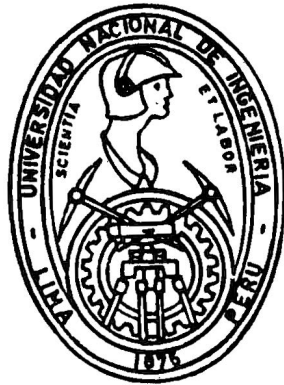


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA**



**SISTEMA DE PELADO QUIMICO DE FRUTOS BASADO  
EN UN MICROPROCESADOR PARA LA PLANTA DE  
CONSERVAS DE FRUTAS DE LA UNIVERSIDAD  
NACIONAL SAN LUIS GONZAGA DE ICA**

**T E S I S**

**Para optar el Título Profesional de  
INGENIERO ELECTRONICO**

**MIGUEL FEDERICO TASAYCO MONTOYA**  
**Promoción 1977 - 2**

**LIMA - PERU - 1987**

SISTEMA DE PELADO QUIMICO DE FRUTOS BASADO EN  
MICROPROCESADOR PARA LA PLANTA DE CONSERVAS  
DE FRUTAS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL " SAN LUIS  
GONZAGA" DE ICA.

## I N D I C E

	Pág. Nº:
<u>CONTENIDO</u>	
<u>INTRODUCCION</u>	
<u>CAPITULO I</u>	
1. Métodos de Pelado de Frutos Vegetales	6
2. Técnicas de Medición de Concentraciones Químicas de Soluciones	9
 <u>CAPITULO II : FUNDAMENTO TEORICO DEL METODO</u>	
1. Introducción	14
2. Dependencia de la Conductividad Eléctrica con la Temperatura	15
3. Dependencia de la Concentración Química de la Solución con - la Conductividad Eléctrica y la Temperatura. Ecuaciones	17
4. El Microprocesador Z80 y el Circuito de Interfase ( PIO ) para el Z 80 $\mu$ P.	19
 <u>CAPITULO III: MODELO DEL SISTEMA</u>	
1. Descripción General del Sistema.	42

	Pág. N° :
2. Diagrama de Bloques	46
3. Diagrama de Flujo del Funcionamiento	47
 <u>CAPITULO IV : DISEÑO DEL SISTEMA</u>	
1. Puentes Medidores de Temperatura y Conductividad Eléctrica de la Solución	57
2. Circuitos Amplificadores	60
3. Filtros	63
4. Multiplexor Analógico	69
5. Circuitos Muestrador / Mantenimiento ( S / H )	70
6. Circuito Conversor Análogo a Digital y Control PID (T)	75
7. Salidas para Actuadores Analógicos : Para Entrada de Agua, para Entrada de Solución de Hidroxido de Sodio al 50%, para gobierno de los calefactores y gobierno de agitador mecánico de solución, para comandar la entrada de frutos a pelar hacia el depósito de trabajo.	95
 <u>CAPITULO V : SOFTWARE DEL SISTEMA</u>	
1. Programa para el Temporizado de : Salida de Agua, salida de NaOH ( al 50% ), Funcionamiento de los Calefactores y Agitador de Solución y además para comandar entrada de los frutos a pelar hacia el depósito de trabajo.	96
2. Programa para lectura del $\mu$ P de las salidas del CAD, y direccionado de las entradas al multiplexor	

3. Programa para promediar Datos Guardados en Memoria.
4. Programa para buscar el valor de la temperatura a partir de un valor de voltaje promediado correspondiente, - donde valor de voltajes vs. temperatura ( conductividad) son guardados en memoria PROM.
5. Programa para buscar el valor de la Concentración a partir de un valor de temperatura y conductividad leídos.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	113
BIBLIOGRAFIA	115
APENDICE	118

\* \* \*

## INTRODUCCION

En la Universidad Nacional "San Luis Gonzaga" de Ica existe en funcionamiento una Planta Piloto de conservas de frutas, en la cual el pelado de las frutas está basado en un depósito rotativo, cuyas paredes interiores permiten por efecto de la fuerza centrífuga el pelado de dichas frutas, siendo éste sistema de pelado no adecuado para frutas de corteza delicada.

En esta Tesis se automatiza el sistema de pelado mediante el uso de un sistema de control electrónico con microprocesador. El diseño está dirigido a la producción de un sistema que entregue una combinación química de hidróxido de sodio a determinada concentración y temperatura, la cual se utiliza para el pelado químico de las frutas, ya que esta solución química destruye las cortezas de las frutas tratadas, no así la pulpa de las frutas.

El control de la solución química, es decir de la concentración del hidróxido de sodio, así como de la temperatura en el depósito de trabajo es llevado a cabo mediante el sistema electrónico con micro-

procesador por intermedio de un programa residente en memoria.

El uso de este sistema con microprocesador permite el control rápido y preciso para la obtención de una óptima calidad del fruto.

Para el mejor uso de la energía calórica y el tiempo, el proceso es continuo, esto conlleva al aprovechamiento del calor de la misma solución.

Planta Piloto para Procesamiento de frutos y conservas de la Universidad Nacional " San Luis Gonzaga" de Ica.

Esta Planta Piloto para fines didácticos y productivos fue adquirida del Gobierno Húngaro, se puede procesar piña, mango, naranja, limón, duraznos, papaya y verduras como papa, camote, tomate, etc.

Por otro lado de las diferentes frutas y verduras, se puede elaborar :

- Jugos concentrados de frutas
- Jugos colados de frutas
- Médulas de frutas.
- Mermeladas
- Compotas.

El producto obtenido es envasado en frascos de cierre "Keep".

La conservación del producto se puede realizar tanto por tratamiento térmico como por conservación química de acuerdo a las correspondientes normas locales.

La capacidad de tratamiento de esta planta depende de la materia prima a procesar y de la tecnología de tratamiento aplicada, variando entre 50 y 360 kg. por hora.

La Planta se compone de unidades dispuestas en contenedores de ejecución moderna o de unidades sueltas para colocarlas en lugares adecuados. Se cuenta con la estructura del primer caso, donde cuatro contenedores forman una unidad independiente, siendo la base



de una unidad de 15 x 18 metros para la instalación, se tiene además de la superficie del tamaño correspondiente un canal recolector de agua en la parte céntrica del cimiento.

La extensión total del suministro comprende en sí a tres unidades : A, B y C. El total de 3 x 4 contenedores puede ser instalado en una superficie de 3 x 15 x 18 mts.

En la unidad A, se encuentra la parte tecnológica, en la unidad B están las instalaciones sociales y el depósito, y en la unidad C está la Central Energética de la Planta.

En cuanto al sistema de pelado de frutos, cuenta con un descortezador de frutos de tipo rotativo para el pelado por efecto centrífugo contra las paredes del depósito.

Este descortezador cuenta con una electrobomba con las siguientes especificaciones :  $\cos \theta = 0.60$  ; Potencia ( en HP ) = 1 ; Potencia ( en Kw ) = 0.75; capacidad de corriente ( en Amperios ) = 3.263; distancia del motor al tablero en metros = 23 ; velocidad de rotación ( en RPM ) = 1140. Es preciso señalar que la UNICA también cuenta con una Planta Piloto para la elaboración de piscos, aguardientes y alcohol industrial de frutas y tubérculos.

Estos productos se elaboran con materia prima que contiene almidón o azúcar. Se puede detallar que esta Planta Destiladora produce:

- Pisco puro de uva

- Licores de diferentes frutas como : mango, tuna, higos.  
dátiles, ciruelas, piña, etc.
- Aguardiente de: camote, papa, yuca, arroz, maíz , zanahoria, etc.
- Alcohol industrial de 97%

La capacidad de la Planta Destiladora es aproximadamente 35 litros de pisco, licor o aguardiente por hora.

## CAPITULO I

### 1. METODOS DE PELADO EXISTENTES

A) A mano

Se usa para pequeñas fábricas conserveras, se emplean cuchillos con hojas curvas y guías de ajuste para regular la profundidad del corte.

B) A Máquina rotativa

Se usa en grandes instalaciones, el depósito rotativo que contiene superficies abruptas en sus paredes es el que produce dicho pelado, es útil para pelar zanahorias, papas, camotes y otros productos de raíz que pueden ser manejados sin muchas precauciones.

C) A Escaldado

Es un tratamiento con agua hirviendo, mediante el cual se remueve el hollejo de algunos productos como el tomate, el producto será inmediatamente introducido en agua fría, después de lo cual el hollejo será más fácilmente removido a mano o con

máquina.

D) Vaporización

Es parecido al método anterior, en este caso emplea vapor de agua a presión. En las grandes instalaciones se emplean las unidades de tipo partida o también las unidades de tipo continuas. Las unidades de tipo partida consisten en un depósito cerrado, en el cual el material que va a ser tratado está sometido al vapor durante aproximadamente 2 minutos, el método del tipo continuo consiste de un transportador el cual pasa el producto que va a ser pelado a través de un depósito de tratamiento a vapor.

Después que las cortezas han sido vaporizadas pueden ser removidas, ya sea a mano o con chorros de agua.

E) A Flama

Es usado normalmente en las grandes instalaciones para productos tales como papas o pimientos, el proceso consiste en pasar el producto a través de un horno donde las cortezas son asadas por acción directa de la flama de gas. los pellejos asados son removidos fácilmente, ya sea a mano o con chorro de agua, las ventajas de éste método es que las pérdidas son bajas.

F) A soda cáustica

Es muy usado para frutas y vegetales, dando resultados satisfactorios. Frecuentemente se usa para duraznos, albaricokes, camotes, papas, zanahorias, etc.

El proceso consiste en pasar el producto a través de una solución con hidróxido de sodio hirviendo, este baño ocasiona que la corteza del fruto se separe del material pulpa que no es soluble en la solución de sosa cáustica, teniéndose presente que la solución de sosa cáustica actúa más intensamente cuando está más caliente.

Por otro lado, la concentración de sosa cáustica, así como el tiempo de inmersión del producto dependen del tipo y calidad del producto tratado. Por esta razón es importante que el producto sea escogido por su madurez y tamaño antes del proceso, debiendo ser lo más homogéneos posibles.

También la concentración de la sosa cáustica puede ser mantenida a un mínimo si el producto previamente ha sido introducido en un baño de agua hirviendo, tratando que el producto no se sancoche.

El equipo usado consiste en un tanque para la solución de sosa cáustica y un medio para transportar el producto que va a ser pelado en la solución. El recipiente es especial de granito o de piedra negra, o acero inoxidable, por lo que la soda cáustica reacciona con materiales como la madera, aluminio, etc.

Este método reduce el costo del pelado, permite un manejo más rápido del producto y reduce las pérdidas encontradas en otros métodos de pelado, sin embargo es un método más delicado de llevar a cabo, pues es necesario controlar con gran aproxima-

ción la concentración de sosa cáustica, así como el tiempo de inmersión del producto en la solución.

Para pelar el durazno se sumerge el producto en la solución de sosa cáustica del 1 al 2.5% hasta aflojar la corteza .

La duración de la inmersión durará de 30 a 60 segundos, después del pelado se debe someter al producto a un lavado para quitarle la sosa cáustica o corteza adherida.

Para el pelado de la pera el proceso es análogo al anterior, salvo que se requiere mayor tiempo de inmersión.

Para el pelado del camote se emplea una solución al 10% de concentración con un tiempo de inmersión de 4. 1/2 a 8. 1/2 minutos, luego el producto se lava con agua fría a presión.

## 2. TECNICAS DE MEDICION DE CONCENTRACIONES

En cuanto a la concentración de la sosa cáustica, la cual en la medida de lo posible debe mantenerse constante, para su medida existen dos métodos muy utilizados, uno es por medio de la medición del Ph, es decir por el valor negativo del logaritmo de la concentración de los iones hidrógeno, y el otro por medio de la medición de la conductividad eléctrica.

### 1. - Por medio de la medición del Ph

El Ph de una sustancia está dado por  $Ph = -\text{Log.}(H^{\pm})$ , donde  $(H^{\pm})$  es la concentración de los iones hidrógeno, luego, como :

$P_{OH} = -\text{LOG} (OH)$ , donde  $(OH)$  es la concentración de los iones hidróxido, cumpliéndose también.

$$P_{OH} + P_H = 14$$

luego:

$$P_{OH} = (14 - P_H) \text{ entonces } (OH) = \text{antilog } -(14 - P_H)$$

Es decir, la medida del  $P_H$  da una medida de la concentración del ión Hidróxido o de la concentración del hidróxido de sodio.

Este método es muy usado para soluciones de aproximadamente 2% en peso, debiéndose tener presente el grado de disolución del hidróxido de sodio. Es posible utilizar este método para mayores concentraciones de soluto, pero es preciso diluir el hidróxido de sodio en cantidades conocidas de agua, para luego medir la concentración por lo que no se usa para procesos en continuo.

## 2. Por medición de la conductividad eléctrica

Este método está basado en la medición de las concentraciones de soluto a partir de la medición de la conductividad eléctrica de los electrolitos.

Toda solución química contiene un número equivalente de iones cargados positivamente y de iones cargados negativamente tal que se produce la llamada electroneutralidad.

A mayor concentración de la solución existe mayor cantidad de

iones, los cuales están en movimiento desordenado.

Si colocamos dentro de la solución dos electrodos con potenciales eléctricos iguales pero de signo contrario (una fuente de tensión continua), los iones se movilizan en direcciones opuestas hacia los electrodos de signos contrarios a los de dichos iones, es decir, los iones positivos se dirigen hacia el electrodo negativo llamado cátodo y los iones negativos se dirigen hacia el electrodo positivo llamado ánodo al crearse un campo eléctrico en la zona entre los electrodos dirigidos del ánodo hacia el cátodo, éste campo eléctrico es aproximadamente constante si los electrodos están suficientemente cercanos. Cada una de las clases de iones se movilizan a velocidades diferentes y por consiguiente cada uno porta una fracción de la corriente total a través de la solución.

La movilidad de los iones crece con la temperatura, causando el correspondiente incremento de la conductividad eléctrica de los electrolitos, además dichas movilidades tienden a aproximarse a un valor común con el incremento de la temperatura y bajo la misma diferencia de potencial eléctrico.

En la medición de la conductividad eléctrica de la solución al igual que para un conductor se cumple

$$X = \frac{1}{R} \left( \frac{L}{A} \right) = \frac{1}{R} S; \text{ donde } S = L/A.$$

$X$  = conductividad eléctrica del electrólito a la temperatura de trabajo.



- L = Distancia interelectrónica
- A = Área de la superficie de un electrodo por donde circulan los iones.
- S = Constante dependiente de la geometría de los electrodos.
- R = Resistencia medida por los electrodos.

Para soluciones de bajas concentraciones se cumple la siguiente ecuación :

$$E X = \sum n u C \quad \text{donde}$$

- E = gradiente del potencial eléctrico
- X = conductividad eléctrica de la solución
- C = concentración de los iones
- u = velocidad de los iones
- n = carga eléctrica de los iones

Indica que se toman en cuenta todos los iones presentes en la solución.

Para otros niveles de concentraciones esta ecuación no tiene validez, pues la movilidad de los iones depende de las atracciones interiónicas, colisiones y efectos de temperatura.

Por otra parte para los electrodos unidos a una fuente de tensión constante se presenta en las inmediaciones de los electrodos, el fenómeno de polarización, por lo cual se tiene un aumento de concentración de los iones en las cercanías de los

electrodos, y como consecuencia se produce una diferencia de potencial eléctrico de polaridad opuesta a la fuente de tensión constante, por consiguiente se tiene un valor distorsionado de la conductividad de la solución.

Para evitar este problema se utiliza una fuente de tensión alterna, teniendo presente que para aproximadamente 2000 HZ a más se presentan los efectos de las capacidades parásitas.

Para soluciones cuyas concentraciones no permiten aplicar la ecuación anterior, aplicando mediciones de laboratorio se obtienen valores, los cuales sirven para ajustar la curva más adecuada, de la conductividad eléctrica en función de la concentración de la solución para temperaturas determinadas.

## CAPITULO II

### FUNDAMENTO TEORICO DEL METODO

#### 1. Introducción

Se empleará una solución de hidróxido de sodio para lograr el pelado de los frutos.

En primer lugar se verá la función de dependencia conductividad eléctrica de la solución con la temperatura, adoptaremos para ello, el modelo de ajuste de los datos experimentales de tercer orden.

Se empleará para las mediciones un circuito puente Wheatstone, o un circuito puente Wien.

#### 2. Dependencia de la Conductividad con la Temperatura

- a) Modelo de Primer Grado: Se adopta este modelo de ajuste de la curva de los datos experimentales generalmente para trabajos en la industria donde no se requiere gran-

aproximación. Para ello la ecuación utilizada es :

$$X_t = X_0 [1 + a (t - t_0)]$$

donde  $X_t$  = Conductividad de la solución a t °C

$X_0$  = Conductividad de la solución a  $t_0$  °C

a = Es constante típica de la sustancia disuelta.

- b) Modelo de Segundo Grado : La ecuación a utilizar en este caso, es :

$$X_t = X_0 [1 + a (t - t_0) + b (t - t_0)^2]$$

donde a, b son constantes típicas de la sustancia disuelta.

- c) Modelo de Tercer Grado: Se utiliza la siguiente ecuación:

$$X_t = X_0 [1 + a (t - t_0) + b (t - t_0)^2 + d (t - t_0)^3]$$

donde a, b y d son las constantes típicas de la sustancia disuelta, teniendo presente de antemano que

$0.010 < a < 0.016$ , para ácidos

$0.020 < a < 0.025$ , para bases y sales.

### 3. Medida de la Conductividad Eléctrica de la Solución

Cada electrólito posee su propia característica transportadora, es esta característica que deseamos medir para la solución.

Se emplean dos tipos de circuitos :

1. Puente Wheatstone : Como se muestra en la figura, los electrodos de medición están marcados por los puntos

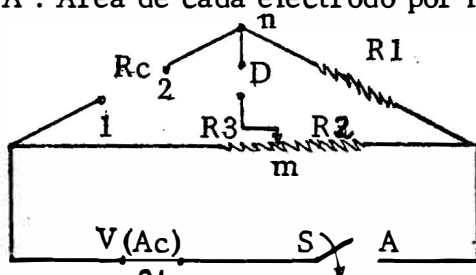
1 y 2, siendo la resistencia a medir  $R_c$  y por consiguiente la conductividad a medir

$$X = \frac{1}{R_c} \left( \frac{L}{A} \right)$$

donde, como se estableció más adelante

$L$  : Distancia interelectródica.

$A$  : Area de cada electrodo por la cual circulan los iones



Puente Wheatstone

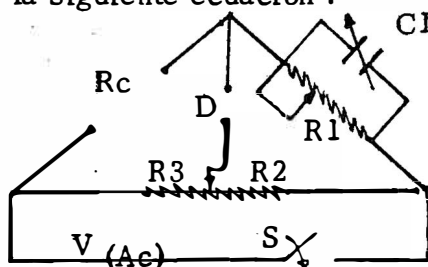
Para el circuito con el switch  $S$  en el punto  $A$  y los electrodos inmersos en la solución se varía la razón  $R_2$  a  $R_3$  hasta que no circule corriente por el medidor  $D$ , con lo cual se indica que el circuito está en el punto de equilibrio, cumpliéndose para dicho circuito la siguiente ecuación :

$$R_1 R_3 = R_2 R_c$$

$$R_c = R_1 R_3 / R_2$$

de esta expresión y la expresión de  $X$

$$X = \left( \frac{L}{A} \right) \frac{R_2}{R_1 R_3}$$



Puente Wien

Si después de establecer el circuito en el punto de equilibrio, desconectamos el medidor  $D$  para puntos cercanos al equilibrio la salida en los puntos  $n$  y  $m$  da una señal de tensión de pequeña amplitud, pudiendo suceder que sea positiva ó negativa, según-

que la conductividad eléctrica sea mayor o menor que el valor a mantener.

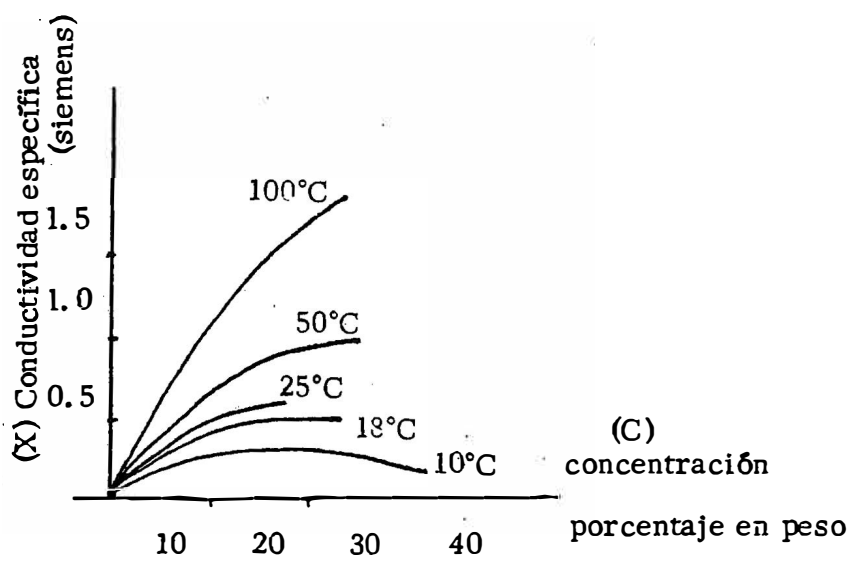
2. Puente Wien. - El circuito es parecido al anterior, salvo que  $R_1$  es variable y además tiene en paralelo un capacitor variable para atenuar los efectos de capacidades parásitas presentes en el circuito .

OBTENCION DE LAS CURVAS X - C (Conductividad-concentración ) para diferentes temperaturas:

Utilizando un puente medidor de conductividad hacemos mediciones de X para diferentes valores de concentración de la solución química, considerando constante la temperatura de dicha solución, obtenemos la respectiva gráfica X -C a la temperatura constante escogida por ejemplo para 25°C. Luego considerando la solución química a concentración constante, medimos X para diferentes temperaturas de la solución, hallamos pares de valores ( X, t) a concentración constante, por ejemplo, utilizando métodos matemáticos ( haciendo uso del modelo del tercer grado :

$$X = X^{\circ} ( 1 + a ( t - t_0 ) + b ( t - t_0 )^2 + d ( t - t_0 )^3 )$$

para ajustar los datos experimentales a dicha ecuación de tercer orden. Finalmente se grafican las curvas ( X-C) para diferentes temperaturas.



