

ESCUELA POLITECNICA NACIONAL
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA

CONTROL DE LA OPERACION
DE INCINERADORES PARA
HOSPITALES EN BASE A
MICROCONTROLADOR

J. OSWALDO FERRIN V.
OSCAR J. VASCONEZ S.

TESIS PREVIA A LA OBTENCION DEL TITULO
DE INGENIERO ELECTRONICO
EN LA ESPECIALIZACION CONTROL
AGOSTO 1989

DEDICATORIA

A mis padres por su invaluable apoyo
y confianza.

José Oswaldo Ferrín Vélez

A mis queridos padres y hermanos.

OSCAR

A G R A D E C I M I E N T O

Al Ing. Oswaldo Buitrón por su desinteresada ayuda y su acertada dirección.

Al Ing. Homero Noboa mentalizador de esta tesis.

Certifico que la presente Tesis ha sido desarrollada en su totalidad por el Sr. Oscar J. Vásquez Salguero y por el Sr. José O. Ferrín Velez bajo mi asesoramiento.



Ing. Oswaldo Ruitrón
DIRECTOR DE TESIS

INDICE

PAG.

INTRODUCCION.....

CAPITULO I

DESCRIPCION DEL PROCESO DE INCINERACION

1.1	Características del proceso.....	1
1.2	Características físicas de incineradores.....	3
1.2.1	Incinerador de desperdicios patógenos.....	5
1.2.2	Incinerador de desechos hospitalarios.....	5
1.2.3	Eliminador de humo.....	6
1.3	Características eléctricas de incineradores.....	7
1.3.1	Motores de ventilación y bombas.....	7
1.3.2	Solenoides.....	7
1.3.3	Transformadores.....	8
1.4	Características del controlador.....	8
1.4.1	Descripción de las partes del controlador.....	9
1.5	Secuencia de operación del incinerador.....	14

CAPITULO II

DISEÑO DEL HARDWARE

2.1	Diseño del circuito de potencia.....	18
2.1.1	Comando de motores de ventilación y bombas.....	18
2.1.2	Comando de solenoides.....	21
2.1.3	Comando de transformadores.....	21
2.1.4	Comando de señalización.....	22
2.1.5	Comando de encendido y apagado.....	25
2.2	Diseño del circuito de control.....	25
2.2.1	Diseño de la fuente de poder.....	26
2.2.2	Diseño del circuito de amplificación de señales desde los sensores.....	30
2.2.3	Selección de señal y conversión análogo-digital	32
2.2.4	Termómetros digitales.....	35
2.2.5	Circuito microcontrolador.....	37
2.2.6	Circuito de interfase.....	40

CAPITULO III

PROTECCIONES

3.1	Circuito de protección de la parte de control..	44
3.2	Circuito de protección de la parte de potencia..	47
3.2.1	Relés de sobrecarga magnéticos.....	49
3.2.2	Relés de sobrecarga térmicos.....	51

CAPITULO IV

DISEÑO DEL SOFTWARE

4.1	Programa principal.....	58
4.1.1	Inicialización del microcontrolador.....	59
4.1.2	Temperaturas y tiempos de Default.....	75
4.1.3	Chequeo y comparación.....	78
4.2	Subrutinas de arranque y parada.....	85
4.2.1	Arranque de quemadores.....	85
4.2.2	Apagado de quemadores.....	92
4.3	Subrutinas de tiempo.....	92
4.3.1	Subrutinas de tiempos de operación.....	92
4.3.2	Subrutinas de tiempos de espera.....	97
4.4	Subrutinas de selección.....	101
4.4.1	Subrutina de selección de temperaturas.....	101
4.4.2	Subrutina de selección de tiempos.....	105
4.5	Subrutina de lectura de temperatura.....	105
4.6	Subrutina muestreo.....	108
4.7	Subrutina de display.....	108
4.8	Subrutinas de alarma.....	111
4.9	Subrutina de finalización.....	112

CAPITULO V

SIMULACION

5.1	Características del programa simulador.....	115
5.1.1	Modos de trabajo del AVSIM51.....	117
5.1.2	La pantalla del AVSIM51.....	118
5.2	Simulación del programa diseñado.....	121
5.3	Ventajas y desventajas del simulador.....	127

CAPITULO VI

RESULTADOS EXPERIMENTALES Y CONCLUSIONES

6.1	Resultados del trabajo del controlador en el incinerador.....	131
6.2	Conclusiones generales y recomendaciones.....	131
	BIBLIOGRAFIA.....	137
	ANEXO 1 Manual del usuario	
	ANEXO 2 Características de elementos	
	ANEXO 3 Listado del programa implementado	

INTRODUCCION

Los residuos hospitalarios normales y patológicos por todos los problemas de contaminación que provocan deben ser eliminados. Este trabajo se realiza mediante el uso de hornos incineradores, los que disponen de las siguientes partes principales:

- Una cámara de incineración de basuras normales.
- Una cámara de incineración de residuos patológicos.
- Una cámara de mezclado y de quema de humos.

En cada una de las cámaras se observa la presencia de un quemador.

Cada quemador tiene: Un motor eléctrico, una válvula solenoide y un transformador de ignición. Para determinar la secuencia y el tiempo, durante el cual cada uno de los elementos del quemador en cada cámara esta activo se hace necesaria la presencia de un equipo controlador. El presente trabajo busca dar una solución al problema del control. Para este efecto se ha diseñado un sistema inteligente, basado en microprocesador, que hace posible al operador manipular el funcionamiento del incinerador desde un equipo de control de la manera mas sencilla, además ofrece seguridad y eficiencia en el trabajo del equipo de incineración. Por otro

lado, la existencia de un paquete simulador del microprocesador utilizado, permite comparar el trabajo del controlador en el campo real con el trabajo en simulación y establecer las limitaciones y bondades del simulador.

La intención fundamental del presente trabajo manifiesta la posibilidad de satisfacer las necesidades técnicas de la industria y del mercado ecuatoriano con tecnología nacional, abaratando costos respecto de equipos importados, procurando elevar el desarrollo profesional y tratando de acortar el estado de dependencia técnica.

El presente trabajo abarca seis capítulos de la siguiente forma:

En el capítulo primero se da una descripción detallada del proceso de incineración en hospitales y se habla de las características físicas y eléctricas del incinerador. Así también se se abordan generalidades del controlador, la secuencia que deberá manejar éste en el proceso de incineración.

El segundo capítulo corresponde al diseño del "HARDWARE", en él se detallán los circuitos de control y de potencia que permiten las acciones de control en el incinerador.

El tercer capítulo está dedicado a la descripción de las protecciones del controlador y del incinerador.

El cuarto capítulo correspondiente al diseño del "SOFTWARE" tiene una descripción completa del programa principal y de las subrutinas que intervienen en el proceso

El quinto capítulo estudia de una forma objetiva el paquete simulador, en él se hace un análisis de las ventajas y desventajas que ofrece el simulador y que pueden ser de utilidad para el desarrollo de "software" para un equipo basado en este tipo de procesador.

En el sexto y último capítulo se exponen los resultados y conclusiones además se dan recomendaciones generales que podrían ser útiles para desarrollo de equipos similares al aquí descrito.

CAPITULO I

DESCRIPCION DEL PROCESO DE INCINERACION

1.1 .- CARACTERÍSTICAS DEL PROCESO.

El incremento de la población, el desarrollo de la industria, el cambio de los modelos agrícolas y la evolución del mundo de los negocios, ha permitido elevar el nivel de vida, prestar mayor atención a las múltiples fuentes de contaminación, polución y "stress" y extender el control de dichas fuentes. El reconocimiento de estos problemas involucra muchas disciplinas, y las soluciones han impulsado el desarrollo de trabajos y equipos orientados hacia el control del medio ambiente.

Uno de los mecanismos utilizados para eliminar los residuos industriales, residenciales, de establecimientos de comercio y servicio, etc. es el proceso de incineración de desechos. Las diferentes clases de residuos provenientes de las distintas actividades, determinan la utilización de varios tipos de incineradores. La base para la satisfactoria operación de los diferentes tipos de incineradores es el apropiado análisis del desecho a ser destruido, y la selección del equipo que destruya en mejor forma ese tipo de desecho en particular.

El resumen de la tabla 1.1 presenta una clasificación de los

diferentes tipos de incineradores, catalogados de acuerdo al tipo de desechos, de componentes, etc. El resumen, presenta también los porcentajes de humedad, y de sólidos incombustibles existentes, además la cantidad de BTU que por libra de desecho se generan en el proceso de incineración.

TIPO	COMPONENTES	CARACTERISTICAS
0	Mezcla de desechos altamente combustibles tales como papel, cartones, cajas, etc.	10% HUMEDAD 5% SOLIDOS INC. 8500 BTU/Lb.
1	Basura compuesta de elementos combustibles, provenientes de restaurantes o cafeterías.	25% HUMEDAD 10% SOLIDOS INC. 6500 BTU/Lb.
2	Desperdicios provenientes de apartamentos, y lugares residenciales.	50% HUMEDAD 7% SOLIDOS INC. 4300 BTU/Lb.
3	Basura consistente de desecho animales y vegetales, provenientes de restaurantes, hoteles, hospitales, etc.	70% HUMEDAD 5% SOLIDOS INC. 2500 BTU/Lb.
4	Residuos animales y humanos, consistentes de organos, huesos, y desechos orgánicos de hospitales laboratorios y lugares similares.	85% HUMEDAD 5% SOLIDOS INC. 1000 BTU/Lb.
5	Residuos gaseosos, líquidos o semilíquidos compuestos de: brea, pinturas, solventes, vapores de operaciones industriales. Los valores de BTU deben ser determinados individualmente por los materiales a ser destruidos.	
6	Desechos sólidos compuestos de caucho, lana, plástico, etc. de operaciones industriales. Los valores de BTU deben ser determinados individualmente por los materiales a ser destruidos.	

TABLA 1.1

* Los datos de la tabla 1.1 fueron obtenidos del "HANDBOOK OF ENVIRONMENTAL CONTROL", del capítulo 3 Incineración.

De los tipos de incineradores anotados en la tabla 1.1, los modelos implantados en el presente trabajo corresponden a los tipos 3, y 4. Según se describe en el siguiente inciso.

1.2 .- CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE INCINERADORES.

Los residuos hospitalarios normales y patológicos, deben ser eliminados por todos los problemas de contaminación que provocan. Este trabajo se realiza mediante el uso de hornos incineradores que disponen de las siguientes partes principales:

- Una cámara de incineración de basuras normales (residuos hospitalarios).
- Una cámara de incineración de residuos patológicos.
- Una cámara de mezclado, en la que se sitúa un ventilador.
- Una cámara de incineración de humos.

La FIG. Nº 1.1 muestra un diagrama esquemático del incinerador de residuos patológicos y de basuras.

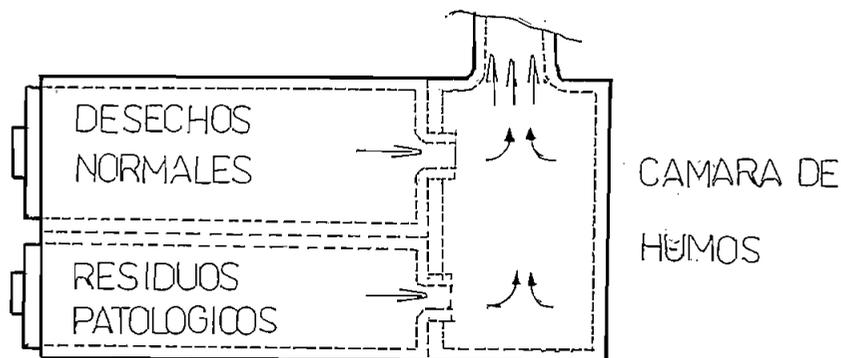


FIG. Nº 1.1 Incinerador de residuos patológicos y de basuras.

Cada cámara de incineración dispone de dos áreas una para la combustión y otra para la ignición. Ver FIG. Nº 1.2. En la zona en la cual se realiza la combustión, el sistema eléctrico al recibir la orden desde el control electrónico, acciona un motor, que mueve un ventilador. El movimiento del ventilador, permite la circulación de una mayor cantidad de oxígeno, indispensable para una adecuada combustión, acciona también una bomba y el ingreso del combustible desde la bomba a la cámara, se determina por las condiciones de control que una válvula solenoide colocada en el interior de ésta recibe desde el control electrónico. Por otro lado, ya en la cámara de ignición, un transformador elevador de alta tensión, al recibir el comando de encendido desde el circuito de control, genera un arco eléctrico el que inicia el proceso de combustión.

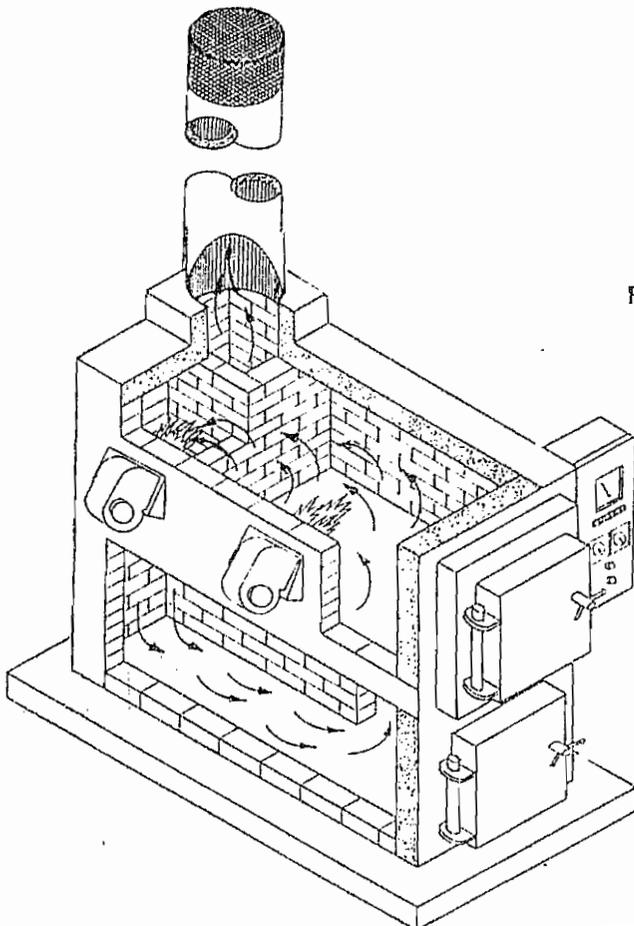


FIG. Nº 1.2 Cámaras del incinerador

1.2.1 INCINERADOR DE DESPERDICIOS PATOGENOS

El incinerador de desperdicios patógenos, al que durante el desarrollo del presente trabajo se lo conocerá también como quemador 1, es un incinerador cuyo control y operación se realiza en forma independiente de la actividad del incinerador de basuras normales, quemador 2. Debido a la diferencia de funciones que tienen los dos incineradores, las cámaras de cada uno de ellos, poseen zonas propias para la combustión, y para la ignición, de tal forma que su trabajo se realiza en forma aislada. Más aún, la independencia que el control presenta tanto en la selección de operaciones, en la programación de tiempos y temperaturas de trabajo, así como en la detección de fallas permite que estos incineradores actúen solos o de manera simultánea.

1.2.2 INCINERADOR DE DESECHOS HOSPITALARIOS

Debido a que la independencia de operación de los dos incineradores es total, el incinerador de desechos hospitalarios, posee también cámaras propias para la combustión y la ignición, además de la independencia en el control, según se explicó en el subcapítulo anterior.

La diferencia fundamental entre la cámara de incineración de residuos patológicos, y la cámara de incineración de basuras normales, correspondientes a los incineradores tipo 4 y tipo 3,

de la tabla 1.1, respectivamente, radica en el dimensionamiento de las paredes de las cámaras, en la cantidad de temperatura que pueden soportar las mismas, en sus capacidades, etc. Detalles que salen del alcance del estudio del presente trabajo.

1.2.3 ELIMINADOR DE HUMO.

El quemador de humo es una tercera cámara de incineración, la que puede trabajar sólo, o en compañía de las otras dos anteriormente citadas.

Su función fundamental es "quemar" los humos que vienen desde la cámara de desechos hospitalarios o desde la cámara de desperdicios patológicos. Los humos obtenidos en estas dos cámaras poseen partículas de carbón que algunas veces no han sido reducidas lo suficientemente en las otras cámaras, y que al pasar por el "eliminador de humos", son calcinadas al mínimo, por esto, los gases a la salida de la chimenea son menos tóxicos y contaminan en menor grado al ambiente.

Es necesario indicar que el incinerador de humos tiene dos modos de operación, manual y automático. En el modo manual, el incinerador de humos, conocido en el desarrollo del trabajo como quemador auxiliar, actúa en forma independiente de la acción de los quemadores uno o dos. Mientras en el modo automático, la operación del quemador 1 (Q1), o del quemador 2 (Q2), obliga

la operación del quemador auxiliar.

1.3.- CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS DE INCINERADORES

1.3.1.- Motores de ventilación y bombas.

INCINERADOR	PATOLOGICO	BASURAS	DE HUMO
MOTORES DE VENTILACION Y BOMBAS			
FRECUENCIA	60 Hz.	60 Hz.	60 Hz.
NO FASES	1 ϕ	1 ϕ	1 ϕ
VOLTAJE	110 V.	110 V.	110 V.
POTENCIA	1/8 H.P.	1/4 H.P.	1/8 H.P.

1.3.2 Solenoides.

INCINERADOR	PATOLOGICO	BASURAS	DE HUMO
SOLENOIDES			
AMPERAJE	0.5 A.	0.5 A.	0.5 A.
VOLTAJE	110 V.	110 V.	110 V.
FRECUENCIA	60 Hz.	60 Hz.	60 Hz.
DIAMETRO	1/8"	1/8"	1/8"

1.3.3 Transformadores

INCINERADOR	PATOLOGICO	BASURAS	DE HUMO
TRANSFORMADORES			
V. PRIMARIO	110 V.	110 V.	110 V.
V. SECUNDARIO	10 KV.	10 KV.	10 KV.
POTENCIA	220 VA.	220 VA.	220 VA.
FRECUENCIA	60 Hz.	60 Hz.	60 Hz.

1.4 .- CARACTERÍSTICAS DEL CONTROLADOR.

Todas las acciones de control necesarias para el adecuado funcionamiento del incinerador, se desarrollan en el controlador. Este tiene en su estructura tres partes perfectamente definidas que son: Ingreso, procesamiento y salida de información. Que se diagrama en la FIG. Nº 1.3 y que detallan a continuación.

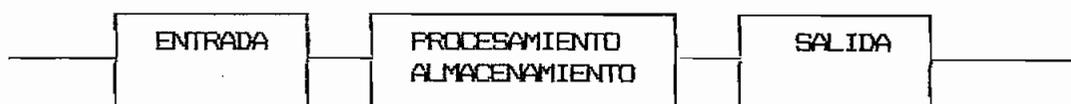


FIG. Nº 1.3 Circulación de la información en el control.

1.4.1 DESCRIPCIÓN DE LAS PARTES DEL CONTROLADOR.

La entrada tiene que ver con todas las señales enviadas por selectores, interruptores, transductores, y todos aquellos dispositivos por medio de los cuales ingresa información al controlador. Una segunda parte es en sí, el microcontrolador, y es el sitio del controlador en el cuál se almacena y se procesa la información. La tercera parte, es aquella que tiene que ver con la exposición de resultados, elementos actuadores y de seguridad formada fundamentalmente por indicadores de cristal de cuarzo, relés y LEDs.

A la entrada, se tienen las señales de voltaje provenientes de los transductores de temperatura, en forma amplificada y acondicionada, en niveles de instrumentación, éstas señales son digitalizadas y posteriormente procesadas antes de su ingreso al microcontrolador. Además se tienen, en niveles lógicos, las señales que envían los selectores de encendido de los quemadores, la información que envía el selector de temperatura/tiempo, y las señales que desde el pulsador de programación permiten seleccionar el tiempo o la temperatura de trabajo. Tabla Nº 1.2.

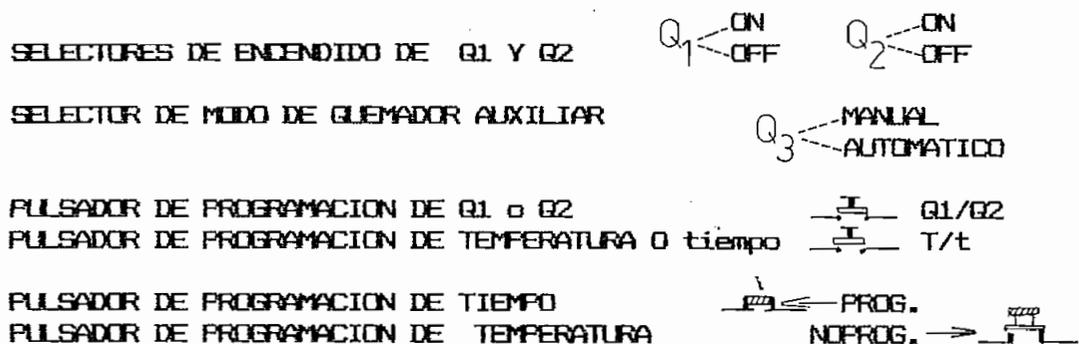


Tabla Nº 1.2 Señales que ingresan al controlador.

El microcontrolador es la parte fundamental del control electrónico en la cuál se procesa y se almacena la información. En la memoria del microprocesador se encuentran almacenados, en una tabla, los tiempos y temperaturas de trabajo que el operador puede escoger desde un pulsador. Un conjunto de subrutinas indican al usuario, en forma consecutiva, éstos valores y permiten a éste de forma sencilla la selección de los mismos. En caso de que el usuario no realice selección alguna, el incinerador inicia el proceso con valores de temperaturas y tiempos de arranque, y que corresponden a valores de 700°C, y 1 hora de operación, respectivamente. Definidos pues los tiempos y temperaturas de trabajo, el microcontrolador inicia el proceso de encendido de los quemadores, da las órdenes a los motores de ventilación y de bombas, a las válvulas solenoides para iniciar la combustión, y prepara al transformador para iniciar la ignición, de acuerdo a la elección realizada desde los diferentes selectores del equipo. El microprocesador se encarga también de chequear en forma continua la información que envían las fotoresistencias, supervisando de esta manera el buen funcionamiento del incinerador y eliminando los posibles riesgos en la operación.

Otra de las funciones del microcontrolador, es aquella que tiene que ver con la presentación de resultados y el egreso de la información hacia los elementos actuadores. Para el incinerador, los valores de temperaturas de cada una de las cámaras se divide y la información llega tanto a sus indicadores de Cristal de Cuarzo, como al microprocesador, en éste último, los valores

de temperaturas de cada una de las cámaras son comparados con sus correspondientes temperaturas de trabajo, una vez que alcanzan las temperaturas de trabajo en las cámaras, se deja de inyectar combustible, y se permite que el incinerador disminuya su temperatura en cincuenta grados, seguidamente se enciende la mezcla hasta alcanzar nuevamente la temperatura de trabajo en la cámara. El diagrama de la FIG. Nº 1.4 representa la variación de temperatura en la cámara en función del tiempo, y la FIG. Nº 1.5 muestra el lazo de histéresis que se forma entre la temperatura de la cámara y su correspondiente de trabajo. Las curvas se dibujan para 700°C como temperatura de trabajo. Los detalles de secuencia de la operación del controlador se describirán en el subcapítulo 1.4.2.

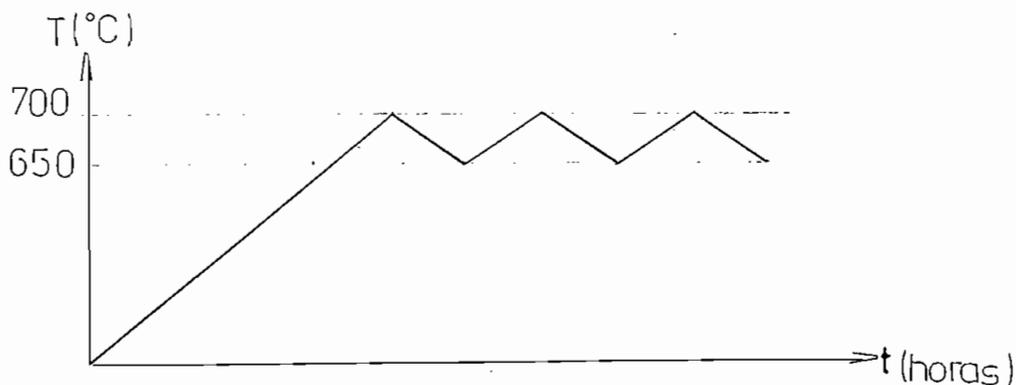


FIG. Nº 1.4 Curva de temperatura vs tiempo en el incinerador.

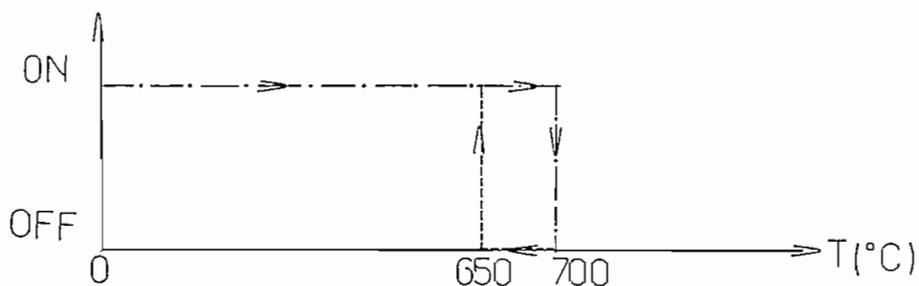


FIG. Nº 1.5 Lazo de Histéresis de la temperatura en el incinerador

El control tiene un tercer indicador de Cristal de Cuarzo, en él se muestran las temperaturas y tiempos de trabajo que se pueden escoger para los quemadores 1 y 2 en el proceso de selección. Además éste indicador en operación normal indica el tiempo que falta para el final de la operación de cada uno de los quemadores principales.

A la salida se tienen también los indicadores LED's, ellos se encargan de indicar al operador, las diferentes acciones realizadas en el controlador, según se describe a continuación y se detalla en la FIG. Nº 1.6.

- Indicadores que tienen que ver con la selección de tiempos y temperaturas de trabajo en los quemadores.

El LED amarillo encendido, indica que el quemador 1 se ha seleccionado. En ésta condición, se puede escoger desde los pulsador de programación la temperatura y el tiempo de trabajo de éste quemador.

El LED verde cumple la misma función para el quemador 2, que la mencionada anteriormente del LED amarillo para Q1.

- Indicadores que tienen que ver con una condición de alarma o falla en el incinerador.

El primer LED rojo encendido, indica falla en el quemador 1, el segundo LED indicará falla en el quemador 2 y finalmente encendido el último LED rojo indicará falla en el quemador auxiliar.

- Indicadores que tienen que ver con el parámetro a seleccionar.

Junto al pulsadores de programación de TEMPERATURA y TIEMPO , y sobre el selector de tiempo y temperatura T/t, existen dos indicadores LED's, que se encienden el primero, el amarillo, al escoger la modalidad de temperatura y otro verde al escoger el tiempo.

- Indicador de espera.

Su luz indicadora se prende durante los treinta segundos iniciales del proceso de encendido.

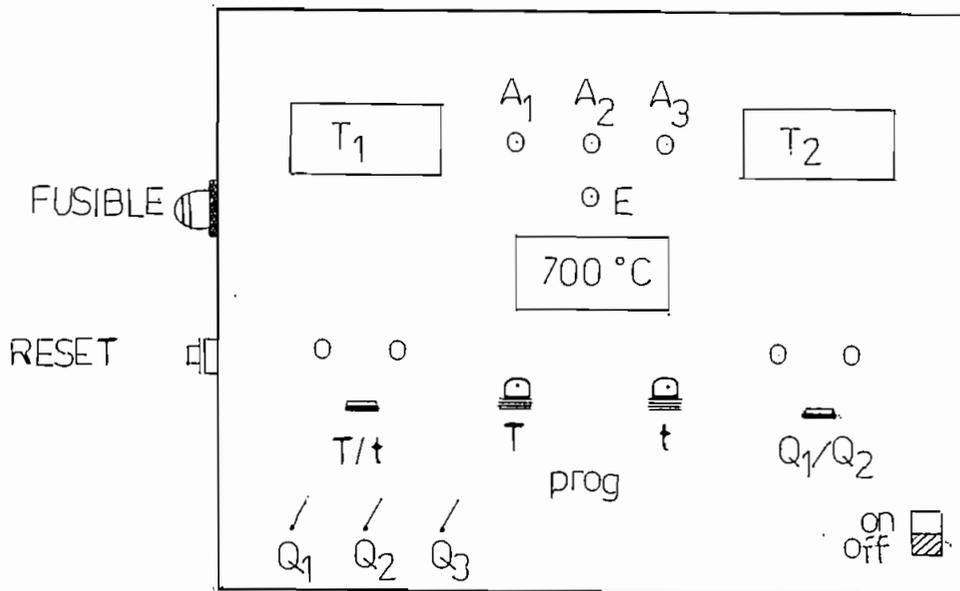


FIG. Nº 1.6 Indicadores y selectores del Controlador.

1.5.- SECUENCIA DE OPERACIÓN DEL INCINERADOR.

La secuencia de operación del incinerador hace referencia a los selectores interruptores e indicadores descritos en la FIG. Nº 1.6 y se describe en los siguientes pasos:

1) Al encender la unidad (aplastar el pulsador ON), el controlador arranca la operación.

2) Dependiendo de la posición del selector de tiempo y temperatura T/t por un lado, y de selección de quemador 1 o 2 Q1/Q2, por otro, el controlador muestra al operador en el indicador de cristal de cuarzo las diferentes temperaturas o tiempos de trabajo para uno de los quemadores. El operador puede durante los dos primeros segundos iniciar el proceso de selección de los parámetros de trabajo de los quemadores, si ello no ocurre, o si la selección es parcial, los parámetros que no han sido seleccionados serán los de predefinición, es decir 700°C para temperatura de trabajo y 1 hora para tiempo de operación.

3) Determinados los parámetros de operación, el controlador ordena el encendido de los motores de ventilación de quemadores 1 y auxiliar y a continuación identifica la condición del quemador auxiliar, es decir chequea si este se encuentra en modo manual o automático.

4) Si el quemador auxiliar se encuentra en modo manual, se

inicia el encendido de este quemador, mientras que si se encuentra en el modo automático, espera al encendido de Q1 o Q2 para simultáneamente encender el quemador auxiliar.

5) A continuación el controlador verifica la posición del selector de encendido de Q1, si esta en ON (encendido), se inicia el encendido de Q1, si el quemador auxiliar se encuentra en el modo automático, se procede al encendido de Q1 y del quemador auxiliar, que en adelante lo llamaremos Q3.

6) Seguidamente el controlador verifica la posición del selector de encendido de Q2, si éste se encuentra en ON (encendido), prende el ventilador de Q2, inicia su encendido, y comienza el de Q3, si Q1 no se encendió y si Q3 está en el modo automático.

7) En caso de que tanto el selector de encendido de Q1, como el de Q2 se encuentran en OFF (apagado), el controlador espera durante diez minutos alguna acción sobre estos selectores, si no ocurre nada, apaga el equipo.

El proceso de encendido de cualquiera de los quemadores se realiza de acuerdo a los siguientes pasos:

a) Inmediatamente después del encendido de los motores de ventilación se inicia una espera de 30 segundos, durante este tiempo su luz indicadora permanece iluminada.

b) Posteriormente el controlador da la orden para que la solenoide permita el paso de combustible y comanda el encendido del transformador de ignición.

c) Un minuto más tarde apaga el transformador de ignición.

Durante la operación normal el controlador tiene las siguientes tareas:

Chequea en forma continua las señales desde fotoresistencias, cierra el paso de combustibles desde solenoides y apaga los transformadores de ignición en caso de estar encendidos. Enciende la o las luces de alarma en el lugar o lugares donde se presenta la falla. Espera diez minutos y apaga el equipo.

En forma permanente verifica las temperaturas que existen en los quemadores 1 y 2, las compara con las temperaturas de trabajo. Y cuando las temperaturas de los quemadores son mayores que las de control, apagan a Q1 o a Q2, y también Q3 en caso de que esté trabajando en modo automático.

Quando los tiempos de trabajo de ambos quemadores llegan a cero el equipo se apaga.

CAPITULO II
DISEÑO DEL HARDWARE

La mayoría de las aplicaciones de control electrónico presentan tres partes perfectamente diferenciadas, la etapa de control propiamente dicha, que incluye la lógica digital, una etapa de interfases, y la parte de potencia; como se ilustra en la FIG. 2.1.

Pese a que se señalan solamente dos temas en el presente capítulo, se describen en ellos los tres aspectos básicos del control electrónico anotados anteriormente.

El primer subcapítulo detalla los mandos de los elementos de potencia, mientras que el segundo se encarga de describir la circuitería de la parte de control, lógica digital, y además, el diseño de las interfases implantadas en el incinerador.

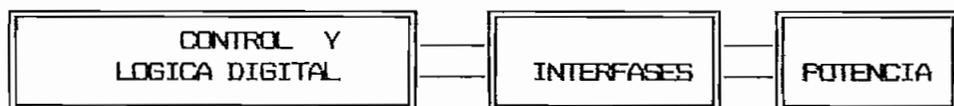


FIG. 2.1 : Diagrama de bloques del Hardware en el Control Electrónico.

2.1 DISEÑO DEL CIRCUITO DE POTENCIA

Los circuitos de potencia, en la generalidad de controles electrónicos, están vinculados con la acción de motores, acción de transformadores, equipos de iluminación, comando de válvulas solenoides, etc. En esos circuitos los niveles de corriente y de voltaje son relativamente altos difíciles de ser manejados, por la etapa de control por cuya razón necesitan de una adecuada interfase y la presencia de los elementos actuadores apropiados.

Los circuitos de potencia que han sido necesario implantarlos para el funcionamiento del incinerador, se detallan en los siguientes incisos.

2.1.1 COMANDO DE MOTORES DE VENTILACION Y BOMBAS

Tanto los motores de ventilación como los de bombas, en los tres quemadores, son activados mediante relés, las bobinas de cada uno de los ellos se energizan y cierran o abren sus contactos al momento en que el fototransistor de la interfase conduce. La conducción o no del fototransistor depende del estado (bajo o alto) que envíe el microcontrolador al fotodiodo. Un estado alto en el fotodiodo, corta el fototransistor, mientras que un estado bajo, determina su conducción. Debido a que el transistor debe actuar como un interruptor de SI/NO, se debe conseguir el estado

de saturación o corte de éste, para ello se controla la cantidad de luz emitida por el fotodiodo del acoplamiento óptico, limitando la corriente directa del diodo emisor, mediante una resistencia en serie a la juntura cuyo valor se determina de la siguiente forma:

- El elemento de acoplamiento óptico utilizado es el EDS 3044.
- La corriente máxima en el fotodiodo es de 80 ma.
- La corriente máxima de colector en el fototransistor es 150 ma.
- $V_{cc}(\text{cont.}) = 5$ Voltios.
- $V_{cc}(\text{pot.}) = 5$ Voltios.

Valores de las resistencias R16, R17, R18 de la FIG. Nº 2.2.

$$\underline{\underline{V_{cc}(\text{cont.}) = I \cdot R}} \quad (2.1)$$

$$5 \text{ Volt.} = (0.08 \text{ A}) \times (R) \quad (2.2)$$

$$R \text{ min} = 5 \text{ Volt.} / 0.08 \text{ A} \quad (2.3)$$

$$\underline{\underline{R \text{ min} = 62.5 \text{ ohm.}}} \quad (2.4)$$

Para evitar trabajar en los límites de corriente en los fotodiodos se escoge una resistencia de 330 ohm. Así la intensidad de corriente máxima que circula por el fotodiodo es:

$$I = V_{cc} / R \quad (2.5)$$

$$I = 5 \text{ Volt.} / 330 \text{ ohm.} \quad (2.6)$$

$$\underline{\underline{I = 15.2 \text{ ma.}}} \quad (2.7)$$

El valor de corriente en el fotodiodo es lo suficientemente alto, para que la emisión de luz permita que ocurra la saturación de los fototransistores correspondientes.

- Corrientes en el colector del optotransistor.

Para el caso mas crítico, saturación de fototransistores, se establecen los valores de las resistencias limitadoras de corriente de colector, R13, R14, R15, FIG. Nº2.2, de la siguiente forma:

La corriente I, es la corriente que circula por la bobina del relé, para que éste cierre adecuadamente sus contactos, la I debe ser no menor de 0.12 A. (valor determinado experimentalmente), además por ser la corriente que circula por el colector del fototransistor no debe ser mayor a 0.15 A. según lo especifica el fabricante.

$$\underline{\underline{V_{cc}(\text{pot.}) - V_{\text{colector}} = I \cdot (R + R_{\text{bobina}})}} \quad (2.8)$$

$$5 \text{ Volt.} - 0.2 \text{ Volt.} = (0.12 \text{ A}) \times (R + 20\text{ohm}) \quad (2.9)$$

$$4.8 \text{ Volt} = 2.4 \text{ Volt.} + 0.12\text{A} \cdot R \quad (2.10)$$

$$R = (4.8 \text{ Volt.} - 2.4 \text{ Volt.}) / 0.12\text{A} \quad (2.11)$$

$$R = 2.4 \text{ Volt.} / 0.12\text{ohm.} \quad (2.12)$$

$$\underline{\underline{R = 20 \text{ ohm.}}} \quad (2.13)$$

Para un valor normalizado de resistencias se escoje R=15 ohm. Con lo que la corriente que circula por el colector en la peor

condición es:

$$I = 4.8 \text{ Volt} / 35 \text{ ohm.} \quad (2.15)$$

$$I = 137 \text{ mA.} \quad (2.16)$$

2.1.2 COMANDO DE SOLENOIDES

Las solenoides son elementos del incinerador que controlan el paso del combustible a la cámara del mismo, estas válvulas están controladas mediante relés. En idéntica forma, al mando de motores de ventilación, los relés, son activados desde sus correspondientes fototransistores al recibir la orden desde el microprocesador. Los estados bajos en los pines del microprocesador determinan la acción de los relés que comandan las válvulas solenoides. Ver FIG. 2.3.

Para la determinación de los valores de las resistencias que limitan la corriente en los fotodiodos R19, R20, R21. Y sus correspondientes R22, R23, R24, que limitan la corriente en los colectores de los fototransistores. Referirse al cálculo de R16, R17, R18, y de R13, R14, R15, respectivamente, descrito en la parte correspondiente al encendido de motores numeral 2.1.1.

2.1.3 COMANDO DE TRANSFORMADORES

Los transformadores son activados desde sus correspondientes relés, al recibir los fotodiodos las órdenes desde el microproce-

sador y saturar sus correspondientes fototransistores. Los valores de las resistencias que limitan las corrientes en los fotodiodos R25, R26, R27. y de las resistencias R28, R29, R30, que limitan las corrientes en los colectores de los fototransistores de la FIG. 2.4, son los mismos de los numerales anteriores.

2.1.4 COMANDO DE SEÑALIZACION.

En el control del incinerador se han determinado los siguientes elementos de señalización:

- Luz de espera.

Indica que se ha inicializado el proceso de encendido de uno de los quemadores, este indicador permanecerá iluminado durante los primeros treinta segundos del ciclo de encendido.

- Indicador luminoso de tiempo o temperatura.

Se enciende cuando en el incinerador está realizando un proceso de selección, sea de tiempo o de temperatura.

- Indicadores luminosos de quemadores principales.

Se enciende el indicador, correspondiente a cada quemador, al momento que desde el selector se escoge la operación de uno de ellos o de ambos.

- Indicador de quemador auxiliar.

El indicador luminoso apagado, asocia la selección manual de este quemador, mientras que la condición de encendido, asocia el modo

de operación automático del quemador Q3.

- Indicadores luminosos de alarma.

Una condición de alarma en cualquiera de los quemadores enciende el indicador luminoso correspondiente al quemador en el cuál ocurre la falla.

Los indicadores luminosos fueron implantados de acuerdo a lo que se muestra en la FIG. 2.5; las resistencias de la R33 a la R40 son iguales y fueron determinadas de la manera siguiente:

$$R_{lim} = \frac{V_{cc} - 10mA \cdot 100ohm - V_{cesat} - V_{d1} - V_{d2}}{10 mA.} \quad (2.17)$$

$$R_{lim} = \frac{(5 - 0.2 - 0.7 - 2.2)Volt. - 10mA \cdot 100ohm}{10 mA.} \quad (2.18)$$

$$\underline{\underline{R_{lim} = 91 ohm.}} \quad (2.19)$$

Para un valor de $R_{lim} = 330 ohm$, la corriente que circula será:

$$I = (5 - 2.2 - 0.2 - 0.7) / (330 + 100) ohm. \quad (2.20)$$

$$\underline{\underline{I = 4.4 mA}} \quad (2.21)$$

Los indicadores luminosos fueron implementados según se indica en la figura N 2.5

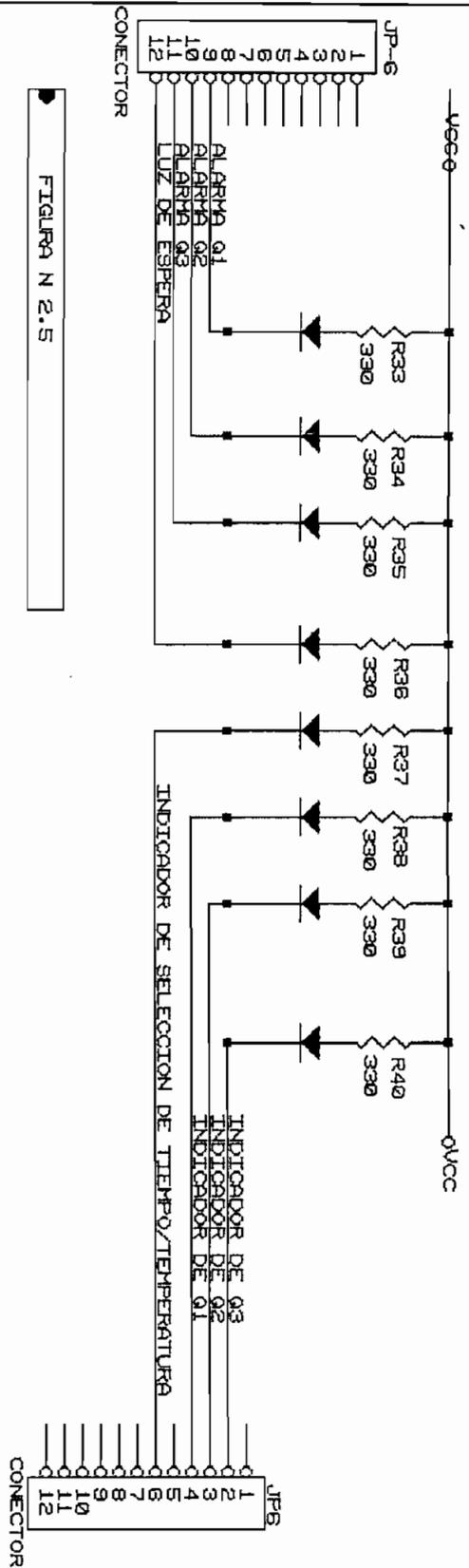


FIGURA N 2.5

CIRCUITO DE APAGADO

RELE DE 2A-125VAC

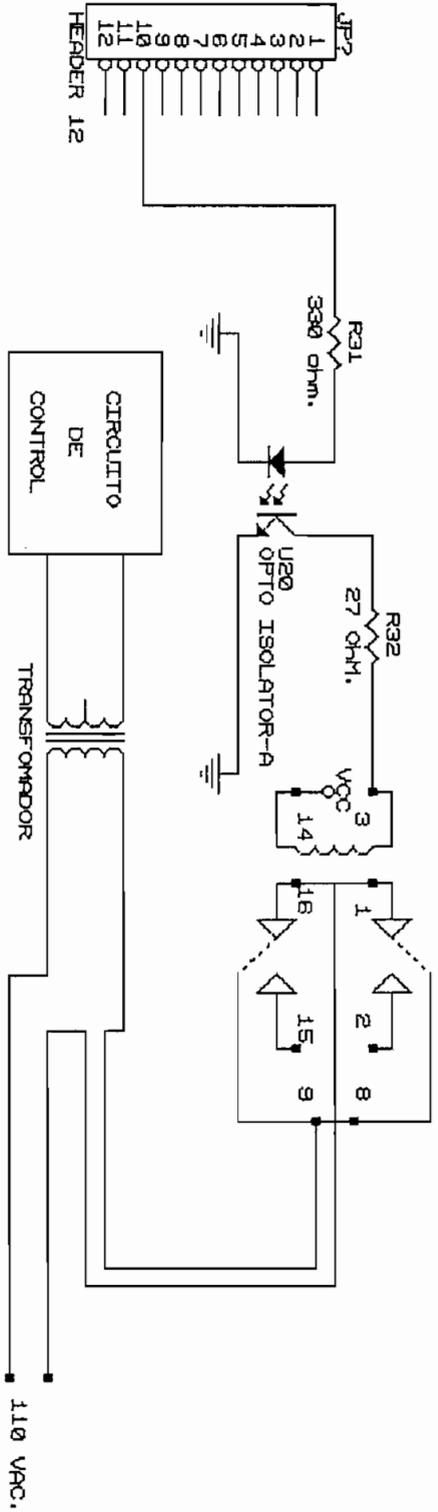


FIGURA N 2.6

SEÑALIZACION Y APAGADO

Size Document Number	A	4
Date:	April 25, 1989	Sheet 1 of 1
REV	01	1

2.1.5 COMANDO DE ENCENDIDO Y APAGADO.

El encendido y el apagado de la unidad de control se realiza desde el pulsador de ON/OFF, sin embargo y debido a las condiciones de autoapagado que tiene el incinerador, el apagado puede provenir también desde el microprocesador, cuando así ocurre, el microprocesador envía un estado alto al fotodiodo del elemento de acoplamiento óptico, permitiendo que se sature el fototransistor, circula entonces la corriente por la bobina del relé de autoapagado, este abre sus contactos, y el apagado se produce. Ver FIG. 2.6.

2.2 DISEÑO DEL CIRCUITO DE CONTROL

El circuito de control del presente trabajo puede resumirse en el diagrama de bloques de la FIG. 2.7.

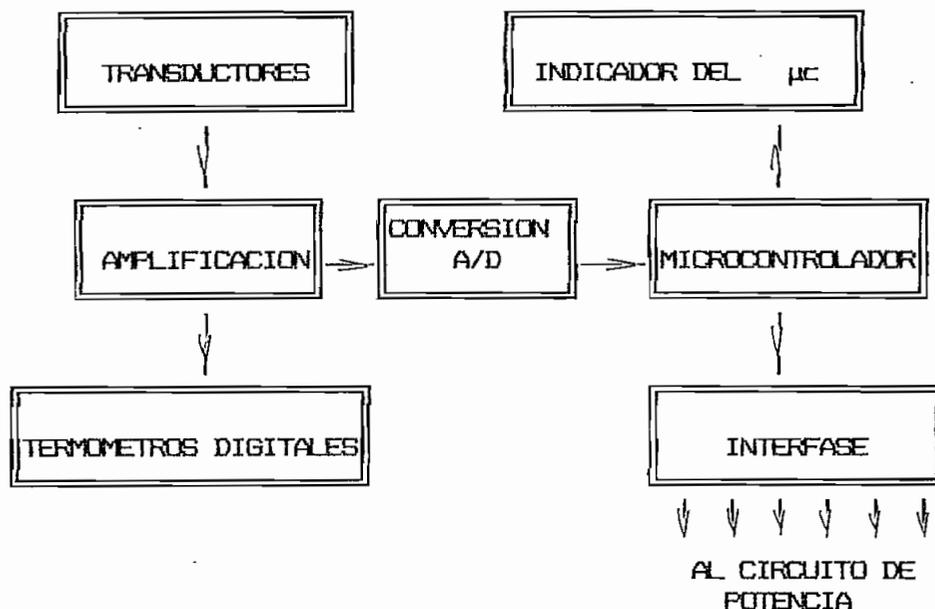


FIG Nº 2.7 Diagrama de bloques del circuito de control.

Los siguientes subcapítulos describen en detalle cada una de las partes del circuito de control.

2.2.1 DISEÑO DE LA FUENTE DE PODER.

La fuente de poder desarrollada para el incinerador, se ha diseñado de tal forma que el circuito de control y el circuito de potencia posean voltajes de polarización y tierras distintas. Además la presencia de los elementos optoacopladores limitan el ruido eléctrico que se produce al cerrarse los contactos de los relés.

La construcción de la fuente correspondiente a la parte de control, se encuentra esquematizada en la FIG. 2.8 y presenta las siguientes partes:

- 1) Rectificador en onda completa tipo puente de hasta 2 A.
- 2) Capacitores de 6300 microfaradios.

La relación $V_r = I_{dc} / 4fC$, determina el voltaje de rizado de la fuente. I_{dc} es la corriente de la carga, f la frecuencia fundamental de la red (60 hertz.), y C la capacitancia del condensador de alisado.

La importancia de un bajo nivel de rizado en el circuito de control, menor a 10 mV, establece una capacitancia mínima de 4400 μ F, por lo que se decidió subir el valor del condensador, con lo cual se tendría:

$$V_r = 1A/4 \times 60 \text{ Htz.} \times 6300 \text{ microfaradios.} \quad (2.22)$$

$$\underline{\underline{V_r = 7 \text{ mV.}}} \quad (2.23)$$

3) Filtros para alta frecuencia, en reguladores de voltaje, que establecen un rechazo típico en el regulador de 80 dB.

4) Reguladores de voltaje LM7805 (regulador positivo de 5 Voltios). LM7905 (regulador negativo de 5 voltios); recomendados por el fabricante para ser utilizados en sistemas lógicos de instrumentación [REF Nº1] . Permiten el manejo de corrientes de hasta de 1.5 A. con protección térmica interna para sobrecarga.

En la fuente del circuito de potencia, (FIG. 2.9), se ha seleccionado un capacitor de 2200 μF , con lo que se tiene un voltaje de rizado de:

$$V_r = 1A/4 \times 60 \text{ Htz.} \times 2200 \mu\text{F.} \quad (2.24)$$

$$\underline{\underline{V_r = 18 \text{ mV}}} \quad (2.25)$$

REF Nº 1) VOLTAJE REGULATOR, Hand Book, Capítulo 3, Product selection procedures, pag 3.1-3.2, Capítulo 10, Data Sheet, pag 10.123-10.143 National Semiconductor Corporation, Santa Clara California.

Los restantes elementos de la fuente de potencia, son de similares características, a sus correspondientes en la fuente de control. El puente de rectificación y el regulador de voltaje en la fuente de potencia son también de 2A., se debe al bajo factor de utilización de los elementos en su circuito.

El diagrama de la FIG. 2.10, presenta las curvas de corriente de salida del regulador, en función de los voltajes de entrada y salida. Estas curvas ayudan a escoger el regulador a ser utilizado en una aplicación, al disponer de los datos de la corriente de carga y de los voltajes de entrada y salida en el regulador.

La valores nominales de voltajes primario y secundarios del transformador, y la corriente de carga, en las relaciones 2.26 a 2.28 se puede establecer los valores de corriente de entrada, consumo máximo de potencia, etc. En la FIG. Nº 2.11, se presentan los valores nominales del transformador utilizado.

$$\alpha = N1/N2 = I2/I1 = E1/E2 = V1/V2 \quad (2.26)$$

$$\alpha = 110/42$$

$$\alpha = 2.619$$

$$\text{Para } I2 \text{ máx} = 2A. \quad (2.27)$$

$$I1 = I2/\alpha$$

$$I1 = 2/2.619$$

$$I1 = 0.7637 A.$$

$$P = V. I = V2 * I2 = V1 * I1 \quad (2.28)$$

$$P = 2A. * 14V$$

$$P = 28 VA$$

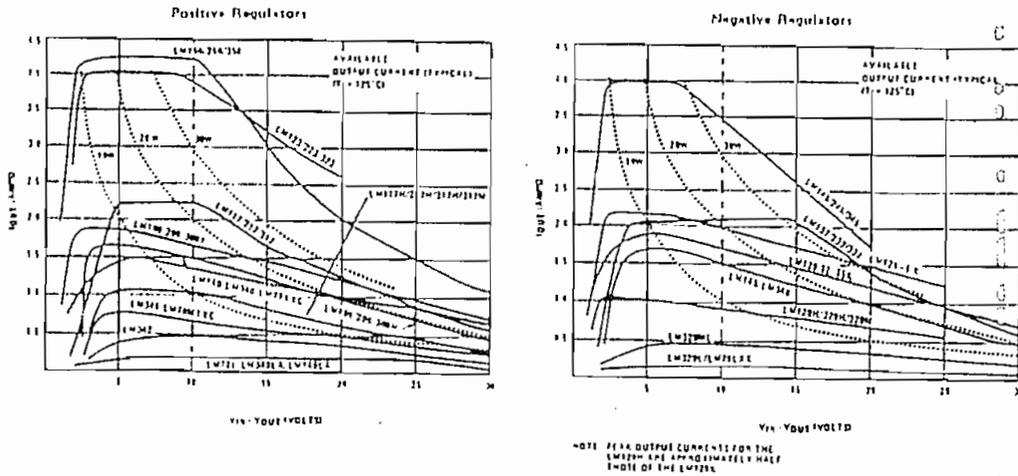


FIGURE 3.1. Max Available Output Current at $T_j = 125^\circ\text{C}$

FIG NO 2.10 Curvas de la corriente de salida del regulador en función del voltaje de entrada y del voltaje de salida.

