujo del control de modo de operación automático

3.3 SUBROUTINA DE TIEMPO DE PREPURGA Y POSTPURGA

Debido a que los procesos que tienen que cumplirse para la prepurga y postpurga son los mismos, las subrutinas que controlan dichos procesos también son iguales.

Esta subrutina se encarga de encender el ventilador, para éste cometido se utiliza el pin P2.0 (pin 0 del puerto 2), donde se coloca un OL, encendiéndose además la luz indicadora de tiempo, luego abre el damper completamente para que el ingreso de aire sea mayor, de modo que se pueda realizar correctamente la eliminación de los residuos del interior de la caldera. Para hacer el control de que efectivamente ingresa mayor cantidad de aire existe una subrutina que cumple con ésta función, la misma que se verá más adelante. En ésta situación deberá permanecer un tiempo de 50 segundos que es el tiempo que recomiendan los fabricantes de las calderas, para luego apagar la luz indicadora y regresar el damper a la posición inicial.

Las figuras 3.8 y 3.9 muestran los diagramas de las subrutinas de tiempo de prepurga y postpurga respectivamente.



FIGURA N° 3.8 Diagrama de flujo de la subrutina de tiempo de prepurga



FIGURA N° 3.9 Diagrama de flujo de la subrutina de tiempo de postpurga

3.4 SUBROUTINA DE ARRANQUE DEL QUEMADOR EN BAJO FUEGO

Esta subrutina tiene a su cargo el arranque de la válvula solenoide 1 y del transformador de ignición, para esto se utilizan los pines 2, y 1 del puerto 2 respectivamente, en los cuales se coloca un OL para dicho accionamiento, se establece un tiempo de espera de 15 segundos y se llama a la subrutina de chequeo de fotoresistencia, para luego de 30 segundos apagar el transformador y arrancar la válvula solenoide 2, con el damper en posición de alto fuego.

La figura 3.10 ilustra el diagrama de flujo del arranque del quemador.

3.5 SUBROUTINA DE CONTROL DE LIMITES DE PRESION Y TEMPERATURA

Esta subrutina está desarrollada de forma general de modo que permite hacer el control de límites para presión y temperatura.

Los límites con los cuales se ha determinado el trabajo de la caldera en éste caso, son los que se indican en la tabla 3.3.

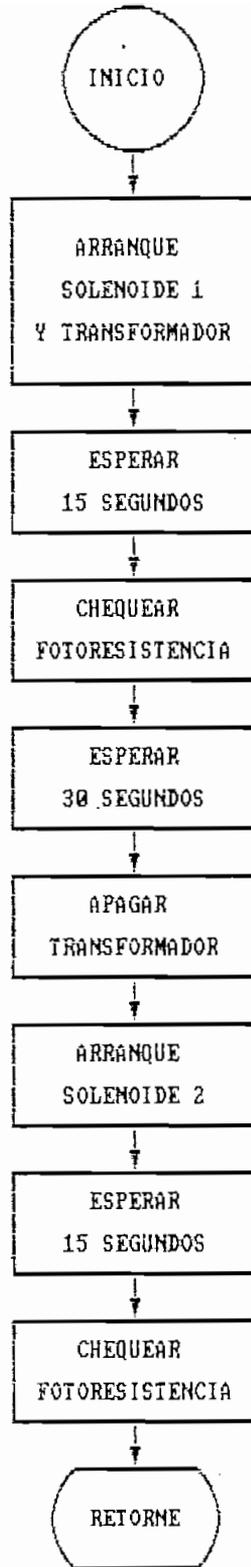


FIGURA Nº 3.10 Diagrama de flujo del arranque del quemador

LIMITE	PRESION	HEX.	TEMPER.	HEX.
MINIMO	80 PSI	50 H.	166 C	A6 H.
MAXIMO	130 PSI	82 H.	180 C	B4 H.

TABLA 3.3 Límites de presión y Temperatura

Luego de la determinación de la entrada, ésta subrutina se encarga de almacenar los límites en localidades de memoria.

Para ésto se selecciona el banco 0 de registros, según lo explicado en el capítulo I, en el registro R3 cargamos el valor mínimo y en R4 el valor máximo, éstos valores serán almacenados en las localidades de memoria indicadas por el valor de R0 y R1 del mismo banco de registros. Luego del almacenamiento en memoria de éstos valores, se pasa a hacer el control de límites.

La secuencia de éste proceso de control se indica en la figura 3.11, donde:

Vr : valor obtenido de presión o temperatura.

V_{mín} : valor mínimo

V_{máx} : valor máximo

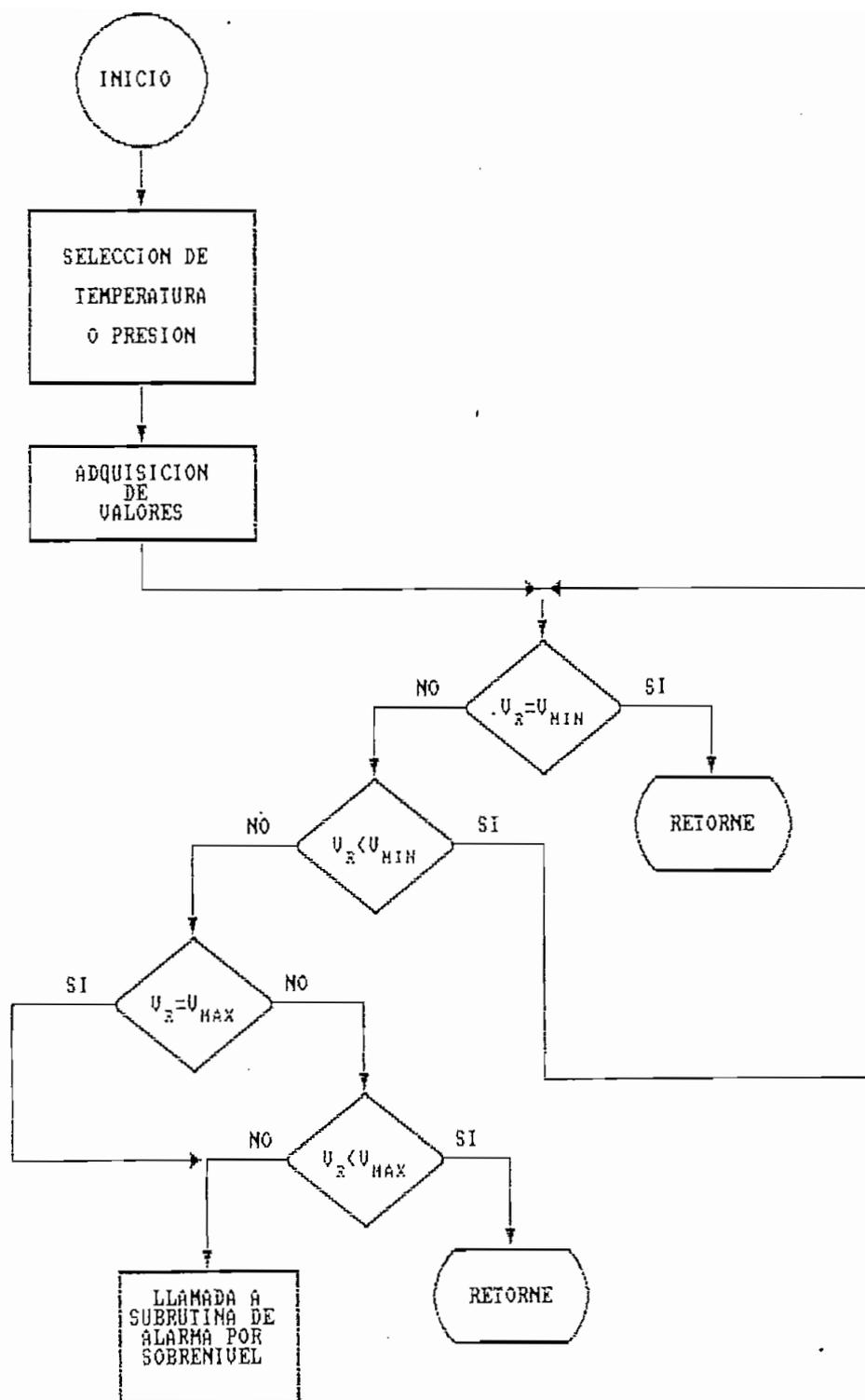


FIGURA 3.11 Diagrama de flujo del control de nivel de presión y temperatura

El programa se encarga de verificar si el valor obtenido está en los siguientes rangos:

1. menor o igual al valor mínimo.
2. entre el valor mínimo y el valor máximo.
3. superior o igual al valor máximo.

Si el valor se encuentra en el primer rango, deberá pasar al siguiente paso del proceso.

El segundo rango se refiere al rango de funcionamiento de la caldera, es decir, es en éstos valores donde la caldera opera sin ningún peligro.

En el caso de que el valor obtenido esté en el tercer rango, se deberá apagar la caldera, activar la alarma de sobrenivel y a continuación cumplir con la subrutina de postpurga. En ésta condición deberá permanecer hasta que el valor baje hasta el límite inferior donde se puede volver a encender la caldera y continuar con el proceso desde el inicio.

3.6 SUBROUTINA DE CHEQUEO DE FOTORESISTENCIA

Esta subrutina es la que se encarga de controlar la presencia o no de llama en la caldera, cuando arranca el quemador y cuando la caldera está en funcionamiento.

Para ésto es necesario deshabilitar el buffer de ingreso de datos, para seleccionar la entrada 3 del multiplexer, que corresponde a la señal de la fotoresistencia, para luego enrutarla al pin 7 del puerto 2 del microcontrolador (ver tabla 3.1).

Si ésta señal es un OL. indicará ausencia de llama, ésto es que el quemador no arrancó o se apagó por algún motivo. En éste caso se llamará a la subrutina de alarma por ausencia de llama. En el caso contrario cuando la señal es 1L. se indica que existe llama, por lo que se retorna al siguiente punto del control.

La figura 3.12 indica el diagrama de flujo de la subrutina de chequeo de fotoresistencia.

3.7 SUBROUTINA DE CONTROL DEL DAMPER EN POSICION DE ALTO FUEGO

Lo que se trata en éste caso es de verificar si la compuerta damper se abrió completamente (posición de alto fuego) o no lo hizo.

Para ésto se selecciona la entrada 4 del multiplexer que corresponde a la señal del damper completamente

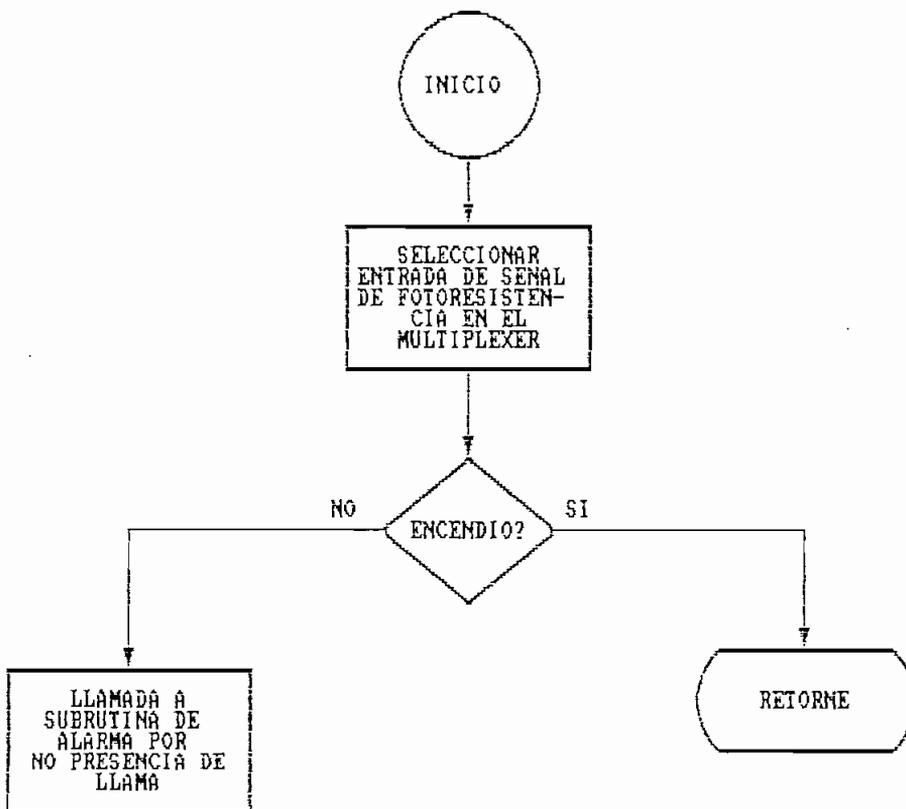


FIGURA N° 3.12 Diagrama de flujo de chequeo de fotoresistencia

abierta, para luego chequear la señal que llega al pin 7 del puerto 2, si es 0L indica que el damper si abrió completamente y continúa con el proceso, caso contrario si no llegó a la posición de alto fuego (1L.), se llamará a la subrutina de alarma por control del damper.

La figura 3.13 indica la secuencia de éste control.

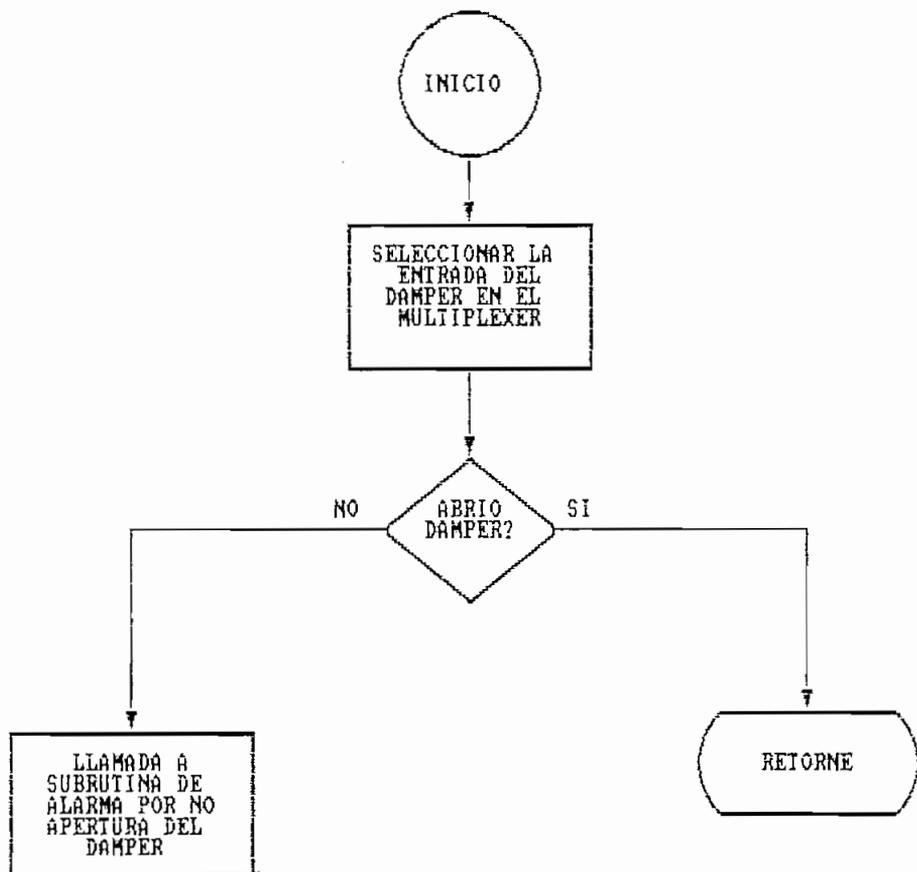


FIGURA N° 3.13 Diagrama de flujo del control de apertura del damper

3.8 SUBROUTINA DE CONTROL DEL DAMPER EN POSICION DE BAJO FUEGO

Esta subrutina es la encargada de verificar si la compuerta damper se cerró, es muy similar a la anterior, pero en éste caso se selecciona la entrada 5 del multiplexer.

La figura 3.14 indica la secuencia de éste control.

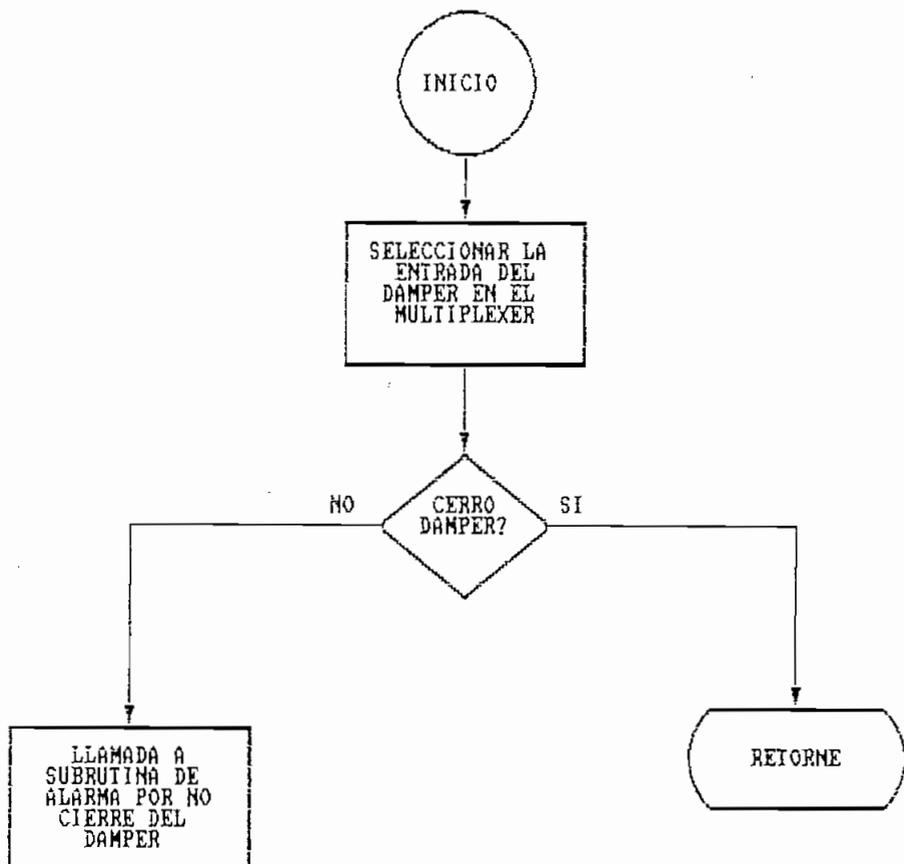


FIGURA N^o 3.14 Diagrama de flujo de control de cierre del damper

3.9 SUBROUTINA DE CONTROL DE NIVEL DE AGUA DE LA CALDERA EN FUNCIONAMIENTO

A diferencia de la subrutina de control de agua inicial, ésta subrutina trabaja con las tres entradas del multiplexer, que corresponden a las señales de los tres electrodos que controlan el nivel de agua (ver tabla 3.1).

En éste caso se dá la opción de que la bomba de agua se abra cuando la caldera está en funcionamiento, de modo que exista una reposición constante de líquido, dicha opción se realiza gracias a la presencia del electrodo intermedio, cuya señal ingresa a la entrada 1 del multiplexer, para luego ser enrutada al pin 7 del puerto 2 del microcontrolador.

Si ésta señal es un OL. significa que el electrodo intermedio no conduce, indicando que el nivel de líquido es inferior al nivel del electrodo, por lo que se accionará la bomba de agua sin necesidad de que la caldera deje de funcionar. En caso contrario cuando la señal es 1L. indica que el electrodo conduce o que el nivel de líquido es superior al electrodo, en éste caso se pasará a verificar si el electrodo más corto conduce (máximo nivel). Si el electrodo más corto conduce, se indica que el nivel de líquido ha llegado a su máximo

nivel, donde la bomba deberá desactivarse. Si el electrodo más largo (mínimo nivel de líquido) deja de conducir, se procederá a apagar el quemador, activando posteriormente una alarma visual y audible para el operador y se pondrá en condición de espera hasta que el nivel cumpla con el mínimo requerido para reiniciar el proceso.

La figura 3.15 muestra el diagrama de flujo de éste control.

3.10 ALARMAS

Esta sección tiene como propósito el controlar y de evitar las situaciones peligrosas o fallas que se pueden presentar en el funcionamiento de la caldera.

Las situaciones riesgosas o de peligro que se pueden presentar en la operación de la caldera y que se va a controlar son:

- a) Que el nivel del líquido en el arranque sea menor al mínimo requerido o que dicho nivel descienda bajo el mínimo cuando la caldera está en funcionamiento.

- b) Que el valor de la presión o la temperatura sensado en la caldera durante la operación

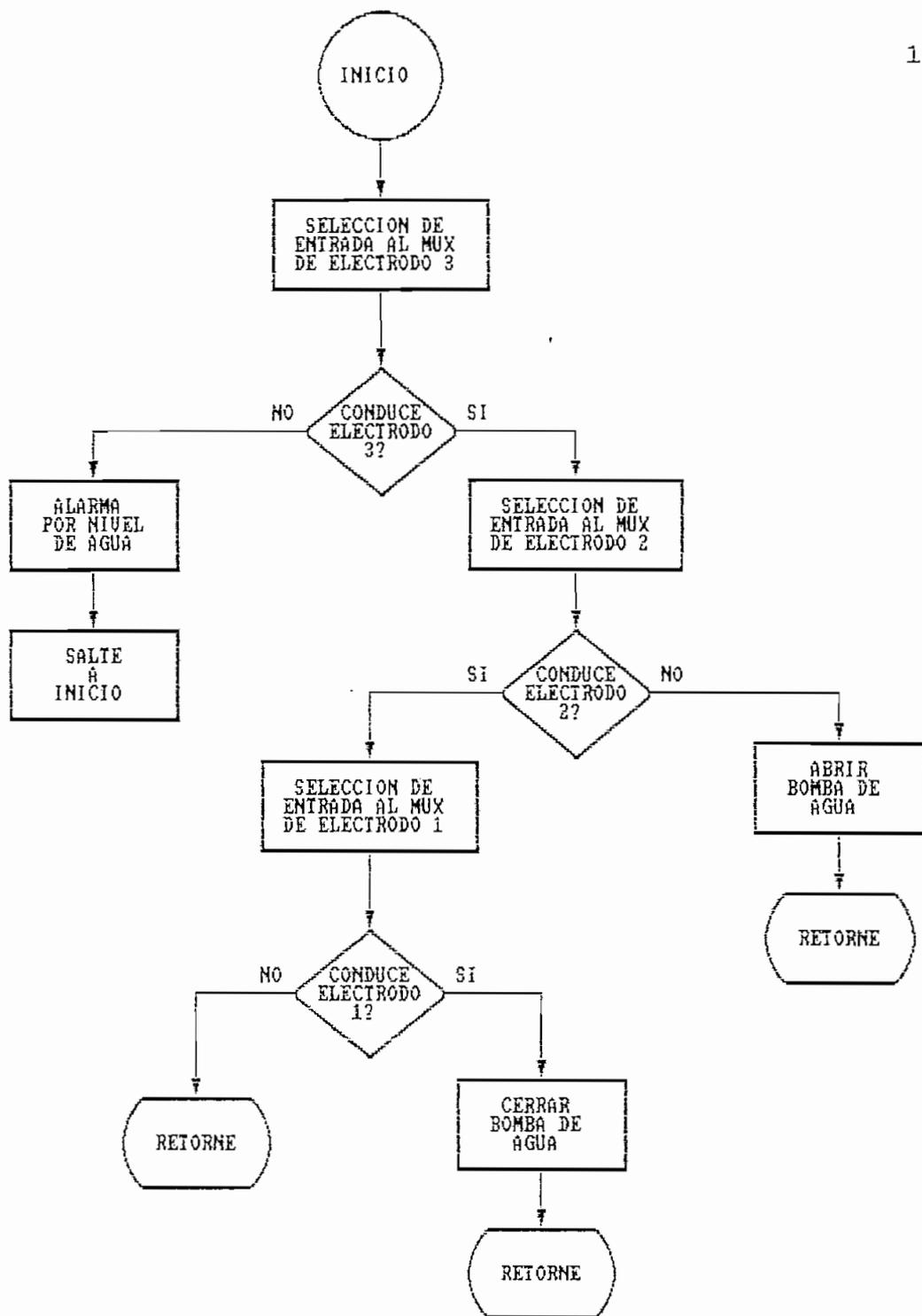


FIGURA N^o 3.15 Diagrama de flujo del control de nivel de agua de la caldera en funcionamiento

sobrepase el valor máximo permisible establecido por el fabricante.

- c) Que en el momento de realizar la prepurga o postpurga, la compuerta damper no se abra completamente, impidiendo un flujo de aire apropiado.
- d) Que la compuerta damper no vuelva a la posición inicial o de bajo fuego, impidiendo una mezcla adecuada de aire y combustible para el encendido del quemador.
- e) Que no exista la presencia de llama en el encendido del quemador, o que por cualquier circunstancia el quemador se apague.

3.10.1 ALARMA POR NIVEL DE AGUA

Se llama a ésta subrutina cuando el nivel de agua en la caldera sea menor al mínimo requerido. En éstas circunstancias se debe apagar el quemador, que consiste en cerrar las dos válvulas solenoides de entrada de combustible y mantener desactivado al transformador de ignición, ésto se consigue poniendo en 1L los pines 2, 1 y 0 del puerto 2 del microcontrolador que son los que

controlan la válvula solenoide 2, la válvula solenoide 1 y el transformador de ignición respectivamente.