\* para NaOH.

## EL MICROPROCESADOR Z-80

El microprocesador Z-80 fabricado originalmente por ZILOG mediante la tecnología N-MOS tiene su familia compuesta por los siguientes periféricos :

- Un circuito contador-temporizador ( Z-80 CTC)
- Un circuito de entrada-salida paralela ( Z-80-PIO)
- Un controlador de acceso directo a la Memoria ( Z-80-DMA)
- Un circuito de entrada-salida seriada ( Z-80-SIO).

Esta familia trabaja con frecuencia de reloj de hasta 2.5 MHz, existe otra versión como el Z80-A (CPU), que trabaja a frecuencias de 2.5 MHR a 4 MHz.

Un sistema mínimo de Microcomputador consiste de : CPU, reloj, reset para accionamiento y de cualquier memoria o periférico.

El microprocesador también acepta estructuras de prioridad de interrupción sin hardware adicional.

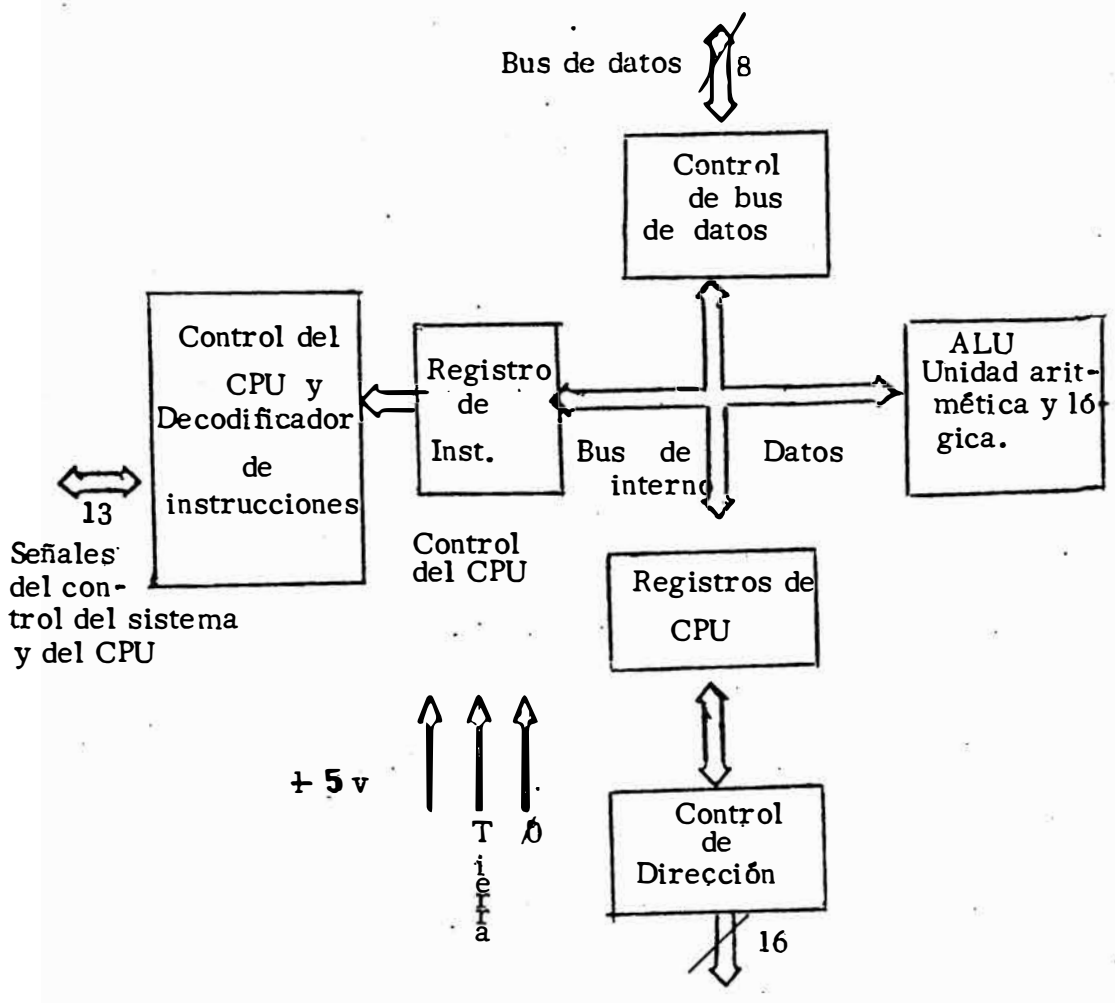
La función del CPU con cualquier sistema, consiste en obtener instrucciones desde la memoria y lograr las respectivas operaciones, es decir, el microprocesador, es programado con sus funciones por medio de las instrucciones colocadas en su memoria, los datos de las operaciones aritméticas y lógicas son depositadas también en memoria, todo microprocesador es conducido por un reloj que valora cada mando y además dispone de memorias donde guarda los resultados intermedios de sus operaciones.



El microprocesador tiene necesidad de memoria de instrucciones y de memoria de datos, cualquiera que sea el tipo de palabra, ya sea instrucción o dato está identificada por una dirección del lugar que vaya en la memoria, para el Z80-CPU el número de bits de dirección es 16 y las instrucciones o datos están sobre 8 bits.

- 1) Tanto las direcciones como los datos son datos numéricos.
- 2) Las instrucciones son códigos que indican al microprocesador las operaciones a efectuar.

ARQUITECTURA DEL Z-80 - CPU



El Z-80 es un microprocesador fundamentalmente organizado así :

#### A) REGISTROS

Contiene 8 registros de 8 bits y registros de 16 bits que funcionan como memoria programable estática , se pueden dividir de la siguiente forma :

##### 1. Acumuladores y registros de estado :

Existen 2 pases independientes de acumuladores y registros de estado, uno en el conjunto de registros principales y otro en el conjunto de registros alternativos, el acumulador recibe los resultados de las operaciones aritméticas y lógicas, el registro de estado indica la ocurrencia de condiciones lógicas o aritméticas en el procesado, tales como paridad, cero, signo, acarreo y desbordamiento.

Con una instrucción es posible seleccionar uno u otro par de acumuladores y registros de estado.

##### 2. Registros de uso general :

El conjunto de registros principales contiene 6 registros de 8 bits : B, C, D, E, H y L; el conjunto de registros alternativos contiene 6 registros de 8 bits : B', C', D', E', H' y L', para operaciones de 16 bits estos registros pueden ser agrupados como BC, DE, HL, ó BC', DE' y HL', una instrucción permite elegir entre los conjuntos de pares de registros anteriores.

##### 3. Registros de uso especial :

3 a) Contador de Programa ( PC). - Contiene una dirección de

16 bits en memoria a partir de la cual se buscará la instrucción a ejecutar, luego de la ejecución este registro se incrementa, si el programa debe proseguir al siguiente octeto en memoria, o el valor en el registro tendrá un valor diferente al anterior si ha de ejecutarse un salto o ejecución de una instrucción de llamada.

### 3b) Puntero de Pila ( SP)

Con el Z 80 son posibles varios niveles de anidación de las subrutinas mediante el uso de una fila y de un puntero de fila.

Por ejemplo cuando se hacen llamadas a el contador PG' y otros datos se almacenan temporalmente en una pila.

Donde una pila es un conjunto de posiciones de memoria, donde el puntero de pila (SP) indica la dirección de entrada hecha más recientemente, pues la posición está organizada como fichero de último en entrar, primero en salir.

### 4. Registros Índices IX y IY :

Sirven para la manipulación de datos de tablas.

Son dos registros independientes de 16 bits, que contienen las direcciones de base utilizados en direccionamiento indexado y apuntan en cierta dirección que consideran además el valor del desplazamiento en complemento de 2 a partir de la direc

ción base, con el propósito de almacenar o recuperar datos.

#### 5. Registro de dirección de página de interrupción ( I )

Es un registro de 8 bits, que proporcionan el Byte más significativo de la dirección de memoria, cuyo contenido a su vez especifica la dirección de memoria donde se inició la rutina que manipula el software de la interrupción para un dispositivo, al cual a su vez entrega los 8 bits menos significativos de la dirección de memoria antedicha., esto ocurre durante un programa de interrupción en Modo 2.

#### 6. Registro de Regeneración de memoria ( R )

Para validar memorias dinámicas para el Z 80, un registro de regeneración de memorias de 7 bits se incrementa automáticamente después de cada búsqueda de instrucción.

### B. Unidad Lógica y Aritmética (ALU)

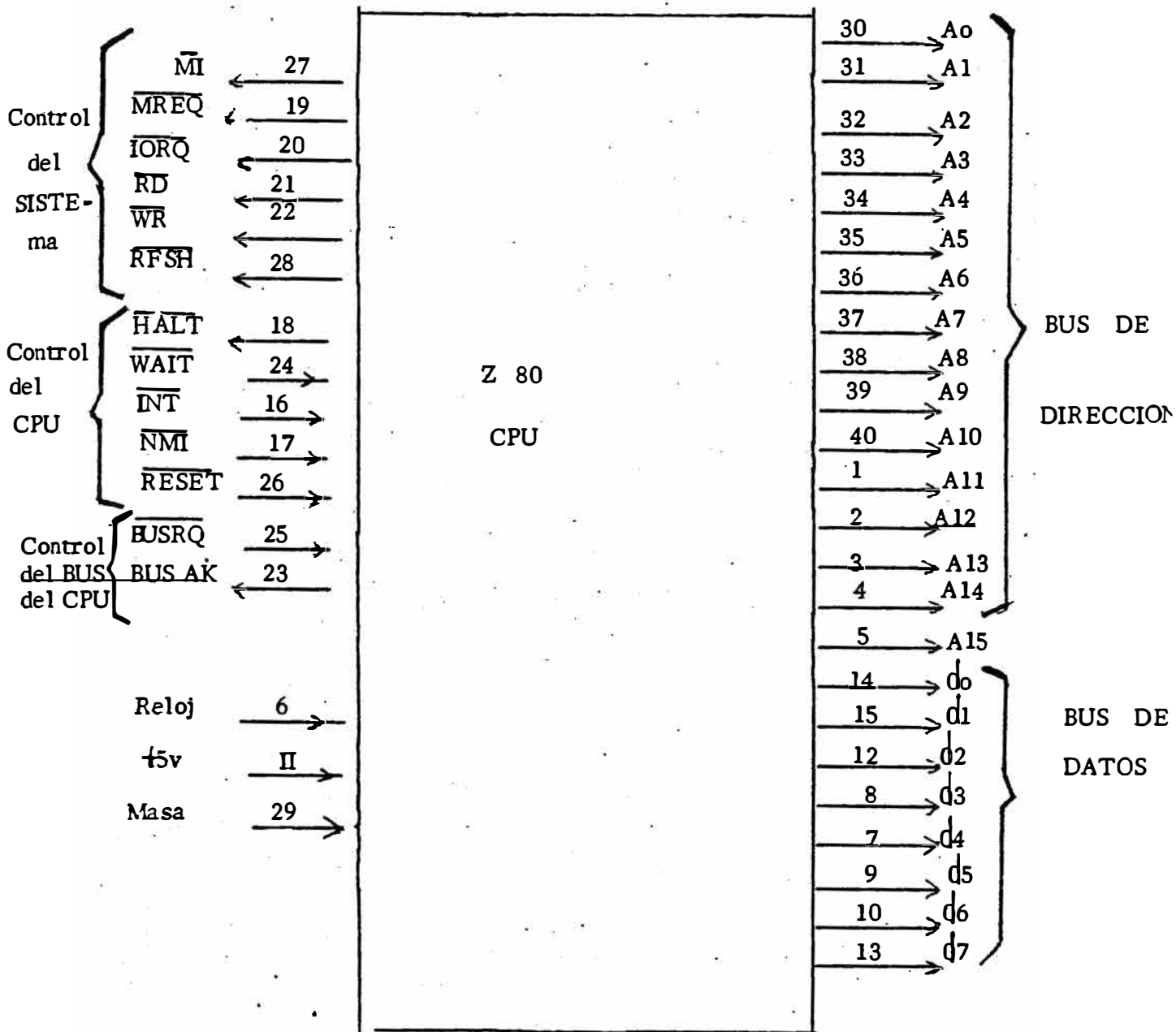
Las operaciones lógicas y aritméticas son tratadas como 8 bits en la ALU del Z80, esta unidad no es accesible al programador, la ALU realiza las siguientes operaciones :

- Desplazamiento a izquierda ó a derecha
- Incremento
- Decremento
- Suma
- Resta
- And
- Or

- Or exclusiva
- Comparación
- Puesta a uno de Bit
- Puesta a Cero de Bit.
- Prueba de Bits.

C. Registro de Instrucciones y control de Procesador Central

El registro de instrucciones retiene el contenido de la posición de memoria direccionada por el PC, cargándose durante el ciclo de búsqueda de cada instrucción. La unidad de control del procesador central ejecuta las funciones definidas por la instrucción en el registro de instrucciones y genera las señales de control necesarios para transmitir los resultados a los registros adecuados.



#### D. HARDWARE DEL Procesador Central

Se detallan las funciones de los terminales:

- 1)  $A_0-A_{15}$  (Bus de direcciones) :  
Salida triestado, forma el bus de dirección de 16 bits, para intercambio de datos de memoria (Hasta 64KB de memoria) y para intercambio de datos de dispositivos E/S, para esto se utilizarán los 8 bits de dirección, inferiores permitiendo al usuario seleccionar hasta 256 ports. de Entrada o 256 ports. de salida.  
  
En el tiempo de regeneración los 7 bits inferiores contienen una dirección de frescación válida para memoria dinámica.
- 2)  $D_0-D_7$  (bus de datos). Entrada/salida triestado, activa a nivel alto, forma el bus de datos bidireccional de 8 bits que se utiliza para intercambio de datos con memoria y dispositivos de E/S.
- 3)  $\overline{MI}$  (Ciclo de máquinas) Salida, activa a nivel bajo, indica que el ciclo de máquinas en curso es el ciclo de búsqueda del código de operación de una ejecución de instrucción.  $\overline{MI}$  se presenta también con  $\overline{IORQ}$  para indicar un ciclo de reconocimiento de interrupción.
- 4) MREQ (petición de memoria) : Salida triestado, indica que el bus de dirección contiene una dirección válida para escritura o lectura de memoria.
- 5) IORQ (petición de entrada-salida). - Salida triestado, indi-



ca que la mitad inferior del bus de direcciones retiene una dirección de E/S válida para una operación de lectura o escritura de E/S.

- 6)  $\overline{RD}$  (lectura de memoria o dispositivos E/S) : Salida triestada, activo a nivel bajo, indica que el procesador central desea la lectura de memoria o de un dispositivo de E/S.
- 7)  $\overline{WR}$  (escritura de memoria o dispositivo de E/S): Salida triestada, indica que el bus de datos  $d$  retiene datos válidos para almacenar en la memoria o dispositivo.
- 8)  $\overline{RF\overline{SH}}$  (regeneración) : Salida, indica que los 7 bits inferiores del bus de direcciones contienen una dirección de regeneración para memorias dinámicas y la señal  $\overline{MREQ}$  se emplea para regeneración de todas las memorias dinámicas.
- 9)  $\overline{HALT}$  (parada) - Salida, indica que el procesador central ha ejecutado una instrucción HALT y está esperando una interrupción para que pueda reanudarse la operación.  
  
En esta condición el procesador central ejecuta NOP'S (sin operación), con el fin de mantener la regeneración de memoria dinámica.
- 10)  $\overline{WAIT}$  (espera): Entrada, indica al procesador central que los dispositivos de E/S o memoria direccionadas no están listos para una transferencia de datos. Al estar activa es-

tae entrada, el Z80 introduce estados de espera, lo cual permite la sincronización de dispositivos E/S al procesador central

- 11)  $\overline{\text{INT}}$  (interrupción): Entrada, generada por dispositivos E/S. Se acepta una interrupción al final de la instrucción en curso, si está activado el flip flop de validación de interrupción y no está activa la señal  $\overline{\text{BUSRQ}}$ .
- Cuando el Z-80 acepta la interrupción, se envía  $\overline{\text{IORQ}}$  al comienzo del siguiente ciclo de búsqueda del código de operación.
- 12)  $\overline{\text{NMI}}$  (Interrupción no enmascarable) Entrada, disparada por flanco negativo, ésta tiene mayor prioridad que  $\overline{\text{INT}}$ , se cumple al final de la instrucción en curso. Esta señal obliga al Z-80 a saltar a la dirección (0056H), el contador de programa se conserva automáticamente en la pila externa, tal que el usuario puede volver al programa interrumpido, una señal de  $\overline{\text{BUSRQ}}$  anula la señal  $\overline{\text{NMI}}$ .
- 13)  $\overline{\text{RESET}}$ : Entrada que fuerza al contador de programa a inicializarse en la posición de memoria. Se cumple lo siguiente:
- 1) Se deshabilita el flip flop habilitador de interrupciones.
  - 2) Lleva el registro I al valor 00H
  - 3) Lleva el registro R al valor 00H
  - 4) Lleva el Modo O en Interrupción.

14 BURS $\overline{Q}$  (Petición de Bus): Entrada para pedir a los buses - pasar a un estado de alta impedancia que otros dispositivos externos puedan controlar estos buses, tan pronto como concluya el ciclo de máquina en curso.

15 BUSAK (reconocimiento de bus), salida que indica que se ha recibido la señal activa de BUSRQ y se ha llevado a cabo su petición y el dispositivo externo puede controlar los buses.

## INTERRUPCION DEL Z80- CPU

Las interrupciones señalan al CPU que ha ocurrido un evento - que requiere atención, por ejemplo en la transferencia de datos aI/O, desde el microprocesador , o al darse condiciones externas anormales.

Las interrupciones permiten hacer uso de los tiempos de espera asociados con la actividad de entrada/salida, con el uso de estas interrupciones el CPU puede ejecutar otra porción del programa, mientras se está en el tiempo de espera I/O, el CPU es informado de la habilitación del siguiente byte, de datos por acción de una interrupción.

Existen dos clases de interrupciones del CPU ( Z-80)

1. - Interrupción no mascarable (NMI )
2. - Interrupciones mascarables.

### 1. Interrupción No mascarable

Se inicia cuando NMI va hacia un valor bajo para estado activo, la interrupción es reconocida al término de la instrucción en curso, entonces el CPU coloca el contenido del PC en la fila y transfiere control de programa a la dirección 0066H, con la instrucción RETN, se regresa al programa principal como si no hubiese ocurrido la interrupción. Si  $\overline{\text{NMI}}$  es activa, la acción NMI es automáticamente implementada.

## 2. Interrupciones Mascarables

### a) Modo 0

Es el modo default para interrupción del CPU, cuando inicialmente la señal RESET viene a ser activa, el modo 0 es establecido en el CPU. Si el modo cero es establecido y el flip flop de de habilitación de interrupción IFF es activado y ocurre una interrupción mascarable externa, las siguientes acciones tienen lugar :

1. INT es bajo
2. Al terminar la instrucción en curso el CPU recorre la interrupción.
3. El dispositivo externo reconoce IORQ y MI como respuesta y se envía una instrucción RESTART al bus de data.
4. El CPU ejecuta instrucción que causa transferencia a la localización, página cero, correspondiente a campo T (00; 08, 10, 18, . . . . . , 38H).
5. Se ejecutan las instrucciones que definan la rutina procesadora de la interrupción.
6. Una instrucción RTI tiene lugar para retornar el control a la siguiente instrucción después de la interrupción

### b) Modo 1

Es establecido por la instrucción IMI las acciones de esta interrupción son iguales a las respuestas de las interrupciones no

mascarables. y excepto que la localización RESTART es la localización 0038 H en lugar de 0066H.

c) Modo 2

Es el modo más potente de interrupción del Z80-CPU, nos permite arribar hasta 128 interrupciones, desde dispositivos externos, cada una dirigida a una localización de interrupción en cualquier lugar de la memoria.

El Modo 2 es establecido por la instrucción IM2, en primer lugar debemos considerar en crear la tabla vector de interrupción en cualquier lugar de la memoria.

La Tabla tiene una longitud de  $(2 \times N)$  Bytes, donde N es el número de interrupciones en el sistema y el inicio de la tabla es direccionado por  $IIIIIII 00000000_2$ , donde I es el contenido del registro vector de interrupción.

Para cualquier interrupción el registro I proporciona los 8 bits más significativos de la tabla, mientras el dispositivo interruptor proporciona los ocho bits menos significativos de la dirección en la tabla.