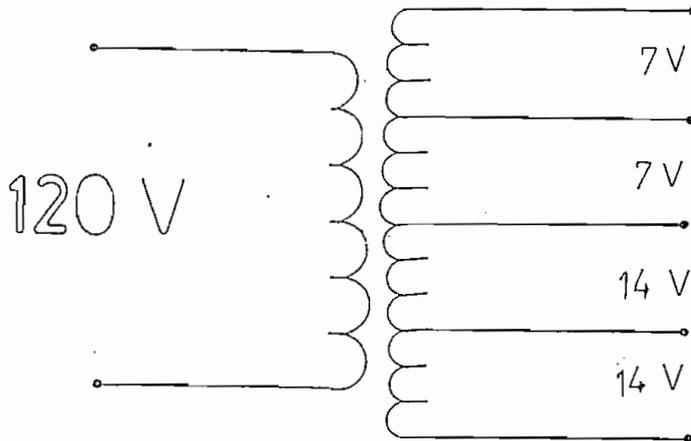


FIG. NO 2.11 Voltajes nominales en diferentes devanados del transformador.

2.2.2 DISEÑO DEL CIRCUITO DE AMPLIFICACION DE SEÑALES DESDE LOS SENSORES.

Una de las partes más importantes de la electrónica constituyen los circuitos de amplificación y acondicionamiento de señal. La señal a la salida de un transductor se encuentra en el orden de milivoltios, por lo que debe ser amplificada y filtrada de modo que una vez en niveles de instrumentación pueda ser digitalizada posteriormente procesada, medida o que permita la acción sobre un relé a través de un comparador.

Se utilizaron los amplificadores de instrumentación LM725 por sus buenas características de amplificación, por su bajo nivel de ruido, alto rechazo en modo común (superior a los 80 dB) [REF Nº2] bajo costo y fácil adquisición en el mercado local, todo esto lo convierten en el elemento ideal de la presente aplicación.

El diagrama esquematizado en la FIG. Nº 2.12, nos detalla las partes y los elementos utilizados en el acondicionamiento de las señales que provienen desde cada quemador. Las señales a la salida de los quemadores van a los transductores para posteriormente acondicionarse.

REF Nº 2) LINEAR, Data Book, Capítulo 3, Operational Amplifiers/ Buffers, pag 3.194 - 3.197, National Semiconductor Corporation, Santa Clara California.

Las redes R - C pertenecen al circuito de compensación de frecuencia, y los valores de los componentes recomendados por el fabricante, según la ganancia en lazo cerrado se establecen en la tabla 2.1. El circuito de compensación de frecuencia aparece en la FIG. Nº 2.13.

GANANCIA LAZO-CERR.	R1 Ω	C1 μF	R2 Ω	C2 μF
10000	10K	50pF	-	-
1000	470	.001	-	-
100	47	.01	-	-
10	27	.05	270	.0015
1	10	.05	39	.02

Tabla 2.1 Valores de los componentes del circuito de compensación

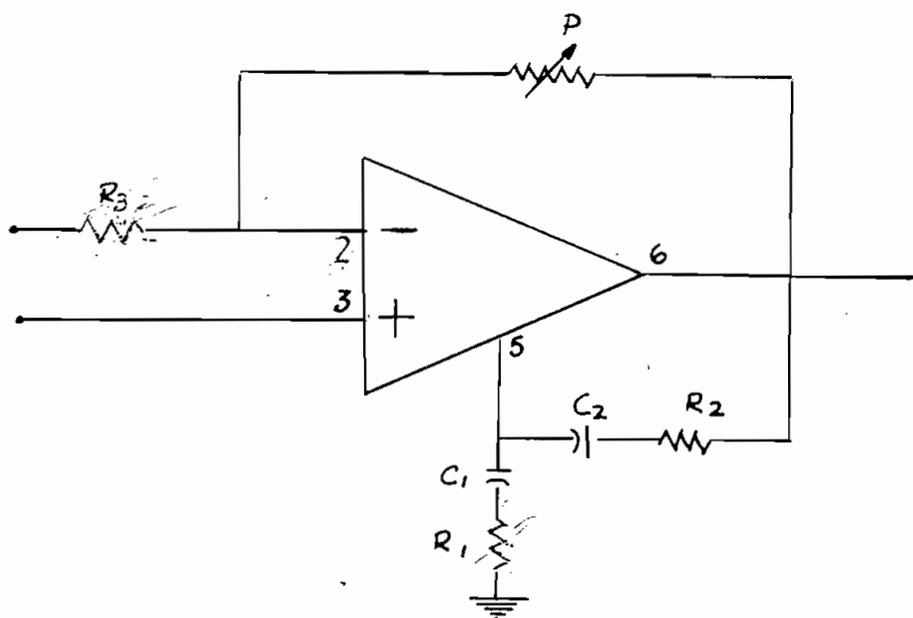


FIGURA Nº 2.13 Circuito de compensación de frecuencia.

Los niveles de voltaje entregados por los transductores, para la presente aplicación, se encuentran en el orden de las decenas de milivoltios la resistencia R3, de la FIG. Nº 2-12 es la resistencia de realimentación de el amplificador diferencial, y la relación que ésta tiene con R2, es la que fija el valor de la amplificación en la señal de voltaje.

Ecuaciones 2.29 y 2.30 [REF Nº 3].

$$\text{Amplif} = R3/R2 \quad (2.29)$$

$$\text{Amplif} = Vo/Vin \quad (2.30)$$

Para efectos de calibración se ha colocado un potenciómetro variable en R3. De esa forma, la amplificación de voltaje puede ser controlada.

2.2.3 SELECCION DE SEÑAL Y CONVERSION ANALOGO-DIGITAL.

Una vez amplificadas las señales y filtrado el ruido, el microcontrolador comanda la selección de señales, las mismas que posteriormente son digitalizadas. El diagrama de bloques correspondiente a la selección y conversión de señales se muestra en la FIG. Nº 2.14.

REF Nº 3 ELECTRONICA INTEGRADA, Jacob Millman y Christos C. Halkias, Capitulo 15 Amplificadores Operacionales, pag. 503-507. BIBLIOTECA TECNICA, BARCELONA 1976

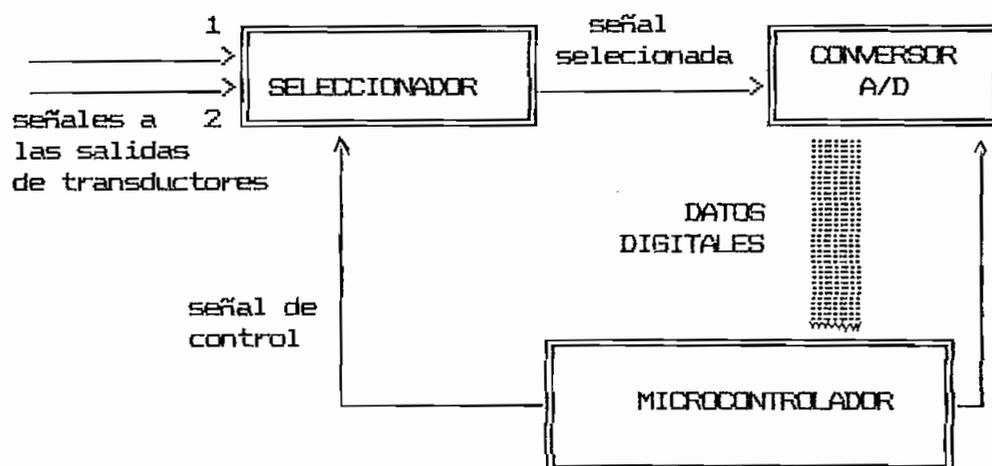


FIG. Nº 2.14 Diagrama de bloques de la selección de la señal y de la conversión analógica digital.

El seleccionador de señales es un multiplexer analógico, quien al recibir la orden desde el microcontrolador permite el paso de la señal de uno de los dos quemadores. La información de temperatura que el microcontrolador requiere determina el estado de uno de los terminales del microcontrolador, y por tanto la orden en el seleccionador, para el paso de una de las dos señales analógicas que vienen desde los transductores, que han sido amplificadas y que se van a digitalizar en el conversor análogo digital para posteriormente ingresar al procesador. Referencia tabla Nº 2.2.

SEÑAL-1	SEÑAL-2	MICRO
0	1	0
1	0	1

Tabla Nº 2.2 Paso de señales del seleccionador al CAD.

En la tabla 2.2 la señal en alto del Microcontrolador, habilita desde el seleccionador el paso de la señal de temperatura del quemador 1, mientras que para el estado bajo, se tiene la señal del transductor correspondiente al quemador 2.

El circuito de la FIG. Nº 2.15 es la implantación del diagrama de bloques de la FIG. Nº 2.14, allí las señales de control dadas desde el microcontrolador a los terminales 1 y 15 del seleccionador, determinan el paso de una de las señales amplificadas al conversor análogo digital, ésta, ingresa directamente al PIN 6 del conversor, y los datos obtenidos de la conversión, en binario se sitúan en los terminales del 11 al 17 de el CAD.

El multiplexer analógico es un CD 4053, elemento de tecnología CMOS, cuyas características más sobresalientes se presentan en el ANEXO.

Para la conversión análogo-digital, FIG Nº 2.15, la implantación se realizó con el ADC0804, que es un conversor de 8 bits, de tecnología CMOS, y de aproximación sucesiva, recomendado por el fabricante para el trabajo con microprocesadores. [REF Nº 4].

Las características fundamentales de este circuito integrado se presentan en el ANEXO.

REF Nº 4 DATA CONVERSION/ACQUISITION, Data Book, Capítulo 5, Analog to Digital Converters, 5.21 - 5.44, National Semiconductor Corporation, Santa Clara California.

El reloj del A/D puede ser derivado del reloj de la CPU o puede ser añadida una resistencia y un condensador externos al Schmitt trigger interno del A/D, para establecer un oscilador que actúe como reloj propio. Ver FIG Nº 2.16.

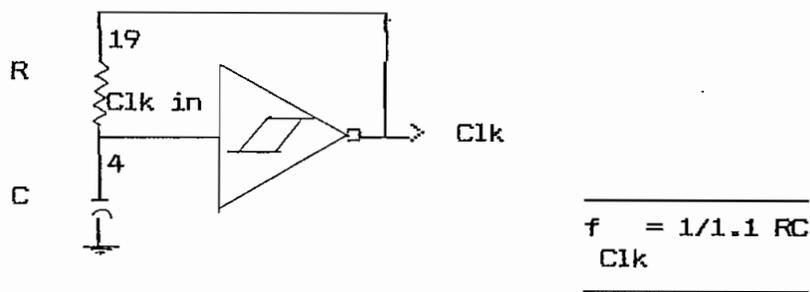


FIG Nº 2.16 Reloj del conversor análogo digital.

2.2.4 TERMOMETROS DIGITALES

Las señales análogas, a la salida del circuito de amplificación, son digitalizadas y enviadas a los indicadores de cristal de cuarzo. Esto permite visualizar la temperatura de cada quemador del incinerador en el controlador. Según se indica en la FIG Nº 2.17.

Para la construcción de los termómetros digitales, se emplearon elementos integrados de alta tecnología, los mismos que convierten la señal análoga en digital, la decodifican a esta y manejan en sus salidas niveles de corriente que permiten

mostrar los datos de temperatura directamente en los indicadores de cristal de cuarzo LCD. El circuito integrado ICL 7116, de bajísimo consumo de corriente, posee un conversor de 3½ dígitos sumamente rápido. Sus características mas sobresalientes se incluyen en el ANEXO.

Este circuito integrado por su alta precisión, economía, verdadera entrada diferencial y gran versatilidad, es utilizado en instrumentación y recomendado por el fabricante para el trabajo con transductores, de modo que sirva como termómetro, voltímetro, tacómetro, etc. [REF Nº 5]. El diagrama de bloques de la FIG. Nº 2.18, indica el flujo de información a cada uno de los termómetros desde cada quemador del incinerador.

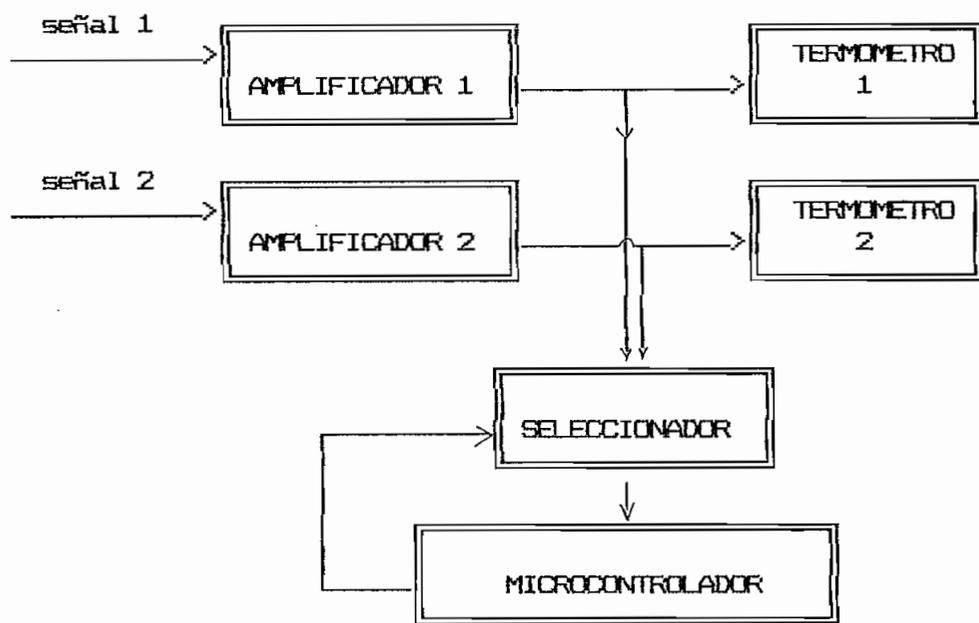


FIG Nº 2.18 Diagrama de bloques de los termómetros digitales.

2.2.5 CIRCUITO MICROCONTROLADOR

El circuito integrado I.C. 8751, es un microcontrolador constituido por una C.P.U. de ocho bits y es el elemento fundamental de la presente aplicación. A él llega la información proveniente de las cámaras de incineración o aquella que el operador ingresa desde los diferentes selectores de la unidad, en su interior se procesa dicha información y por medio del "SOFTWARE" grabado en él, se ejecutan las acciones que determinan el funcionamiento del equipo de control.

El diagrama de bloques de la FIG. Nº 2.19 muestra la interrelación del microcontrolador con el resto de elementos de control además el sentido de las flechas permiten visualizar la dirección del flujo de la información.

La información de temperatura de las diferentes cámaras de incineración ingresa al microcontrolador por el pÓrtico 2, los seis bits que contienen esta información permiten un control de temperatura de 10°C de exactitud según se explica a continuación.

REF Nº 5 COMPONENT DATA CATALOG, Data Book, Capítulo 6,
Data acquisition, 6.78 - 6.87, Intersil, Inc.-General
Eléctric Company, 1986 U.S.A.

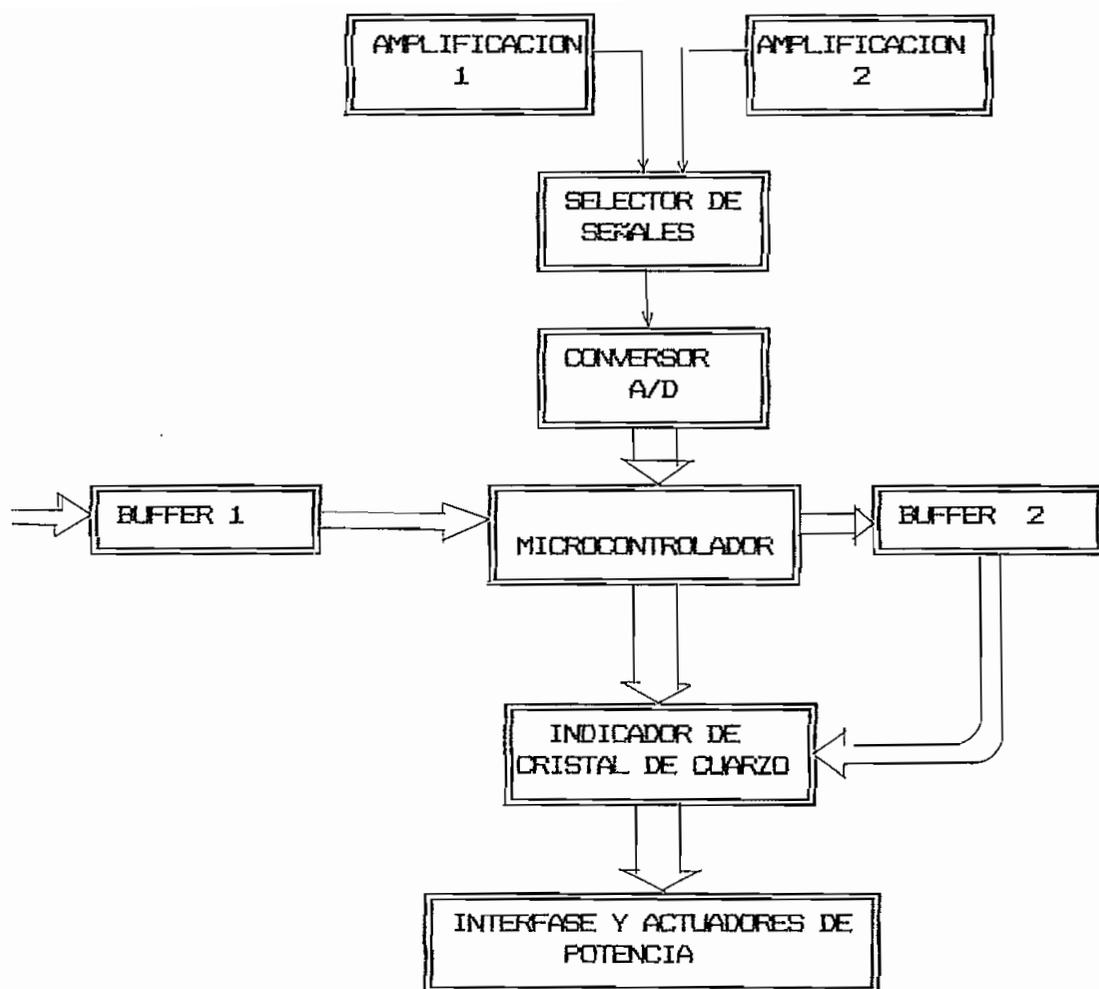


FIG. Nº 2.19 Diagrama de bloques de la interacción del microcontrolador con los demás elementos del controlador.

ANTECEDENTES

- Las máximas temperaturas de las cámaras a ser mostradas en los termómetros digitales son de 1000° C.
- El máximo número de bits que envía el CAD al microcontrolador es 8.

- La tabla 2.3 indica los valores en milivoltios que entrega el transductor al controlador de acuerdo a los diferentes valores de temperatura existentes en las cámaras de incineración.

Para 1000° C, la termocupla tipo K entrega un voltaje de 41.269 milivoltios. Mientras que para 1° C. se tiene un valor en milivoltios de 0.039.

Si 5.12 voltios es el máximo valor de voltaje admisible en las entradas diferenciales del conversor análogo digital, y si 5.12/2 voltios es el voltaje aplicado al terminal Vref/2, con ocho bits en el pòrtico 2, cuyo valor en digital es 1111 1111, el fondo de escala queda establecido, y los valores de voltaje que a continuación se indican permiten observar como varían estos al variar la entrada del conversor.

		PORTICO 2							
		E7 B6 B5 B4 E3 E2 B1 B0							
8									
2	= 256	→	2.56 volt.						
7									
2	= 128	→	1.28 volt.						
.									
.									
3									
2	= 8	→	0.08 volt.						
2									
2	= 4	→	0.04 volt.						
1									
2	= 2	→	0.02 volt.						

Como se señalo anteriormente, el valor de voltaje es de 0.039

milivoltios para 1°C, con una amplificación de 100 el valor de voltaje correspondiente es 0.0039 voltios y 4.1269 voltios para los 1000° C. De la tabla 2.3 se desprende que con este conversor, y además ingresando los ocho bits al procesador se puede tener un control en el bit menos significativo de $0.02\text{volt.}/100 = 0.2$ mvolt. correspondiente a una temperatura aproximada de 1° C. Si únicamente se trabaja con seis bits, para el control de temperatura se tienen $0.08\text{ volt.}/100 = 0.8$ mvolt. correspondientes en la tabla 2.3 a 10°C aproximadamente. Este valor de temperatura de controlado por el tercer bit menos significativo del conversor, es menor que el mínimo exigido por el diseño de la planta correspondiente a un valor de 50 °C.

Adicionalmente, el ingreso de señales desde los diferentes selectores de la unidad así como las señales de control provenientes de las cámaras de incineración se realiza por los pórticos 0 y 3 del controlador a través de sendos buffers. La salida de información desde el microcontrolador, se hace sin necesidad de ningún otro elemento, y en el caso de la información que viaja hacia el indicador de cristal de cuarzo, se ha considerado conveniente colocar resistencias de pull-up para fijar el voltaje que llega a este elemento. La información también va hacia los elementos optoacopladores sin necesidad de otro elemento. Ver FIG. Nº 2.20.

2.2.6 CIRCUITOS DE INTERFASE

Los circuitos de interfase, se encuentran prácticamente en todos los equipos de control, y su función fundamental es la de

permitir el adecuado acoplamiento entre las diferentes etapas de un aparato. Efectivamente todos los elementos que intervienen en la fabricación de un equipo están contruidos para manejar ciertos niveles de voltaje y ciertos niveles de corriente, los circuitos de interfase, recogen señales de voltaje y corriente desde un circuito, las acondicionan, y permiten de esta forma la comunicación, o el intercambio de señales entre dos circuitos diferentes, que inicialmente no estaban capacitados para realizar una adecuada comunicación o un perfecto intercambio de información.

En el desarrollo del presente control, se debieron utilizar buffers, o dispositivos, capaces de compensar diferencias entre la velocidad de transmisión, y la velocidad de admisión de información. Los buffers se encuentran entre los switches y el microcontrolador también entre este último y los drivers. Son además elementos de la interfase, los optoacopladores, son los que debido a sus características de acoplamiento óptico permiten un adecuado aislamiento entre la parte de control y la parte de potencia. El diagrama de bloques de la figura Nº 2.20 describe al lector la manera como se comunican las diferentes etapas del presente diseño, la orientación de las flechas ilustran el sentido de la información.

Los Hexbuffers no inversores, [REF Nº 6] también nombrados como Hex bus drivers, de las series 74365, con salidas de tres

estados, son capaces manejar corrientes de hasta 85mA. Esta corriente puede energizar los diodos LED para los indicadores. Por otro lado la bobina de los microrelés es energizada al recibir los fototransistores la adecuada cantidad de luz desde los fotodiodos y permitir por tanto el encendido de los elementos de potencia.

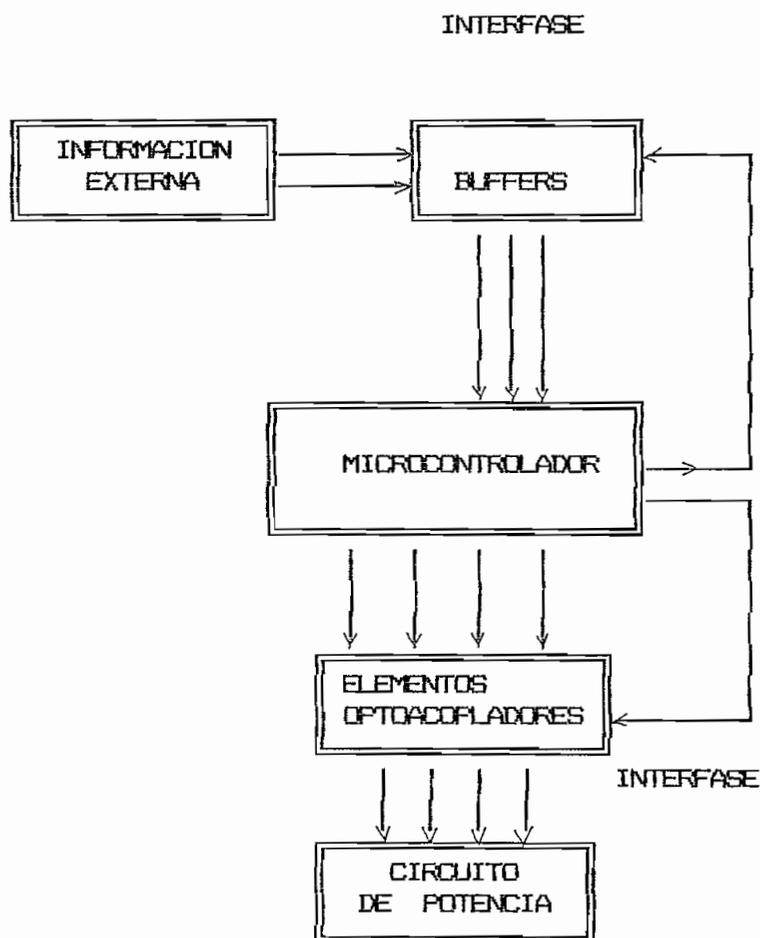


FIGURA Nº 2.20 Diagrama de bloques de los circuitos de interfase.

REF Nº 6 THE TTL DATA BOOK, Capítulo 3, SSI Circuits, 6.36 - 6.38, Texas Instruments Incorporated, Segunda Edición, Dallas Texas 75222, 1976 U.S.A.

Efectivamente, y debido a las cargas que el circuito debe manejar, los optoacopladores seleccionados, para la interfase entre el circuito de control y el circuito de potencia tienen en la parte de potencia un fototransistor darlington que puede manejar en su colector corrientes de hasta 150mA cuando llegan a la saturación por acción de la luz enviada desde el fotodiodo al recibir la orden del microcontrolador. [REF Nº 7].

Las corrientes que energizan los relés encienden o activan desde sus contactor, motores, bombas ventiladores y válvulas solenoides. Según se describió en los incisos 2.1.1, 2.1.2, y 2.1.3.

REF Nº 7 EDG, Semiconductor Master Replacement Guide, Opto Electronic Devices, 121 - 123, Philips EDG, Incorporated, Enero de 1985, U.S.A.

CAPITULO III

PROTECCIONES

3.1 Circuito de protección de la parte de control.

El circuito de protección de la parte de control, se encuentra formado por los elementos de control que verifican en forma continua el buen funcionamiento del incinerador. Efectivamente las fotoresistencias envían la información de la intensidad luminosa de cada quemador al microcontrolador, y de esa forma, la unidad de procesamiento en su programa y basándose en las señales enviadas por las fotoresistencias, puede tomar acciones inmediatas que permitan una operación segura del equipo y de los operadores del mismo. FIG. Nº 3.1.

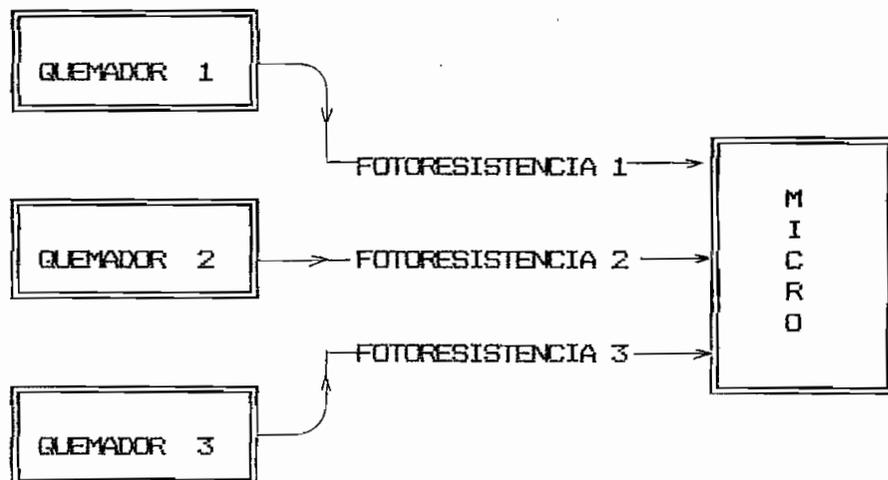


FIG. Nº 3.1 Diagrama de bloques del circuito de protección de la parte de control.

La parte crítica del trabajo en el incinerador, ocurre con la presencia del combustible en la cámara y la chispa producida por el encendido del transformador. La tabla Nº 3.1 permite al lector orientarse y evaluar las condiciones de riesgo en el incinerador.

Q1			Q2			Q3			CONDICION	
FR	TR	SOL	FR	TR	SOL	FR	TR	SOL	PELIGRO	NORMAL
0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	O.K.
0	0	1	0	0	1	0	0	1	X	-
0	1	0	0	1	0	0	1	0	-	O.K.
0	1	1	0	1	1	0	1	1	-	O.K.
1	0	0	1	0	0	1	0	0	-	O.K.
1	0	1	1	0	1	1	0	1	-	O.K.
1	1	0	1	1	0	1	1	0	-	O.K.
1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	O.K.

FR = FOTORESISTENCIA TR= TRANSFORMADOR SOL= SOLENOIDE

TABLA Nº 3.1 Tabla de estados del incinerador.

Los estados lógicos bajos de la tabla precedente indican el apagado de las fotoresistencias, de los transformadores o de las solenoides, mientras que sus estados altos indican la condición de encendido de los mismos. La única condición de riesgo se presenta cuando se inyecta combustible, (válvula solenoide encendida) y el transformador no da chispa de encendido. En esta circunstancia, el peligro radica en que se puede estar acumulando excesivo combustible antes que el transformador provea de la chispa de encendido, situación que puede provocar un encendido con una explosión no controlada.

Para proteger el circuito del controlador se ha provisto de un elemento fusible en el primario del transformador, este elemento interrumpe la circulación de la corriente en el primario, cuando su valor sobrepase los 0.5 amperios. La FIG. Nº 3.2 nos indica las características del transformador utilizado en el controlador, y las relaciones 3.1 a 3.8 determinan el fusible a ser colocado en el primario del transformador.

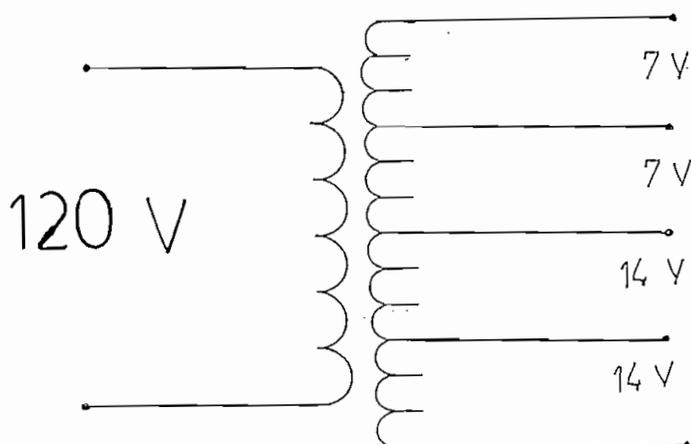


FIG Nº 3.2 Devanados del transformador, y relaciones de transformación.

Podemos sumar los volatajes nominales de los secundarios, relación 3.1 a 3.3.

$$(3.1) \quad V_{\text{secundario}} = V_{\text{sec}(1)} + V_{\text{sec}(2)} + V_{\text{sec}(3)} + V_{\text{sec}(4)}$$

$$(3.2) \quad V_{\text{secundario}} = 14 \text{ V} + 14 \text{ V} + 7 \text{ V} + 7 \text{ V} = 42 \text{ V}$$

$$(3.3) \quad V_{\text{secundario}} = 42 \text{ Volt.}$$

$$(3.4) \quad \alpha = V1/V2 = n1/n2 = I2/I1 \quad \text{[REF N° 8]}$$

$$(3.5) \quad \alpha = 115 \text{ VOLT.} / 42 \text{ VOLT.} = 2.7381$$

$$(3.6) \quad \alpha = 2.7381$$

$$(3.7) \quad \text{Si } I2 = 2 \text{ A. } I1 = I2/\alpha \quad I1 = 2 \text{ A.} / 2.7381 = 0.7384$$

$$(3.8) \quad \underline{\underline{I1 = 0.738 \text{ A.}}}$$

La ecuación 3.4 establece la igualdad entre la relación de tensiones y la relación entre el número de espiras de los correspondientes devanados de un transformador, y es inversa a la relación entre las corrientes de los mismos. Establecidos los voltajes primario y secundario, se puede determinar la relación de transformación (α) y a partir de ésta, conociendo la corriente máxima por los devanados secundarios ($I2=2 \text{ A}$), se calcula la corriente del primario, (3.8) que fija el valor del elemento fusible. Para evitar trabajar en niveles críticos se deberá escoger un elemento fusible de menor, máximo igual, amperaje que el nominal del devanado primario del transformador. Es decir 0.5 Amperios. Ecuación 3.8.

3.2 CIRCUITO DE PROTECCIÓN DE LA PARTE DE POTENCIA.

REF N°8 I.L. KOSOW Máquinas Eléctricas y Transformadores, Relaciones en un transformador ideal, CAPITULO 13-2, EDITORIAL REVERTE S.A. BARCELONA ESPAÑA, 1982.

El circuito que protege la parte de potencia está conformado fundamentalmente por mecanismos de protección térmica y de sobrecorriente. El diagrama de bloques de la FIG. Nº3.3 ilustra sobre la ubicación de cada uno de los elementos de protección en el circuito.

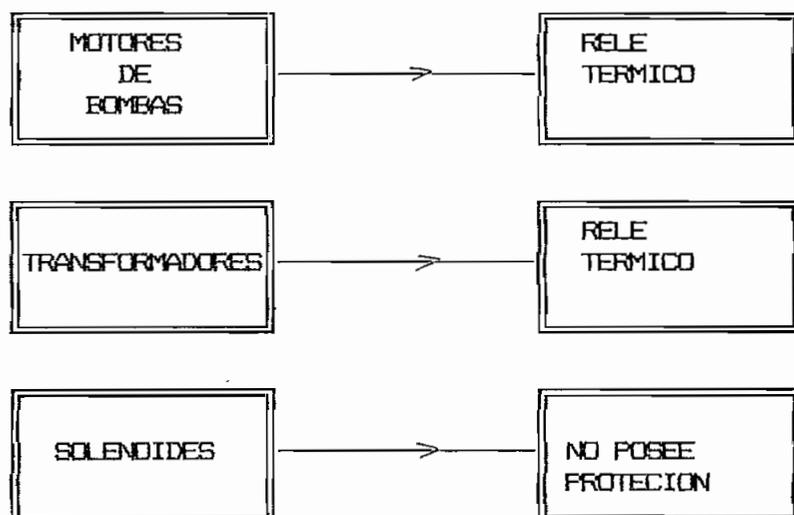


FIG Nº 3.3 Dispositivos de protección en el circuito de potencia.

Los elementos fusibles protegen, por regla general, contra cortocircuitos, y no contra sobrecargas. Esto se debe, fundamentalmente, a que con corrientes de 10 a 20 veces su valor nominal, estos componentes se funden en un espacio de un ciclo de 60 Hz., e interrumpen al circuito, en el próximo ciclo en 1/30 de segundo; sin embargo, es necesario detectar la presencia de valores de corrientes, que sin ser capaces de llegar a fundir el elemento fusible, estén causando daño al equipo al superar los

valores nominales de corriente, en forma continua, con sobrecargas que van desde el 100 al 140 por ciento ó mayores que la corriente nominal a carga plena. Fundamentalmente hay dos tipos de elementos capaces de actuar ante una sobrecarga continua: Relés de sobrecarga magnéticos, y relés de sobrecarga térmicos.

3.2.1 RELES DE SOBRECARGA MAGNETICOS.-

Un típico relé de sobrecarga obedece a un principio magnético de funcionamiento. Existen dos tipos de relés: los de acción instantánea, y los de acción retardada.

El de sobrecarga magnética de acción instantánea, esquematizado en la FIG. Nº3.4, está constituido por un contacto normalmente cerrado, cuando el relé magnético de sobrecarga no está excitado, con la corriente nominal o algo inferior, la presión

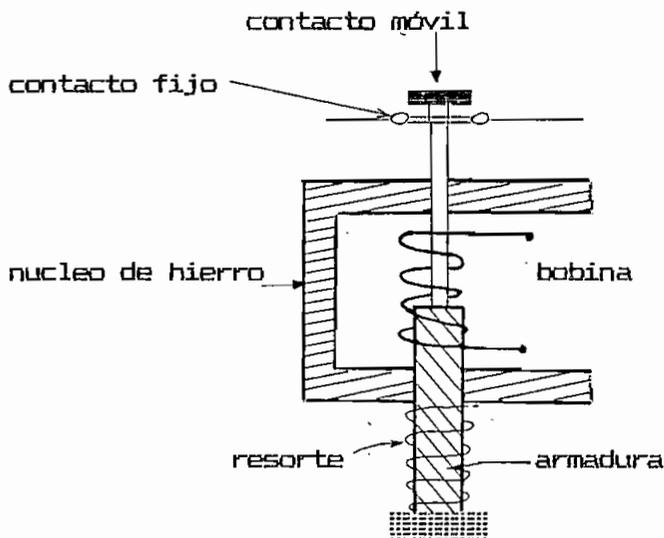


FIG Nº 3.4 Relé de sobrecarga magnético de acción instantánea.

del resorte es suficiente para impedir el movimiento de la armadura. Pero cuando la corriente alcanza o excede una sobrecarga en particular, por ejemplo, 125 por ciento de la carga nominal, se crea la fuerza magnetomotriz, f.m.m. que produce el movimiento de la armadura y permite la apertura de los contactos normalmente cerrados, desconectando de esa forma el circuito en el cual se siente la sobrecarga. El relé de acción instantánea se utiliza generalmente en aquellos casos en los cuales un motor conduce un tren de engranajes mecánico, un transportador, perforadoras, maquinaria de carpintería, o en condiciones de trabajo en las cuales se requieren desconexión instantánea. En este caso las bobinas del relé magnético son conductores de cobre de algunas vueltas y de baja inductancia que van conectadas en serie con la armadura del motor de C.C. o en serie con el estator del motor de C.A.

La FIG. Nº 3.5 esquematiza el relé de sobrecarga magnético de acción retardada. Básicamente es el mismo relé que el de acción instantánea con la adición de un amortiguador que retarda el movimiento de la armadura. El amortiguador contiene aceite o un fluido de viscosidad adecuada, que es el que produce dicho retardo.

La ventaja del relé magnético de acción retardada en relación al relé de tipo instantáneo es que las sobrecargas súbitas o momentáneas son insuficientes para ocasionar la desconexión del motor. Sin embargo si la sobrecarga continúa durante un período

dado, la armadura se levanta lentamente, debido a la acción del líquido para desplazar a los contactos cerrados.

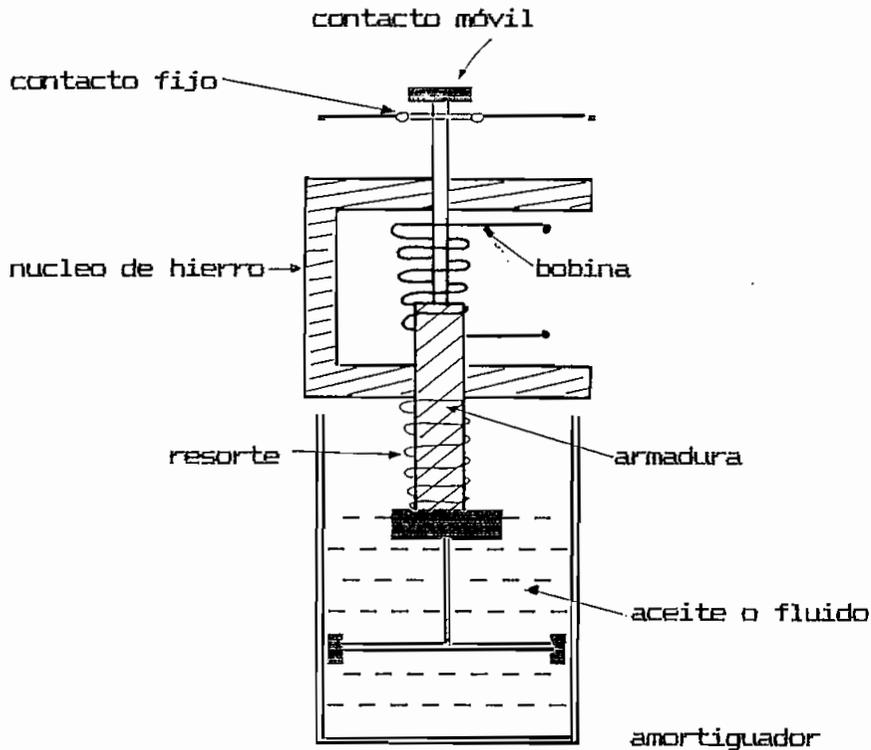


FIG Nº 3.5 Relé de sobrecarga magnético de acción retardada.

3.2.2 RELES DE SOBRECARGA TÉRMICOS.-

Los tipos de relés de sobrecarga térmicos son: de aleación fusible, bimetalicos e inductivos.

RELE TERMICO DE ALEACION FUSIBLE.-

La FIG. Nº 3.6 muestra de modo esquemático un relé de sobre-

carga de aleación fusible. Bajo condiciones de sobrecarga, el calor es suficiente para fundir la aleación a baja temperatura, el resorte hace fuerza sobre el eje de rotación y el contacto movil gira fuera de los contactos fijos, el trinquete de la rueda dentada, no permitirá que el contacto movil retorne a la posición original.

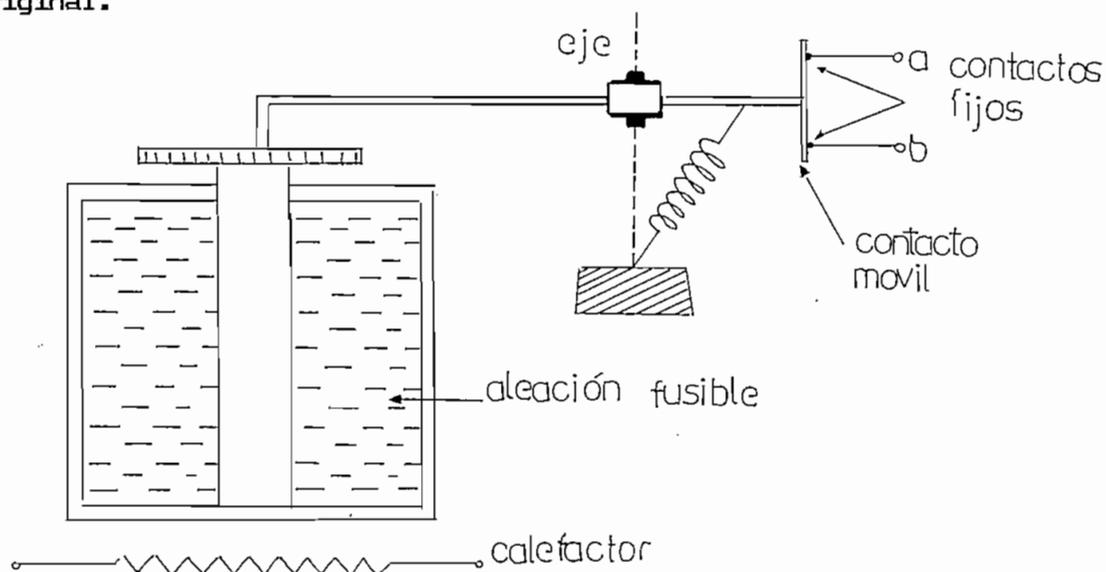


FIG. Nº 3.6 Relé de sobrecarga magnética de aleación fusible.

RELE DE SOBRECARGA TERMICO BIMETALICO.-

Una tira rectangular constituida por dos metales diferentes se curvará al calentarse debido a la diferente dilatación de los mismos. El dispositivo mostrado en la FIG. Nº 3.7 emplea un disco circular bimetalico cuya cara superior posee un elevado coeficiente de dilatación. A causa del calor, las fuerzas desarrolladas en el disco, debidas al diferente coeficiente de dilatación, son tales que el disco debe invertir su convexidad con rapidez en vez de gradualmente. El instante en que ocurre el cambio de convexidad la fuerza presente es de tal magnitud que abre los

contactos fijos a y b. [REF N°9]. El tiempo de desplazamiento del relé térmico bimetalico de máxima corriente es inversamente proporcional a la magnitud de la corriente de sobrecarga mantenida. De la misma forma que los relés de fusión térmica y de acción retardada, permite sobrecargas de breve duración sin desconectar el motor de la línea. El tiempo de enfriamiento es función de la sobrecarga mantenida o del calor desarrollado ($I R$).. Esto indica que una sobrecarga fuerte precisará un tiempo de reconexión mayor que una ligera.

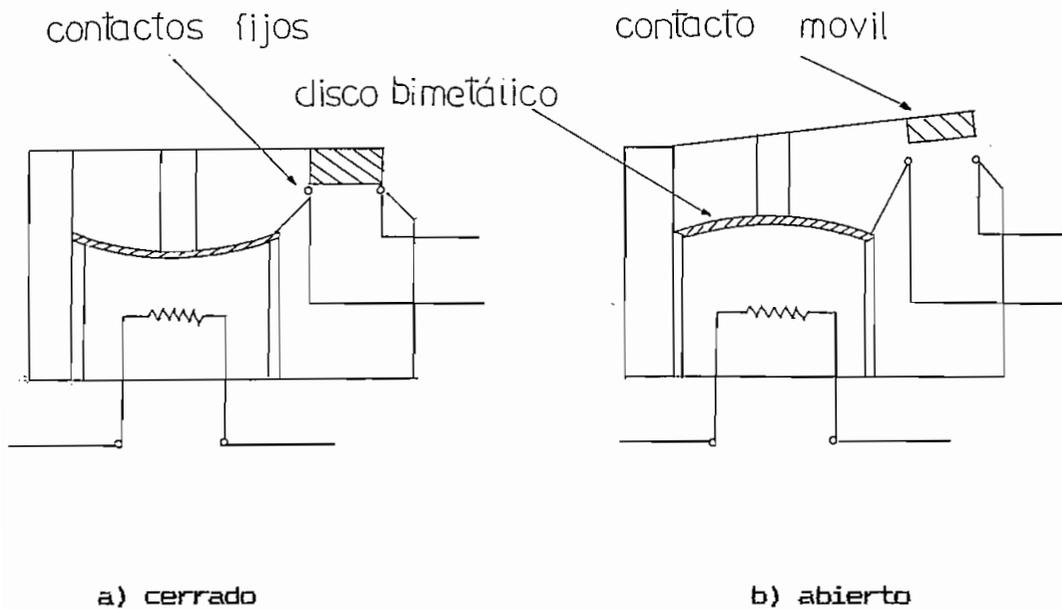


FIG. N° 3.7 Relé de sobrecarga térmico bimetalico.

REF N°9 I.L. KOSOW Control de Máquinas Eléctricas, Dispositivos de relés de máxima y de protección, CAPITULO 1-8, Prentice-Hall, Inc. 1977 New Jersey U.S.A

RELE DE SOBRECARGA TERMICO INDUCTIVO.

Uno de los inconvenientes de los relés de sobrecarga de aleación fusible y térmicos, citados anteriormente, es que el uso de un elemento de calor separado (a pesar de sus ventajas) sólo puede permitir ajustes de sobrecarga en incrementos discretos, según los calibres disponibles de calefactores, sin embargo, a veces es necesario ajustar el valor de la corriente de sobrecarga a un valor ligeramente diferente al nominal, durante una marcha determinada o un funcionamiento en particular. Un dispositivo que lo permite es el relé de sobrecarga inductivo.

El relé de sobrecarga inductivo puede ser de aleación fusible o bimetálico.

El relé inductivo de aleación fusible actúa según el principio de inducción de corrientes de Foucault, está conformado por un cilindro de cobre, una aleación fusible, que se encuentra en el interior del mismo y de un núcleo de hierro regulable. Según se aprecia en la FIG. N°3.8. El relé se utiliza solo en corriente alterna y frecuentemente para el uso de este tipo de motores. Debido a que el calor disipado en la aleación fusible es proporcional al cuadrado de la densidad de flujo resultante de la circulación de corriente en la bobina de inducción, se produce una característica de tiempo inverso para un ajuste del núcleo de hierro regulable. Esto significa que para un gran entrehierro, y una elevada corriente, el efecto térmico, es mucho menor que

aquel ocasionado por un entrehierro pequeño y una corriente reducida. [REFERENCIA Nº10].

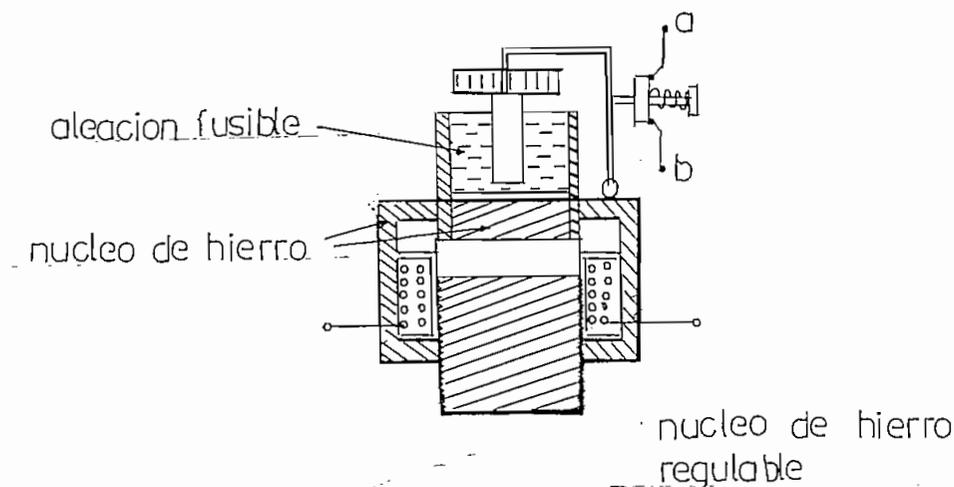


FIG. Nº 3.8 Relé de sobrecarga térmico inductivo de aleación fusible.

El relé de sobrecarga térmico inductivo bimetalico, permite también una amplia gama de ajuste de sobrecargas, FIG. Nº 3.9. Este relé contiene un núcleo de hierro que generalmente es fijo, inserto en un manguito de cobre o latón al que ha sido soldada la armadura bimetalica en palanca. Las corrientes de Foucault generadas en el tubo de cobre calientan la palanca bimetalica. Una corriente de sobrecarga produce el calor suficiente para curvar la armadura bimetalica y desplazar los contactos del circuito de carga normalmente cerrados. Generalmente este relé es de reposición automática, pero puede disponerse de una

REF Nº10 I.L. KOSOW Control de Máquinas Eléctricas, Dispositivos de relés de máxima y de protección, CAPITULO 1-9, Prentice-Hall, Inc. 1977 New Jersey U.S.A

reconexión manual. Las ventajas adicionales a las de los efectos térmicos e inductivos de este relé es que se trata de un mecanismo compacto y simple.

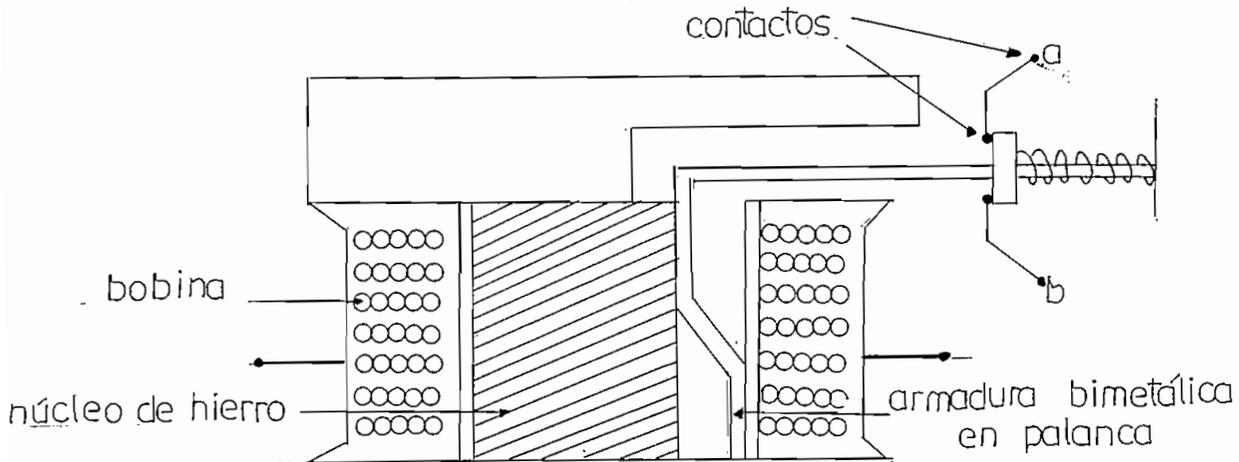


FIG. Nº 3.9 Relé de sobrecarga térmico inductivo bimetalico.