Posteriormente se deberá accionar una alarma visual y audible por un tiempo determinado, de modo que el operador pueda identificar la falla, ésto se consigue deshabilitando el buffer de ingreso de datos para poder seleccionar la salida del demultiplexer correspondiente a la alarma de nivel de agua, puesto que el demultiplexer es de una entrada a ocho salidas necesita de tres entradas de selección, por lo que utilizamos los pines 3, 4 y 5 del puerto 0 para las entradas de selección C, B y A respectivamente.

La tabla 3.4 indica el método de selección de las salidas del demultiplexer y su correspondiente asignación.

C	B	A	Y	ASIGNACION
0	0	0	Y0	Luz de espera
0	0	1	Y1	Nivel de agua
0	1	0	Y2	Fotoresistencia
0	1	1	Y3	Apertura del damper
1	0	0	Y4	Cierre del damper
1	0	1	Y5	Control de apagado
1	1	0	Y6	No utilizado
1	1	1	Y7	No utilizado

TABLA 3.4 Selección de salidas del demultiplexer

Una vez que se ha activado la alarma se deberá continuar con el proceso de postpurga, activar la bomba de agua (OL. en el pin 6 del puerto 2) y esperar hasta que el nivel llegue al mínimo requerido, para reiniciar todo el proceso.

La figura 3.16 indica el diagrama de flujo de ésta alarma.

3.10.2 ALARMA POR SOBRENIVEL DE PRESION O TEMPERATURA

En el caso de que el valor sensado de presión o temperatura sobrepase el máximo permisible, se deberá apagar el quemador. Activar una señal visual y audible para el operador, para ésto se utiliza el pin 7 del puerto 1, donde se coloca un OL mediante la operación lógica OR que tiene el microcontrolador utilizado. Esto se lo hace para permitir que el valor sensado siga apareciendo en los display el tiempo que permanece activada la alarma.

Posteriormente se deberá realizar una postpurga y sensar la presión hasta que el valor se encuentre dentro del trabajo normal para volver a iniciar el proceso.

En la figura 3.17 se ilustra la secuencia de eventos requeridos para la condición de alarma.

3.10.3 ALARMA POR NO APERTURA DEL DAMPER

Mediante este proceso se ejecutan los eventos requeridos para apagar el quemador, hacer visible y audible para el operador la falla ocurrida, ésto mediante la selección de la salida 3 del demultiplexer (ver tabla 3.4), para luego saltar a la condición de finalización y autoapagado.

La figura 3.18 indica la secuencia de ésta alarma.

3.10.4 ALARMA POR NO CIERRE DE LA DAMPER

Esta alarma es similar a la anterior, por lo que se ejecuta un proceso igual, pero en éste caso se selecciona la salida 4 del demultiplexer para indicar al operador la falla existente. (ver tabla 3.4)

La figura 3.19 indica el diagrama de flujo de ésta alarma.

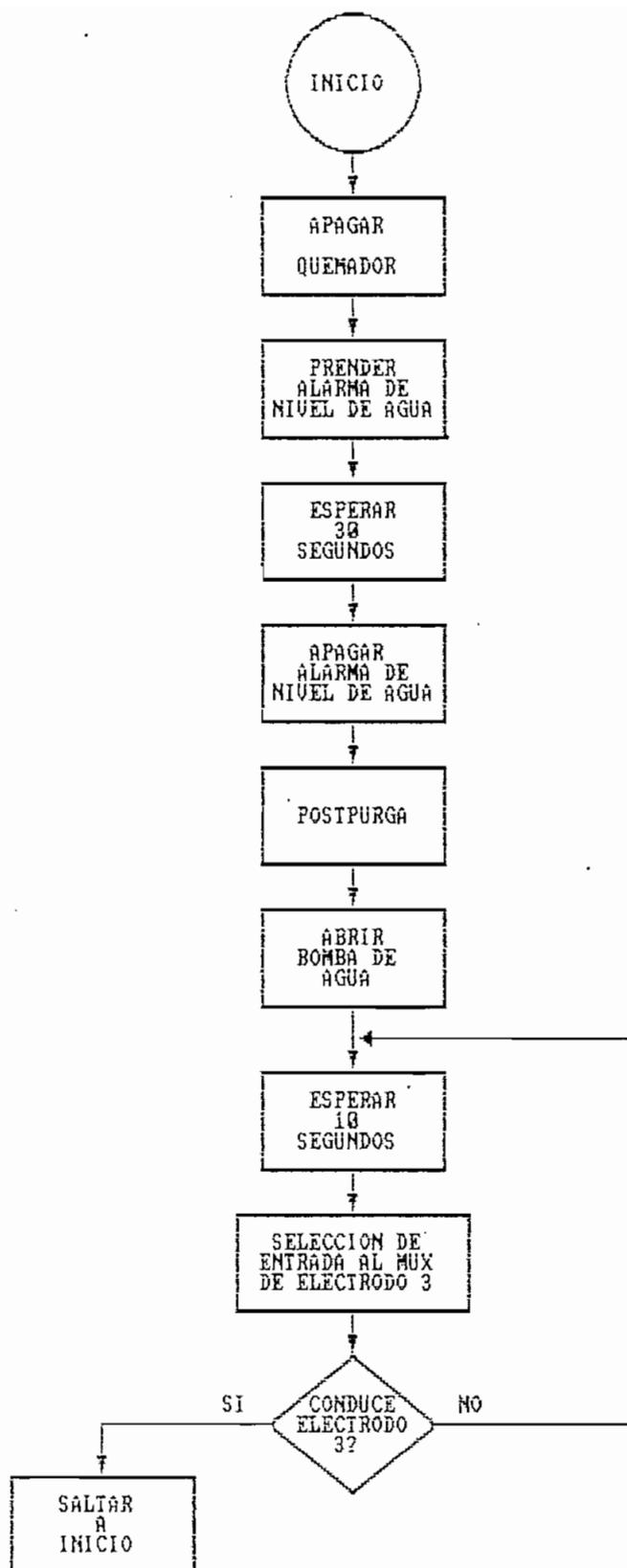


FIGURA Nº 3.16 Diagrama de flujo de alarma por nivel de agua

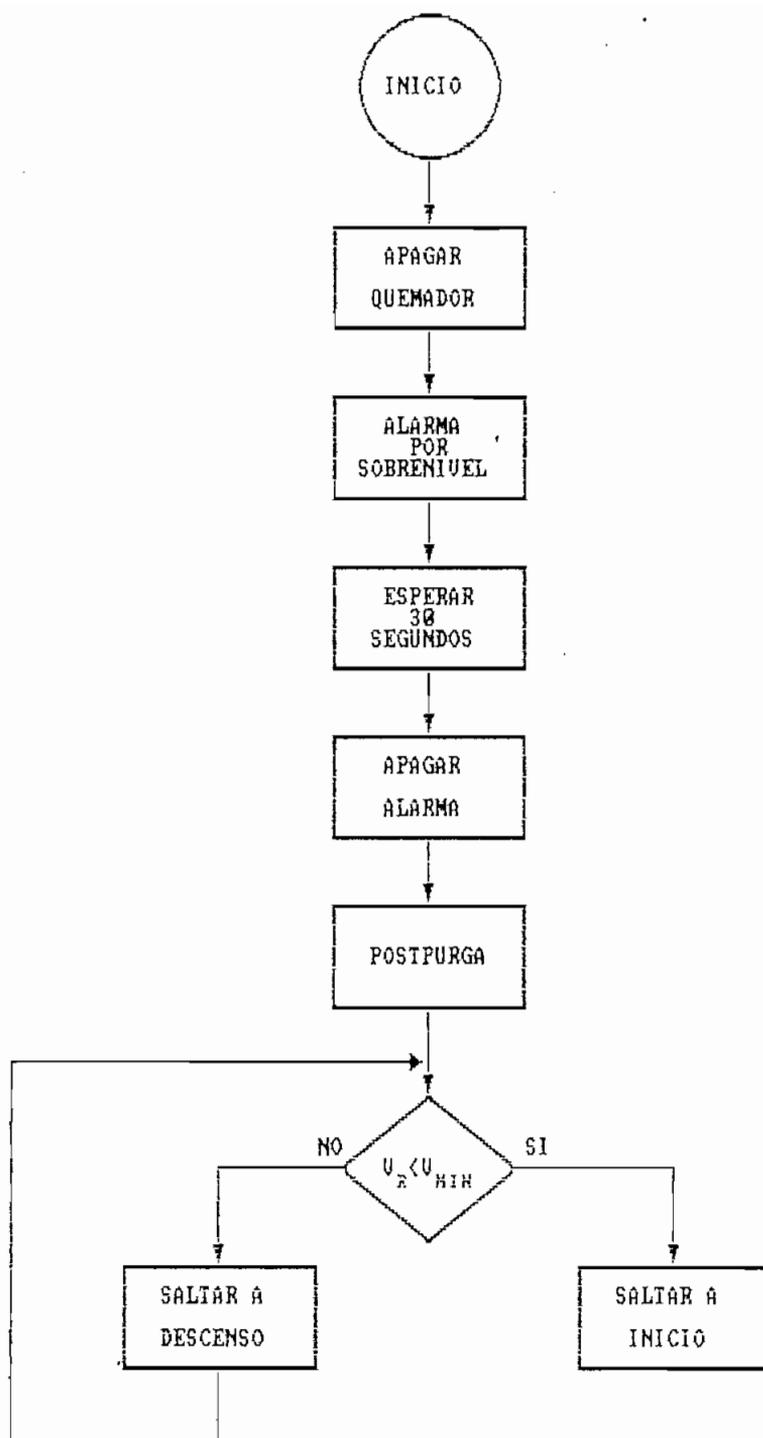


FIGURA Nº 3.17 Diagrama de flujo de alarma por sobrenivel de presión o temperatura



FIGURA N^o 3.18 Diagrama de flujo de alarma por no apertura del damper

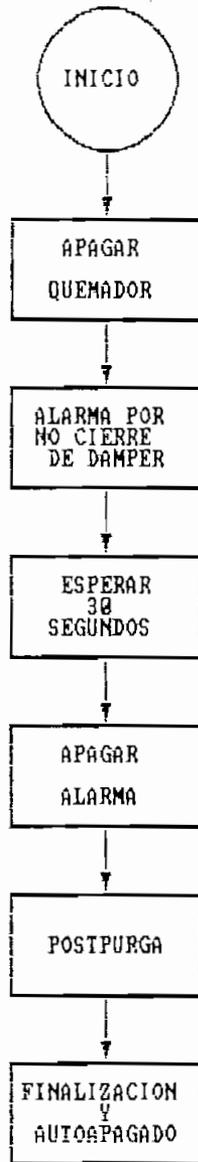


FIGURA N° 3.19 Diagrama de flujo de alarma por no cierre del damper

3.10.5 ALARMA POR NO PRESENCIA DE LLAMA

Luego de hacer el chequeo de la fotoresistencia, si la información obtenida significa que no hay presencia de llama, se procede a apagar el quemador, se da la indicación visible y audible de condición de alarma para el operador, la existencia de dicha falla se detecta mediante la selección de la salida 2 del demultiplexer (ver tabla 3.4), luego se establece el procedimiento de postpurga, para posteriormente pasar a finalización y autoapagado.

La figura 3.20 indica la secuencia de ésta alarma.

3.11 TRANSFORMACION DEL VALOR OBTENIDO A BCD

Esta subrutina se encarga de separar los dígitos de las centenas, decenas y unidades del valor sensado, sea de presión o temperatura, luego se almacenan estos datos en la memoria como información BCD, de modo que permita su posterior indicación en los displays.

La separación de los dígitos se lo hace mediante divisiones sucesivas, ésto se facilita puesto que el microcontrolador utilizado tiene dentro de sus operaciones matemáticas la división.

El almacenamiento en memoria se lo hace utilizando el registro R0 del banco 0.

La figura 3.21 indica el diagrama de flujo de esta subrutina.



FIGURA Nº 3.20 Diagrama de flujo de alarma por no presencia de llama



FIGURA Nº 3.21 Diagrama de flujo de la subrutina de transformación del dato a código BCD

3.12 INDICACION DEL VALOR EN DISPLAY

El proceso de indicación en displays es el mismo para los tres dígitos, centenas, decenas y unidades.

Se recupera de la memoria el dígito en BCD y se lo direcciona al puerto 1, ubicándose el dato en BCD en los pines 0, 1, 2 y 3 de dicho puerto. Para el barrido de los displays se utilizan los pines 4 y 5 y lo que se hace es la operación lógica OR con valores que no alteren los dígitos pero que vaya cambiando el valor de los pines que se utilizan para el barrido.

La figura 3.22 indica la secuencia de ésta subrutina.

3.13 SUBROUTINAS DE TIEMPO

En el funcionamiento de la caldera es necesario controlar básicamente los tiempos de espera. Para realizar éste control se aprovecha la facilidad que ofrece el microcontrolador 8751H, pues dispone de dos temporizadores independientes, de los cuales para los tiempos de espera se utiliza el timer 0.

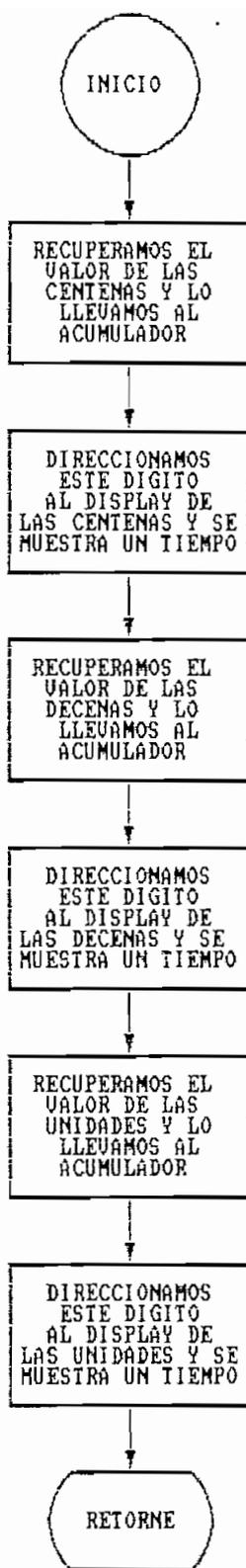


FIGURA Nº 3.22 Diagrama de flujo de la subrutina de display

3.13.1 SUBROUTINA DE TIEMPO DE 1 SEGUNDO

Esta subrutina se encarga de contar el número de veces que debe interrumpir el timer 0 para que transcurra 1 segundo. Debido a que se requiere de mayor precisión para la cuenta de segundos, se escoge el modo 0 de operación, para el timer 0, es decir un timer de 13 bits y para el timer 1 el modo 2 puesto que se utiliza en la subrutina de transmisión de datos, por lo que se debe programar al registro de control del modo de operación de los timers TMOD con el valor 20H, ésto es :

```
MOV    TMOD, #20H
```

Debido a que el microcontrolador 8751H divide la frecuencia del oscilador para 12 y como se trabaja con un cristal de 4 MHz, se puede calcular el período en el que incrementa el timer, así:

$$f_{osc.} = 4 \text{ MHz}$$

$$f_{osc.}/12 = 4\text{MHz}/12 = 333 \times 10^3 \text{ Hz} = 1/T$$

donde T es el período.

$$T = 3 \times 10^{-6} \text{ seg.}$$

$$1 \text{ segundo} = 333 \times 10^3 \text{ T}$$

Esto indica que el timer se incrementa cada 3 microsegundos y en 1 segundo se tiene que contar 333 mil períodos.

El timer 0 trabajando en modo 0 (13 bits) puede contar hasta $2^{13} - 1$ veces, esto equivale a 8191 períodos que se puede contar.

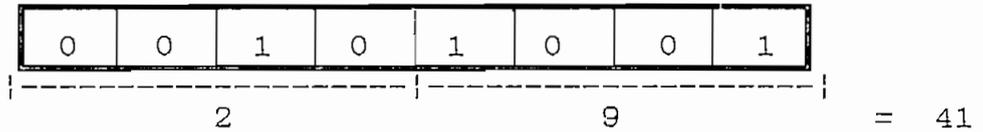
Por lo tanto se debe esperar a que el timer llene de 1s los 13 bits y active la bandera de sobreflujo.

Entonces el número de banderas que se tiene contar durante 1 segundo resulta de dividir el número de períodos que se debe contar para el número de períodos que puede contar el timer 0, esto es :

$$333 \times 10^3 / 8191 = 40.65 \quad \text{aproximado a 41}$$

Este valor en hexadecimal corresponde a 29H.

Esto indica que el conteo de las banderas puede realizarse con un solo registro de 8 bits, como se ilustra a continuación:



La figura 3.23 indica el diagrama de flujo de la subrutina de 1 segundo.

3.13.2 SUBROUTINAS DE TIEMPO DE 10, 15, 30 Y 50 SEGUNDOS

Estas subrutinas son idénticas ya que se basan fundamentalmente en la subrutina de 1 segundo, pues consiste en llamar 10, 15, 30 y 50 veces a la subrutina de 1 segundo.

Las figuras 3.24 (a, b, c, d) indican los diagramas de flujo de éstas subrutinas.

3.14 SUBROUTINAS DE TRANSMISION Y RECEPCION DE DATOS

Para establecer la comunicación entre el computador y el circuito diseñado se utilizan los puertos seriales del computador y del microcontrolador utilizado. Además es necesario elaborar dos programas que estén relacionados adecuadamente, uno para el microcontrolador y otro para el computador personal desarrollado en Quickbasic.

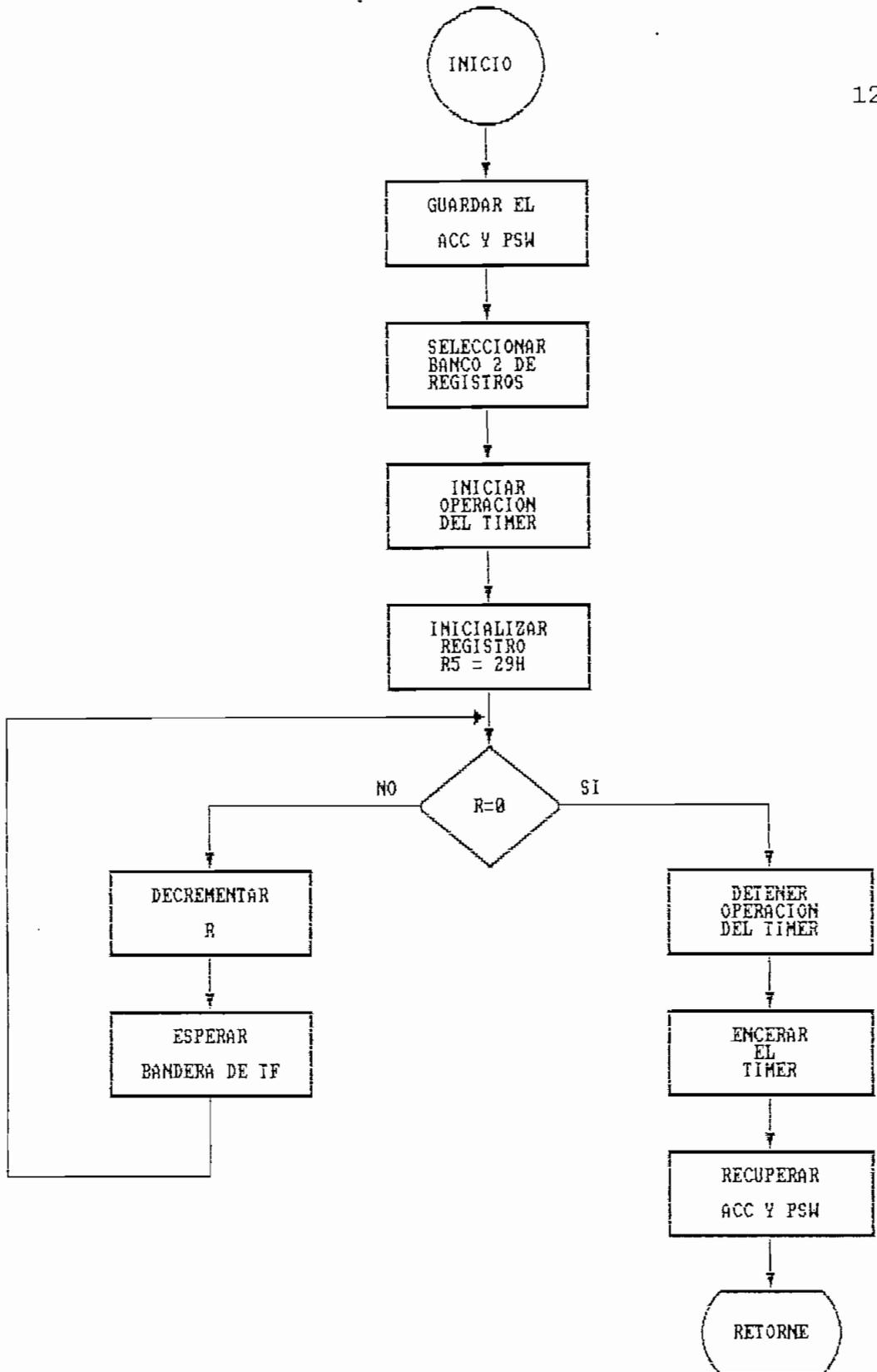


FIGURA N^o 3.23 Diagrama de flujo de la subrutina de tiempo de 1 segundo

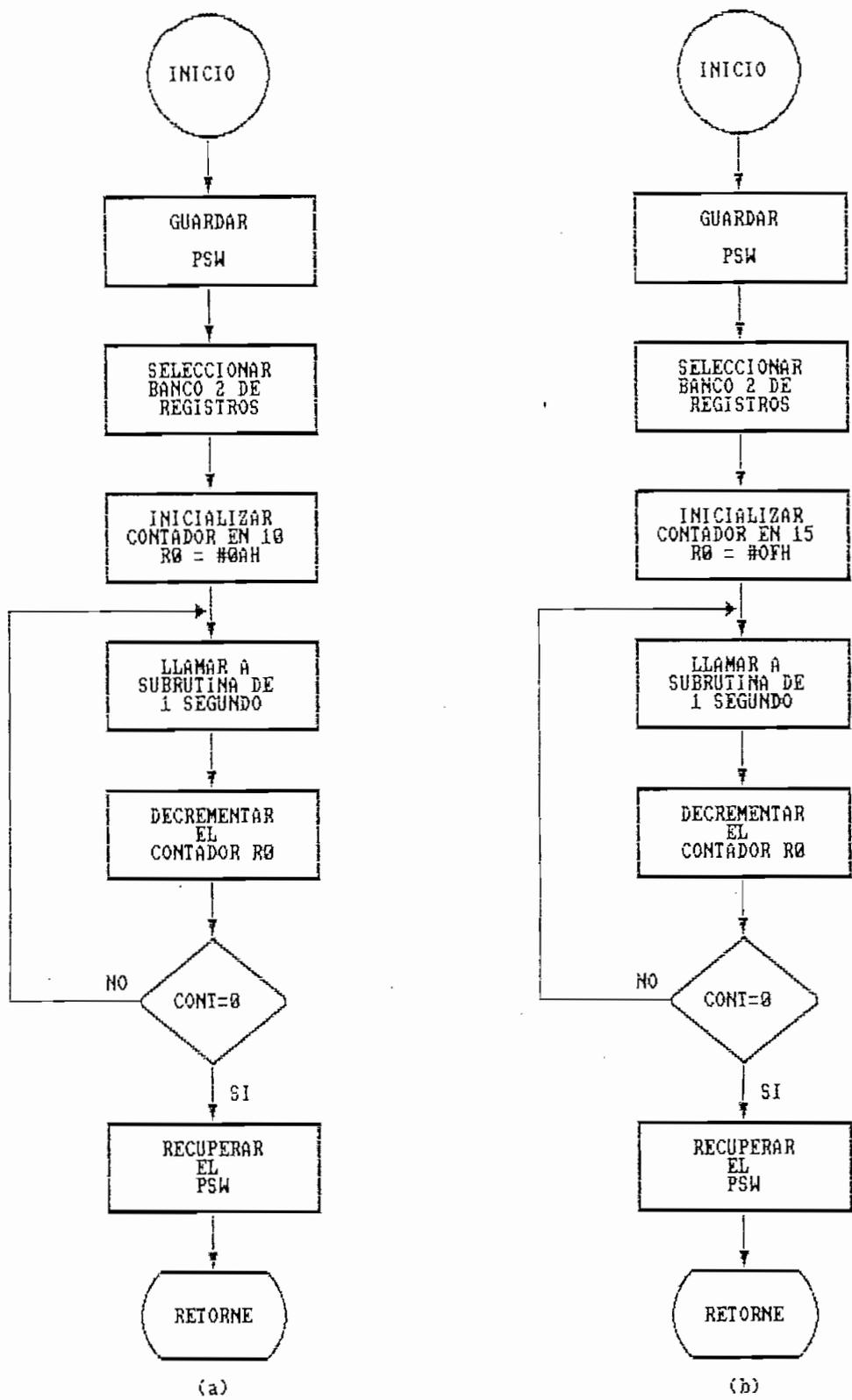


FIGURA Nº 3.24 (a y b)