La secuencia general para interrupción en modo 2 es la siguiente :

1. Si IM2 es establecido, IFFI es igual a 1 y INT es activo, el CPU reconoce la interrupción en el siguiente ciclo MI.

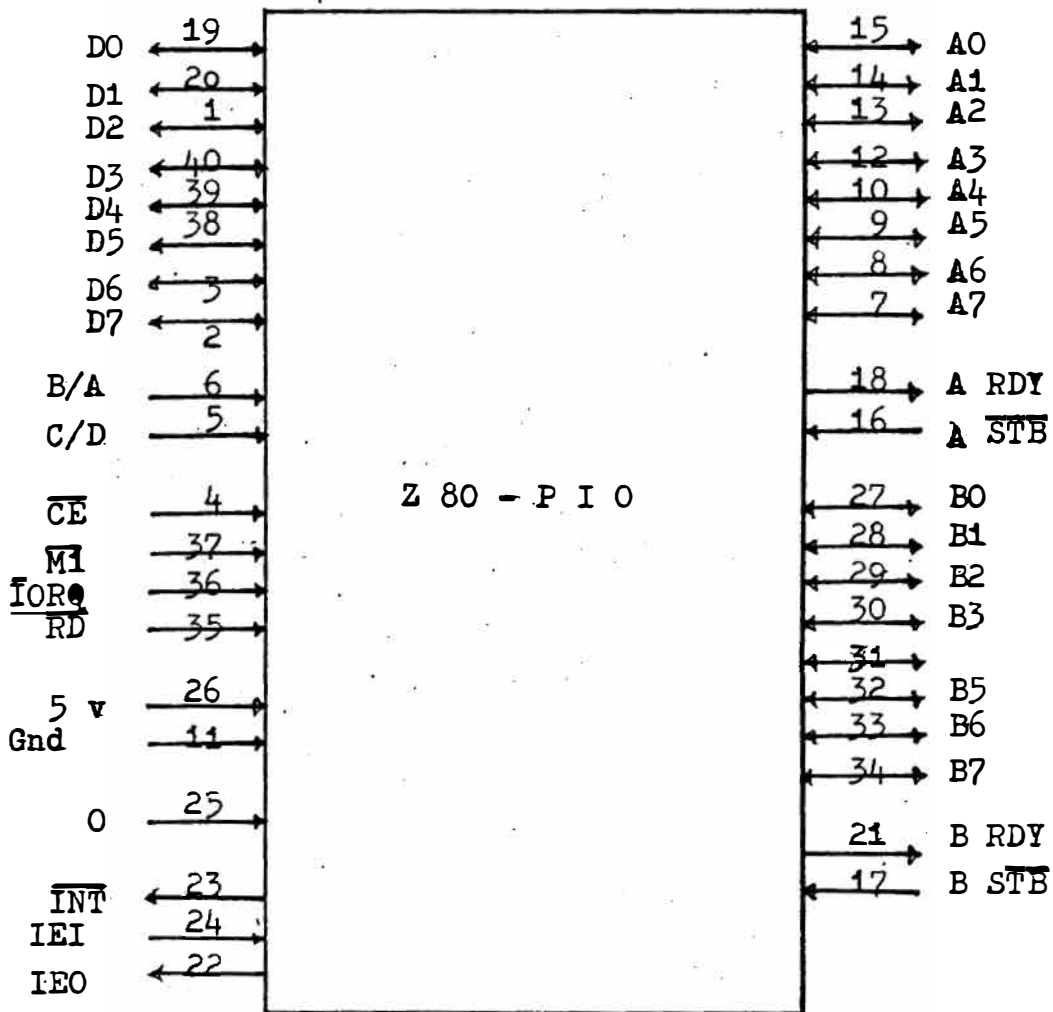
2. El dispositivo interruptor responde al reconocimiento de la interrupción con un valor de 8 bits ( 8 bits menos significativos del vector de dirección en la tabla ).
3. Este último valor así como el contenido del registro . I forman la dirección completa hacia la tabla vector de interrupción.
4. El CPU coloca el contenido del PC en la pila.
5. El valor de la etapa 3 permite acceder la tabla de vector de interrupción.
6. El PC es cargado con el contenido de la entrada de tabla de vector de interrupción para efectivamente causar un salto a la rutina de servicio de interrupción definida por el vector de dirección en la tabla.

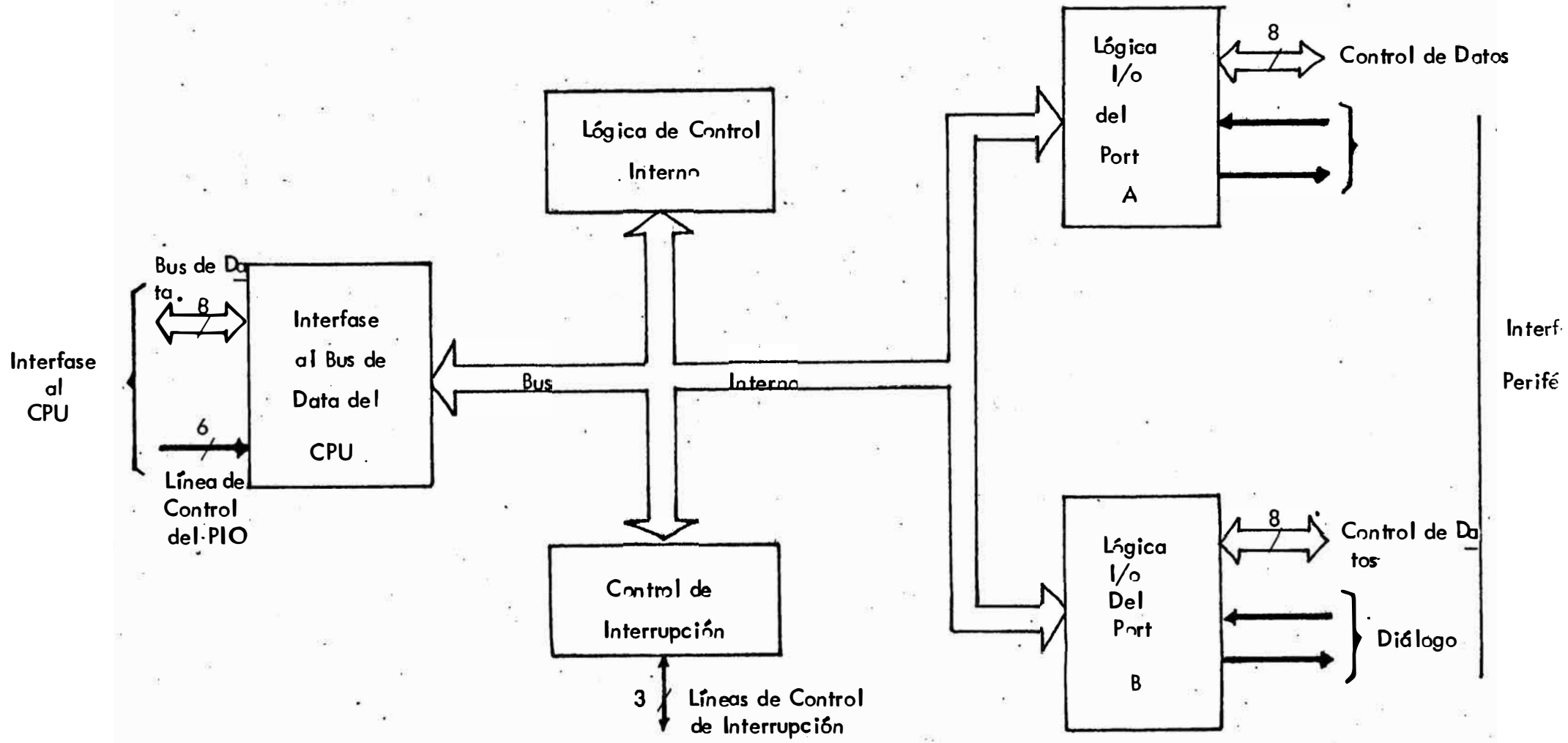
## EL CONTROLADOR DE INTERFAZ PARALELO ( Z-80-PIO)

Es un circuito programable, con dos puertas las cuales proveen una interfase compatible TTL entre dispositivos periféricos y el Z-80 CPU sin otra lógica externa, entre los periféricos compatibles con el Z80-PIO tenemos la mayoría de los teclados lectores de cinta de papel, de papel perforado e impresora, así como programadores PROM, etc. Entre sus características tenemos :

- Dos ports de interfase periférica bidireccionales y de 8 bits con capacidad de diálogo.
- Cualquiera de los cuatro modos distintos de operación puede ser seleccionado por un port incluyendo :
  - Salida de Byte,
  - Entrada de Byte
  - Bus Bidireccional de Byte ( para port A solamente)
  - Modo de control de Bit
  - Lógica de interrupción encadenada ( DAISY y CHAIN) para posibilitar interrupción direccionada automática con lógica externa.
  - Las salidas son capaces de excitar transistores en Darlington
  - Todas las entradas y salidas son compatibles con TTL.
  - Requiere simple alimentación de 5 V y reloj de fase simple.
  - Toda transferencia de datos entre los dispositivos periféricos y el CPU por intermedio del Z-80-PIO es logrado -







- DIAGRAMA DE BLOQUES DEL PIO -

bajo control de interrupción.

- Toda lógica necesaria para posibilitar una estructura de interrupción anidada ya está incluida en el PIO.

### ARQUITECTURA DEL Z-80- PIO

De acuerdo al diagrama de bloques del Z-80-PIO, la estructura interna del Z80-PIO consiste en la interfase al bus del Z80-CPU, lógica de control interno, lógica de entrada/salida al Port A(B) y lógica de control de interrupción.

La lógica de interfase al bus del CPU permite la interfase directa al Z80- CPU. La lógica de control interno sincroniza el bus de data del CPU a las interfases de los dispositivos periféricos ( PORT A y PORT B).

Los dos ports A y B son funcionalmente casi iguales y hacen la interfase directa a los dispositivos periféricos.

La lógica de entrada salida de port, está compuesta de 6 registros y lógica de control de diálogo.

Los registros son :

Registros de entrada de datos de 8 bits.

Registro de Salida de datos de 8 bits.

Registro de control de modo de 2 bits.

Registro de máscara de 8 bits.

Registro selector de entrada/salida de 8 bits.

Registro de control de máscara de 2 bits.

Los registros de entrada o salida de datos sirven para lograr la transferencia de datos entre el CPU y los dispositivos periféricos

Las líneas de diálogo (handshake Lines) asociados con cada puerta son usados para controlar la transferencia de datos entre el Z80-PIO y los dispositivos periféricos.

El registro de control de MODO de 2 bits sirve para seleccionar el modo de operación deseado.

El Registro de máscara de 8 bits y el registro selector de entrada salida de 8 bits son usados solo en el modo control de bits, en este modo, cualquiera de los 8 pines de control de bits o data, pueden ser programados como entrada o salida, como se establece por el registro selector de entrada/salida.

El registro de máscara de 8 bits es usado en modo de control de bit tal que permite generar una interrupción cuando cualquiera o todos los pines no enmascarados llegan a un estado específico (alto o bajo).

El registro de control de máscara de 2 bits especifica el estado activo deseado ( alto o bajo) y si la interrupción será generada cuando todos los pines no enmascarados son activos ( Condición And) o cuando cualquier pin no enmascadado es activo (Condición Or ).

La lógica de control de interrupción manipula todos los protocolos de interrupción al CPU para estructuras de interrupción anidadas.

## MODOS DE OPERACION

### 1. Modalidad de Salida ( 0 ) :

Es originada por la ejecución de una instrucción de salida por parte de la CPU, el impulso WR desde el CPU, provoca la memorización de datos desde el bus de datos de la CPU hacia el registro de salida del port seleccionado.

El impulso de escritura activa la respectiva línea RDY cuando aparezca el flanco de bajada de reloj indicando que los datos están disponibles

La condición RDY permanece activa hasta la llegada de un flanco positivo por la línea STB respectiva, indicando que los datos han sido adquiridos por el periférico. El flanco positivo del impulso STB genera una interrupción si el flip flop de autorización de interrupción ha sido activado y si éste circuito tiene la prioridad de orden más elevado.

### 2. Modalidad de Entrada (1)

Es originada por la ejecución de una instrucción de entrada, cuando la señal STROBE ofrece un flanco de bajada, los datos son cargados en el registro de entrada de la port seleccionada.

El siguiente flanco de subida de la señal de validación activa una interrupción si se ha activado la autorización de interrupción y si este circuito tiene la prioridad de mayor orden.

### 3. Modalidad Bidireccional ( 2 )

Es una combinación de modos de operación 0 y 1 utilizando las

4 líneas interactivas y las 8 líneas de la vía de acceso A, la vía B, debe ser activada en modalidad de bit.

#### 4. Modalidad de Bit(3)

Es establecido direccionando una de las 2 puertas mediante una instrucción OUT y transfiriendo una segunda palabra de control de 8 bits después que la palabra de control de modo 3 ha sido transferida, en la segunda palabra de control de 8 bits - cada bits corresponde a una línea I/O de la puerta, donde si un bit es 1 en el control, la correspondiente línea de la puerta es una entrada, si un bit es cero, la correspondiente línea es una salida.

Una vez que el modo 3 es establecido, la data puede ser leída o escrita en la puerta en cualquier momento.

Las señales de diálogo no son activas, STB no se usa y RDY es siempre bajo.

Salida de datos a una puerta afecta a aquellas líneas programadas como salida y la entrada de datos afectará a todas las líneas incluyendo las programadas como salidas.

## CAPITULO III

### MODELO DEL SISTEMA

#### 1. Descripción general del sistema

- Utilizando un depósito de determinada capacidad, logramos una entrada temporizada de agua al depósito de trabajo.
- Entrada temporizada de hidróxido de sodio al 50% de concentración al depósito de trabajo para lograr una solución de hidróxido de sodio al 10% de concentración a la par que entra en funcionamiento un agitador mecánico de la solución para lograr una rápida homogenización de la solución.
- Calentamiento temporizado de la solución hasta arribar a la temperatura de 50°C, mediante un sistema de resistencias calefactoras.
- Envío de una señal eléctrica que gobierna un sistema de transporte de los frutos a pelar en el depósito de trabajo, la permanencia de dichos frutos en el depósito de trabajo es de acuerdo a

- a la naturaleza del fruto.
- Se da inicio a la operación del control tipo Proporcional-Integral digital para la temperatura de la solución, mediante programa residente en la memoria Prom del microcomputador para controlar el funcionamiento de las resistencias calefactoras.
- Se permite el ingreso secuencial de cuatro medidas de temperatura hacia el multiplexor analógico integrado con entradas direccionadas por el microprocesador, dichas medidas se originan desde los termistores colocados en uno de los brazos de los circuitos puente de resistencias, seguidamente la señal analógica de temperatura es amplificada y filtrada antes de ingresar al multiplexor.
- La entrada direccionada por el microprocesador ingresa al circuito de muestreo-mantenimiento ( sample/Hold) que mantiene la señal analógica ingresante para permitir su lectura por el circuito conversor analógico-digital.
- La medida secuencial de los cuatro valores de temperatura permite al microprocesador leer estos valores digitalizados y luego mediante una subrutina obtener el valor promedio representativo de la temperatura existente en la solución ( $T_{p,i}$ ).
- Cálculo de la señal de error de la temperatura respecto a la temperatura de referencia  $E_i = T_r - T_{p,i}$ , la cual sirve para el algoritmo de control PID de temperatura, luego es posible enviar



por medio del circuito de interfase entrada-salida paralelo (PIO) una señal que controla el funcionamiento de un TRIAC, el cual a su vez controla a las resistencias calefactoras.

- Seguidamente entra en funcionamiento el control proporcional digital para la salida de solución de hidróxido de sodio al 50% de concentración, dicha salida es controlada mediante una electroválvula accionada por una señal eléctrica producida por el microprocesador de acuerdo al algoritmo de control proporcional de la concentración de la solución guardado en la memoria Prom del microcomputador.

Se direccionan secuencialmente por medio del microprocesador, cuatro entradas analógicas que dan los valores de la conductividad eléctrica de la solución, hacia el multiplexor analógico. Las entradas anteriores son obtenidas a partir de los circuitos-puentes respectivos medidores de la conductividad eléctrica de la solución, siendo amplificadas y filtradas antes de ingresar al multiplexor analógico.

La salida del multiplexor ingresa seguidamente al circuito de muestreo mantenimiento, para permitir al circuito integrado-conversor analógico a digital la respectiva lectura del valor analógico a ser convertido en su expresión digital.

Para cada valor de conductividad eléctrica de la solución leído así como de la temperatura presente, es posible determinar la respectiva concentración de la solución utilizando las tablas de conductividad eléctrica-concentración en función de la tem-

peratura constante existente en la memoria del Prom del microcomputador.

Los cuatro valores de concentración guardados en ciertas posiciones de memoria Ram permiten mediante la subrutina, obtener un valor promedio de la concentración de la solución.

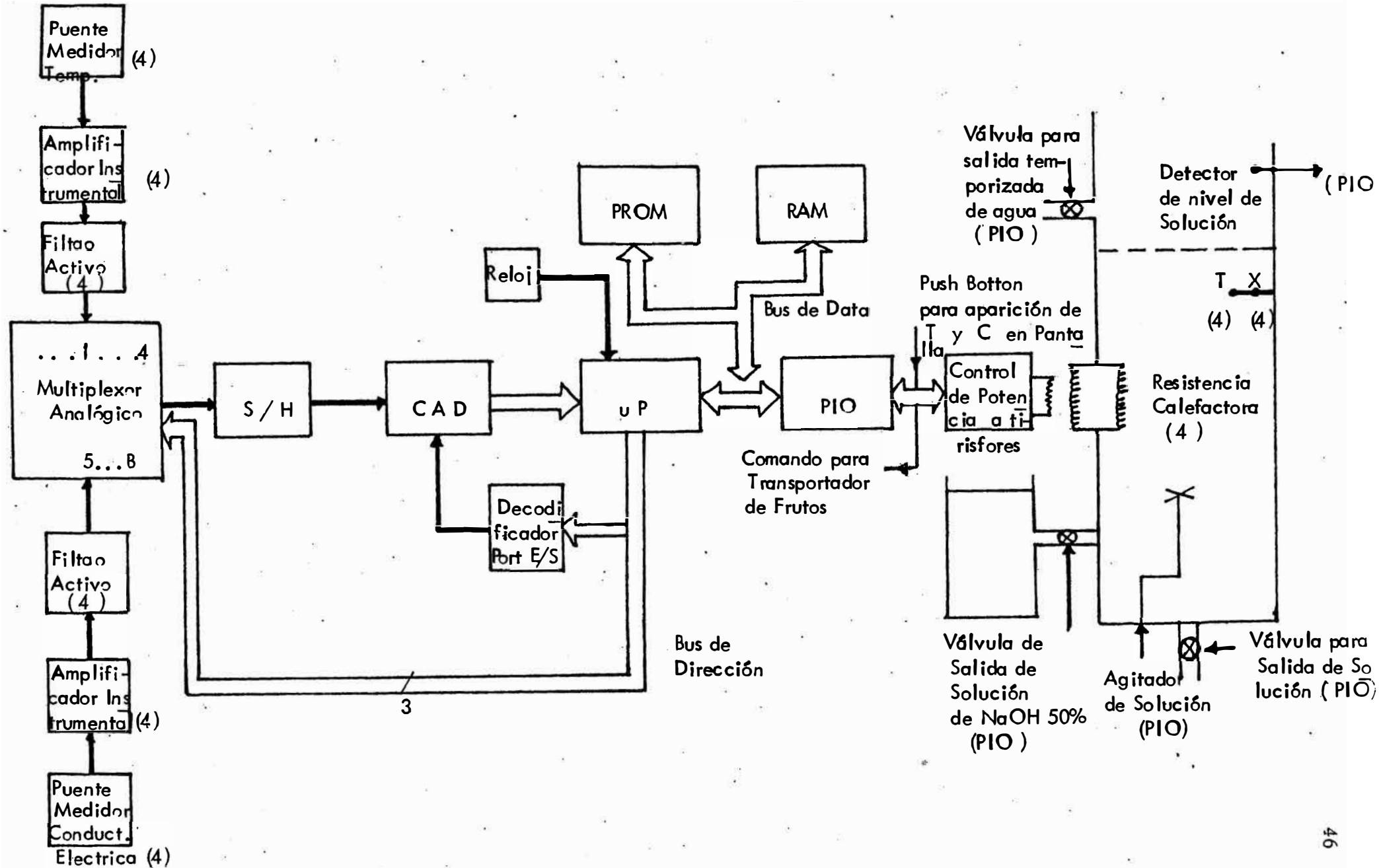
Mediante el cálculo del  $E_c$ , ( error por concentración, donde :  $E_c = C_r - C_{p,i}$ ,  $C_r$  es la concentración de referencia,  $C_{p,i}$  es la concentración promedio leída en el  $i$ -ésimo lugar, es posible llevar a cabo el control tipo proporcional de la concentración de la solución.

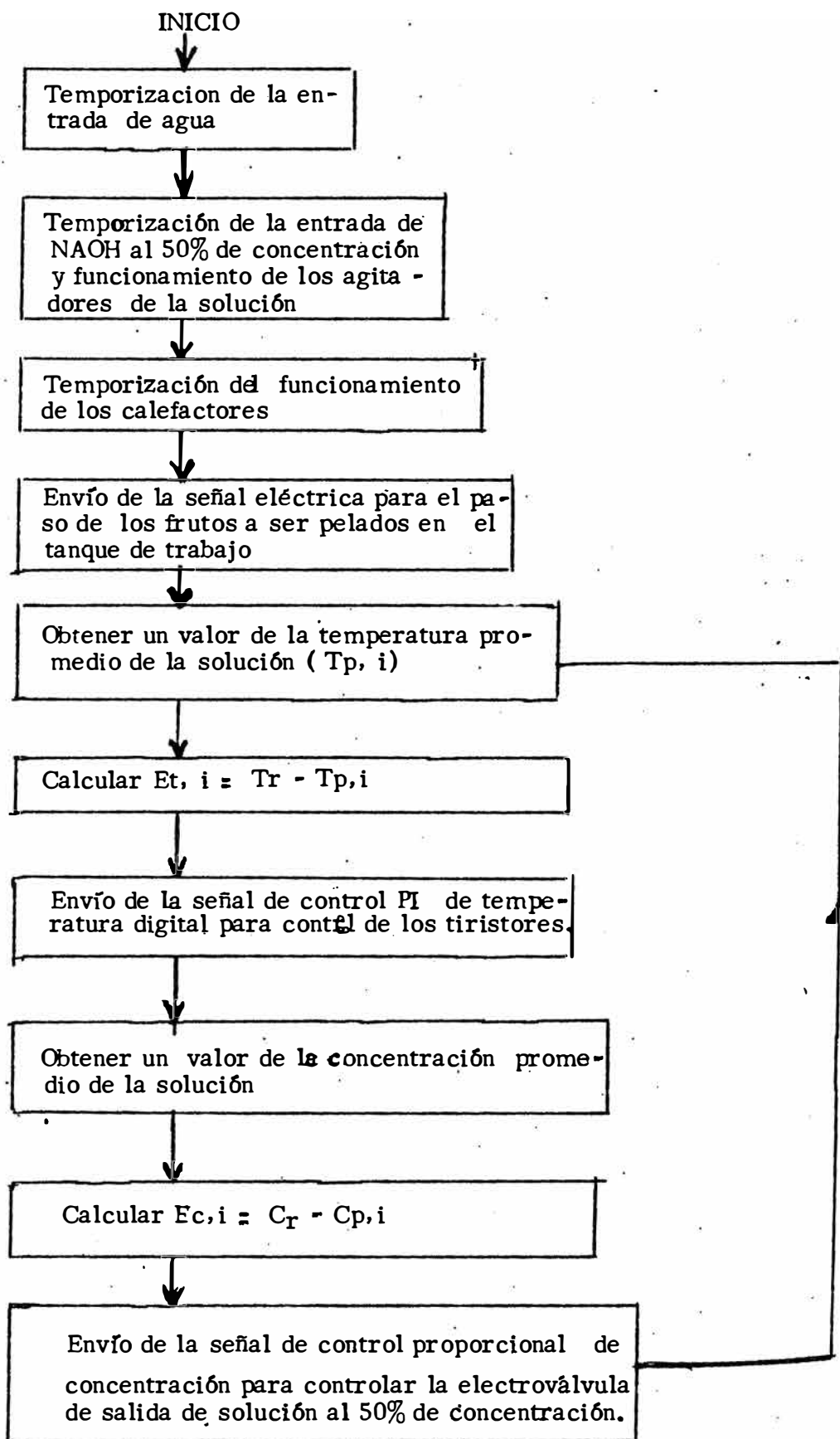
También existe un sistema de control del nivel de la solución en el depósito de trabajo para que la solución no pase de un nivel establecido. Al llegar la solución a un cierto nivel, se interrumpe el programa en su secuencia normal y se direcciona la ejecución de una subrutina para la abertura de una válvula que controla la salida de solución por un tiempo determinado.