Además las ventajas que presentan los relés de sobrecarga térmicos sobre los magnéticos son las siguientes:

- El dispositivo de retorno del relé necesita un período de espera, que varía directamente con la magnitud de sobrecarga, antes de que el motor pueda ser reconectado.
- El relé debe ser reconectado a mano, por lo que advierte al operario que se ha producido una sobrecarga.
- Funciona perfectamente en corriente continua o en corriente alterna. En corriente alterna, puede conducir la intensidad de la línea o una fracción de ella, mediante un transformador de corriente o un SHUNT de inducción.
- El mecanismo térmico del relé es de amplia versatilidad, y se

pueden obtener los ajustes de máxima tan solo cambiando el calibre del calefactor.

- El relé trabaja independiente de la acción de la gravedad tanto en posición horizontal como en vertical y se vence cualquier rozamiento con el uso de un adecuado resorte de cierre cuya acción es independiente de la gravedad o de la intensidad de corriente.

- La precisión y seguridad en el funcionamiento del relé es bastante elevada pues el punto de fusión de la aleación es prácticamente constante.

- El relé posee características de protección de tiempo inverso que se precisan para todo tipo de motores.

Para la protección de los motores, de los transformadores en el incinerador, se ha previsto utilizar relés de sobrecarga térmicos bimetalicos, por no necesitar el equipo ajustes para sobrecarga y por las ventajas citadas que ofrece el dispositivo de sobrecarga térmico sobre el correspondiente magnético.

Para las válvulas solenoides no se ha considerado conveniente poner protección alguna debido a la limitada corriente que activan a estos elementos.

DISEÑO DEL SOFTWARE

4.1. PROGRAMA PRINCIPAL

El programa principal básicamente está dividido en tres bloques de los cuales el primero de ellos tiene el objeto de inicializar el microcontrolador para seleccionar las direcciones donde se inicia el programa principal , las rutinas de interrupciones externas y las rutinas de interrupciones de los timers , además la dirección inicial del puntero del satck , y los valores iniciales de los registros de control .

El segundo bloque está dedicado a la designación de los valores con que iniciarán la operación los dos quemadores principales el momento de energizar el equipo o en el caso que se hubiese reseteado el mismo . Estos valores , tanto para la temperatura como para el tiempo , se conservarán durante toda la operación del incinerador si es que no se hacen cambios por medio de los selectores de tiempo y temperatura . Estos son los valores que se conocen como de DEFAULT .

El último bloque del programa principal es el más importante de todos , pues es en esta sección del programa que el microcontrolador se mantendrá la mayor parte de la operación del incinerador . En este tercer bloque se hace el chequeo de los switches que ordenan el encendido de cada uno de los quemadores ,

así como también la comparación entre las temperaturas de control y las temperaturas dentro de cada incinerador .



FIG 4.1 : Diagrama de bloques del programa principal

4.1.1. INICIALIZACION DEL MICROCONTROLADOR

Lo primero que se debe hacer el momento de iniciar la operación del microcontrolador 8751 es indicar la dirección donde está

el programa a ser ejecutado por el procesador . Esta instrucción que envía al contador de programa al inicio del programa principal debe estar en la localidad 0000H de la ROM interna del microcontrolador , puesto que después del encendido ó cuando se recibe la señal de RESET , es en esta dirección de memoria donde el 8751 lee su primera instrucción . La instrucción que se graba en esta localidad es una instrucción de salto directo , porque en las localidades siguientes a las del RESET , estan las dedicadas a las direcciones de atención a las diferentes interrupciones . Por lo tanto la instrucción que corresponde es la siguiente :

```
ORG      0000H
        SJMP  INICIO
```

La directiva ORG permite grabar en la localidad 0000H la instrucción de salto a la etiqueta INICIO , que deberá ser la etiqueta donde se inicia el programa principal . Se utiliza una instrucción de salto corto porque el inicio del programa principal está después de las instrucciones de salto por interrupciones.

Existen 4 localidades en la memoria de programa ROM además de la anterior de RESET que tienen una especial importancia :

Localidad 3 : es la que contiene el salto a la dirección de entrada de la subrutina que atiende a la interrupción provocada por el pin de interrupción externa cero . En este caso , esta

interrupción se ha dedicado para la selección de tiempo de operación de cualquiera de los dos incineradores , determinando que la instrucción almacenada en dicha localidad sea la siguiente :

```
ORG    0003H  
LJMP   SETIME
```

En este caso se trata de una instrucción de salto largo , porque la subrutina que atiende la selección de tiempo está después del programa principal a partir de la etiqueta SETIME , es decir que se encuentra mucho más allá de los 127 bytes hacia adelante que nos permite saltar la instrucción de salto corto .

Localidad 11 : es la que contiene el salto a la dirección de entrada de la subrutina que atiende a la interrupción provocada por la bandera de sobreflujo del timer cero . Este timer está utilizado para contar el tiempo total de operación y cada vez que llega al máximo envía la señal de interrupción . La instrucción que corresponde a esta localidad es la siguiente :

```
ORG    000BH  
LJMP   CONTEO
```

También se trata de una instrucción de salto largo , por la misma razón anterior . En la etiqueta CONTEO comienza la subrutina que atiende a la interrupción del TIMER 0 .

Localidad 19 : es la que contiene el salto a la dirección de

entrada de la subrutina que atiende a la interrupción provocada por el pin de interrupción externa uno . En este caso , esta interrupción se ha dedicado para la selección de temperatura de control de cualquiera de los dos incineradores , determinando que la instrucción almacenada en dicha localidad sea la siguiente :

```
ORG    0013H
LJMP   SETURA
```

En este caso también se trata de una instrucción de salto largo , porque la subrutina que atiende la selección de temperatura está después de la subrutina para la selección de tiempo .

Localidad 27 : es la que contiene el salto a la dirección de entrada de la subrutina que atiende a la interrupción provocada por la bandera de sobreflujo del timer uno . Este timer está utilizado para contar tiempos de espera durante los arranques de los quemadores principales ó auxiliares y también durante los periodos de espera de las alarmas . La instrucción que corresponde a esta localidad es la siguiente :

```
ORG    001BH
LJMP   ESPERA
```

También se trata de una instrucción de salto largo , por la misma razón anterior . En la etiqueta ESPERA comienza la

subrutina que atiende a la interrupción del TIMER 1 .

Una vez que se han señalado las direcciones tanto del inicio del programa principal como de las diferentes rutinas de atención a las interrupciones, se puede comenzar el programa principal a partir de la etiqueta INICIO, y la primera instrucción cierra los contactos del rele de autoapagado para que el equipo quede con enclavamiento.

INICIO : CLR F2.6

A continuación corresponde programar los registros de control del 8751 , que son los que van a determinar los modos de operación, de las partes que constituyen el microcontrolador. Inmediatamente se muestran cada uno de estos registros de control y como se programan para controlar los incineradores .

Registro de Estado de Programa (PSW)

Este es un registro de 8 bits , los cuales pueden cargarse desde o hacia el acumulador y que se encargan de informar el estado de ciertos parámetros de un programa . Estos bits pueden ser leídos o escritos fácilmente . La figura 4.2 muestra la información disponible en el registro .

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

FIG 4.2 : Registro de Estado de Programa

CY	PSW.7	Carry flag ó bandera de acarreo .
AC	PSW.6	Auxiliary Carry flag ó bandera auxiliar de acarreo.
FO	PSW.5	Flag 0 ó bandera 0, monitoreada por software , como una bandera de estado definida por el usuario
RS1	PSW.4	Register bank Select 1 ó bit 1 de selección de banco de registros , seteada ó borrada por software para determinar el banco de trabajo (ver Tabla 4.1)
RS0	PSW.3	Register bank Select 0 ó bit 0 de selección de banco de registros , seteada ó borrada por software para determinar el banco de trabajo (ver Tabla 4.1)
OV	PSW.2	Overflow flag ó bandera de sobreflujo .
-	PSW.1	(reservado)
P	PSW.0	Parity flag ó bandera de paridad .

RS1	RS0		
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 4.1.- Determinación del banco de Trabajo

Por todo lo anterior la instrucción para programar el registro de estado de programa es la siguiente ;

```
MOV     FSW,#18H
```

Con lo cual se consigue que todas las banderas se encuentren al inicio en cero y queda seleccionado el banco de trabajo 3, porque en ese banco se guardará el tiempo de operación 1.

Registro de Modo de Operación de Timer/Counter

Los dos Timers/Counters que se encuentran en el 8751 son controlados en su modo de operación por el registro de propósito especial conocido como TMOD . La función de "timer" ó "contador" es seleccionada por el bit C/T de este registro . Además estos dos timers/counters tienen cuatro modos de operación , los cuales pueden ser seleccionados por un par de bits (M1, M0) en el TMOD . Los modos 0, 1, 2 son los mismos para ambos timers/counters . El modo 3 es diferente . Los cuatro modos de operación se describen brevemente a continuación .

Modo 0 : En este modo , el registro del timer es configurado como un registro de 13 bits . Cuando todos los bits se han llenado de 1s , pasarán a 0s y se pone la bandera de interrupción del timer TFX . Los 13 bits del registro están constituidos de los 8 bits de TH1 y de los 5 bits menos significativos de TL1 . Los 3 bits más

significativos de TL1 son indeterminados y serán ignorados . El modo 0 de operación es el mismo para el Timer 0 como para el Timer 1 .

Modo 1 : El modo 1 es el mismo que el modo 0 , excepto que el registro del timer estará corriendo con todos sus 16 bits .

Modo 2 : El modo 2 configura el registro del timer como un contador de 8 bits (TL1), con recarga automática. Cuando se llena de 1s el registro TL1 se llega al sobreflujo , y pone la bandera TF1 , pero también recarga TL1 con el contenido de TH1 , con lo cual es preseteado por software . La recarga deja a TH1 sin alterar . El modo 2 de operación es el mismo para el Timer/Counter 0 .

Modo 3 : El Timer 1 trabajando en Modo 3 , simplemente muestra la última cuenta. El efecto es el mismo que si se hubiese reseteado el bit de puesta en marcha (TR1 = 0) del Timer 1 . El Timer 0 en modo 3 establece a TLO y TH0 como dos contadores de 8 bits independientes . En el modo 3 el registro TLO utiliza los bits de control del Timer 0 (C/T, GATE, TRO, INTO, y TFO) . Por otro lado el TH0 utiliza TR1 y TF1 que corresponden al Timer 1 . Por lo tanto el TH0 controla en este modo la interrupción de 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 pòrtico serial ó también en cualquier aplicación que no requiera de una interrupción . En consecuencia con el Timer 0 en modo 3 , se consigue que el 8751 pueda trabajar con tres timers/counters , lo cual es útil en aplicaciones que se necesite un timer o contador extra de 8 bits .

La figura 4.3 muestra la configuración del registro de modo de operación de los Timers/Counters :

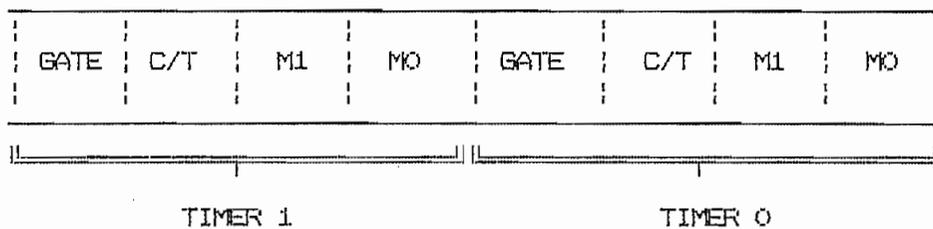


FIG 4.3 : Registro de Modo de Operación de Timers/Counters

GATE Control de compuerta . Cuando está en 1 , Timer/Counter "x" está habilitado cuando el pin "INTx" está en alto , y el bit de control "TRx" es 1 ; es decir se tiene un control por hardware . Cuando GATE = 0, Timer/Counter "x" correrá solamente cuando TRx = 1 ; es decir se tiene un control por software .

C/T Selector de Timer o Contador . Se coloca en cero para

operación como Timer (entrada desde el sistema interno de reloj) . Seteado para operación como contador (entrada desde "Tx" pin de entrada) .

M1 Bit más significativo de selección de modo .(ver Tabla 4.2)

M0 Bit menos significativo de selección de modo .(ver Tabla 4.2)

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

Tabla 4.2.- Selección de modo de operación

En el caso de específico de este control, se utiliza el Timer0 para la cuenta del tiempo total de operación de los incineradores , por esta razón se selecciona el modo 1 para el Timer 0 , para que trabaje como timer de 16 bits , de tal forma que interrumpa el menor número de veces al programa principal .

Para el Timer 1 se ha seleccionado el modo 0 , puesto que este timer se encargará de la cuenta de tiempos de espera , tanto para los arranques , como para las alarmas , etc. Con este timer trabajando en este modo se consigue mayor precisión para contar los segundos . Por lo tanto , para la selección de los modos de operación de los timers , se debe programar TMDD con el siguiente

valor .

```
MOV     TMOD,#01H
```

Registro de Control de Timer/Counter

Este es un registro direccionable por bit , y en el se encuentran las banderas de los dos timers . Además de los bits de control de interrupciones externas . Este registro está configurado como se muestra en la figura 4.4 .

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

FIG 4.4 : Registro de Control de Timers/Counters

- TF1 TCON.7 Timer 1 overflow flag ó bandera de sobreflujo del Timer 1 .
- TR1 TCON.6 Timer 1 Run control bit ó bit de control de arranque de Timer 1.
- TFO TCON.5 Timer 0 overflow flag ó bandera de sobreflujo del Timer 0.
- TRO TCON.4 Timer 0 Run control bit ó bit de control de arranque de timer 0 .

IE1	TCON.3	Interrupt 1 Edge flag ó bandera de interrupción externa 1.
IT1	TCON.2	Interrupt 1 Type control bit ó bit de control de tipo de interrupción . Cuando este bit se encuentra en 0 lógico , la interrupción 1 es disparada cuando se detecta un nivel lógico bajo en el pin de INT1 . Si IT1 = 1 , la interrupción 1 es disparada cuando se detecta un flanco en el pin de INT1 .
IE0	TCON.1	Interrupt 0 Edge flag ó bandera de interrupción externa 0 .
IT0	TCON.2	Interrupt 0 Type control bit ó 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 de INTO . Si IT1 = 1 , la interrupción 0 es disparada cuando se detecta un flanco en el pin de INTO .

En el caso del control del incinerador , como se ha visto el Timer 0 controla el tiempo total de operación, por tanto debe iniciar la cuenta desde el momento de encendido del equipo . Por otro lado se tiene que garantizar que las banderas de los timers como las de las interrupciones externas se encuentren en cero al inicio . Finalmente en este registro hay que seleccionar que las interrupciones externas sean detectadas en nivel lógico bajo . El

dato que se debe guardar en este registro se lo consigue con la siguiente instrucción :

```
MOV     TCON,#10H
```

Registro de Habilitación de Interrupciones

Este es un registro que tiene el control total sobre todas las interrupciones , por lo tanto este registro debe ser direccionable por bits . Si el bit es cero , la interrupción correspondiente es deshabilitada . Si el bit es 1 , la interrupción correspondiente es habilitada . En la figura 4.5 se muestran los bits que contiene este registro .

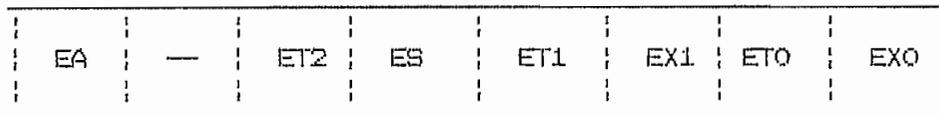


FIG 4.5 : Registro de Habilitación de Interrupciones

EA IE.7 Deshabilita todas las interrupciones. Si EA = 0 , ninguna interrupción será reconocida. Si EA = 1 , cada fuente de interrupción es individualmente habilitada ó 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 , pero esto se tiene únicamente en el 8052

- ES IE.4 Habilita ó deshabilita la interrupción del pòrtico serial .
- ET1 IE.3 Habilita ó deshabilita la interrupción por sobreflujo del Timer 1 .
- EX1 IE.2 Habilita ó deshabilita la interrupción externa 1 .
- ETO IE.1 Habilita ó deshabilita la interrupción por sobreflujo del Timer 0 .
- EXO IE.0 Habilita ó deshabilita la interrupción externa 0 .

En este caso el bit IE.7 tiene que estar en 1 , para que habilite todas las interrupciones . Otro bit que debe estar en 1 es el IE.4 , que es el correspondiente a la interrupción serial , que no será utilizada en este control . Todos los otros bits deben estar en cero para habilitar las interrupciones externas y de los timers . Por lo tanto en este registro se debe guardar 87H con la siguiente instrucción :

```
MOV IE,#87H
```

Registro de Prioridad de Interrupciones

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

Se debe tener presente que cuando esta en proceso una rutina de servicio a una interrupción, no podrá ser interrumpida por otra que sea de más bajo nivel o del mismo nivel. Cuando interrupciones están en el mismo nivel, e interrumpen simultáneamente, serán atendidas en el orden de prioridad que existe para cuando están en el mismo nivel. La prioridad de las fuentes de interrupción en el mismo nivel, desde la más alta es la que se muestra a continuación:

IE0 Interrupción externa 0
 TFO Interrupción de Timer 0
 IE1 Interrupción externa 1
 TF1 Interrupción de Timer 1
 RI ó TI Interrupción de pórtico serial

El contenido del registro de prioridad de interrupciones es el que se muestra en la figura 4.6.

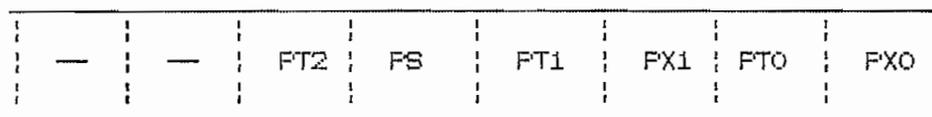


FIG 4.6 : Registro de Prioridad de Interrupciones

- IP.7 No implementado
- IP.6 No implementado

PT2 IP.5 Define el nivel de prioridad del Timer 2 , pero esto
sólamamente para el 8052 .

PS IP.4 Define el nivel de prioridad del pórtico 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

En el caso del control del incinerador , se asigna prioridad alta a las interrupciones externas y prioridad baja al pórtico serial y a los timers . Esto porque el pórtico serial no será utilizado y los timers interrumpen muchas veces durante la operación del incinerador . Mientras que las interrupciones externas las hace el operador para selección de tiempo y temperatura , por tanto debe ser atendido inmediatamente. Por consiguiente el valor que corresponde guardar en este registro IP es 05H .

```
MOV     IP,#05H
```

Con esto se ha concluido la programación de las palabras o registros de control del microcontrolador, faltando únicamente determinar la dirección de inicio de la pila . Cuando se inicia

la operación del microcontrolador , el stack pointer ó puntero de la pila se encuentra apuntando a la localidad 0007H de la memoria de datos interna (RAM) , pero existe el problema que en esa localidad también se encuentra el inicio del banco 1 de registros y a continuación están los otros bancos . Como en este control se utilizan los 4 bancos de registros , se hace imprescindible el mover la localización de la pila . Puesto que los bancos de registros utilizan las localidades desde la 0000H hasta la 001FH , y desde la 0020H están las 128 banderas para el usuario , entonces una buena localización de la pila es a partir de la localidad 0030H .

Como el puntero del stack ó pila está en la localidad 00B1H de la memoria de datos , entonces para concluir la inicialización del microcontrolador se guarda el nuevo valor del puntero del stack con la siguiente instrucción :

```
MOV    B1H,#30H
```

4.1.2 TEMPERATURAS Y TIEMPOS DE DEFAULT

Como se había dicho , los valores de default son aquellos con los que siempre arrancará un equipo y que no cambiarán , sino se selecciona otra opción . En el caso de este control , se tienen valores de default para los tiempos de operación de cada incinerador como también para las temperaturas de control .

Todos estos valores , se pueden ver en el LCD (Liquid Crystal

Display) de 4 dígitos comandado por el microcontrolador , en el momento de encendido del equipo .

Puesto que son dos valores para temperatura y dos valores de tiempo de operación , se tiene un total de 4 valores de default y ya que el 8751 dispone de 4 bancos de registros , se puede aprovechar de esta circunstancia para utilizar un banco de registros para cada valor y únicamente una rutina que envíe los datos al LCD , seleccionando previamente el banco adecuado de los valores que se quieren observar . A continuación se muestran cada uno de los bancos y el registro que utiliza cada valor :

Banco 0 :

R0 : Registro para las unidades de grado centígrado de la temperatura de control 1 .

R1 : Registro para las decenas de grado centígrado de la temperatura de control 1 .

R2 : Registro para las centenas de grado centígrado de la temperatura de control 1 .

R3 : Registro para el valor en binario correspondiente a temperatura de control 1 .

R4 : Registro para el valor en binario de la temperatura en incinerador 1 .

Banco 1 :

R0 : Registro para las unidades de grado centígrado de la temperatura de control 2 .

R1 : Registro para las decenas de grado centígrado de la

temperatura de control 2 .

R2 : Registro para las centenas de grado centígrado de la temperatura de control 2 .

R3 : Registro para el valor en binario correspondiente a temperatura de control 2 .

R4 : Registro para el valor en binario de la temperatura en incinerador 2 .

Banco 2 :

R0 : Registro para las unidades de minuto del tiempo de operación del incinerador 1 .

R1 : Registro para las decenas de minuto del tiempo de operación del incinerador 1 .

R2 : Registro para las unidades de hora del tiempo de operación del incinerador 1 .

Banco 3 :

R0 : Registro para las unidades de minuto del tiempo de operación del incinerador 2 .

R1 : Registro para las decenas de minuto del tiempo de operación del incinerador 2 .

R2 : Registro para las unidades de hora del tiempo de operación del incinerador 2 .

Los valores de default para la temperatura de control en los dos incineradores , son de 700 °C . En el caso del tiempo de operación , es de 1:00 hora y también son iguales para los dos incineradores . Estos son los valores de default requeridos por

el usuario .

En cada registro se debe guardar el valor correspondiente de la siguiente forma : Los 4 bits menos significativos contienen el valor en BCD . El quinto bit es el que habilita el driver del LCD y por tanto debe estar en 1 lógico el instante que se pone el dato en el pórtico 0 . El sexto y séptimo bit corresponden a la selección del dígito . Por último el octavo bit está dedicado a la habilitación del buffer de lectura de switches, por lo que tiene que estar en 1 lógico para evitar, que el momento de enviar los datos al LCD por el pórtico , se pueda habilitar el buffer .

Este segmento del programa está estructurado de tal forma que primero se selecciona el banco de registros correspondiente a cada valor , luego se guardan en los registros los datos y se llama a la subrutina LCD que envía estos valores al LCD y que se explica en el numeral 4.5 de este capítulo . En el caso de los valores de la temperatura hay una instrucción adicional, que tiene por objeto guardar en el registro 3 el valor en binario de la temperatura de control , que será comparado con el valor en binario que se recibe del conversor análogo/digital .

4.1.3 CHEQUEO Y COMPARACION

Como se había indicado, este es el segmento del programa principal , en el cual se mantiene el microcontralador durante la mayor parte de la operación de los incineradores . En la figura

4.7 se puede observar el diagrama de bloques de este segmento, y en él se diferencian tres partes, que corresponden al chequeo y comparación de cada quemador .

En la primera parte se chequea el switch 3 , para verificar si se encuentra en automático o en manual . En el caso de estar en manual se chequea si la solenoide 3 esta prendida y en caso de no estarlo se ordena encender el quemador 3 , para luego chequear fotoresistencia 3 . Si el switch 3 está en automático , de igual forma se chequea si la solenoide 3 está encendida , para luego verificar si solenoides 1 y 2 estan encendidas y si no lo están ordenar que se apage el quemador 3 .

En la segunda parte de este segmento se hace el chequeo del switch 1 . Si no está encendido pasa al chequeo del switch 2, pero si está en ON pasa a verificar si la solenoide 1 está activada. Al estar apagada la solenoide 1 significa que el control está iniciando su operación ó que la temperatura del incinerador 1 estuvo sobre la temperatura de control 1; entonces se compara la temperatura del incinerador 1 con la temperatura de control 1 menos 50 °C y en el caso de ser menor se ordena encender quemador 1 ó quemador 1 y 3 , dependiendo si switch 3 se encuentra en manual ó automático y si está encendida ó no la solenoide 3. Si la temperatura no es menor a la de control menos 50 °C, continúa apagado el quemador 1 y pasa a chequear el switch 2 . Por otro lado en el caso de que la solenoide 1 esté activada significa que el quemador 1 está encendido y por lo tanto se lee la temperatura del incinerador 1 para verificar si

está por debajo de la temperatura control 1 . Si esto ocurre se deja prendido quemador 1 y se chequea fotoresistencia 1 ó en caso de estar switch 3 en automático se deja prendido quemador 1 y 3 y se chequea fotoresistencia 1 y 3 y en ambos casos se pasa al chequeo del quemador 2. Si la temperatura del incinerador 1 es mayor o igual a la temperatura de control 1 , se ordena apagar quemador 1 ó quemador 1 y 3 dependiendo si el switch 3 está en automático ó manual .

Para la tercera parte de este bloque se hace el chequeo del switch 2, la cual es idéntica a la parte 2 que corresponde al chequeo del switch 1.

Finalmente si el switch 2 está apagado , se ordena apagar el quemador 2 y se chequea el switch 1 , y si también se encuentra apagado se entra a un tiempo de espera de 10 minutos , durante el cual se apaga el quemador 3 si hubiese estado prendido y en automático. Se puede salir de esta espera solo cuando se pase el switch 1 ó 2 a la posición ON y entonces regresa al inicio de este bloque, en caso contrario se completa la espera de 10 minutos y el equipo va al autoapagado terminando con toda la operación del control . La codificación de este segmento y que corresponde al diagrama de bloques de la figura 4.7 , se presenta en el anexo.

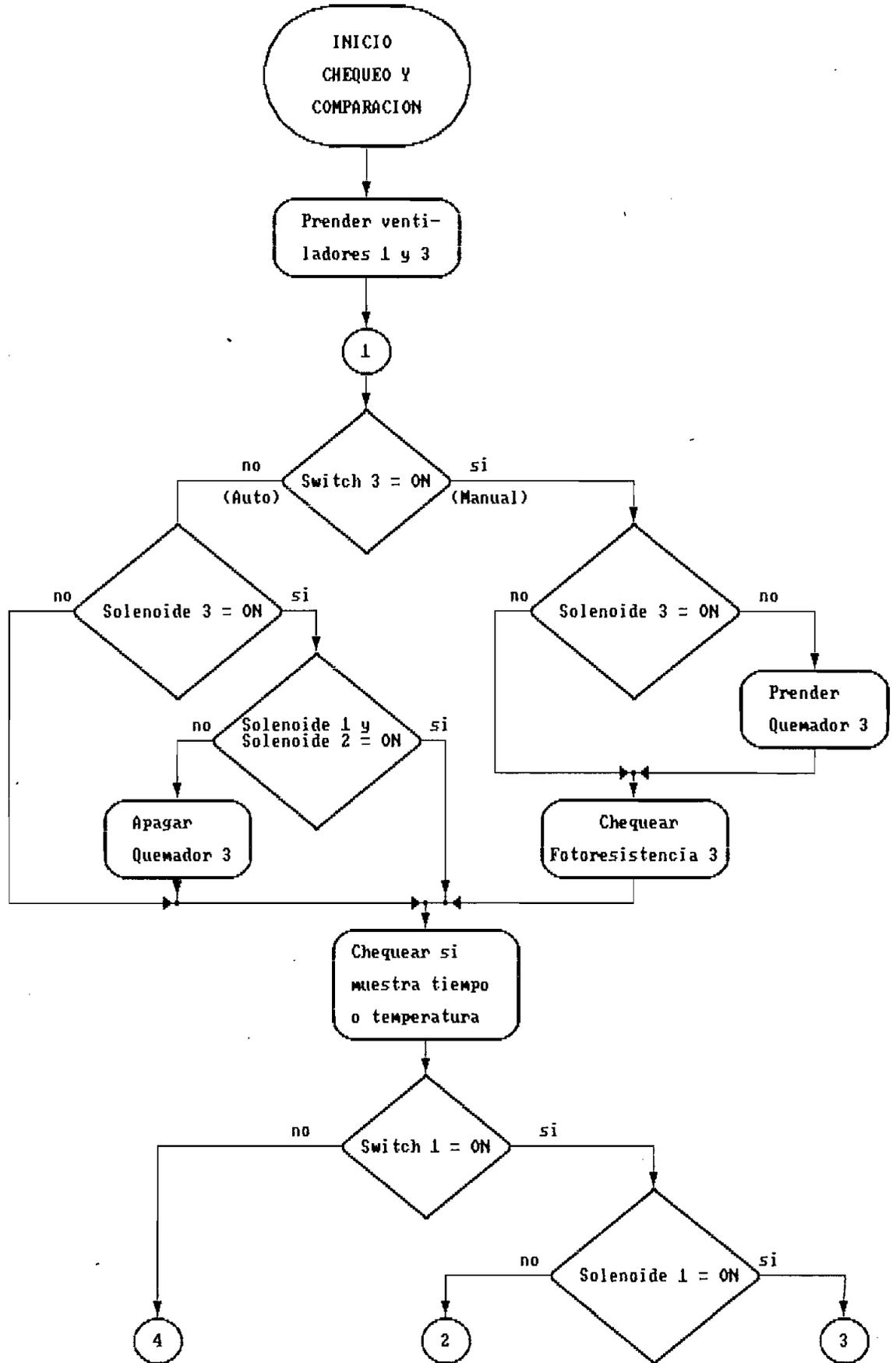


FIG 4.7 (a). Diagrama del programa principal de chequeo y comparacion

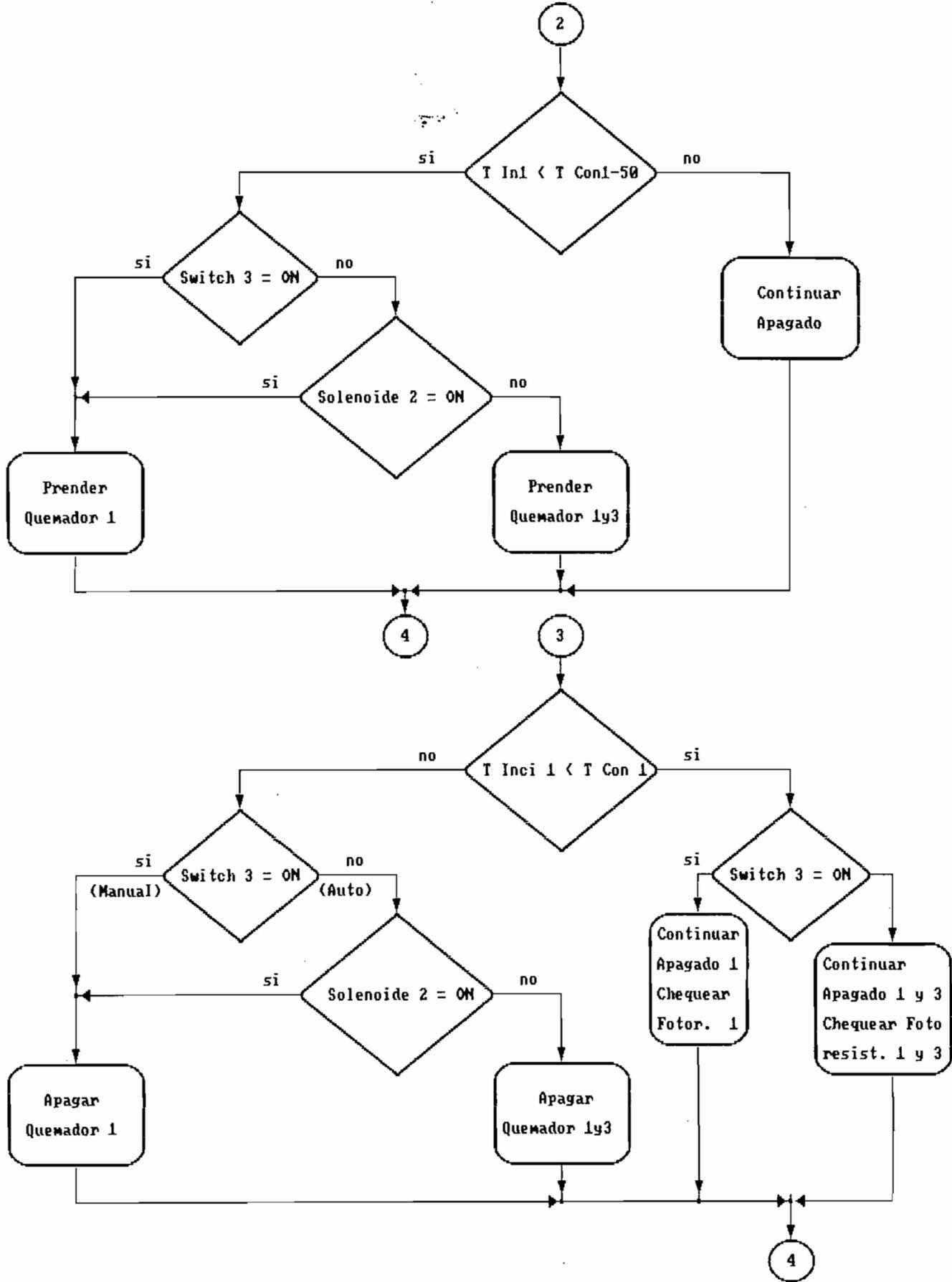


FIG 4.7 (b). Diagrama del programa principal de chequeo y comparacion

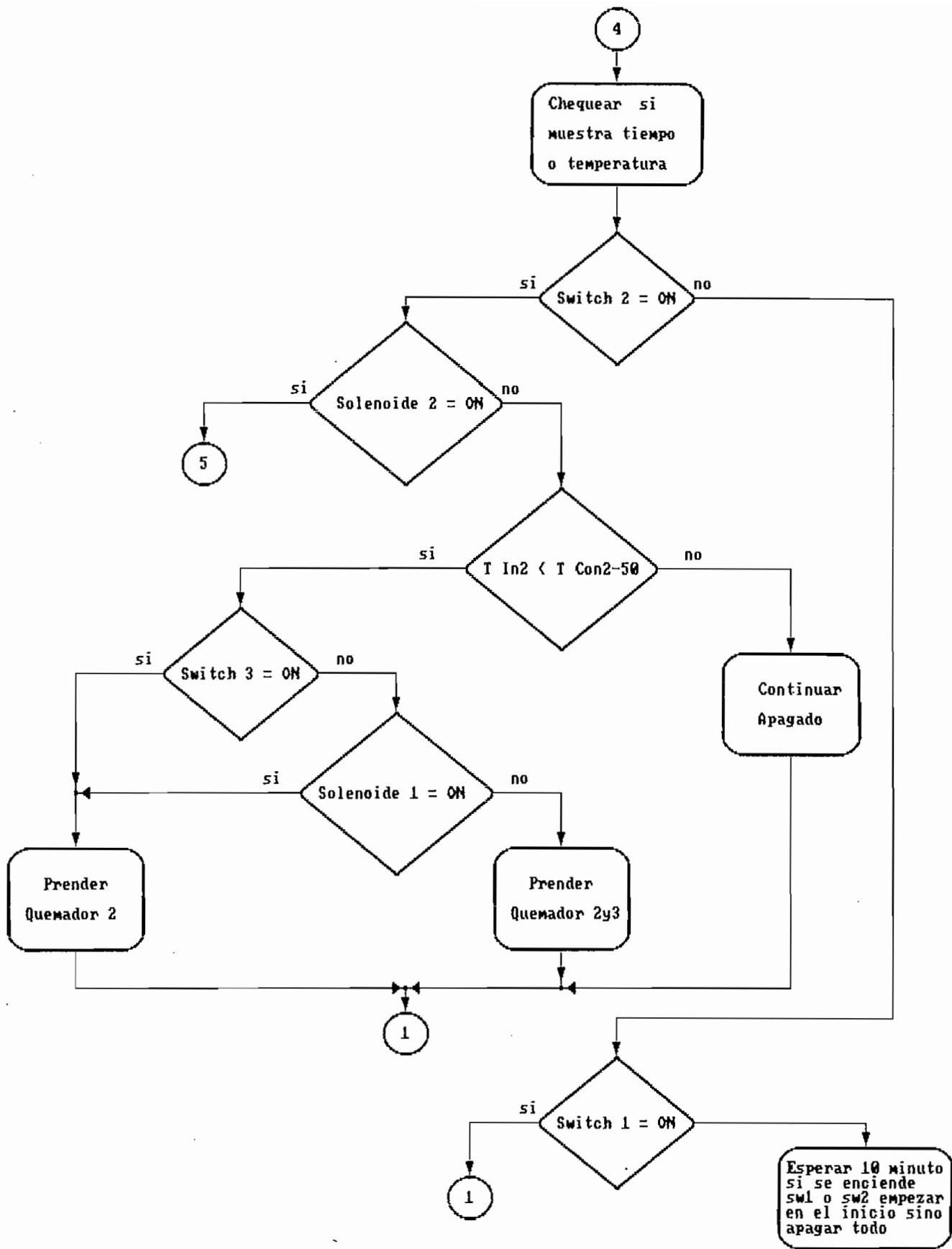


FIG 4.7 (c). Diagrama del programa principal de chequeo y comparacion

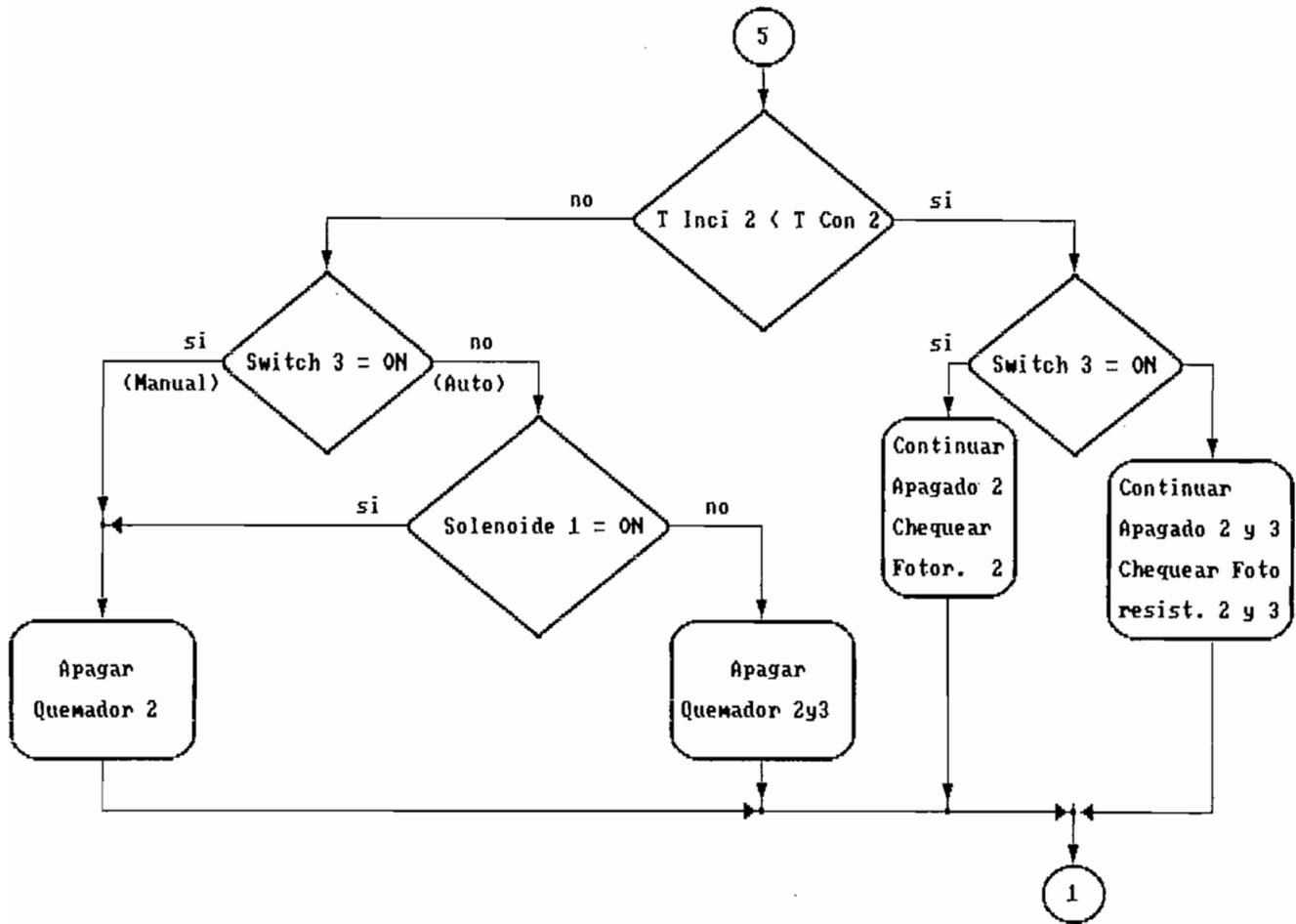


FIG 4.7 (d). Diagrama del programa principal de chequeo y comparacion

4.2. SUBROUTINAS DE ARRANQUE Y PARADA

Del programa principal analizado en el numeral anterior, se puede apreciar que existen cinco subrutinas de encendido y cinco subrutinas de apagado. A continuación se analizan cada una de ellas con el diagrama de bloques correspondientes.

4.2.1 ARRANQUE DE QUEMADORES

Encendido de Quemador 3.— En el encendido del quemador 3, no es necesario prender el ventilador 3, puesto que este permanece prendido durante toda la operación del control. Esto se debe a que el incinerador utiliza al quemador 3 como auxiliar para quemar cenizas, y por tanto es el que mayor tiempo se encuentra en funcionamiento, lo cual obliga a enfriarlo continuamente. La secuencia de arranque es la que se observa en el diagrama de bloques de la figura 4.8.

Encendido de Quemador 1.— En la figura 4.9 se puede ver la secuencia de arranque del quemador 1.

Encendido de quemadores 1 y 3.— El diagrama que corresponde al encendido de estos quemadores se aprecia en la figura 4.10.

Encendido de quemador 2.— En la figura 4.11 se observa el diagrama de bloques del encendido del quemador principal 2.

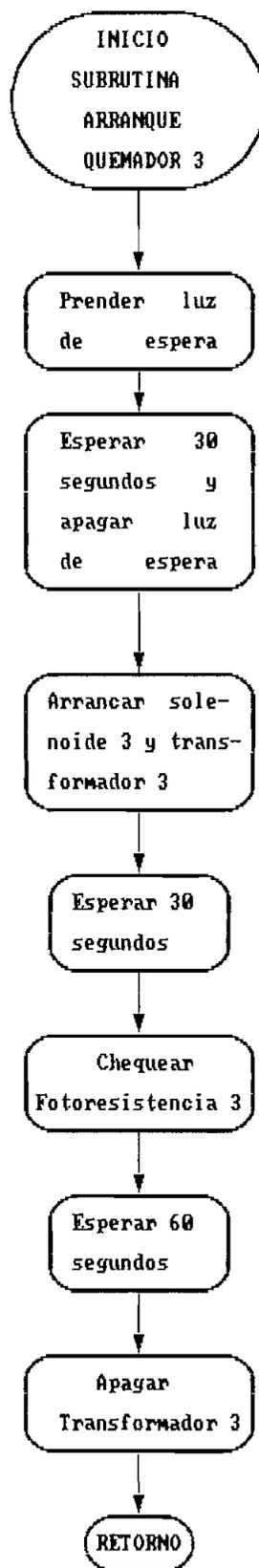


FIG 4.8 : Diagrama de subrutina de arranque de quemador 3

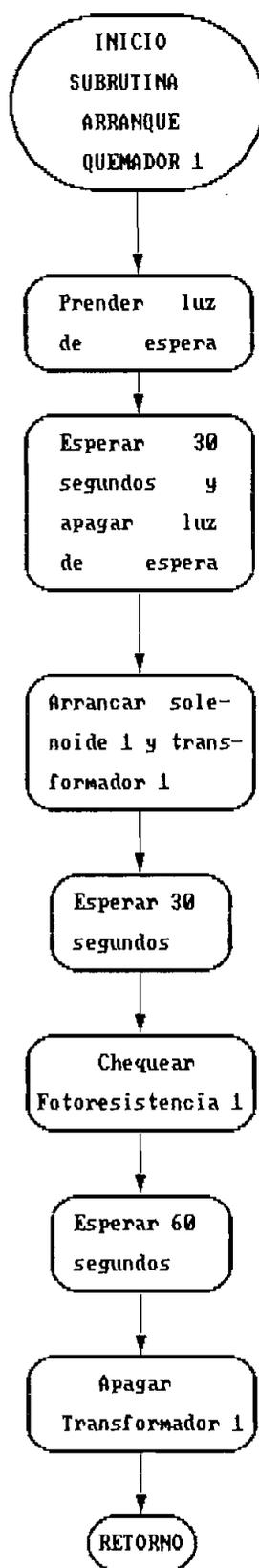


FIG 4.9 : Diagrama de subrutina de arranque de quemador 1

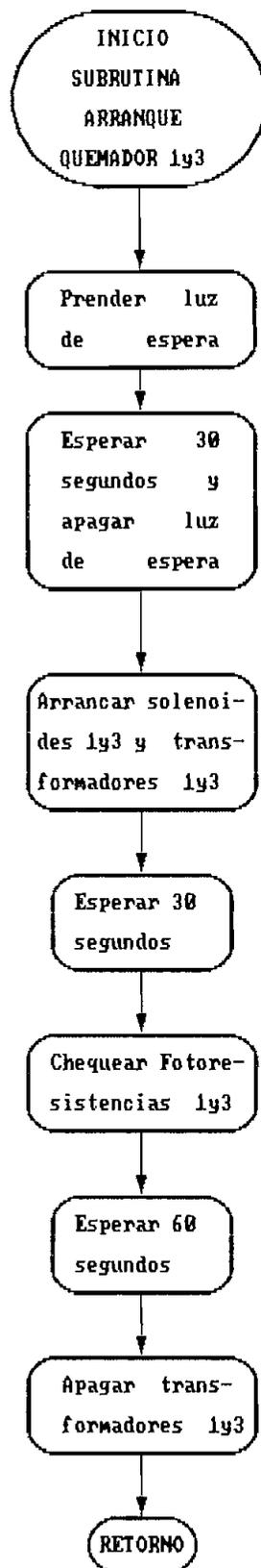


FIG 4.10 : Diagrama de subrutina de arranque de quemadores 1 y 3

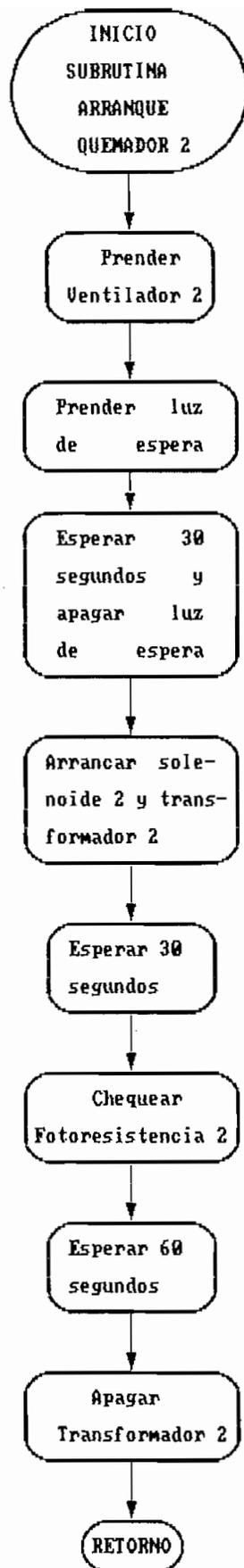


FIG 4.11 : Diagrama de subrutina de arranque de quemador 2

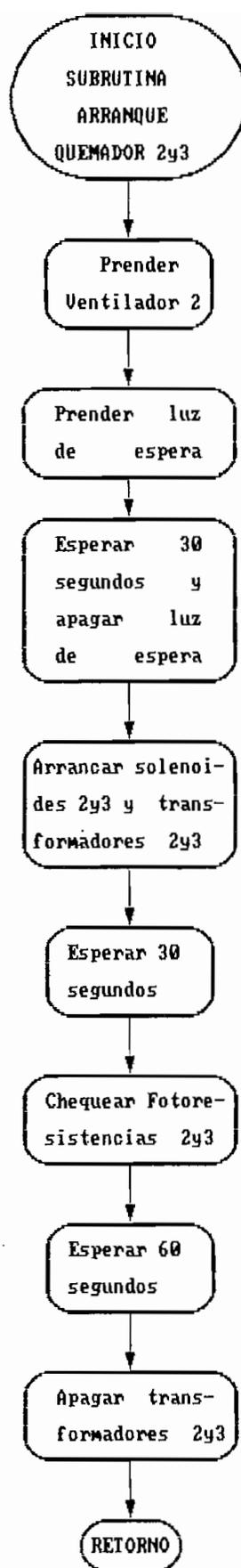


FIG 4.12 : Diagrama de subrutina de arranque de quemadores 2 y 3

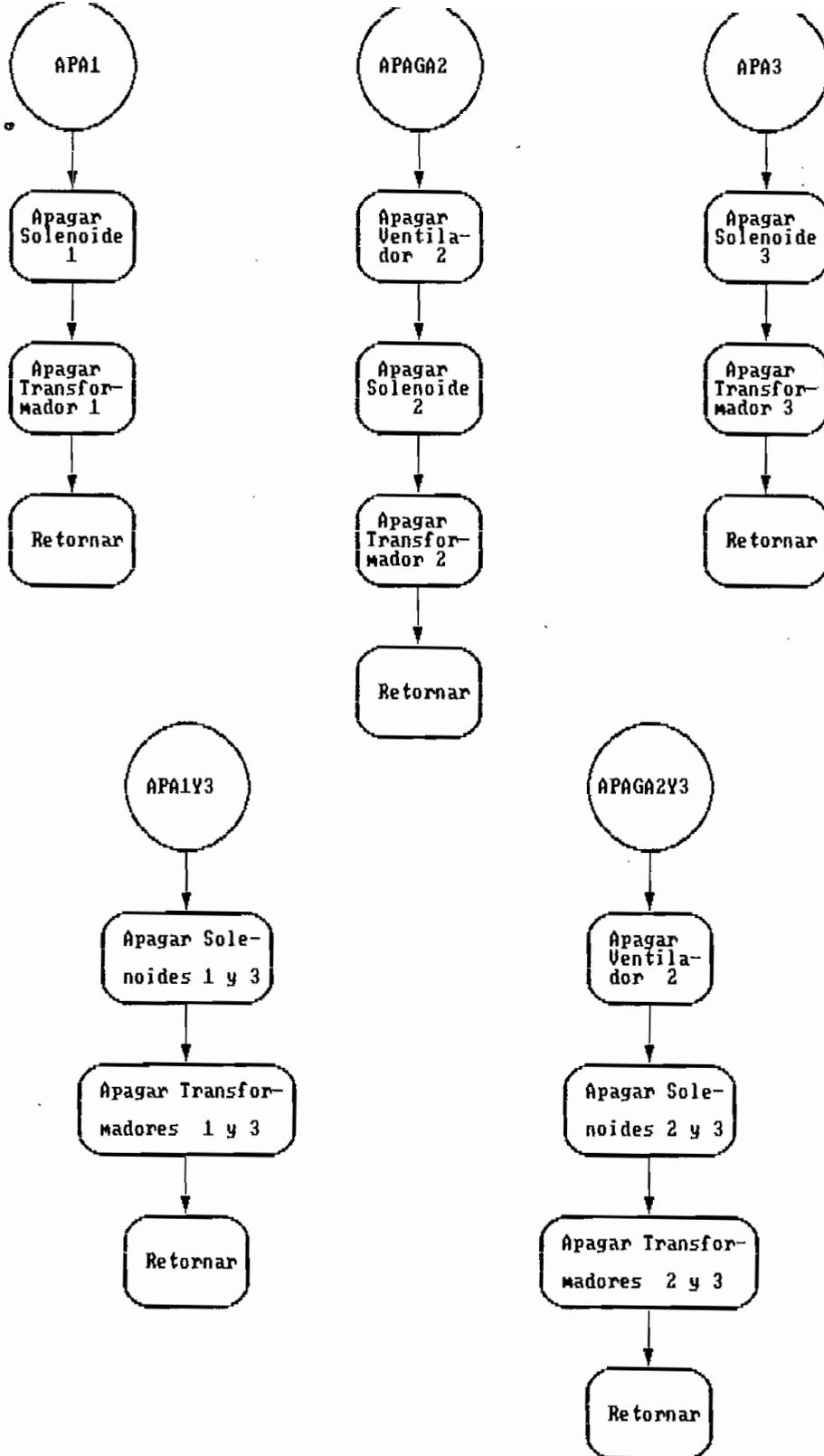


FIG 4.13 : Diagrama de subrutinas de apagado de quemadores

Encendido de quemadores 2 y 3.— Para el encendido de los quemadores 2 y 3 se sigue la secuencia que se muestra en el diagrama de la figura 4.12 .