Diagrama de flujo de la subrutina de tiempo de 10 y 15 segundos

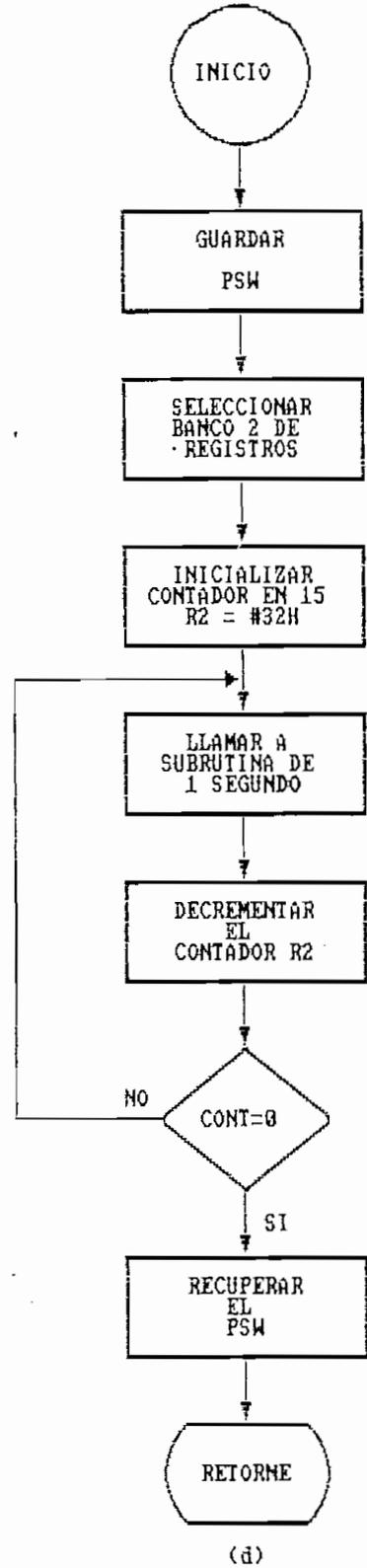
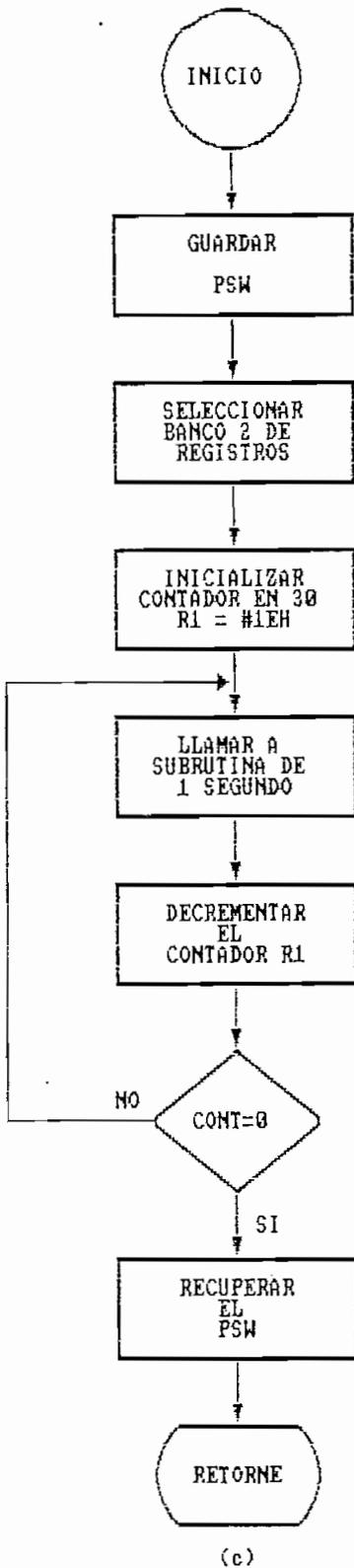


FIGURA N^o 3.24 (c y d) Diagrama de flujo de la subrutina de tiempo de 30 y 50 segundos

3.14.1 SUBROUTINA PARA EL CIRCUITO MICROCONTROLADOR

En primera instancia el microcontrolador se comporta como receptor, pues debe recibir la orden del computador para empezar la transmisión de los valores de presión o temperatura, para ésto carga el dato que recibe en el acumulador y lo compara con el número 45H, que es el equivalente hexadecimal del caracter **E**, que corresponde a la orden de empezar la transmisión de los valores.

Si el contenido del acumulador es efectivamente 45H, el microcontrolador responde con el envío del contenido del registro R4, el mismo que indica que los valores que se envían a continuación corresponden a presión o temperatura. Una vez que se ha enviado el valor se deberá desactivar la transmisión para retornar a la siguiente instrucción del proceso.

El envío de valores desde el microcontrolador al computador es continuo, hasta que el operador envíe por medio del computador la orden de finalización, el procesamiento de dicha orden sigue una secuencia idéntica a la anterior, sólo que en éste caso el contenido del acumulador se compara con el número 46H que es el equivalente hexadecimal del caracter **F** que envía el computador, para posteriormente contestar el

microcontrolador con el envío del contenido del registro R5, que indica el fin de la transmisión de valores.

La figura 3.25 muestra el diagrama de flujo de ésta subrutina.

3.14.2 SUBRUTINA PARA EL COMPUTADOR PERSONAL

Esta subrutina permite al operador comandar desde el computador la recepción de los valores de presión o temperatura a los cuales está trabajando la caldera.

Una vez cargado el programa en el computador aparecerá en pantalla si se desea la recepción de datos si el operador responde afirmativo, se procederá a inicializar el puerto serial de microcontrolador, para luego indicar que se debe presionar **E** para empezar la recepción, ésta información se transmitirá al microcontrolador, y se espera la respuesta, es decir el contenido del registro R4, para posteriormente recibir los valores sea de presión o temperatura.

Además aparecerá en pantalla el comando de finalización, el caracter **E**, para que el operador pueda utilizarlo en cualquier momento. En caso de ser utilizado éste comando se transmitirá el

equivalente hexadecimal de dicho caracter y se esperará la respuesta con el contenido de R5 desde el microcontrolador, una vez receptada ésta información aparecerá en la pantalla fin de recepción y regresará al inicio del programa.

La figura 3.26 muestra el diagrama de flujo de ésta subrutina.

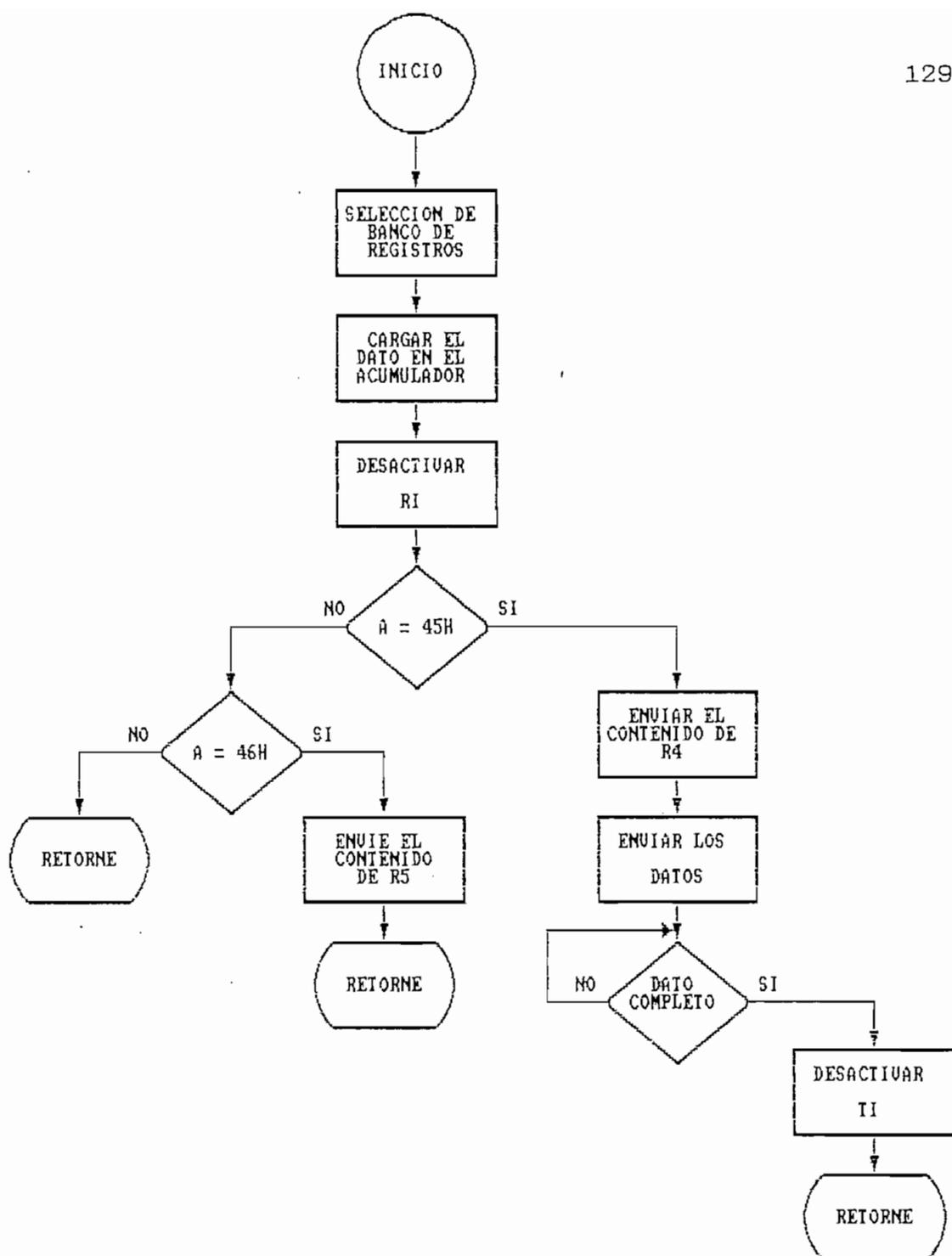
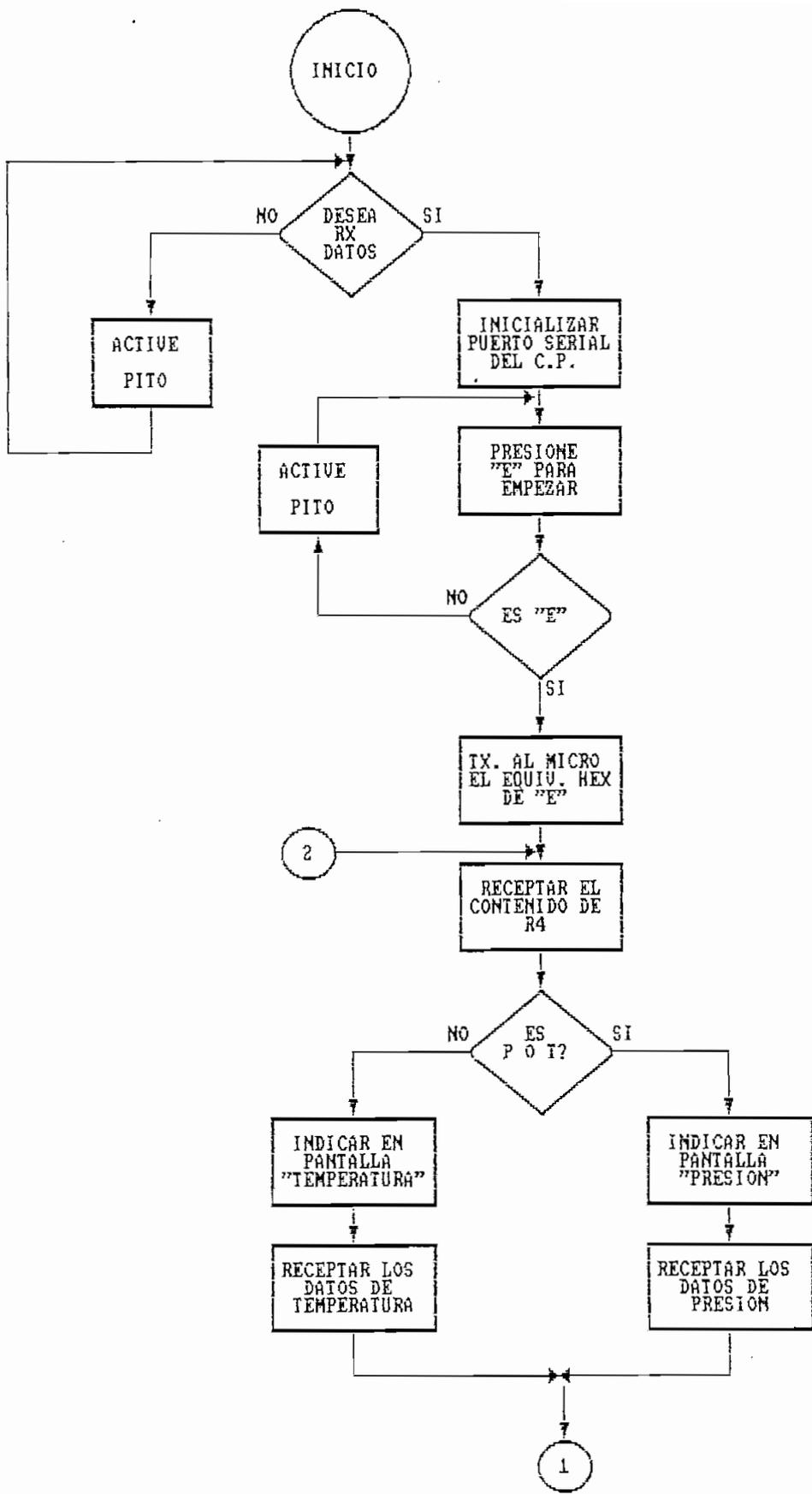


FIGURA 3.25 Diagrama de flujo de la subrutina de recepción y transmisión para el microcontrolador



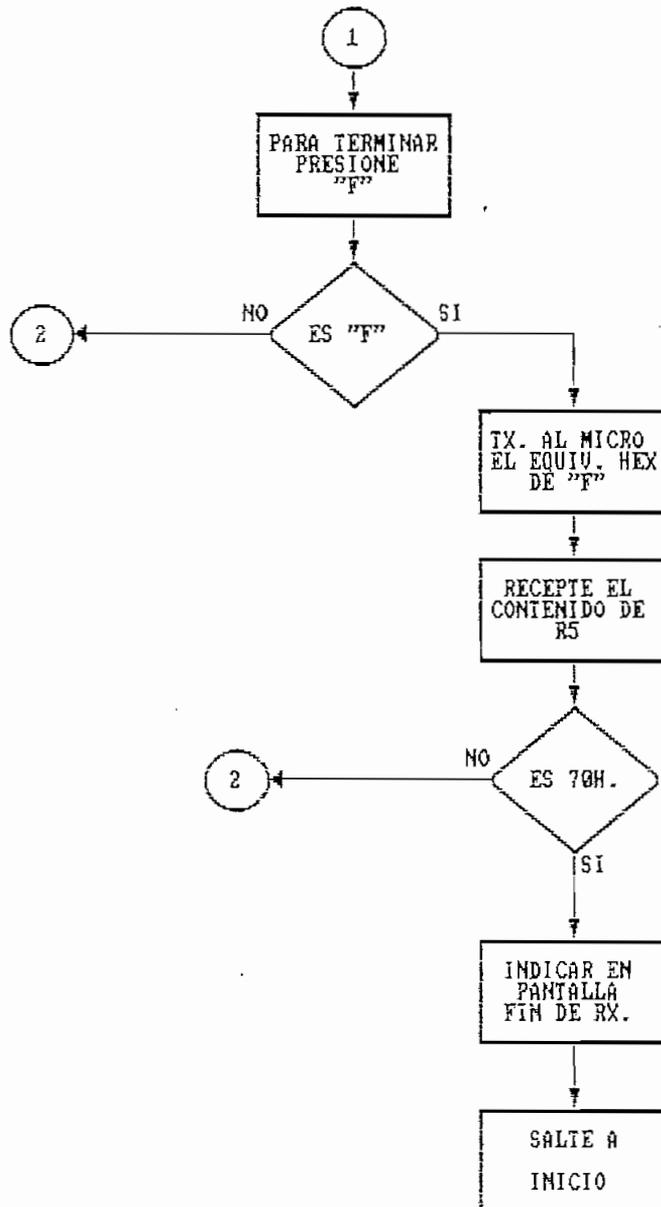


FIGURA 3.26 Diagrama de flujo de la subrutina de transmisión y recepción para el computador personal

CAPITULO IV

RESULTADOS EXPERIMENTALES

CONCLUSIONES Y RECOMENTACIONES

4.1 PRUEBAS Y RESULTADOS

En el presente trabajo se realizaron dos pruebas específicamente, la primera en cuanto se refiere a la simulación del programa que ha sido instalado en el microcontrolador i8751 utilizando el simulador AVSIM51, herramienta de la cual se dispone.

La otra se refiere a las pruebas realizadas en el prototipo construido en el laboratorio.

PRUEBAS EN EL SIMULADOR

Debido a que el proceso de funcionamiento de la caldera es continuo y muchas de las etapas son repetitivas, el programa se ha desarrollado dividiéndole en subrutinas, esto posibilitó que se pueda probar, corregir errores y verificar el funcionamiento de cada una de ellas por separado, para posteriormente hacer las pruebas de todo en conjunto.

Los resultados obtenidos cuando se realizaron las pruebas de las subrutinas por separado fueron positivos pues no se encontraron inconvenientes, no así cuando se probó todo el conjunto. Uno de los problemas que se encontró en esta prueba fue que, en algunos casos los saltos condicionales excedían el número de bytes permisibles para dicho salto, esto se solucionó utilizando saltos absolutos, de igual manera en las llamadas a las subrutinas.

En cuanto se refiere a la parte de comunicación entre el equipo diseñado y el computador personal la prueba de simulación se la realizó entre dos computadores adaptando a uno de ellos el programa que le corresponde al microcontrolador, donde se observa lo siguiente:

- Una vez que aparece en el monitor el mensaje **DESEA RECEPCION DE DATOS (S/N)** y si el operador responde afirmativamente presionando la tecla **S**, se recibe efectivamente los valores presión o temperatura, que han sido digitados en el otro computador (emisor).

- Además aparece en el monitor del receptor el mensaje que permite al operador controlar el fin de la recepción de los valores, para esto

aparece el mensaje PRESIONE F PARA FINALIZAR, si ésto sucede, se produce la finalización de la comunicación, apareciendo en el monitor del receptor el mensaje FIN DE RECEPCION.

- También el programa permite reiniciar la comunicación sin la necesidad de volver a cargar el programa o inicializar el computador nuevamente, debido a que en el monitor del computador receptor aparece nuevamente el mensaje de si se desea la recepción de datos.

PRUEBAS EN EL PROTOTIPO

Debido a la imposibilidad de realizar las pruebas en la caldera misma, se han simulado todas las etapas y problemas que se puedan presentar desde el inicio del proceso. Así, se simula el encendido del ventilador en el proceso de purga, la apertura y cierre del damper, apertura de válvulas solenoides y accionamiento del transformador de ignición en el arranque del quemador, control de presencia de llama, control de nivel de agua, voltajes provenientes de los sensores de presión y temperatura en el control de límites, situaciones de peligro, fallas y la activación de las diferentes alarmas.

Estas pruebas se las realizó tomando en cuenta que se tenga un acercamiento considerable a la realidad, es así, que para el accionamiento de motores y bombas se construyó la tarjeta de relés de modo que efectivamente se pueda probar con los voltajes de alimentación que requieren dichos equipos.

Las condiciones de peligro y fallas que se puedan presentar en la caldera se las simula mediante la activación de switches que representan el estado lógico que requiere el microcontrolador para hacer el seguimiento de dichas condiciones e identificar lo que sucede durante la operación de la caldera.

Las alarmas establecidas en este trabajo se prueban mediante el encendido de LEDS, de esta manera se puede visualizar la falla que se ha producido, simulándose de esta manera al panel de visualización de alarmas. Además se activa una alarma audible, que permite identificar que se ha producido una situación peligrosa o falla en el funcionamiento de la caldera.

Los voltajes que deben enviar los sensores de presión y temperatura se los simula directamente desde una fuente variable de voltaje existente en el laboratorio, el intervalo de variación está dado por el que permite las

entradas analógicas del conversor analógico\digital (0 - 5 V), es así, como se puede realizar la prueba en todos los rangos de operación de la caldera, en lo que se refiere a presión o temperatura, inclusive con valores mayores al máximo permisible, de esta manera se simula un estado de peligro por sobrenivel.

Los resultados obtenidos en esta prueba están relacionadas con los obtenidos en la prueba anterior, dado que la lógica del programa instalado en el microcontrolador controla a todos los circuitos que han sido construidos en el prototipo, por lo que, esta prueba satisface los requerimientos planteados para la elaboración del presente trabajo, permitiendo además que se pueda avanzar a la implementación definitiva del equipo dado que el resultado final es confiable.

4.2 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El equipo diseñado permite controlar el proceso de operación y las situaciones anómalas que se puedan presentar en la operación de la caldera de una manera más simple para el operador, reduciendo los riesgos y la posibilidad de que se produzca algún accidente en el lugar de uso.

Este sistema de control está diseñado de tal manera que su construcción se la pueda realizar en tarjetas individuales para cada una de las etapas que conforman el diseño del circuito total, de modo que el mantenimiento del equipo sea más sencillo.

La implementación del sistema de control se lo hizo en base a un microcontrolador debido a las ventajas que este circuito integrado proporciona al sistema, en comparación con sistemas analógicos o electromecánicos.

Una ventaja que representa el uso de un microcontrolador es que existe la posibilidad de modificar el programa que controla todo el proceso, por lo que se puede cambiar el valor de los parámetros que intervienen, ajustándolos así a los requerimientos del usuario.

Además de lo anotado, otra ventaja que ofrece este tipo de solución es la velocidad con que se recibe, procesa y envía la información, esto es de mucha importancia en el acceso de los valores provenientes de los sensores de presión y temperatura y que se muestran en los displays, éstos datos que ingresan digitalizados al microcontrolador son procesados rápidamente en la conversión a código BCD y que posteriormente son mostrados en los displays. Además de que se tienen que ejecutar las

otras tareas que intervienen en el proceso de igual forma a gran velocidad.

De lo anteriormente explicado se deduce otra ventaja que es la de que se pueden realizar varias tareas en un solo circuito integrado, reduciendo el número de circuitos integrados por lo que aumenta su confiabilidad.

Debido a que el microcontrolador utilizado permite el acceso directo a nivel de bits, el accionamiento de motores, válvulas solenoides y transformadores se lo hace aprovechando de esta facilidad.

Para la transmisión de los valores de presión y temperatura al computador personal se utiliza el puerto serial de comunicación que tiene incluido el microcontrolador i8751, ya que el protocolo de intercambio es sencillo y los programas de control de la comunicación pueden escribirse en diversos lenguajes.

El interfaz de comunicación está compuesto por el circuito integrado MAX232, que permite adaptar los niveles de voltaje TTL que utiliza el microcontrolador a niveles CMOS que requiere el computador personal, la utilización de éste circuito reduce considerablemente el tamaño del circuito total (reduce el hardware), ya que en caso

contrario se tendría que diseñar el interfaz utilizando compuertas CMOS, lo que aumenta el hardware.

Como recomendaciones se puede decir que:

- La implementación de este sistema de control electrónico se lo haga en tarjetas independientes tomando en cuenta la facilidad que esto implica en el mantenimiento del equipo o que se pueda utilizar el equipo en otras aplicaciones.
- Se debe impulsar la utilización de microcontroladores en la implementación de sistemas de control en procesos específicos, pues son elementos de alto grado de integración que ejecutan la tarea de varios circuitos integrados de menor grado de integración, con mucha mayor confiabilidad.
- Un desarrollo futuro de este sistema puede ser el que se tenga un control total desde el computador personal aprovechando la facilidad del puerto serial de comunicación que posee el microcontrolador 18751.

- Por otra parte, si bién mediante la presente tesis se ha cumplido con el requisito necesario para optar por el título de ingeniero; no es ese el único objetivo, sino además contribuir de alguna manera a solucionar los problemas de la sociedad y en ese sentido sería recomendable que el presente trabajo continúe para su utilización en la práctica por parte del IEOS.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- NATIONAL SEMICONDUCTOR CORPORATION, Linear Data Book, Santa Clara California, USA.
- 2.- TEXAS INSTRUMENTS INCORPORATED, The TTL Data Book, Volumen 2, Texas USA., 1985.
- 3.- PHILIPS ECG INC., Semiconductor Master Replacement Guide, USA., 1985.
- 4.- JACOB MILLMAN Y CHRISTOS C. HALKIAS, Electrónica Integrada, Barcelona-España, 1976.
- 5.- ROBERT BOYLESTAD, Electrónica Teoría de Circuitos, tercera edición, Prentice Hall.
- 6.- MAXIM INTEGRATED PRODUCTS, Maxim RS232 Drivers/Receivers, USA., 1989.
- 7.- OSWALDO BUITRON Y ALFONSO ESPINOSA R., Sistemas Digitales II, Facultad de Ingeniería Eléctrica EPN, Quito-Ecuador.
- 8.- BANDA G. HUGO, Fundamentos de Control Electrónico de Potencia, primera edición, Facultad de Ingeniería Eléctrica EPN, Quito-Ecuador, 1985.
- 9.- OSWALDO FERRIN Y OSCAR VASCONEZ, Control de operación de incineradores para hospitales en base a microcontrolador, Facultad de Ingeniería Eléctrica EPN, Quito-Ecuador, 1989.
- 10.- CLEAVER BROOKS, Manual de operación y lista de repuestos Caldera modelo CB, USA.
- 11.- CENTRO DE DESARROLLO INDUSTRIAL DEL ECUADOR (CENDES), Notas de seminario sobre mantenimiento de calderos de vapor, 1985.
- 12.- INSTITUTO ECUATORIANO DE OBRAS SANITARIAS (IEOS), Mantenimiento de calderas, Ecuador.
- 13.- INTEL, INTEL 8-bit Embedded Controller Handbook, USA, 1987.
- 14.- HEWLETT PACKARD, Optoelectronics designer's catalog, USA, 1980

ANEXO A

MANUAL DEL USUARIO

**EQUIPO DE CONTROL ELECTRONICO DE
CALDERAS**

MANUAL DE USO

Para asegurar una confiable operación de la caldera se requiere que se haga un buen uso del equipo que controla dicho proceso, de ahí, la importancia de que en este trabajo se incluya el manual de uso del control electrónico diseñado.