También es posible mostrar en la pantalla un valor de temperatura y concentración existentes casi instantáneamente en la solución. Ésto se consigue mediante un switch boton, el cual interrumpe la ejecución normal del programa por intermedio de la interfase PIO - la cual está programada para mandar al microprocesador que ejecute una subrutina que tiene el propósito antedicho.

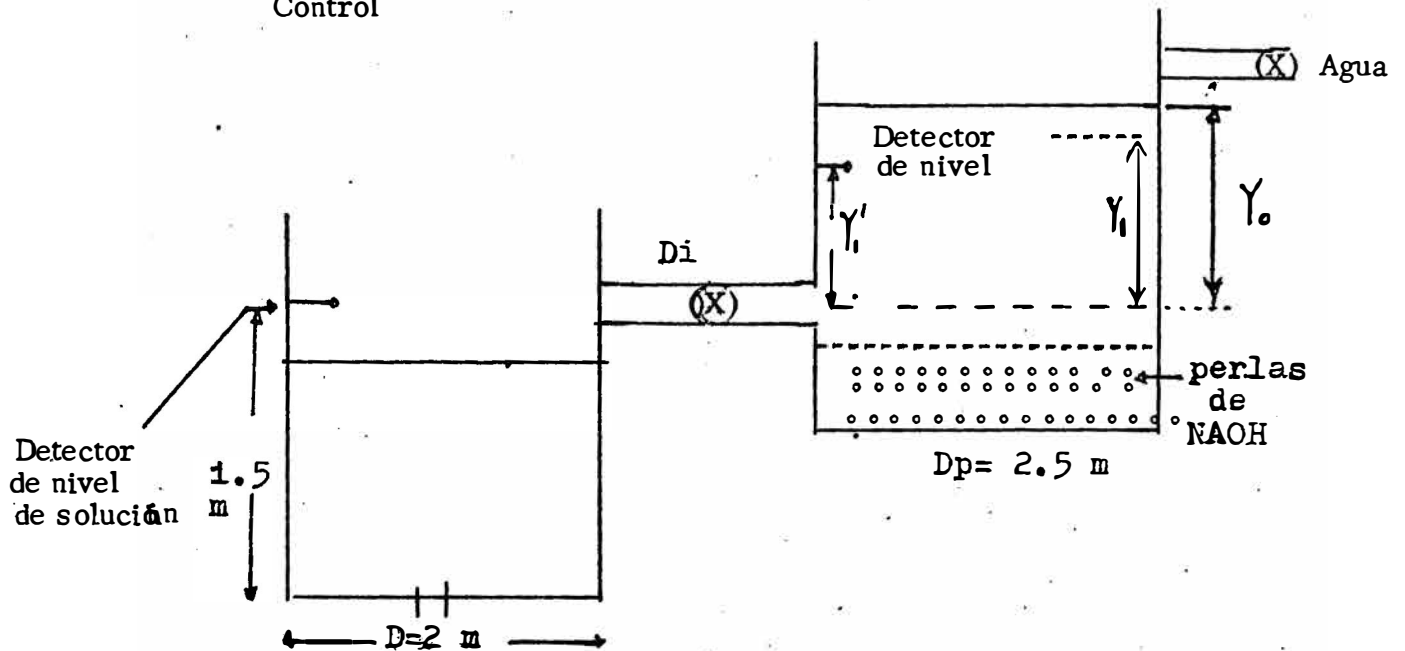
No se detalla la ejecución de esta última parte.

# DIAGRAMA DE BLOQUES DEL SISTEMA





Cálculo de tiempo para el paso de solución de Na OH al 50% hacia el Tanque de trabajo por abertura temporizada de la válvula de Control



Escogiendo un nivel de agua igual a 0.5 m, luego el volumen de agua es igual a  $\pi \frac{D^2}{4} (0.5) = 1.57 \text{ m}^3$

Además el volumen  $V'$  de solución Na OH al 50% que es necesario agregar al tanque de trabajo para lograr una solución de NaOH al 10% es tal que :

$$100 \times \frac{V' / 2}{1.57 + V'} = 10, \text{ luego } V' = 0.392 \text{ m}^3.$$

El desplazamiento vertical (h) del nivel libre de la solución en el tanque de NaOH al 50% de concentración, es tal que :

$$\frac{\pi}{4} (D_P^2) h = 0.392, \text{ luego } h = \frac{0.392 \times 4}{(\pi) (2.5)^2} = 7.85 \text{ c}$$

Calculando el tiempo  $T_o$ . en segundos, necesarios para obtener una solución de Na OH al 10% en el tanque de trabajo, partiendo de la siguiente ecuación :

Caudal que sale del tanque de Na OH al 50% = Caudal que disminuye en dicho tanque

$$AIV = - \frac{dV}{dt} \quad (\text{volumen del tanque para cualquier instante})$$

$$A1 \sqrt{2g y1} = - A_p \frac{dy1}{dt}$$

donde  $A1$  = area de la sección transversal de la boquilla de salida de la solución al 50% de concentración.

$A_p$  = Area de la sección transversal del tanque considerado.

$$\text{luego : } dt = - \frac{A_p dy1}{A1 \sqrt{2g} (y1)^{1/2}}, \text{ integrando :}$$

$$t = T_o.$$

$$\int_{t=0}^{dt} = \int_{y1=y_0}^{y1=y1'} - \frac{A_p dy1}{A1 \sqrt{2g} (y1)^{1/2}}$$

$$t_o = \frac{2 A_p}{A1 \sqrt{2g}} (Y_o^{1/2} - Y_1^{1/2})$$

donde :  $y_o$  = nivel inicial de la solución = 100 cm

$$y1' = y_o - h = 100 - 7.85 = 92.15 \text{ cm}$$

$$\text{luego : } t_o = 2 \left( \frac{\pi}{4} (2.5)^2 \right) \left( \frac{4}{(\pi) (0.1016)^2} \right) \left( \frac{1}{\sqrt{2} \sqrt{g}} \right) (\sqrt{1} - \sqrt{0.92})$$

$$t_o = 14 \text{ segundos}$$

Asumiendo que un fruto a pelar por la solución de trabajo tenga un radio medio de 4 cm su volumen será  $V = (4/3) \cdot \pi r^3$ , luego:  $dV = (\frac{4}{3}) (3\pi r^2 dr)$ , para un espesor a pelar  $dr = 2.5\%$  de  $r$ , es decir  $\frac{2.5}{100} (4 \text{ cm}) = 0.1 \text{ cm}$ , tenemos que  $dV$  será el volumen a pelar, luego :

$$dV = \frac{4}{3} (\pi) (4)^2 (0.1) = 20 \text{ cm}^3, \text{ éste será el volumen de}$$

desechos que dejará un fruto de dimensiones promedio.

El nivel de solución aún con los frutos a pelar dentro del depósito de trabajo no debe superar el nivel accesado por el detector de nivel mostrado en la figura.

El volumen total ocupado en el depósito de trabajo hasta el nivel máximo será :

$$V_T = (\frac{\pi}{4}) (2)^2 (1.5) = 4'710,000 \text{ cm}^3$$

Si se debe permitir hasta (5%) del volumen  $V_T$  como volumen de desechos  $V_0$ , depositados en el fondo del tanque y mezclados con la solución, entonces

$$V_0 = \frac{471,000}{2} \text{ cm}^3$$

Si cada kg. de frutos contiene en promedio 4 frutos, entonces para lograr dicho volumen  $V_0$  deben ser pelados  $\frac{471,000}{2} \times \frac{1}{20} \times \frac{1}{4}$  Kg de frutos:

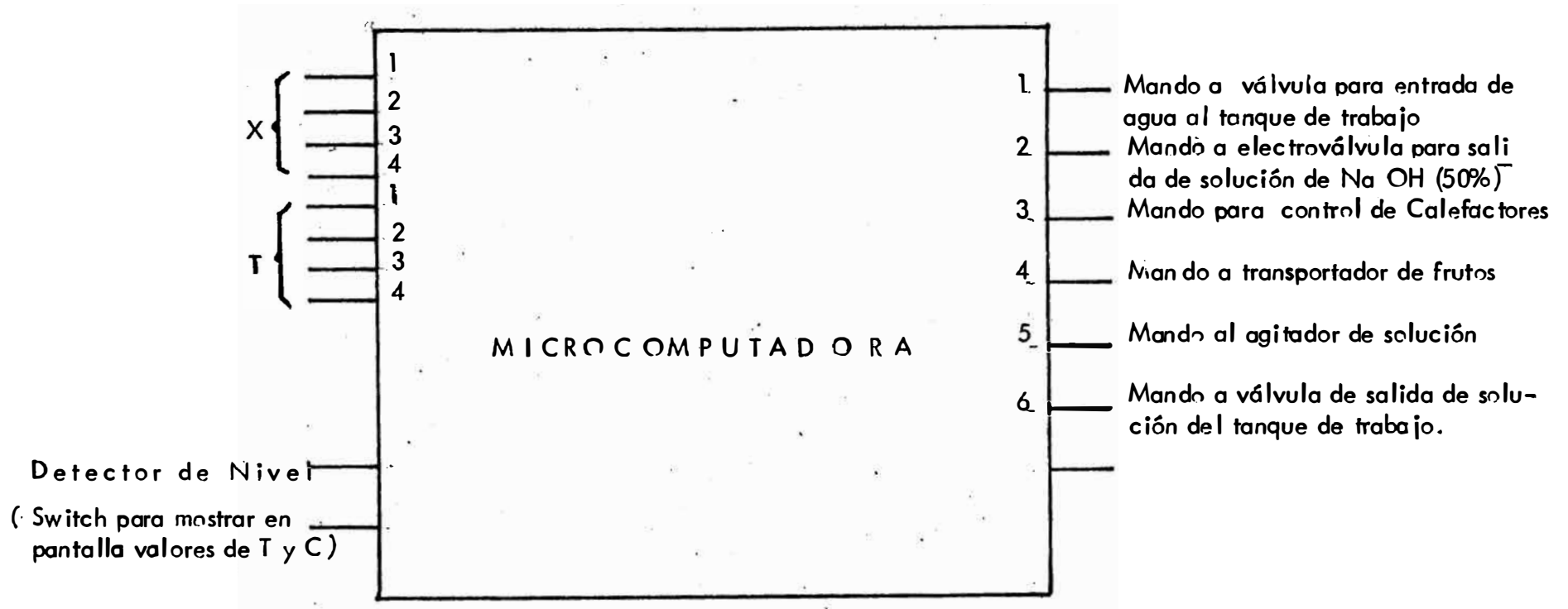
De acuerdo a las especificaciones de la Planta Piloto tratada, ésta es capaz de trabajar a razón de 360 Kg/hora, luego el tiempo para pelar los (4710/1.6) kg. de fruta es  $\frac{(4710/1.6)}{360(\text{kg/h})}$  Kg

8.17 horas.

En conclusión, el sistema cumple dentro de una jornada de trabajo de 8 horas con el pelado de frutos a su máxima capacidad y con un nivel de desechos del 5% del volumen total.



## DEFINICION DE ENTRADAS Y SALIDAS AL MICROCOMPUTADOR



## OBTENCION DEL VALOR DE LA CONCENTRACION

Se han realizado estudios de la dependencia de la conductividad eléctrica de una solución de hidróxido de sodio con la temperatura para una determinada concentración de dicha solución, para aplicaciones industriales, es suficiente la aplicación de la ecuación lineal siguiente :

$$X_t = X_{25^\circ\text{C}} [1 + \alpha(t - 25^\circ\text{C})]$$

$t$  = Temperatura de la solución en °C.

donde

$X_t$  = Conductividad para temperatura  $t$  en °C.

$X_{25^\circ\text{C}}$  = Conductividad de la solución a 25°C

$X_Z$  = Conductividad para temperatura  $t$  en °C.

$\alpha$  = 0.02 para el Na OH

A partir de la ecuación anterior. Se pueden generar las curvas de conductividad eléctrica-concentración para cada valor de temperatura, conociendo los valores de la conductividad eléctrica de la solución para 25°C y a diversos valores de concentración de la solución.

Utilizando un rango de temperatura de 40°C a 60°C, tenemos en consideración 21 valores de temperatura.

Utilizando un rango de variación de la concentración de NaOH de 8 a 12, tenemos en consideración 5 valores de concentración o 5 de conductividad.

Luego, es necesario guardar en memoria  $21 \times 5 \times 2 = 210$  valores de las curvas de conductividad eléctrica de la solución-concentración en función de la temperatura. Estos valores se guardan en memoria, distribuidos de tal forma que :

Para cada valor de temperatura se tienen una serie de valores de concentración, los cuales están en correspondencia a diferentes valores de conductividad eléctrica .

Programa para generar las curvas de conductividad eléctrica-concentración en función de la temperatura constante para el NaOH, - donde para cada valor de la concentración se tiene  $X_t = (X_{25^\circ\text{C}}, \text{ a conc. cte.}) (1 \pm \alpha \Delta T)$

```

10     DIMC (12), XCTA(12), t (60), DT (60), XT (12)
20     FOR I = 1 TO 12
30         C (I) = I
40     NEXT I
50     FOR I = 1 TO 12
60         READ XCTA (I)
70     NEXT I
80     FOR S = 1 TO 60
90         T (S) = S
100    DT ( S ) = T (S) - 25
110    PRINT " Temperatura en Grados centígrados =  , T ( S)
115    PRINT
120    FOR I = 1 TO 12
130    XT (I) = XCTA (I) * ( 1 ± (( 2/100) * DT(S)))
140    PRINT XT (I), C (I)
150    NEXT I
160    NEXT S
170    DATA .05, .10, .15, .19, .23, .26, .29, .31, .33, .35, .37, .39
180    END

```

OK

RUN

Comandos      dir  
                   dir/w  
                   GW BASIC

\* El programa fue corrido en el Microcomputador ICC/XT Microcomputer de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional "San Luis Gonzaga".

## CAPITULO IV

### DISEÑO DEL SISTEMA

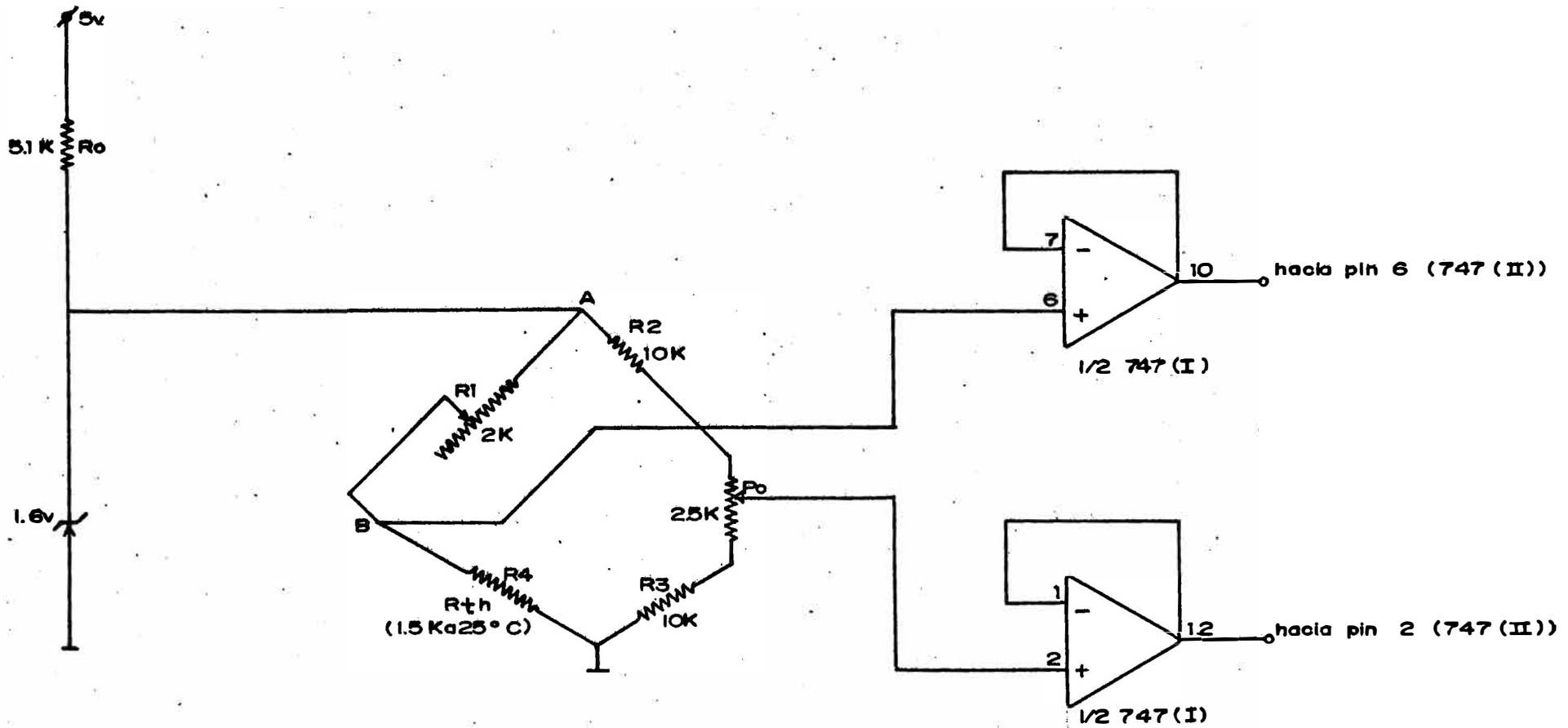
## CIRCUITO PUENTE WHEATSTONE CON THERMISTOR PARA MEDICION DE LA TEMPERATURA I

Para este circuito se cumple el balance (voltage de salida nulo) cuando  $(R1) (R3) = (R2) (R4)$ , lo cual se logra ajustando los potenciómetros  $R_i$  y  $P_o$  para la temperatura de referencia ( $50^{\circ}\text{C}$ ) de la solución, establecemos un voltaje constante del punto A hacia tierra, mediante el diodo Zener de 1.6 voltios,  $R_o$  sirve para limitar el valor de la corriente que circula en el puente.

Empleamos amplificadores operacionales en configuración buffer, para evitar la carga de los puntos B y C (salidas del puente).






















Empleamos el termistor tipo NTC inmerso en la solución, cuya temperatura se debe medir, la cubierta es de acero inoxidable para evitar que sea destruido por la solución caústica.

El termistor presenta una resistencia de  $1.5 \text{ K}\Omega$  a  $25^{\circ}\text{C}$ .



**(II) - CIRCUITO PUENTE WHEATSTONE CON THERMISTOR Y BUFFERS, EQUILBRADO A LA TEMPERATURA DE 50° C.**

\* VALORES DE LOS VOLTAJES A LA SALIDA DEL PUENTE  
WHEATSTONE BALANCEADO POR TEMPERATURA DE 50°C

Temp. (°C)		Vo (mv)
60		(20)
59		(18)
58		(16)
57		(14)
56		(12)
55		(10)
54		(8)
53		(6)
52		(4)
51		(2)
50		(0)
49		(-2)
48		(-4)
47		(-7)
46		(-10)
45		(-12)
(44)		(-14)
(43)		(-17)
(42)		(-20)
(41)		(-23)
(40)		(-26)

\* Debemos amplificar x (10)



## AMPLIFICADOR DE INSTRUMENTACION I

Debe tener una alta resistencia de entrada ( $R_{in}$ ), alta ganancia diferencial, alta relación de rechazo de modo común (CMRR) y bajo valor del voltaje offset de salida ( $\Delta V_o$ ), estos cuatro parámetros interactúan y un compromiso razonable es logrado con la configuración Mostrada.

Los voltajes de salida desde la etapa A1 y A2 son :

$$V_3 = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) v_1 - \frac{R_2}{R_1} v_2 + V_{ic}$$

$$V_4 = \left(1 + \frac{R_3}{R_1}\right) V_2 - \frac{R_3}{R_1} V_1 + V_{ic}$$

donde  $V_{ic}$  es el voltaje de entrada en modo común.