4.2.2 APAGADO DE QUEMADORES

Al igual que en el numeral anterior también se tienen cinco subrutinas en lo que corresponde al apagado de los quemadores , las cuales se muestran a continuación . Los diagramas de todas estas subrutinas de apagado se los considera en la figura 4.13 .

4.3. SUBROUTINAS DE TIEMPO

Se tienen dos diferentes tiempos que controlar. Uno de ellos es el tiempo total de operación del control, y el otro es el de los tiempos de espera . Los dos tiempos son totalmente independientes y para su control se aprovecha la facilidad del microcontrolador 8751 que dispone de dos Timers totalmente independientes . Por lo tanto como se había dicho el Timer 0 se utilizará en el tiempo total de operación y el Timer 1 en los tiempos de espera.

4.3.1 SUBROUTINAS DE TIEMPOS DE OPERACION

Para el tiempo total de operación son dos las subrutinas que se encargan del control. La primera de ellas es la que atiende directamente la interrupción del Timer 0, la cual se ocupa de contar el número de veces que debe interrumpir el Timer 0 para

que transcurra un minuto. Una vez que esta primera subrutina ha detectado el minuto llama a la segunda subrutina que es la que lleva la cuenta del total de minutos, decenas de minutos y horas en forma decreciente.

Subrutina de atención a la Interrupción del Timer 0

En esta subrutina se cuentan las banderas generadas por el Timer 0 durante un minuto. Puesto que se trabaja con un cristal de 6 MHz, y se ha seleccionado el modo 1 de operación (timer de 16 bits), se puede entonces calcular el número exacto de banderas que se deben contar para que transcurra un minuto.

$$f_{osc} = 6 \text{ MHz} \Rightarrow \frac{f_{osc}}{12} = 500 \text{ KHz} \Rightarrow T = 2 \cdot 10^{-6} \text{ seg.}$$

$$1 \text{ min.} = 60 \text{ seg.} = 30 \cdot 10^6 T$$

El microcontrolador 8751 divide la frecuencia del oscilador para 12, y son estos períodos los que incrementan el timer/counter. Por lo tanto el timer se incrementa cada 2 microsegundos, y en un minuto se tienen que contar 30 millones de estos períodos.

El Timer 0 trabajando en el modo 1 (timer 16 bits) puede máximo contar hasta $2^{16} - 1$, es decir hasta 65535. En consecuencia se debe esperar hasta que el timer llene de unos los 16 bits y envíe la bandera de sobreflujo. Dividiendo el número de

períodos que hay que contar en un minuto para el número de períodos que puede contar el Timer 0, resulta el número de banderas que se tienen que contar durante un minuto.

$$\frac{30 \cdot 10^4}{65535} = 457,7 \quad \text{aproximando} \quad 457 = 0109 \text{ H}$$

El conteo de estas banderas no se lo puede realizar en un solo registro, puesto que éstos son de 8 bits y esto posibilita la cuenta hasta 255. Por consiguiente, se utilizan los registros R4 y R5 del banco 3 para contar las 457 banderas del Timer 0 en cada minuto. Estos registros se deben inicializar en cada minuto con los siguientes valores:

$$\begin{array}{ccc}
 \begin{array}{c} \text{01H} \\ \hline \{0\}0\{0\}0\{0\}0\{0\}0\{0\}1\{ \\ \hline \text{R5} \end{array} & + & \begin{array}{c} \text{09H} \\ \hline \{1\}1\{0\}0\{1\}0\{0\}1\{ \\ \hline \text{R4} \end{array} = 457
 \end{array}$$

En la figura 4.14 se observa todo el diagrama de bloques de esta subrutina, y que tiene el nombre de conteo como se había señalado en el numeral 4.1.1.

Subrutina para decrementar el tiempo total

Esta subrutina es la misma para los dos tiempos de operación, con la diferencia que antes de entrar a la misma se tiene que seleccionar el banco de registros que contiene el tiempo que se va a decrementar. En cada banco el registro cero tiene la cuenta de los minutos, el registro 1 la cuenta de las decenas de los

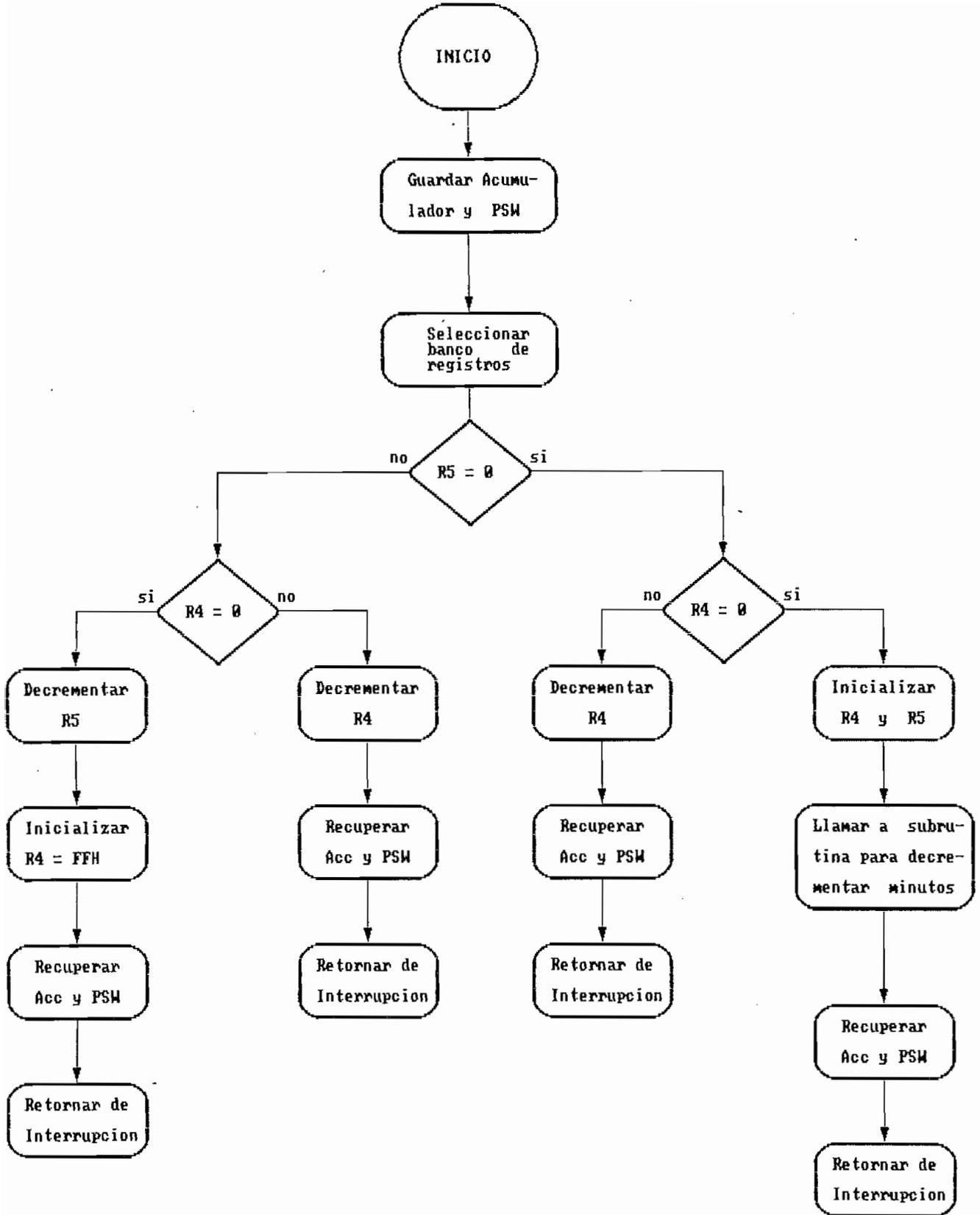


FIG 4.14 : Diagrama de Rutina de Atencion a la Interrupcion de TIMER 0

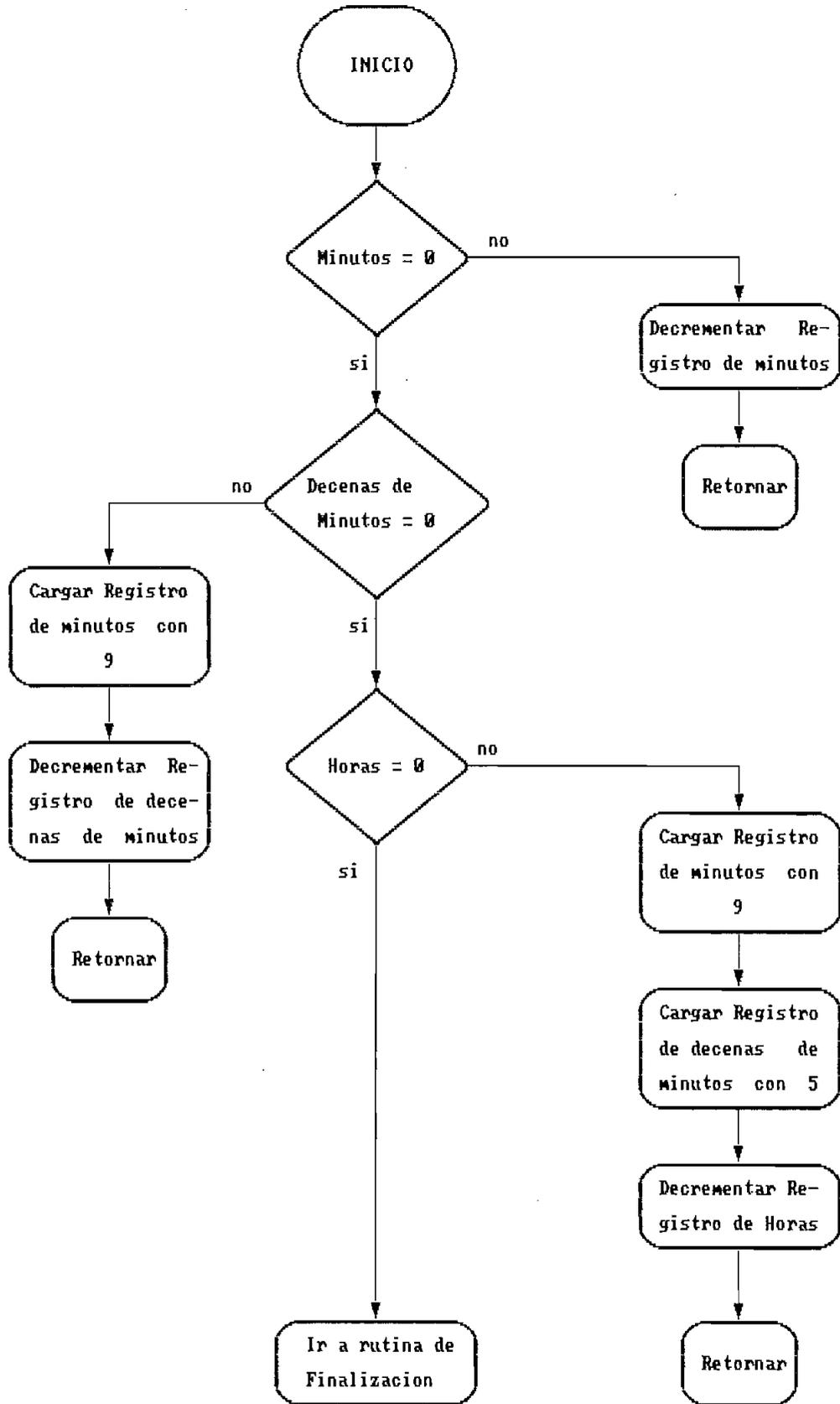


FIG 4.15 : Diagrama de Subrutina para Decrementar Tiempo Total

minutos, y el registro 2 la cuenta de las horas. La figura 4.15 muestra el diagrama de bloques de esta subrutina.

4.3.2 SUBRUTINAS DE TIEMPOS DE ESPERA

Se tiene tres diferentes tiempos de espera. En el numeral siguiente se utilizan tiempos de 1 segundo en la selección de temperaturas y tiempos, mientras que en las subrutinas de arranque se utilizan tiempos de 30 y 60 segundos. Por lo tanto se tiene subrutinas para espera de 1, 30 y 60 segundos, pero las dos últimas se basan en la de 1 segundo.

Subrutina de Tiempo de espera de 1 segundo

De la misma forma que se calculó el número de banderas que se debían contar para que transcurra un minuto, se puede calcular para medir con el timer 1 el tiempo de 1 segundo. En este caso el Timer 1 estará trabajando en el modo 0 (timer de 13 bits), para conseguir mayor precisión.

$$f_{osc} = 6 \text{ MHz} \Rightarrow \frac{f_{osc}}{12} = 500 \text{ KHz} \Rightarrow T = 2 \cdot 10^{-6} \text{ seg.}$$

$$1 \text{ seg.} = 5 \cdot 10^5 T$$

Cada bandera del timer 1 se dará después de $2 \cdot 10^{13} - 1$ T, es decir en 8191 periodos.

$$\frac{5 \cdot 10^5}{8191} = 61 \qquad 61 = 03D H$$

El conteo de estas banderas se lo puede realizar en un solo registro de 8 bits. Para lo cual se utiliza el registro R4 del banco 2 para contar las 61 banderas del Timer 0 en cada minuto. Este registro se inicializa en cada minuto con el siguiente valor:

$$\begin{array}{c} \text{3DH} \\ \hline |0|0|1|1|1|1|0|1| \\ \hline \text{R4} \end{array} = 61$$

En la figura 4.16 se aprecia el diagrama de bloques de esta subrutina.

Subrutina de tiempo de espera de 30 segundos

Esta subrutina, como se había indicado anteriormente se basa en la anterior y consiste fundamentalmente en llamar 30 veces a la subrutina de tiempo de espera de 1 segundo. El diagrama de bloques corresponde al de la figura 4.17.

Subrutina de tiempo de espera de 60 segundos

Al igual que la anterior, está basada en la subrutina de tiempo de espera de 1 segundo. En esta subrutina como en la de 30 segundos se utiliza el registro R6 del banco 2 para contar el

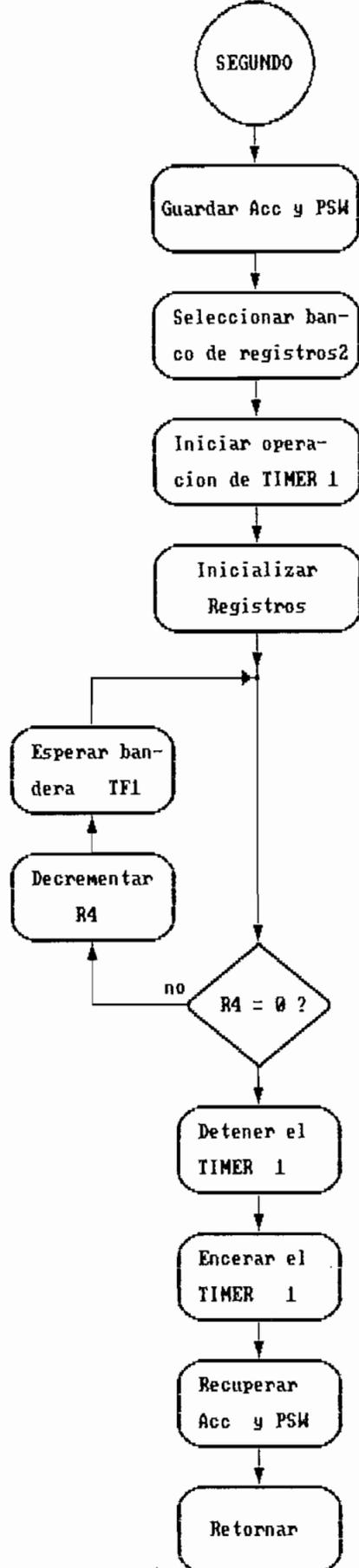


FIG 4.16 : Diagrama de subrutina de tiempo de espera de 1 seg.

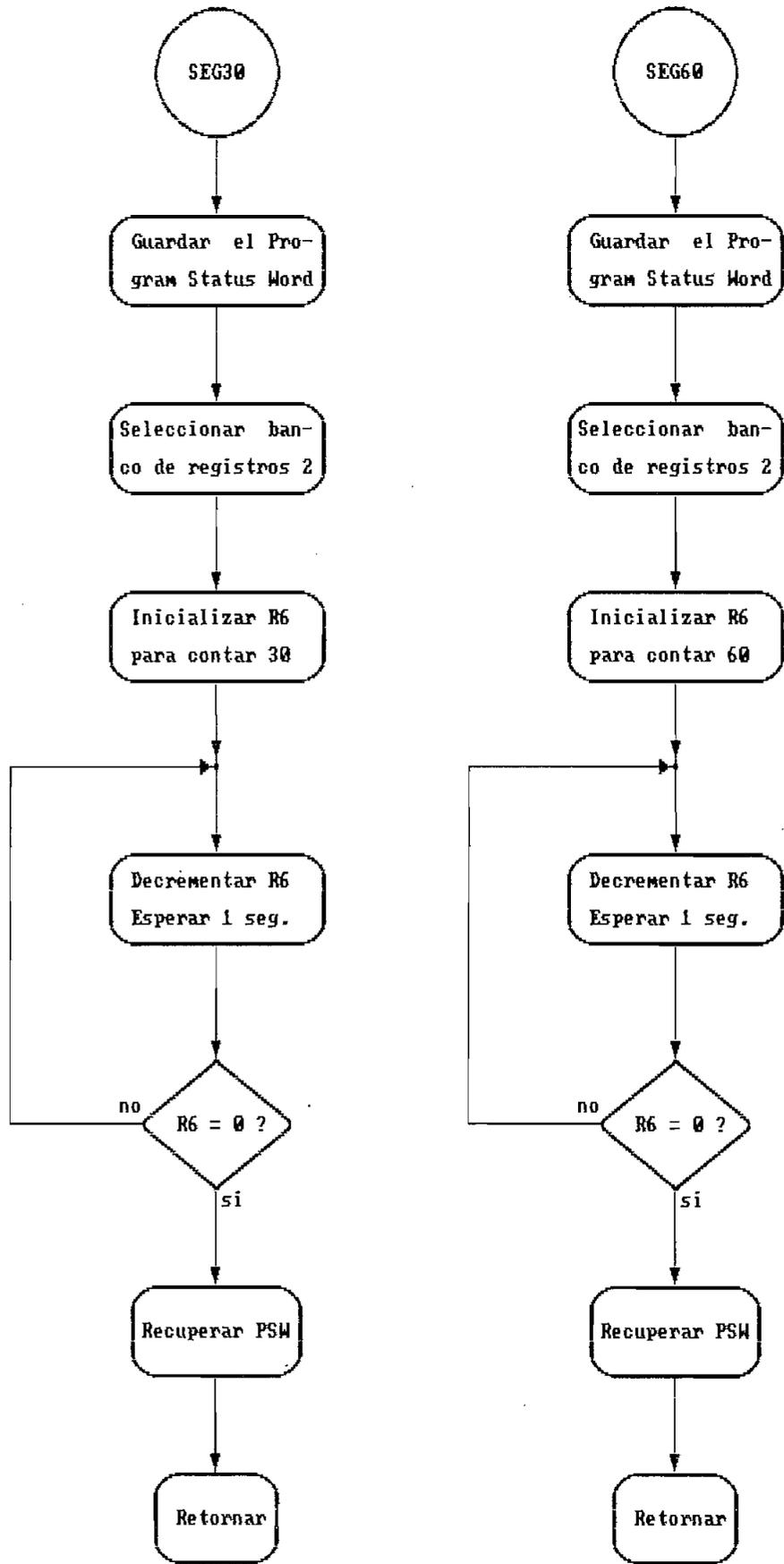


FIG 4.17 : Diagrama de subrutinas de tiempos de espera de 30 y 60 seg.

número de veces que se llama a la subrutina SEGUND. El diagrama de bloques de esta subrutina también se encuentra en la figura 4.17 .

4.4. SUBRUTINAS DE SELECCION

Estas subrutinas de selección son las encargadas de determinar los tiempos de operación para los dos quemadores, como también las temperaturas de control para ambas cámaras principales. Estas subrutinas pueden ser atendidas en cualquier instante de tiempo, puesto que están controladas por los pines de interrupción externa. Los valores entre los cuales se puede seleccionar han sido predeterminados por el usuario, y obedecen al tipo de materiales que se incinerarán en las cámaras.

4.4.1 SUBRUTINA DE SELECCION DE TEMPERATURAS

Para la selección de temperaturas se utiliza la interrupción externa 1. La misma subrutina es útil para las dos temperaturas a controlar, ya que el momento de iniciar la selección, se verifica el switch que indica si se trata de quemador 1 ó 2. La subrutina está construida de tal forma que muestra durante un segundo en el LCD, el valor a ser seleccionado. Si no es retirada la señal de selección durante ese segundo, pasa a mostrar el siguiente valor y así sucesivamente hasta llegar al valor deseado. En el caso de no seleccionar ninguno de los valores que se muestran, se regresa nuevamente desde el primer valor, hasta que se haya seleccionado alguno de ellos. Este proceso se lo aprecia con mayor claridad en la figura 4.18.

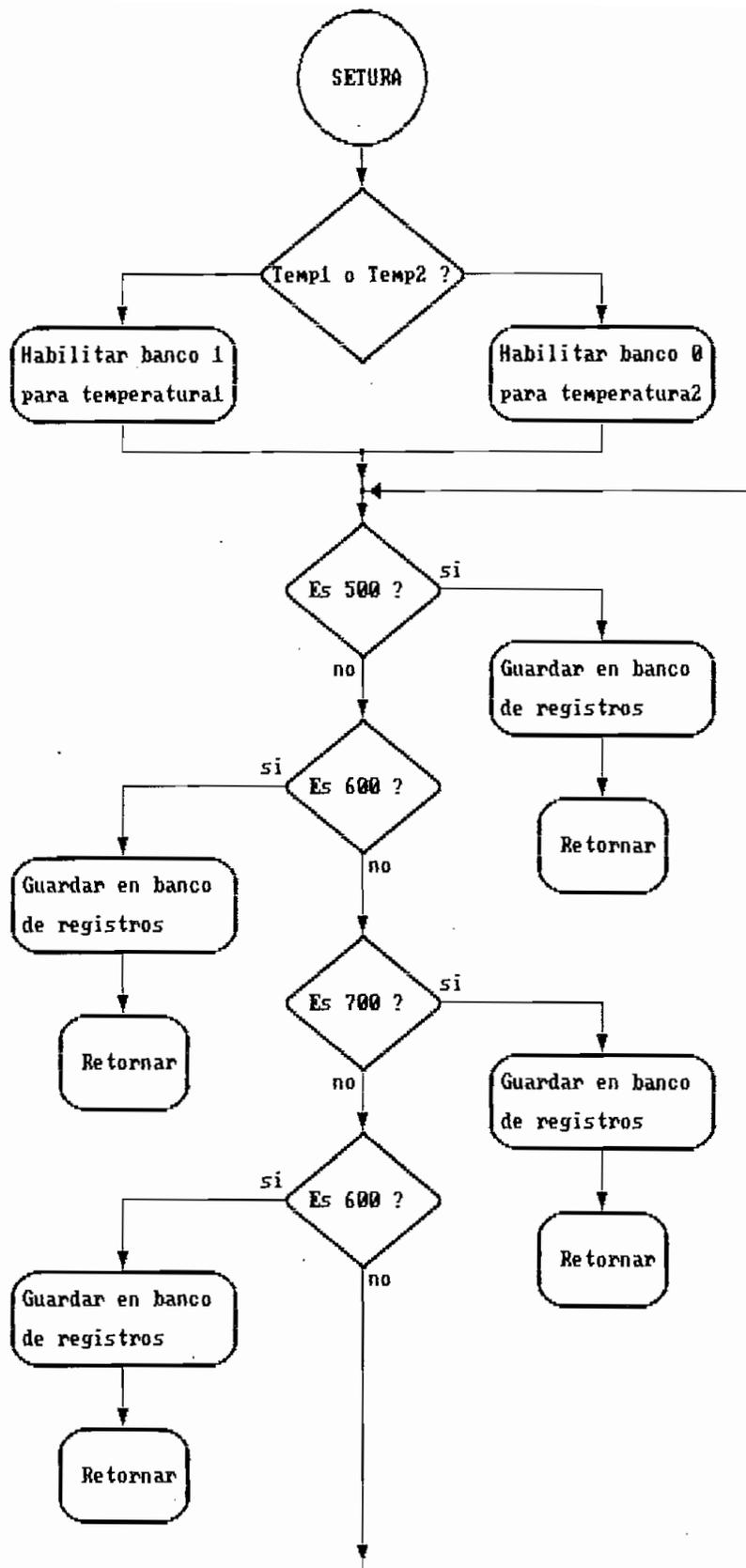


FIG 4.18 : Diagrama de subrutina de seleccion de temperatura

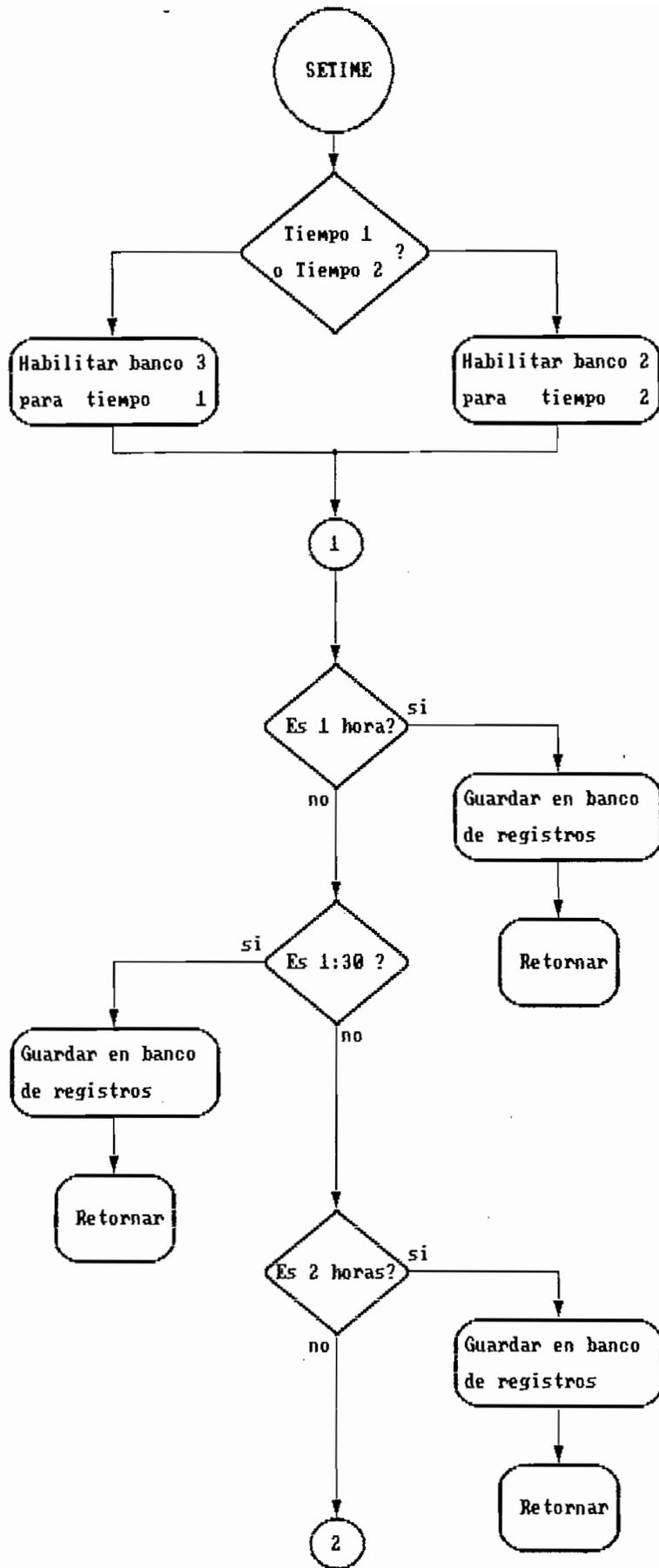


FIG 4.19(a): Diagrama de subrutina de seleccion de tiempos

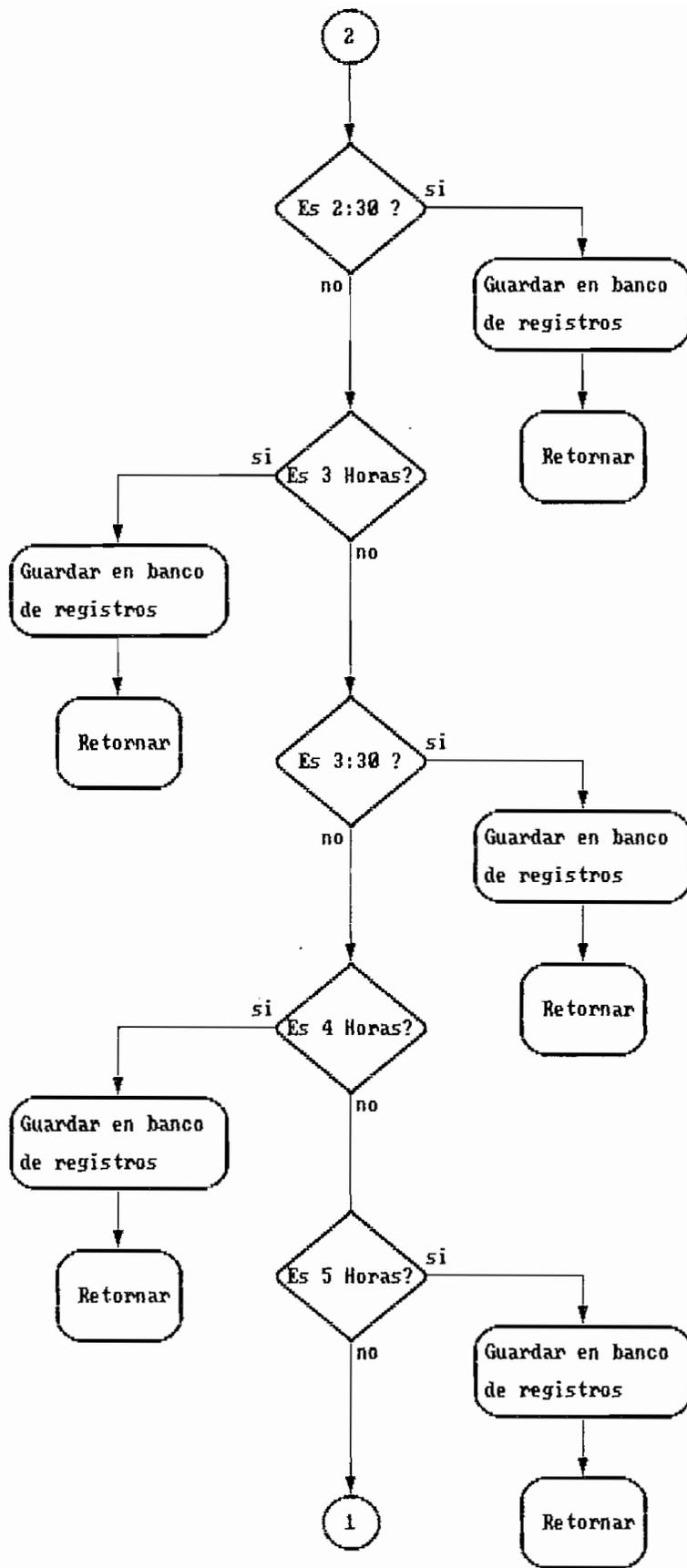


FIG 4.19(b): Diagrama de subrutina de seleccion de tiempos

4.4.2 SUBROUTINA DE SELECCION DE TIEMPOS

Esta subrutina es muy similar a la anterior y de igual forma sirve para seleccionar el tiempo de operación para los dos quemadores principales. En esta selección se utiliza la interrupción externa 0. El procedimiento de selección es idéntico al anterior, con espera de 1 segundo para cada valor que se muestra en el LCD, y en el caso de no ser seleccionado ninguno se regresa a mostrar desde el primer valor. Todo esto se lo puede ver en el diagrama de bloques que aparece en la figura 4.19 .

4.5. SUBROUTINA DE LECTURA DE TEMPERATURA

Esta subrutina es la encargada de determinar la temperatura a la cual se encuentra cada una de las cámaras principales. La misma subrutina sirve para las dos camaras principales, por lo tanto en el programa principal, antes de llamar a esta subrutina, se habilita el banco donde el R4 guarda el valor binario de temperatura de la cámara correspondiente. En el caso del incinerador 1 se habilita el banco 1 y se envía la orden para que el switch análogo permita el paso al conversor A/D de señal de termocupla 1 ; para el incinerador 2 se habilita el banco 0 y de igual forma el switch análogo permite el paso de señal de termocupla 2.

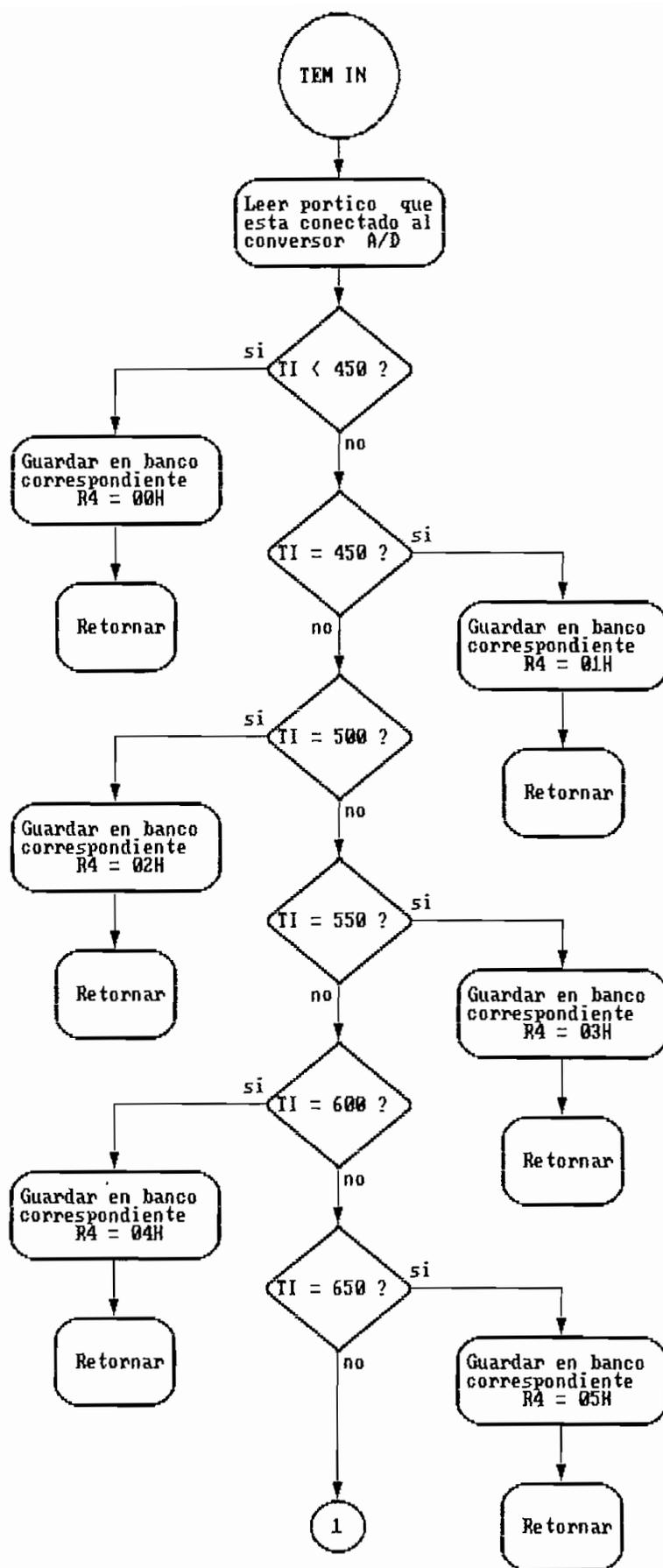


FIG 4.20(a): Diagrama de subrutina de lectura de temperaturas

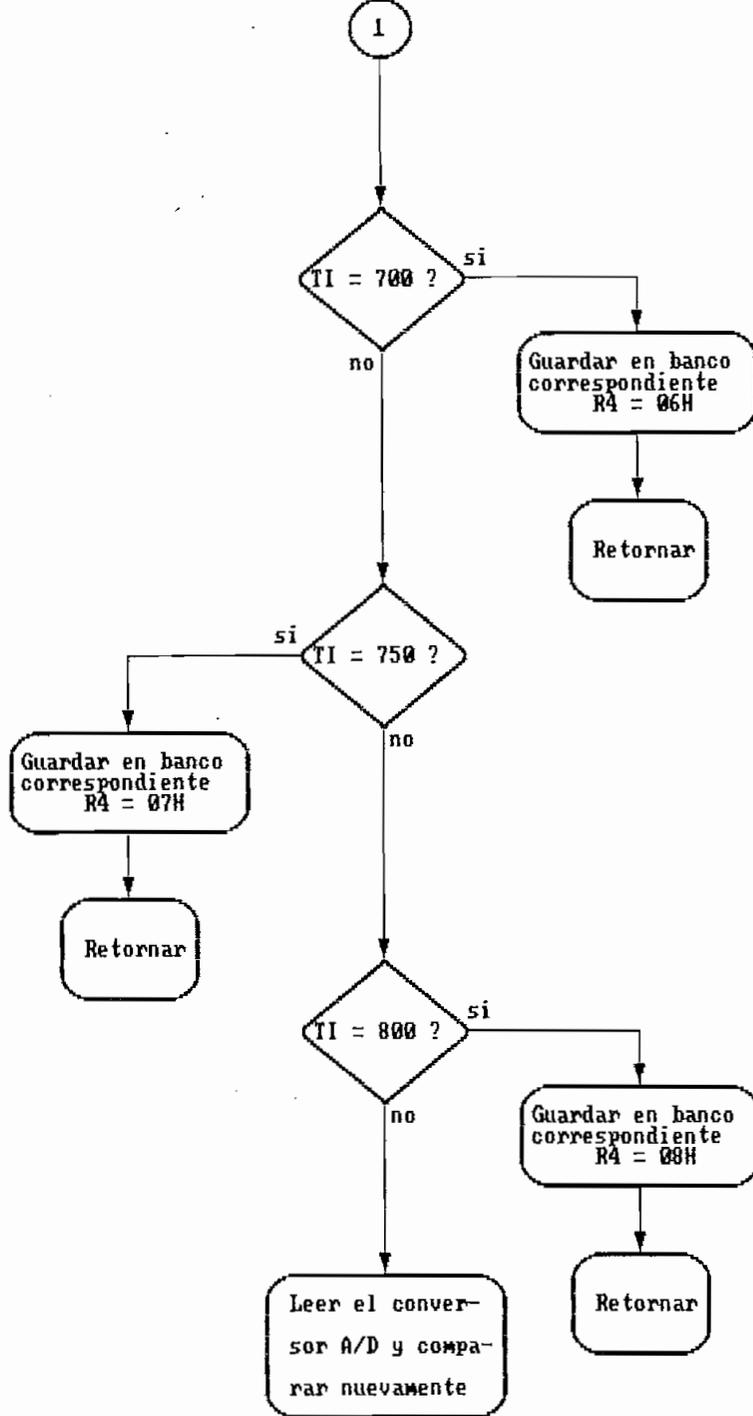


FIG 4.20(b): Diagrama de subrutina de lectura de temperaturas

En el numeral 1.1 se indican los valores de temperatura que se controlan y los rangos para los lazos de histéresis, es decir son ocho los valores de temperatura que interesan para el control. Estos valores son 450°, 500°, 550°, 600°, 650°, 700°, 750° y 800° centígrados. Si ninguno de estos valores es identificado, se vuelve a leer el pòrtico 2 donde está conectado el conversor análogo/digital. El diagrama de bloques que muestra el proceso de lectura de la temperatura de incinerador se expone en la figura 4.20.

4.6. SUBROUTINA MUESTREO

Los datos que son enviados por el microcontrolador al LCD, son mandados por esta subrutina. Aquí se determina si se desea ver tiempo de operación ó temperatura de control, para el quemador 1 ó 2. Para ello se lee el buffer al cual están conectados los switches y de acuerdo a su posición se habilita el banco que contiene los datos deseados, para luego llamar a la subrutina que envía los datos al LCD, la cual se describe en el numeral siguiente. El diagrama de bloques de esta subrutina se observa en la figura 4.21.

4.7. SUBROUTINA DE DISPLAY

Para enviar los datos al LCD de 4 dígitos, se utiliza el driver ICM7211M . Este driver recibe los datos de cada dígito en BCD, además se necesita de dos dígitos para indicar el dígito que se está enviando. Esta subrutina utiliza el pòrtico 0 para este

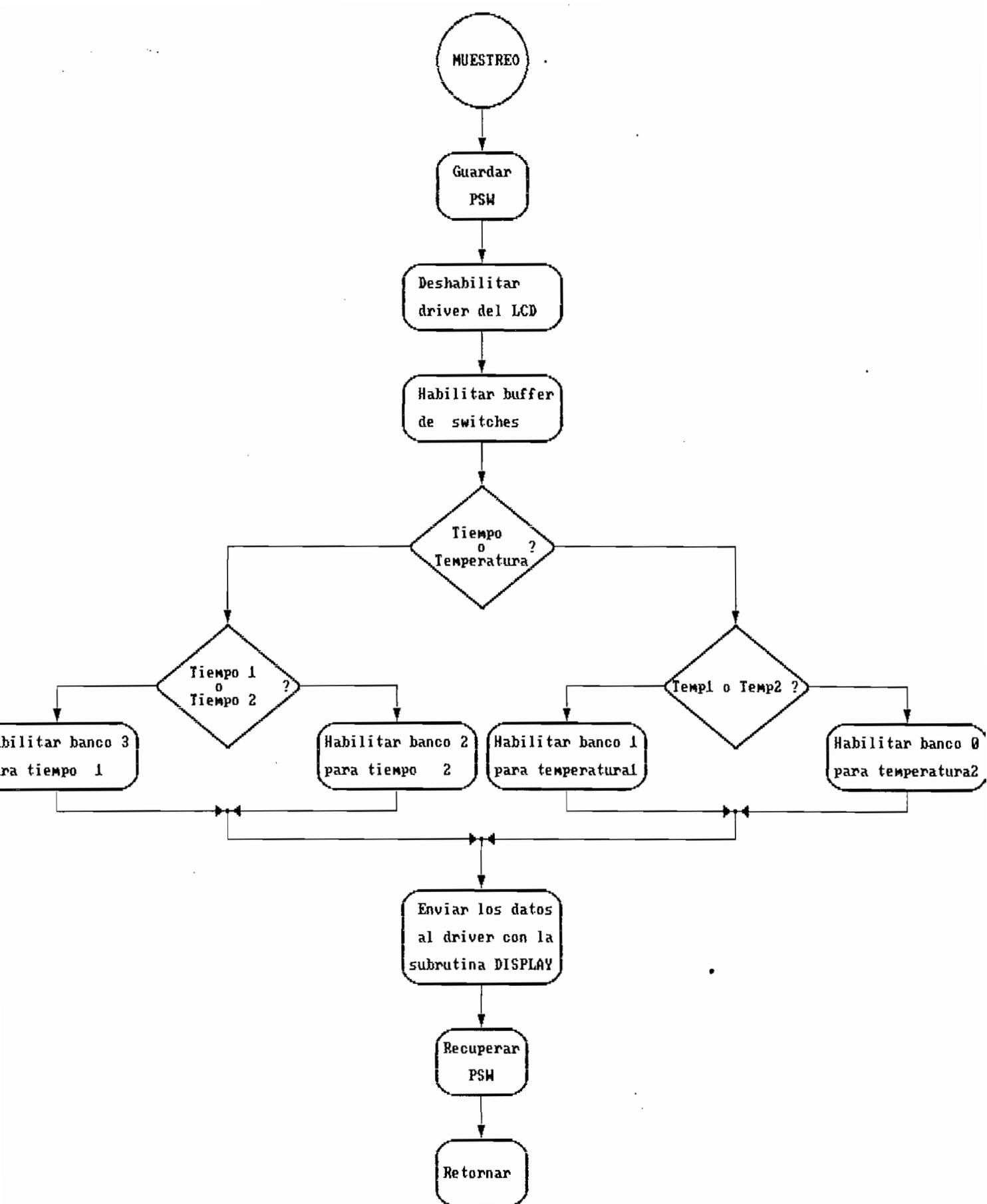


FIG 4.21 : Diagrama de subrutina de muestreo



FIG 4.22 : Diagrama de subrutina de display

propósito, por esta razón coloca sucesivamente el contenido de los registros R0, R1, R2 en este pórtico, de cualquiera de los cuatro bancos de registros; por lo tanto siempre que se llama a esta subrutina previamente debe seleccionarse el banco correspondiente.

Cada registro contiene en los cuatro bits menos significativos el dato a enviarse, en los bits 5 y 6 se tiene el dígito al que corresponde. Antes de colocar los contenidos de los registros en el pórtico O, se deshabilita con el pin 7 de este pórtico al buffer de lectura de switches que también está conectado a este pórtico. Luego que está el contenido del registro en el pórtico, mediante el pin PO.4 se envía el pulso al chip select del driver que actualiza la información en el LCD. Lo señalado se puede ver con mayor claridad en el diagrama de bloques de la figura 4.22 .

4.8. SUBROUTINAS DE ALARMA

Como se vió en el programa principal, existen tres subrutinas de alarma, una para cada quemador. En realidad las tres subrutinas tienen la misma estructura, es decir primero prenden la luz de alarma , luego apagan todas las solenoides y transformadores, y prenden los tres ventiladores, finalmente esperan 10 minutos y si no es inicializado el equipo se pasa a la subrutina para el autoapagado. Como se puede ver la única diferencia entre las tres subrutinas, es al inicio de cada una que se debe encender la luz de alarma correspondiente, por lo tanto las tres subrutinas tienen diferente entrada, pero convergen desde el momento de

apagar solenoides y transformadores, esto se puede ver en el diagrama de la figura 4.23 .

4.9. SUBROUTINA DE FINALIZACION

Esta es la subrutina más pequeña de todas, pero muy importante, puesto que es la que determina, cuando el tiempo de operación de los dos quemadores principales, ha llegado a cero. En el caso de que uno de los tiempos no sea cero, regresa a la operación normal de ese incinerador, pero si la condición de tiempo cero se cumple para los dos incineradores, entonces pone 1 lógico en todos los pines de los pórticos, y finalmente envía la señal de autoapagado al pin F2.6 y se queda en un lazo infinito hasta que la energía sea suprimida, ó que se reciba la señal de reset y empiece nuevamente toda la operación. Lo dicho se puede ver en la figura 4.24 .

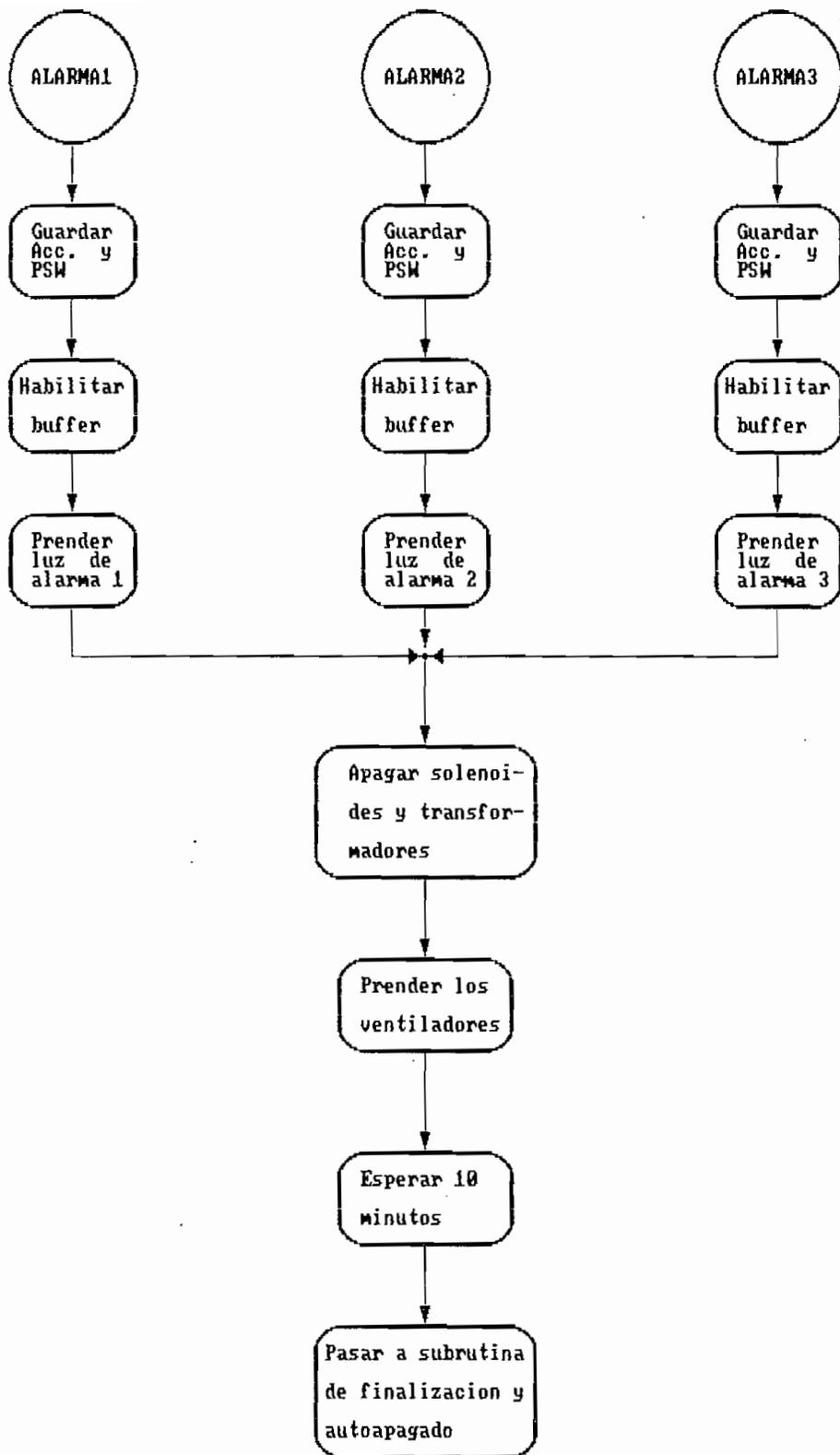


FIG 4.23 : Diagrama de subrutina de alarmas

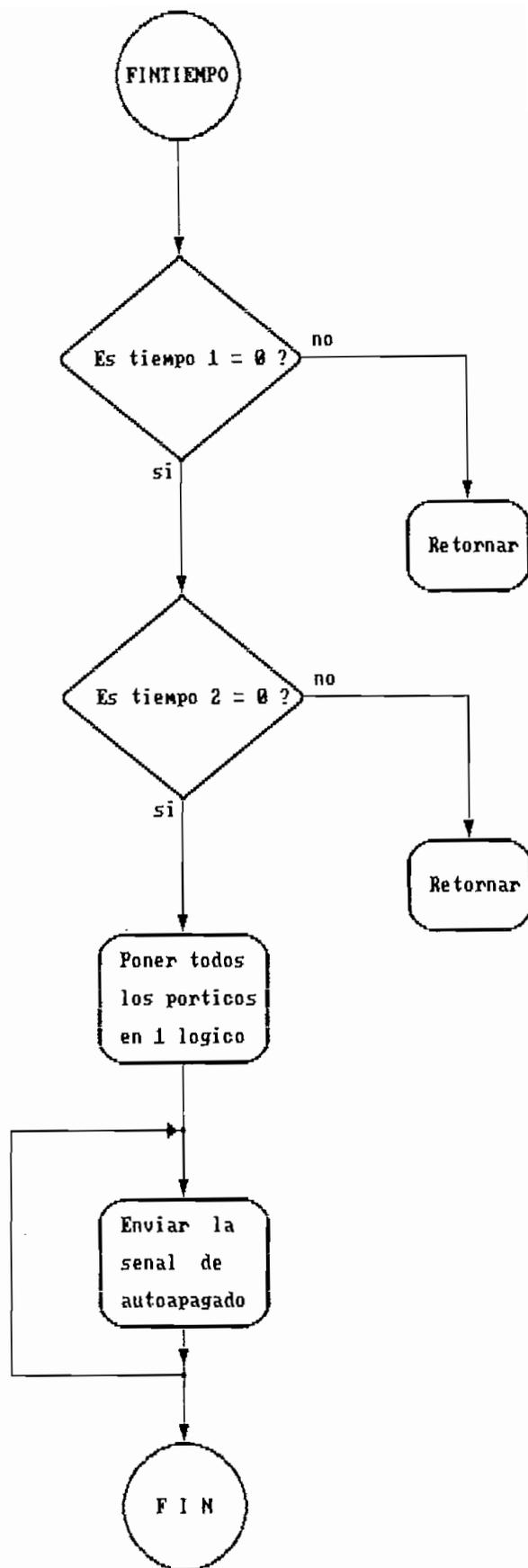


FIG 4.24 : Diagrama de subrutina de finalizacion

SIMULACION

5.1. CARACTERISTICAS DEL PROGRAMA SIMULADOR

El programa simulador tiene el nombre AVSIM51 y fué creado por Avocet Systems Inc. Este programa ha sido diseñado para simular completamente la familia de microprocesadores del 8051. Simula por entero la arquitectura de la CPU, incluyendo marcadores de tiempo, interrupciones, y pórticos de comunicación externa, habilitando el usar el código que utiliza cada característica del microprocesador. Aislado de esta forma el proceso de depuración de errores del programa que podrían detener la simulación, como son sobrescritura en el programa o acceso a localidades de memoria no existentes, proveyendo de un completo control en el depuramiento.