En el manejo del equipo se deberá considerar los siguientes aspectos:

- Como poner en funcionamiento la caldera desde el equipo de control.

- Hacer un seguimiento constante de la operación de la caldera (control de operación).

- Si se desea establecer la comunicación entre el equipo de control y un computador personal, para realizar un registro de los valores de las señales sensadas.

- Como finalizar la operación de la caldera desde el equipo de control.

1) Puesta en funcionamiento.

En el inicio de la jornada de trabajo de la caldera es necesario seguir la siguiente secuencia:

a.- Energizar el equipo

Para energizar el equipo observe el switch ON/OFF y coloquelo en ON.

b.- Selección del modo de operación

Este punto es importante, pues define en que circunstancias va a operar la caldera, manual o automático, por lo tanto define también la función del operador. Para dicha selección se dispone del selector denotado **MANUAL/AUTOMATICO**.

Esta es una condición inicial que el equipo de control requiere para poder iniciar la operación de la caldera, pues en caso de que no existir dicha selección la caldera no arranca.

Una vez realizada la opción observe el indicador luminoso que indica el modo de operación seleccionado. En caso de que se cambie de opinión en cuanto a la selección, el equipo de control provee de un tiempo prudencial (30

segundos en éste caso), para poder cambiar la elección.

2) Control de operación.

El control de operación depende del modo que se escoge para la operación de la caldera.

Modo manual de operación.

- En este modo de operación se necesita de una condición inicial, que es escoger la señal que se desea sensar (presión o temperatura), para hacer el control de límites y además que sea el valor de esta señal la que se indique en los displays. Para ésto es necesario observar el selector **PRESION/TEMPERATURA** que se dispone y hacer la elección. En este caso observe de igual manera los indicadores luminosos que indican cual es la señal seleccionada.

- Posteriormente presione el pulsante **ARRANQUE MANUAL** para iniciar el proceso de encendido del quemador y por ende la operación de la caldera, mantenga presionado por un tiempo de al menos 1 segundo.

- Este modo de operación permite cambiar constantemente y de forma manual la señal de entrada (presión o temperatura), aún cuando la caldera está en operación, para ésto bastará cambiar la posición del selector.

Modo automático de operación.

- Si el operador escoge este modo de operación, a diferencia del caso anterior, no se tiene la condición inicial, que es seleccionar la señal que se desea sensar (presión o temperatura), pues automáticamente el equipo de control barrerá de forma alterna las dos señales por un tiempo definido, permitiendo la visualización en los displays del valor de las dos señales.
- Además no se necesita dar el arranque de la caldera externamente, pues el equipo de control se encarga de hacerlo sin la acción del operador.
- De igual forma que en el caso anterior se debe observar el panel de visualización, que nos indica lo que está sucediendo en la caldera.

3) Estableciendo la comunicación.

En el caso de que se requiera establecer la comunicación entre el equipo de control y el computador personal, de modo que se haga un registro continuo de los valores de presión y temperatura se debe seguir la siguiente secuencia, ya sea en modo manual o automático de operación:

a.- Inicializar el computador.

En este punto se debe verificar la conexión del cable que une el equipo de control con el computador personal, que esté conectado al puerto serial del computador.

Luego se deberá instalar en el computador el programa que le corresponde, y esperar a que se presente el mensaje "DESEA RX DE DATOS (S/N):" presione la tecla S y espere la recepción de los valores, para identificar de que señal se trata observe en el monitor la siguiente indicación:

Si se trata de presión se observará que antes de que aparesca el valor la inicial " P = " , y en el caso de que sea temperatura aparece la indicación " T = " .

b.- Para finalizar la recepción de los valores

observe en el monitor el mensaje "PRESIONE F PARA FINALIZAR", si se presiona la tecla indicada la recepción se termina apareciendo en el monitor el mensaje "FIN DE RECEPCION".

4) Finalizando la operación de la caldera.

Una vez que se ha terminado la jornada de trabajo de la caldera, la secuencia de apagado es inversa a la secuencia de encendido, es decir, primero presione el selector de **APAGADO**, ésto apagará la caldera siguiendo la cadena especificada para el fin de operación. Posteriormente desenergice el equipo completamente, mediante el switch ON/OFF, colóquelo en OFF, en este caso se deshabilita el equipo de control.

ANEXO B

LISTADO DE LOS PROGRAMAS

```
;*****  
;PROGRAMA DESARROLLADO PARA EL MICROCONTROLADOR i8751 QUE  
;PERMITE CONTROLAR EL FUNCIONAMIENTO DE UNA CALDERA EN LA  
;PRODUCCION DE VAPOR DE AGUA O AGUA CALIENTE.  
;*****
```

```
;ETIQUETA:
```

```
OPC OPERANDOS ;COMENTARIOS
```

```
ORG 00H ;ENTRY POINT RESET  
LJMP INICIO ;A INICIO DE PROGRAMA
```

```
ORG 30H ;INICIO DEL PROGRAMA
```

```
INICIO:
```

```
MOV 81H,#1FH ; Inicializa el puntero del  
stack en 1FH.  
MOV TMOD,#20H ; Inicializa el registro de  
modo de operación de los  
temporizadores/contadores.  
LCALL AGUA ; Llamada a subrutina de  
control inicial de agua.  
MOV PO, #0FFH ; Inicializa el puerto 0 de  
modo que todos sus pines  
tengan un estado lógico  
alto.  
SETB P3.6 ; Habilita el buffer de  
ingreso de datos.  
NOP  
LCALL PRESINI ; Llamada a subrutina de  
control inicial de presión.  
SETB P3.2 ; Selecciona entrada de  
presión  
SETB P3.3 ;  
CLR P3.6 ; Deshabilita el buffer de  
ingreso de datos y habilita  
buffer de switches.  
NOP
```

```
;Rutina de selección de modo de operación.
```

```
AUTOMAN:
```

```
MOV P1,#7FH
```

```
;Lazo de selección.
```

```
ESCOJA:
```

```
LCALL AGUA ; chequeo de nivel de agua
```

```

JNB      P1.0,DESICION
JNB      P1.1,DESICION
AJMP     ESCOJA

```

;Lazo de tiempo para decidir modo de operación.

DESICION:

```

LCALL    SEG30      ;   Llamada a subrutina de
                    ;   tiempo de espera de 30
                    ;   segundos.
JNB      P1.0,AUTO  ;   Salta a etiqueta automático
                    ;   si P1.0 no es 1L.
JNB      P1.1,MANUAL;   Salta a etiqueta manual si
                    ;   P1.1 no es 1L.

```

AUTO:

```

AJMP     AUTOMATI  ;   Salta a automático.

```

;Modo de operación manual

MANUAL:

```

JNB      P1.2,OPER  ;   arranque manual
AJMP     MANUAL     ;   Salta a manual si no se
                    ;   cumple la condición
                    ;   anterior.

```

OPER:

```

LCALL    PREPURGA  ;   Llamada a subrutina de
                    ;   tiempo de prepurga.
LCALL    ARRQUEM   ;   Llamada a subrutina de
                    ;   arranque del quemador.
AJMP     ENTRADAS  ;   Salta para escoger la
                    ;   entrada deseada.

```

;Lazo de selección de entradas.

ENTRADAS:

```

LCALL    AGUA      ;   Llamada a chequeo de nivel
                    ;   de agua.
JNB      P3.2,TEMPRES;   Salta a chequear la entrada
                    ;   escogida.
AJMP     ENTRADAS

```

TEMPRES:

```

JNB      P3.3,ENTO  ;   Salta a secuencia de control
                    ;   de presión.

```

MOV	PO,#OFFH	;	Si no se cumple la condición anterior sigue con la secuencia de control de temperatura.
SETB	P3.6	;	Habilita buffer de ingreso de datos.
CLR	P3.2	;	Selección de entrada de temperatura.
SETB	P3.3	;	
MOV	A,PO	;	Carga el acumulador con el contenido del puerto 0.
SETB	PSW.3	;	Selección de banco de registros 4.
SETB	PSW.4	;	
MOV	R5,#46H	;	Inicializa los datos necesarios para la identificación en la transmisión de datos.
MOV	R4,#50H	;	
LCALL	TXRX	;	Llamada a subrutina de transmisión de datos.
LCALL	CONTEMP	;	Llamada a subrutina de control de temperatura.
LCALL	BCD	;	Llamada a subrutina de transformación a código BCD.
LCALL	DISPT	;	Llamada a subrutina de indicación en displays.
LCALL	AGUA1	;	Llamada a subrutina de control del nivel de agua en operación.
LCALL	CHEQFOT	;	Llamada a subrutina de chequeo de presencia de llama.
MOV	PO,#OFFH	;	reinicializo el puerto 0.
SETB	PO.0	;	Selección de entrada para chequeo de apagado.
CLR	PO.1	;	
SETB	PO.2	;	
NOP			
NOP			
JNB	P2.7,APAGA2;		Salta a apaga si se cumple la condición.
AJMP	ENTRADAS	;	Salta a entradas para reiniciar el proceso de control nuevamente.

;Secuencia de control de temperatura.

ENTO:

MOV	P0,#OFFH	;	Reinicializa el puerto 0
SETB	P3.6	;	Habilita buffer de ingreso de datos.
CLR	P3.3	;	Selecciona entrada de temperatura.
CLR	P3.2	;	
MOV	A,P0	;	Carga el acumulador con el contenido del puerto 0
SETB	PSW.3	;	Selección de banco de registros 4.
SETB	PSW.4	;	
MOV	R5,#46H	;	Inicializa los datos necesarios para la identificación en la transmisión de datos.
MOV	R4,#54H	;	
LCALL	TXRX	;	Llamada a subrutina de transmisión de datos.
LCALL	CONPRES	;	Llamada a subrutina de control de presión.
LCALL	BCD	;	Llamada a subrutina de transformación a código BCD.
LCALL	DISPT	;	Llamada a subrutina de indicación en displays.
LCALL	AGUA1	;	Llamada a subrutina de control del nivel de agua en operación.
LCALL	CHEQFOT	;	Llamada a subrutina de chequeo de presencia de llama.
MOV	P0,#OFFH	;	reinicializo el puerto 0.
SETB	P0.0	;	Selección de entrada para chequeo de apagado.
CLR	P0.1	;	
SETB	P0.2	;	
NOP			
NOP			
JNE	P2.7,APAGA2;		Salta a apaga si se cumple la condición.
AJMP	ENTRADAS	;	Salta a entradas para reiniciar el proceso de control nuevamente.

;Lazo de apagado.

APAGA2:

CLR	P3.6	;	Habilita el buffer de switches.
MOV	PO,#OFFH	;	Reinicializa el puerto 0
NOB			
SETB	P0.5	;	Selecciona el indicador luminoso de apagado.
CLR	P0.4	;	
CLR	P0.3	;	
NOB			
LCALL	SEG30	;	llamada a subrutina de tiempo de espera de 30 segundos.
AJMP	APAGA	;	Salta a subrutina de apagado.

;Modo de operación automático.

AUTOMATI:

LCALL	PREPURGA	;	Llamada a subrutina de tiempo de prepurga.
LCALL	ARRQUEM	;	Llamada a subrutina de arranque del quemador.

SIGA:

LCALL	AGUA1	;	Llamada a subrutina de control del nivel de agua en operación.
LCALL	CHEQFOT	;	Llamada a subrutina de chequeo de presencia de llama.
SETB	P3.6	;	Habilita el buffer de ingreso de datos.
CLR	PSW.3	;	Selecciona el banco de registros 0
CLR	PSW.4	;	
MOV	R5,#5FH	;	R5 y R6 define el tiempo de barrido de la señal de presión.

SENSPRE:

MOV	R6,#OFFH	;	
-----	----------	---	--

LAZOP:

CLR	P3.2	;	Selección de entrada de presión.
CLR	P3.3	;	
NOB			

MOV	A,P0	;	Carga el acumulador con el contenido del puerto 0.
PUSH	PSW	;	Conservar el PSW.
SETB	PSW.3	;	Selecciona el banco de registros 4
SETB	PSW.4	;	
MOV	R5,#46H	;	Inicializa los datos necesarios para la identificación en la transmisión de datos.
MOV	R4,#54H	;	
LCALL	TXRX	;	Llamada a subrutina de transmisión de datos.
POP	PSW	;	Recupera el PSW.
LCALL	CONPRES	;	Llamada a subrutina de control de presión.
LCALL	BCD	;	Llamada a subrutina de transformación a código BCD.
LCALL	DISPT	;	Llamada a subrutina de indicación en displays.
LCALL	AGUA1	;	Llamada a subrutina de control del nivel de agua en operación.
LCALL	CHEQFOT	;	Llamada a subrutina de chequeo de presencia de llama.
SETB	P3.6	;	Habilita el buffer de ingreso de datos.
DJNZ	R6,LAZOP	;	Decrementa los contadores que definen el barrido de la señal.
DJNZ	R5,SENSPRE;		
CLR	P3.6	;	habilita el buffer de switches.
MOV	P0,#OFFH	;	reinicializo el puerto 0.
SETB	P0.0	;	Selección de entrada para chequeo de apagado.
CLR	P0.1	;	
SETB	P0.2	;	
NOP			
NOP			
JNB	P2.7,APAGA1;		Salta a apaga si se cumple la condición.
MOV	P0,#OFFH	;	Reinicializa el puerto 0
SETB	P3.6	;	Habilita el buffer de ingreso de datos.
MOV	R5,#5FH	;	R5 y R6 define el tiempo de barrido de la señal de presión.

SENSTEM:

MOV R6,#OFFH

LAZOT:

CLR	P3.2	;	Selección de entrada de presión.
SETB	P3.3		
NOB			
MOV	A,P0	;	Carga el acumulador con el contenido del puerto 0.
PUSH	PSW	;	Conservar el PSW.
MOV	R5,#46H	;	Inicializa los datos necesarios para la identificación en la transmisión de datos.
MOV	R4,#50H	;	
LCALL	TXRX	;	Llamada a subrutina de transmisión de datos.
POP	PSW	;	Recuperamos el PSW.
LCALL	CONTEMP	;	Llamada a subrutina de control de temperatura.
LCALL	BCD	;	Llamada a subrutina de transformación a código BCD.
LCALL	DISPT	;	Llamada a subrutina de indicación en displays.
LCALL	AGUA1	;	Llamada a subrutina de control del nivel de agua en operación.
LCALL	CHEQFOT	;	Llamada a subrutina de chequeo de presencia de llama.
SETB	P3.6	;	Habilita el buffer de ingreso de datos.
DJNZ	R6,LAZOT	;	Decrementa los contadores que definen el barrido de la señal.
DJNZ	R5,SENSTEM;		
CLR	P3.6	;	habilita el buffer de switches.
MOV	P0,#OFFH	;	reinicializo el puerto 0.
SETB	P0.0	;	Selección de entrada para chequeo de apagado.
CLR	P0.1	;	
SETB	P0.2	;	
NOB			
NOB			
JNB	P2.7,APAGA1;		Salta a apaga si se cumple

```

MOV      PO,#OFFH ; la condición.
AJMP     SIGA      ; Reinicializa el puerto 0

```

;Secuencia de apagado

APAGA1:

```

CLR      P3.6      ; Habilita el buffer de
                ; switches.
MOV      PO,#OFFH ; Reinicializa el puerto 0
NOP
SETB     PO.5      ; Selecciona el indicador
                ; luminoso de apagado.
CLR      PO.4      ;
CLR      PO.3      ;
NOP
LCALL    SEG30     ; Llamada a subrutina de
                ; tiempo de espera de 30
                ; segundos.
AJMP     APAGA     ; Salta a subrutina de
                ; apagado.

```

;Subrutina de control inicial de nivel de agua

AGUA:

```

CLR      P3.6      ; deshabilitar buffer de
                ; ingreso de datos.
NOP
CLR      PO.0      ; Selecciona entrada de señal
                ; de nivel de agua.
SETB     PO.1      ;
CLR      PO.2      ;
NOP
NOP
JNB      P2.7,ABRIR; Si cumple la condición salte
                ; a abrir la bomba de agua.
AJMP     PLENCARG ; Caso contrario verificar la
                ; condición de trabajo a plena
                ; carga.

```

;Secuencia de apertura de bomba de agua.

ABRIR:

```

SETB     PO.3      ; Selección de indicador
                ; luminoso de nivel de agua
CLR      PO.4      ;
CLR      PO.5      ;

```


PRESI:

```

MOV      A,PO      ; Carga en el acumulador el
                ; contenido del puerto 0.
MOV      B,A       ; Carga en el registro B el
                ; contenido del acumulador
                ; como respaldo.

```

;Secuencia de comparación y control de límites.

COMP:

```

CJNE     A,#50H,MEN
LCALL    BCD       ; Llamada a subrutina de
                ; transformación a código BCD.
LCALL    VISTA     ; Llamada a subrutina de
                ; indicación en displays.
RET

```

;Secuencia de control del límite inferior.

MEN:

```

CLR      C
MOV      RO,#31H
MOV      @RO,#50H
SUBB     A,@RO
JNC      MAY
CLR      C
MOV      A,B
LCALL    BCD
LCALL    VISTA
RET

```

;Secuencia de comparación con el límite superior.

MAY:

```

MOV      A,B
CJNE     A,#82H,SUPER
AJMP     ALAR1

```

;Secuencia de alarma por límite superior.

ALAR1:

```

MOV      A,B
LCALL    ALARMA   ; Llamada a subrutina de
                ; alarma.
LCALL    POSTPURG ; Llamada a subrutina de
                ; tiempo de postpurga.
SETB     P3.6     ; Habilita el buffer de
                ; ingreso de datos.

```



```

NOP
MOV      P0,#OFFH ; Reinicializo el puerto 0.
CLR      P2.0    ; Activación del ventilador
NOP
CLR      P0.3    ; Activa indicador luminoso de
                ; tiempo de espera.
CLR      P0.4    ;
CLR      P0.5    ;
NOP
NOP
CLR      P2.4    ; Pone en posición de alto
                ; fuego el damper.
NOP
LCALL   AIRE     ; Llamada a subrutina de
                ; comprobación de ingreso de
                ; aire.
LCALL   SEG50    ; Llamada a subrutina de
                ; tiempo de esperade 50
                ; segundos.
SETB    P0.3    ; Apagar indicador luminoso.
SETB    P0.4    ;
SETB    P0.5    ;
NOP
SETB    P2.4    ; Desactivar el damper.
NOP
CLR      P2.5    ; Pone en posición de bajo
                ; fuego el damper.
RET

```

;Subrutina de control de tiempo de postpurga

```

POSTPURG:
CLR      P3.6    ; Deshabilita buffer de
                ; ingreso de datos.
NOP
NOP
MOV      P0,#OFFH ; Reinicializo el puerto 0.
CLR      P2.0    ; Activación del ventilador
NOP
CLR      P0.3    ; Activa indicador luminoso de
                ; tiempo de espera.
CLR      P0.4    ;
CLR      P0.5    ;
NOP
NOP
CLR      P2.4    ; Pone en posición de alto
                ; fuego el damper.
NOP
LCALL   AIRE     ; Llamada a subrutina de
                ; comprobación de ingreso de
                ; aire.

```

```

LCALL    SEG50    ;    Llamada a subrutina de
                    tiempo de esperade 50
                    segundos.
SETB     P0.3     ;    Apagar indicador luminoso.
SETB     P0.4     ;
SETB     P0.5     ;
NOP
SETB     P2.4     ;    Desactivar el damper.
NOP
CLR      P2.5     ;    Pone ' en posición de bajo
                    fuego el damper.
RET

```

;Subrutina de control de arranque del quemador

ARRQUEM:

```

CLR      P2.2     ;    Acciona la válvula solenoide
                    1.
CLR      P2.1     ;    Acciona el transformador de
                    ignición.
LCALL    SEG15    ;    Llamada a subrutina de
                    tiempo de espera de 15
                    segundos.
LCALL    CHEQFOT ;    Llamada a subrutina de
                    control de presencia de
                    llama.
LCALL    SEG30    ;    Llamada a subrutina de
                    tiempo de espera de 30
                    segundos.
SETB     P2.1     ;    Desactiva el transformador
                    de ignición.
NOP
CLR      P2.4     ;    Apertura del damper.
NOP
CLR      P2.3     ;    Acciona la válvula solenoide
                    2.
NOP
LCALL    SEG15    ;    Llamada a subrutina de
                    tiempo de espera de 15
                    segundos.
LCALL    CHEQFOT ;    Chequeo de presencia de
                    llama.
RET

```

;Subrutina de control de nivel de agua de la caldera en
;funcionamiento

AGUA1:

```

    CLR      P3.6      ;   Deshabilita      buffer      de
                                entrada de datos.
    NOP
    NOP
    MOV      PO,#OFFH ;
    CLR      PO.0      ;   Selecciona entrada de señal
                                de nivel inferior de agua.
    SETB     PO.1      ;
    CLR      PO.2      ;
    NOP
    NOP
    JNB      P2.7,ALARMAA; Salta a subrutina de alarma
                                por bajo nivel de agua.
    CLR      PO.0      ;   Selecciona entrada de señal
                                de nivel intermedio de agua.
    CLR      PO.1      ;
    SETB     PO.2      ;
    NOP
    NOP
    JNB      P2.7,BOMBA; Salta a secuencia de
                                apertura de bomba.
    CLR      PO.0      ;   Selecciona entrada de señal
                                de nivel superior de agua.
    CLR      PO.1      ;
    CLR      PO.2      ;
    NOP
    NOP
    JNB      P2.7,BIEN ;   Indicación de que el nivel
                                de agua es adecuado.
    SETB     P2.6      ;   Cierra el paso de agua.
    NOP
    RET

```

;Secuencia de apertura de bomba de agua.

BOMBA:

```

    CLR      P2.6
    NOP

```

BIEN: RET

;Subrutina de alarma por falla en el nivel de agua

ALARMAA:

```

    CLR      P3.6
    MOV      PO,#OFFH
    NOP

```

```

NOP
SETB      P0.3      ; Activa indicador luminoso de
                  alarma de nivel de agua.
CLR       P0.4      ;
CLR       P0.5      ;
NOP
NOP
SETB      P2.1      ; Desactiva el transformador
                  de ignición.
NOP
SETB      P2.3      ; Cierra válvula solenoide 2.
NOP
SETB      P2.2      ; Cierra válvula solenoide 1.
NOP
LCALL     SEG30     ; Llamada a subrutina de
                  tiempo de espera de 30
                  segundos.
SETB      P0.5      ; Desactiva indicador luminoso
                  de alarma.
SETB      P0.4      ;
SETB      P0.3      ;
NOP
LCALL     POSTPURG ; Llamada a subrutina de
                  tiempo de postpurga.
CLR       P2.6      ; Acciona bomba de agua.
NOP

```

;Secuencia de llenado de agua.

LLENAR:

```

LCALL     SEG10
CLR       P0.0
SETB      P0.1
CLR       P0.2
NOP
NOP
JNB      P2.7,LLENAR
AJMP     INICIO

```

;Subrutina de transmisión y recepción de datos

TXRX:

```

MOV       SCON,#50H ; Define el modo de operación
                  2 para el puerto serial.
MOV       TH1,#ODDH ; Define la velocidad de
                  transmisión.
MOV       TL1,TH1   ;
SETB      TR1       ; Comando de habilitación del
                  temporizador 1.

```

LAZOX:

```

MOV     R1,SBUF   ;   Cargue en el registro R1 el
                    contenido del SBUF.
CLR     RI        ;   Borra la bandera de
                    interrupción para recepción,
                    habilita la recepción.
CJNE   R1,#45H,VERFIN; Compara R1 con el
                    equivalente de la letra S.
MOV     SBUF,R4   ;   Carga en SBUF el contenido
                    del registro R4 (presión
                    o temperatura)
JNB    TI,$       ;   Espera que se active al
                    interrupción de transmisión
                    que indica que se terminó de
                    transmitir el dato anterior.
CLR     TI        ;   Borra la bandera de
                    interrupción
                    de
                    transmisión.
MOV     SBUF,A    ;   Carga en SBUF el contenido
                    del acumulador (dato).
JNB    TI,$       ;   Espera activación de la
                    interrupción de transmisión.
CLR     TI        ;   Borra la bandera de
                    interrupción de transmisión.
RET

```

;Lazo que verifica la condición de fin de transmisión

VERFIN:

```

el     CJNE      A,#46H,CONTINUE; Compara el acumulador con
                    equivalente de la letra F.
MOV     SBUF,R5   ;   Envío de Fin de Tx.
JNB    TI,$       ;   Espera que finalice la Tx.
                    del dato.
CLR     TI        ;   Borra la bandera de
                    interrupción de transmisión.