Si la etapa de salida está perfectamente balanceada es decir si :

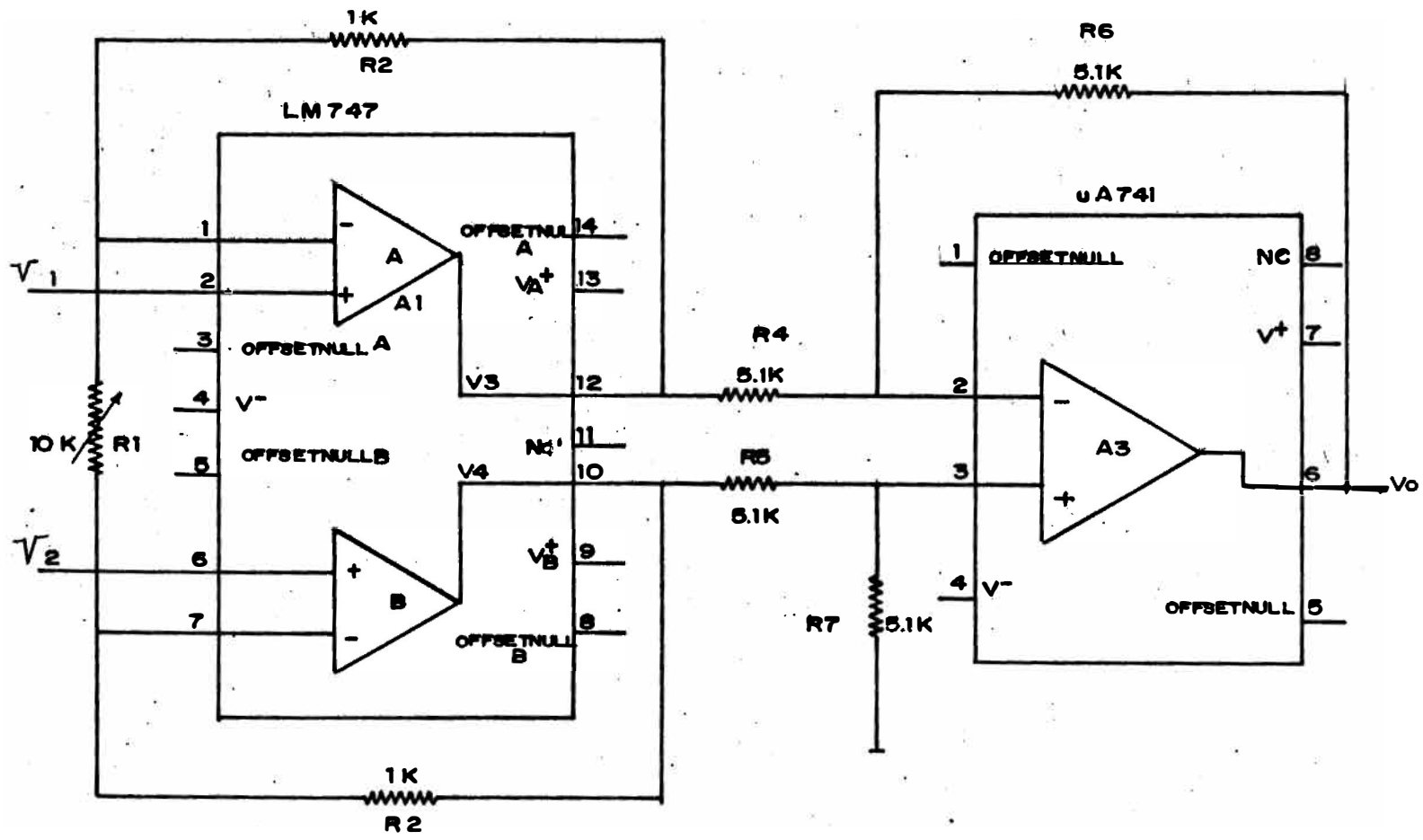
$$R_6/R_4 = R_7/R_5$$

$$V_o = \frac{R_6}{R_4} (V_4 - V_3) = \frac{R_6 (R_1 + R_2 + R_3)}{R_1 R_4} (V_2 - V_1)$$

Si hacemos  $R_2 = R_3$  y  $R_4 = R_5 = R_6 = R_7$

$$A_d = \frac{V_o}{V_2 - V_1} = \left(1 + \frac{2R_2}{R_1}\right)$$

Las etapas de entrada A1 y A2 pueden ser de alta ganancia sin cau-



**AMPLIFICADOR INSTRUMENTAL PARA MEDICION DE TEMPERATURA**

sar excesivo offset DC, la etapa de salida puede usar pequeños resistores para minimizar el offset DC.

La CMRR del circuito depende del CMRR de  $A_3$  y como se logre la precisión de la expresión  $R_6/R_4 = R_7/R_5$ ;

La ganancia del circuito completo usualmente es controlado con el ajuste de  $R_1$ .

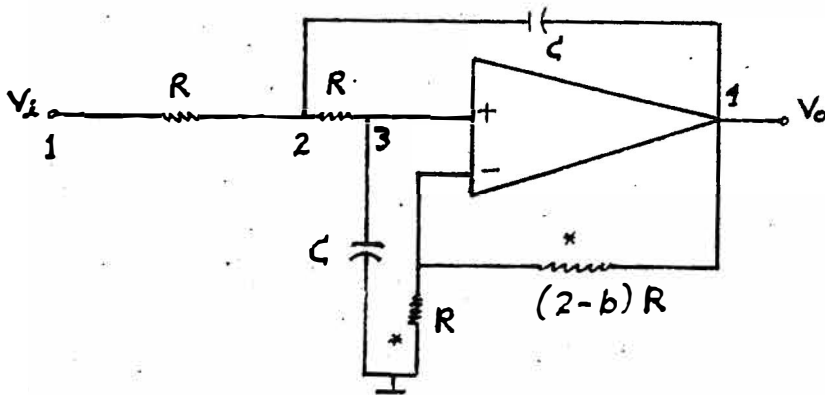
## FILTROS PASA BAJOS ACTIVOS

### CARACTERISTICAS:

- El elemento activo (A. O) es necesario para la existencia de polos en el lado izquierdo del plano complejo. usando resistores y capacitores para los elementos
- La impedancia de salida baja permite que se puedan conectar varias etapas.
- Los filtros activos usualmente tienen entradas y salidas simplemente terminadas y no "flotan". Con respecto a la alimentación de potencia del sistema como para el caso de una red ALC
- La amplificadora de los filtros activos tienen un rango de voltaje de entrada y salida de mas o menos 10 v. (en la mayoría de los casos) y la capacidad de la corriente de salida es de pocos miliamperios.
- La salida tiene voltaje OFFSET con derivas que cambian con la temperatura. Los voltages OFFSET son de pocos milivoltios o varios cientos de milivoltios, las derivas van de 1 a 100  $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$  ó aún más, desde un filtro fosa-baja de múltiples polos a muchas etapas de pares de polos.
- Las corrientes de bias van de pocos miliamperios para amplificadores operacionales de FET(s) a focos  $\mu\text{A}$  para amplificador de circuito integrado y transistores bipol res.

- Los filtros activos pueden proveer excelente capacidad de aislamiento, esto es alta impedancia de entrada que va de unos pocos  $K\Omega$  a varios miles de  $M\Omega$ . Si amplificadores de entrada son utilizados, así como baja impedancia de salida que va de unos cientos de ohms a menos de  $1\ \Omega$ .
- Existen A.O con anchos de banda de ganancia unitaria tan alta como  $100\text{MHz}$ , que permiten diseños de filtros en la vecindad de  $1\ \text{MHz}$ .
- El Slew rate es un factor limitante para la respuesta a gran señal.
- Los filtros activos pueden tener ganancia de voltaje como  $40\ \text{dB}$  en filtros de bajo Q y baja frecuencia, con componentes de pequeñas medidas.
- Los filtros activos de sección múltiple diseñados por BUTTERWORTH son pasa bajos o pasa altos que muestran corte más abrupto que los filtros simples.

### FILTROS PASA BAJOS CUADRATICOS



Obtención de la función de transferencia del filtro pasabajos cuadrático de la figura :

Los elementos marcados con (\*) forman parte de una configuración de amplificador no inversor con ganancia :

$$K = (R + (2-b)R)/R = 3-b; \text{ de tal manera que :}$$

$$V_o = KV_3, \text{ Luego } V_o = KV_3 = (3-b)V_3 \dots\dots (I)$$

$$\text{Además : si } 0 \leq b \leq 2, \text{ entonces } 1 \leq K \leq 3$$

Sumando las corrientes en punto 2 :

$$(V_2 - V_o)SC + (V_2 - V_3)/R = (V_i - V_2)/R \dots\dots (II)$$

Sumando las corrientes en punto 3 :

$$(V_2 - V_3)/R = V_3 SC \dots\dots\dots (III)$$

Tratando las ecuaciones (I), (II) y (III) :

$$H(S) = V_o(S)/V_i(S) = (3-b) / (1 + b(S/WX) + (S/W)^2)$$

donde:  $WX = 1/(RC)$ , típicamente  $R$  es de 5 - 50 KOHMS.

$$H(S) = \frac{HDC}{1 \pm (bs/WX) \pm (S/WX)^2}, \text{ donde } HDC = 3-b$$

sustituyendo  $S = JW$ :

$$A'(W) = \frac{A \text{ d } C}{1 \pm Jb (W/WX) - (W/WX)^2},$$

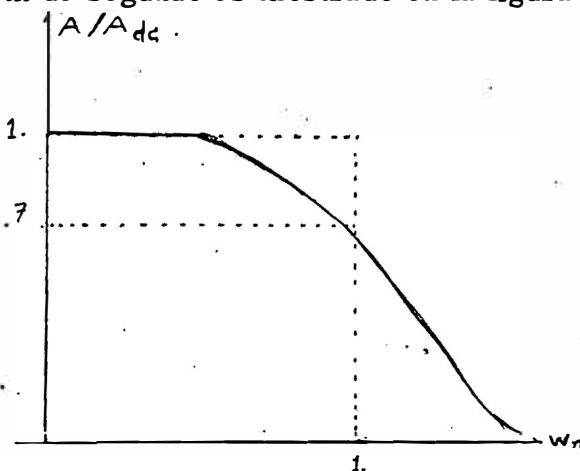
dejando de lado  $A \text{ d } C$

$$A'(W) = A(W) = 1/(1 \pm Jb (W/WX) - (W/WX)^2)$$

$$(IV) \dots |A(W)|^2 = A A^* = \frac{1}{(1 - (W/WX)^2)^2 \pm b^2 (W/WX)^2}$$

$$\text{con } b = \sqrt{2} \text{ obtenemos: } |A| = \frac{1}{\sqrt{1 \pm (W/WX)^4}}$$

La respuesta de un filtro cuadrático, la cual es igual a la de un filtro activo, Butterworth de segundo es mostrado en la figura adjunta:



varias combinaciones de capacitores y resistores producirán las mismas características de filtros, la configuración de iguales valores de resistencia y capacitores es la más deseable.

### Los Filtros activos BUTTERWORTH

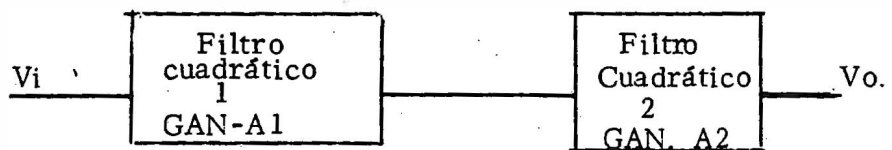
Consisten en dos o más filtros cuadráticos en cascada, mientras que cada filtro es idéntico en configuración y  $\omega_c$  es el mismo, el valor de  $b$  es diferente para cada filtro cuadrático.

La función de ganancia total es

$$A = \frac{1}{(1 \pm j b_1(\omega/\omega_c) - (\omega/\omega_c)^2)} \times \frac{1}{(1 \pm j b_2(\omega/\omega_c) - (\omega/\omega_c)^2)}$$

$$|A| = \frac{1}{\sqrt{1 + (\omega/\omega_c)^{4n}}}, \text{ donde } n \text{ es el número de filtros cuadráticos y } 2n \text{ es el orden del filtro.}$$

Orden el cual consiste de dos filtros cuadráticos en serie.



La ganancia total es  $A_1 A_2$ , luego :

$$A = A_1 A_2 = \frac{1}{(1 - (\omega/\omega_c)^2 \pm j b_1(\omega/\omega_c)) (1 - (\omega/\omega_c)^2 \pm j b_2(\omega/\omega_c))}$$



Sustituyendo la frecuencia normalizada :  $W_n = W/W_X$

$$A = 1 / ((1 - W_n^2 + j b_1 W_n) (1 - W_n^2 + j b_2 W_n))$$

$$|A|^2 = 1 / ((1 - W_n^2 + b_1^2 W_n^2) ((1 - W_n^2 + b_2^2 W_n^2)))$$

Desarrollando y para fijar la forma Butterworth, todos los términos diferentes a  $W_n^8$  y 1 deben ser iguales a cero, luego

$$b_1^2 + b_2^2 - 4 = 0$$

$$6 - 2(b_1^2 + b_2^2) + b_1^2 b_2^2 = 0$$

De estas ecuaciones se obtiene :  $b_1^4 - 4b_1^2 + 2 = 0$

Con soluciones  $b_1 = 1.8478$  y  $b_2 = 0.7654$

Luego  $A = 1 / \sqrt{1 + W_n^8}$  ;  $K = K_1 K_2 = 2.58$

### DISEÑO DE FILTRO ACTIVO-BUTTERWORTH PASA BAJOS de 4to. ORDEN

con  $F_x = 10\text{HZ}$ ,  $W_X = 2 F_X$

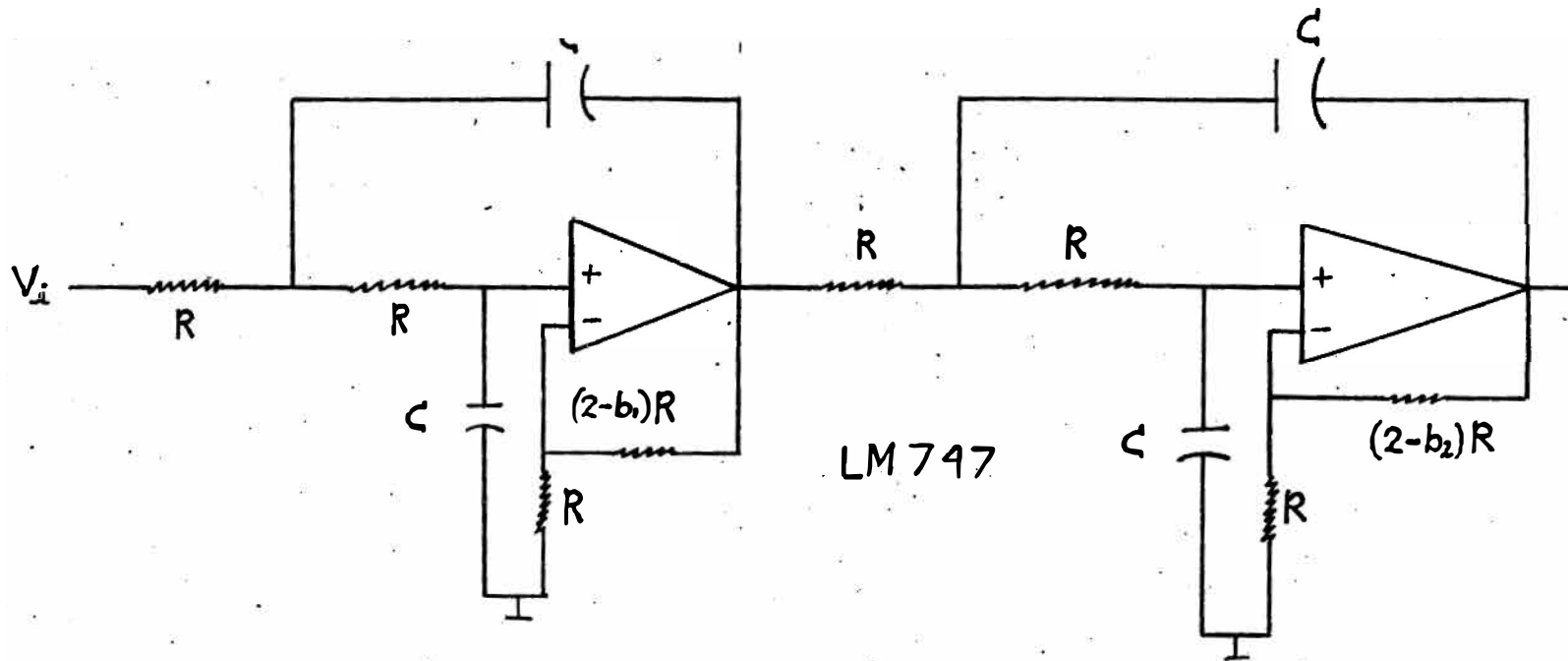
1) Para Filtro cuadrático 1 :  $W_X = 1/(RC)$ ,  $2\pi F_X = 1/(RC)$

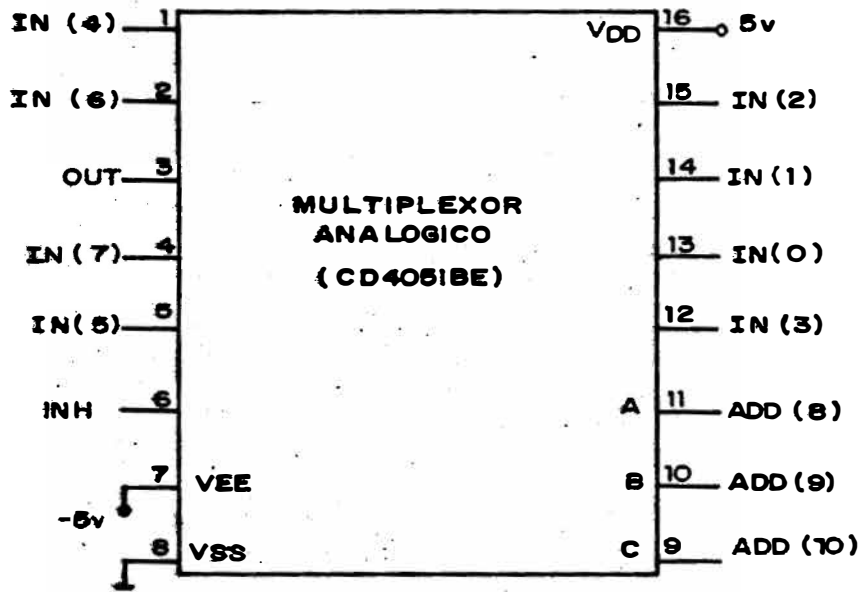
$$\text{escogiendo: } C = 0.3 \mu\text{F} \quad R = 1/((6.28)(10)(C)) = 52\text{KOHMS}$$

$$(2-b_1) R = 7.9 \text{ KOHMS.}$$

2) Para Filtro cuadrático 2: También  $R = 52 \text{ KOHMS}$  y  $C = 0.3 \mu\text{F}$

$$(2-b_2) R = 64.22 \text{ KOHMS}$$





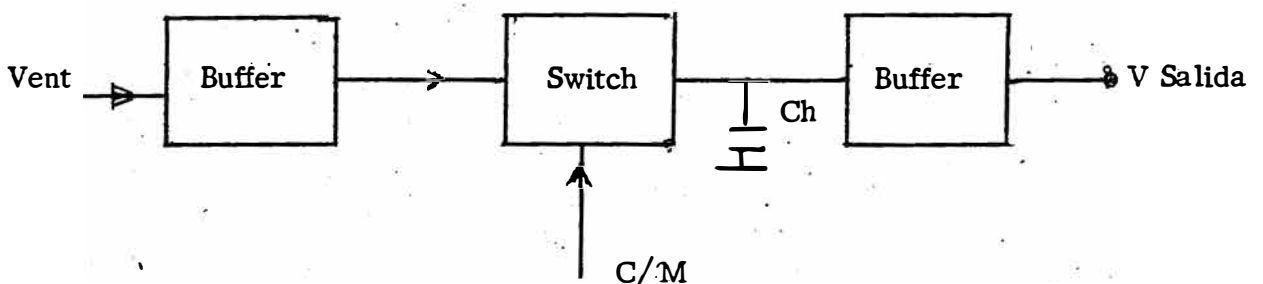
**MULTIPLEXOR ANALOGICO**

## CIRCUITOS DE CAPTURA Y MANTENIMIENTO

Los circuitos de captura y mantenimiento se utilizan para muestrear una señal analógica y mantener dicha señal por medio de un condensador, por ejemplo, para luego ingresar al conversor analógico o digital, por ejemplo.

En el circuito de captura y mantenimiento ideal éste sigue a la entrada durante el período de muestreo y luego mantiene el último valor analógico de tensión cuando conmuta al modo de mantenimiento. Se muestra el

### DIAGRAMA DE BLOQUES TÍPICO DE UN CIRCUITO DE CAPTURA Y MANTENIMIENTO



Si deseáramos hacer una conversión análoga o digital de una señal por ejemplo senoidal  $e(t) = E \sin 2\pi ft$ , de frecuencia  $f$  y con resolución de  $n$  bits, la velocidad de variación de dicha señal será:

$$\frac{de(t)}{dt} = 2\pi f E \cos(2\pi ft) \dots \quad (I)$$

El instante de variación máxima de  $e(t)$  se cumple en su paso por cero, luego:

$$\frac{de(t)}{dt} \text{ MAX} = 2\pi f E \simeq \frac{\Delta e}{\Delta t} \dots \quad (II)$$

Para la resolución de  $n$  bits, se debe cumplir que la variación de la señal de entrada durante la conversión no debe ser superior al LSB (bit menos significativo).

$$1 \text{ LSB} = E/2^n \dots \dots \dots (III)$$

$$\text{Luego } \Delta e \leq \frac{E}{2^n}, \text{ de ecuación (II)}$$

$$2\pi f E \Delta t \leq \frac{E}{2^n}, \text{ luego}$$

$$f \leq \frac{1}{2\pi(2^n)\Delta t}, \text{ por tanto:}$$

$$f \text{ Máx} = \frac{1}{(2\pi)(2^n)(\Delta t)}, \text{ donde:}$$

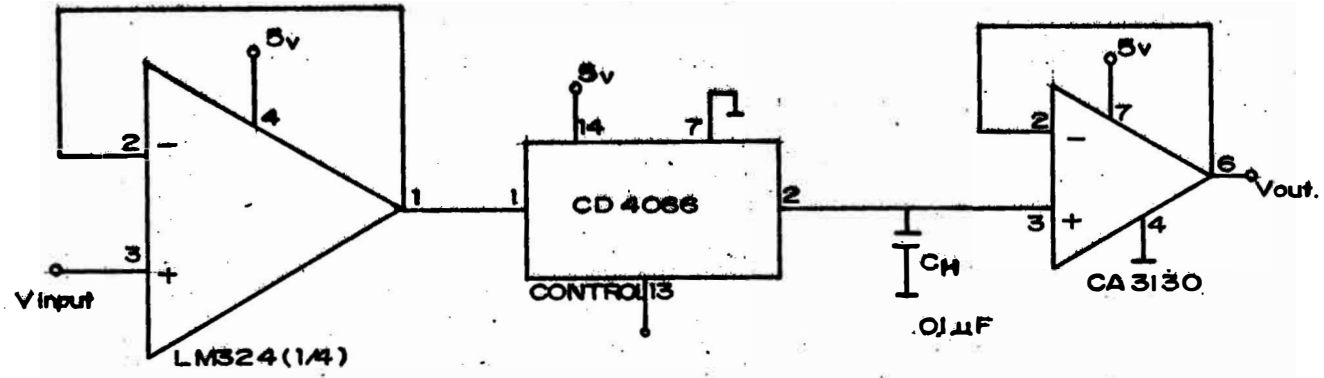
$f \text{ Máx}$  = representa la máxima frecuencia de la señal que se puede convertir con  $n$  bits de reducción.