Las principales características del AVSIM51 son las siguientes:

- Simulación completa de la CPU seleccionada, incluyendo todos los contadores de tiempos, interrupciones y pórticos. Además todos los periféricos internos del chip están simulados exactamente.
- Muestra las condiciones de todos los registros, banderas, pórticos y áreas de memoria seleccionadas por el usuario

durante la ejecución del programa.

- Completa capacidad de depuramiento simbólico, incluyendo puntos de parada permanentes, dinámicos y condicionales, puntos de paso, ejecución de simple paso y regreso paso por paso. Permite aún el regreso desde las interrupciones.
- Un relativo ensamblador, permitiendo hacer parches o remiendos en el programa y examinarlos inmediatamente, sin la necesidad de salir del simulador. Estos parches pueden ser grabados en un archivo del disco para un uso posterior.
- La simulación no puede ser cortada por errores de programación, pero errores como ramificaciones a localidades de memoria no existentes o extracciones de la pila muy largas u otros errores semejantes son tratados como puntos de corte.
- Una total interacción con la pantalla para facilidad del usuario. Cualquier registro, pórtico o localidad de memoria puede ser modificada directamente.
- Simulación directa de entrada/salida, por cambios de valores en los pórticos o usando archivos previamente creados para simular la entrada al chip. Las salidas del programa pueden ser grabadas en un archivo del disco para posteriores diagnósticos.
- La longitud del buffer de retorno puede ser seleccionada por el

usuario, permitiendo regresar desde 0 hasta cientos de instrucciones.

- Pueden ser abiertos hasta 14 archivos de entrada/salida.

5.1.1 Modos de trabajo del AVSIM51

El AVSIM51 organiza sus características disponibles, trabajando en dos modos:

Modo de Display: En este modo, el simulador funciona como un total editor de pantalla. Se puede mover el cursor a cualquier parte de la CPU que aparecen resaltadas, como son los registros o p \acute{o} rticos, y cambiar los contenidos de estas \acute{a} reas.

Modo de Comando: En este modo, se tiene acceso a un grupo de men \acute{u} s de comandos, que aparecen en la parte inferior de la pantalla. Estos comandos permiten cargar archivos, examinar memoria, cambiar fragmentos de programa (parches), etc.

Para el intercambio entre los modos se lo hace sencillamente presionando la tecla de cambio de modo, que en el caso de trabajar bajo el sistema operativo MS-DOS corresponde a la tecla <Esc>, bajo otro sistema operativo puede corresponder a otra tecla.

El simulador provee un grupo de funciones con las teclas de funci \acute{o} n, las cuales permiten controlar la corrida del programa.

Estas teclas permiten poner en operación continua o simple paso, regresar pasos, seleccionar la velocidad de simulación y poner puntos de corte dinámicos. Estas teclas pueden ser usadas en cualquiera de los dos modos indicados, aunque su operación cambia ligeramente con cada modo. Esto no altera como corre el programa, sóloamente el método para hacerlo correr.

5.1.2 La Pantalla del AVSIM51

La pantalla del AVSIM51, realmente funciona como una visualización de la CPU, y muestra los contenidos actualizados. Como resultado se tiene toda la información en la pantalla, aunque un poco apretada, lo que al principio puede aturdir, por esta razón se tiene que identificar muy bien las distintas regiones en las que está dividida la pantalla. Cada una muestra la información o el estado del área de la CPU que simula.

Las regiones de la pantalla del AVSIM51 se muestran en la figura 5.1 en la siguiente página. Esta pantalla corresponde a la versión 1.3 de este programa simulador y pueden existir ligeras diferencias con las de otras versiones, especialmente en la localización de los pórticos y periféricos.

Cada región muestra los contenidos de todo el conjunto de accesorios de esta área particular. Por ejemplo, la región de Registros y Banderas muestra los contenidos de cada registro y bandera que existen en el 8051.

Las áreas que corresponden a la CPU muestran los datos en formatos particulares, como son en binario, hexadecimal o caracteres ASCII. Algunos como el Acumulador usan más de uno de estos formatos. Esto permite observar los contenidos de estas áreas, de la forma más conveniente dependiendo el propósito.

Dentro de las regiones, cada objeto, como un registro o pin, es tratado como una ventana separada. Se puede usar la teclas de cursor para moverse de ventana en ventana o permanecer dentro de una ventana en particular; la utilidad de cada una de las ventanas se dá a continuación.

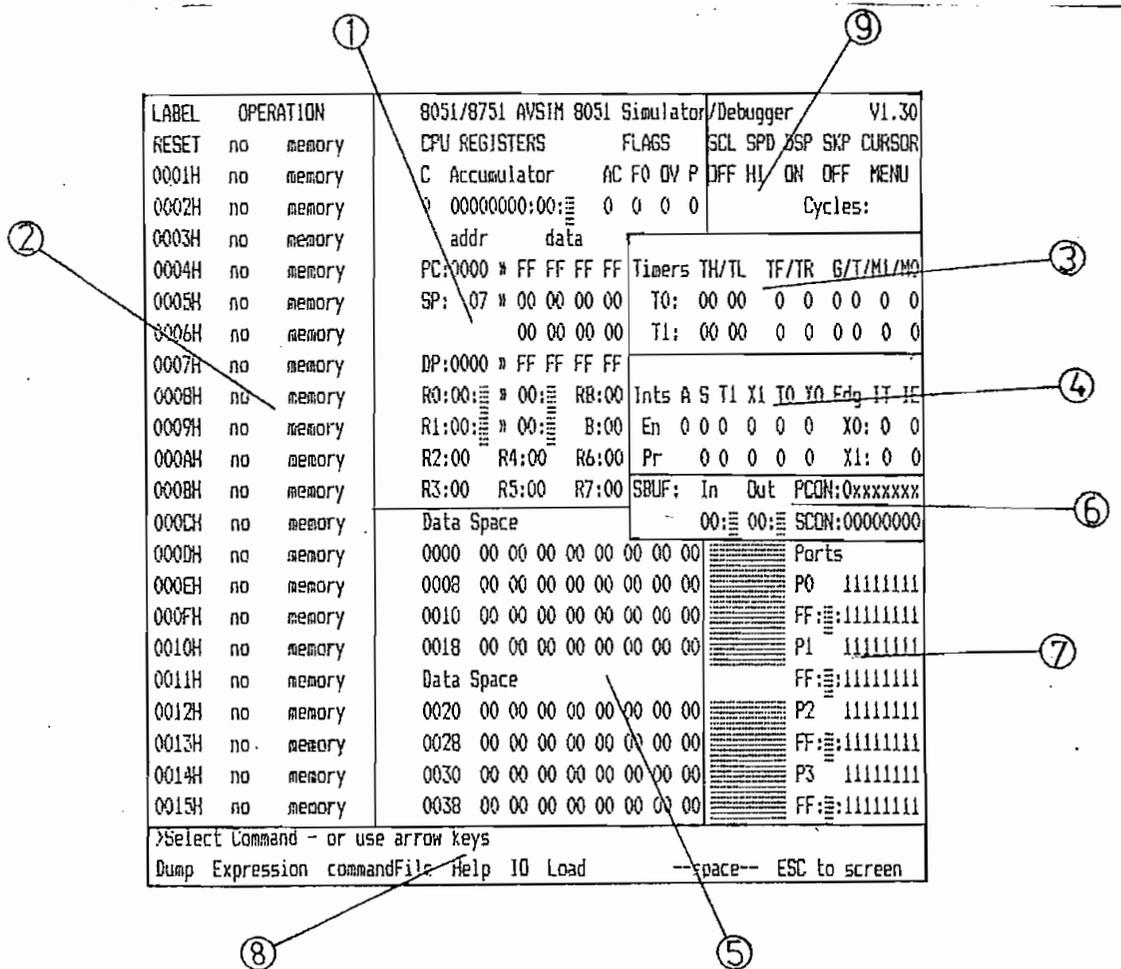


Figura 5.1: Regiones de la Pantalla del AVSIM51

1. Registros y Banderas: Esta región muestra los contenidos de cada registro asociado a la CPU y muestra los estados de cada bandera en la CPU.
2. Fragmento de Programa: Esta área muestra las direcciones, etiquetas, códigos de operación y argumentos de la porción de programa la cual está por ser ejecutada. El código de operación a ejecutarse se muestra en video reverso. Pulsando simultáneamente las teclas <Alt> y <F5> se cambia los nombres simbólicos de las direcciones a sus valores numéricos.
3. Contadores de Tiempo: Esta área muestra los bits de control de los timers y los contenidos de cada uno de ellos en la CPU.
4. Interrupciones: Esta área muestra los bits de control de todas las interrupciones en la CPU.
5. Areas de Memoria: Estas dos áreas son usadas por el comando Dump para mostrar los contenidos de memoria en bytes hexadecimales y caracteres ASCII. Cuando el cursor está en una de las áreas de memoria, la dirección donde se encuentra ese momento el cursor aparece en formato hexadecimal en la parte superior de esa área de memoria.
6. Pórtico Serial: Esta área muestra los contenidos de los buffers de recepción y transmisión del pórtico serial en hexadecimal y ASCII.

7. Pórticos: Esta área muestra los retenedores y los contenidos de cada pórtico en la CPU. Los retenedores se muestran junto al nombre del pórtico. Los contenidos del pórtico se muestran abajo de los retenedores respectivos y son mostrados en hexadecimal, binario y caracteres ASCII.
8. Area de Comandos: Esta área muestra los menús que son usados para el control del simulador. Estan localizados en dos líneas en la parte inferior de la pantalla.
9. Estado del Simulador: Esta área muestra el presente estado del simulador, como son la velocidad de simulación o si los datos serán actualizados o no. El contador de ciclos es un pseudo-registro, que puede ser editado como cualquier otro registro. Se puede también poner puntos de parada en el contador. Se puede borrar el contador moviéndose al pseudo registro de ciclos y presionando <Ctrl>-<Home>.

5.2. SIMULACION DEL PROGRAMA DISEÑADO

Para la simulación del programa diseñado, el simulador AVSIM51 debe cargar el archivo correspondiente. Para ello el simulador dispone del comando Load, el cual permite cargar varios tipos de archivos en el espacio de memoria del simulador. Estos archivos son los siguientes:

Avocet: Un programa y tabla de símbolos generados por el ensamblador de la Avocet XASM o por el macroensamblador de la misma casa AVMAC 8051.

Data: Un programa en formato Motorola (.MIK) o Intel (.HEX), que son cargados como RAM, es decir estos datos pueden ser modificados por el programa.

Program: Un programa en formato Motorola (.MIK) o Intel (.HEX), que es cargado como ROM, es decir que no pueden ser modificados por el programa.

Symbol Table: Una tabla de símbolos que es cargada además de otros símbolos que hubiesen sido cargados previamente.

Para el caso de la presente tesis, se utilizó la primera de estas opciones. Cuando se le dá este comando al simulador, éste pregunta por el nombre del archivo. Entonces entramos el nombre del archivo sin extensión. El simulador empezará a buscar un archivo con el nombre que entramos y la extensión .SYM o el archivo con el mismo nombre y extensión .PRN. El archivo de extensión .SYM automáticamente define todos los rangos y segmentos de memoria. Después de la búsqueda de los archivos .SYM y .PRN, el AVSIM51 buscará un archivo objeto con el nombre que entramos y la extensión (.MIK) ó (.MOT) ó (.HEX) y lo cargará a la ROM.

Para conseguir todos estos archivos a partir del archivo fuente que fué diseñado en el procesador de palabras, hay que utilizar dos programas. Primeramente el AVMAC51 y luego el AVLINK.

El `AVMAC51` es un macroensamblador, que acepta el texto del lenguaje assembly como archivo de entrada. Generando dos archivos de salida: El primero, el archivo objeto, conteniendo el programa en lenguaje de máquina producido por el ensamblador, el cual será usado más tarde por el enlazador (linker). Este archivo tiene la extensión `(.OBJ)` .

El segundo archivo contiene un listado del programa assembly, es una copia del texto de entrada, muestra los códigos de instrucciones y datos generados por el ensamblador, y además indica cualquier error que sea detectado. El lenguaje del archivo fuente debe usar los nemónicos del set de instrucciones del 8051.

El `AVMAC51` tiene algunas opciones, las cuales pueden ser especificadas por el usuario. Las opciones pueden ser dadas en la línea de comando, es decir cuando el ensamblador es invocado, ó en el archivo mismo. Es importante notar que la línea de opciones empieza con un signo `#$` en la primera columna. La línea de opciones aparece como sigue:

```
#$opción, opción, (etc...)
```

Las opciones requieren de argumentos. Por ejemplo, la opción de longitud de página, que especifica la longitud de una página en el archivo de listado, requiere un número como argumento. En el caso, de poner la longitud de página a 60 líneas, se deberá

escribir en la línea de comandos "PAGELENGTH=60". Algunas otras opciones, como la opción de títulos requieren grupos de texto como su argumento. Estos grupos de texto son encerrados por paréntesis después del nombre de la opción. De este modo para poner el título usado en esta tesis se deberá escribir "TITLE(Control Microprocesado de Incineradores). Existen también otras opciones como la de ancho de página además de muchas otras.

Luego de haber sido macroensamblado el programa y después de haber corregido todos los errores que detecta el AMAC51, corresponde usar el programa enlazador (Linker), para generar los archivos restantes que necesita el simulador AVSIM51. El programa que se utiliza para este objetivo también fué creado por Avocet Systems Inc. con el nombre de AVLINK.

El AVLINK genera un grupo de archivos de salida: un archivo hexadecimal (.HEX), un archivo de simbólico (.SYM) para ser usado con simuladores AVSIM, y un archivo mapa (.MAP), que muestra información acerca de las partes específicas donde el programa estará localizado.

Cualquier número de archivos objeto pueden ser especificados en la línea de comando. Los archivos son examinados y cargados por el AVLINK en el orden que ellos aparecen.

El AVLINK también tiene numerosas opciones, que entran en la línea de comandos. Cada comando tiene una abreviación. Los siguientes son ejemplos de algunas de estos comandos, donde las

letras mayúsculas del nombre del comando representan la abreviación del nombre que va en la línea de comandos.

- NoMap Suprime la generación del archivo mapa
- NoOut Suprime la generación del archivo hexadecimal
- NoSymbols Suprime la generación del archivo simbólico.
- SYmbols Habilita la generación del archivo simbólico
- PlainDump Genera una tabla simple de símbolos (etiqueta y dirección)
- Quiet Suprime todos los mensajes, inclusive los de precaución.

Una vez que se han generado todos los archivos necesarios para la simulación se puede continuar con ésta. En un primer momento se intentó simular el programa principal y cada subrutina por separado, para mayor facilidad, pero esto no fué posible puesto que el macroassembler, como el simulador generan mensajes de error cuando se llama a una subrutina y ésta no se encuentra en el mismo archivo, lo mismo que cuando se salta a una etiqueta cuya dirección aún no se ha determinado. Por lo tanto fué necesario hacer la simulación de todo el programa al mismo tiempo.

Los primeros errores que se corrigieron con la ayuda del ensamblador, fueron los de sintaxis en las instrucciones que habían sido mal escritas, como también en las etiquetas y comentarios. En los saltos condicionales también se detectaron errores, puesto que excedían los 127 bytes hacia adelante ó los

128 bytes hacia atrás. La solución fué agregar una instrucción de salto absoluto dentro de los rangos de los saltos condicionales.

Con el uso del enlazador (AMLINK), los errores de sobrescritura se detectan inmediatamente. Estos se produjeron porque al programa principal como a cada subrutina se le asignó un segmento con una localidad de inicio, pero no se determinaba en que localidad concluía y debido a la extensa longitud del programa principal y de ciertas subrutinas éstas alcanzaban la dirección del siguiente segmento.

Durante la simulación misma se realizó la prueba de cada instrucción, mediante la alternativa que da el simulador para probar paso a paso, como se describió en el numeral anterior.

En la simulación de las interrupciones para selección de tiempo y temperatura, se encontró un error, puesto que el momento que se llamaba a la subrutina de espera de 1 segundo, se quedaba en un lazo infinito, porque esperaba la interrupción de la bandera del TIMER, pero ésta era ignorada ya que se encontraba atendiendo a la interrupción externa, por lo tanto fué necesario que en ese lazo se revise la bandera del TIMER permanentemente.

En las subrutinas para guardar los valores de temperatura de control, como de tiempos de operación se pudo observar como se guardan los valores en los bancos de registros, y como eran utilizados en la comparación con los valores que se leían del conversor análogo digital en el caso de las temperaturas,

mientras que en los registros que llevaban el control del tiempo de operación se notaba como decrementaban paulatinamente.

Los datos que eran enviados por el microcontrolador al LCD, fueron difíciles de percibir, puesto que estos salían por un pórtico paralelo, del cual solo los 4 bits menos significativos correspondían al valor en BCD que se enviaba al display, mientras que los 4 bits más significativos se encargaban de seleccionar el dígito, habilitar el driver y deshabilitar el buffer de lectura; todo esto ocurría en una sola instrucción y esto originaba el problema de visualizar.

En las subrutinas de prendido y apagado, la simulación fué mucho más sencilla, puesto que cada instrucción controlaba un pin y esto era muy fácil de apreciar.

5.3. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL SIMULADOR

La simulación es un método científico de acumulación y análisis de información. Con el desarrollo de los computadores análogos y digitales se ha convertido en un instrumento de gran importancia, para hacer pruebas o cambios en equipos muy costosos, que primeramente tienen que ser probados y luego implementados.

La principal ventaja del simulador es sin lugar a dudas el ahorro en tiempo, puesto que de no disponer del simulador cada

error y cada cambio en el programa hubiese implicado borrar primeramente la LVEFROM del 8751, para luego grabar el nuevo programa usando el único programador de micros, disponible en el laboratorio de computadores personales de la E.P.N. (AMS WPROGRAMER VERSION 3.0). Como se puede ver este proceso tomaría en el mejor de los casos, aproximadamente un día, mientras que con el uso del simulador esto se reduce a decenas de minutos.

El ahorro no es solo en tiempo, sino también económico puesto que se puede probar con que elementos trabajar mejor, y no adquirir elementos que pudieran ser incompatibles con el microcontrolador.

Otro aporte importante del simulador, es que permite una mejor comprensión de los procesos internos que se dan en el microcontrolador, al ejecutar cada instrucción. Además permite observar simultáneamente todas las áreas que son parte del microcontrolador.

De la simulación es posible identificar las áreas de memoria que ocupa el programa principal y cada subrutina, como también las localidades donde se guardan los valores, datos, direcciones, etc.

Una de las características de mayor utilidad que presta el simulador, es la facilidad para cambiar las instrucciones ó también conocidos como parches. Esta alternativa posibilita el no tener que regresar hasta el procesador de palabras para hacer

cualquier cambio en el programa, de esta forma se puede probar el cambio inmediatamente, y en el caso de que la hipótesis no sea adecuada, se prueba con otra ó simplemente queda como antes.

Con la simulación podemos asegurar la estabilidad del sistema, para que no ingrese el proceso en lazos infinitos, ni tampoco se dispare ó salte a regiones de memoria donde no se encuentre almacenado el programa.

Entre las desventajas podemos citar que en el simulador supuestamente el momento del RESET, las banderas se encuentran en cero lógico, pero en la realidad, no se conoce en que valor están previamente. Por esta razón se necesita ponerlas en cero antes de utilizarlas.

Una seria desventaja, es la imposibilidad de hacer la simulación en tiempo real, y esto se aprecia principalmente cuando se simula los tiempos de espera y para poner un ejemplo, en el caso de la subrutina de espera de 1 segundo, en el simulador tardaba 87 minutos, y aún cuando se utilizó un computador compatible XT cuyo microprocesador trabaja a una velocidad de 10 MHz.

Esta limitación también se la observa el momento de simular la lectura ó escritura de los buffers externos, pues éstos en la realidad no actúan tan rápidamente como el microcontrolador, por esto fué necesario usar instrucciones que provoquen una pausa

como el NOP (No opere).

Otra gran dificultad en la simulación se dá el momento de la entrada y salida de datos a través de los pórtricos, puesto que los bits correspondientes a estos pines se encuentran no numerados y muy juntos, lo cual obliga a un gran esfuerzo por verificar lo que sucede en cada pórtrico y se puede pasar por alto algún error.

**RESULTADOS EXPERIMENTALES
Y CONCLUSIONES****6.1 .- RESULTADOS DEL TRABAJO DEL CONTROLADOR EN EL INCINERADOR**

La verificación del trabajo del controlador en el incinerador, solamente se llevó a cabo desde la simulación. Efectivamente la combustión, la ignición, el encendido de motores y válvulas así como las fallas en las diferentes cámaras de los incineradores se realizaron en vacío, la ausencia física de la planta a controlar, no permitió estudiar las características del controlador en el proceso. Sin embargo por su comportamiento durante la simulación es de esperarse que el trabajo del controlador en el incinerador sea el previsto según los requerimientos del diseño.

6.2 .- CONCLUSIONES GENERALES Y RECOMENDACIONES

El diseño de un equipo, en el caso particular del controlador así se ha realizado, debe ser de tal forma que tenga una estructura modular, esto significa que las diferentes tarjetas, los C.I. y los elementos que cumplen actividades primordiales para el funcionamiento del mismo, puedan ser sustituidos por tarjetas C.I. o elementos de repuesto de una manera sencilla y en el

mínimo de tiempo, facilitando de esta forma las acciones de mantenimiento de la unidad. Además el sistema modular posibilita posteriores modificaciones al diseño, cambiar por ejemplo la tarjeta de procesamiento para otro sistema de control solamente se puede ejecutar en un sistema modular, también se puede cambiar la tarjeta de potencia en el caso de que se desee manejar cargas más grandes bajo el mismo sistema de control, o bien se pueden utilizar tarjetas en forma independiente para distintas aplicaciones, por ejemplo la tarjeta fuente, que suministraría los voltajes básicos de polarización, etc. Se debe sin embargo tener presente en el sistema modular los valores límites de trabajo, para no destruir los elementos o las mismas tarjetas por un excesivo efecto Joule sobre las mismas.

Es recomendable utilizar, siempre que se pueda, elementos que existan en el mercado local, de esa forma el mantenimiento del equipo será sencillo y no presentará este problema que es crítico en equipo importado

Además, el desarrollo de la electrónica y la evolución de los microprocesadores, ha permitido orientar en distinta forma el control de sistemas.

Un sistema de control basado en microprocesadores es más flexible, dinámico, y eficiente que un controlador analógico, o electromecánico. Esto se puede desprender del siguiente análisis.

FLEXIBILIDAD El sistema basado en microprocesadores es sumamente maleable pues permite modificar los valores de los diferentes parámetros que intervienen en el proceso a controlarse. Es así como los tiempos y las temperaturas de trabajo en el incinerador, la lógica para el encendido de luces indicadoras, el tiempo para luces de espera, los parámetros que determinan una condición de alarma, etc.; todos ellos pueden ser modificados o mantenidos, borrados o sustituidos desde el programa fuente.

El caso extremo de flexibilidad en trabajo con microprocesadores, constituye el diseño de una tarjeta universal que permita el control de distintos sistemas. Este control sirve para uno u otro sistema dependiendo del programa fuente diseñado e implantado en el microprocesador.

DINAMISMO La velocidad con que el flujo de información ingresa o sale del microcontrolador, la rapidez con que esta se procesa, las decisiones que se ejecutan desde el controlador automático, hacen del sistema de control basado en microprocesador uno de los más dinámicos seguros y eficientes. Además, acorde con la programación implantada se puede tener un panel de control transparente al usuario, es decir de sencilla utilización, que logre que el operador ingrese información o ejecute acciones de una forma segura y rápida.

EFICIENCIA Debido a la mayor facilidad con que se pueden realizar diferentes tareas de un mismo proceso a través de un solo C.I., dependiendo únicamente de las distintas subrutinas del programa fuente, es sin duda el controlador en base a microprocesadores mucho más eficiente que los controladores de elementos analógicos o elementos puramente electromecánicos quienes desarrollan acciones específicas en cada elemento. Por otro lado los elementos "no inteligentes" que complementan el circuito del controlador, por su alto grado de integración hacen que el cableado sea mínimo, permitiendo que el sistema sea mucho más confiable que aquellos en los cuales se disponen de varios C.I. para realizar la misma tarea.

El desarrollo del programa fuente con ayuda del simulador ha permitido un sustancial ahorro de tiempo y esfuerzo durante en el desarrollo del trabajo, por las propias ventajas ofrecidas por el simulador y que se describieron con detalle en el CAPÍTULO V, la utilización de este paquete de programación ha servido para detectar y corregir errores tanto en la lógica como en la forma de la programación, que se presentaron durante el desarrollo del diseño del SOFTWARE del controlador.

Son entonces recomendaciones generales utilizar elementos de alto grado de integración, que ejecuten la tarea de varios C.I. de grado de integración más bajo.

Es deseable también tener acceso al simulador de un microprocesador, y pese a sus limitaciones trabajar en él de modo que sea más sencillo detectar errores, se debe correr el programa diseñado introducir en los pódicos del simulador las condiciones especiales del proceso ejecutarlo paso a paso y pulirlo de modo que el control de el sistema se ajuste a lo solicitado.

Al igual que en el diseño del hardware se utilizó módulos, también en el software es necesario hacerlo en bloques, puesto que esto simplifica la detección de errores el momento de depurar el programa. Cada subrutina o bloque gira en torno al programa principal, que es el que realmente administra los recursos del microcontrolador. Estas subrutinas son llamadas desde el programa principal el momento que se requiere de una tarea específica como es enviar datos al display LCD, ó leer al conversor Análogo Digital, etc. Estas tareas no tienen una secuencia predeterminada ni tampoco envían o reciben siempre los mismos datos por esta razón fueron diseñados únicamente para cumplir con la función asignada y no detenerse en verificar el tipo de dato que manejan. De no haberlo hecho de esa manera hubiese sido necesario hacer una rutina independiente para cada tipo de dato y en consecuencia aumentaría el espacio de memoria utilizado.

Esta forma de diseñar el software también facilita el proceso de simulación puesto que es más fácil probar cada segmento del programa, que hacerlo todo de una sola vez. A medida que se consigue simular y corregir cada subrutina, se puede probar con las que ya están concluidas y de esta manera se llega

progresivamente a simular todos los bloques del programa actuando conjuntamente.

Uno de los mayores dificultades en Electrónica y Control se presenta el momento de controlar tiempos muy largos, y hacerlo sin la ayuda del microcontrolador hubiese resultado que los circuitos fuesen mucho más grandes y menos precisos, con la consiguiente pérdida de confiabilidad en el sistema. Los relojes internos de los que dispone el microcontrolador permiten hacer un control muy exacto de los tiempos, además en el mismo microcontrolador se lleva la cuenta del número de veces que deben llenarse los bits de estos timers, para contar los tiempos a controlarse.

BIBLIOGRAFIA

- [1] HANDBOOK OF ENVIRONMENTAL CONTROL, Segunda Edición, Los Angeles California U.S.A. 1986
- [2] NATIONAL SEMICONDUCTOR CORPORATION, Voltaje Regulador Hand Book, Santa Clara California U.S.A. 1980
- [3] NATIONAL SEMICONDUCTOR CORPORATION, Linear Data Book, Santa Clara California U.S.A. 1979
- [4] JACOB MILLMAN Y CHISTOS C. HALKIAS, Electrónica Integrada, Segunda Edición, Barcelona España, 1976
- [5] NATIONAL SEMICONDUCTOR CORPORATION, Data Conversion Acquisition Data Book, Santa Clara California U.S.A.,1980
- [6] INTERSIL, Component Data Catalog Data Book, Cupertino California U.S.A., 1986.
- [7] TEXAS INSTRUMENTS INCORPORATED, The TTL Data Book, Segunda Edición, Dallas Texas U.S.A., 1976.
- [8] PHILIPS EDG INC. , Semiconductor Master Replacement Guide, Empire Drive New York U.S.A., 1985.
- [9] BANDA G. HUGO A., Fundamentos del Control Electrónico de Potencia, primera edición, Quito, Editado por la Facultad de Ingeniería Eléctrica E.P.N., 1985.
- [10] I.L.KOSOW, Máquinas Eléctricas y Transformadores, tercera edición, Barcelona España, Editorial Reverté S.A., 1982.
- [11] I.L.KOSOW, Control de Máquinas Eléctricas, New Jersey U.S.A., Prentice Hall, 1977.
- [12] AVSIM 51 , User's manual, versión 1.2, New York U.S.A., Avocet System, Inc. November 1986.
- [13] AVMAC 8051, User's manual, versión 1.1,New York U.S.A., Avocet System, Inc. Mayo 1986.
- [14] ATLAS INCINERATORS,INC., Incinerations Systems, Minneapolis Minnesota U.S.A. 1986.

[15] ORCAD, Manual del usuario, Segunda Edición, New Jersey
U.S.A., Orcad Corporation Inc.,1988.

ANEXO 1

MANUAL DEL
USUARIO

PRENDIENDO EL CONTROL

Presionar el boton negro de ON/OFF. Se tiene que presionarlo por lo menos un segundo para asegurar un efectivo enclavamiento del rele de autoapagado.

Para apagar el control antes de su tiempo de operación seleccionado, basta con presionar el boton rojo de ON/OFF.

PONIENDO EN MARCHA LOS QUEMADORES

Para prender cualquiera de los dos quemadores principales, basta con levantar los switches correspondientes. En el caso del quemador 3, el switch en la posición hacia arriba (manual) prende inmediatamente dicho quemador, mientras que hacia abajo indica la posición de automático; en esta condición el quemador 3 enciende únicamente cuando cualquiera de los quemadores principales esté encendido.

Para apagar cualquiera de los quemadores principales, basta con bajar el switch respectivo. El quemador 3 se apaga cuando baja de la posición manual a la de automático siempre y cuando los quemadores principales estén también apagados. Si esto no ocurre, el quemador 3 permanecerá prendido hasta que los quemadores principales se apaguen.

SELECCIONANDO LA TEMPERATURA DE CONTROL

Para seleccionar la temperatura de control basta con presionar el pulsante de selección de temperatura, en ese momento el display central, muestra con intervalos de un segundo los cuatro valores posibles que se pueden seleccionar (500°C, 600°C, 700°C y 800°C). Cuando se deja de pulsar el botón de selección, queda memorizado como temperatura de control el último valor que mostraba el display. La cámara de incineración para la cual se escogió la temperatura de control, está determinada por el switch (IN1/IN2), que se encuentra a la derecha de los switches de selección. Las luces indicadoras que se encuentran en la parte superior de este switch nos indican para cual de las dos cámaras estamos seleccionando la temperatura de control.

SELECCIONANDO EL TIEMPO DE OPERACION

Al igual que para la selección de temperatura, basta con presionar el botón de selección de tiempo y entonces el display central mostrará los ocho valores posibles de tiempo de operación (1 hora, 1½ hora, 2 horas, 2½ horas, 3 horas, 3½ horas, 4 horas, 5 horas). El tiempo de operación de cada cámara de incineración es independiente, y queda determinado al momento de la selección por el switch (IN1/IN2), al igual que en el caso anterior.

ESCOGIENDO DATOS DEL DISPLAY

Los datos que muestra permanentemente el display central, cuando no se está seleccionando temperatura ni tiempo, pueden ser tiempo restante de operación para quemadores 1 y 2 ó temperatura de control para los dos quemadores. Para esto tenemos el switch TEMPERATURA/tiempo, que es el que determina que es lo que se va a observar en el display, el switch IN1/IN2 determina la cámara que se desea. En la parte superior del switch TEMPERATURA/tiempo, se encuentran las luces que indican si en el display se está mostrando tiempo o temperatura.

ALARMAS

Cuando un quemador se encuentra encendido y por cualquier circunstancia se apaga la mezcla, se produce la condición de alarma que es detectada por el control. En ese momento se enciende la luz de alarma del quemador que haya fallado, apaga todos los solenoides y transformadores prende todos los ventiladores y entra en un proceso de espera de diez minutos, si transcurrido ese intervalo de tiempo no recibe la orden de RESET, el control se autoapaga y por consiguiente apaga todos los quemadores. Las tres luces indicadoras de alarmas se encuentran entre los dos termómetros digitales.

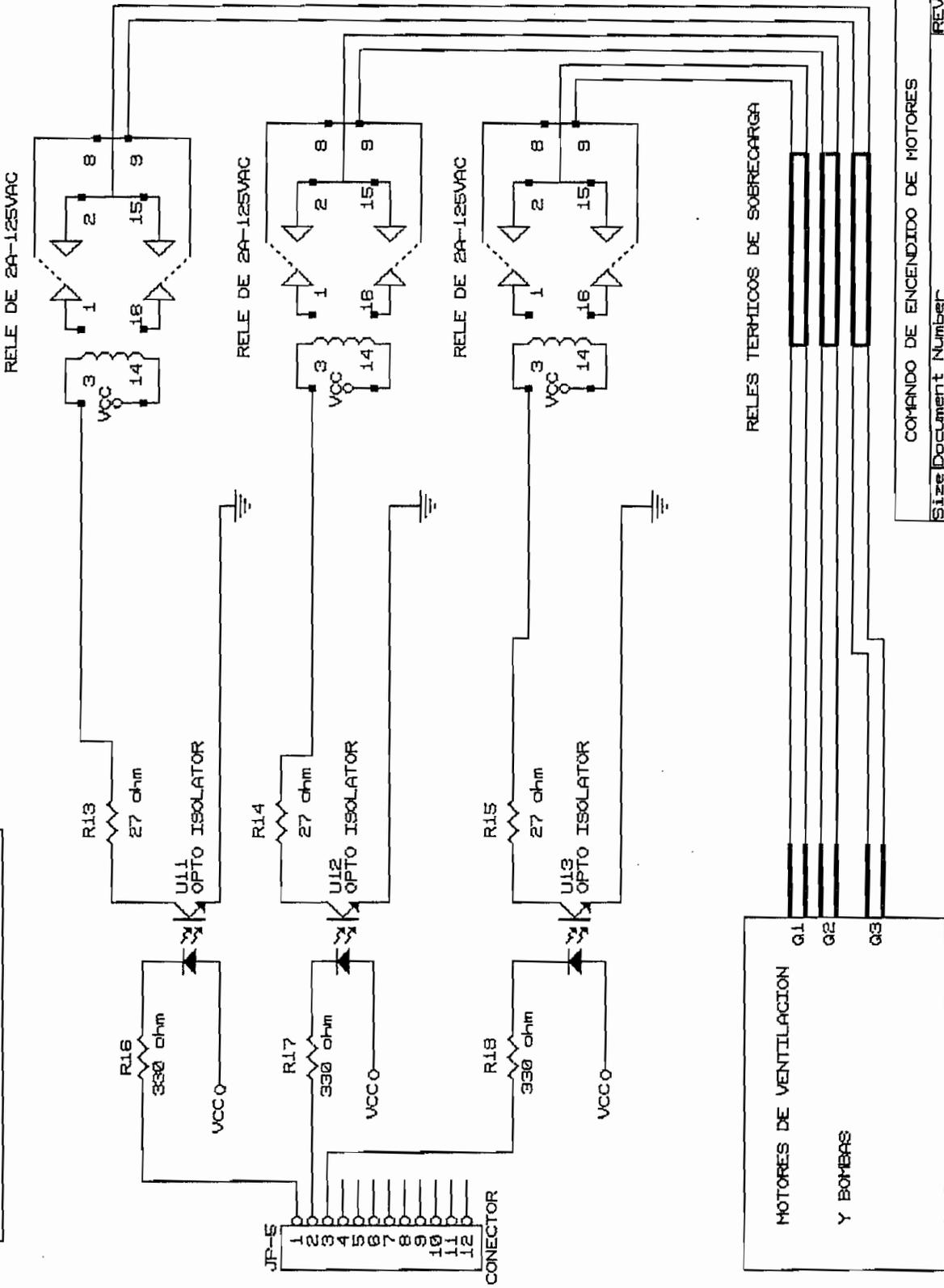
LUZ DE ESPERA

La luz de espera que se encuentra bajo las luces de alarma se enciende en el momento previo al encendido de un quemador. Esta luz se prende durante 30 segundos e indica que cualquiera de los tres quemadores se va a encender.

RESET

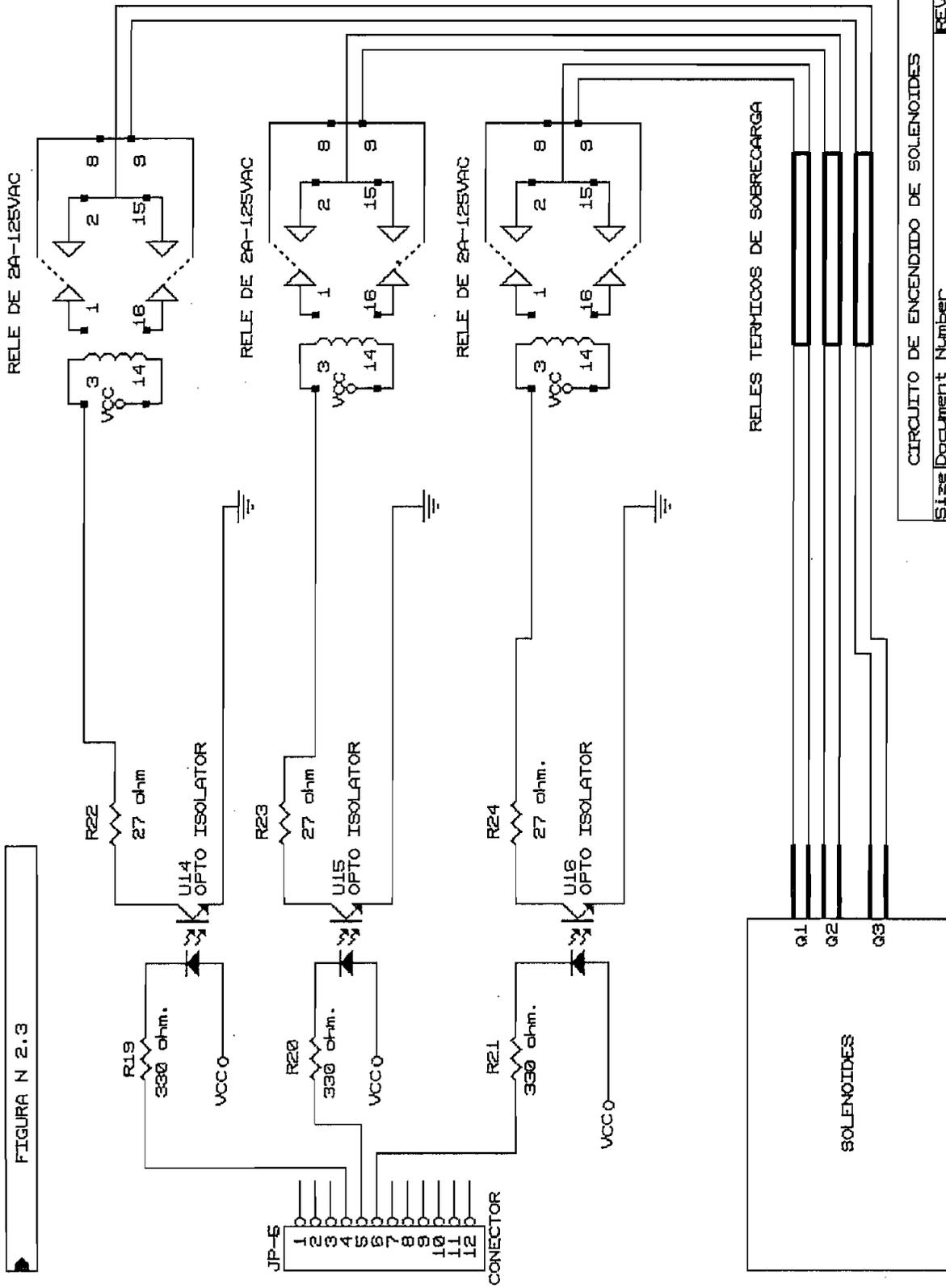
Este botón de reset se encuentra en la parte lateral izquierda del control, y tiene por objeto sacar al control de la condición de alarma cuando ésta se ha producido. También permite reactivar el control cuando este no responde a ninguna de las órdenes del operador.

FIGURA N 2.2



COMANDO DE ENCENDIDO DE MOTORES	
Size	Document Number
A	1
Date:	February 15, 1989
Sheet	1 of 1
REV	01

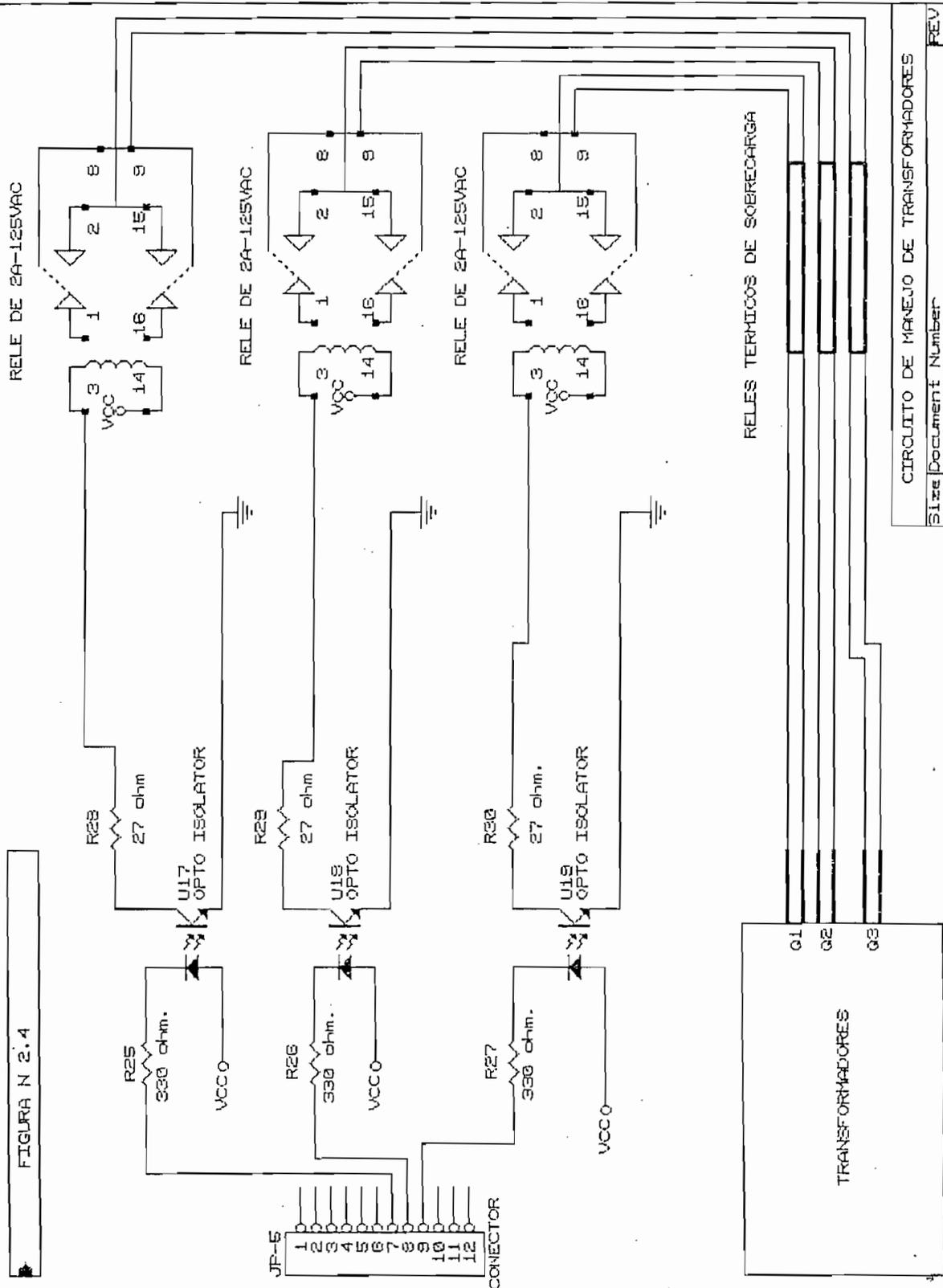
FIGURA N 2.3



CIRCUITO DE ENCENDIDO DE SOLENOIDES

Size	Document Number	REV
A	2	Q1
Date:	February 15, 1988	Sheet 1 of 1

FIGURA N 2.4



CIRCUITO DE MANEJO DE TRANSFORMADORES	
Size	Document Number
A	3
Date:	January 1, 1980
Sheet	1 of 1
REV	01

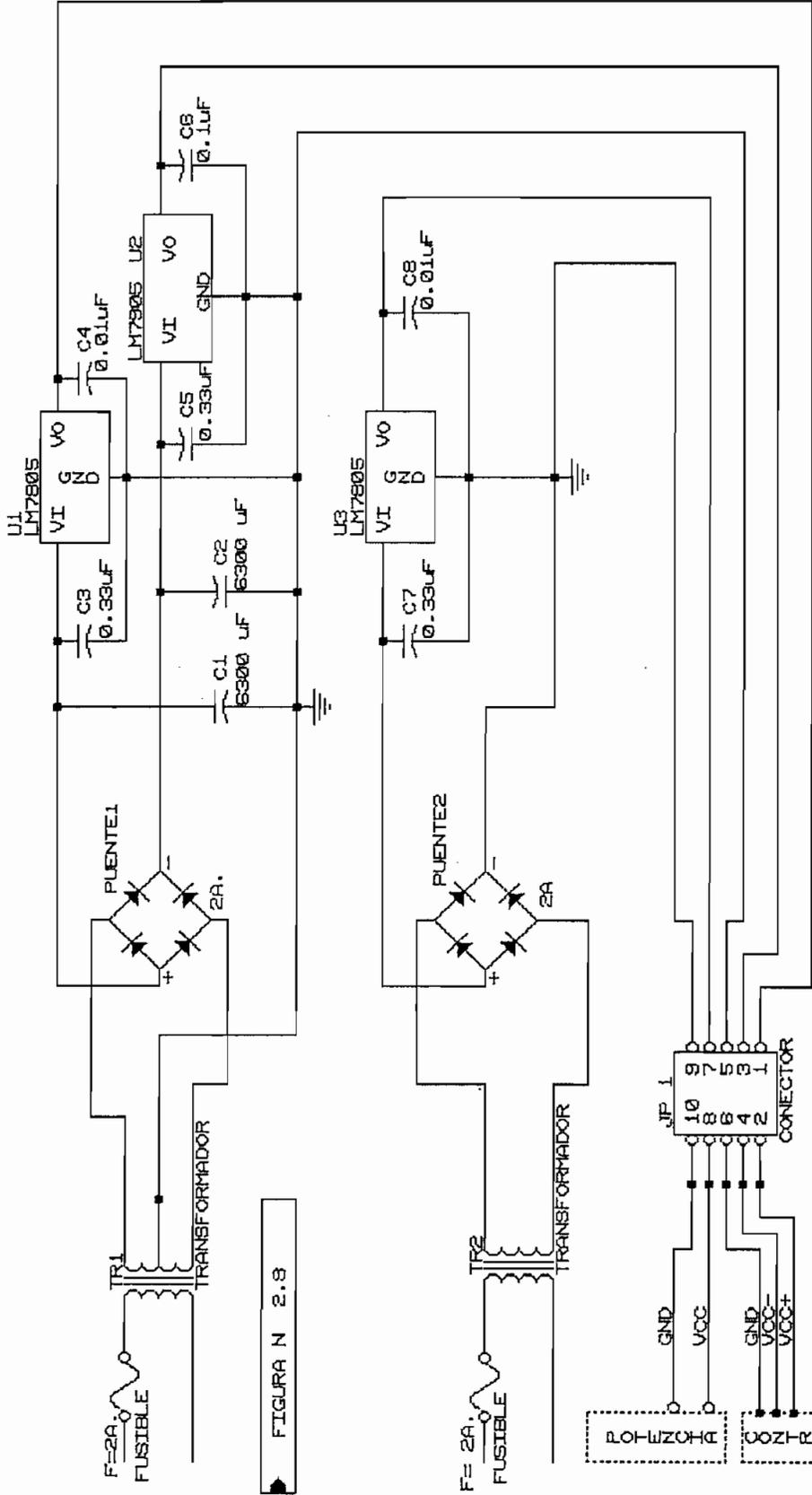


FIGURA N 2.8

FIGURA N 2.9

FUENTE	
Size	Document Number
A	1
Date:	April 25, 1989
Sheet	1 of 1
REV	01

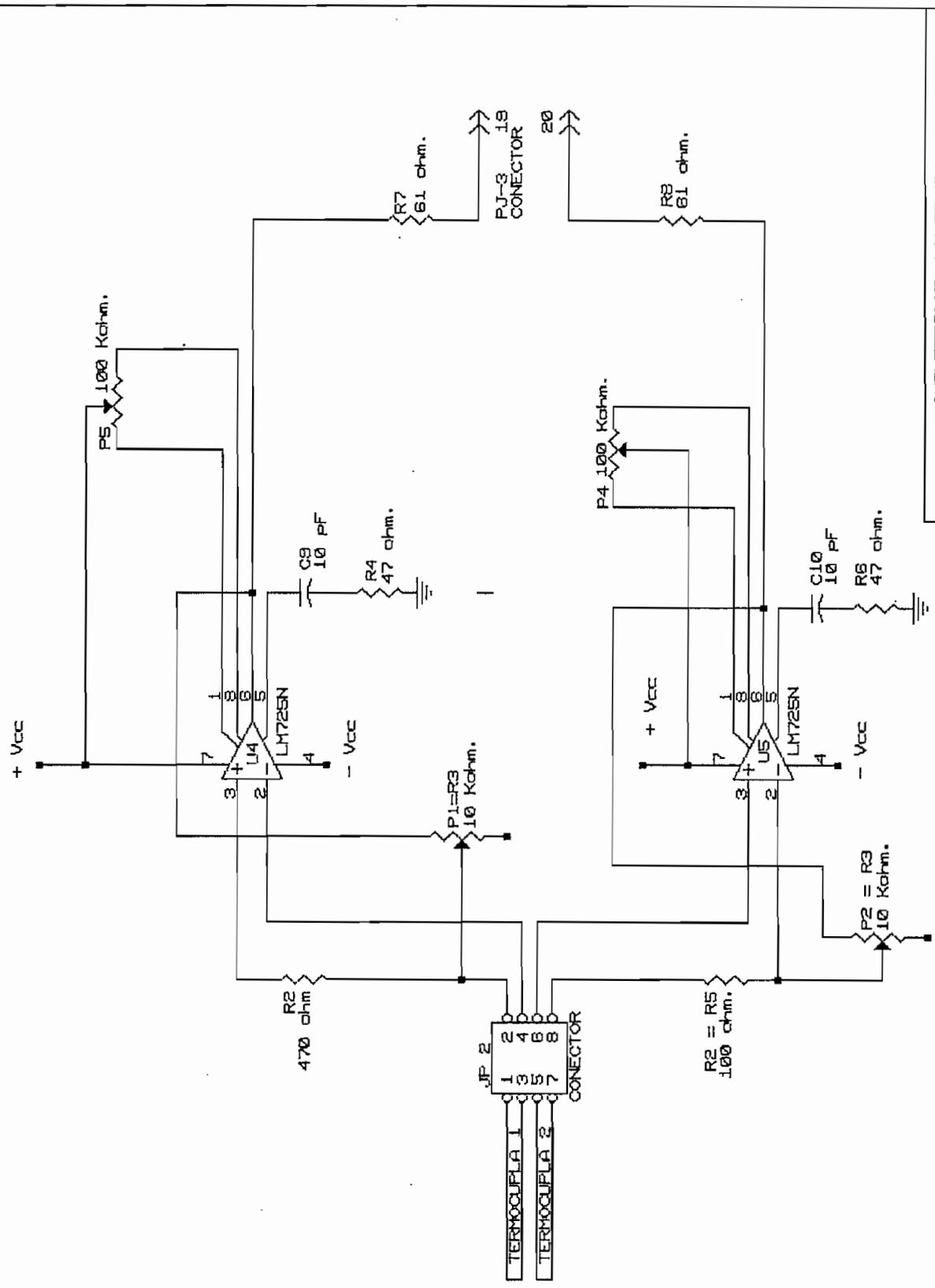


FIGURA N 2.12

AMPLIFICACION Y FILTRADO	
Size	Document Number
A	5
Date:	Apr 11 25, 1989
Sheet	1 of 1