```

CONTINUE:

RET

;Subrutina de transformación a código BCD

BCD:

```

MOV     B,#64H    ;   Carga el dato y lo divide
                    por 100 para separar el
                    dígito de las
DIV     AB        ;   centenas

```

```

MOV      RO,#37H      ;   Se guarda el dígito de las
                          centenas en un espacio de
                          memoria

MOV      @RO,A
MOV      A,B          ;   Carga el dato y lo divide
                          por 10 para separar el
                          dígito de la decenas, el
                          residuo de esta división es
                          el dígito de las unidades.

MOV      B,#0AH
DIV      AB
DEC      RO
MOV      @RO,A
DEC      RO
MOV      @RO,B
RET

```

;Subrutina de indicación de los valores en los displays

DISPT:

```

MOV      RO,#37H      ;   S e           b a r r e n
                          secuencialmente
MOV      A,@RO        ;   los dígitos en los
                          displays
ORL      A,#80H       ;   recuperándolos de
                          memoria.

LCALL   TIME
DEC     RO
MOV     A,@RO
ORL    A,#90H
LCALL  TIME
DEC    RO
MOV    A,@RO
ORL   A,#0A0H
LCALL TIME
RET

```

TIME:

```

MOV     P1,A
MOV     A,#40H

```

LAZO:

```

DEC     A
JNZ    LAZO
RET

```

;Subrutina que chequea la presencia de llama

CHEQFOT:

```

CLR      P3.6
MOV      P0,#0FFH
NOP
NOP
CLR      P0.0      ;   Selecciona la entrada
SETB     P0.1      ;   correspondiente a la
SETB     P0.2      ;   señal de fotoresistencia
NOP      ;   y verifica la presencia de
JNB      P2.7,ALARMA1; llama.
RET

```

;Subrutina de alarma por no presencia de llama

ALARMA1:

```

CLR      P3.7      ;   Activa alarma audible.
NOP
CLR      P0.3      ;   Activa alarma visible.
SETB     P0.4
CLR      P0.5
NOP
NOP
SETB     P2.1
NOP
SETB     P2.3
NOP
SETB     P2.2
LCALL    SEG30
SETB     P3.7      ;   Desactiva alarma audible.
LCALL    SEG50
SETB     P0.3      ;   Desactiva alarma visible.
SETB     P0.4
SETB     P0.5
NOP
LCALL    POSTPURG ;   Llama a subrutina de
                    postpurga.
AJMP     APAGA     ;   Salta a apaga.

```

;Subrutina de control de presión

CONPRES:

```

CLR      PSW.3
CLR      PSW.4
MOV      R3,#50H
MOV      R4,#82H
LCALL    CONTROL

```

RET

;Subrutina de control de temperatura

CONTEMP:

```

CLR      PSW.3
CLR      PSW.4
MOV      R3,#0A6H
MOV      R4,#0B4H
LCALL    CONTROL
RET

```

;Subrutina de control de límites de presión o temperatura

CONTROL:

```

MOV      B,A

```

;Secuencia de comprobación de que el dato es menor o igual
;al límite inferior.

COMPARE:

```

CJNE     A,R3,MENOR
RET

```

MENOR:

```

CLR      C
MOV      R0,#38H
MOV      @R0,R3
SUBB     A,@R0
JNC      MAYOR
CLR      C
MOV      A,B
RET

```

;Secuencia de comprobación de que el dato es mayor o igual
;al límite superior.

MAYOR:

```

MOV      A,B
CJNE     A,R4,SUPERIOR
AJMP     ALAR3

```

;Secuencia de llamado a alarma por sobrenivel.

ALAR3:

```

    LCALL    ALARMA
    LCALL    POSTPURG
    SETB     P3.6
    AJMP     DESCENSO
  
```

SUPERIOR:

```

    CLR      C
    MOV      R1,#39H
    MOV      @R1,R4
    SUBB     A,@R1
    JNC      ALAR4
    CLR      C
    MOV      A,B
    RET
  
```

;Secuencia de llamado a alarma por sobrenivel.

ALAR4:

```

    MOV      A,B
    LCALL    ALARMA
    LCALL    POSTPURG
    SETB     P3.6
    AJMP     DESCENSO
  
```

;Subrutina de control de apertura del damper

AIRE:

```

    CLR      P3.6
    NOP
    SETB     P0.0      ;   Selecciona entrada de la
                        ;   señal que envía el damper.
    CLR      P0.1
    CLR      P0.2
    NOP
    NOP
    JNB      P2.7,CUIDA;   Verifica si el damper se
                        ;   abrió.
    RET
  
```

;Secuencia de alarma por no apertura del damper.

CUIDA:

```

CLR      P3.7      ; Activa alarma audible.
NOP
SETB     P0.3      ; Activa alarma visible
                    correspondiente a la no
                    apertura del damper.

SETB     P0.4
CLR      P0.5
NOP
NOP
SETB     P2.1
NOP
SETB     P2.3
NOP
SETB     P2.2
LCALL   SEG30
SETB     P3.7
LCALL   SEG50
SETB     P0.5
SETB     P0.4
SETB     P0.3
AJMP    APAGA

```

;Subrutina de control de cierre del damper

CIERRE:

```

CLR      P3.6
NOP
SETB     P0.0      ; Selección de la entrada de
                    la señal correspondiente al
                    cierre del damper.

CLR      P0.1
SETB     P0.2
LCALL   SEG30
JNB     P2.7, NOCERRO; Verifica si el damper cerró.
RET

```

;Secuencia de alarma por no cierre del damper.

NOCERRO:

```

CLR      P3.7      ; Activa alarma audible.
NOP
CLR      P0.3      ; Activa alarma visual.
CLR      P0.4
SETB     P0.5
NOP

```

```

SETB      P2.1
NOP
SETB      P2.3
NOP
SETB      P2.2
LCALL     SEG30
SETB      P3.7
LCALL     SEG50
SETB      P0.5
SETB      P0.4
SETB      P0.3
AJMP      APAGA

```

```

;Subrutina de alarma por sobrenivel de presión o
;temperatura

```

ALARMA:

```

MOV       A,B
CLR       P3.7
NOP
SETB      P1.7
SETB      P2.1
SETB      P2.3
SETB      P2.2
LCALL     SEG30
SETB      P3.7
NOP
PUSH      PSW
LCALL     BCD
CLR       PSW.3
CLR       PSW.4
MOV       R2,#2FH

```

```

;Secuencia de barrido del dato en el descenso.

```

VITE:

```

MOV       R1,#0FFH

```

ROTULO:

```

MOV       R0,#37H
MOV       A,@R0
ORL       A,#00H
LCALL     TIME
DEC       R0
MOV       A,@R0
ORL       A,#10H
LCALL     TIME

```

```

DEC      RO
MOV      A,@RO
ORL      A,#20H
LCALL   TIME
DJNZ    R1,ROTULO
DJNZ    R2,VITE
POP      PSW
MOV      A,PO
MOV      B,A
RET

```

DESCENSO:

```

MOV      A,PO
MOV      B,A
CJNE    A,R3,MINI
AJMP    INICIO

```

MINI:

```

CLR      C
MOV      RO,#20H
MOV      @RO,R3
SUBB    A,@RO
JNC     MAXIM
AJMP    INICIO

```

MAXIM:

```

MOV      A,B
LCALL   BCD
LCALL   DISPT
AJMP    DESCENSO

```

;Subrutina de tiempo de espera de 1 segundo

SEG1:

```

PUSH    PSW      ; Conservar el contenido de
                ; PSW.
SETB    TCON.4   ; inicializa el temporizador 0
CLR     PSW.3    ; Selecciona el banco 2 de
                ; registros.
SETB    PSW.4
MOV     R5,#24H  ; Inicializa un registro para
                ; la cuenta de 1 segundo.

```

LAZOO:

```

JNB     TCON.5,LAZOO; Verifica si la bandera de
                ; TFO es 1L.

```

```

CLR      TCON.5 ; Borra la bandera del
temporizador 0.
DJNZ    R5,LAZ00 ; Decrementa el registro de
conteo.
CLR      TCON.4 ; Detiene la operación del
temporizador 0.
MOV     TH0,#00H ; Encera los bits más
significativos.
MOV     TLO,#00H ; Encera los bits menos
significativos.
CLR      TCON.5 ; Borra la bandera del
temporizador 0.
POP     PSW ; Recupera el contenido de
PSW.
RET

```

;Subrutina de tiempo de espera de 10 segundos

SEG10:

```

PUSH    PSW ; Conserva el contenido de
PSW.
CLR     PSW.3 ; Se selecciona el banco 2 de
registros.
SETB   PSW.4 ;
MOV     RO,#0A3H ; Inicializa contador en 10
para el conteo de 10
segundos.

```

LAZ05:

```

LCALL   SEG1 ; Llamada a subrutina de 1
segundo
DJNZ    RO,LAZ05 ; decrementa el registro de
conteo.
POP     PSW
RET

```

;Subrutina de tiempo de espera de 15 segundos

SEG15:

```

PUSH    PSW
CLR     PSW.3
SETB   PSW.4
MOV     RO,#0FH

```

LAZ01:

```

LCALL   SEG1
DJNZ    RO,LAZ01

```

```

POP      PSW
RET

```

;Subrutina de tiempo de espera de 30 segundos

SEG30:

```

PUSH     PSW
CLR      PSW.3
SETB     PSW.4
MOV      R1,#1EH

```

LAZO2:

```

LCALL    SEG1
DJNZ     R1,LAZO2
POP      PSW
RET

```

;Subrutina de tiempo de espera de 50 segundos

SEG50:

```

PUSH     PSW
CLR      PSW.3
SETB     PSW.4
MOV      R2,#32H

```

LAZO3:

```

LCALL    SEG1
DJNZ     R2,LAZO3
POP      PSW
RET

```

;Subrutina de apagado

APAGA:

```

MOV      P0,#OFFH ; Coloca en todos los pines de
MOV      P1,#OFFH ; los puertos 1L.
MOV      P2,#OFFH
MOV      P3,#OFFH
SJMP     $ ; Se queda en un lazo infinito
          ; esperando que se reseteara
          ; al equipo.

END

```

```

;*****
;PROGRAMA PARA SER INSTALADO EN EL COMPUTADOR *
;PERSONAL Y QUE PERMITE ESTABLECER LA COMUNICACION *
;PARA REGISTRO CONTINUO DE LOS VALORES DE PRESION Y *
;TEMPERATURA. *
;*****
;

```

```

PORT$ = "COM1:300,N,8,1,CSO,DSO,CDO,BIN"
OPEN PORT$ FOR RANDOM AS 1
OPEN "A:VALOR.TXT" FOR OUTPUT AS #2

```

```
INI:CLS
```

```
LOCATE 1, 1
```

```
INICIO: INPUT "DESEA RECEPCION (S/N)= "; A$
```

```
IF UCASE$(A$) = "S" THEN.
```

```
VUELVE: LOCATE 3, 1
```

```
INPUT "PRESIONE (E) PARA EMPEZAR RECEPCION=", B$
```

```
B$ = UCASE$(B$)
```

```
IF B$ = "E" THEN
```

```
PRINT #1, B$;
```

```
LOCATE 20, 40
```

```
PRINT "PRESIONE (F)PARA FINALIZAR RECEPCION"
```

```
DO
```

```
FIN$ = INKEY$
```

```
C$ = UCASE$(FIN$)
```

```
IF C$ = "F" THEN
```

```
PRINT #1, C$;
```

```
DO
```

```
IF EOF(1) = 0 THEN
```

```
RF$ = INPUT$(1, 1)
```

```
IF RF$ = "F" THEN
```

```
LOCATE 23, 20: COLOR 0, 15
```

```
PRINT "FIN DE RECEPCION"
```

```
COLOR 7, 0
```

```
LOCATE 24, 20
```

```
INPUT "DESEA REINICIAR RECEPCION(S/N)"; D$
```

```
IF UCASE$(D$) = "S" THEN
```

```
GOTO INI
```

```
ELSE
```

```
GOTO REI
```

```
END IF
```

```
ELSE
```

```
BEEP
```

```
LOCATE 23, 20
```

```
PRINT "NO ESTABLECIO FIN DE RECEPCION"
```

```
END IF
```

```
END IF
```

```
LOOP
```

```
END IF
```

```
RP$ = INPUT$(1, 1)
```

```
PRINT #2, RP$;
```

```
IF ASC(RP$) = 80 THEN
```

```
PRINT "PRESION"
```

```
MEDIDA$ = INPUT$(1, 1)
```

```
PRINT #2, MEDIDA$;
```

```
REI:
```

```
PRESION = ASC(MEDIDA$)
PRINT "P="; PRESION
ELSEIF ASC(RP$) = 84 THEN
PRINT "TEMPERATURA"
MEDIDA$ = INPUT$(1, 1)
PRINT #2, MEDIDA$;
TEMP = ASC(MEDIDA$)
PRINT "T="; TEMP
END IF
LOOP
ELSE
BEEP
GOTO VUELVE
END IF
ELSE
BEEP
GOTO INI
END IF
CLOSE
```

ANEXO C

COMPONENTES DEL CIRCUITO

PLACA Nº1 FUENTE DE PODER.

Nominación	Cantidad	Descripción
T	01	Transformador 30 VA.
C	01	Capacitor de alizado(filtro) 6300 uF.
C2-C5	04	Capacitores de 0.1 uF.
U1	01	C.I. RS205L Rectificador de onda completa de 2 A.
U2	01	C.I. LM7805 regulador positivo de 5 V.
U3	01	C.I. LM7812 regulador positivo de 12 V.
SW	01	S w i t c h de encendido/apagado.
FUSE	01	Fusible de protección 2 A.

PLACA Nº2 CIRCUITO DE CONTROL, SEÑALIZACION Y DISPLAYS.

Nominación	Cantidad	Descripción
U1	01	C.I. ADC 0809 c o n v e r s o r analógico/digital.
U2	04	C.I.74LS244 Buffer.
U3	01	C.I.74LS14 Schmitt Trigger.
U4	01	C.I. i8751 Microcontrolador.
U6	01	C.I. 74LS138 demultiplexer de 3 a 8 líneas.
U7	01	C.I. 74LS151 multiplexer.
U8	02	C.I. 74LS139 demultiplexer de 2 a 4 líneas.

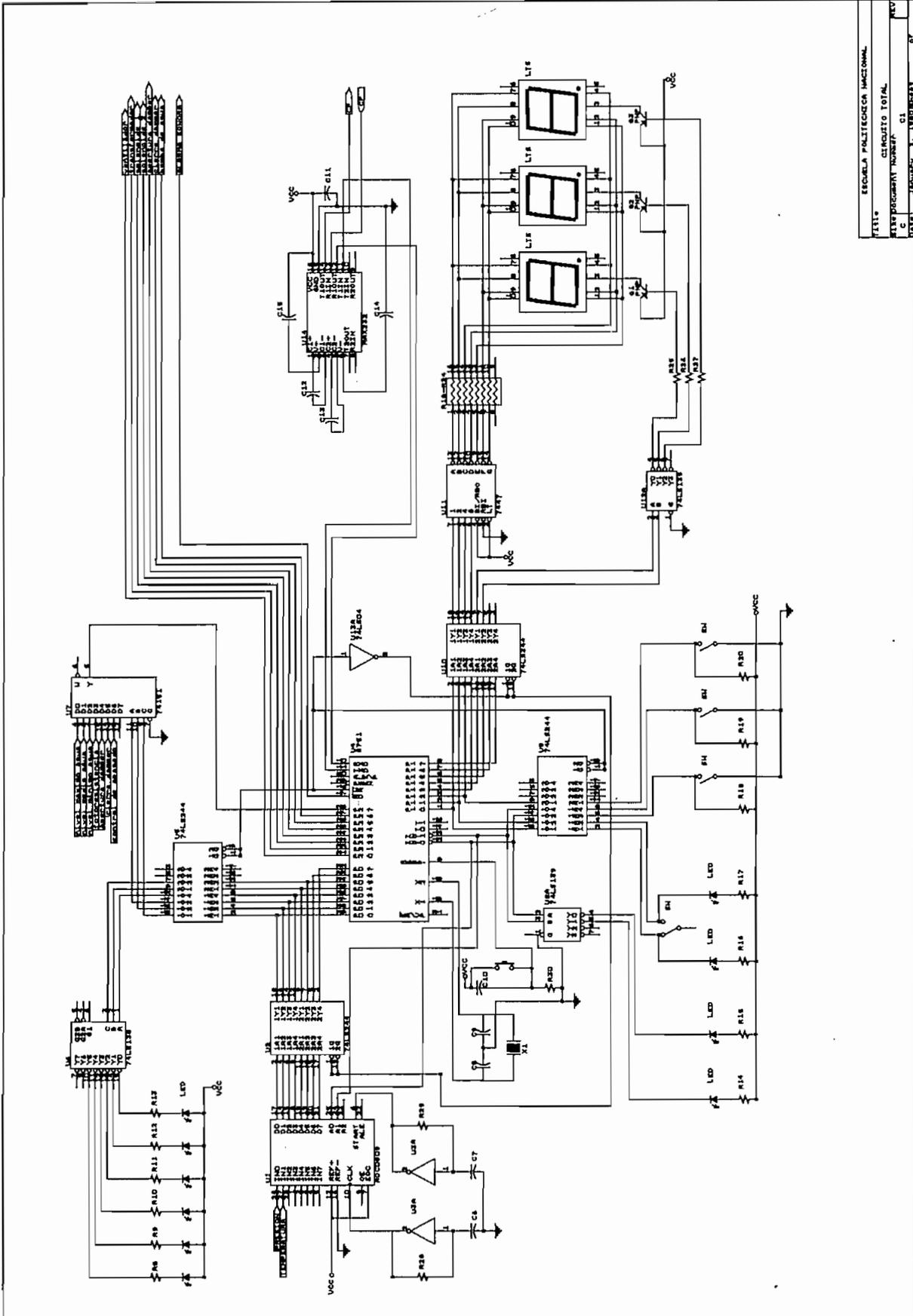
Nominación	Cantidad	Descripción
U11	01	C.I. 74LS47 decodificador BCD 7 segmentos.
U13	01	C.I. 74LS04 inversor.
LTS	03	Displays de 7 segmentos.
Q	03	Transistores PNP.
LED	10	Diodos emisores de luz.
SW	01	Switch selector de modo.
R8-R17	10	Resistencias de limitación de los LEDs. de 330 ohm.
R18-R24	07	Resistencias de 270 ohm.
R25-R27	03	Resistencias de 470 ohm.
R28	01	Resistencia de 8.2 Kohm.
C6	01	Capacitor de 220 pF.
X1	01	Cristal de 4 MHz.
C8-C9	02	Capacitores de 40 pF.
R30	01	Resistencia de 10 Kohm.
C10	01	Capacitor de 10 uF.

PLACA Nº3 CIRCUITO DE COMUNICACION.

Nominación	Cantidad	Descripción
U14	01	C.I. MAX232
C11	01	Capacitor de 10 uF.
C12	01	Capacitor de 10 uF. a 6.3 V.
C13	01	Capacitor de 10 uF. a 16 V.
C14	01	Capacitor de 10 uF. a 16 V.
C15	01	Capacitor de 10 uF. a 6.3 V.

PLACA N°4 CIRCUITO DE ACTIVACION DE MOTORES, VALVULAS,
TRANSFORMADOR, BOMBA DE AGUA.

Nominación	Cantidad	Descripción
RELE	08	Relés de 12 V.
OPTO	08	C.I. ECG3041 optoacopladores.
R1-R7	08	Resistencias de 330 ohm.



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
TÍTULO: CIRCUITO TOTAL
IDENTIFICACION NÚMERO: CI
FECHA: FEBRERO 1, 1980
PÁG. 27

ANEXO D

**ESPECIFICACIONES DE LOS CIRCUITOS
INTEGRADOS**



MCS[®]-51 8-BIT CONTROL-ORIENTED MICROCOMPUTERS

8031:8051
8031AH/8051AH
8032AH/8052AH
8751H/8751H-12

- High Performance CMOS Process
- Internal Timers/Event Counters
- 2-Level Interrupt Priority Structure
- 32 I/O Lines (Four 8-Bit Ports)
- 64K Program Memory Space
- Boolean Processor
- 8Bit-Addressable RAM
- Programmable Full Duplex Serial Channel
- 111 Instructions (64 Single-Cycle)
- 64K Data Memory Space

■ Security Feature Protects EPROM Parts Against Software Piracy

The MCS[®]-51 products are optimized for control applications. Byte-processing and numerical operations on small data structures are facilitated by a variety of fast addressing modes for accessing the internal RAM. The instruction set provides a convenient menu of 8-bit arithmetic instructions including multiply and divide-instructions. Extensive on-chip support is provided for one bit variables as a separate data type, allowing direct bit manipulation and testing in control and logic systems that require Boolean processing.

Devices	Internal Memory		Timers/ Event Counters	Interrupts
	Program	Data		
8052AH	8K x 8 ROM	256 x 8 RAM	3 x 16-Bit	6
8051AH	4K x 8 ROM	128 x 8 RAM	2 x 16-Bit	5
8051	4K x 8 ROM	128 x 8 RAM	2 x 16-Bit	5
8032AH	none	256 x 8 RAM	3 x 16-Bit	6
8031AH	none	128 x 8 RAM	2 x 16-Bit	5
8031	none	128 x 8 RAM	2 x 16-Bit	5
8751H	4K x 8 EPROM	128 x 8 RAM	2 x 16-Bit	5
8751H-12	4K x 8 EPROM	128 x 8 RAM	2 x 16-Bit	5

The 8751H is an EPROM version of the 8051AH; that is, the on-chip Program Memory can be electrically programmed, and can be erased by exposure to ultraviolet light. It is fully compatible with its predecessor, the 8751-0, but incorporates two new features: a Program Memory Security bit that can be used to protect the EPROM against unauthorized read-out, and a programmable baud rate modification bit (SMOD). SMOD is not present in the 8751H-12.

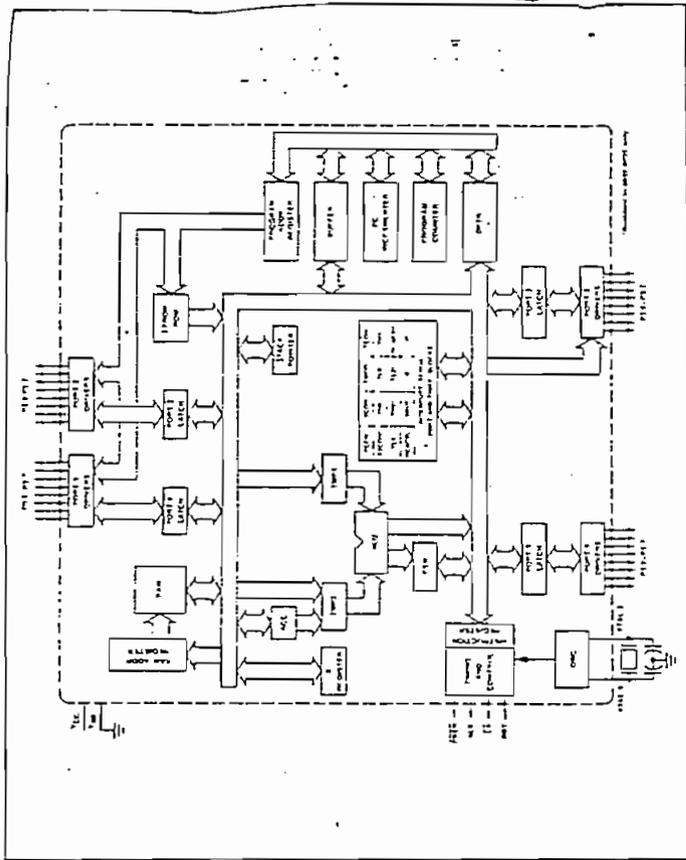


Figure 1. MCS-51 Block Diagram

PIN DESCRIPTIONS

VCC

Supply voltage.

VSS

Circuit ground.

Port 0

Port 0 is an 8-bit open drain bi-directional I/O port. As an output port each pin can sink 8 LS TTL inputs. Port 0 pins that have 1s written to them float, and in that state can be used as "high-impedance" inputs.

Port 0 is also the multiplexed low-order address and data bus during accesses to external Program and Data Memory. In this application it uses strong internal pullups when emitting 1s, and can source and sink 8 LS TTL inputs.