$\Delta t$  = Tiempo de conversión del CAD

Para nuestro caso  $n = 8$  ,  $\Delta t = 100 \text{ us}$ .

$$\text{Luego : } f \text{ máx} = 1 / (2\pi) (2^8)(100)(10^{-6}) = 6 \text{ HZ}$$

debido a la inercia presentada por el sistema a las variaciones de temperatura y concentración de la solución, no se justifica de sobremanera el uso de un circuito de captura y mantenimiento previo al conversor analógico-digital, sin embargo para aumentar la confiabilidad del sistema lo utilizaremos.



**CIRCUITO DE MUESTREO/MANTENIMIENTO (S/H)**

El conversor análogo/digital consiste en el C.I. ADC 0804 (Cmos de 8 bits), hace la conversión a digital de la señal analógica presente en su entrada  $V_{in}(+)$  (pin 6), esta señal convertida es necesaria para la operación del Microprocesador Z80, el método de conversión que utiliza el CAD es el de Aproximación Sucesiva, el C.I. Cmos CD 4071 BE (Puerta OR Dual) es necesario para comandar la lógica de entrada y salida del CAD desde el Microprocesador.

A la salida del pin 19 se pueden conectar una resistencia y un condensador como se muestra en la figura de tal manera que es posible obtener la señal de reloj para la operación del mismo CAD, se cumple muy aproximadamente que la frecuencia de reloj es  $F_{ck}$ , donde :  $F_{ck} = 1/(1.1 R C)$ , con los valores utilizados la frecuencia  $F_{ck} = 606$  KHZ.

El CAD acepta un error total de  $\pm 1$  LSB es decir de aproximadamente de 20 mv.

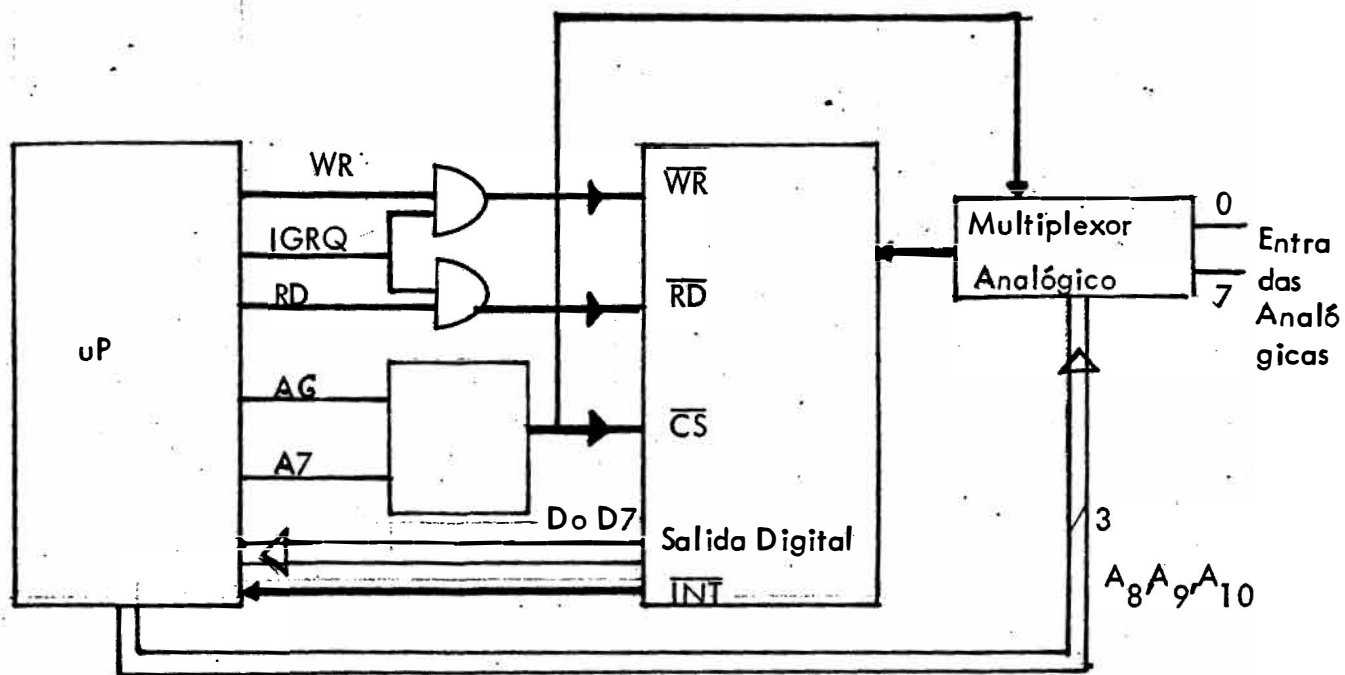
El tiempo de conversión es de 100 us.

Con un pulso de inicio de conversión de tipo asincrónico, se puede requerir hasta 8 pulsos de reloj antes de que las fases del reloj interno sean las adecuadas para iniciar la conversión.

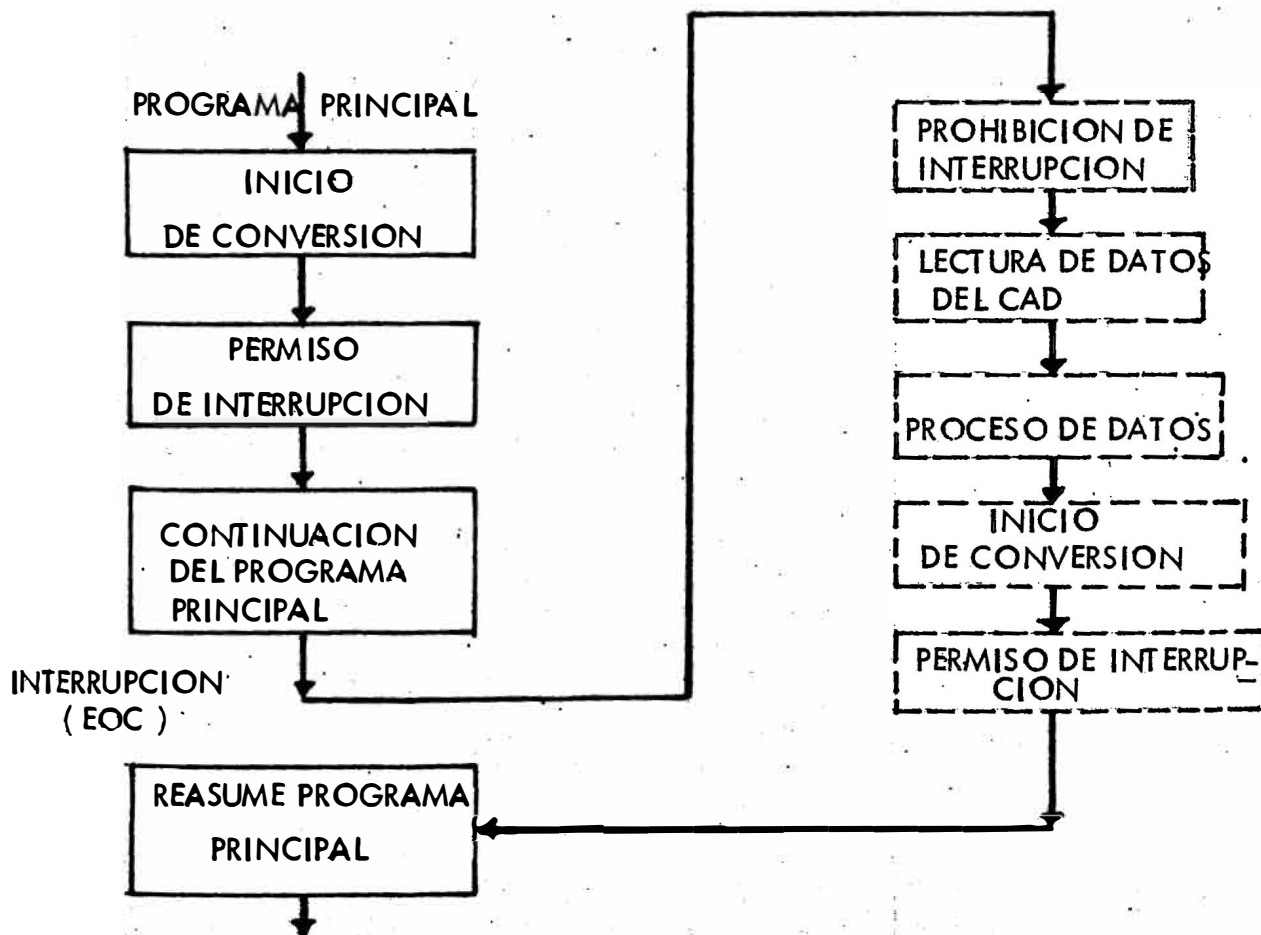
El circuito con el CAD está implementado para operar en un rango de voltaje analógico de entrada de  $\pm 5$  voltios.

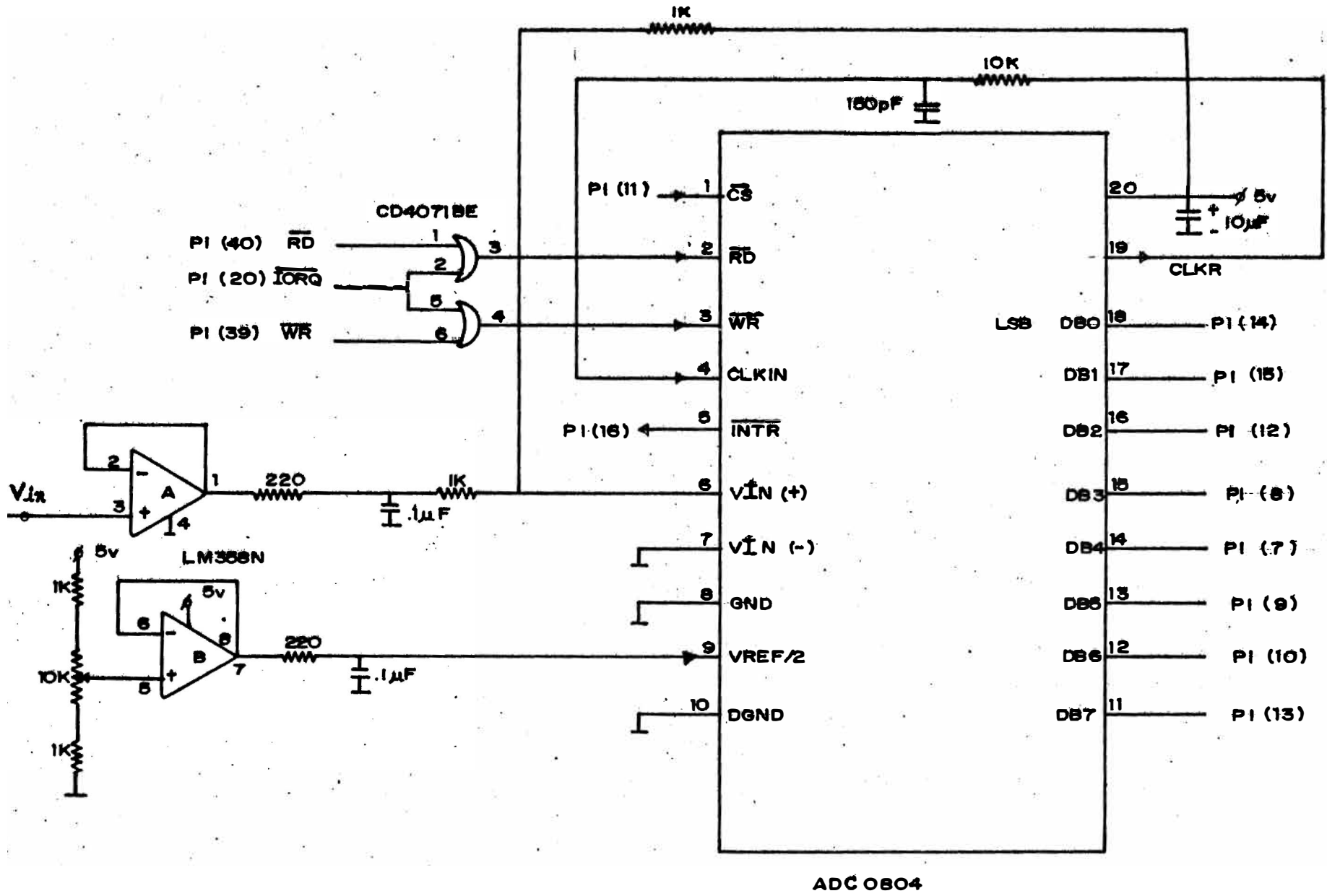


## Esquema de la Conexión del Conversor A/D al Microprocesador Z-80 A



## DIAGRAMA DE FLUJO DEL FUNCIONAMIENTO DEL CAD/





ADC 0804

CONVERSOR ANALOGO - DIGITAL

## SISTEMA DE CONTROL DE LA TEMPERATURA

El voltage entregado por la salida del puente Wheatstone con termistor que proporciona la medición de la temperatura de la solución tratada, es amplificado antes de ingresar al circuito multiplexor analógico.

Luego la señal de voltage a la salida del multiplexor ingresa al circuito S/H el cual permite la entrada de voltage al conversor análogo a digital (CAD), tratándose la señal con una resolución de 8 bits.

Cada 256 semiciclos de red debe interrumpirse el microprocesador y enviarse simultáneamente una señal de comando al multiplexor, al circuito S/H y al conversor A/D para lograr una lectura de temperatura, luego de promediar 4 lecturas de temperatura se debe ir al cálculo de la señal de actuación para el comando de los calefactores para el calentamiento de la solución.

## UN ALGORITMO DE CONTROL DIGITAL TIPO PID

Para el sistema de control de tiempo continuo con control proporcional, se tiene un error de estado estable en la salida, y también se cumple que el error de estado estable se hace cero si el control proporcional se reemplaza por un controlador integrador, pero el integrador también crea inestabilidad en la salida, es posible una solución de compromiso en la cual la señal actuante tiene una componente proporcional a la señal error y otra proporcional a la integral del error, además para mejorar las características dinámicas de la salida se puede incluir con diferenciador el cual es sensible a la velocidad del error, entonces para una planta en tiempo continuo con un control tipo Proporcional - Integral - Diferencial, se tiene :

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e dt + K_d \frac{de}{dt}$$

la función de transferencia en el dominio S será, de acuerdo a la transformación de Laplace :

$$D(S) = \frac{U(S)}{E(S)} = \frac{K_d S^2 + K_p S + K_i}{S} \quad , \quad \text{ver figura}$$

donde los valores de las constantes determinan la dinámica del sistema.

Desarrollando un algoritmo de control digital de carácter similar al esquema de tiempo continuo, donde aproximamos la integral con integración trapezoidal y la derivada por la ecuación en diferencia.

obtenemos:

$$u_K = K_p e_K + K_i T \left[ \frac{1}{2} (e_0 + e_1) + \frac{1}{2} (e_1 + e_2) + \dots + \frac{1}{2} (e_{K-1} + e_K) \right]$$

$$+ \frac{K_d}{T} (e_K - e_{K-1}), \text{ luego para la etapa previa :}$$

$$u_{K-1} = K_p e_{K-1} + K_i T \left[ \frac{1}{2} (e_0 + e_1) + \dots + \frac{1}{2} (e_{K-2} + e_{K-1}) \right]$$

$$+ \frac{K_d}{T} (e_{K-1} - e_{K-2}), \text{ restando las anteriores expresiones:}$$

$$u_K - u_{K-1} = K_p (e_K - e_{K-1}) + \frac{K_i T}{2} (e_{K-1} + e_K) + \frac{K_d}{T} (e_{K-2} - 2e_{K-1} + e_K)$$

luego :

$$u_K = u_{K-1} + \left( K_p + \frac{K_i T}{2} + \frac{K_d}{T} \right) e_K + \left( \frac{K_i T}{2} - K_p - \frac{2K_d}{T} \right) e_{K-1} + \frac{K_d}{T} e_{K-2}$$

El cual es el algoritmo de control digital tipo PID.

Tomando la transformada Z de la ecuación en diferencia - podemos determinar la función de transferencia del compensador la cual cumple la función de control PID.

$$D(Z) = \frac{U(Z)}{E(Z)} = \frac{A + B Z^{-1} + C Z^{-2}}{1 - Z^{-1}}$$

$$\text{donde : } A = K_p + \frac{K_i T}{2} + \frac{K_d}{T}$$

$$B = \frac{K_i T}{2} - K_p - \frac{2K_d}{T}$$

$$C = \frac{K_d}{T}$$

Si solo se tiene control tipo PI (Proporcional-Integral) haremos  $K_d$  igual a cero entonces la función de transferencia para el compensador será :

$$D(Z) = \frac{U(Z)}{E(Z)} = \frac{A + BZ^{-1}}{1 - Z^{-1}}, \text{ donde:}$$

$$A = K_p + \frac{K_i T}{2}$$

$$B = \frac{K_i T}{2} - K_p$$

Si además localizamos el cero del controlador PI en el origen se cumple :

$$D(Z) = \frac{U(Z)}{E(Z)} = \frac{AZ}{Z - 1}, \text{ es decir se hace } B = 0$$

Para el sistema  $G_1(Z) = \frac{AZ}{Z-1}$

$$G_2(S) = \frac{Y(S)}{U(S)} = \frac{KA_0}{S+a} = \frac{K1}{S+a}$$

$$G_3(Z) = 1$$

El segundo sub-bloque es excitado por un circuito de retención de orden cero (ZOH) y es seguido por el multiplexor, luego del análisis de sistemas de control digital, se tiene :

$$G_2(Z) = (1 - Z^{-1}) \mathcal{Z}^{-1} \left[ s \frac{K1}{(S+a)} \right]$$

$$G_2(Z) = (1 - Z^{-1}) \mathcal{Z}^{-1} \left[ \frac{K1}{a} \left( \frac{1}{S} - \frac{1}{S+a} \right) \right]$$

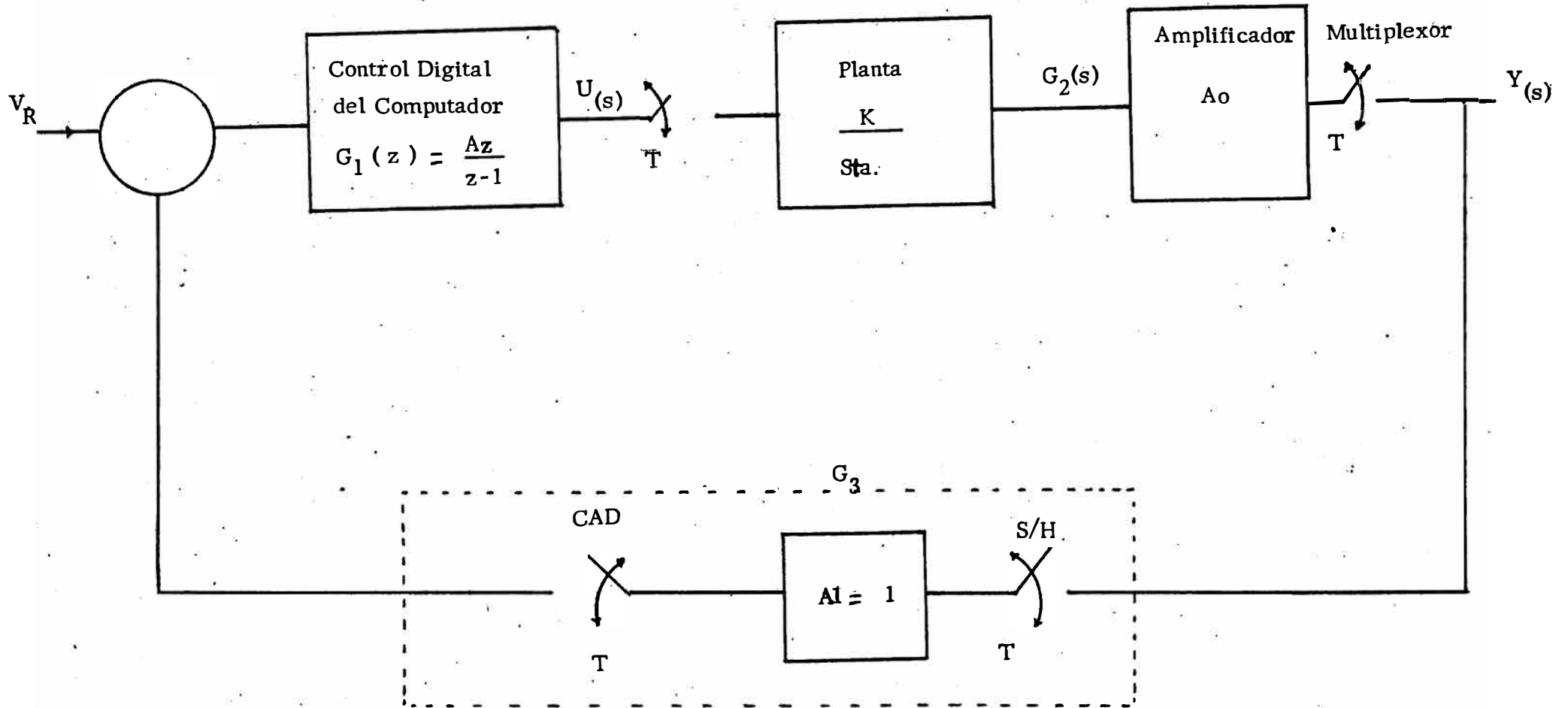
$$G_2(Z) = (1 - Z^{-1}) \left( \frac{K1}{a} \right) \left[ \frac{1}{1-Z^{-1}} - \frac{1}{1-e^{-aT}Z^{-1}} \right]$$

$$G_2(Z) = \frac{K1}{a} Z^{-1} \frac{(1 - e^{-aT})}{(1 - e^{-aT}Z^{-1})}$$

Si utilizamos 256 semiciclos de red para cada intervalo de control entonces el intervalo de muestreo  $T = 2.132$  (para la frecuencia de red de 60 HZ), haciendo  $T/a = 4$ , donde  $-a$  es la constante de tiempo de la planta obtenemos  $a = 0.533$  seg., con  $K1 = 20/2$

$$G_2(Z) = Z^{-1} \frac{(37.523) (1 - e^{-(0.533)(2.132)})}{2 (1 - e^{-(0.533)(2.132)} Z^{-1})}$$