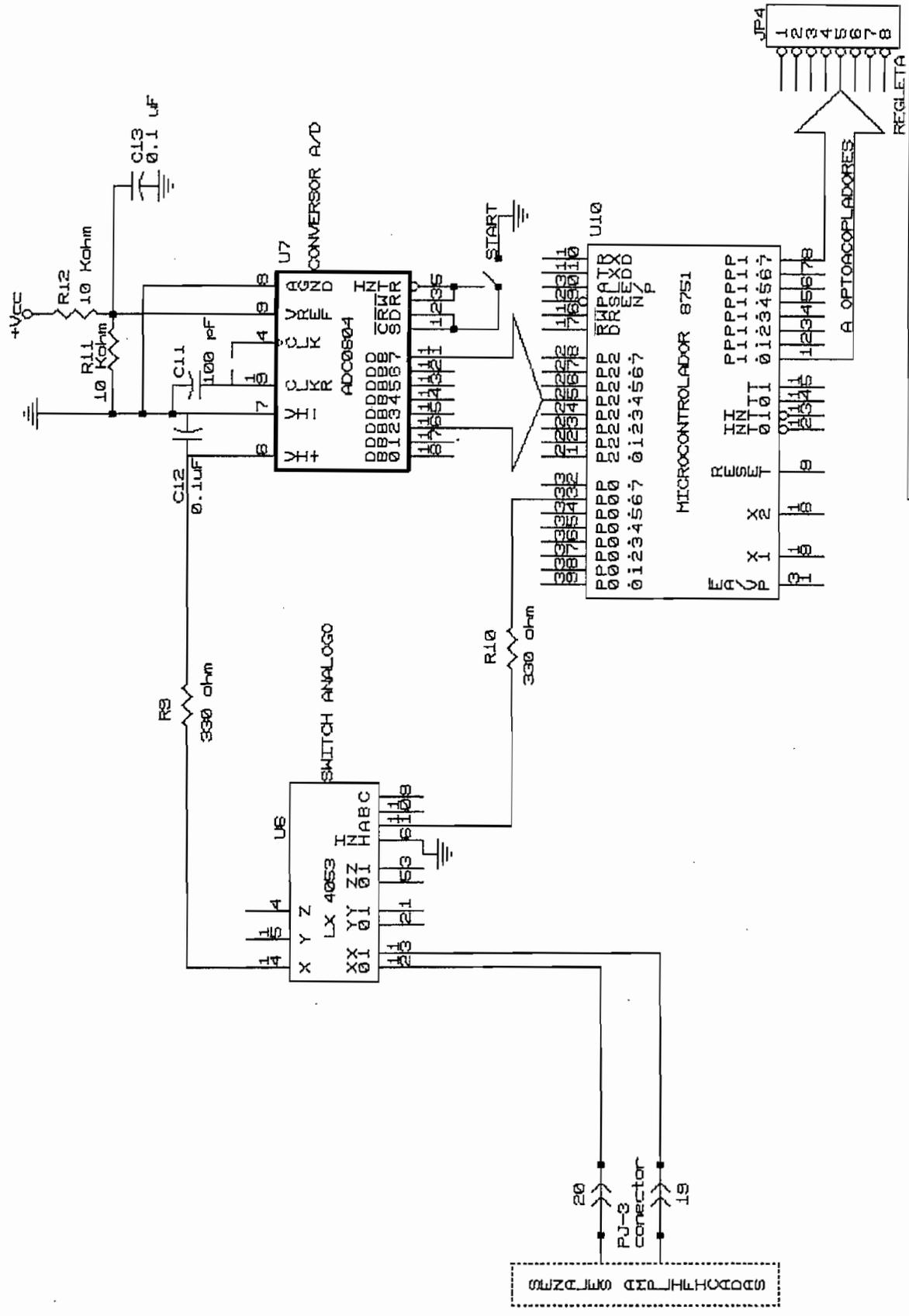
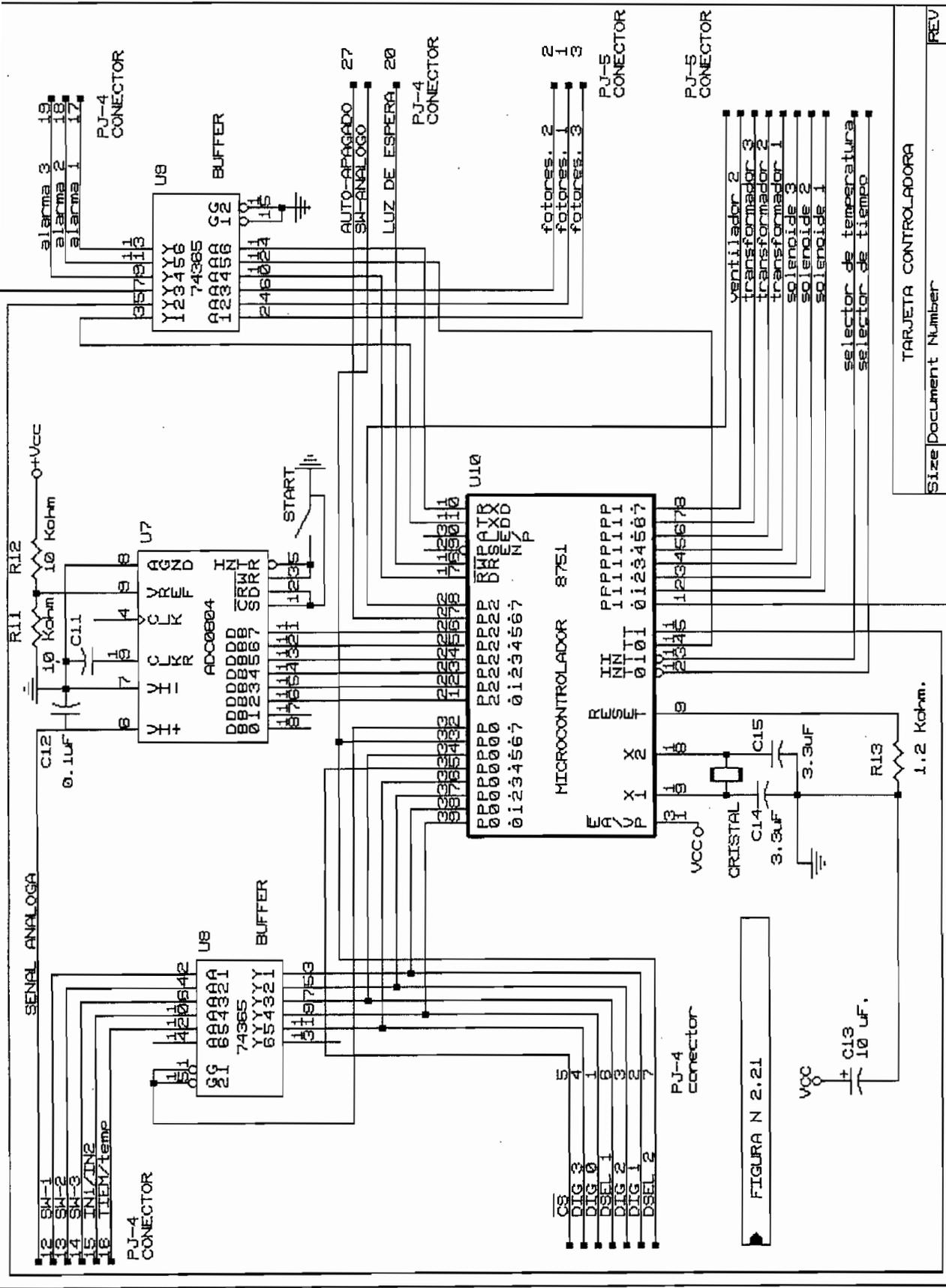


FIGURA N 2.18

SELECCION Y CONVERSION R/D	
Size	Document Number
A	7
Date:	April 25, 1989
Sheet	1 of 1
REV	01



TARJETA CONTROLADORA

Size Document Number A B

Date: April 25, 1989 Sheet 1 of 1

REV

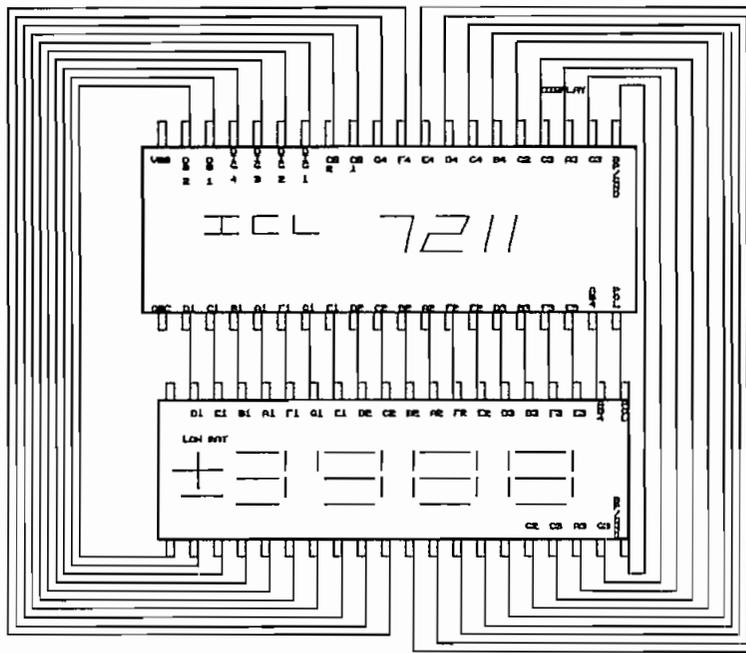
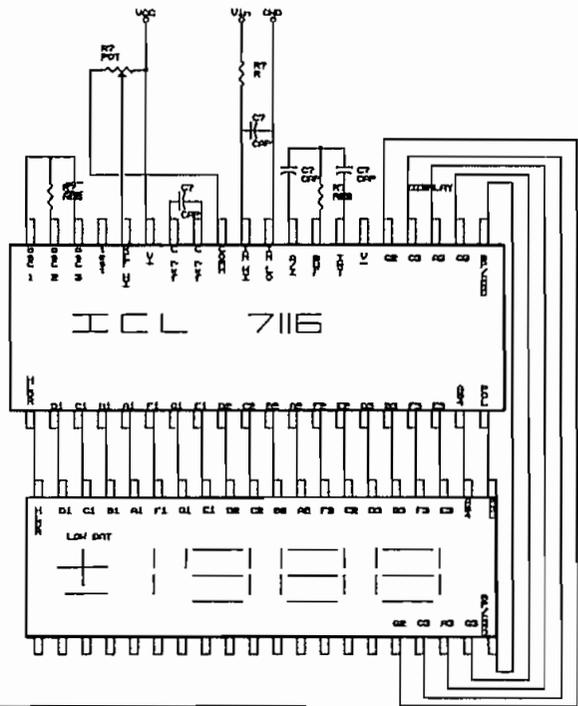
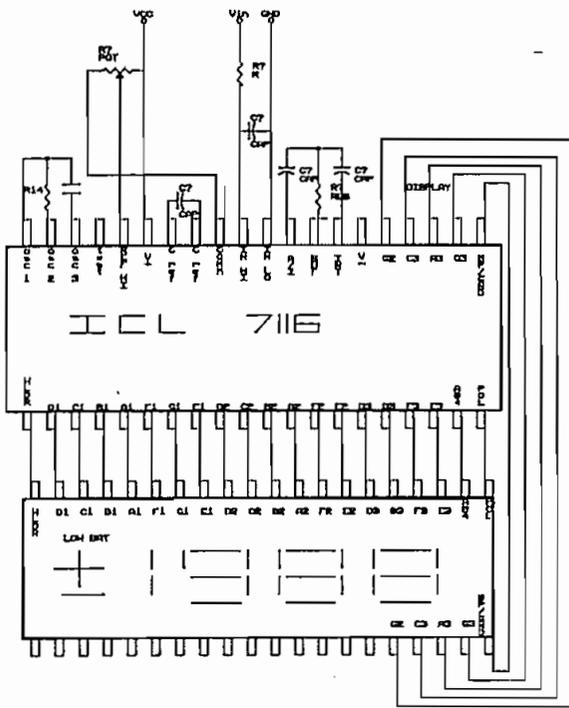
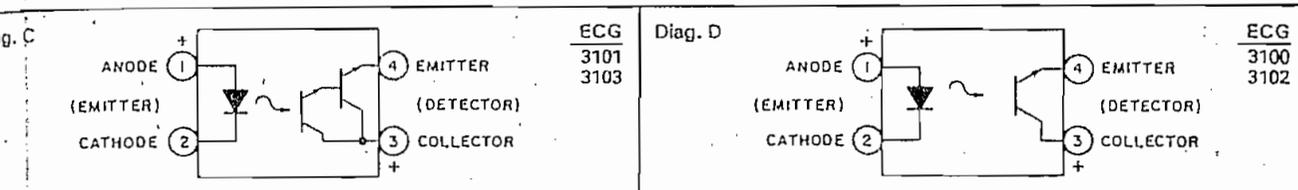


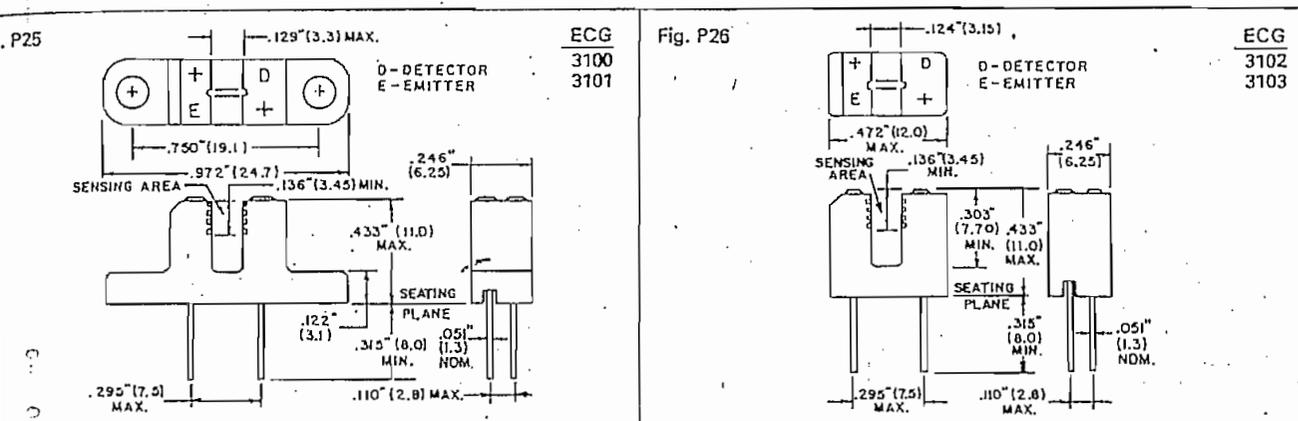
Photo-Coupled Interrupter Modules

CG Type	Output Configuration	Total Power Dissipation P_T (mW)	LED Max Ratings		Collector To Emitter Voltage V_{CE0} (V)	Collector Current I_C (mA)	Ckt. Diagram	Fig. No.
			Forward Current I_F (mA)	Reverse Voltage V_R (V)				
G3100	NPN Transistor	250	60	6	55	100	D	P25
G3101	NPN Darlington	250	60	6	55	100	C	P25
G3102	NPN Transistor	250	60	6	55	100	D	P26
G3103	NPN Darlington	250	60	6	55	100	C	P26

Circuits



Outlines



Photoisolators

Type	Output Configuration	Total Device Ratings *			LED Max Ratings		Phototransistor Ratings				Ckt. Diag.	Fig. No.
		Isolation Voltage V_{ISO} Surge (V)	Total Power P_T (mW)	DC Current Transfer Ratio % *	Forward Current I_F (mA)	Reverse Voltage V_R (V)	Collector to Base Voltage V_{CB0} (V)	Collector to Emitter Voltage V_{CE0} (V)	Collector Current I_C (mA)	Typ Freq KHz		
3043	NPN Transistor	7500	250	20	80	3	70	30	3.5 Typ	300	A	P28
3041	NPN Transistor	7500	250	100	60	6	70	30	100 Max	150	A	
3042	NPN Transistor	7500	250	20	60	3	70	30	50 Max	150	A	
3043	NPN Transistor	3550	260	70	60	3	70	80	50 Max	100	A	
3044	NPN Darlington	7500	300	300	80	3	--	80	150 Max	75	B	
3045	NPN Darlington	7500	300	500	80	3	--	80	150 Max	75	B	
3067	NPN Transistor	6000	250	20	60	3	30	30	100	100	D	P27
3082	NPN Darlington	6000	250	400	60	3	30	30	100	75	C	
3083	NPN Darlington	7500	250	200	60	3	30	30	100	75	E	P28
3084	NPN Darlington	7500	250	100	60	3	55	55	100	75	E	
3086	NPN Dual Transistor	7500	400	50	60	3	30	30	30	200	F	P29
3087	NPN Transistor	7500	300	20	60	6	300	300 (BVCEr)	100	200	A	P28

Current Transfer Ratio is the output transistor collector current divided by the LED forward current - $h_{FE} = I_C / I_F$

Optoisolators (cont'd)

ECG Type	Output Configuration	Total Device Ratings			LED Max Forward Current I_F (RMS) (mA)	Phototransistor Ratings				Ckt. Diag.
		Isolation Voltage V_{iso} Surge (V)	Total Power P_T (mW)	DC Current Transfer Ratio % *		Collector to Base Voltage $BVCBO$ (V)	Collector to Emitter Voltage BV_{CEO}	Collector Current I_C (mA)	Typ Freq KHz	
ECG3089	NPN Transistor	7500	300	20	60	70	30	100	200	M

* DC Current Transfer Ratio is the output transistor collector current divided by the LED forward current - $h_{FE} = I_C / I_F$

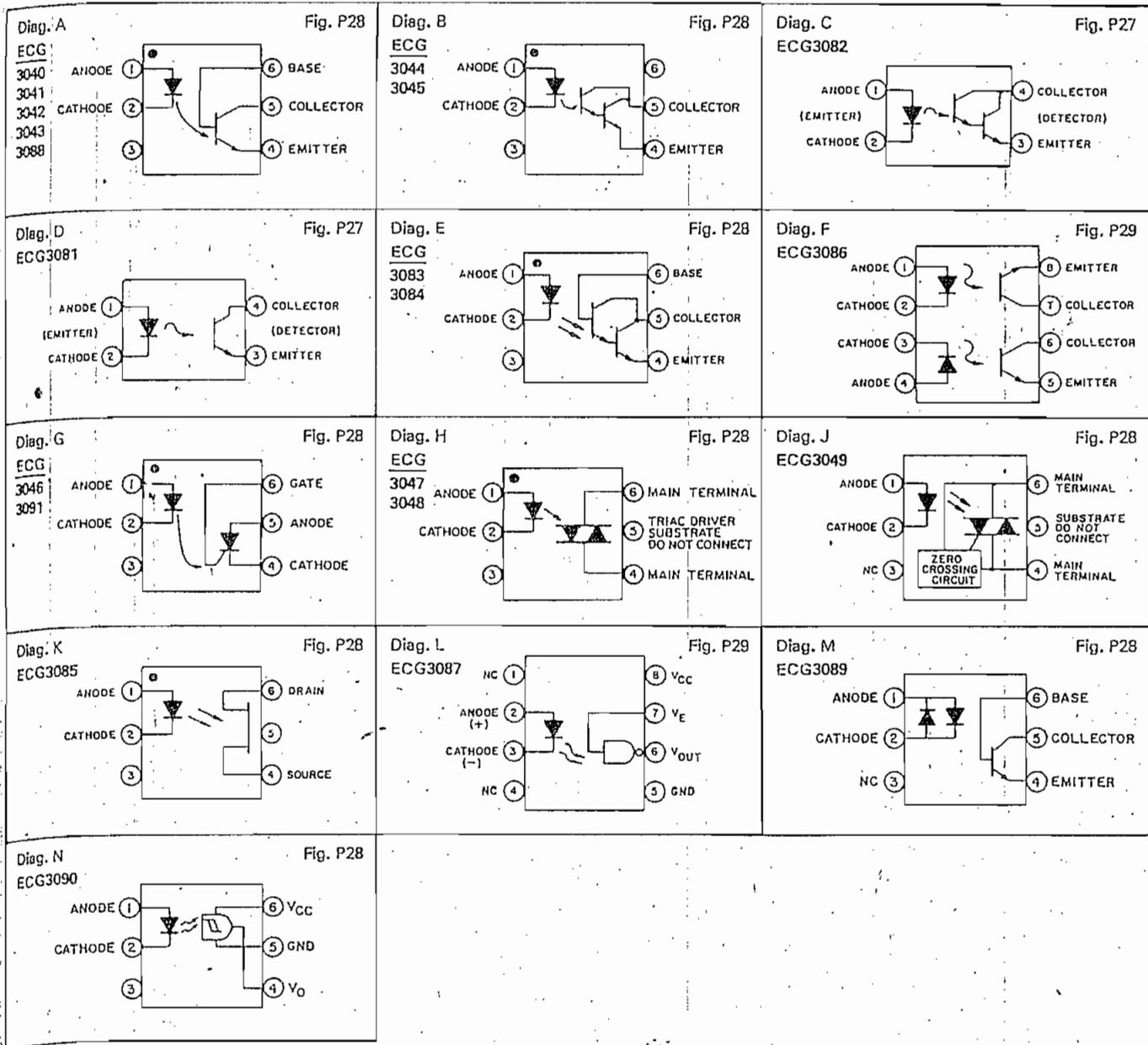
ECG Type	Output Configuration	Total Device Ratings		LED Max Ratings		Photothyristor Ratings					Ckt. Diag.
		Isolation Voltage V_{iso} Surge (V)	Power P_T (mW)	Forward Current I_F (mA)	Reverse Voltage V_R (V)	V_{DRM} (V)	I_T RMS (mA)	I_{FT} (mA)	V_F (on) (V) 100 mA	I_{HOLD} (mA)	
ECG3046	SCR	3550	260	60	3	400	100	14	1.3	.5	G
ECG3047	TRIAC	7500	330	50	3	250	100	10	3.0	.1	H
ECG3048	TRIAC	7500	330	50	3	400	100	10	3.0	.1	H
ECG3049	TRIAC with Zero Crossing Circuit	7500	330	50	3	250	100	15	3.0	.1	J
ECG3091	SCR	4000	400	60	6	400	300	11	1.3 at 300 mA	.5	E

ECG Type	Output Configuration	Total Device Ratings		LED Max Ratings		Photo FET Ratings					Ckt. Diag.
		Isolation Voltage V_{iso} Surge (V)	Power P_T (mW)	Forward Current I_F (mA)	Reverse Voltage V_R (V)	Drain to Source Breakdown Voltage $BVDSS$ (V)	Drain Current I_D (mA)	R_{DSon} (Ohms)	T_{on} (μ sec)	T_{off} (μ sec)	
ECG3085	FET	2500	300	60	6	± 30	± 100	200	15	15	K

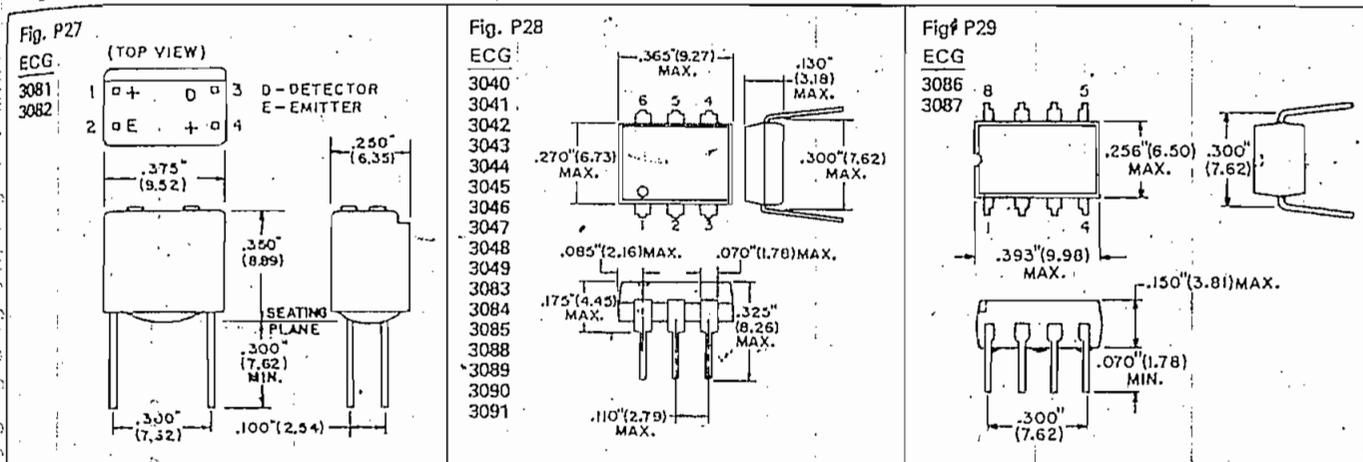
ECG Type	Output Configuration	Total Device Ratings		LED Max Ratings			Max Output Ratings			Ckt. Diag.
		Isolation Voltage V_{iso} Surge (V)	Power P_T (mW)	Supply Voltage V_{CC} (V)	Forward Current I_F (mA)	Reverse Voltage V_R (V)	Enable Voltage V_E (V)	Output Current I_O (mA)	Propagation Delay Time (nsecs)	
ECG3087	Hi Speed Open Collector, NAND Gate	3000	100	5.0	10	5.0	5.0	50	75	L

ECG Type	Output Configuration	Total Device Ratings		LED Max Ratings		Output Ratings					Ckt. Diag.
		Isolation Voltage V_{iso} Surge (V)	Power P_T (mW)	Forward Current I_F (mA)	Reverse Voltage V_R (V)	V_{CC} Voltage Range (V)	Output Voltage V_O (V)	Output Current I_O (mA)	Turn-On Time T_{on} (μ sec)	Turn-Off Time T_{off} (μ sec)	
ECG3090	Schmitt Trigger	7500	150	60	6	3V to 15V	15 max	50 max	1.2 typ	1.2 typ	N

Optoisolator Outlines



Optoisolator Outlines



GENERAL DESCRIPTION

The Intersil ICL7116 and 7117 are high performance, low power 3-1/2 digit A/D converters. All the necessary active devices are contained on a single CMOS I.C., including seven segment decoders, display drivers, reference, and a clock. The 7116 is designed to interface with a liquid crystal display (LCD) and includes a backplane drive; the 7117 will directly drive an instrument size light emitting diode (LED) display.

The 7116 and 7117 have almost all of the features of the 7106 and 7107 with the addition of a HoLD Reading input. With this input, it is possible to make a measurement and then retain the value on the display indefinitely. To make room for this feature the reference input has been referenced to Common rather than being fully differential. These circuits retain the accuracy, versatility, and true economy of the 7106 and 7107. They feature auto-zero to less than 10µV, zero drift of less than 1µV/°C, input bias current of 10pA maximum, and roll over error of less than one count. The versatility of true differential input is of particular advantage when measuring load cells, strain gauges and other bridge-type transducers. And finally, the true economy of single power supply operation (7116) enables a high performance panel meter to be built with the addition of only eleven passive components and a display.

FEATURES

- HoLD Reading Input Allows Indefinite Display Hold
- Guaranteed Zero Reading for 0 Volts Input
- True Polarity at Zero for Precise Null Detection
- 1pA Input Current Typical
- True Differential Input
- Direct Display Drive — No External Components Required — LCD ICL7116
— LED ICL7117
- Low Noise — Less Than 15µV pk-pk Typical
- On-Chip Clock and Reference
- Low Power Dissipation — Typically Less Than 10mW
- No Additional Active Circuits Required
- New Small Outline Surface Mount Package Available

ORDERING INFORMATION

PART NUMBER	TEMPERATURE RANGE	PACKAGE
ICL7116CDL	0°C to +70°C	40-Pin Ceramic DIP
ICL7116CPL	0°C to +70°C	40-Pin Plastic DIP
ICL7116CJL	0°C to +70°C	40-Pin CERDIP
ICL7116CM44	0°C to +70°C	44-Pin Surface Mount
ICL7117CDL	0°C to +70°C	40-Pin Ceramic DIP
ICL7117CPL	0°C to +70°C	40-Pin Plastic DIP
ICL7117CJL	0°C to +70°C	40-Pin CERDIP

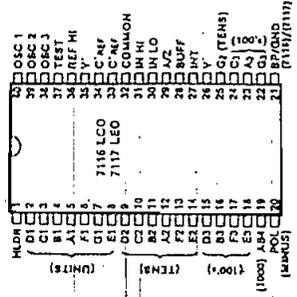


Figure 1: Pin Configurations.

Analog Input Voltage (either input) (Note 1) V^+ to V^-
 Reference Input Voltage (either input) (Note 1) V^+ to V^-
 HLDR, Clock Input Test to V^+
 Power Dissipation (Note 2) 1000mW
 Ceramic Package 800mW
 Plastic Package 800mW
 Operating Temperature 0°C to +70°C
 Storage Temperature -65°C to +150°C
 Lead Temperature (Soldering, 10sec) 300°C

Input voltages may exceed the supply voltages provided; input current is limited to $\pm 100\mu A$.
 Dissipation rating assumes device is mounted with all leads soldered to printed circuit board.
 Above those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only and not recommended operating conditions. Exceeding these limits may affect device reliability.

Electrical Characteristics (Note 3)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UN
Input Reading	$V_{IN} = 0.0V$ Full Scale = 200.0mV	-000.0	± 0.00	+000.0	Digital 1
Static Reading	$V_{IN} = V_{REF}$ $V_{REF} = 100mV$	999	999/1000	1000	Digital 1
% Error (Difference in reading for equal positive and negative reading near Full Scale)	$ V_{IN} \approx 200.0mV$	-1	± 0.2	+1	Code
% Error (Max. deviation from straight line fit)	Full Scale = 200mV or Full Scale = 2.000V (Note 7)	-1	± 0.2	+1	Code
Common Mode Rejection Ratio	$V_{CM} = \pm 1V$, $V_{IN} = 0V$, Full Scale = 200.0mV		50		
PK — Pk value not exceeded (time)	$V_{IN} = 0V$ Full Scale = 200.0mV		15		
Input Current @ Input	$V_{IN} = 0V$ (Note 7)		1	10	
Reading Drift	$V_{IN} = 0$ $0^\circ C < T_A < 70^\circ C$ (Note 7)		0.2	1	
Factor Temperature	$V_{IN} = 199.0mV$ $0^\circ C < T_A < 70^\circ C$ (Excl. Ref. oppm/°C) (Note 7)		1	5	
Apply Current (Does not include LED current for 7117)	$V_{IN} = 0$		0.8	1.8	
Apply Current (7117 only)			0.6	1.8	
Common Voltage (With respect to pos. supply)	25kΩ between COMMON & pos. Supply	2.4	2.8	3.2	
Coeff. of Analog Common (with respect to pos. supply)	25kΩ between COMMON & pos. Supply		80		
Resistance, Pin 1 (Note 6)		30	70		TEST + 1.5 GND + 1.5
Pin 1 (7117 only)		$V^+ - 1.5$			
Pin 1 (Both)		4	5	6	
Segment Drive Voltage	$V^+ - V^- = 9V$	4	5	6	
Backplane Drive Voltage		4	5	6	

Note: All typical values have been guaranteed by characterization and are not tested.

ICM7211/12 Digit LCD/LED Display Driver

GENERAL DESCRIPTION

The ICM7211 (LCD) and ICM7212 (LED) devices constitute a family of non-multiplexed four-digit seven-segment MOS display decoder-drivers.

The ICM7211 devices are configured to drive conventional LCD displays by providing a complete RC oscillator, driver chain, backplane driver, and 28 segment outputs. The ICM7212 devices are configured to drive common-anode LED displays, providing 28 current-controlled, low impedance, open-drain n-channel outputs. These devices provide a Brightness input, which may be used at normal logic levels as a display enable, or with a potentiometer as a continuous display brightness control.

Both the LCD and LED devices are available with multiplexed or microprocessor input configurations. The multiplexed versions provide four data inputs and four digit select inputs. This configuration is suitable for interfacing with multiplexed BCD or binary output devices, such as the ICM7217, ICM7226 and ICL7135. The microprocessor versions provide data input latches and Digit Address latches under control of high-speed Chip Select inputs. These devices simplify the task of implementing a cost-effectivephanumeric seven-segment display for microprocessor systems, without requiring extensive ROM or CPU time for decoding and display updating.

The standard devices will provide two different decoder configurations. The basic device will decode the four bit binary inputs into a seven-segment alphanumeric hexadecimal output. The "A" versions will provide the "Code B" output code, i.e., 0-9, dash, E, H, L, P, blank. Either device will correctly decode true BCD to seven-segment decimal outputs.

Devices in the ICM7211/7212 family are packaged in a standard 40 pin plastic dual-in-line package and all inputs are fully protected against static discharge.

ORDERING INFORMATION

PART NUMBER	TEMPERATURE RANGE	PACKAGE
ICM7211/D	—	DICE
ICM7211M/D	—	DICE
ICM7211AJUL	-40°C to +85°C	40 Pin CERDIP
ICM7211AMJUL	-40°C to +85°C	40 Pin CERDIP
ICM7211JUL	-40°C to +85°C	40 Pin CERDIP
ICM7211JPL	-40°C to +85°C	40 Pin PLASTIC
ICM7211AJPL	-40°C to +85°C	40 Pin PLASTIC
ICM7211AMJPL	-40°C to +85°C	40 Pin PLASTIC
ICM7211MJL	-40°C to +85°C	40 Pin CERDIP
ICM7211AEV/KIT	—	EVALUATION KIT
ICM7212/D	—	DICE

ICM7211 (LCD) FEATURES

- Four Digit, Non-Multiplexed 7 Segment LCD Display Outputs With Backplane Driver
- Complete Onboard RC Oscillator to Generate Backplane Frequency
- Backplane Input/Output Allows Simple Synchronization of Slave-Devices to a Master
- ICM7211 Devices Provide Separate Digit Select Inputs to Accept Multiplexed BCD Input (Pinout and Functionally Compatible With Siliconix DF411)
- ICM7211M Devices Provide Data and Digit Address Latches Controlled by Chip Select Inputs to Provide a Direct High Speed Processor Interface
- ICM7211 Decodes Binary Hexadecimal; ICM7211A Decodes Binary to Code B (0-9, Dash, E, H, L, P, Blank)

ICM7212 (LED) FEATURES

- 28 Current-Limited Segment Outputs Provide 4-Digit Non-Multiplexed Direct LED Drive at >5mA Per Segment
- Brightness Input Allows Direct Control of LED Segment Current With a Single Potentiometer or Digitally as a Display Enable
- ICM7212M and ICM7212A Devices Provide Same Input Configuration and Output Decoding Options as the ICM7211

PART NUMBER	TEMPERATURE RANGE	PACKAGE
ICM7212A/D	—	DICE
ICM7212AJUL	-40°C to +85°C	40 Pin CERDIP
ICM7212AJPL	-40°C to +85°C	40 Pin PLASTIC
ICM7212AM/D	—	DICE
ICM7212AMJUL	-40°C to +85°C	40 Pin CERDIP
ICM7212AJUL	-40°C to +85°C	40 Pin CERDIP
ICM7212JPL	-40°C to +85°C	40 Pin PLASTIC
ICM7212MJL	-40°C to +85°C	40 Pin CERDIP
ICM7212MJPL	-40°C to +85°C	40 Pin PLASTIC
ICM7212AMJPL	-40°C to +85°C	40 Pin PLASTIC
ICM7212AEV/KIT	—	EVALUATION KIT

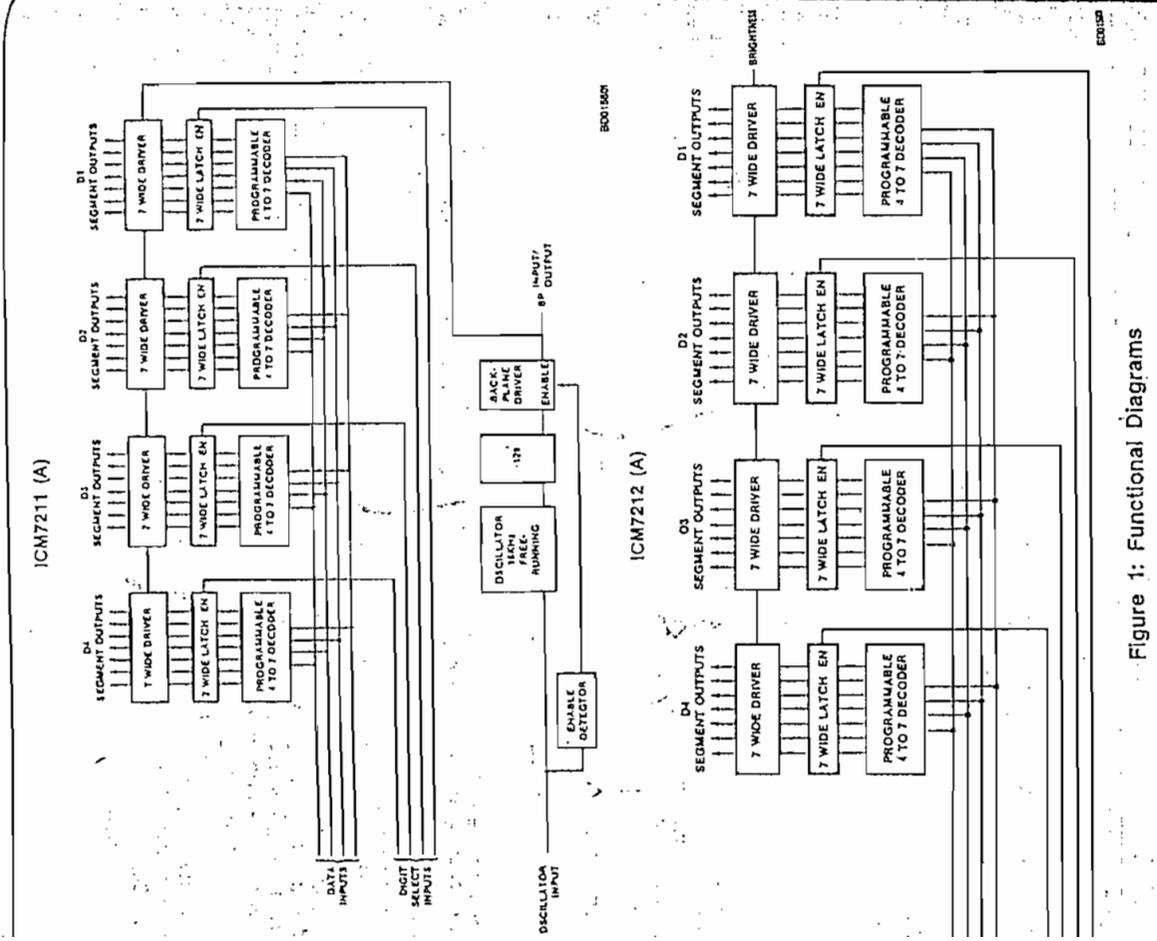


Figure 1: Functional Diagrams

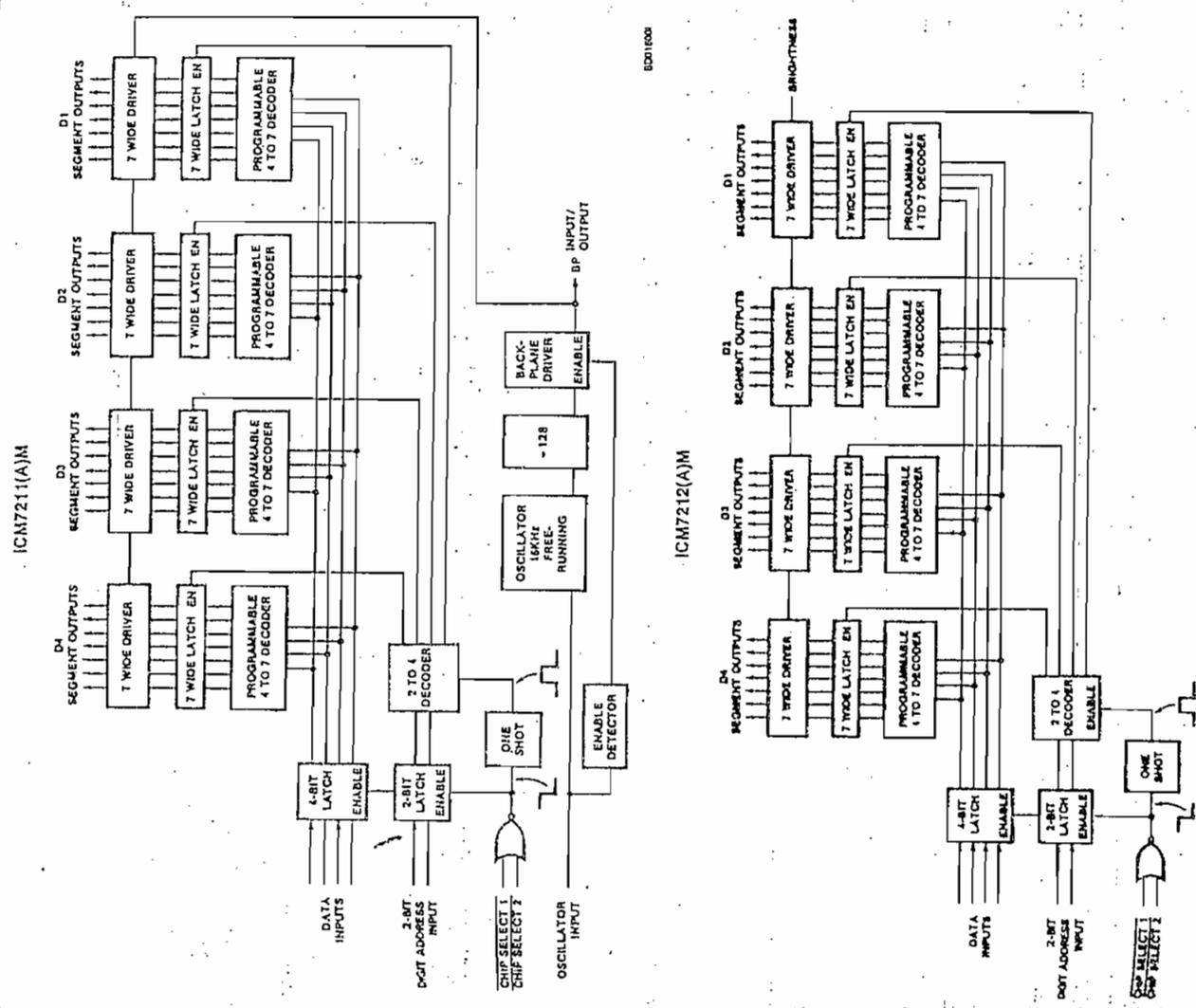


Figure 1: Functional Diagrams (Cont.)

MAXIMUM RATINGS

Operating Temperature Range -40°C to +85°C
 Storage Temperature Range -55°C to +125°C
 Lead Temperature (Soldering, 10sec) 300°C
 (Note 1) 0.5W@70°C
 (V_{DD} - V_{SS}) 6.5V
 Any Terminal (Note 2)
 V_{SS} -0.3V to V_{DD} + 0.3V

relates to that of the package and will not be realized during normal operation. The SCR structure inherent in the CMOS process, connecting any terminal to voltages greater than V_{DD} or less than V_{SS} may cause the device latchup. For this reason, it is recommended that no inputs from external sources not operating on the same power supply as the device before its supply is established, and that in multiple supply systems, the supply to the ICM7211/ICM7212 be turned on last. The use of "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only and long-term rating conditions for extended periods may affect device reliability.

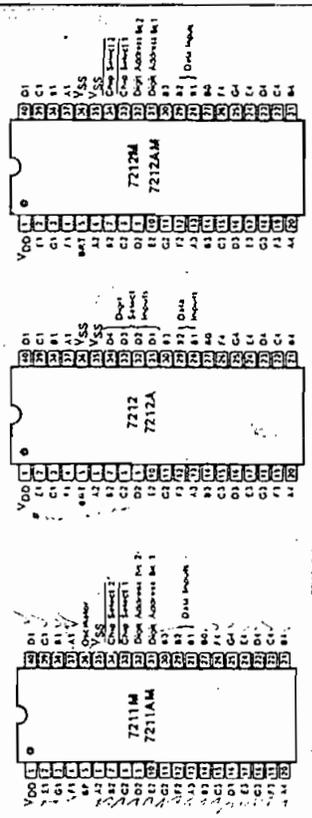


Figure 2: Pin Configurations (Outline Drawing PL)

CHARACTERISTICS (LCD)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
Operating Supply Voltage Range (V _{DD} - V _{SS})		3	5	6	V
Operating Current	Test circuit, Display blank		10	50	µA
Oscillator Input Current	Pin 36	±2	±10		µA
Segment Rise/Fall Time	C _L = 200pF	0.5			µs
Backplane Rise/Fall Time	C _L = 5000pF	1.5			µs
Oscillator Frequency	Pin 36 Floating	19			kHz
Backplane Frequency	Pin 36 Floating	150			Hz

CHARACTERISTICS (COMMON ANODE LED)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
Operating Supply Voltage Range (V _{DD} - V _{SS})		4	5	6	V
Operating Current	Pin 5 (Brightness), Pins 27-34 → V _{SS}		10	50	µA
Operating Current	Pin 5 at V _{DD} , Display all 8's		200		mA
Segment Leakage Current	Segment Off		±0.01	±1	µA
Segment On Current	Segment On, V _O = +3V		8		mA

INPUT CHARACTERISTICS (ICM7211 AND ICM7212)

SYMBOL	PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN.	TYP	MAX	UNIT
V _{IH}	Logical "1" input voltage		4			V
V _{IL}	Logical "0" input voltage			±0.1	±1	V
I _{IHK}	Input leakage current	Pins 27-34			±1	µA
C _{IN}	Input capacitance	Pins 27-34		5		pF
I _{BPK}	BP/Brightness input leakage	Measured at Pin 5 with Pin 36 at V _{SS}		±0.1	±1	µA
C _{BPT}	BP/Brightness input capacitance	All Devices		200		pF
AC CHARACTERISTICS — MULTIPLEXED INPUT CONFIGURATION						
t _{WH}	Digit Select Active Pulse Width	Refer to Timing Diagrams	1			µs
t _{DS}	Data Setup Time		500			ns
t _{DH}	Data Hold Time		200			ns
t _{DS}	Inter-Digit Select Time		2			µs
AC CHARACTERISTICS — MICROPROCESSOR INTERFACE						
t _{WL}	Chip Select Active Pulse Width	other Chip Select either held active, or both driven together	200			ns
t _{OS}	Data Setup Time		100			ns
t _{DH}	Data Hold Time		10	0		ns
t _{ICS}	Inter-Chip Select Time		2			µs

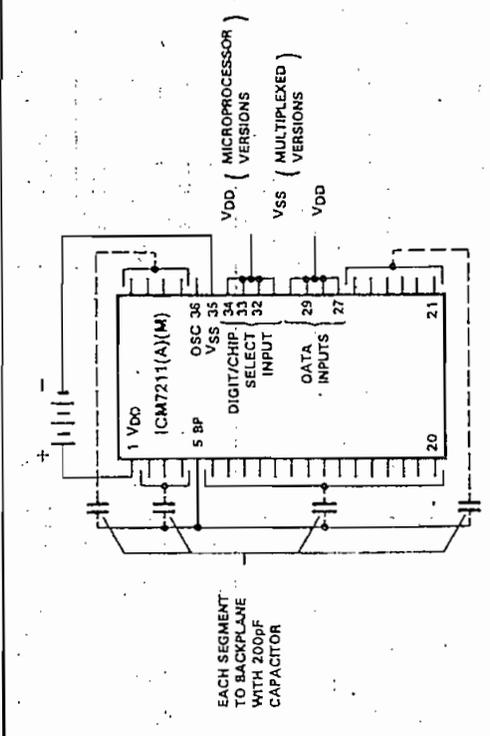
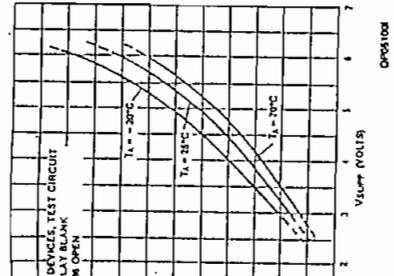


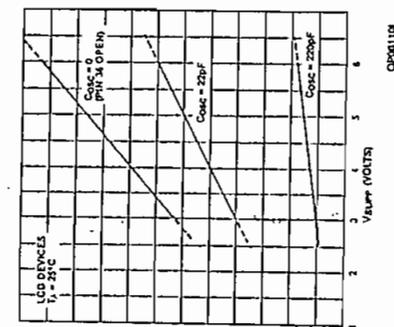
Figure 3: Test Circuits

PERFORMANCE CHARACTERISTICS

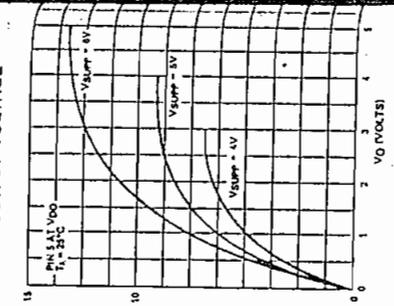
ICM7211 OPERATING SUPPLY CURRENT AS A FUNCTION OF SUPPLY VOLTAGE



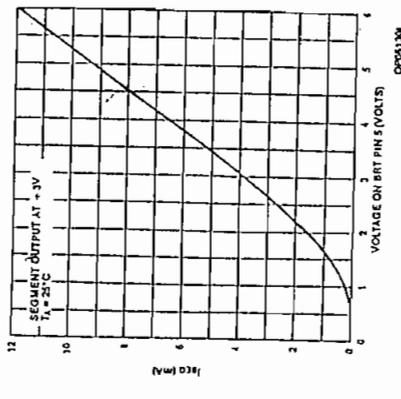
ICM7211 BACKPLANE FREQUENCY AS A FUNCTION OF SUPPLY VOLTAGE



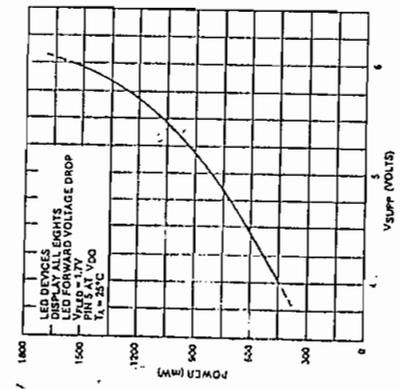
ICM7212 LED SEGMENT CURRENT AS A FUNCTION OF OUTPUT VOLTAGE



ICM7212 LED SEGMENT CURRENT AS A FUNCTION OF BRIGHTNESS CONTROL VOLTAGE



ICM7212 OPERATING POWER (LED DISPLAY) AS A FUNCTION OF SUPPLY VOLTAGE



DEFINITIONS

able, VDD and VSS are considered to be normal operating input logic levels. Actual input low and high levels under Operating Characteristics. For lowest power consumption, input signals should swing over the full supply

INPUT	TERMINAL	TEST CONDITIONS	FUNCTION
	27	VDD = Logical One VSS = Logical Zero	Ones (Least Significant)
	28	VDD = Logical One VSS = Logical Zero	Twos
	29	VDD = Logical One VSS = Logical Zero	Fours
	30	VDD = Logical One VSS = Logical Zero	Eights (Most significant)
	36	Floating or with external capacitor to VDD	Oscillator Input
			Disables BP output devices, allowing segments to be synchronized to an external signal input at the BP terminal (Pir 5)

ICM7211/ICM7212 MULTIPLEXED-BINARY INPUT CONFIGURATION

INPUT	TERMINAL	TEST CONDITIONS	FUNCTION
D1	31	VDD = Active VSS = Inactive	D1 Digit Select (Least significant)
D2	32		D2 Digit Select
D3	33		D3 Digit Select
D4	34		D4 Digit Select (Most significant)

INPUT	DESCRIPTION	TERMINAL	TEST CONDITIONS	FUNCTION
DA1	Digit Address Bit 1 (LSB)	31	VDD = Logical One VSS = Logical Zero	DA1 & DA2 serve as a two bit Digit Address Input
DA2	Digit Address Bit 2 (MSB)	32		DA2, DA1 = 00 selects D4 DA2, DA1 = 01 selects D3 DA2, DA1 = 10 selects D2 DA2, DA1 = 11 selects D1
CS1	Chip Select 1	33	VDD = Inactive VSS = Active	When both CS1 and CS2 are taken low, the data at the Data and Digit Select code inputs are written into the input latches. On the rising edge of either Chip Select, the data is decoded and written into the output latches.
CS2	Chip Select 2	34		

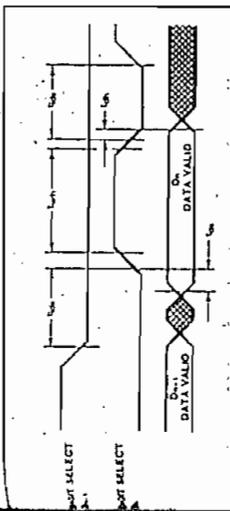


Figure 4: Multiplexed Input Timing Diagram

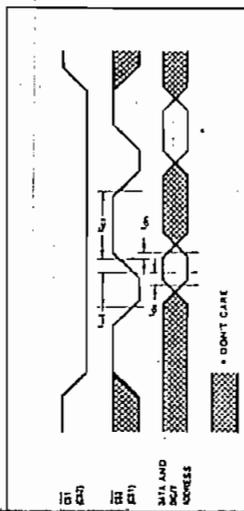


Figure 5: Microprocessor Interface Timing Diagram

DESCRIPTION OF OPERATION

ICM7211/12

The LCD devices in the family (ICM7211, 7211A, 7211M, 7211AM) provide outputs suitable for driving conventional four-digit, seven-segment LCD displays. These devices include 28 individual segment drivers, backplane driver, and self-contained oscillator and divider chain to generate the backplane frequency.