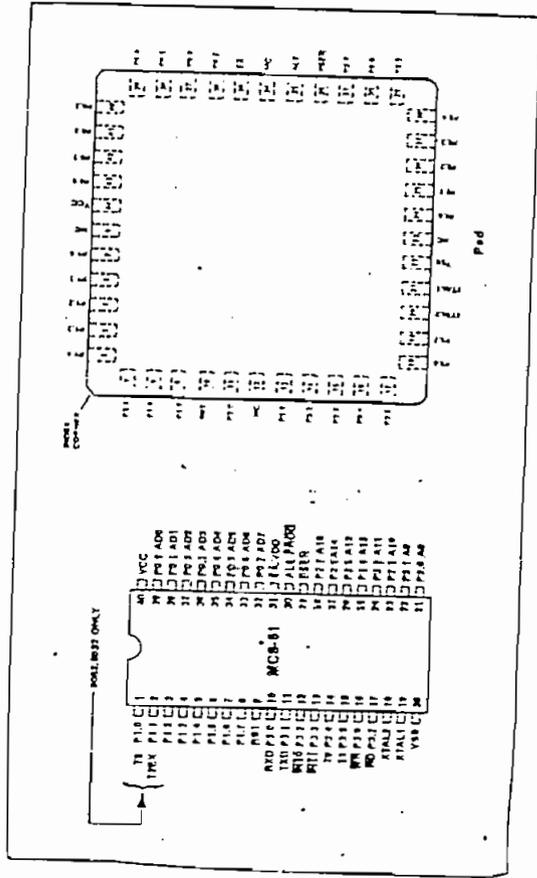


Figure 2. MCS-51 Pin Connections

In the 8032AH and 8052AH, Port 1 pins P1.0 and P1.1 also serve the T2 and T2EX functions, respectively.

Port 2

Port 2 is an 8-bit bidirectional I/O port with internal pullups. The Port 2 output buffers can sink/source 4 LS TTL inputs. Port 2 pins that have 1s written to them are pulled high by the internal pullups, and in that state can be used as inputs. As inputs, Port 2 pins that are externally being pulled low will source current (IIL, on the data sheet) because of the internal pullups.

Port 2 emits the high-order address byte during accesses to external Program Memory and during accesses to external Data Memory that use 16-bit addresses (MOVX @DPTR). In this application it uses strong internal pullups when emitting 1s. During accesses to external Data Memory that use 8-bit addresses (MOVX @R1), Port 2 emits the contents of the P2 Special Function Register.

Port 2 also receives the high-order address bits during programming of the EPROM parts and during program verification of the ROM and EPROM parts.

Port 3

Port 3 is an 8-bit bidirectional I/O port with internal pullups. The Port 3 output buffers can sink/source 4 LS TTL inputs. Port 3 pins that have 1s written to them are pulled high by the internal pullups, and in that state can be used as inputs. As inputs, Port 3 pins that are externally being pulled low will source current (IIL, on the data sheet) because of the pullups.

Port 3 also serves the functions of various special features of the MCS-51 Family, as listed below:

Port Pin	Alternative Function
P3.0	RXD (serial input port)
P3.1	TXD (serial output port)
P3.2	INT0 (external interrupt 0)
P3.3	INT1 (external interrupt 1)
P3.4	T0 (timer 0 external input)
P3.5	T1 (timer 1 external input)
P3.6	WR (external data memory write strobe)
P3.7	RD (external data memory read strobe)



RST

Reset input. A high on this pin for two machine cycles while the oscillator is running resets the device.

ALE/PROG

Address Latch Enable output pulse for latching the low byte of the address during accesses to external memory. ALE can drive 8 LS TTL inputs. This pin is also the program pulse input (PROG) during programming of the EPROM parts.

In normal operation ALE is enabled at a constant rate of 1/3 the oscillator frequency, and may be used for external timing or clocking purposes. Note, however, that any ALE pulse is skipped during each access to external Data Memory.

PSEN

Program Store Enable is the read strobe to external Program Memory. PSEN can drive 8 LS TTL inputs.

When the device is executing code from external Program Memory, PSEN is activated twice each machine cycle, except that two PSEN activations are skipped during each access to external Data Memory.

EA/VP

External Access enable EA must be externally held low in order to enable any MCS-51 device to fetch code from external Program Memory locations 0 to 0FFFF (0 to 1FFFFH in the 8032AH and 8052AH).

Note, however, that if the Security Pin in the EPROM devices is programmed, the device will not latch code from any location in external Program Memory.

This pin also receives the 21V programming supply voltage (VPP) during programming of the EPROM parts.

XTAL1

Input to the inverting oscillator amplifier.

XTAL2

Output from the inverting oscillator amplifier.

OSCILLATOR CHARACTERISTICS

XTAL1 and XTAL2 are the input and output, respectively, of an inverting amplifier which can be configured for use as an on-chip oscillator, as shown in Figure 3. Either a quartz crystal or ceramic resonator may be used. More detailed information concerning the use of the on-chip oscillator is available in Application Note AN-155, "Oscillators for Microcontrollers".

To drive the device from an external clock source, XTAL1 should be grounded, while XTAL2 is driven, as shown in Figure 4. There are no requirements on the duty cycle of the external clock signal, since the input to the internal clocking circuitry is through a divide-by-two flip-flop, but minimum and maximum high and low times specified on the Data Sheet must be observed.

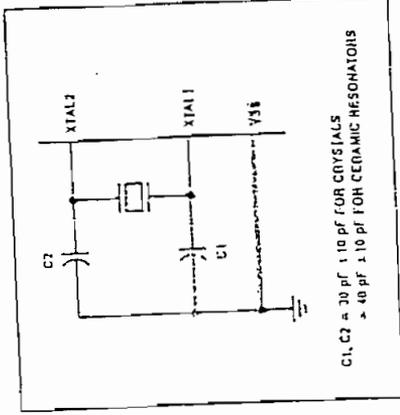


Figure 3. Oscillator Connections

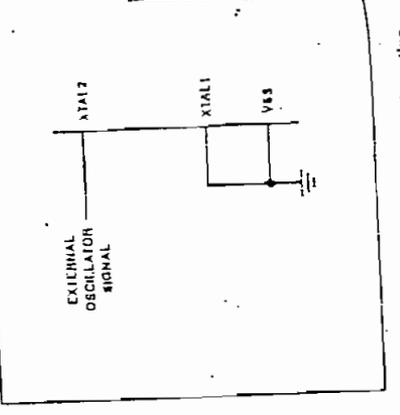


Figure 4. External Drive Configuration

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS*

Ambient Temperature Under Bias: 0 °C to 70 °C
Storage Temperature -65 °C to +150 °C
Voltage on EA/VP Pin to VSS: 0 to +21.5V
Voltage on Any Other Pin to VSS: -0.5V to +7V
Power Dissipation 1.5W

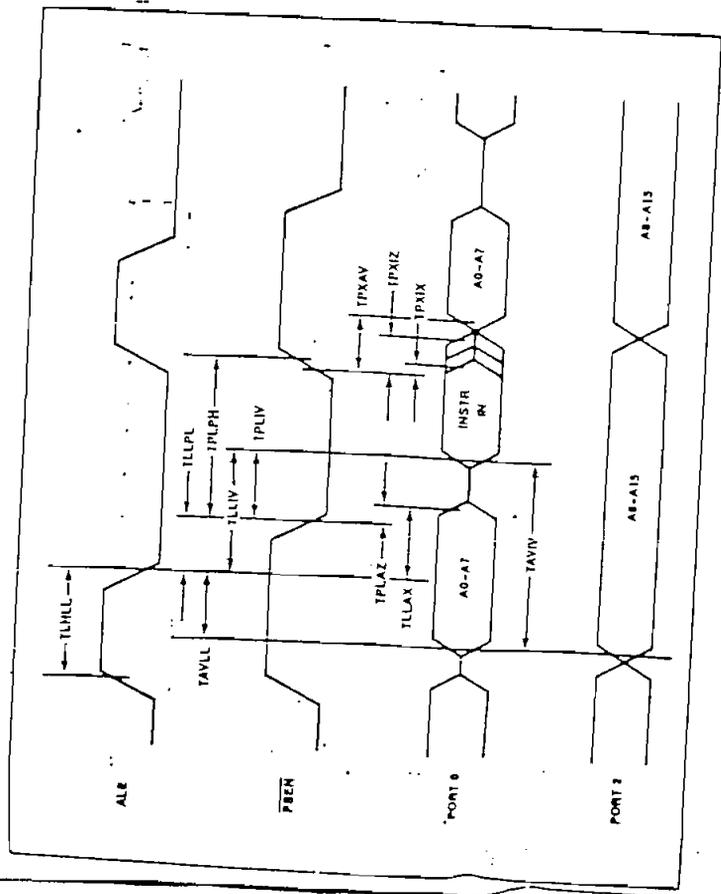
Symbol	Parameter	Min	Max	Unit	Test Conditions
VIL	Input Low Voltage (Except EA Pin of 8751H, 8751H-12)	-0.5	0.8	V	
VIL1	Input Low Voltage to EA Pin of 8751H, 8751H-12	0	0.7	V	
VIH	Input High Voltage (Except XTAL2, RST)	2.0	VCC + 0.5	V	
VIH1	Input High Voltage to XTAL2, RST	2.5	VCC + 0.5	V	XTAL1 = VSS
VOL	Output Low Voltage (Ports 1, 2, 3)		0.45	V	IOL = 1.6 mA
VOL1	Output Low Voltage (Port 0, ALE, PSEN)		0.60 0.45	V	IOL = 3.2 mA IOL = 2.4 mA
VOH	Output High Voltage (Ports 1, 2, 3)	2.4		V	IOL = 3.2 mA
VOH1	Output High Voltage (Port 0 in External Bus Mode, ALE, PSEN)	2.4		V	IOH = 80 µA
IL	Logical 0 Input Current (Ports 1, 2, 3)		-800 -500	µA	Vin = 0.45 V VIn = 0.45 V
IL1	Logical 0 Input Current to EA Pin of 8751H, 8751H-12 Only		-15	µA	
IL2	Logical 0 Input Current (XTAL2)		-3.2	nA	VIn = 0.45 V
II	Input Leakage Current (Port 0)		±100 ±10	µA	0.45 < Vin < VCC 0.45 < VIn < VCC
IiH	Logical 1 Input Current to EA Pin of 8751H, 8751H-12		500	µA	
IiH1	Input Current to RST to Activate Reset		500	µA	VIn < (VCC - 1.5V)
ICC	Power Supply Current: 8031/8051 8031AH/8051AH 8032AH/8052AH 8751H/8751H-12		160 125 175 250	nA nA nA nA	All Outputs Disconnected; EA = VCC
CIC	Pin Capacitance		10	pF	Test freq = 1MHz

*Note: Capacitive loading on Ports 0 and 2 may cause spurious noise pulses to be superimposed on the VDLs of ALE, and Ports 1 and 3. The noise is due to internal bus capacitance discharging into the Port 0 and Port 2 pins when these pins make 1 to 0 transitions during bus operations. In the worst cases (capacitive loading > 100 pF), the noise pulse on the ALE pin may exceed 0.0V. In such cases it may be desirable to qualify ALE with a Schmitt Trigger, or use an address latch with external Trigger STROBE input.

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

A.C. CHARACTERISTICS: (TA = 0 °C to 170 °C, VCC = 5V ± 10%, VSS = 0V, Load Capacitance for Port 0, ALE, and PSEN = 100 pF, Load Capacitance for All Other Outputs = 80 pF)

EXTERNAL PROGRAM MEMORY READ CYCLE



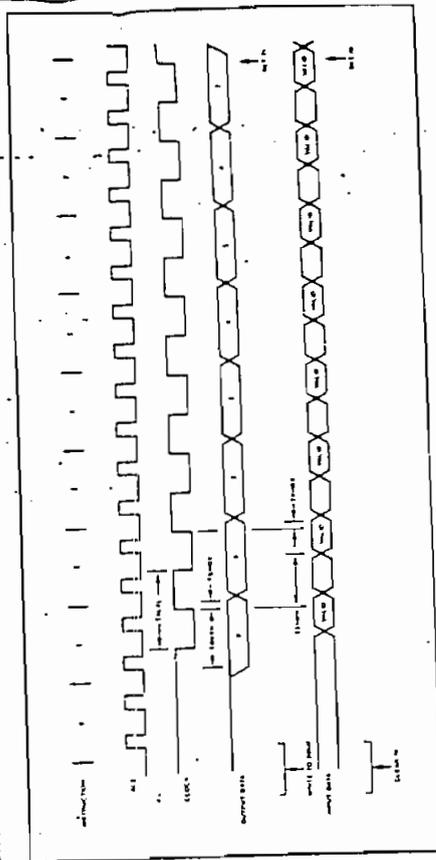
Symbol	Parameter	12MHz Osc		Variable Oscillator		Units
		Min	Max	Min	Max	
T/CCLC	Oscillator Frequency			3.5	12	MHz
TLHL	ALE Pulse Width	127		2TCLC-40		ns
TAVLL	Address Valid to ALE Low	43		TCLC-40		ns
TLLAX	Address Hold After ALE Low	48		TCLC-35		ns
TLLIV	ALE Low to Valid Instr In 8751H, 8751H-12 All Others	183 233			4TCLC-150 4TCLC-100	ns
TLLPL	ALE Low to PSEN Low	58		TCLC-25		ns
TPLPH	PSEN Pulse Width 8751H, 8751H-12 All Others	190 215		3TCLC-80 3TCLC-35		ns ns
TPLIV	PSEN Low to Valid Instr In 8751H, 8751H-12 All Others	100 125			3TCLC-150 3TCLC-125	ns ns
TPXIX	Input Instr Hold After PSEN	0		0	TCLC-20	ns
TPXIZ	Input Instr Float After PSEN					ns
TPXAV	PSEN to Address Valid	75		TCLC-8		ns
TAVV	Address to Valid Instr In 8751H, 8751H-12 All Others	567 302			5TCLC-150 5TCLC-115	ns ns
TPLAZ	PSEN Low to Address Float	TBD			TBD	ns
TRLRH	RD Pulse Width	400		6TCLC-100		ns
TWLWH	WR Pulse Width	400		6TCLC-100		ns
TRLOV	RD Low to Valid Data In	252			5TCLC-165	ns
TRHDX	Data Hold After RD	0		0		ns
TRIDZ	Data Float After RD	97			2TCLC-70	ns
TLLDV	ALE Low to Valid Data In	517			8TCLC-150	ns
TAVDV	Address to Valid Data In	585			9TCLC-105	ns
TLLWL	ALE Low to RD or WR Low	200		3TCLC-50	3TCLC-50	ns
TAVWL	Address to RD or WR Low	203		4TCLC-130		ns
TOVWX	Data Valid to WR Transition 8751H, 8751H-12 All Others	13 23		TCLC-70 TCLC-60		ns ns
TOVWH	Data Valid to WR High	433		7TCLC-150		ns
TWIOX	Data Hold After WR	33		TCLC-50		ns
TRLAZ	RD Low to Address Float	TBD			TBD	ns
TWHUI	RD or WR High to ALE High 8751H, 8751H-12 All Others	33 43	133 123	TCLC-50 TCLC-40	TCLC-150 TCLC-140	ns ns

SERIAL PORT TIMING — SHIFT REGISTER MODE

Test Conditions: $T_A = 0^\circ\text{C}$ to 70°C ; $V_{CC} = 5\text{V} \pm 10\%$; $V_{SS} = 0\text{V}$; Load Capacitance = 80 pF

Symbol	Parameter	12Mhz Osc		Variable Oscillator		Units
		Min	Max	Min	Max	
TXLXL	Serial Port Clock Cycle Time	1.0		12TCLCL		μs
TOVXH	Output Data Setup to Clock Rising Edge	700		10TCLCL-133		ns
TXHOX	Output Data Hold After Clock Rising Edge	50		2TCLCL-117		ns
TXHDX	Input Data Hold After Clock Rising Edge	0		0		ns
TXHDV	Clock Rising Edge to Input Data Valid		700		10TCLCL-133	ns

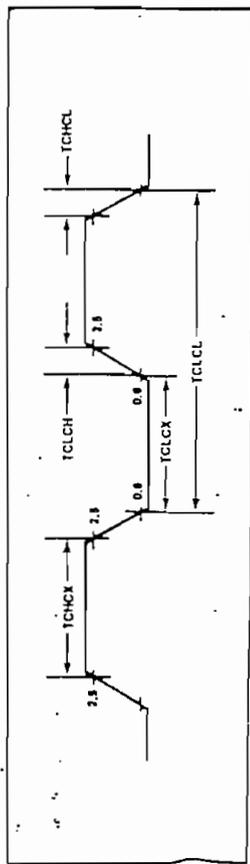
SHIFT REGISTER TIMING WAVEFORMS



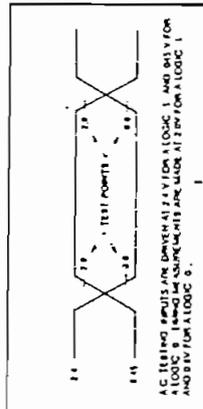
EXTERNAL CLOCK DRIVE

Symbol	Parameter	Min	Max	Units
1/TCLCL	Oscillator Frequency	3.5	12	MHz
TCHCX	High Time	20		ns
TCLCX	Low Time	20		ns
TCLCH	Rise Time		20	ns
TCHCL	Fall Time		20	ns

EXTERNAL CLOCK DRIVE WAVEFORMS



A.C. TESTING INPUT, OUTPUT WAVEFORM



A.C. TESTING RESULTS ARE GIVEN AS A FUNCTION OF CLOCK 1 AND DELTA V FOR A CLOCK PERIOD OF 1.15 NS. TEST POINTS ARE LOCATED AT TOP FOR A CLOCK 1 AND BOTTOM FOR A CLOCK 0.



EPROM CHARACTERISTICS:

Table 3. EPROM Programming Modes

Mode	RST	PS _{EN}	ALE	EA	P2.7	P2.6	P2.5	P2.4
Program	1	0	0*	VPP	1	0	X	X
Inhibit	1	0	1	X	1	0	X	X
Verify	1	0	1	1	0	0	X	X
Security Sat	1	0	0*	VPP	1	1	X	X

*ALE is pulsed low for 50 msec.

Note: "1" = logic high for that pin
"0" = logic low for that pin
"X" = "Don't Care"
"Vpp" = +21V ± 0.5V

Programming the EPROM

To be programmed, the part must be running with a 4 to 6 MHz oscillator. (The focus on the oscillator needs to be maintained is that the internal clock is being used to transfer address and program data to appropriate internal registers.) The address of an EPROM location to be programmed is applied to Port 1 and pins P2.0-P2.3 of Port 2, with the code byte to be programmed into that location is applied to Port 0. The other Port 2 pins, and RST, PS_{EN}, and EA, should be held at the "Program" levels indicated in Table 3. ALE is pulsed low for 50 msec to program the code byte into the addressed EPROM location. The setup is shown in Figure 5.

Normally EA is held at a logic high until just before ALE is to be pulsed. Then EA is raised to +21V, ALE is pulsed, and then EA is returned to a logic high. Waveforms and detailed timing specifications are shown in later sections of this data sheet.

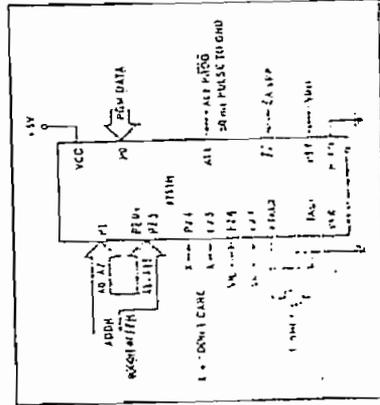


Figure 5. Programming Configuration

EPROM Security

The security feature consists of a "locking" bit which can be programmed to prevent access to any internal memory. The internal memory is programmed as shown in Figure 7. The setup for programming the security bit is the same as for normal EPROM programming, except that P2.6 is held at a logic high. Pin P2.0, P2.1, and pins P2.0-P2.3 may be in any state. The other pins should be held at the "Security" levels indicated in Table 3.

Once the Security Bit has been programmed, it can be cleared only by full erasure of the Program Memory. While it is programmed, the Internal Program Memory can not be read out, the device can not be further programmed, and it can not execute out of external program memory. Erasing the EPROM, thus clearing the Security Bit, restores the device's full functionality. It can then be reprogrammed.

Erasure Characteristics

Erasure of the EPROM begins to occur when the chip is exposed to light with wavelength shorter than approximately 4,000 Angstroms. Since sunlight and fluorescent lighting have wavelengths in this range, exposure to these light sources over an extended time (about 1 week in sunlight, or 3 years in room-level fluorescent lighting) could cause inadvertent erasure. In an application subjects the device to this type of exposure, it is suggested that an opaque label be placed over the window.

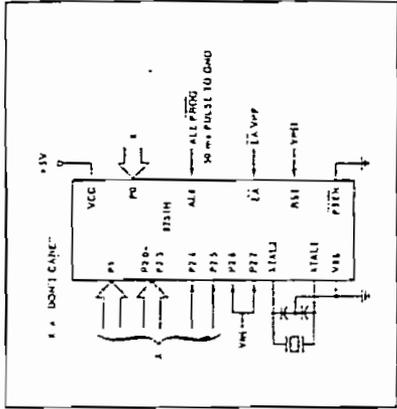
EPROM PROGRAMMING AND VERIFICATION CHARACTERISTICS:

(T_A = 21 °C to 27 °C, VCC = 5V; 10%, VSS = 0V)

Symbol	Parameter	Min	Max	Unit
VPP	Programming Supply Voltage	20.5	21.5	V
IPP	Programming Supply Current		30	mA
fTCLCL	Oscillator Frequency	4	6	MHz
tAVGL	Address Setup to PROG Low	4nTCLCL		
tGHAX	Address Hold After PROG	4nTCLCL		
tDVEL	Data Setup to PROG Low	4nTCLCL		
tGDHX	Data Hold After PROG	4nTCLCL		
tEHSII	P2.7 (ENABLE) High to VPP	10		ns
tSUGI	VPP Setup to PROG Low	10		ns
tVTHI	VPP Hold After PROG	10		ns
tVTHL	VPP Hold After PROG	10		ns
tVTHL	Address to Data Valid	10	85	ns
tVTHL	Data to Data Valid	10	85	ns
tVTHL	Data to Data Valid	10	85	ns
tVTHL	Data to Data Valid	10	85	ns

Figure 6. Program Verification

Figure 7. Programming the Security Bit



The recommended erasure procedure is exposure to ultraviolet light (at 2537 Angstroms) to an integrated dose of at least 15 W-sec/cm². Exposing the EPROM to an ultraviolet lamp of 12,000 μW/cm² rating for 20 to 30 minutes, at a distance of about 1 inch, should be sufficient.

Erasure leaves the array in an all 1s state.

MAXIM

+5V Powered RS-232 Drivers/Receivers

MAX230-241*

General Description

Maxim's family of line drivers/receivers are intended for all RS-232 and V.28/V.21 communications interfaces, and in particular, for those applications where $\pm 12V$ is not available. The MAX230, MAX236, MAX240 and MAX241 are particularly useful in battery powered systems since their low power shutdown mode reduces power dissipation to less than 5mW. The MAX233 and MAX235 use no external components and are recommended for applications where printed circuit board space is critical.

All members of the family except the MAX231 and MAX239 need only a single +5V supply for operation. The RS-232 drivers/receivers have on-board charge pump voltage converters which convert the +5V input power to the $\pm 10V$ needed to generate the RS-232 output levels. The MAX231 and MAX239, designed to operate from +5V and +12V, contain a $\pm 12V$ to $\pm 12V$ charge pump voltage converter.

Since nearly all RS-232 applications need both line drivers and receivers, the family includes both receiver and drivers in one package. The wide variety of RS-232 applications require differing numbers of drivers and receivers. Maxim offers a wide selection of RS-232 driver/receiver combinations in order to minimize the package count (see table below). Both the receivers and the line drivers (transmitters) meet all EIA RS-232C and CCITT V.28 specifications.