DIAGRAMA DE BLOQUES PARA EXAMINAR LA ESTABILIDAD DEL  
SISTEMA DE CONTROL DE LA TEMPERATURA





$$= \frac{Z^{-1}(37.523)}{2} \frac{(1-0.320)}{(1-0.320Z^{-1})} = \frac{Z^{-1}(37.523)(0.679)}{(1-0.320Z^{-1})}$$

$$G_2(Z) = \frac{(Z^{-1})25.50/2}{(1-0.32Z^{-1})}$$

La función de transferencia de lazo cerrado es  $\frac{Y(Z)}{V(Z)}$  =

$$\frac{G_1(Z) G_2(Z)}{1 + G_1(Z) G_2(Z) G_3(Z)}$$

$$\text{F.T. de L.C.} = \frac{\left(\frac{AZ}{Z-1}\right) \left(\frac{25.50 Z^{-1}}{1-0.32Z^{-1}}\right) / 2}{1 + \left(\frac{AZ}{Z-1}\right) \left(\frac{12.50 Z^{-1}}{1-0.32Z^{-1}}\right)} \quad (1)$$

Igualando a cero el denominador de la F.T. de L.C.:

$$1 + \frac{AZ}{(Z-1)} \left(\frac{12.50 Z^{-1}}{1-0.32 Z^{-1}}\right) = 0$$

$$\frac{(Z-1)(1-0.32 Z^{-1}) + AZ(12.50) Z^{-1}}{(Z-1)(1-0.32 Z^{-1})}$$

$$(Z-1)(1-0.32 Z^{-1}) + AZ(12.50) Z^{-1} = 0$$

$$(Z-1)(Z-0.32) + AZ(12.50) = 0$$

$$Z^2 - 1.32Z + 0.32 + 12.50 AZ = 0, \text{ queda :}$$

$$Z^2 - (1.32 - 12.50A)Z + 0.32 = 0$$

$$Z_{1,2} = (0.66 - 6.25A) \pm \sqrt{(0.66 - 6.25A)^2 - 0.32}$$

$$Z_{1,2} = (0.66 - 6.25A) \pm \sqrt{0.32 - (0.66 - 6.25A)^2}$$

$$\left| Z_i \right|^2 = (0.66 - 6.25A)^2 \mp (0.32) - (0.66 - 6.25A)^2$$

$$\left| Z_i \right| = (0.32)^{1/2} < 1, \text{ luego es estable independientemente del valor de } A$$

Además como  $B = \frac{K_i T}{2} - K_p = 0$ , se tiene

$$K_p = \frac{K_i T}{2} = \frac{K_i (2.132)}{2}$$

Asumiendo  $K_i = 0.002$

$$K_p = (0.002) \frac{(2.132)}{2} = 2.13 \times 10^{-3}$$

Luego el valor de  $A$  de acuerdo a la ecuación :

$$A = K_p \mp \frac{K_i T}{2}$$

$$A = 4 \times 10^{-3} = \frac{1}{250}$$

$$\text{Como } G_1(Z) = \frac{U(Z)}{E(Z)} = \frac{A}{1-Z^{-1}}$$

$(1 - Z^{-1}) U(Z) = A E(Z)$ , luego el algoritmo de control será

$$U_K = U_{K-1} + A e_K$$

$$U_K = U_{K-1} + e_K \left( \frac{1}{256} \right)$$

Con las condiciones iniciales siguientes :

$$U_0 = 0; e_i = 0, \text{ para todo } i \leq 0$$

Cada ciclo de control se lleva a cabo en 256 semiciclos de tensión de red, es decir en 2.132 segundos para la frecuencia de red de 60 HZ, modulando en cada intervalo de muestreo la relación (número de semiciclos de conducción/256), luego la expresión (8) debe adecuarse a lo anterior, en la siguiente forma :

- 1) Si  $U_K < 0$ , hacer  $U_{K,m} = 0$
- 2) Si  $0 < U_K < 1$ , hacer  $U_{K,m} = U_K$
- 3) Si  $U_K > 1$ , hacer  $U_{K,m} = 1$

deteniéndose finalmente el valor  $U_K$  expresado en semiciclos ( $U_K, SC$ )

donde :

$$U_{K, SC} = (U_{K,m}) \times 256 \quad \dots (4)$$

También se tiene un contador de semiciclos de red transcurridos en cada intervalo de control, inicializado en 256, el cual se decrementa en cada cruce por cero de la tensión de red.

El procedimiento para llevar a cabo el algoritmo anterior es el siguiente:

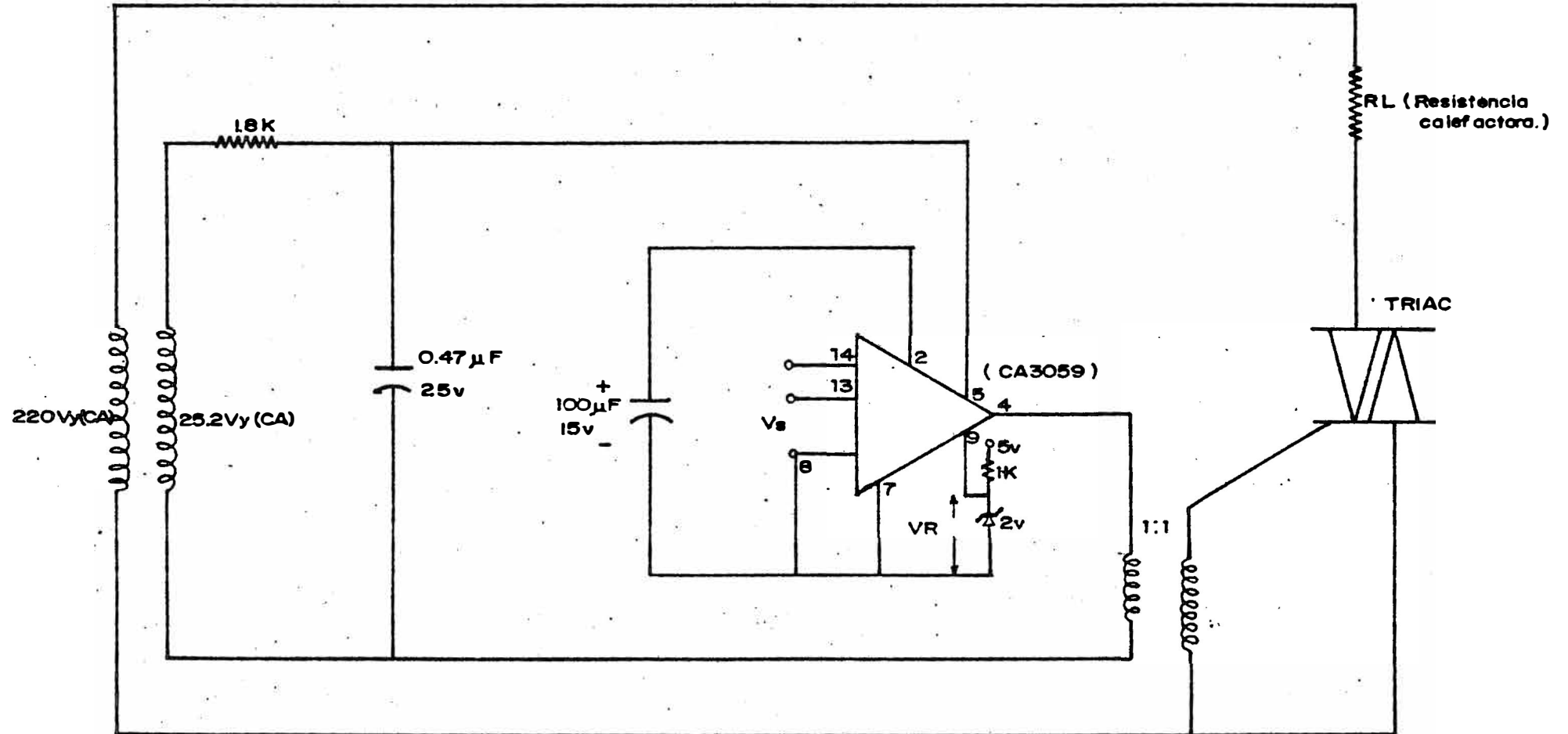
1. Leer un valor de temperatura ( $T$ ), luego guardar éste valor en una posición de memoria RAM( $A_1$ ).
2. Calcular el valor del error  $\theta K = (T_R - T)$ , luego guardarlo en otra posición de memoria ( $A_2$ ),  $\theta_i = 0$  para  $i \leq 0$ .
3. El último valor de  $UK$  pasa a la posición de  $U (K-1)$ .
4. Calcular el valor de  $250 \times U(K-1)$ ,  $U_i = 0$  para  $i \leq 0$
5. Sumar los valores de las partes 2 y 4.
6. Dividir la parte 5 entre 250.
7. Hallar  $U (K, SC)$  de acuerdo a las expresiones vistas en las partes I, "2), 3) y 4) anteriores.
8. Ingresar a una subrutina que :
  - i) Inicializa un contador en 255
  - ii) Luego de un delay de 8.33 ms. (duración de un semiciclo de la tensión de línea), se resta 1 del contador.
  - iii) Volver al paso anterior hasta que el valor del contador sea igual al valor de  $U (K, SC)$ , momento en el cual,
    - IV ) por un pin de un Port de salida del PIO se envía un pulso de duración en semiciclos equivalente a  $(255 - U(k, SC))$  para comandar el funcionamiento de los calefactores.
    - v) Volver al paso I.

Para el circuito mostrado la señal de voltage  $V_s$  enviada por el PIO a los pines de entrada 13 y 7 del CA3059 el cual sirve a su vez para disparar al Triac en el cruce por cero de la tensión de línea, en el pin 9 del C.I. está presente la tensión continua  $V_r$  de 2 v proporcionada por un diodo Zener de tal manera que en el pin 4 de salida del C.I. CA3059 se tiene un pulso de disparo para el Triac cuando se cumpla  $V_s$  mayor que  $V_r$  ( cuando el PIO envía un pulso de salida) y no existe pulso de salida por dicho pin para el disparo del Triac cuando  $V_s$  es menor que  $V_r$ .

El transformador de la izquierda aísla al C.I. de la alimentación de línea y el otro es un transformador de pulsos que aísla al C.I. del Triac.

Para una potencia de resistencia calefactora de 5 Kw. la corriente que circula por dicha resistencia es 22.73 A, podemos utilizar el Triac 2N5444 que permite una  $I_t = 40$  A con tensión ánodo a cátodo eficaz de 200 a 600 voltios.

# CIRCUITO DE DISPARO DEL TRIAC



AMPLIFICADOR PUENTE WHEATSTONE

Sensor de la conductividad eléctrica de la solución.

Es el circuito de la figura adjunta,  $R_S$  representa la resistencia de la solución, en el equilibrio del puente  $R_S = R_X$  para cualquier punto de funcionamiento  $R_S = R_X \pm \Delta R$ , donde  $\Delta R$  es pequeño

También se muestra el circuito equivalente a con  $\Delta R$  pequeño (casi en balance), donde.

$$V_{O1} = - \frac{R_b}{R_a/2} V_i = -2 \frac{R_b}{R_a} \left( \frac{V_B}{2} \right) = - \frac{R_b}{R_a} V_B$$

$$V_{O2} = \frac{(R_a/2 \pm R_b) V_1}{R_a/2} = \left( \frac{R_a \pm 2 R_b}{R_a} \right) V_1$$

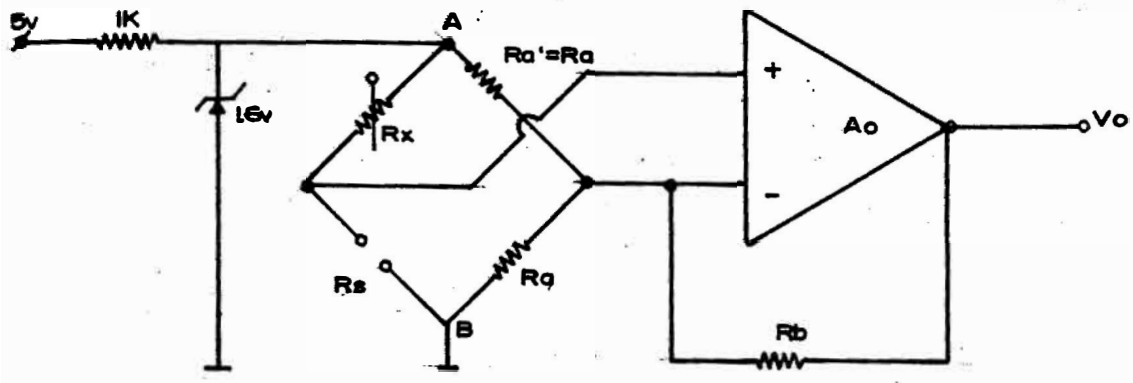
$$= \left( \frac{R_a \pm 2 R_b}{R_a} \right) \left( \frac{V_B}{2} \right) \left( 1 \pm \frac{\Delta R}{2 R_x} \right)$$

$$V_o = V_{O1} \pm V_{O2} = - \frac{R_b}{R_a} V_B \pm \left( \frac{R_a \pm 2 R_b}{R_a} \right) \left( \frac{2 R_x \pm \Delta R}{2 R_x} \right) \frac{V_B}{2}$$

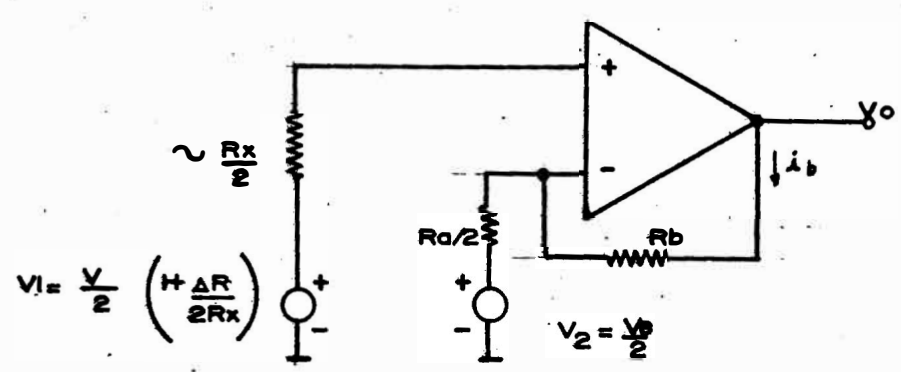
$$= \frac{V_B}{4} \left( 2 \pm \frac{(R_a \pm 2 R_b) \Delta R}{R_x R_a} \right), \text{ si } R_b \gg R_a$$

$$V_o \approx \frac{V_B}{4} \left( \frac{1}{R_x} \right) \left( \frac{R_a \pm 2 R_b}{R_a} \right) R \dots \dots \dots (A)$$

Se varía  $R_x$  hasta obtener un valor de  $V_o$  igual a cero voltios.



**AMPLIFICADOR PUENTE WHEATSTONE PARA MEDICION DE CONDUCTIVIDAD ELECTRICA**



**CIRCUITO EQUIVALENTE CON  $\Delta R$  PEQUEÑO (CIRCUITO CASI EN BALANCE)**



$$R_s = \left( \frac{L}{A} \right) \left( \frac{1}{X} \right), \text{ donde : } L = \text{distancia interelectro d} \ddot{\text{f}}\text{ica}$$

A = Area de placa

X = Conductividad electrica de la soluci3n.

De acuerdo a la ecuaci3n que da el voltaje de salida ( Vo ) del circuito amplificador Puente que nos permite medir la conductividad electrica de la soluci3n :

$$V_o = (\Theta) ( R ), \text{ con } R_s = R_x + R, \text{ donde } R_x = \text{va}$$

lor de la resistencia va

$$\text{Luego : } AR = \Theta I V_o$$

riable en una rama del

$$\text{Donde : } \Theta I = \frac{4R \times R_a}{V_B ( R_a + 2R_B )}$$

puente.

$R_s$  = Resistencia de la soluci3n

$$R_s = R_x + \Theta I V_o$$

$$\text{pero como : } X = \frac{S}{R_s}, \text{ entonces } X = \frac{(S)}{(R_x) + (\Theta I) V_o} \dots\dots 8$$

Para el punto referencial de trabajo ( a 10 % de concentraci3n ), se tiene que la conductividad el3ctrica de la soluci3n debe ser 0.52 pa ra la temperatura tambi3n referencial de trabajo ( a 50° C ) teniendo presente que el puente de medida debe estar equilibrado en el puente referencial de trabajo, es decir  $V_o = 0$  voltios, se tiene que  $R_s = R_x$

Entonces la ecuaci3n  $X = S/R_s$ , tenemos que  $S = (0.52) R_x$ , con  $R_x$ , como valor de la resistencia variable para el equilibrio del puente.

Se tiene : 
$$X = \frac{0.52 R_x}{R_x \mp \theta_1 v_0} \dots (A_0)$$

Para el balance del circuito fuente se cumple :  $R_x = R_s$

Pero : 
$$R_s = \left( \frac{L}{A} \right) \cdot \left( \frac{I}{X} \right), \text{ luego}$$

$$R_x = R_s = \frac{L}{A} \left( \frac{I}{X_R} \right), \text{ donde } X_R = \text{Conductivi-}$$

dad de Re  
ferencia

Escogiendo :  $L = 1 \text{ cm.}$  y  $A = 9.6 \text{ cm}^2$

queda : 
$$R_x = \left( \frac{10^{-2}}{9.6 \times 10^{-4}} \right) \cdot \left( \frac{1}{0.52} \right) = 20 \Omega$$

Reemplazando expresión de  $R_x$  en ecuación (  $A_0$  ) :

$$X = \frac{0.52 (20)}{20 \mp \theta_1 v_0} = \frac{10.4}{20 \mp \theta_1 v_0} \dots (A_1)$$

Además : 
$$\theta_1 = \frac{4R_x R_a}{V_b(R_a \mp 2R_b)}, \text{ pero } R_x = 20 \Omega$$

Sean :  $V_b = 1.6 \text{ v}; R_a = 610 \Omega$  y  $R_b = 10K \Omega$

queda : 
$$\theta_1 = \frac{4 (20) (610)}{1.6 (610 \mp 2 (10,000))} = 1.48$$

Reemplazando en ecuación (  $A_1$  )

$$X = \frac{10.4}{20 \mp 1.48 v_0}, \text{ también } v_0 = \frac{10.4 - 20 X}{1.48 X}$$

puente.

El valor de  $\Theta$  como el valor de  $\Theta_1 = \frac{1}{\Theta}$  depende de los parámetros del circuito amplificador, puente Wheatstone que se utiliza para -  
sensar la conductividad eléctrica de la solución, luego ( $\Psi'$ ).....