The segment and backplane drivers each consist of a CMOS inverter, with the n- and p-channel devices ratioed to provide identical on resistances, and thus equal rise and fall

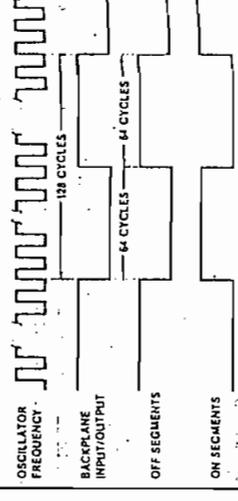


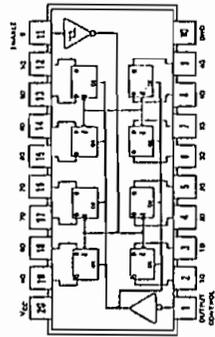
Figure 6: Display Waveforms

PIN ASSIGNMENTS (TOP VIEWS)

OCTAL D-TYPE LATCHES

363

TRANSPARENT LATCH
3-STATE OUTPUTS
COMMON OUTPUT CONTROL
COMMON ENABLE



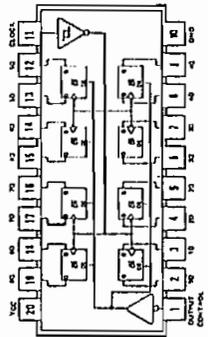
See page 7-467

*SN54LS363 (J) SN74LS363 (J, N)

OCTAL D-TYPE FLIP-FLOPS

364

COMMON CLOCK
COMMON OUTPUT CONTROL
3-STATE OUTPUTS



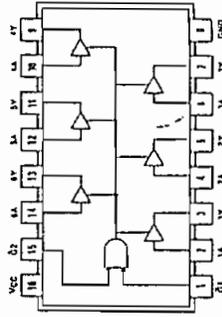
See page 7-467

SN54LS364 (J) SN74LS364 (J, N)

HEX BUS DRIVERS

365

3-STATE OUTPUTS
NONINVERTED DATA OUTPUTS
GATED ENABLE INPUTS



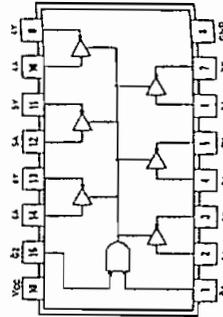
See page 6-36

SN54365A (J, W) SN74365A (J, N)
SN54LS365A (J, W) SN74LS365A (J, N)

HEX BUS DRIVERS

366

INVERTED DATA OUTPUTS
GATED ENABLE INPUTS
3-STATE OUTPUTS



See page 6-36

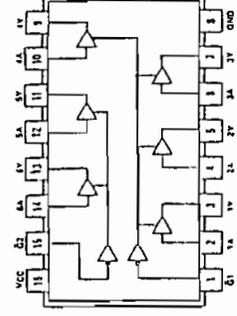
SN54366A (J, W) SN74366A (J, N)
SN54LS366A (J, W) SN74LS366A (J, N)

PIN ASSIGNMENTS (TOP VIEWS)

HEX BUS DRIVERS

367

NONINVERTED DATA OUTPUTS
4-LINE AND 2-LINE ENABLE INPUTS
3-STATE OUTPUTS



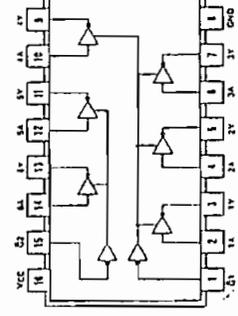
See page 6-36

SN54367A (J, W) SN74367A (J, N)
SN54LS367A (J, W) SN74LS367A (J, N)

HEX BUS DRIVERS

368

INVERTED DATA OUTPUTS
4-LINE AND 2-LINE ENABLE INPUTS
3-STATE OUTPUTS



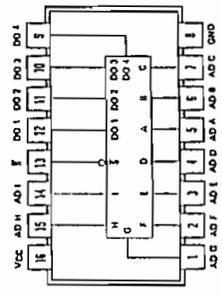
See page 6-36

SN54368A (J, W) SN74368A (J, N)
SN54LS368A (J, W) SN74LS368A (J, N)

2048-BIT READ-ONLY MEMORIES

370

512 4-BIT WORDS
3-STATE OUTPUTS



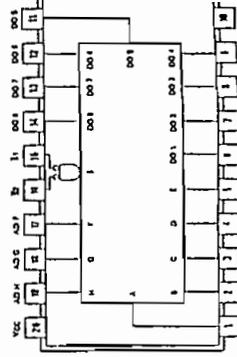
See Bipolar Microcomputer Components Data Book, LCC4270

SN54S370 (J) SN74S370 (J, N)

2048-BIT READ-ONLY MEMORIES

371

256 8-BIT WORDS
3-STATE OUTPUTS



See Bipolar Microcomputer Components Data Book, LCC4270

SN54S371 (J) SN74S371 (J, N)

LM78LXX Series 3-Terminal Positive Regulators

General Description

The LM78LXX series of three terminal positive regulators is available with several fixed output voltages making them useful in a wide range of applications. When used as a zener diode/resistor combination replacement, the LM78LXX usually results in an effective output impedance improvement of two orders of magnitude, and lower quiescent current. These regulators can provide local on card regulation, eliminating the distribution problems associated with single point regulation. The voltages available allow the LM78LXX to be used in logic systems, instrumentation, HiFi, and other solid state electronic equipment. Although designed primarily as fixed voltage regulators these devices can be used with external components to obtain adjustable voltages and currents.

The LM78LXX is available in the metal three lead TO-5 (H) and the plastic TO-92 (Z). With adequate heat sinking the regulator can deliver 100 mA output current. Current limiting is included to limit the peak output current to a safe value. Safe area protection for the output transistor is provided to limit internal power dissipation. If internal power dissipation becomes

too high for the heat sinking provided, the thermal shutdown circuit takes over preventing the IC from overheating.

For output voltage other than 5V, 12V and 15V the LM117 series provides an output voltage range from 1.2V to 57V.

Features

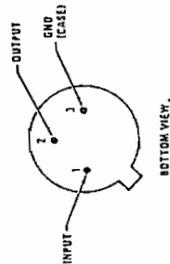
- Output voltage tolerances of $\pm 5\%$ (LM78LXXAC) and $\pm 10\%$ (LM78LXXC) over the temperature range
- Output current of 100 mA
- Internal thermal overload protection
- Output transistor safe area protection
- Internal short circuit current limit
- Available in plastic TO-92 and metal TO-39 low profile packages

Voltage Range

LM78L05	5V
LM78L12	12V
LM78L15	15V

Connection Diagrams

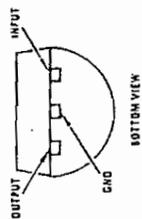
Metal Can Package



Order Numbers:
 LM78L05ACH LM78L05CH
 LM78L12ACH LM78L12CH
 LM78L15ACH LM78L15CH

See Package H03A

Plastic Package



Order Numbers:
 LM78L05ACZ LM78L05CZ
 LM78L12ACZ LM78L12CZ
 LM78L15ACZ LM78L15CZ

See Package 707A

Absolute Maximum Ratings

Input Voltage
 $V_O = 5V$
 $V_O = 12V$ to $15V$
 Internal Power Dissipation (Note 1)
 Internally Limited
 Operating Temperature Range
 $0^\circ C$ to $+70^\circ C$
 Maximum Junction Temperature
 $125^\circ C$
 Storage Temperature Range
 $-65^\circ C$ to $+150^\circ C$
 Metal Can (H Package)
 Molded TO-92
 $-55^\circ C$ to $+150^\circ C$
 Lead Temperature (Soldering, 10 seconds)
 $300^\circ C$

Electrical Characteristics (Note 2) $T_J = 0^\circ C$ to $125^\circ C$, $I_O = 40mA$, $C_{IN} = 0.33\mu F$, $C_O = 0.1\mu F$ (unless noted)

PARAMETER	5V			12V			15V			UNITS
	MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
Output Voltage (Note 4)	4.8	5	5.2	11.5	12	12.5	14.4	15	15.6	V
Line Regulation	$T_J = 25^\circ C$			$T_J = 25^\circ C$			$T_J = 25^\circ C$			mV
	$1 mA \leq I_O \leq 70 mA$			11.4			12.6			
	$1 mA \leq I_O \leq 40 mA$ and $V_{IN} \leq V_{MAX}$			4.75			5.25			
Load Regulation	$T_J = 25^\circ C$			$T_J = 25^\circ C$			$T_J = 25^\circ C$			mV
	$1 mA \leq I_O \leq 40 mA$			10			54			
	$1 mA \leq I_O \leq 100 mA$			18			75			
Quiescent Current	$T_J = 25^\circ C$			$T_J = 25^\circ C$			$T_J = 25^\circ C$			mV/1000 hrs
	$1 mA \leq I_O \leq 40 mA$			5			30			
	$1 mA \leq I_O \leq 100 mA$			20			60			
Output Noise Voltage	$T_J = 25^\circ C$			$T_J = 25^\circ C$			$T_J = 25^\circ C$			mV
	$f = 10 Hz - 10 kHz$			12			24			
	$f = 120 Hz$			3			5			
Ripple Rejection	$T_J = 25^\circ C$			$T_J = 25^\circ C$			$T_J = 25^\circ C$			dB
	$f = 10 Hz - 10 kHz$			3			5			
	$f = 120 Hz$			4.7			4.7			
Voltage Regulation	$T_J = 25^\circ C$			$T_J = 25^\circ C$			$T_J = 25^\circ C$			V
	$1 mA \leq I_O \leq 40 mA$			0.1			0.1			
	$V_{MIN} \leq V_{IN} \leq V_{MAX}$			1.0			1.0			
Output Voltage	$T_J = 25^\circ C$			$T_J = 25^\circ C$			$T_J = 25^\circ C$			μV
	$f = 10 Hz - 10 kHz$			40			80			
	$f = 120 Hz$			47			62			
Ripple Rejection	$T_J = 25^\circ C$			$T_J = 25^\circ C$			$T_J = 25^\circ C$			dB
	$f = 10 Hz - 10 kHz$			40			54			
	$f = 120 Hz$			47			62			
Voltage Regulation	$T_J = 25^\circ C$			$T_J = 25^\circ C$			$T_J = 25^\circ C$			V
	$1 mA \leq I_O \leq 40 mA$			7			14.5			
	$V_{MIN} \leq V_{IN} \leq V_{MAX}$			14.5			17.5			

Note 1: Thermal resistance of the Metal Can Package (H) without a heat sink is $15^\circ C/W$ junction to case and $140^\circ C/W$ junction to ambient. Thermal resistance of the TO-92 package is $180^\circ C/W$ junction to ambient with $0.4''$ leads from a PC board and $160^\circ C/W$ junction to ambient with $0.125''$ lead length to a PC board.
 Note 2: The maximum steady state usable output current and input voltage are very dependent on the heat sinking and/or lead length of the package. The data above represent pulse test conditions with junction temperatures as indicated at the initiation of test.
 Note 3: Recommended minimum load capacitance of $0.01\mu F$ to limit high frequency noise bandwidth.
 Note 4: The temperature coefficient of V_{OUT} is typically within $\pm 0.01\% V_O/^\circ C$.

Absolute Maximum Ratings

Input Voltage
 $V_O = 5V$
 $V_O = 12V$ to $15V$
 Internal Power Dissipation (Note 1)
 Internally Limited
 Operating Temperature Range
 $0^\circ C$ to $+70^\circ C$
 Maximum Junction Temperature
 $125^\circ C$
 Storage Temperature Range
 $-65^\circ C$ to $+150^\circ C$
 Metal Can (H Package)
 Molded TO-92
 $-55^\circ C$ to $+150^\circ C$
 Lead Temperature (Soldering, 10 seconds)
 $300^\circ C$

Electrical Characteristics (Note 2) $T_J = 0^\circ C$ to $125^\circ C$, $I_O = 40 mA$, $C_{IN} = 0.33\mu F$, $C_O = 0.1\mu F$ (unless not

PARAMETER	5V			12V			15V			UNITS
	MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
Output Voltage (Note 4)	4.5	5	5.4	11.1	12	12.9	13.8	15	16.2	V
Line Regulation	$T_J = 25^\circ C$			$T_J = 25^\circ C$			$T_J = 25^\circ C$			mV
	$1 mA \leq I_O \leq 70 mA$ or $1 mA \leq I_O \leq 40 mA$ and ΔV_{IN}			10			150			
	$1 mA \leq I_O \leq 100 mA$			18			200			
Load Regulation	$T_J = 25^\circ C$			$T_J = 25^\circ C$			$T_J = 25^\circ C$			mV
	$1 mA \leq I_O \leq 40 mA$			5			30			
	$1 mA \leq I_O \leq 100 mA$			20			60			
Quiescent Current	$T_J = 25^\circ C$			$T_J = 25^\circ C$			$T_J = 25^\circ C$			mV/1000 hrs
	$1 mA \leq I_O \leq 40 mA$			12			24			
	$1 mA \leq I_O \leq 100 mA$			3			6			
Output Noise Voltage	$T_J = 25^\circ C$			$T_J = 25^\circ C$			$T_J = 25^\circ C$			mV
	$f = 10 Hz - 10 kHz$			1.5			0.2			
	$f = 125 Hz$			1.5			0.2			
Ripple Rejection	$T_J = 25^\circ C$			$T_J = 25^\circ C$			$T_J = 25^\circ C$			dB
	$f = 10 Hz - 10 kHz$			16.5			27			
	$f = 125 Hz$			16.5			27			
Voltage Regulation	$T_J = 25^\circ C$			$T_J = 25^\circ C$			$T_J = 25^\circ C$			V
	$1 mA \leq I_O \leq 40 mA$			7			14.5			
	$V_{MIN} \leq V_{IN} \leq V_{MAX}$			14.5			18.5			

Note 1: Thermal resistance of the Metal Can Package (H) without a heat sink is $15^\circ C/W$ junction to case and $140^\circ C/W$ junction to ambient. Thermal resistance of the TO-92 package is $180^\circ C/W$ junction to ambient with $0.4''$ leads from a PC board and $160^\circ C/W$ junction to ambient with $0.125''$ lead length to a PC board.
 Note 2: The maximum steady state usable output current and input voltage are very dependent on the heat sinking and/or lead length of the package. The data above represent pulse test conditions with junction temperatures as indicated at the initiation of test.
 Note 3: Recommended minimum load capacitance of $0.01\mu F$ to limit high frequency noise bandwidth.
 Note 4: The temperature coefficient of V_{OUT} is typically within $\pm 0.01\% V_O/^\circ C$.

Series 3-Terminal Negative Regulators

description

ies of 3-terminal regulators is available
t voltages of -5V, -12V, and -15V.
ed only one external component—a
acitor at the output. The LM79XX
in the TO-220 power package and is
ng 1.5A of output current.

employ internal current limiting safe
nd thermal shutdown for protection
I overload conditions.

urrent of the LM79XX series allows
be easily boosted above the preset
tor divider. The low quiescent current

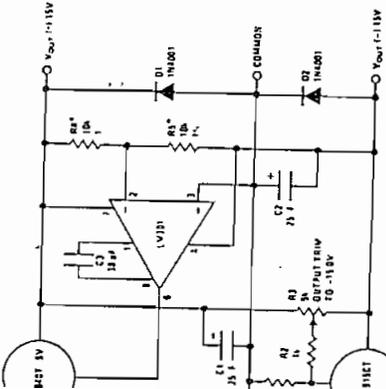
drain of these devices with a specified maximum change
with line and load ensures good regulation in the voltage
boosted mode.
For output voltages other than 5V, 12V and 15V the
LM137 series provides an output voltage range from
-1.2V to -47V.

Features

- Thermal, short circuit and safe area protection
- High ripple rejection
- 1.5A output current
- 4% preset output voltage

Applications

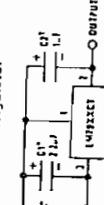
15V, 1 Amp Tracking Regulators



Performance (Typical)

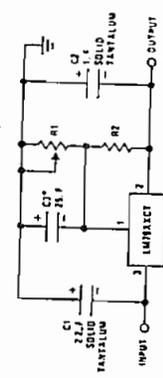
- (-15) 1A
- (-15) 40 mV
- (-15) 100µVrms
- (-15) 50 mV
- (-15) 150µVrms
- (-15) 100µA
- (-15) 50 mV
- (-15) 150µVrms

Fixed Regulator



is separated from filter capacitor by more than 3".
tor must be solid tantalum, 25µF aluminum electro-
For value given, capacitor must be solid tantalum,
olytic may be substituted. Values given may be

Variable Output



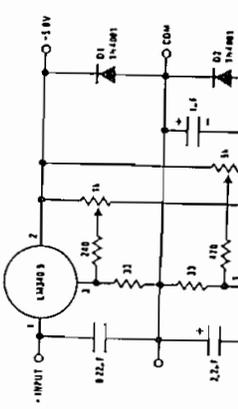
*Improves transient response and ripple rejection.
Do not increase beyond 50µF.

$$V_{OUT} = V_{SET} \left(\frac{R1 + R2}{R2} \right)$$

Select R2 as follows

- LM7905CT 300Ω
- LM7912CT 750Ω
- LM7915CT 1k

Dual Trimmed Supply



Absolute Maximum Ratings

- Input Voltage
- (V_O = 5V) -35V
- (V_O = 12V and 15V) -40V
- Input-Output Differential
- (V_O = 5V) 25V
- (V_O = 12V and 15V) 30V
- Power Dissipation
- Internally Limited
- Operating Junction Temperature Range 0°C to +125°C
- Storage Temperature Range -65°C to +150°C
- Lead Temperature (Soldering, 10 seconds) 230°C

Electrical Characteristics Conditions unless otherwise noted: I_{OUT} = 500 mA, C_{IN} = 2.2µF, C_{OUT} = 1µF, 0°C ≤ T_J ≤ +125°C, Power Dissipation ≤ 15W.

PART NUMBER	LM7905C			UNITS
	OUTPUT VOLTAGE (unless otherwise specified)	MIN	TYP	
PARAMETER	CONDITIONS			
V _O Output Voltage	T _J = 25°C 5 mA ≤ I _{OUT} ≤ 1A, P ≤ 15W	-4.8	-5.0	-5.2
ΔV _O Line Regulation	T _J = 25°C, (Note 2)	(-75 ≤ V _{IN} ≤ -7) 8 50 2 15 (-12 ≤ V _{IN} ≤ -8)		
ΔV _O Load Regulation	T _J = 25°C, (Note 2) 5 mA ≤ I _{OUT} ≤ 1.5A 250 mA ≤ I _{OUT} ≤ 750 mA	15 100 5 50		
I _O Quiescent Current	T _J = 25°C	1 2		
ΔI _O Quiescent Current Change	With Line With Load, 5 mA ≤ I _{OUT} ≤ 1A	0.5 0.5		
V _{IN} Output Noise Voltage	T _A = 25°C, 10 Hz ≤ f ≤ 100 Hz	125		
Ripple Rejection	f = 120 Hz	54 66 (-18 ≤ V _{IN} ≤ -8)		
Dropout Voltage	T _J = 25°C, I _{OUT} = 1A	1.1		
I _{OMAX} Peak Output Current	T _J = 25°C	2.2		
Average Temperature Coefficient of Output Voltage	I _{OUT} = 5 mA, 0°C ≤ T _J ≤ 100°C	0.4		

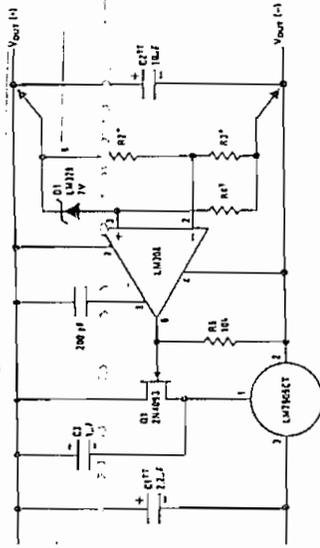
Characteristics (Continued) Conditions unless otherwise noted: $I_{OUT} = 500 \text{ mA}$, $C_{IN} = 2.2\mu\text{F}$, $T_J \leq +125^\circ\text{C}$, Power Dissipation = 1.5W.

PARAMETER	CONDITIONS	LM7912C			LM7915C			UNITS
		MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
Voltage Regulation	$T_J = 25^\circ\text{C}$ $5 \text{ mA} \leq I_{OUT} \leq 1 \text{ A}$ $P \leq 15 \text{ W}$	-11.5 -11.4 ($-27 \leq V_{IN} \leq -14.5$)	-12.0 -12.6 ($-30 \leq V_{IN} \leq -17.5$)	-12.5 -14.25 ($-30 \leq V_{IN} \leq -17.5$)	-14.4 -14.25 ($-30 \leq V_{IN} \leq -17.5$)	-15.0 -15.75 ($-30 \leq V_{IN} \leq -20$)	-15.6 15.75 17.5	V
Line Regulation	$T_J = 25^\circ\text{C}$ (Note 2)	5 ($-30 \leq V_{IN} \leq -14.5$) 3 ($-22 \leq V_{IN} \leq -16$)	80 ($-30 \leq V_{IN} \leq -17.5$) 30 ($-26 \leq V_{IN} \leq -20$)	5 ($-30 \leq V_{IN} \leq -17.5$) 3 ($-26 \leq V_{IN} \leq -20$)	100 ($-30 \leq V_{IN} \leq -17.5$) 50 ($-26 \leq V_{IN} \leq -20$)	100 ($-30 \leq V_{IN} \leq -17.5$) 50 ($-26 \leq V_{IN} \leq -20$)	mV	
Load Regulation	$T_J = 25^\circ\text{C}$ (Note 2) $5 \text{ mA} \leq I_{OUT} \leq 1.5 \text{ A}$ $250 \text{ mA} \leq I_{OUT} \leq 750 \text{ mA}$	15 15 5	200 200 75	15 15 5	200 200 75	200 200 75	mV	
Quiescent Current	$T_J = 25^\circ\text{C}$	1.5	3	1.5	3	3	mA	
Temperature Coefficient	With Line		0.5		0.5		mV/mV	
Temperature Coefficient	With Load, $5 \text{ mA} \leq I_{OUT} \leq 1 \text{ A}$		($-30 \leq V_{IN} \leq -14.5$)		($-30 \leq V_{IN} \leq -17.5$)		mV/mV	
Temperature Coefficient	$T_A = 25^\circ\text{C}$, $10 \text{ Hz} \leq f \leq 100 \text{ Hz}$		0.5		0.5		mV/mV	
Rejection Ratio	$f = 120 \text{ Hz}$	54	70	54	70	375	dB	
Output Voltage	$T_J = 25^\circ\text{C}$, $I_{OUT} = 1 \text{ A}$	1.1	2.2	1.1	2.2		V	
Temperature Coefficient of Output Voltage	$I_{OUT} = 5 \text{ mA}$, $0^\circ\text{C} \leq T_J \leq 100^\circ\text{C}$		-0.8		-1.0		mV/mV	

of junction temperature rise due to power dissipation, thermal resistance junction to ambient (θ_{JA}) is 50°C/W measured at a constant junction temperature by pulse testing with a low duty cycle. Changes in output voltage must be taken into account.

Typical Applications (continued)

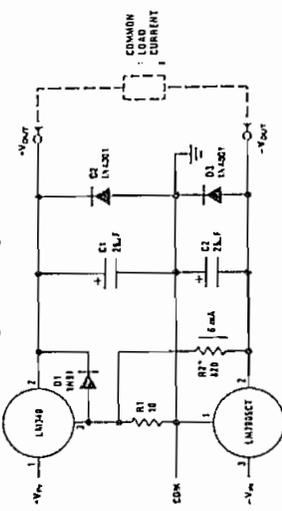
High Stability 1 Amp Regulator



Load and line regulation < 0.01% temperature stability $\leq 0.2\%$

- 1 Determines Zener current
- 2 Solid tantalum
- 3 Select resistor to set output voltage. 2 ppm/°C tracking suggested

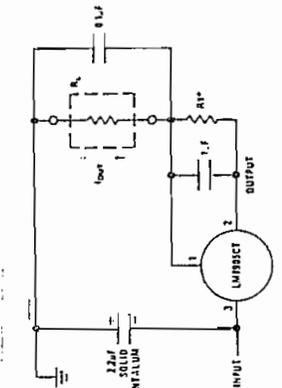
Preventing Positive Regulator Latch-Up



R1 and D1 allow the positive regulator to "start-up" when +VIN is delayed relative to -VIN and a heavy load is drawn between the outputs. Without R1 and D1, most three-terminal regulators will not start with heavy (0.1A-1A) load current flowing to the negative regulator, even though the positive output is clamped by D2.

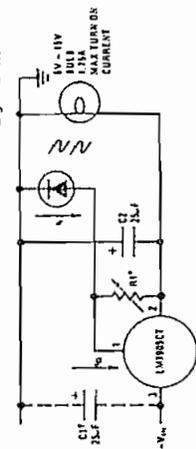
*R2 is optional. Ground pin current from the positive regulator flowing through R1 will increase +VOUT $\approx 60 \text{ mV}$ if R2 is omitted.

Current Source

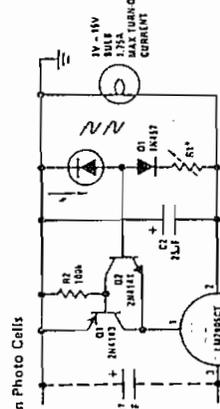


$$I_{OUT} = 1 \text{ mA} + \frac{5 \text{ V}}{R1}$$

Light Controllers Using Silicon Photo Cells



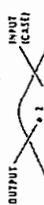
* Lamp brightness increases until $I_1 \approx I_0$ ($\approx 1 \text{ mA}$) + $5 \text{ V}/R1$.
† Necessary only if raw supply filter capacitor is more than 2" from LM7905CT



* Lamp brightness increases until $I_1 \approx I_0$ ($\approx 1 \text{ mA}$) + $5 \text{ V}/R1$ (it can be set as low as I_{JA})
† Necessary only if raw supply filter capacitor is more than 2" from LM7905CT

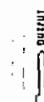
Connection Diagrams

TO-3 Package



Order Number: LM7905CK

TO-20 Package



Order Number: LM7905CT

CD4051BM/CD4051BC Single 8-Channel Analog Multiplexer/Demultiplexer
CD4052BM/CD4052BC Dual 4-Channel Analog Multiplexer/Demultiplexer
CD4053BM/CD4053BC Triple 2-Channel Analog Multiplexer/Demultiplexer

general description

These analog multiplexers/demultiplexers are digitally controlled analog switches having low "ON" impedance and very low "OFF" leakage currents. Control of analog signals up to 15Vp-p can be achieved by digital signal amplitudes of 3-15V. For example, if $V_{DD} = 5V$, $V_{SS} = 0V$ and $V_{EE} = -5V$, analog signals from -5V to +5V can be controlled by digital inputs of 0-5V. The multiplexer circuits dissipate extremely low quiescent power over the full $V_{DD} - V_{SS}$ and $V_{DD} - V_{EE}$ supply voltage ranges, independent of the logic state of the control signals. When a logical "1" is present at the inhibit input terminal all channels are "OFF."

CD4051BM/CD4051BC is a single 8-channel multiplexer having three binary control inputs, A, B and C, and an inhibit input. The three binary signals select 1 of 8 channels to be turned "ON" and connect the input to the output.

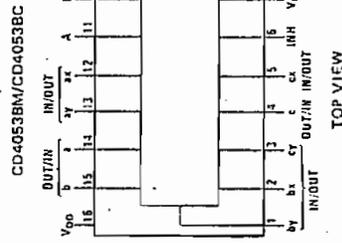
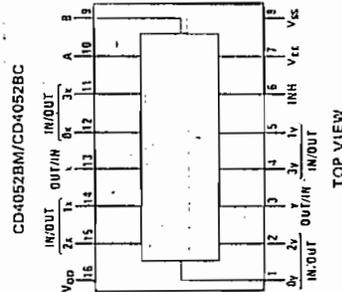
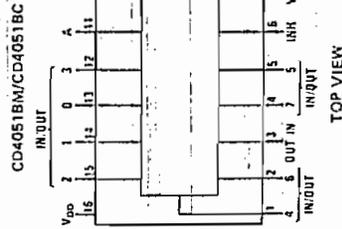
CD4052BM/CD4052BC is a differential 4-channel multiplexer having two binary control inputs, A and B, and an inhibit input. The two binary input signals select 1 of 4 pairs of channels to be turned on and connect the differential analog inputs to the differential outputs.

CD4053BM/CD4053BC is a triple 2-channel multiplexer having three separate digital control inputs, A, B and C, and an inhibit input. Each control input selects one of a pair of channels which are connected in a single-pole double-throw configuration.

features

- Wide range of digital and analog signal levels: digital 3-15V, analog to 15Vp-p
- Low "ON" resistance: 80Ω (typ) over entire 15Vp-p signal-input range for $V_{DD} - V_{EE} = 15V$
- High "OFF" resistance: channel leakage of $\pm 10pA$ (typ) at $V_{DD} - V_{EE} = 10V$
- Logic level conversion for digital addressing signals of 3-15V ($V_{DD} - V_{SS} = 3-15V$) to switch analog signals to 15Vp-p ($V_{DD} - V_{EE} = 15V$)
- Matched switch characteristics: $\Delta R_{ON} = 5\Omega$ (typ) for $V_{DD} - V_{EE} = 15V$
- Very low quiescent power dissipation under all digital-control input and supply conditions: $1\mu W$ (typ) at $V_{DD} - V_{SS} = V_{DD} - V_{EE} = 10V$
- Binary address decoding on chip

connection diagrams



recommended operating conditions

V_{DD} DC Supply Voltage -0.5 Vdc to +18 Vdc
 V_{IN} Input Voltage -0.5 Vdc to $V_{DD} + 0.5 Vdc$
 T_s Storage Temperature Range -65°C to +150°C
 P_D Package Dissipation 500 mW
 T_L Lead Temperature (soldering, 10 seconds) 300°C

dc electrical characteristics (Note 2)

Parameter	Conditions	-55°C			+25°C		
		Min	Max	Typ	Min	Max	Typ
I_{DD}	Quiescent Device Current $V_{DD} = 5V$ $V_{DD} = 10V$ $V_{DD} = 15V$		5			10	
Signal Inputs (V_{IS}) and Outputs (V_{OS})	"ON" Resistance (Peak for $V_{EE} \leq V_{IS} \leq V_{DD}$) $R_L = 10 k\Omega$ (any channel selected)	$V_{DD} = 2.5V$, $V_{EE} = -2.5V$, $V_{EE} = 0V$		2000			270
		$V_{DD} = 5V$, $V_{EE} = -5V$, or $V_{DD} = 10V$, $V_{EE} = 0V$		310			120
		$V_{DD} = 7.5V$, $V_{EE} = -7.5V$, or $V_{DD} = 15V$, $V_{EE} = 0V$		220			80
		$V_{DD} = 2.5V$, $V_{EE} = -2.5V$, or $V_{DD} = 5V$, $V_{EE} = 0V$					
ΔR_{ON}	Resistance Between Any Two Channels	$R_L = 10 k\Omega$ (any channel selected)					
		$V_{DD} = 5V$, $V_{EE} = -5V$, or $V_{DD} = 10V$, $V_{EE} = 0V$					10
		$V_{DD} = 7.5V$, $V_{EE} = -7.5V$, or $V_{DD} = 15V$, $V_{EE} = 0V$					5
		$V_{DD} = 2.5V$, $V_{EE} = -2.5V$, or $V_{DD} = 5V$, $V_{EE} = 0V$					
"OFF" Channel Leakage Current, any channel "OFF"	Inhibit = 7.5V CD4051 $V_{DD} = 7.5V$, $V_{EE} = -7.5V$, CD4052 $O/I = 0V$, CD4053 $I/O = \pm 7.5V$	$V_{DD} = 7.5V$, $V_{EE} = -7.5V$ $O/I = \pm 7.5V$, $I/O = 0V$		±50			±0.01
		$V_{DD} = 5V$, $V_{EE} = -5V$ $O/I = \pm 5V$, $I/O = 0V$		±200			±0.08
		$V_{DD} = 2.5V$, $V_{EE} = -2.5V$ $O/I = \pm 2.5V$, $I/O = 0V$		±200			±0.04
Control Inputs A, B, C and Inhibit	Low Level Input Voltage $V_{EE} = V_{SS}$, $R_L = 1k\Omega$ to V_{SS} $I_{IS} < 2\mu A$ on all OFF channels $V_{IS} = V_{DD}$ thru $1k\Omega$	$V_{DD} = 5V$		1.5			1.5
		$V_{DD} = 10V$		3.0			3.0
		$V_{DD} = 15V$		4.0			4.0
		$V_{DD} = 5V$		3.5			3.5
V_{IH}	High Level Input Voltage	$V_{DD} = 5V$		7			7
		$V_{DD} = 10V$		11			11
		$V_{DD} = 15V$		11			11
I_{IN}	Input Current	$V_{DD} = 15V$, $V_{EE} = 0V$		-0.1			-0.1
		$V_{DD} = 5V$		-0.1			-0.1

ADC0802-ADC0804

8-Bit μ P-Compatible A/D Converters



ADC0802-ADC0804



GENERAL DESCRIPTION

The ADC0802 family are CMOS 8-bit successive approximation A/D converters which use a modified potentiometric ladder, and are designed to operate with the 8080A control bus via three-state outputs. These converters appear to the processor as memory locations or I/O ports, and hence no interfacing logic is required.

The differential analog voltage input has good common-mode-rejection, and permits offsetting the analog zero-input-voltage value. In addition, the voltage reference input can be adjusted to allow encoding any smaller analog voltage span to the full 8 bits of resolution.

FEATURES

- 80C48 and 80C80/85 Bus Compatible — No Interfacing Logic Required
- Conversion Time < 100 μ s
- Easy Interface to Most Microprocessors
- Will Operate in a "Stand Alone" Mode
- Differential Analog Voltage Inputs
- Works With Bandgap Voltage References
- TTL Compatible Inputs and Outputs
- On-Chip Clock Generator
- 0V to 5V Analog Voltage Input Range (Single +5V Supply)
- No Zero-Adjust Required

ORDERING INFORMATION

PART NUMBER	ERROR	TEMPERATURE RANGE	PACKAGE
ADC0802LCN	$\pm 1/2$ bit no adjust	0°C to +70°C	20 pin Plastic DIP
ADC0802LCD	$\pm 1/2$ bit no adjust	-25°C to +85°C	20 pin CERDIP
ADC0802LD	$\pm 1/2$ bit no adjust	-55°C to +125°C	20 pin CERDIP
ADC0803LCN	$\pm 1/2$ bit adjusted full-scale	0°C to +70°C	20 pin Plastic DIP
ADC0803LCD	$\pm 1/2$ bit adjusted full-scale	-25°C to +85°C	20 pin CERDIP
ADC0803LD	$\pm 1/2$ bit adjusted full-scale	-55°C to +125°C	20 pin CERDIP
ADC0804LCN	± 1 bit no adjust	0°C to +70°C	20 pin Plastic DIP
ADC0804LCD	± 1 bit no adjust	-25°C to +85°C	20 pin CERDIP

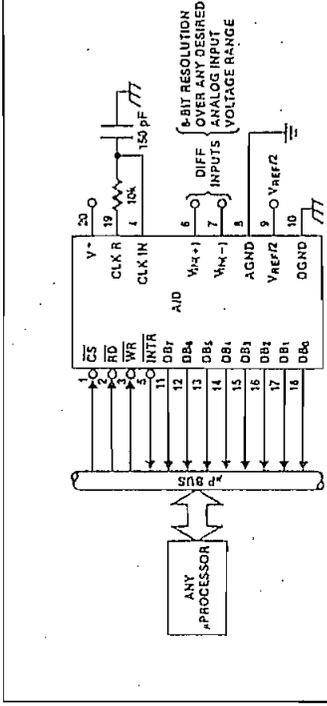


Figure 1: Typical Application

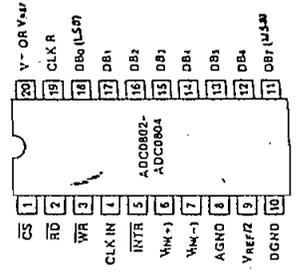


Figure 2: Pin Configuration

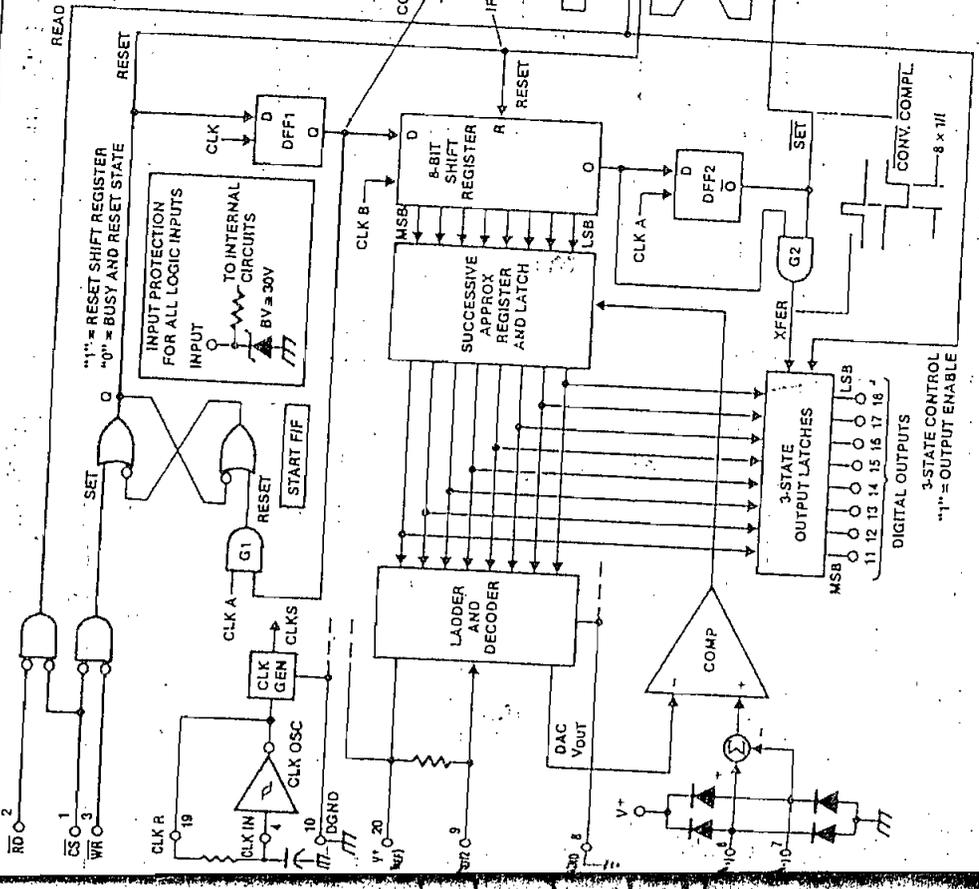
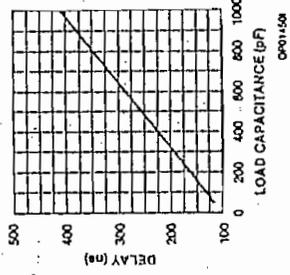


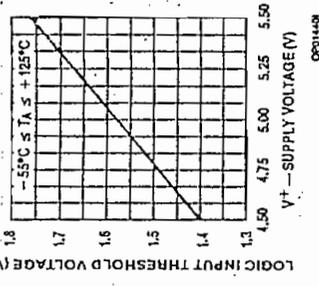
Figure 3: Functional Diagram of ADC0802-ADC0804

TYPICAL PERFORMANCE CHARACTERISTICS

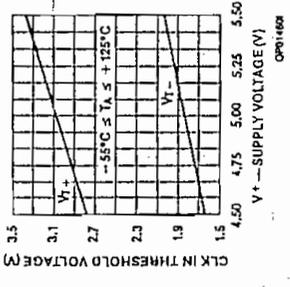
Delay From Falling Edge of RD to Output Data Valid vs Load Capacitance



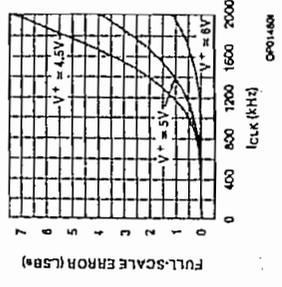
Logic Input Threshold Voltage vs Supply Voltage



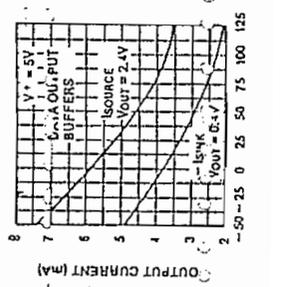
CLK IN Schmitt Trip Levels vs Supply Voltage



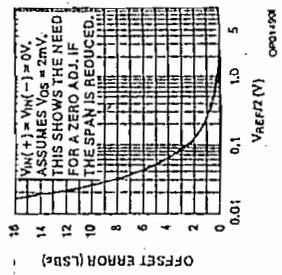
Full-Scale Error vs FCLK



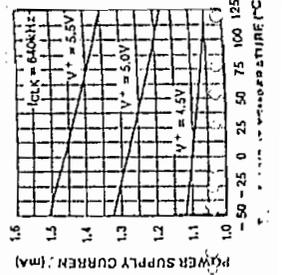
Output Current vs Temperature vs VREF/2 Voltage



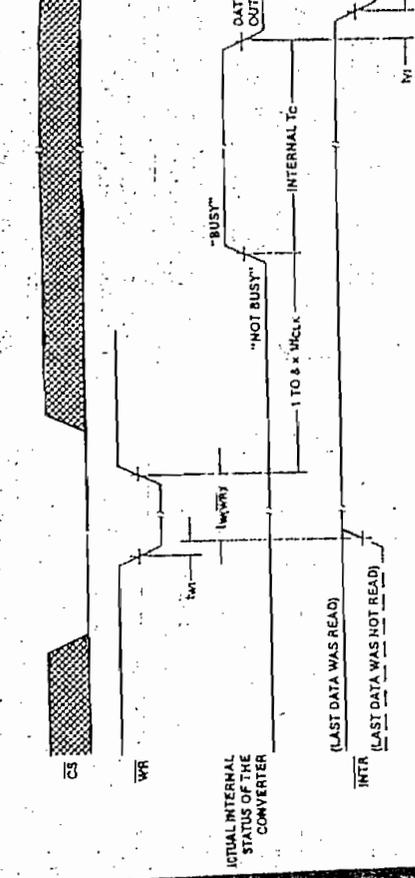
Effect of Unadjusted Offset Error



Power Supply Current vs Temperature



Start Conversion



Output Enable and Reset INTR

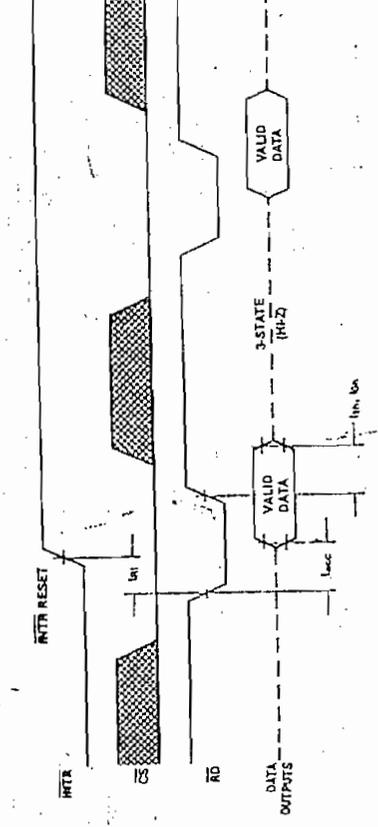


Figure 5: Timing Diagrams

Note: All timing is measured from the 50% voltage points.

PERSISTING A/D ERROR SPECS

The error curve of Figure 6b shows the transfer function for the ADC0802. Horizontal error bars indicate the uncertainty of the A/D. For example, in Figure 6a is +1/2 LSB because the digital output is always a constant negative value. The error in the center-value of the ADC is always 1LSB in magnitude. A functional diagram of the ADC provides the same

The error curve of Figure 6b shows the transfer function for the ADC0802. Horizontal error bars indicate the uncertainty of the A/D. For example, in Figure 6a is +1/2 LSB because the digital output is always a constant negative value. The error in the center-value of the ADC is always 1LSB in magnitude. A functional diagram of the ADC provides the same

Next to each transfer function is a plot of the error. Notice that the error in the center-value of the ADC is always 1LSB in magnitude. A functional diagram of the ADC provides the same

FUNCTIONAL DESCRIPTION
A functional diagram of the ADC provides the same

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS*

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

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

D.C. CHARACTERISTICS: (TA = 0 °C to 70 °C; VCC = 5V ± 10%; VSS = 0V)

Symbol	Parameter	Min	Max	Unit	Test Conditions
VIL	Input Low Voltage (Except \overline{EA} Pin of 8751H, 8751H-12 & 8751H-88)	-0.5	0.8	V	
VIL1	Input Low Voltage to \overline{EA} Pin of 8751H, 8751H-12 & 8751H-88	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)				
	8751H, 8751H-12 & 8751H-88		0.60 0.45	V	IOL = 3.2 mA IOL = 2.4 mA
	All Others		0.45	V	IOL = 3.2 mA
VOH	Output High Voltage (Ports 1, 2, 3)	2.4		V	IOH = -80 µA IOH = -400 µA
VOH1	Output High Voltage (Port 0 in External Bus Mode, ALE, PSEN)	2.4		V	
IIL	Logical 0 Input Current (Ports 1, 2, 3 RST) 8032AH, 8052AH		-800 -500	µA	Vin = 0.45 V Vin = 0.45 V
	All Others		-15	mA	
IIL1	Logical 0 Input Current to \overline{EA} Pin of 8751H, 8751H-12 & 8751H-88 Only		-3.2	mA	Vin = 0.45 V
IIL2	Logical 0 Input Current (XTAL2)				
IIL3	Input Leakage Current (Port 0, 8751H, 8751H-12 & 8751H-88 All Others)		±100 ±10	µA	0.45 < Vin < VCC 0.45 < Vin < VCC
IIL4	Logical 1 Input Current to \overline{EA} Pin of 8751H, 8751H-12 & 8751H-88		500	µA	Vin < (VCC - 1.5V)
IIL5	Input Current to RST to Activate Reset		500	µA	All Outputs Disabled, EA = V
ICC	Power Supply Current: 8031AH, 8051AH, 8032AH, 8052AH		160 125 175	mA	
	8751H, 8751H-12 & 8751H-88		250	mA	
CIO	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 VCCs of Ports 1 and 3. The noise is due to external bus capacitance discharging into the Port 0 and Port 2 pins when these pins are in a high-impedance state. In the worst cases (capacitive loading > 100 pF), the noise pulse on the VCCs may exceed 0.5V. To avoid this, use a Schmitt Trigger input with a Schmitt Trigger or use an address decoder.

Note, however, that if the Security Bit in the EPROM devices is programmed, the device will not fetch 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 AP-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.

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

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

normal operation ALE is emitted at a constant rate 1/4 the oscillator frequency, and may be used for external timing or clocking purposes. Note, however, that on one 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.

VPP
 External Access enable \overline{EA} must be externally held high in order to enable any MCS-51 device to fetch code from external Program Memory locations 0 to 0FFFH (0 to 1FFFH, in the 8032AH and 8052AH).

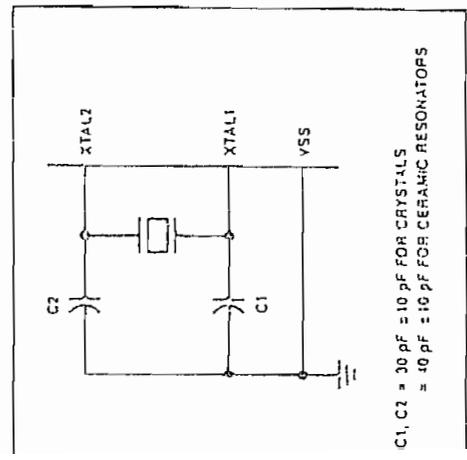


Figure 3. Oscillator Connections

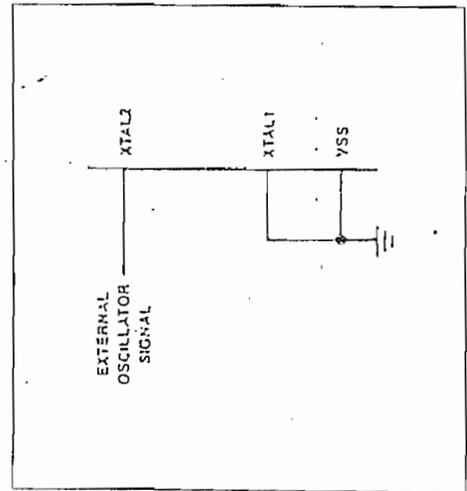
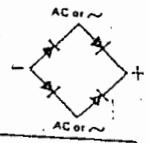
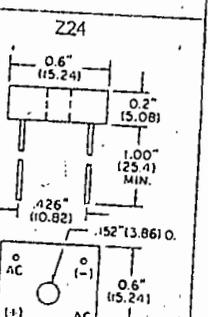
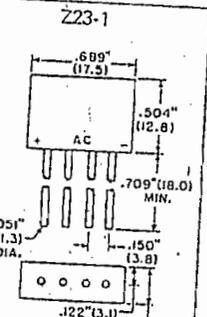
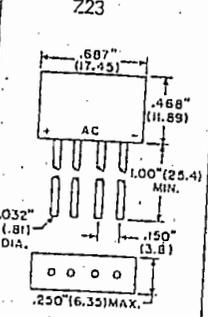
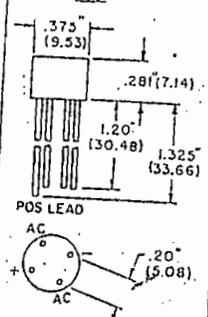
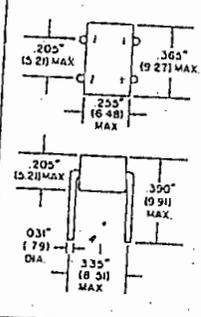


Figure 4. External Drive Configuration

Single-Phase Rectifiers (Silicon)

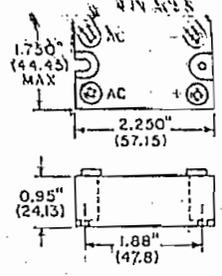
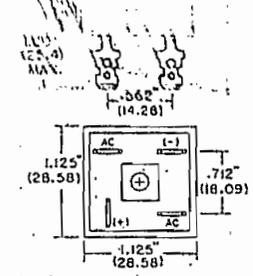


Peak Reverse Voltage (PRV Volts)	I _O Average Rectified Forward Current (Amps)				
	1 A	1.5 A	2 A	4 A	8 A
100			ECG166		ECG5312
200			ECG167		ECG5313
400		ECG5304	ECG168	ECG5309	ECG5314
600	ECG5332	ECG5305	ECG169		ECG5315
800		ECG5306		ECG5310	ECG5316
1000	ECG5334	ECG5307	ECG170		ECG5317
Peak Forward Surge Current (Amps)	50	50	60	250	125
Max. Forward Voltage Per Element (Volts)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.2
T _C at Rated I _O (°C) Max	+40	+25	+25	+40	+50
Part No.	Z21	Z22	Z23	Z23-1	Z24

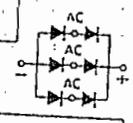


Single-Phase (cont'd)

Peak Reverse Voltage (PRV Volts)	I _O Average Rectified Forward Current (Amps)			
	25 A	40 A	80 A	100 A
200	ECG6322	ECG5340		
400	ECG5324			
600	ECG5326	ECG5342	ECG5346	ECG5348
800	ECG5327			
1000	ECG5328	ECG5344		
Peak Forward Surge Current (Amps)	300	400	800	1000
Max. Forward Voltage Per Element (Volts)	1.0	1.1	1.8	1.4
T _C at Rated I _O (°C) Max	+60	+60	+105	+100



Three-Phase



Peak Reverse Voltage (PRV Volts)	I _O Average Rectified Forward Current (Amps)	
	60 A	100 A
200		
400		
600	ECG5335	ECG5338
800		
1000		
Peak Forward Surge Current (Amps)	600	800
Max. Forward Voltage Per Element (Volts)	1.25	1.25
T _C at Rated I _O (°C) Max	+70	+100

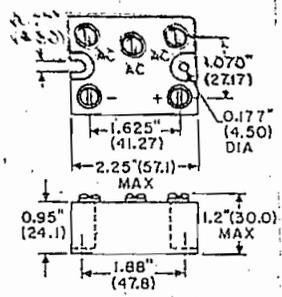


TABLE II—Continued

TYPE

K

New Reference Tables
Supersedes N.B.S.
Circular #561

Nickel-Chromium Vs. Nickel-Aluminum (Chromel-Alumel)*

Temperature in Degrees C
Reference Junction at 0°C

*Equivalent material now available from other manufacturers. See "Trade Names of Alloys" table on page T-38.