Features

- Operates from Single 5V Power Supply (+5V and +12V — MAX231 and MAX239)
- Meets All RS-232C and V.28 Specifications
- Multiple Drivers and Receivers
- Onboard DC-DC Converters
- 19V Output Swing with +5V Supply
- Low Power Shutdown — $< 1\mu A$ (typ)
- 3-State TTL/CMOS Receiver Outputs
- $\pm 30V$ Receiver Input Levels

Applications

- Computers
- Peripherals
- Modems
- Printers
- Instruments

Table 2. Summary of RS-232C and V.28 Electrical Specifications

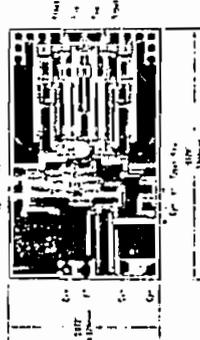
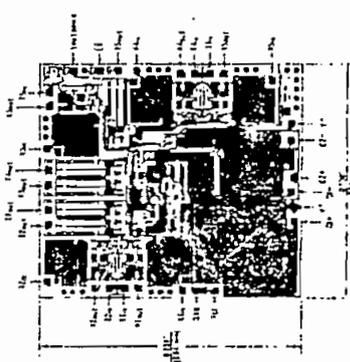
PARAMETER	SPECIFICATION	COMMENTS
Driver Output Voltage	+5V to +15V -5V to -15V ±25V Max	With 3-7k Ω load With 3-7k Ω load No Load
Receiver Input Thresholds (both and each signal)	+3V to +25V 0 level -3V to -25V 1 level	
Receiver Thresholds (RTS, DSR, DTR)	+3V to +25V On level 0 level -3V to -25V Off level	Default Power On Condition at Driver
Receiver Input Resistance	3k Ω to 7k Ω	
Driver Output Resistance, power full condition	30k Ω Min	$V_{out} < 22V$
Driver Slew Rate	30V/ μs Max	$3k\Omega < R_L < 7k\Omega$ $0pF < C_L < 250pF$
Signaling Rate	Up to 20k baud/sec.	
Cable Length	50' Max in Recommended Max. Length	Longer cables require termination. Cables $\leq 2500pF$

Table 1. Circuits Commonly Used for RS-232C and V.24 Asynchronous Interfaces

PIN	CIRCUIT
1	Preventive Ground
2	Transmit Data (TxD) Earth Ground
3	Receive Data (RxD) Data from DTE
4	Request to Send (RTS) Handshake from DTE
5	Clear to Send (CTS) Handshake from DCE
6	Data Set Ready (DSR) Handshake from DCE
7	Signal Ground Reference Point for Signals
8	Handshake from DCE Carrier Detect (DCD)
11	Printer Busy Signal Handshake from Printer
20	Data Terminal Ready Handshake from DTE
22	Ring Indicator Handshake from DCE

+5V Powered RS-232 Drivers/Receivers

Chip Topography



Selection Table

Part Number	Power Supply Voltage	No. of RS-232 Drivers	No. of RS-232 Receivers	External Components	Low Power Shutdown / TTL 3-State	No. of Pins
MAX230	+5V	5	0	4 capacitors	Yes/No	20
MAX231	+5V and +12V to 13.2V	2	2	2 capacitors	No/No	14
MAX232	+5V	2	2	4 capacitors	No/No	16
MAX233	+5V	2	2	None	No/No	20
MAX234	+5V	4	0	4 capacitors	No/No	16
MAX235	+5V	5	5	None	Yes/Yes	21
MAX236	+5V	4	3	4 capacitors	Yes/Yes	21
MAX237	+5V	3	4	4 capacitors	No/No	24
MAX238	+5V	4	4	4 capacitors	No/No	24
MAX239	+5V and +12V to 13.2V	3	5	2 capacitors	No/Yes	24
MAX240	+5V	5	5	4 capacitors	Yes/Yes	14
MAX241	+5V	4	5	4 capacitors	Yes/Yes	28 (Small Outline)

*Patent Pending

MAXIM is a registered trademark of Maxim Integrated Products

Note: Connect Vmin to V+

Note:
1. Shutdown pin of MAX230, MAX237, MAX238, MAX239, MAX240 and MAX241 are internally connected to ground.
2. Connect substrate to V+

MAXIM is a registered trademark of Maxim Integrated Products. ©1989 Maxim Integrated Products. 19-289A 3-87

**+5V Powered
RS-232 Drivers/Receivers**

MAX230-241*

**+5V Powered
RS-232 Drivers/Receivers**

MAX230-241*

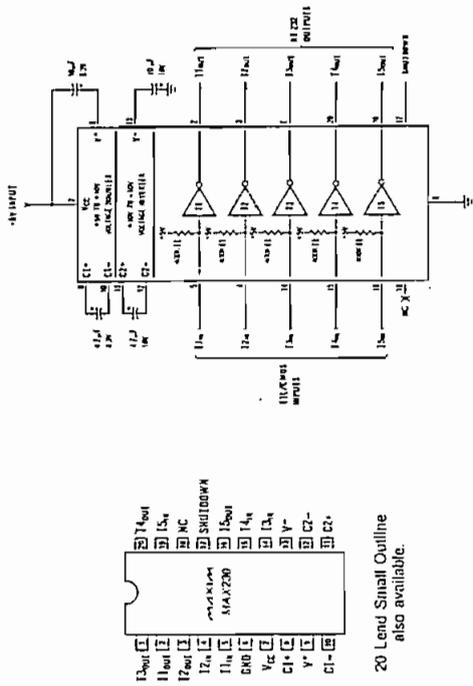


Figure 3 MAX230 Typical Operating Circuit

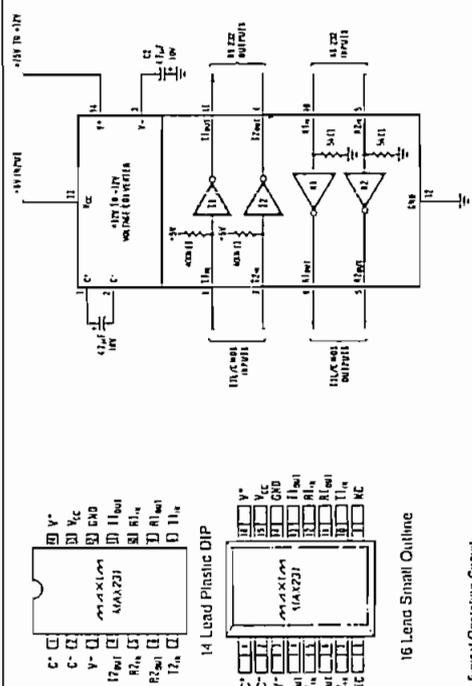


Figure 4 MAX231 Typical Operating Circuit

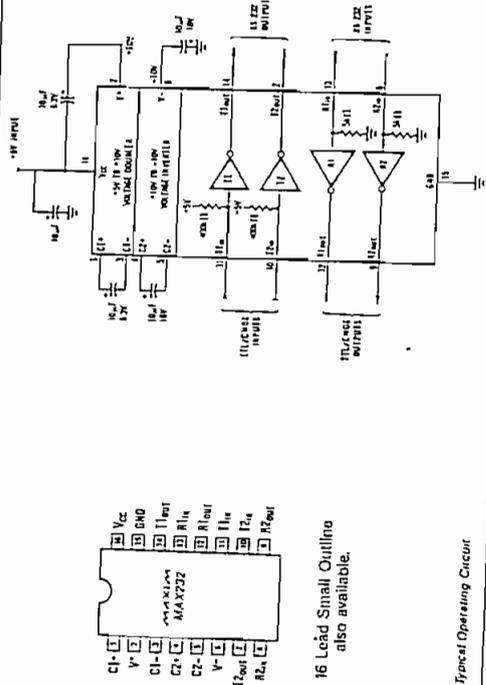


Figure 5 MAX232 Typical Operating Circuit

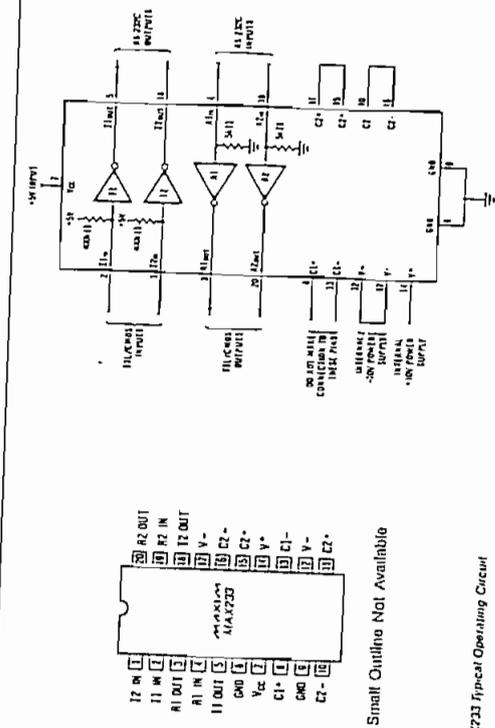


Figure 6 MAX233 Typical Operating Circuit

MAX230-241*

+5V Powered RS-232 Drivers/Receivers

Non-Inverting Drivers and Receivers
Occasionally a non-inverting driver or receiver is needed instead of the inverting drivers and receivers in the family. Simply use one of the receivers as a TTL/CMOS inverter to get the desired operation (Figure 17). If the logic output driving the receiver input has less than 1mA of output source capability, then add the 2.2k Ω pullup resistor.

The receiver TTL outputs can directly drive the input of another receiver to form a non-inverting RS-232 receiver.

Protection for Shorts to $\pm 15V$ Supplies
All driver outputs except on the MAX231, MAX232 and MAX233 are protected against short circuits to $\pm 15V$, which is the maximum allowable loaded output voltage of an RS-232/V28 transmitter. The MAX231, MAX232, and MAX233 can be protected against short circuits to $\pm 15V$ power supplies by the addition of a series 220 Ω resistor in each output. This protection is not needed to protect against short circuits to most RS-232 transmitters such as the 1488, since they have an internal short circuit current limit of 12mA.

The power dissipation of the MAX230 and MAX234-MAX239, MAX240 and MAX241 is about 200mW with all transmitters shorted to $\pm 15V$.

Isolated RS-232 Interfaces
RS-232 and V28 specifications require a common ground connection between the two units communicating via the RS-232/V28 interface. In some cases, there may be large differences in ground potential between the two units, and in other cases it may be desired to avoid ground loop currents by isolating the two grounds. In other cases, a comonly or vertical system must be protected against accidental connection of the RS-232/V28 signal lines to 110V/220VAC power lines. Figure 18 shows a circuit with this isolation. The power for the MAX233 is generated by a MAX635 DC-DC converter. When the MAX635 regulates point "A" to $-5V$, the isolated output at point "B" will be semi-regulated to $+5V$. The two optocouplers maintain isolation between the system ground and the RS-232 ground while transferring the data across the isolation barrier. While this circuit will not withstand 110VAC between the RS-232 ground and either the receiver or transmitter lines, the voltage difference between the two grounds is only limited by the optocoupler and DC-DC converter transformer breakdown ratings.

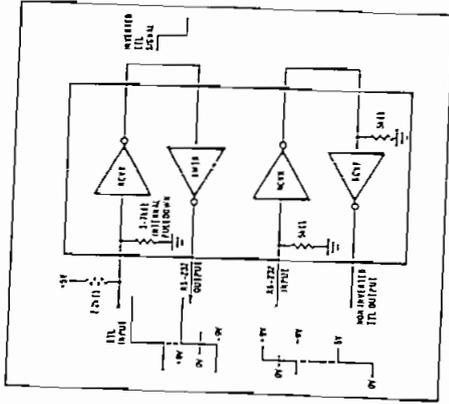


Figure 17. Non-inverting RS-232 Transmitters and Receivers.
slew rate exceed the RS-232/V28 maximum spec of 30V/ μ s and, unlike the 1488 driver, no external compensation capacitors are needed under any load condition.

Driving Long Cables
The RS-232 standard states that "The use of short cables (each less than approximately 50 feet or 15 meters) is recommended; however, longer cables are permissible, provided that the load capacitance does not exceed 2500pF."
Baud rate and cable length can be traded off: use lower baud rates for long cables, use short cables if high baud rates are desired. For both long cables and high baud rates, use RS-232/V11. The maximum cable length for a given baud rate is determined by several factors, including the capacitance per meter of cable, the slow rate of the driver under high capacitive loading, the receiver threshold and hysteresis, and the acceptable bit error rate. The receivers have 0.5V of hysteresis, and the drivers are designed such that the slow rate reduction caused by capacitive loading is minimized (see Typical Characteristics).

on the waveshape of the transmitters and through the use of differential receivers in compensate for ground potential variations between the transmitting and receiving equipment. With certain limitations, this interface is compatible with RS-232 and V28. The limitations are:

- 1) less than 20,000 baud rate,
- 2) maximum cable lengths determined by RS-232 performance,
- 3) RS-232/V10 DTE and DCE signal return paths must be connected to the RS-232/V28 signal ground,
- 4) the RS-232 transmitter output voltages must be limited to $\pm 12V$, or additional protection must be provided for the RS-232/V10 receivers, and
- 5) not all RS-232/V28 receivers will show proper power-off detection of V10 transmitter outputs.

Maxim's MAX230 and MAX232-MAX238, MAX240 and MAX241 meet restrictions 4 and 5 over the entire range of recommended operating conditions. The MAX231 and MAX239 meet restrictions 4 and 5 provided that the V_{cc} voltage is 12.5V or less.

The RS-422, RS-485, and V11 interfaces are balanced double-current interchanges suitable for baud rates up to 10 Mbits. These interfaces are not compatible with RS-232 or V28 voltage levels.

Application Hints

Operation at High Baud Rates
V28 states that "The time required for the signal to pass through the transition region during a change in state shall not exceed 1 millisecond or 3 percent of the nominal element period on the interchanging circuit, whichever is less." RS-232C allows the transition time to be 4 percent of the duration of a signal element. At 19,200 baud, the "nominal element period" is approximately 50 μ s, of which 3 percent is 1.5 μ s. Since the transition region is from $-3V$ to $+3V$, this means the V28 slew rate would ideally be faster than 5V/1.5 μ s = 3.3V/ μ s at 19.2 kbaud and 2V/ μ s at 9600 baud. The RS-232 requirement is equivalent to 3V/ μ s at 19.2 kbaud, 1.5V/ μ s at 9600 baud, etc. The slew rate of the MAX230 series devices is about 3V/ μ s with the maximum recommended load of 2500pF. In practice, the effect of less than optimum slew rate is a distortion of the recovered data, where the 1's and 0's no longer have equal width. This distortion generally has negligible effect and the devices can be reliably used for 19.2 kbaud serial links when the cable capacitance is kept below 2500pF. With very low capacitance loading, the MAX230 and MAX234-239, MAX240 and MAX241 may even be used at 38.4 kbaud, since the typical slew rate is 5V/ μ s when loaded with 500pF in parallel with 5k Ω . Under no circumstances will the

MAX230-241*

+5V Powered RS-232 Drivers/Receivers

Review of EIA Standard RS-232-C and CCITT Recommendations V.28 and V.24
The most common serial interface between electronic equipment is the "RS-232" interface. This serial interface has been found to be particularly useful for the interface between units made by different manufacturers since the voltage levels are defined by the EIA Standard RS-232-C and CCITT Recommendation V.28. The RS-232 specification also contains signal circuit definitions and connector pin assignments, while CCITT circuit definitions are contained in a separate document, Recommendation V.24. Originally intended to interface modems to computers and terminals, these standards have many signals which are not used for computer-to-computer or computer-to-terminal communication.

Serial interfaces can be used with a variety of transmission formats. The most popular by far is the asynchronous format, generally at one of the standard baud rates of 300, 600, 1200, etc. The maximum recommended baud rate for RS-232 and V28 is 20,000 baud, and the fastest commonly used baud rate is 19,200 baud. Asynchronous serial links use a variety of combinations of the number of data bits, what type (if any) of parity bit, and the number of stop bits. A typical combination is 7 data bits, even parity, and 1 stop bit.

RS-232/V28 physical links are also suitable for synchronous transmission protocols. These higher level protocols often use the standard RS-232C/V28 voltage levels, plus that one type of physical link (such as RS-232C/V28 voltage levels) can be used for a variety of higher level protocols. Table 2 summarizes the voltage levels and other requirements of V.28 and RS-232.

Comparison of RS-232C/V.28 with other Standards
The other two most common serial interface specifications are the EIA RS-423 and RS-422/RS-485 (CCITT recommendations V10 and V11). While the RS-232 or V28/V24 interface is the most common interface for communication between equipment made by different manufacturers, the RS-423/V10 interface and RS-422/V11 interfaces can operate at higher baud rates. In addition, the RS-485 interface can be used for low cost local area networks.

The RS-423 and V10 interfaces are unbalanced or "single-ended" interfaces which use a differential receiver. This standard is intended for data signaling rates up to 100 kbaud (100 kilobaud). It achieves this higher baud rate through more precise requirements

**+5V Powered
RS-232 Drivers/Receivers**

MAX230-241*

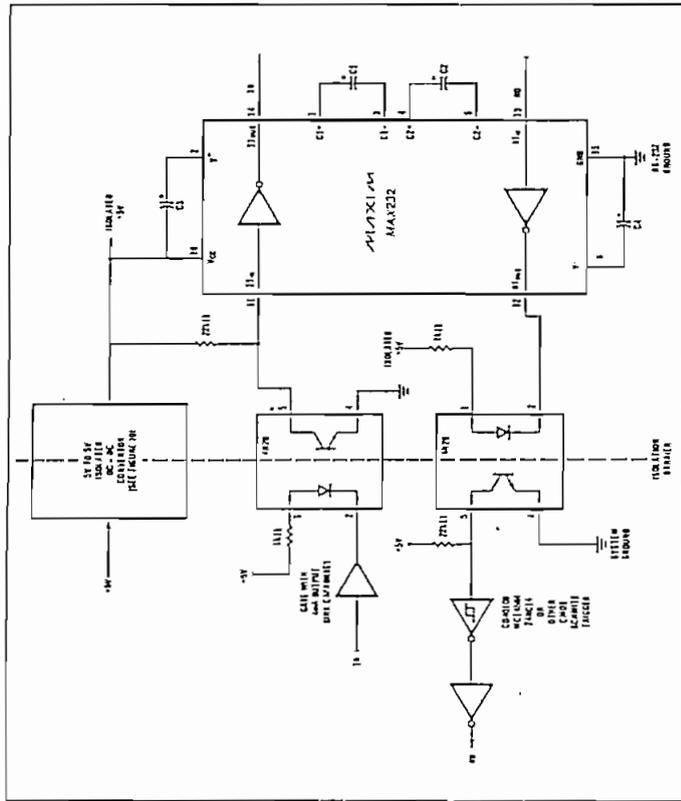


Figure 18 Optically Isolated RS-232 Interface.

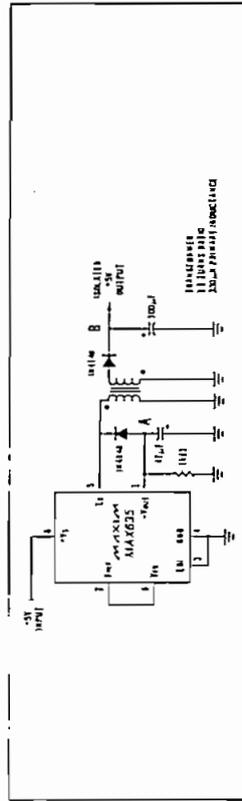


Figure 19 +5V Isolated Power Supply for Optically Isolated RS-232 Interface

**+5V Powered
RS-232 Drivers/Receivers**
Ordering Information

PART	PACKAGE	TEMP RANGE	PART	TEMP RANGE	PACKAGE
MAX230	0.3" Wide		MAX237		0.3" Wide
MAX230CQP	20 Lead Plastic DIP	0°C to +70°C	MAX237CQG	0°C to +70°C	24 Lead Plastic DIP
MAX230CWP	20 Lead Wide S.O.	0°C to +70°C	MAX237CWC	0°C to +70°C	24 Lead Wide S.O.
MAX230CJD	Dice	0°C to +70°C	MAX237CJD	0°C to +70°C	Dice
MAX230ERP	20 Lead Plastic DIP	-40°C to +85°C	MAX237ERG	-40°C to +85°C	24 Lead Plastic DIP
MAX230EWP	20 Lead Wide S.O.	-40°C to +85°C	MAX237EWG	-40°C to +85°C	24 Lead Wide S.O.
MAX230EJP	20 Lead CERDIP	-40°C to +85°C	MAX237EJG	-40°C to +85°C	24 Lead CERDIP
MAX230MLP	20 Lead CERDIP	-55°C to +125°C	MAX237MRG	-55°C to +125°C	24 Lead CERDIP
MAX231	0.3" Wide		MAX238		0.3" Wide
MAX231CPD	14 Lead Plastic DIP	0°C to +70°C	MAX238CJNT	0°C to +70°C	24 Lead Plastic DIP
MAX231CWE	14 Lead Wide S.O.	0°C to +70°C	MAX238CWC	0°C to +70°C	24 Lead Wide S.O.
MAX231CDE	Dice	0°C to +70°C	MAX238CD	0°C to +70°C	Dice
MAX231EPD	14 Lead Plastic DIP	-40°C to +85°C	MAX238EJG	-40°C to +85°C	24 Lead Plastic DIP
MAX231EWE	14 Lead Wide S.O.	-40°C to +85°C	MAX238EWG	-40°C to +85°C	24 Lead Wide S.O.
MAX231EJD	14 Lead CERDIP	-40°C to +85°C	MAX238EJG	-40°C to +85°C	24 Lead CERDIP
MAX231EJD	14 Lead CERDIP	-55°C to +125°C	MAX238MRG	-55°C to +125°C	24 Lead CERDIP
MAX232	0.3" Wide		MAX239		0.3" Wide
MAX232CPE	16 Lead Plastic DIP	0°C to +70°C	MAX239CJHG	0°C to +70°C	24 Lead Plastic DIP
MAX232CWE	16 Lead Wide S.O.	0°C to +70°C	MAX239CWC	0°C to +70°C	24 Lead Wide S.O.
MAX232CD	Dice	0°C to +70°C	MAX239CJD	0°C to +70°C	Dice
MAX232EPE	16 Lead Plastic DIP	-40°C to +85°C	MAX239ERG	-40°C to +85°C	24 Lead Plastic DIP
MAX232EJE	16 Lead CERDIP	-40°C to +85°C	MAX239EWG	-40°C to +85°C	24 Lead Wide S.O.
MAX232EWE	16 Lead Wide S.O.	-40°C to +85°C	MAX239EJG	-40°C to +85°C	24 Lead CERDIP
MAX232EJE	16 Lead CERDIP	-55°C to +125°C	MAX239MRG	-55°C to +125°C	24 Lead CERDIP
MAX233	0.3" Wide		MAX240		0.3" Wide
MAX233CQP	20 Lead Plastic DIP	0°C to +70°C	MAX240CJHG	0°C to +70°C	24 Lead Plastic DIP
MAX233EPP	20 Lead Plastic DIP	-40°C to +85°C	MAX240CWC	0°C to +70°C	24 Lead Wide S.O.
MAX234	0.3" Wide		MAX241		0.3" Wide
MAX234CPE	16 Lead Plastic DIP	0°C to +70°C	MAX241CJHG	0°C to +70°C	24 Lead Plastic DIP
MAX234CWE	16 Lead Wide S.O.	0°C to +70°C	MAX241CWC	0°C to +70°C	24 Lead Wide S.O.
MAX234EPE	16 Lead Plastic DIP	-40°C to +85°C	MAX241EJG	-40°C to +85°C	24 Lead CERDIP
MAX234EJE	16 Lead CERDIP	-40°C to +85°C	MAX241EWE	-40°C to +85°C	24 Lead Wide S.O.
MAX235	0.6" Wide				
MAX235CQP	24 Lead Plastic DIP	0°C to +70°C			
MAX235EPP	24 Lead Plastic DIP	-40°C to +85°C			
MAX235EPP	24 Lead Plastic DIP	-40°C to +85°C			
MAX235EPP	24 Lead Ceramic	-55°C to +125°C			

* 0.600" package



ADC0808, ADC0809 8-Bit μ P Compatible A/D Converters

With 8-Channel Multiplexer

General Description

The ADC0808, ADC0809 data acquisition component is a monolithic CMOS device with an 8-bit analog-to-digital converter, 8-channel multiplexer and microprocessor compatible control logic. The 8-bit A/D converter uses successive approximation as the conversion technique. The converter features a high impedance chopper stabilized comparator, a 256R voltage divider with analog switch tree and a successive approximation register. The 8-channel multiplexer can directly access any of 8 single-ended analog signals.

The device eliminates the need for external zero and full-scale adjustments. Easy interfacing to microprocessors is provided by the latched and decoded multiplexer address inputs and latched TTL TRI-STATE* outputs.

The design of the ADC0808, ADC0809 has been optimized by incorporating the most desirable aspects of several A/D conversion techniques. The ADC0808, ADC0809 offers high speed, high accuracy, minimal temperature dependence, excellent long-term accuracy and repeatability, and consumes minimal power. These features make this device ideally suited to applications from process and machine control to consumer and automotive applications. For 18-channel multiplexer with common output (sample/hold port) see ADC0816 data sheet. (See AN-247 for more information).

Features

- Resolution — 8-bits
- Total unadjusted error — $\pm 1/2$ LSB and ± 1 LSB
- No missing codes
- Conversion time — 100 μ s
- Single supply — 5 Vcc
- Operates ratiometrically or with 5 Vcc or analog supply adjusted voltage reference
- 8-channel multiplexer with latched control logic
- Easy interface to all microprocessors, or operates "stand alone"
- Outputs meet TTL voltage level specifications
- 0V to 5V analog input voltage range with single 5V supply
- No zero or full-scale adjust required
- Standard hermetic or molded 28-pin DIP package
- Temperature range — 40°C to +85°C or -55°C to +125°C
- Low power consumption — 15 mW
- Latched TRI-STATE* output

A to D, D to A

Absolute Maximum Ratings (Notes 1 and 2)

Supply Voltage (Vcc) (Note 3)	6.5V
Input Pin	-0.3V to (Vcc + 0.3V)
Control Inputs	-0.3V to +15V
Power Dissipation at TA = 25°C	875 mW
Power Dissipation at TA = 25°C	300°C
Temperature (Soldering, 10 seconds)	

Electrical Characteristics

Typical Specifications: Vcc = 5 V, VREF(+) = GND, TMIN \leq TA \leq TMAX and fCLK = 640 kHz unless otherwise stated.

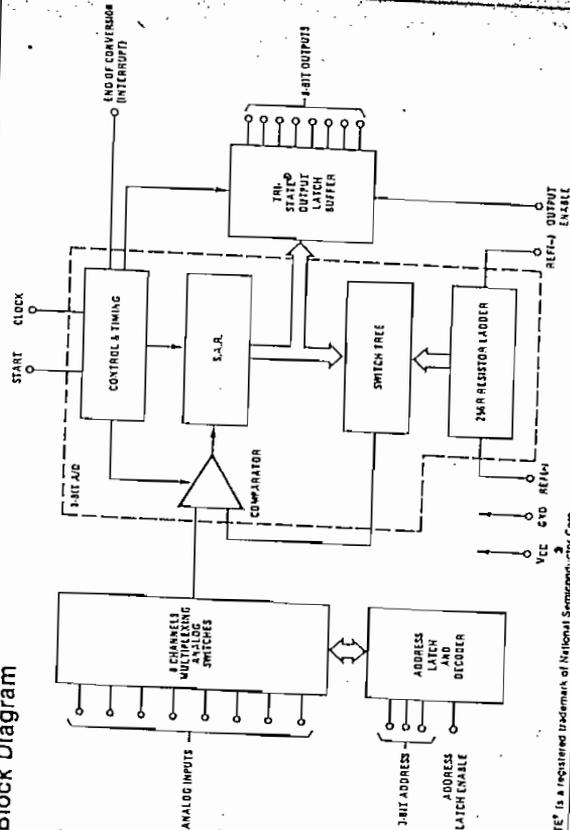
Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
ADC0808 Total Unadjusted Error (Note 5)	25°C			$\pm 1/2$	LSB
	TMIN to TMAX			$\pm 3/4$	LSB
ADC0809 Total Unadjusted Error (Note 5)	0°C to 70°C			± 1	LSB
	TMIN to TMAX			$\pm 1 1/4$	LSB
Input Resistance	From Ref(+) to Ref(-)	1.0	2.5		k Ω
	Analog Input Voltage Range (Note 4) V(+) or V(-)	GND-0.10		Vcc+0.10	Vcc
Voltage, Top of Ladder VREF(+) + VREF(-)	Measured at Ref(+)		Vcc	Vcc+0.1	V
	Measured at Ref(-)	Vcc/2-0.1	Vcc/2	Vcc/2+0.1	V
Voltage, Bottom of Ladder VREF(-)	Measured at Ref(-)	-0.1	0		V
	Comparator Input Current	-2	± 0.5	2	μ A

Electrical Characteristics

Typical Levels and DC Specifications: ADC0808CJ $\pm 5V \leq Vcc \leq 5.5V$, -55°C \leq TA \leq +125°C unless otherwise noted. ADC0808CC1, ADC0808CCN, and ADC0809CCN 4.75 \leq Vcc \leq 5.25V, -40°C \leq TA \leq +85°C unless otherwise noted.

Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
ANALOG MULTIPLEXER	OFF Channel Leakage Current	Vcc = 5V, VIN = 5V, TA = 25°C		200	nA
		TMIN to TMAX		1.0	μ A
OFF Channel Leakage Current	Vcc = 5V, VIN = 0, TA = 25°C		-200		nA
		TMIN to TMAX	-1.0		μ A
CONTROL INPUTS	Logical "1" Input Voltage	Vcc-1.5			V
	Logical "0" Input Voltage	VIN = 15V		1.5	V
	Logical "1" Input Current (The Control Inputs)			1.0	μ A
	Logical "0" Input Current (The Control Inputs)		-1.0		μ A
	Supply Current	fCLK = 640 kHz	0.3		3.0

Block Diagram



TRI-STATE* is a registered trademark of National Semiconductor Corp.

Digital Levels and DC Specifications: ADC0808CJ 4.5V \leq V_{CC} \leq 5.5V, -55°C \leq T_A \leq +125°C unless otherwise noted. ADC0808CCJ, ADC0808CCN, and ADC0809CCN 4.75V \leq V_{CC} \leq 5.25V, -40°C \leq T_A \leq +85°C unless otherwise noted.

Parameter	Conditions	Min	Typ	Max
DATA OUTPUTS AND EOC (INTERRUPT)				
V _{OUTH}	Logical "1" Output Voltage	I _O = -360 μ A		0.45
V _{OUTH}	Logical "0" Output Voltage	I _O = 1.6 mA		0.45
V _{OUTL}	Logical "0" Output Voltage EOC	I _O = 1.2 mA		0.3
I _{OUT}	TRI-STATE [®] Output Current	V _O = 5V V _O = 0		-3

Electrical Characteristics

Timing Specifications: V_{CC} = V_{REF(+)} = 5V, V_{REF(-)} = GND, t₁ = t₂ = 20 ns and T_A = 25°C unless otherwise noted.

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
t _{MS}	Minimum Start Pulse Width	(Figure 5)		100	200	μ s
t _{WALE}	Minimum ALE Pulse Width	(Figure 5)		100	200	μ s
t _S	Minimum Address Set-Up Time	(Figure 5)		25	50	ns
t _H	Minimum Address Hold Time	(Figure 5)		25	50	ns
t _D	Analog MUX Delay Time From ALE	R _S = 0 Ω (Figure 5)		1	2.5	μ s
t _{H1}	OE Control to Q Logic State	C _L = 50 pF, R _L = 10k (Figure 6)		125	250	ns
t _{H1}	OE Control to HI-Z	C _L = 10 pF, R _L = 10k (Figure 6)		125	250	ns
t _C	Conversion Time	t _C = 640 kHz (Figure 5) (Note 7)	90	100	116	μ s
f _C	Clock Frequency	(Figure 5)	10	640	1280	kHz
t _{EOC}	EOC Delay Time		0		8 + 2 μ s	Clock Periods
C _{IN}	Input Capacitance	All Control Inputs		10	15	pF
C _{OUT}	TRI-STATE [®] Output Capacitance	All TRI-STATE [®] Outputs, (Note 12)		10 [†]	15 [†]	pF

Note 1: Absolute maximum ratings are those values beyond which the life of the device may be impaired.
 Note 2: All voltages are measured with respect to GND, unless otherwise specified.
 Note 3: A 100 pF capacitor is connected between V_{CC} and GND and has a typical breakdown voltage of 7 VDC.
 Note 4: Two on-chip diodes are tied to each analog input which will forward conduct for analog input voltages one diode drop below ground or one diode drop above the V_{CC} supply. The spec allows 100 mV forward bias of either diode. This means that as long as the analog V_{IN} does not exceed the supply voltage by more than 100 mV, the output code will be correct. To achieve an absolute 0 VDC to 5 VDC input voltage range will therefore require a minimum 100 mV voltage of 4.900 VDC over temperature variations, initial tolerance and loading.
 Note 5: Total unadjusted error includes offset, full-scale linearity, and multiple errors. See Figure 2. None of these ADS requires a zero or full-scale signal. However, if an all-zero code is desired for an analog input other than 0.0V, or if a narrow full-scale span exists (for example, 0.5V to 4.5V full-scale) the reference voltages can be adjusted to achieve this. See Figure 13.
 Note 6: Comparator input current is a bias current into or out of the chopper stabilized comparator. The bias current varies directly with clock frequency and has little temperature dependence (Figure 6). See paragraph 4.0.
 Note 7: The outputs of the data register are updated one clock cycle before the rising edge of EOC.

Functional Description

The device contains an 8-channel single-ended analog signal multiplexer. A particular input channel is selected by using the address decoder. Table 1 shows the input states for the address lines to select any one of the eight channels. The address is latched into the decoder on the rising edge of the address latch enable signal.

TABLE 1

SELECTED ANALOG CHANNEL	ADDRESS LINE		
	C	B	A
IN0	L	L	L
IN1	L	L	H
IN2	L	H	L
IN3	L	H	H
IN4	H	L	L
IN5	H	L	H
IN6	H	H	L
IN7	H	H	H

CONVERTER CHARACTERISTICS

Successive Approximation Register (SAR) Converter
 Part of this single chip data acquisition system is its 8-bit analog-to-digital converter. The converter is designed to give fast, accurate, and repeatable conversions over a wide range of temperatures. The converter is partitioned into 3 major sections: the 256R ladder network, the successive approximation register, and the comparator. The converter's digital outputs are positive true.

The 256R ladder network approach (Figure 1) was chosen over the conventional R/2R ladder because of its inherent monotonicity, which guarantees no missing digital codes. Monotonicity is particularly important in closed loop feedback control systems. A non-monotonic relationship can cause oscillations that will be catastrophic for the system. Additionally, the 256R network does not cause load variations on the reference voltage.

The bottom resistor and the top resistor of the ladder network in Figure 1 are not the same value as the remainder of the network. The difference in these resistors causes the output characteristic to be symmetrical with the zero and full-scale points of the transfer curve. The first output transition occurs when the analog signal has reached +1/2 LSB and succeeding output transitions occur every 1 LSB later up to full-scale.

The successive approximation register (SAR) performs 8 iterations to approximate the input voltage. For any SAR type converter, n-iterations are required for an n-bit converter. Figure 2 shows a typical example of a 3-bit converter. In the ADC0808, ADC0809, the approximation technique is extended to 8 bits using the 256R network.

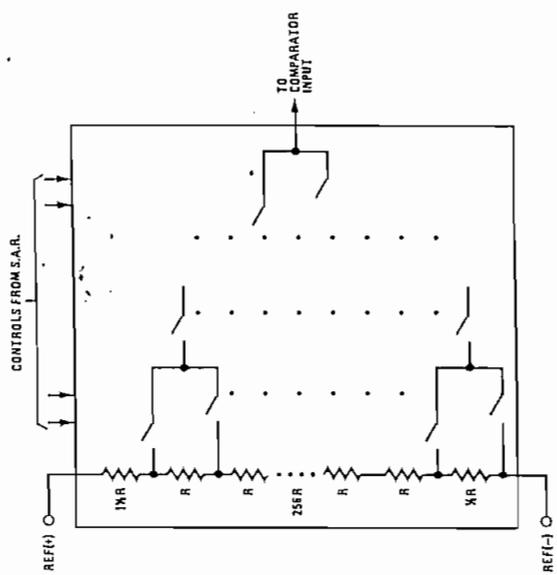


FIGURE 1. Resistor Ladder and Switch Tree

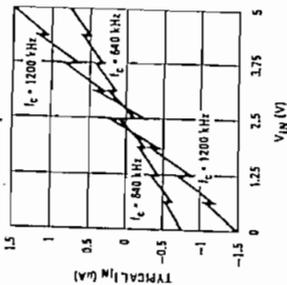


FIGURE 8. Comparator I_{IN} vs V_{IN}
($V_{CC} = V_{REF} = 5V$)

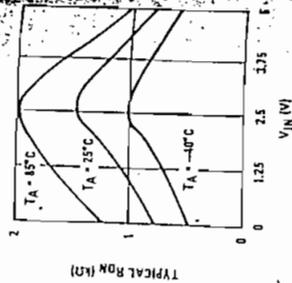


FIGURE 7. Multiplexer R_{ON} vs V_{IN}
($V_{CC} = V_{REF} = 5V$)

TRI-STATE® Test Circuits and Timing Diagrams

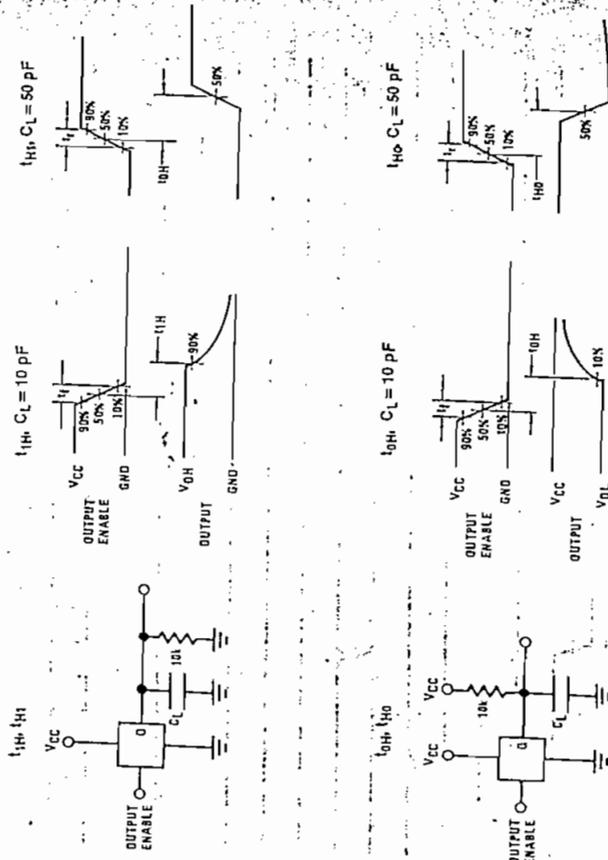


FIGURE 8

Retiometric Conversion
The ADC0808, ADC0809 is designed as a complete Data Acquisition System (DAS) for retiometric conversion systems. In retiometric systems, the physical variable being measured is expressed as a percentage of full-scale voltage. This is not necessarily related to an absolute standard, but is related to the ADC0808 is expressed by the equation:

$$\frac{V_{IN} - V_Z}{V_{MAX} - V_{MIN}} = \frac{D_X}{255} \quad (1)$$

- V_{IN} = Input voltage into the ADC0808
- V_{MAX} = Full-scale voltage
- V_Z = Zero voltage
- D_X = Data point being measured
- V_{MIN} = Maximum data limit
- V_{MAX} = Minimum data limit

A good example of a retiometric transducer is a potentiometer used as a position sensor. The position of the potentiometer is directly proportional to the output voltage which is a ratio of the full-scale voltage across it. Since the data is presented as a proportion of full-scale, reference voltages are greatly reduced, eliminating a large source of error and cost for many applications. A major advantage of the ADC0808, ADC0809 is that the input voltage range is equal to the supply range so the transducers can be connected directly across the supply and their outputs connected directly into the multiplexer inputs. (Figure 9).

Retiometric transducers such as potentiometers, strain gauges, thermistor bridges, pressure transducers, etc., are suitable for measuring proportional resistances; however, many types of measurements must be referred to an absolute standard such as voltage or current. This means a system reference must be used which relates the full-scale voltage to the standard volt. For example, if $V_{CC} = V_{REF} = 5.12V$, then the full-scale range is divided into 256 standard steps. The smallest standard step is 1 LSB which is then 20 mV.

2.0 Resistor Ladder Limitations

The voltages from the resistor ladder are compared to the selected input 8 times in a conversion. These voltages are coupled to the comparator via an analog switch tree which is referenced to the supply. The voltages at the top, center and bottom of the ladder must be controlled to maintain proper operation.

The top of the ladder, $REF(+)$, should not be more positive than the supply, and the bottom of the ladder, $REF(-)$, should not be more negative than ground. The center of the ladder voltage must also be near the center of the supply because the analog switch tree changes from N-channel switches to P-channel switches. These limitations are automatically satisfied in retiometric systems and can be easily met in ground referenced systems.

Figure 10 shows a ground referenced system with a separate supply and reference. In this system, the supply must be trimmed to match the reference voltage. For instance, if a 5.12V is used, the supply should be adjusted to the same voltage within 0.1V.

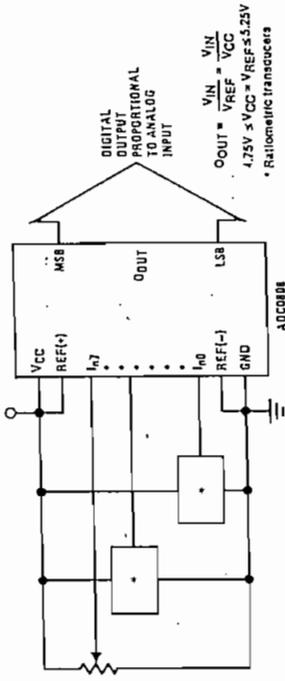


FIGURE 9. Retiometric Conversion System

LABORATORIO DE
 DEPARTAMENTO DE ELECTRONICA
 FACUNDA DE INGENHARIA ELECTRONICA

The top and bottom ladder voltages cannot be developed from the reference supply from the reference system is readily accomplished. In Figure 11 a ground referenced system is shown which generates the supply from the reference. The buffer shown can be an op amp of sufficient drive to supply the millamp of supply current and the desired bus drive, or if a capacitive bus is driven by the outputs a large capacitor will supply the transient supply current as seen in Figure 12. The LM301A is overcompensated to insure stability when loaded by the 10 μ F output capacitor.

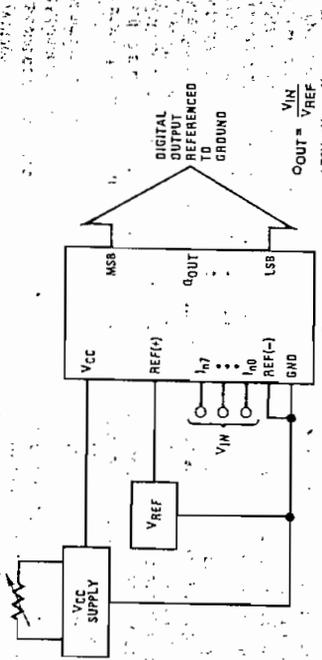


FIGURE 10. Ground Referenced Conversion System Using Trimmed Supply

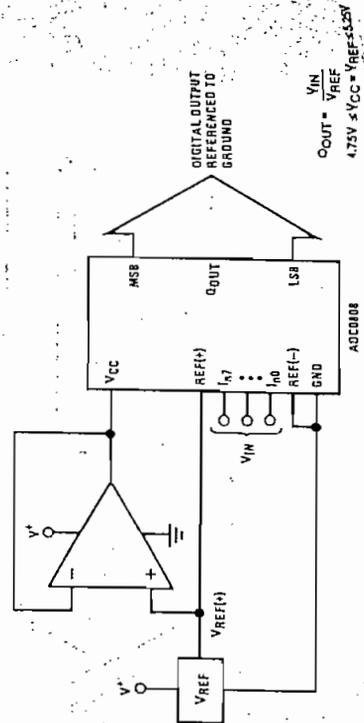


FIGURE 11. Ground Referenced Conversion System with Reference Generating VCC Supply

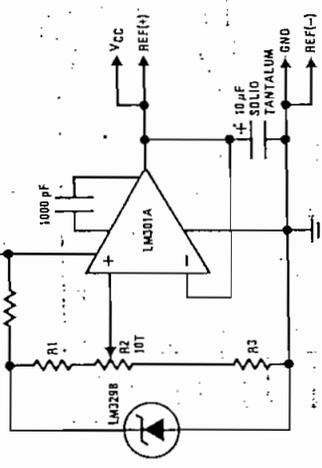


FIGURE 12. Typical Reference and Supply Circuit

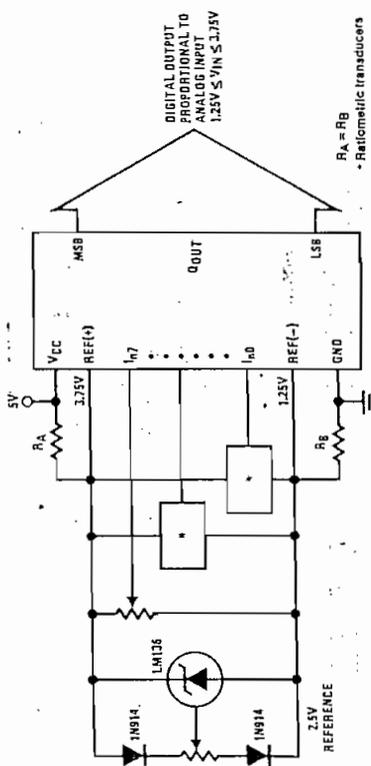


FIGURE 13. Symmetrically Centered Reference

2^N Converter Equations

Transition between adjacent codes N and N + 1 is $\Delta V_{IN} = (V_{REF(+)} - V_{REF(-)}) / 256$.

$$V_N = (V_{REF(+)} - V_{REF(-)}) \left[\frac{N-1}{256} + \frac{1}{512} \right] = V_{TUE} + V_{REF(-)} \quad (2)$$

Center of an output code N is given by:

$$V_N = (V_{REF(+)} - V_{REF(-)}) \left[\frac{N}{256} \right] = V_{TUE} + V_{REF(-)} \quad (3)$$

Output code N for an arbitrary input are the integers within the range:

$$V_N = \frac{V_{IN} - V_{REF(-)}}{V_{REF(+)} - V_{REF(-)}} \times 256 \approx \text{Absolute Accuracy} \quad (4)$$

V_{IN} = Voltage at comparator input

$V_{REF(+)}$ = Voltage at Ref(+)

$V_{REF(-)}$ = Voltage at Ref(-)

V_{TUE} = Total unadjusted error voltage (typically $V_{REF(+)} + 512$)

4.0 Analog Comparator Inputs

The dynamic comparator input current is caused by the periodic switching of on-chip stray capacitances. These are connected alternately to the output of the resistor ladder/switch tree network and to the comparator input as part of the operation of the chopper stabilized comparator.

The average value of the comparator input current varies directly with clock frequency and with V_{IN} as shown in Figure 6.

If no filter capacitors are used at the analog inputs and the signal source impedances are low, the comparator input current should not introduce converter errors, as the transient created by the capacitance discharge will die out before the comparator output is strobed.

If filter capacitors are desired for noise reduction and signal conditioning they will tend to average out the dynamic comparator input current. It will then take on the characteristics of a DC bias current whose effect can be predicted conventionally.



ADC0816, ADC0817 8-Bit μ P Compatible A/D Converters with 16-Channel Multiplexer

General Description

The ADC0816, ADC0817 data acquisition component is a monolithic CMOS device with an 8-bit analog-to-digital converter, 16-channel, multiplexer, and microprocessor compatible control logic. The 8-bit A/D converter uses successive approximation as the conversion technique. The converter features a high impedance chopper stabilized comparator, a 256R voltage divider with analog switch tree and a successive approximation register. The 16-channel multiplexer can directly access any one of 16 single-ended analog signals, and provides the logic for address channel expansion. Signal conditioning of any analog input signal is eased by direct access to the multiplexer output, and to the input of the 8-bit A/D converter.

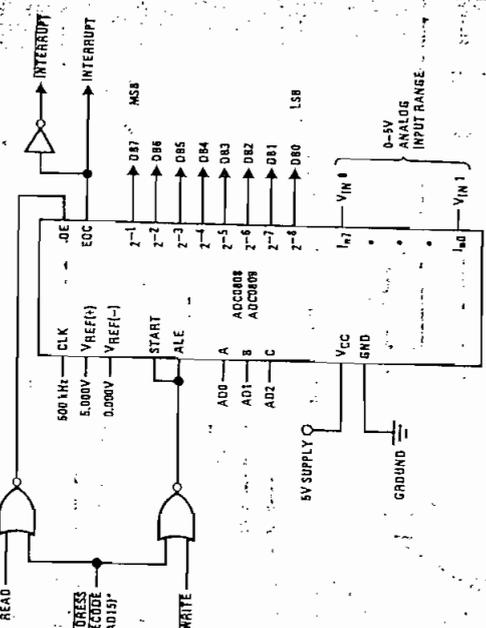
Features

- Resolution — 8bits
- Total unadjusted error — $\pm 1/2$ LSB and ± 1 LSB
- No missing codes
- Conversion time — 100 μ s
- Single supply — 5 Vdc
- Operates ratiometrically or with 5 Vdc or analog span adjusted voltage reference
- 16-channel multiplexer with latched control logic
- Easy interface to all microprocessors, or operates "stand alone"
- Outputs meet TTL voltage level specifications
- 0V to 5V analog input voltage range with single 5V supply
- No zero or full-scale adjust required
- Standard hermetic or molded 40-pin DIP package
- Temperature range, -40°C to $+85^{\circ}\text{C}$ or -55°C to $+125^{\circ}\text{C}$
- Low power consumption — 15 mW
- Latched TRI-STATE[®] output
- Direct access to "comparator in" and "multiplexer out" for signal conditioning.

TRI-STATE[®] is a registered trademark of National Semiconductor Corp.

The device eliminates the need for external zero and full-scale adjustments. Easy interfacing to microprocessors is provided by the latched and decoded multiplexer address inputs and latched TTL TRI-STATE[®] outputs.

The design of the ADC0816, ADC0817 has been optimized by incorporating the most desirable aspects of several A/D conversion techniques. The ADC0816, ADC0817 offers high speed, high accuracy, minimal temperature dependence, excellent long-term accuracy and repeatability, and consumes minimal power. These features make this device ideally suited to applications from process and machine control to consumer and automotive applications. For similar performance in an 8-channel, 28-pin,



* Address latches needed for 8085 and SCAMP interfacing the ADC0808 to a microprocessor

MICROPROCESSOR INTERFACE TABLE

PROCESSOR	READ	WRITE	INTERRUPT (COMMENT)
8080	MEMR	MEMW	INTR (Thru RST Circuit)
8085	RD	WR	INTR (Thru RST Circuit)
Z-80	RD	WR	INT (Thru RST Circuit, Mode 0)
SCAMP	NRDS	NWDS	SA (Thru Sense-A)
8800	VMA+2:RDW	VMA+2:RW	IFGA or IFOB (Thru PIA)

Ordering Information

TEMPERATURE RANGE	-40°C to +85°C	-55°C to +125°C
Error	ADC0808CCN	ADC0808CCJ
	ADC0809CCN	ADC0809CCJ
Package Outline	N28A Molded DIP J28A Hermetic DIP	J28A Hermetic DIP

Block Diagram