DEG C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	DEG C
THERMOELECTRIC VOLTAGE IN ABSOLUTE MILLIVOLTS												
600	24.902	24.944	24.987	25.029	25.072	25.114	25.157	25.199	25.242	25.284	25.327	600
610	24.927	24.969	25.012	25.054	25.097	25.139	25.182	25.224	25.266	25.309	25.351	610
620	24.951	24.993	25.036	25.078	25.121	25.163	25.206	25.248	25.291	25.333	25.375	620
630	24.976	25.018	25.060	25.103	25.145	25.187	25.230	25.272	25.314	25.357	25.399	630
640	24.999	25.042	25.084	25.127	25.169	25.211	25.254	25.296	25.339	25.381	25.423	640
650	25.022	25.065	25.107	25.149	25.192	25.234	25.277	25.319	25.361	25.403	25.445	650
660	25.045	25.088	25.130	25.173	25.215	25.258	25.300	25.343	25.385	25.428	25.470	660
670	25.067	25.110	25.152	25.195	25.237	25.280	25.322	25.365	25.407	25.449	25.492	670
680	25.089	25.132	25.174	25.217	25.259	25.302	25.344	25.387	25.429	25.472	25.514	680
690	25.111	25.154	25.196	25.239	25.281	25.324	25.366	25.409	25.451	25.494	25.536	690
700	25.132	25.175	25.218	25.260	25.303	25.345	25.388	25.430	25.473	25.515	25.558	700
710	25.153	25.196	25.239	25.281	25.324	25.366	25.409	25.451	25.494	25.536	25.579	710
720	25.174	25.217	25.260	25.302	25.345	25.388	25.430	25.473	25.515	25.558	25.600	720
730	25.195	25.238	25.281	25.323	25.366	25.409	25.451	25.494	25.536	25.579	25.621	730
740	25.216	25.259	25.302	25.344	25.387	25.430	25.473	25.515	25.558	25.600	25.643	740
750	25.237	25.280	25.323	25.365	25.408	25.451	25.494	25.536	25.579	25.621	25.664	750
760	25.258	25.301	25.344	25.386	25.429	25.472	25.515	25.558	25.600	25.643	25.686	760
770	25.279	25.322	25.365	25.407	25.450	25.493	25.536	25.579	25.621	25.664	25.707	770
780	25.300	25.343	25.386	25.428	25.471	25.514	25.557	25.600	25.643	25.686	25.729	780
790	25.321	25.364	25.407	25.449	25.492	25.535	25.578	25.621	25.664	25.707	25.750	790
800	25.342	25.385	25.428	25.470	25.513	25.556	25.599	25.642	25.685	25.728	25.771	800
810	25.363	25.406	25.449	25.491	25.534	25.577	25.620	25.663	25.706	25.749	25.792	810
820	25.384	25.427	25.470	25.512	25.555	25.598	25.641	25.684	25.727	25.770	25.813	820
830	25.405	25.448	25.491	25.533	25.576	25.619	25.662	25.705	25.748	25.791	25.834	830
840	25.426	25.469	25.512	25.554	25.597	25.640	25.683	25.726	25.769	25.812	25.855	840
850	25.447	25.490	25.533	25.575	25.618	25.661	25.704	25.747	25.790	25.833	25.876	850
860	25.468	25.511	25.554	25.596	25.639	25.682	25.725	25.768	25.811	25.854	25.897	860
870	25.489	25.532	25.575	25.617	25.660	25.703	25.746	25.789	25.832	25.875	25.918	870
880	25.510	25.553	25.596	25.638	25.681	25.724	25.767	25.810	25.853	25.896	25.939	880
890	25.531	25.574	25.617	25.659	25.702	25.745	25.788	25.831	25.874	25.917	25.960	890
900	25.552	25.595	25.638	25.680	25.723	25.766	25.809	25.852	25.895	25.938	25.981	900
910	25.573	25.616	25.659	25.701	25.744	25.787	25.830	25.873	25.916	25.959	26.002	910
920	25.594	25.637	25.680	25.722	25.765	25.808	25.851	25.894	25.937	25.980	26.023	920
930	25.615	25.658	25.701	25.743	25.786	25.829	25.872	25.915	25.958	26.001	26.044	930
940	25.636	25.679	25.722	25.764	25.807	25.850	25.893	25.936	25.979	26.022	26.065	940
950	25.657	25.700	25.743	25.785	25.828	25.871	25.914	25.957	26.000	26.043	26.086	950
960	25.678	25.721	25.764	25.806	25.849	25.892	25.935	25.978	26.021	26.064	26.107	960
970	25.699	25.742	25.785	25.827	25.870	25.913	25.956	25.999	26.042	26.085	26.128	970
980	25.720	25.763	25.806	25.848	25.891	25.934	25.977	26.020	26.063	26.106	26.149	980
990	25.741	25.784	25.827	25.869	25.912	25.955	25.998	26.041	26.084	26.127	26.170	990
1,000	25.762	25.805	25.848	25.890	25.933	25.976	26.019	26.062	26.105	26.148	26.191	1,000
1,010	25.783	25.826	25.869	25.911	25.954	25.997	26.040	26.083	26.126	26.169	26.212	1,010
1,020	25.804	25.847	25.890	25.932	25.975	26.018	26.061	26.104	26.147	26.190	26.233	1,020
1,030	25.825	25.868	25.911	25.953	25.996	26.039	26.082	26.125	26.168	26.211	26.254	1,030
1,040	25.846	25.889	25.932	25.974	26.017	26.060	26.103	26.146	26.189	26.232	26.275	1,040
1,050	25.867	25.910	25.953	25.995	26.038	26.081	26.124	26.167	26.210	26.253	26.296	1,050
1,060	25.888	25.931	25.974	26.016	26.059	26.102	26.145	26.188	26.231	26.274	26.317	1,060
1,070	25.909	25.952	25.995	26.037	26.080	26.123	26.166	26.209	26.252	26.295	26.338	1,070
1,080	25.930	25.973	26.016	26.058	26.101	26.144	26.187	26.230	26.273	26.316	26.359	1,080
1,090	25.951	25.994	26.037	26.079	26.122	26.165	26.208	26.251	26.294	26.337	26.380	1,090
1,100	25.972	26.015	26.058	26.100	26.143	26.186	26.229	26.272	26.315	26.358	26.401	1,100
1,110	25.993	26.036	26.079	26.121	26.164	26.207	26.250	26.293	26.336	26.379	26.422	1,110
1,120	26.014	26.057	26.100	26.142	26.185	26.228	26.271	26.314	26.357	26.400	26.443	1,120
1,130	26.035	26.078	26.121	26.163	26.206	26.249	26.292	26.335	26.378	26.421	26.464	1,130
1,140	26.056	26.099	26.142	26.184	26.227	26.270	26.313	26.356	26.399	26.442	26.485	1,140
1,150	26.077	26.120	26.163	26.205	26.248	26.291	26.334	26.377	26.420	26.463	26.506	1,150
1,160	26.098	26.141	26.184	26.226	26.269	26.312	26.355	26.398	26.441	26.484	26.527	1,160
1,170	26.119	26.162	26.205	26.247	26.290	26.333	26.376	26.419	26.462	26.505	26.548	1,170
1,180	26.140	26.183	26.226	26.268	26.311	26.354	26.397	26.440	26.483	26.526	26.569	1,180
1,190	26.161	26.204	26.247	26.289	26.332	26.375	26.418	26.461	26.504	26.547	26.590	1,190
1,200	26.182	26.225	26.268	26.310	26.353	26.396	26.439	26.482	26.525	26.568	26.611	1,200
1,210	26.203	26.246	26.289	26.331	26.374	26.417	26.460	26.503	26.546	26.589	26.632	1,210
1,220	26.224	26.267	26.310	26.352	26.395	26.438	26.481	26.524	26.567	26.610	26.653	1,220
1,230	26.245	26.288	26.331	26.373	26.416	26.459	26.502	26.545	26.588	26.631	26.674	1,230
1,240	26.266	26.309	26.352	26.394	26.437	26.480	26.523	26.566	26.609	26.652	26.695	1,240
1,250	26.287	26.330	26.373	26.415	26.458	26.501	26.544	26.587	26.630	26.673	26.716	1,250
1,260	26.308	26.351	26.394	26.436	26.479	26.522	26.565	26.608	26.651	26.694	26.737	1,260
1,270	26.329	26.372	26.415	26.457	26.500	26.543	26.586	26.629	26.672	26.715	26.758	1,270
1,280	26.350	26.393	26.436	26.478	26.521	26.564	26.607	26.650	26.693	26.736	26.779	1,280
1,290	26.371	26.414	26.457	26.499	26.542	26.585	26.628	26.671	26.714	26.757	26.800	1,290
1,300	26.392	26.435	26.478	26.520	26.563	26.606	26.649	26.692	26.735	26.778	26.821	1,300
1,310	26.413	26.456	26.499	26.541	26.584	26.627	26.670	26.713	26.756	26.799	26.842	1,310
1,320	26.434	26.477	26.520	26.562	26.605	26.648	26.691	26.734	26.777	26.820	26.863	1,320
1,330	26.455	26.498	26.541	26.583	26.626	26.669	26.712	26.755	26.798	26.841	26.884	1,330
1,340	26.476	26.519	26.562	26.604	26.647	26.690	26.733	26.776	26.819	26.862	26.905	1,340
1,350	26.497	26.540	26.583	26.625	26.668	26.711	26.754	26.797	26.840	26.883	26.926	1,350
1,360	26.518	26.561	26.604	26.646	26.689	26.732	26.775	26.818	26.861	26.904	26.947	1,360
1,370	26.539	26.582	26.625	26.667	26.710	26.753	26.796	26.839	26.882	26.925	26.968	1,370
1,380	26.560	26.603	26.646	26.688	26.731	26.774	26.817	26.860	26.903	26.946	26.989	1,380
1,390	26.581	26.624	26.667	26.709	26.752	26.795	26.838	26.881	26.924	26.967	27.010	1,390
1,400	26.602	26.645	26.688	26.730	26.773	26.816	26.859	26.902	26.945	26.988	27.031	1,400
1,410	26.623	26.666	26.709	26.751	26.794	26.837	26.880	26.923	26.966	27.009	27.052	1,410
1,420	26.644	26.687	26.730	2								

ANEXO 3

LISTADO DEL PROGRAMA
IMPLEMENTADO

DEFSEG TIINT,START=001BH

SEG TIINT

ORG 001BH ; Vector de interrupción a la bandera de
; sobreflujo de TIMER 1

LJMP ESPERA ; Saltar a la rutina de atención a la interrupción
; de TIMER1

DEFSEG ICIO,START=0020H

SEG ICIO

ORG 0020H ; Dirección de inicio del programa principal

INICIO : SETB P2.6 ; Enviar la señal para que el rele del autoapagado
; cierre el contacto para el enclavamiento

MOV 81H,#30H ; Fijar el inicio del stack en 30H, porque por
; default empieza en 07H que corresponde a banco
; de registros

MOV PSW,#1BH ; Seleccionar el banco 3 de registros y borrar las
; banderas de CARRY

MOV PCON,#00H ; Desactivar la operación de POWER DOWN y el IDLE
; MODE que son usados en transmisión serial

MOV IE,#87H ; Habilitar todas las interrupciones, excepto la
; del pòrtico serial y del TIMER1

MOV IP,#05H ; Asignar prioridad a las interrupciones externas
; y luego a la de los TIMERS

MOV TCON,#10H ; Iniciar la operación del TIMER 0 y conservar
; apagado TIMER 1 y programar que las
; interrupciones externas se detecten en nivel
; bajo

MOV TMOD,#01H ; Asignar que la operación de los TIMERS se
; controle por SOFTWARE y se escoje el MODO 0 para
; TIMER 1 y el MODO 1 para TIMER 0

MOV R5,#01H ; Grabar en el registro 5 del banco 3 para la
; cuenta por minutos

CLR 0 ; Poner en cero bandera de Fin de tiempo 1

CLR 8 ; Poner en cero bandera de Fin de tiempo 2

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9
; RUTINA DE VALORES DE DEFAULT

```
DEFAULT : CLR PSW.4 ; Seleccionar el banco
          SETB PSW.3 ; de registros 1
          MOV R0,#0F0H ; Cargar 0 en el registro de unidades de grados
          MOV R1,#0D0H ; Cargar 0 en el registro de decenas de grados
          MOV R2,#0B7H ; Cargar 7 en el registro de centenas de grados
          MOV R3,#06H ; Cargar R3 con 06=700 °C
          LCALL DISP ; Mostrar en el LCD 700 °C
          CLR PSW.4 ; Seleccionar el banco
          CLR PSW.3 ; de registros 0
          MOV R0,#0F0H ; Cargar 0 en el registro de unidades de grados
          MOV R1,#0D0H ; Cargar 0 en el registro de decenas de grados
          MOV R2,#0B7H ; Cargar 7 en el registro de centenas de grados
          MOV R3,#06H ; Cargar R3 con 06=700 °C
          LCALL DISP ; Mostrar en el LCD 700 °C
          SETB PSW.4 ; Seleccionar el banco
          SETB PSW.3 ; de registros 3
          MOV R0,#0F0H ; Cargar 0 minutos para tiempo UNO
          MOV R1,#0D0H ; Cargar 0 decenas de minutos para tiempo UNO
          MOV R2,#0B1H ; Cargar 1 hora para tiempo UNO
          LCALL DISP ; Mostrar en el LCD 1:00
          SETB PSW.4 ; Seleccionar el banco
          CLR PSW.3 ; de registros 2
          MOV R0,#0F0H ; Cargar 0 minutos para tiempo DOS
          MOV R1,#0D0H ; Cargar 0 decenas de minutos para tiempo DOS
          MOV R2,#0B1H ; Cargar 1 hora para tiempo DOS
          LCALL DISP ; Mostrar en el LCD 1:00
```

; PROGRAMA PRINCIPAL DE CHEQUEO Y COMPARACION

VENT1 : CLR P2.7 ; Prender ventilador 1

CHEQ3 : SETB P0.7 ; Deshabilitar buffer 1

CLR TCON.6 ; Detener operación de TIMER 1

LCALL MUESTREO ; Llamar a la subrutina MUESTREO

CLR P0.7 ; Habilitar la lectura de switches

NOP ; No operar

JNB P0.5,CHEAUT ; Saltar a chequeo de sw 1, si sw 3 es 0L

JNB P1.3,FORES3 ; Saltar a chequeo de sw 1, si solenoide 3 igual ; 0L

LCALL PRENG3 ; Llamar a subrutina de encendido de quemador 3

FORES3 : JB P3.1,CHEQ1 ; Saltar a chequeo de sw 1, si fotoresistencia 3 ; prendida

ALA3 : LCALL ALARMA3 ; Si fotoresistencia 3 apagada llamar a subrutina ; de alarma

CHEAUT : JB P1.3,CHEQ1 ; Si solenoide 3 apagada saltar a CHEQ1

JNB P1.1,CHEQ1 ; Si solenoide 1 prendida saltar a CHEQ1

JNB P1.2,CHEQ1 ; Si solenoide 2 prendida saltar a CHEQ1

LCALL APA3 ; Llamar a subrutina de apagado de quemador 3

CHEQ1 : LCALL MUESTREO ; Llamar a la subrutina para mostrar tiempo o ; temperatura

CLR TCON.6 ; Detener operación de TIMER 1

JB 0,CHAPA1 ; Si está puesta bandera de fin de Tiempo 1 ir a ; chequear apagado 1

CLR P0.7 ; Habilitar lectura de los switches

NOP ; No operar

JNB P0.1,APAGA1 ; Saltar a chequeo de sw 2, si sw 1 igual 0L

JB P1.1,COMINI ; Si P1.1= 1L, saltar a comparar la temperatura 1 ; con el valor inferior

CMSU1 : SETB P0.7 ; Deshabilitar el buffer 1 tres estados de lectura

```

CLR   PSW.4      ; Seleccionar el banco de registros 1
SETB  PSW.3      ; que corresponde a las temperaturas de
                ; incinerador 1
CLR   PO.6       ; Seleccionar en el switch análogo para que pase
                ; la señal de termocupla 1
LCALL SEGUND     ; Esperar 1 segundo
LCALL TEMIN     ; Llamar a la subrutina de lectura de temperaturas
                ; de Incineradores
MOV   A,R4       ; Cargar R4 en ACC
CJNE  A,0BH,DESIG1 ; Comparar la temperatura de control 1 con la de
                ; incinerador 1
SJMP  CHAPA1    ; Si son iguales salte a chequear y apagar
DESIG1 : JC     CONPREN ; Si R4<R3, es decir si T incinerador menor T
                ; control continue prendido
        SJMP  CHAPA1    ; Si R4>R3 saltar a chequear y apagar

CONPREN : CLR   PO.7    ; Habilitar lectura de switches
        NOP                ; No operar
        JB    PO.5,CONPRE1 ; Continuar prendido 01 si SW3=0N
CONPRE1Y3: JB    P3.1,CONPRE1 ; Chequear fotoresistencia 3
        LCALL ALARMA3    ; Llamar a subrutina de ALARMA3
CONPRE1 : JB    P3.5,C2   ; Si la fotoresistencia 1 esta prendida saltar a
                ; chequeo de sw2
        LCALL ALARMA1    ; Si la fotoresistencia 1 está apagada llamar a la
                ; subrutina de alarma
CHAPA1  : CLR   PO.7     ; Habilitar la lectura de buffers
        NOP                ; No operar
        JB    PO.5,APAGA1 ; Si el sw3 es 1L vaya a apagar el Quemador 1
        JNB   P1.2,APAGA1 ; Si la solenoide 2 = 0L (prendida), vaya apagar
                ; el Quemador 1
APAGA1Y3 : LCALL APA1Y3  ; Llamar a subrutina de apagado de 01 y 03
C2      : LJMP  CHEQE2   ; Saltar a chequeo de sw2

```

```

APAGA1 : LCALL APA1      ; Llamar a subrutina de apagado de D1
        SJMP CHEQE2     ; Saltar a chequeo de sw2
COMIN1 : SETB P0.7      ; Deshabilitar los buffers tres estados de lectura
        CLR PSW.4       ; Seleccionar el banco de registros 1
        SETB PSW.3      ; que corresponde a las temperaturas de
        ; incinerador 1
        CLR P0.6        ; Seleccionar en el SW Análogo para que pase señal
        ; de TERMOCUPLA 1
        LCALL SEGUND    ; Esperar 1 segundo
        LCALL TEMIN     ; Llamar a la subrutina de lectura de
        ; temperaturas de incinerador
        MOV A,R3        ; Cargar la temperatura de control en el
        ; acumulador
        DEC A           ; Decrementar el acumulador (temperatura de
        ; control menos 50 °C)
        CJNE A,OCH,DESIG2 ; Comparar la temperatura de incinerador 1 con la
        ; Temperatura de control 1 menos 50 °C
        SJMP MENOR1    ; Si R4=R3-1, entonces salte a MENOR1
DESIG2 : JC CONAPA1     ; Si R4>R3-1, entonces continúe apagado
MENOR1 : CLR P0.7      ; Habilitar la lectura de buffers
        NOP             ; No operar
        JB P0.5,PREND1 ; Si el sw3 = 1L vaya a prender D1
        JNB P1.2,PREND1 ; Si solenoide 2 = 0L (preñida) vaya a prender D1
        SETB P0.7      ; Deshabilitar buffer 1
PREN1Y3 : LCALL PRE1Y3  ; Llamar a subrutina de encendido de quemadores 1
        ; y 3
        SJMP CHEQE2     ; Saltar a chequeo de sw2
ALAI : LCALL ALARMA1   ; Llamar a subrutina ALARMA1
AI ARM3 : LCALL ALARMA3 ; Llamar a subrutina ALARMA3
PREND1 : LCALL PRE1     ; Llamar a subrutina que prende quemador 1
        SJMP CHEQE2     ; Saltar a chequeo de sw2

```

```

NC      :  LJMP  NUECHE      ; Saltar a nuevo chequeo

CONAPA1 :  SETB  P1.1      ; Continuar apagado de solenoide 1

CHEQE2  :  SETB  P0.7      ; Deshabilitar el buffer 1

          CLR   TCON.6     ; Detener operación de TIMER 1

          LCALL MUESTRED   ; Llamar a la subrutina para mostrar tiempo
          ; temperatura

          JB    B,CHAPA2   ; Si está puesta bandera de fin de Tiempo 2 ir a
          ; chequeo de apagado 2

          CLR   P0.7       ; Habilitar buffers

          NOP              ; No operar

          JNB   P0.2,NC    ; Si sw2 = 0L saltar a chequeo de sw1

          JB    P1.2,COM1N2 ; Si P1.2=1L , saltar a comparar la temperatura 2
          ; con el valor inferior

CONS2   :  SETB  P0.7      ; Deshabilitar el buffers 1 de lectura

          CLR   PSW.4      ; Seleccionar el banco de registros 0

          CLR   PSW.3      ; que corresponde a la temperatura del
          ; incinerador 2

          SETB  P0.6       ; Seleccionar en el sw Análogo para que pase
          ; señal de TERMOCUPLA 2

          LCALL SEGUND     ; Esperar 1 segundo

          LCALL TEMIN      ; Llamar a subrutina de lectura de temperatura de
          ; incinerador

          MOV   A,R4        ; Cargar R4 en ACC

          CJNE A,03H,DES1G3 ; Comparar la temperatura de control 2 con la del
          ; incinerador 2

          SJMP  CHAPA2     ; Si son iguales saltar a chequear y apagar

DES1G3  :  JC    CONPRE     ; Si R4<R3, (T incinerador 2 menor T control 2)
          ; continúe prendido

          SJMP  CHAPA2     ; Si R4>R3, saltar a chequear y apagar

CONPRE  :  CLR   P0.7      ; Habilitar la lectura de switches

          NOP              ; No operar

```

```

        JB      P0.5,CONPRE2 ; Continuar prendido Q2 si SW3 = ON
CONPRE2Y3: JB      P3.1,CONPRE2 ; Chequear fotoresistencia 3
        LCALL  ALARMA3      ; Llamar a subrutina ALARMA3
CONPRE2 : JB      P1.0,OSWALD ; Si la fotoresistencia 2 está prendida saltar a
        ; chequear sw3
        LCALL  ALARMA2      ; Si la fotoresistencia 2 está apagada llamar a
        ; subrutina de alarma
CHAPA2 : CLR      P0.7      ; Habilitar la lectura de buffer 1
        NOP                ; No operar
        JB      P0.5,APAGA2  ; Si el sw3 = 1L vaya a apagar Q2
        JNB     P1.1,APAGA2  ; Si la solenoide 1 = 0L (prendida) vaya a apagar
        ; Q2
APAGA2Y3 : LCALL  APA2Y3    ; Llamar a subrutina para apagar Q2 y Q3
OSWALD : LJHP   CHEQE3     ; Regresar a chequear el sw3
APAGA2 : LCALL  APA2       ; Llamar a subrutina para apagado de Q2
        LJHP   CHEQE3     ; Regrese a chequear el sw3
COMIN2 : SETB   P0.7      ; Deshabilitar los buffers de lectura
        CLR    PSW.4      ; Seleccionar el banco 0 de registros
        CLR    PSW.3      ; que corresponde a las temperaturas del
        ; incinerador 2
        SETB   P0.6      ; Seleccionar en el switch análogo señal de
        ; TERMOCUPLA2
        LCALL  SEGUND     ; Esperar 1 segundo
        LCALL  TEMIN      ; Llamar a la subrutina de lectura de temperatura
        ; de incinerador
        MOV    A,R3       ; Cargar la temperatura de control en el
        ; Acumulador
        DEC    A          ; Decrementar el acumulador (temperatura de
        ; control menos 50 grados)
        CJNE   A,04H,DESIG4 ; Comparar la temperatura de control 2 y la
        ; temperatura de incinerador 2
        SJMP   MENOR2     ; Si R4 = R3 - 1 vaya a MENOR2

```

```

DESIG4 : JC CONAPA2 ; Si R4>R3-1 continuar apagado
MENDR2 : CLR P0.7 ; Habilitar la lectura de buffers
NOP ; No operar
JB P0.5,PREND2 ; Si sw3 = 0L vaya a prender Q2
JNB P1.1,PREND2 ; Si solenoide1 = 0L (prendida) prender Q2
PREND2Y3 : LCALL PRE2Y3 ; Llamar a subrutina de encendido de Q2 y Q3
LJMP CHEQE3 ; Chequear sw3
ALA2 : LCALL ALARMA2 ; Saltar a ALARMA2
ALAR3 : LCALL ALARMA3 ; Saltar a ALARMA3
PREND2 : LCALL PRE2 ; Llamar a subrutina de encendido de Q2
LJMP CHEQE3 ; Regresar a chequear sw3
CONAPA2 : SETB P1.2 ; Continuar apagado solenoide 2
FERV : LJMP CHEQE3 ; Regresar a chequear sw3
JOSH : LJMP CHEQE1 ; Regresar a chequear sw1
OFV : LJMP CHEQE2 ; Regresar a chequear sw2
NUECHE : CLR P0.7 ; Habilitar buffers de lectura
CLR TCON.6 ; Detener operación de TIMER 1
NOP ; No operar
JB P0.1,FERV ; Si sw1 = 1L chequear sw3
SETB PSW.4 ; Seleccionar el banco
CLR PSW.3 ; de registros 2
MOV R7,#02H ; Cargar el equivalente a 600 segundos
MOV R6,#5BH ; en binario en los dos registros
CUENTA1 : LCALL SEGUND ; Llamar a la subrutina de espera de 1 segundo
CLR P0.7 ; Habilitar buffer 1 de lectura
NOP ; No operar
JB P0.1,JOSH ; Chequear el sw1
JB P0.2,OFV ; Chequear el sw2

```

```

JB      P0.5,SIGA      ; Chequear el sw3
LCALL  APA1Y3         ; Apagar quemador 1 y 3
SJMP   SIG1           ; Continuar con la espera de 10 min
SIGA   : JNB  P1.3,SIG1 ; Chequear la solenoide 3
        LJMP  CHEQE3     ; Saltar a chequear sw3
SIG1   : LCALL MUESTREO  ; Llamar a la subrutina para chequear si se
        ; muestra tiempo o temperatura
        DJNZ  R6,CUENTA1 ; Decrementar R6 , si no es cero regresar a
        ; llamar a la subrutina de espera de 1 segundo
        MOV  A,R7        ; Cargar el contenido de R7 en el ACC
        JZ   TERMIN     ; Si es cero saltar al autoapagado
        MOV  R6,#0FFH   ; Cargar en R6 = FFH
        DEC  R7          ; Decrementar el registro 7
        SJMP CUENTA1    ; Regresar a contar 1 segundo
TERMIN : LJMP  FIN       ; Saltar a la subrutina de autoapagado

```

; SUBROUTINA DE ARRANQUE DE QUEMADOR 3

```

PREMB3 : CLR  P3.6      ; Prender luz de espera
        LCALL SEG30    ; Llamar a subrutina de espera de 30 seg
        SETB P3.6      ; Apagar luz de espera
        CLR  P1.3      ; Arrancar solenoide 3
        CLR  P1.6      ; Arrancar transformador 3
        LCALL SEG30    ; Esperar 30 segundos
        JNB  P3.1,ALA3 ; Si fotoresistencia 3 no es 1L saltar a ALARMA3
        LCALL SEG60    ; Llamar a subrutina de espera de 60 seg
        SETB P1.6      ; Apagar transformador 3
        RET            ; Retornar
ALA3   : LCALL ALARMA3 ; Si fotoresistencia 3 apagada llamar a subrutina
        ; de alarma 3

```

; SUBROUTINA DE ARRANQUE DE QUEMADOR 1

```
PRE1 : CLR P3.6 ; Prender luz de espera
      LCALL SEG30 ; Llamar a la subrutina de 30 seg
      SETB P3.6 ; Apagar luz de espera
      CLR P1.1 ; Arrancar solenoide 1
      CLR P1.4 ; Arrancar transformador 1
      LCALL SEG30 ; Llamar a la subrutina de espera de 30 seg
      JNB P3.5,ALA1 ; Si no es 1L saltar a ALARMA1
      LCALL SEG60 ; Llamar a subrutina de 60 seg
      SETB P1.4 ; Apagar transformador 1
      RET ; Retornar
ALA1 : LCALL ALARMA1 ; Si fotoresistencia 1 apagada llamar a subrutina
      ; de alarmal
```

; SUBROUTINA DE ARRANQUE DE QUEMADORES 1 Y 3

```
PRE1Y3 : CLR P3.6 ; Prender luz de espera
        LCALL SEG30 ; Llamar a subrutina de espera de 30 seg
        SETB P3.6 ; Apagar luz de espera
        CLR P1.3 ; Prender solenoide 3
        CLR P1.1 ; Prender solenoide 1
        CLR P1.6 ; Prender transformador 3
        CLR P1.4 ; Prender transformador 1
        LCALL SEG30 ; Llamar a subrutina de espera de 30 seg
        JNB P3.1,ALA3 ; Si Fotoresistencia 3 no es 1L saltar a ALARMA 3
        JNB P3.5,ALA1 ; Si Fotoresistencia 1 no es 1L saltar a ALARMA 1
        LCALL SEG60 ; Llamar a subrutina de espera de 60 seg
        SETB P1.6 ; Apagar transformador 3
```

SETB P1.4 ; Apagar transformador 1
RET ; Retornar

; SUBROUTINA DE ARRANQUE DE QUEMADOR 2

PRE2 : CLR P1.7 ; Prender ventilador 2
CLR P3.6 ; Prender luz de espera
LCALL SEG30 ; Llamar a subrutina de espera de 30 seg
SETB P3.6 ; Apagar luz de espera
CLR P1.2 ; Prender solenoide 2
CLR P1.5 ; Prender transformador 2
LCALL SEG30 ; Llamar a subrutina de espera de 30 seg
JNB P1.0,ALA2 ; Si Fotoresistencia 2 no es 1L, saltar a ALARMA2
LCALL SEG60 ; Llamar a subrutina de espera de 60 seg
SETB P1.5 ; Apagar transformador 2
RET ; Retornar
ALA: : LCALL ALARMA2 ; Llamar a subrutina de alarma
; en quemador 2

; SUBROUTINA DE ARRANQUE DE QUEMADORES 2 Y 3

PRE2Y3 : CLR P1.7 ; Prender ventilador 2
CLR P3.6 ; Prender luz de espera
LCALL SEG30 ; Llamar a subrutina de espera de 30 seg.
SETB P3.6 ; Apagar luz de espera
CLR P1.2 ; Prender solenoide 2
CLR P1.3 ; Prender solenoide 3
CLR P1.5 ; Prender transformador 2
CLR P1.6 ; Prender transformador 3
LCALL SEG30 ; Llamar a subrutina de espera de 30 seg

```

JNB P1.0,ALA2 ; Si Fotoresistencia 2 no es 1L, saltar a ALARMA2
JNB P3.1,ALA3 ; Si Fotoresistencia 3 no es 1L, saltar a ALARMA3
LCALL SEG60 ; Llamar a subrutina de espera de 60 seg
SETB P1.5 ; Apagar transformador 2
SETB P1.6 ; Apagar transformador 3
RET ; Retornar

```

; SUBROUTINA DE APAGADO DE QUEMADORES

```

APA3 : SETB P1.3 ; Apagar solenoide 3
      SETB P1.4 ; Apagar transformador 1
      RET ; Retornar
APA1 : SETB P1.1 ; Apagar solenoide 1
      SETB P1.4 ; Apagar transformador 1
      RET ; Retornar
APALy3 : SETB P1.1 ; Apagar solenoide 1
        SETB P1.3 ; Apagar solenoide 3
        SETB P1.4 ; Apagar transformador 1
        SETB P1.6 ; Apagar transformador 3
        RET ; Retornar
APAGA2 : SETB P1.2 ; Apagar solenoide 2
        SETB P1.5 ; Apagar transformador 2
        SETB P1.7 ; Apagar ventilador 2
        RET ; Retornar
APAGA2Y3 : SETB P1.2 ; Apagar solenoide 2
          SETB P1.3 ; Apagar solenoide 3
          SETB P1.5 ; Apagar transformador 2
          SETB P1.6 ; Apagar transformador 3

```

SETB P1.7 ; Apagar ventilador 2

RET ; Retornar

; SUBROUTINAS DE TIEMPOS

CONTEO : PUSH ACC ; Preservar datos de acumulador
PUSH PSW ; Preservar datos del PSW
SETB PSW.3 ; Seleccionar banco
SETB PSW.4 ; de registros 3
MOV A,R5 ; Cargar contenido de registro 5 en acumulador
JZ CONT1 ; Saltar a CONT1 si acumulador = 0
MOV A,R4 ; Cargar contenido de R4 en acumulador
JZ CONT2 ; Saltar a CONT2 si acumulador = 0
DEC R4 ; Decrementar registro 4
POP PSW ; Recuperar valor del PSW
POP ACC ; Recuperar valor del Acumulador
RETI ; Retornar al punto donde se interrumpió

CONT1 : MOV A,R4 ; Cargar R4 en el Acumulador
JZ CONT3 ; Saltar a CONT3 si Acumulador = 0
DEC R4 ; Si no es 0 decrementar R4
POP PSW ; Recuperar el valor del PSW
POP ACC ; Recuperar el valor del Acumulador
RETI ; Retornar al punto donde se Interrumpió

CONT2 : DEC R5 ; Decrementar R5
MOV R4,#0FFH ; Inicializar R4 con FFH
POP PSW ; Recuperar el valor de PSW
POP ACC ; Recuperar el valor del Acumulador

```

RETI          ; Retornar al punto donde se interrumpió
CONT3  MOV    R5,#01H    ; Cargar en R5 y en R4
        MOV    R4,#0C9H  ; los valores para contar un minuto
        LCALL DECREE    ; Llamar a la subrutina para decremento de tiempo
                          ; total
        SETB  PSW.4      ; Seleccionar el Banco
        CLR   PSW.3      ; de registros 2 para tiempo 2
        LCALL DECREE    ; Llamar a la subrutina para decremento de tiempo
                          ; total
        POP   PSW        ; Recuperar el PSW
        POP   ACC        ; Recuperar el acumulador
        RETI          ; Retornar al punto donde se produjo la
                          ; interrupción

```

; SUBROUTINA DE DECREMENTO DE TIEMPO TOTAL

```

DECRE :  MOV    A,R0      ; Cargar el registro de unidades de minutos
        ANL    A,#0FH    ; Asegurar que queden unicamente los bits de los
                          ; minutos
        JNZ   DMIN      ; Saltar si los minutos no son cero
        MOV    A,R1      ; Cargar el registro de decenas de minutos
        ANL    A,#0FH    ; Asegurar que queden unicamente los bits de las
                          ; decenas de minutos
        JNZ   CAMRO     ; Saltar si no son cero
        MOV    A,R2      ; Cargar el registro de las horas
        ANL    A,#0FH    ; Asegurar que queden unicamente los bits de las
                          ; horas
        JNZ   CAM59     ; Saltar si no son cero
        LJMP  FINTIEMP   ; Si las horas son cero ir al fin de tiempo
DMIN :  DEC    R0        ; Decrementar los minutos
        RET            ; Retornar

```

```

CAMRO : MOV R0,#0F9H ; Cargar el registro de minutos con 9
        DEC R1 ; Decrementar las decenas de minutos
        RET ; Retornar

CAM59 : MOV R0,#0F9H ; Cargar el registro de minutos con 9
        MOV R1,#0D5H ; Cargar el registro de decenas de minutos con 5
        DEC R2 ; Decrementar las horas
        RET ; Retornar

```

; SUBROUTINA DE TIEMPO DE UN SEGUNDO

```

SEGUND : PUSH PSW ; Preservar el PSW
        SETB TCON.6 ; Iniciar el conteo en TIMER 1
        SETB PSW.4 ; Seleccionar el banco
        CLR PSW.3 ; de registros 2
        MOV R4,#3DH ; Iniciar el registro para conteo de 1 seg.
LAZO : JNB TCON.7,LAZO ; Verificar si la bandera de TFI es 1L
        CLR TCON.7 ; Resetelear la bandera del TIMER 1
ESPERA : MOV A,R4 ; Cargar el contenido de R4 en el Acumulador
        JZ ESP1 ; Saltar a ESP1 si es 0
        DEC R4 ; Decrementar R4
        SJMP LAZO ; Retornar de la interrupción
ESP1 : CLR TCON.6 ; Detener la operación del TIMER1
        MOV TH1,#00H ; Encerar los 8 bits más significativos
        MOV TL1,#00H ; Encerar los 8 bits menos significativos
        CLR TCON.7 ; Borrar la bandera del TIMER 1
        POP PSW ; Recuperar el PSW
        RET ; Retornar

```

; SUBROUTINA DE TIEMPO DE ESPERA DE 30 SEGUNDOS

SEG30 : PUSH PSW ; Guardar en el STACK contenido del PSW
SETB PSW.4 ; Seleccionar el banco
CLR PSW.3 ; de registros 2
MOV R6,#1EH ; Inicializar R6 para conteo de 30 seg.
CUENTA3 : LCALL SEGUND ; Llamar a la subrutina de espera de 1 seg.
LCALL MUESTREO ; Llamar a la subrutina para mostrar tiempo ó
; temperatura
DJNZ R6,CUENTA3 ; Decrementar R6 y saltar si no es cero
POP PSW ; Recuperar el PSW
RET ; Retornar

; SUBROUTINA DE TIEMPO DE ESPERA DE 60 SEGUNDOS

SEG60 : PUSH PSW ; Guardar en el STACK contenido del PSW
SETB PSW.4 ; Seleccionar el banco
CLR PSW.3 ; de registros 2
MOV R6,#3CH ; Inicializar R6 para conteo de 60 seg
CUENTA4 : LCALL SEGUND ; Llamar a la subrutina para espera de 1 seg
LCALL MUESTREO ; Llamar a la subrutina para mostrar tiempo ó
; temperatura
DJNZ R6,CUENTA4 ; Decrementar R6 y saltar si no es cero
POP PSW ; Recuperar el PSW
RET ; Retornar

; SUBROUTINA DE SELECCION DE TEMPERATURA

SETURA : PUSH PSW ; Guardar el PSW

```

GRADOS : SETB P0.4 ; Deshabilitar la salida del driver
        NOP ; No operar
        CLR P0.7 ; Habilitar el buffer de lectura
        NOP ; No operar
        JB P0.0,TURIN1 ; Si es 1L ir a TURIN1,si es 0L continuar a TURIN2
TURIN2 : CLR PSW.4 ; Seleccionar el banco
        CLR PSW.3 ; de registros 0
        SJMP QUINIE ; Saltar a seleccionar 500 grados
TURIN1 : CLR PSW.4 ; Seleccionar el banco
        SETB PSW.3 ; de registros 1
QUINIE : MOV R0,#0FOH ; Cargar 0 en el registro de unidades de grado
        MOV R1,#0DOH ; Cargar 0 en el registro de decenas de grado
        MOV R2,#0B5H ; Cargar 5 en el registro de centenas de grado
        MOV R3,#02H ; Cargar el R3 con 02 = 500 grados
        LCALL DISP ; Mostrar en el LCD 500
        LCALL SEGUND ; Esperar 1 seg.
        JB P3.3,REGRE2 ; Se ha escogido 500, regresar
SEISCI : MOV R2,#0B6H ; Cargar 6 en el registro de centenas de grado
        MOV R3,#04H ; Cargar el R3 con 04 = 600 grados
        LCALL DISP ; Mostrar en el LCD 600
        LCALL SEGUND ; Esperar 1 seg.
        JB P3.3,REGRE2 ; Se ha escogido 600 regresar
SETECI : MOV R2,#0B7H ; Cargar 7 en el reg. de centenas de grado
        MOV R3,#06H ; Cargar el R3 con 06 = 700 grados
        LCALL DISP ; Mostrar en el LCD 700
        LCALL SEGUND ; Esperar 1 seg.
        JB P3.3,REGRE2 ; Se ha escogido 700, regresar

```

```

OCHOCI : MOV R2,#0BBH ; Cargar 8 en el reg. de centenas de grado
        MOV R3,#0BH ; Cargar el R3 con 0B = 800 grados
        LCALL DISP ; Mostrar en el LCD 800
        LCALL SEGUND ; Esperar 1 seg.
        JB P3.3,REGRE2 ; Se ha escogido 800, regresar
        SJMP GRADOS ; No se ha escogido, volver a escoger
REGRE2 : SETB TCON.6 ; Iniciar operación de TIMER 1
        POP PSW ; Recuperar el PSW
        RETI ; Retornar al punto donde ocurrió la interrupción

```

; SUBROUTINA DE SELECCION DE TIEMPOS

```

SETIME : PUSH PSW ; Guardar el PSW
TIEMPO : SETB P0.4 ; Deshabilitar la salida al driver
        NOP ; No operar
        CLR P0.7 ; Habilitar el buffer 1 de lectura
        NOP ; No operar
        JB P0.0,TIIN1 ; Si es 1L ir a TIIN1, si es 0L continuar a TIIN2
TIIN2 : SETB PSW.4 ; Seleccionar el banco
        CLR PSW.3 ; de registros 2
        SJMP UNHOR ; Saltar a seleccionar 1 hora
TIIN1 : SETB PSW.4 ; Seleccionar el banco
        SETB PSW.3 ; de registros 3
UNHOR : MOV R0,#0FOH ; Cargar 0 minutos
        MOV R1,#0DOH ; Cargar 0 decenas de minutos
        MOV R2,#0B1H ; Cargar 1 hora
        LCALL DISP ; Mostrar en el LCD 1:00

```

```

        LCALL SEGUND      ; Llamar a la subrutina de espera de 1 seg.
        JB   P3.2,REGRE1  ; Se ha escogido 1 hora, regresar
UNMED  : MOV   R1,#0D3H   ; Cargar 3 en decenas de minutos
        LCALL DISP       ; Mostrar en el LCD 1:30
        LCALL SEGUND     ; Llamar a la subrutina de espera de 1 seg.
        JB   P3.2,REGRE1  ; Se ha escogido una hora treinta, regresar
DOSHOR : MOV   R1,#0D0H   ; Cargar 0 en decenas de minutos
        MOV   R2,#0B2H    ; Cargar 2 en horas
        LCALL DISP       ; Mostrar en el LCD 2:00
        LCALL SEGUND     ; Esperar 1 seg.
        JB   P3.2,REGRE1  ; Se ha escogido 2 horas, regresar
DOSMED : MOV   R1,#0D3H   ; Cargar 3 en decenas de minutos
        LCALL DISP       ; Mostrar en el LCD 2:30
        LCALL SEGUND     ; Esperar 1 seg.
        JB   P3.2,REGRE1  ; Se ha escogido dos horas treinta, regresar
TRESOR : MOV   R1,#0D0H   ; Cargar 0 en decenas de minutos
        MOV   R2,#0B3H    ; Cargar 3 en horas
        LCALL DISP       ; Mostrar en el LCD 3:00
        LCALL SEGUND     ; Esperar 1 segundo
        JB   P3.2,REGRE1  ; Se ha escogido tres horas, regresar
TREMED : MOV   R1,#0D3H   ; Cargar 3 en decenas de minutos
        LCALL DISP       ; Mostrar en el LCD 3:30
        LCALL SEGUND     ; Esperar 1 seg.
        JB   P3.2,REGRE1  ; Se ha escogido tres horas treinta, regresar
CUAHOR : MOV   R1,#0D0H   ; Cargar 0 en decenas de minutos
        MOV   R2,#0B4H    ; Cargar 4 en horas
        LCALL DISP       ; Mostrar en el LCD 4:00
        LCALL SEGUND     ; Esperar 1 seg.

```

```

        JB     P3.2,REGRE1 ; Se ha escogido 4 horas, regresar
CINH3R : MOV     R2,#0B5H ; Cargar 5 en horas
        LCALL  DISP      ; Mostrar en el LCD 5:00.
        LCALL  SEGUND    ; Esperar 1 seg.
        JB     P3.2,REGRE1 ; Se ha escogido 5 horas, regresar
        SJMP  TIEMPO     ; Si no se ha escogido, volver a escoger
REGRE1 : SETB   TCON.6   ; Iniciar operación de TIMER 1
        POP   PSW        ; Restituir el PSW
        RETI            ; Retornar al punto donde se interrumpió

```

; SUBROUTINA DE LECTURA DE TEMPERATURA DE INCINERADOR

```

TEMIN  : MOV     A,P2      ; Leer el pòrtico de entrada de temperatura de
        ; incinerador
        ANL    A,#3FH     ; Asegurar que queden los bits correspondientes
        ; a temperatura
        CJNE   A,#12H,NOTE0 ; Preguntar si es 450 °C
        MOV    R4,#01H    ; Si es TI 450 °C, cargar 01H en R4
        RET                                ; Retornar
MENGR  : MOV     R4,#00H   ; Si TI es menor a 450 cargar en R4 00H
        RET                                ; Retornar
NOTE0  : JC     MENGR     ; Si TI menor que 450 °C saltar a MENGR
        CJNE   A,#14H,TI55 ; Si TI mayor que 450°C preguntar si TI = 500 °C
        MOV    R4,#02H    ; Si TI igual 500 °C cargar 02H en R4
        RET                                ; Retornar
TI55   : CJNE   A,#16H,TI60 ; Preguntar si TI es 550 °C
        MOV    R4,#03H    ; Si TI = 550 cargar 03H en R4
        RET                                ; Retornar

```

```

TI60 : CJNE A,#18H,TI65 ; Preguntar si TI = 600 °C
      MOV R4,#04H ; Si TI = 600 °C cargar 04H en R4
      RET ; Retornar
TI65 : CJNE A,#1AH,TI70 ; Preguntar si es 650 °C
      MOV R4,#05H ; Si TI = 650 °C cargar 05H en R4
      RET ; Retornar
TI70 : CJNE A,#1CH,TI75 ; Preguntar si es 700 °C
      MOV R4,#06H ; Si TI = 700 °C cargar 06H en R4
      RET ; Retornar
TI75 : CJNE A,#1EH,TI80 ; Preguntar si es 750 °C
      MOV R4,#07H ; Si TI = 750 °C cargar 07H en R4
      RET ; Retornar
TI80 : CJNE A,#20H,NOIGU ; Preguntar si es 800 °C
MAYOR : MOV R4,#08H ; Si TI ≥ 800 °C cargar 08H en R4
      RET ; Retornar
NOIGU : JC TEXIN ; Si TI < 800 °C volver a leer el pòrtico entrada
      ; de temperatura de incinerador
      SJMP MAYOR ; Si TI > 800 °C saltar a MAYOR

```

; SUBROUTINA DE DISPLAY

```

DISP : SETB P0.7 ; Deshabilitar buffer de lectura de switches
      NOP ; No operar
      MOV P0,R0 ; Poner en el P0 el número correspondiente a
      ; unidades.
      NOP ; No opere
      CLR P0.4 ; Habilitar driver del LCD
      NOP ; No operar
      SETB P0.4 ; Deshabilitar driver del LCD

```

```

NOP                ; No operar

MOV  P0,R1        ; Poner en el LCD el número correspondiente a
                  ; decenas

NOP                ; No opere

CLR  P0.4         ; Habilitar driver del LCD

NOP                ; No operar

SETB P0.4         ; Deshabilitar driver del LCD

NOP                ; No operar

MOV  P0,R2        ; Poner en P0 el número correspondiente a centenas
                  ; de grado u horas según el caso

NOP                ; No opere

CLR  P0.4         ; Habilitar driver del LCD

NOP                ; No operar

SETB P0.4         ; Deshabilitar driver del LCD

NOP                ; No operar

MOV  P0,#OFFH     ; Dejar el pórtico como al inicio

RET                ; Retornar

```

; SUBROUTINAS DE ALARMAS

```

ALARMA1 :  PUSH  ACC      ; Guardar el ACC
           PUSH  PSW      ; Guardar el PSW
           CLR   P3.0     ; Prender luz de alarma 1 (A1)
           SJMP  SOLTRANS ; Saltar a apagar solenoides y transformadores

ALARMA2 :  PUSH  ACC      ; Guardar el ACC
           PUSH  PSW      ; Guardar el PSW
           CLR   P3.4     ; Prender luz de alarma 2 (A2)
           SJMP  SOLTRANS ; Saltar a apagar solenoides y transformadores

ALARMA3 :  PUSH  ACC      ; Guardar el ACC

```

```

PUSH PSW ; Guardar el PSW

CLR P3.7 ; Prender luz de alarma 3 (A3)

SOLTRANS : SETB P1.1 ; Apagar solenoide 1

SETB P1.2 ; Apagar solenoide 2

SETB P1.3 ; Apagar solenoide 3

SETB P1.4 ; Apagar transformador 1

SETB P1.5 ; Apagar transformador 2

SETB P1.6 ; Apagar transformador 3

CLR P1.0 ; Prender ventilador 1

CLR P1.7 ; Prender ventilador 2

CLR P2.7 ; Prender ventilador 3

SETB PSW.4 ; Seleccionar el banco

CLR PSW.3 ; de registros 2

MOV R7,#02H ; Cargar el equivalente de contar 600 seg (10 min)

MOV R6,#3BH ; en R6 y R7

CUENTA2 : LCALL SEGUND ; Llamar a la subrutina de espera de 1 seg.

LCALL MUESTREO ; Llamar a la subrutina para mostrar tiempo o
; temperatura

DJNZ R6,CUENTA2 ; Decrementar R6 y regresar si no es 0

MOV A,R7 ; Cargar R7 en el ACC

JZ FIN1 ; Saltar a llamar a la subrutina de autoapagado

MOV R6,#0FFH ; Cargar R6 con FFH

DEC R7 ; Decrementar R7

SJMP CUENTA2 ; Regresar a CUENTA2

FIN1 : LCALL FIN ; Llamar a la subrutina de autoapagado

POP PSW ; Recuperar el PSW

POP ACC ; Recuperar el ACC

RET ; Retornar

```

; SUBROUTINA DE FINALIZACION

```
FINTIEMP : SETB PSW.4      ; Seleccionar el banco 3
          SETB PSW.3      ; para tiempo 1
          CJNE R0,#0F0H,NCERO; Compara R0 con 0 y retorna si no es igual
          CJNE R1,#0D0H,NCERO; Compara R1 con 0 y retorna si no es igual
          CJNE R2,#0B0H,NCERO; Compara R2 con 0 y retorna si no es igual
          SETB PSW.4      ; Seleccionar el banco 2
          CLR  PSW.3      ; para tiempo 2
          CJNE R0,#0F0H,NCERO; Compara R0 con 0 y retorna si no es igual
          CJNE R1,#0D0H,NCERO; Compara R1 con 0 y retorna si no es igual
          CJNE R2,#0B0H,NCERO; Compara R2 con 0 y retorna si no es igual
FIN      : MOV  P1,#0FFH   ; Poner 1L en el p3rtico 1
          MOV  P0,#0FFH   ; Poner 1L en el p3rtico 0
          MOV  P2,#0FFH   ; Poner 1L en el p3rtico 2
AUTGAPA  : SETB P2.6      ; Enviar la se1al para activar el autoapagado
          SJMP AUTDAPA    ; Saltar al autoapagado (lazo infinito)
NCERO    : RET           ; Retornar
          END
```