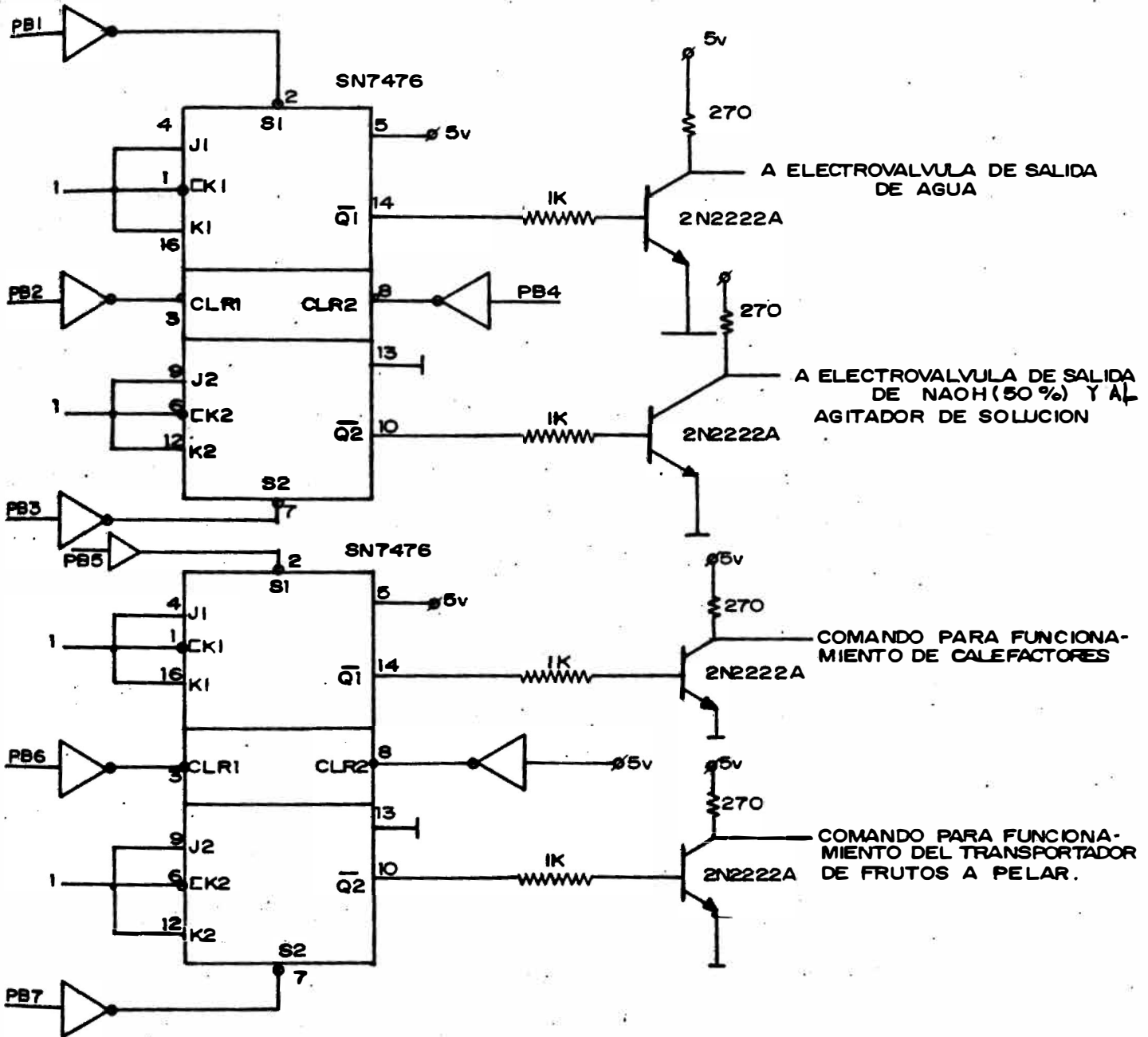
$$X = \frac{0.52 R_x}{(R_x) \mp (\Theta_1) V_o}$$

Es decir, de acuerdo a la ecuación (8') para cada valor de voltage  $V_o$  obtiene el correspondiente valor de la conductividad eléctrica de la solución ( $X$ ), entonces de acuerdo al valor de la temperatura existente en la solución y utilizando las curvas conductividad eléctrica-concentración para diferentes temperaturas, en el rango de trabajo podemos obtener el correspondiente valor de la concentración de la solución; guardarán también en memoria las parejas de valores  $V_{o_i}$ ,  $X_i$ , el primero es el voltaje de salida del amplificador Puente y el segundo es el valor de la conductividad que se obtiene aplicando la ecuación ( $\Psi$ ).

El proceso para la obtención de la concentración existente para la solución es el siguiente :

Tabla de	
valores	
$V_o - X$	$V_{o_i}$
	$X_i$

Con el valor  $V_0$  leído de la tabla ( $V_0$ - $X$ ) guardada en memoria, se obtiene el correspondiente valor de la conductividad  $X$ , de acuerdo al valor de temperatura, en ese momento se busca en las curvas guardadas en memoria, el correspondiente valor de la concentración de la solución .



**CIRCUITO DE SALIDA DEL PIO (PORT. B)**

## **CAPITULO V**

**SOFTWARE DEL SISTEMA**

## SUBROUTINA DELAY

Proporciona un delay de valor 0.22 B . aproximadamente por cada valor unitario de B, con frecuencia de reloj F = 1.79 MHz

DIR	L.M.		L.A.
21EF	08	DELAY	EX AF, AF'
21F0	D9		EXX
21F1	FFFF		LD DE, - 1
21F4	21EF43	LOOP1	LD HL, 17391 ( 10)
21F7	19	LOOP2	ADD HL, DE
21F8	38FD		JR C, LOOP2
21FA	10F8		DJNZ LOOP1
21FC	08		EX AF, AF'
21FD	D9		EXX
21FE	C9		RET

Subrutina para muestreo de interfase del conversor análogo a digital 0804 al Z80A-CPU, con interrupción dirigida en MODO 2 después de cada conversión para la medición de cuatro valores de temperatura o conductividad eléctrica de la solución direccionando las cuatro primeras entradas o las cuatro últimas entradas del multiplexor respectivamente

21FF	3E18	CAD	LD A,18
2201	ED47		LD I,A
2203	112622		LD DE,2226
2206	ED53FF18		LD (18FF), DE
220A	7D	RET	LD A,L
220B	FE04		CPO4
220D	2808		JR Z,CONT
220F	D3C0		OUT CO
2211	ED5E		IM 2
2213	FB		EI
2214	00	LOOP	NOP
2215	18FD		JR LOOP
2217	2B	CONT	DEC HL
2218	2B		DEC HL
2219	2B		DEC HL
221A	2B		DEC HL
221B	220019		LD (1900),HL
221E	DD2A0019		LD IX,(1900)
2222	CD 2C22		CALL PR4DAT



2225	C9	RET
2226	DBC0	IN A ,(CO)
2228	77	LD (HL),A
2229	23	INC HL
222A	18E8	JR RET

248C	3E18	CAD1	LD A,18
248E	ED47		LD I,A
2490	11B324		LD DE,24B3
2493	ED53FF18		LD (18FF),DE
2497	7D	RET	LD A,L
2498	FE08		CP 08
249A	2808		JR Z,CONT
249C	D3C0		OUT CO
249E	ED5E		IM 2
24A0	FB		EI
24A1	00	LOOP	NOP
24A2	18FD		JR LOOP
24A4	2B	CONT	DEC HL
24A5	2B		DEC HL
24A6	2B		DEC HL
24A7	2B		DEC HL
24A8	220019		LD (1900),HL
24AB	DD2A0019		LD IX,(1900),I ...
24AF	CD2C22		CALL PR4DAT
24B2	C9		RET
24B3	DBC0		IN A ? (CO)
24B5	77		LD(HL),A
24B6	23		INC HL
24B7	18E8		JR RET

SUBROUTINA PARA OBTENER EL PROMEDIO DE UNA SERIE DE 4  
 DATOS, EL RESULTADO SE COLOCA EN DIRECCION IDB0

222C	3E20	PR4DAT	L D A, 20
222E	3D		DEC A
222F	20FD		JR NZ, FD
2231	D9		EXX
2232	010000		LDBC, 000
2235	210000		LD HL, 0000
2238	1604		LD D, 04
223A	1E02		LDE, 02
223C	DD7E00	NS4D	LDA, ( IX )
223F	DD23		INC IX
2241	4F		LDC, A
2242	09		ADD HL, BC
2243	15		DEC D
2244	2802		JRZ, S4D
2246	18F4		JR, NS4D
2248	3E00	S4D	LDA, 00
224A	CB2C	NDIV	SRA H
224C	CBID		RRL
224E	1D		DEC E
224F	2802		JRZ, CRES
2251	18F7		JR, NDIV
2253	22b0fd	CRES	LD (1DB0), HL
2256	D9		EXX
2257	C 9		RET

SUBROUTINA PARA BUSQUEDA DEL VALOR DE LA TEMPERATURA ( O  
 CONDUCTIVIDAD) DE LA SOLUCION A PARTIR DEL VALOR DE VOLTAGE  
 LEIDO ( EN PROMEDIO), COLOCADO EN DIRECCION IDBO, LA SALIDA  
 SE DEPOSITA EN DIRECCION 1880 DE LA RAM

2258	229018	BUSQ(T6X)	LD (DATA), HL
225B	41		LDB, C
225C	05		DEC B
225 D	DD2A9018		LDIX, (DATA)
2261	3AB01D		LDA, (IDBO )
2264	57		LDD, A
2265	DD 7E00	LOOP:	LDA, (IX)
2268	92		SUB D
2269	3007		JR NC, POS
226B	DD23	L :	INC,IX
226D	DD 5E00		LD E, (IX)
2270	1808		JR, LIST
2272	28F7	POS :	JR Z, L
2274	DD23		INC IX
2276	DD23		INC IX
2278	18EB		JR LOOP
227A	7B	LIST :	LDA, E
227B	328018		LD(1880), A
227E	C9		RET

Subrutina para buscar el valor de la concentración ( C ) conociendo los valores de la temperatura ( T ) y la conductividad ( X ) de la solución.  
Salida en Dirección 1900

227F	21121A	BUSQI(C)	LD HL, IA12*
2282	011500		LD BC, 0015
2285	3A8818		LDA, (1888)
2288	11F 6FF		LD DE, FFF6
228B	EDA9	NREQ :	CPD
228D	2806		JRZ, CHECK
228F	19		ADD HL, DE
2290	3A8818		LDA, (1888)
2293	18F 6		JR NREQ
2295	23	CHECK	INC HL
2296	23		INC HL
2298	OE05		LD C, 05
229A	CD5822		CALL BUSQ(C)
229D	3A8018		LD A (1880 )
22A0	320019		LD ( 1900 ) A
22A3	C9		RET

Programa para el control del nivel de la solución, el detector de nivel de solución funciona como un switch el cual en su salida en su nivel lógico alto significa que el nivel de la solución está en su máximo, e inmediatamente debe abrirse la válvula de salida de solución por un determinado tiempo. El voltaje de salida del detector de nivel ingresa al pin 0 del Port A del PIO, el control de la válvula de salida de solución se logra con la señal enviada por el pin 1 del PORTA del PIO.

23E5	F3	DI	Deshab. Interrup.
23E6	3EFF	LD A,FF	Operación en Modo3
23E8	D382	OUT(82),A	para Port A del PIO
23EA	3E01	LD A,01	Control I/O
23EC	D382	OUT(82),A	
23EE	3E21	LD,A,21	$I \leftarrow 21$
23F0	ED47	LD I,A	
23F2	3E90	LD A,90	Cargar vector de in-
23F4	D382	OUT(82),A	terrupción.
23F6	3EB7	LD A,B7	Control de Interrup-
23F8	D382	OUT(82),A	ción.
23FA	3EFE	LD A,FE	Máscara.
23FC	D382	OUT(82),A	
23FE	ED5E	IM 2	

Nota: A RDY debe estar en nivel lógico bajo.

En dirección 2190 → 7B

En dirección 2191 → 24

PROGRAMA PARA OBTENER LA SALIDA TEMPORIZADA DEL AGUA , DEL HI-DROXIDO DE SODIO al 50% DE CONCENTRACION Y EL FUNCIONAMIENTO TEMPORIZADO DE LOS CALEFACTORES, UTILIZANDO EL MODO 3 DE OPERACION PARA EL PORT B DEL PIO ( Z80), CON INTERRUPCION EN MODO2, UTILIZANDO EL PIN PBD COMO ENTRADA PARA PRODUCIR LA INTERRUPCION

DIR	LM	L.A.	COMENTARIO
2400	FB	EI	habilitar las interrupciones.
2401	3EFF	LDA,FF	Operación en MODO 3
2403	D383	OUT (83H),A	
2405	3E01	LDA, 01	Control I/O
2407	D383	OUT (83H),A	
2409	3E20	LDA, 0 20 H	1 + 20
240B	ED47	LDI, A	
240D	3E00	LDA, 0 00	Vector de interrupción
240F	D383	OUT (83H),A	
2411	3EB7	LDA. B 7	Control de Interrupción
2413	D383	OUT (83 H),A	
2415	3EFE	LDA,FE	Máscara
2417	D383	OUT (83 H)A	
2419	EDSE	IM2	Modo de interrupción
241B	FB	EI	Habilitación de interrupciones
241C	76	HALT	Alto

NOTA : BRDY debe estar en nivel bajo

- En dirección 2000 debe ir 241D es decir(2000)

ID

Direcciones 80 y 81 son DATA A y DATA B respectivamente

Direcciones 82 y 83 son CONTROL A Y CONTROL B respectivamente

241D	3A0220	INTM3 : LDA,(2002)	Inicializar el valor de registro B
2420	47	LDB,A	para temporizar salida de agua
2421	3EO2	LDA,O2H	envío de pulso para dar inicio a la salida del agua por pin PBI
2423	D381	OUT(81 H)A	temporizado para salida del agua
2425	CD.EF21	CALL DELAY	temporizado para salida del agua
2428	3EO2	LDA,O2H	enviar pulso por pin PB2 para finalización de la salida del agua
242A	D381	OUT(81 H)A	inicializar valor del registro B para temporizar
242C	3A0320	LDA,(2003)	Salida de solución de Na OH(50%) y funcionamiento del agitador de la solución.
242F	47	LDB,A	envío de pulso para dar inicio a la salida de solución de NaOH (50%) y funcionamiento del agitador de la solución. PIN PB3
2430	3EO8	LDA,O8H	envío de pulso para dar inicio a la salida de solución de NaOH (50%) y funcionamiento del agitador de la solución. PIN PB3
2432	D381	OUT(81 H)A	de solución de NaOH (50%) y funcionamiento del agitador de la solución. PIN PB3



2434	CD.EF21	CALL DELAY	Temporizado de salida de solución NaOH (50%) y del funcionamiento del agitador de la solución.
2437	3E10	LDA,10H	enviar pulso por PIN PB4 para finalizar salida de solución de NaOH (50%) y el funcionamiento del agitador de la solución.
2439	D381	OUT(81H),A	enviar pulso por PIN PB4 para finalizar salida de solución de NaOH (50%) y el funcionamiento del agitador de la solución.
243B	3A0420	LD A(2004)	Inicializar valor del registro B para el funcionamiento temporizado de los calefactores.
243E	47	LD B,A	envío de pulso por PIN-PB5 para iniciar el funcionamiento de los calefactores.
243F	3E20	LD A,20H	envío de pulso por PIN-PB5 para iniciar el funcionamiento de los calefactores.
2441	D381	OUT(81H), A	Temporizado del funcionamiento de los calefactores.
2443	CD.EF.21	CALL DELAY	Temporizado del funcionamiento de los calefactores.
2446	3E40	LDA, 40H	enviar pulso por PIN PB6 para finalizar el funcionamiento de los calefactores,
2448	D381	OUT(81H),A	enviar pulso para iniciar el funcionamiento de la faja transportadora de los frutos.
244A	3E00	LDA,00H	enviar pulso para iniciar el funcionamiento de la faja transportadora de los frutos.
244C	D381	OUT(81H), A	enviar pulso para iniciar el funcionamiento de la faja transportadora de los frutos.

244E	REP	21 001 B	LDHL, 1B00
2451		CDFF21	CALL CAD
2454		OE1 5	LDC, 15
2456		21 062 0	LDHL, 2006
2459		CD 58 22	CALL BUSQ (T)
245C		3A8018	LD A, (1880)
245F		328818	LD (1888) A
2462		CD	CALL CONT TEM
2413		21 041B	LD HL, 1B04
2466		CD <del>84</del> 24	CALL CAD
2469		OE1B	LDC, 1B
246B		21 1821	LD HL, 2118
246C		CD 58 22	CALL BUSQ(X)
246F		3A 80 18	LD A, (1880)
2172		32 00 1D	LD (1D00), A
2475		CD 7F 22	CALL BUSQI(C)
2478		CD	CALL CONTCON
2479		18 CD	J RREP
247B			

SUBROUTINA PARA EL CONTROL DE NIVEL DE SOLUCION

247B	3A0520	Cont.Nivel LD A,(2005)
247E	47	LD B,A
247F	3E02	LD A,02
2481	D380	OUT(80),A
2483	CDEF21	CALL DELAY
2486	3E04	LD A,04
2488	D380	OUT(80),A
248A	ED4D	RETI
248C		

TABLA DE LECTURA HEXADECIMAL del uC PARA LOS VOLTAJES  
DE SALIDA DEL CAD (Vo) PARA LOS DIFERENTES VALORES DE  
TEMPERATURA DE LA SOLUCION (T)

Valores de (Vo) en uC      Y      Temperatura (T) Alternados

	DIR		DIR
0A	2006	FD	2020
3 C	2007	2 F	2021
09	2008	F B	2022
3 B	2009	2 E	2023
08	200A	F A	2024
3 A	330B	2 D	2025
07	200C	F 9	2026
39	200D	2 C	2027
06	200E	F 8	2028
38	200F	2 B	2029
05	2010	F 6	202A
37	2011	2 A	202B
04	2012	F 5	202C
36	2013	2 9	202D
03	2014	F 3	202E
35	2015	2 8	202F
02	2016		
34	2017		
01	2018		
33	2019		
00	201A		
32	201B		
FF	201C		
31	201D		
FE	201E		
30	201F		

## TABLA DE X - C EN FUNCION DE LA TEMPERATURA

	DIR		DIR
<u>28</u>	2030	<u>2B</u>	2051
33	2031	35	2052
OC	2032	OC	2053
30	2033	32	2054
OB	2034	OB	2055
2E	2035	30	2056
OA	2036	OA	2057
2B	2037	2D	2058
09	2038	09	2059
28	2039	2A	205A
08	203A	08	205B
<u>29</u>	203B	<u>2C</u>	201C
33	203C	36	205D
OC	203D	OC	205E
31	203E	33	205F
OB	203F	OB	2061
<del>2E</del>	2040	30	2062
OA	2041	OA	2063
2B	2042	2D	2064
09	2043	09	2065
29	2044	2B	2066
08	2045	<u>08</u>	2067
2A	2046	<u>2D</u>	2068
34	2047	37	2069
OC	2048	OC	206A
32	2049	34	206B
OB	204A	OB	206C
2F	204B	31	206D
OA	204C	OA	206E
2C	204D	2E	206E
09	209E	09	2070

29	204F	2B	2071
08	2050	08	2072
<u>2E</u>	2073	<u>3T</u>	2094
37	2074	3A	2095
OC	2075	OC	2096
34	2076	37	2097
OB	2077	OB	2098
32	2078	34	2099
OA	2079	OA	209A
2F	207A	31	209B
09	207B	09	209C
2C	207C	2E	209D
08	2070	08	209E
2F	207E	32	209F
38	207F	3A	20A0
OC	2080	OC	20A1
35	2081	37	20A2
OB	2082	OB	20A3
32	2083	34	20A4
OA	2084	OA	20A5
2F	2085	31	20A6
09	2086	09	20A7
2C	2087	2E	20A8
08	2088	08	20A9
<u>30</u>	2089	<u>33</u>	20AA
39	208A	3B	20AB
OC	208B	OC	20AC
36	208C	38	20AD
OB	208D	OB	20AE
33	208E	35	20AF
OA	208F	OA	20BO

30	2090	32	20BI
09	2091	09	20B2
2D	2092	2F	20B3
08	2093	08	20B4
<u>34</u>	20B5	<u>37</u>	20D6
3C	20B6	3E	20D7
OC	20B7	OC	20D8
39	2088	3B	20D9
OB	20B9	OB	20DA
36	20BA	38	20DB
OA	20BB	OA	20DC
33	20BC	35	20DD
09	20BD	09	20DE
30	20BE	32	20DF
08	20BF	08	20EO
<u>35</u>	20CO	<u>38</u>	20EI
3D	20CI	3F	20E2
OC	20C2	OC	20E3
3A	20C3	3C	20E4
OB	20C4	OB	20E5
37	20C5	39	20E6
OA	20C6	OA	20E7
33	20C7	35	20E8
09	20C8	09	20E9
30	20C9	32	20EA
08	20CA	08	20EB
<u>36</u>	20CB	<u>39</u>	20EC
3E	20CC	40	20ED
OC	20CD	OC	20EE
3A	20CE	3D	20EF
OB	20CF	OB	20F0
37	20D0	39	20F1
OA	20D1	OA	20F2

34	20D2	36	20F3
09	20D3	AO	20F4
31	20D4	33	20F5
08	20D5	08	20F6
<u>3A</u>	20F7		
41	20F8		
OC	20F9		
3D	20FA		
OB	20FB		
3A	20FC		
OA	20FD		
37	20FE		
09	20FF		
33	2100		
08	2101		
<u>3B</u>	2102		
41	2103		
OC	2104		
3E	2105		
OB	2106		
3B	2107		
OA	2108		
37	2109		
09	210A		
34	210B		
08	210C		
<u>3C</u>	210D		
42	210E		
OC	210F		
3F	2110		
OB	2111		
3B	2112		
OA	2113		



2114	38
2125	09
2116	35
2117	08

TABLA DE LECTURA HEXADECIMAL DEL  $\mu C$  PARA LOS VOLTAJES DE SALIDA DEL CAD ( $V_o$ ) PARA LOS DIFERENTES VALORES DE CONDUCTIVIDAD DE LA SOLUCION ( X )

Valores de ( $V_o$ ) en $\mu C$ DIRECCIÓN	Y Conductividad (X) Alternados DIRECCIÓN		
2118	CA	2132	F4
2119	28	2133	35
211A	B5	2134	E7
211B	29	2135	36
211C	91	2136	DB
211D	2A	2137	37
211E	8D	2138	D0
211F	2B	2139	38
2120	7A	213A	C5
2121	2C	213B	39
2122	69	212C	BA
2123	2D	213D	3A
2124	58	213E	B0
2125	2E	213F	3B
2126	48	2140	A6
2127	2F	2141	3C
2128	38	2142	9A
2129	38	2143	3D
212A	29	2144	93
212B	31	2145	3E
212C	1B	2146	8A
212D	32	2147	3F
212E	OD	2148	82
212F	33	2149	40
2130	00	214A	79
2131	34	214B	41
		214C	6F
		2140	42

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El circuito Puente Wheatstone para medición de la temperatura utiliza el termistor indicado sólo por su disponibilidad en el mercado, uno de mayor resistencia hubiera permitido mayor precisión en la medida de las temperaturas.

- Utilizamos la Subrutina promedio para determinar la temperatura y conductividad promedio, pues tanto la temperatura como la conductividad varían con la profundidad del depósito.

El conversor Análogo/Digital utilizado (ADC-0804) permite una resolución de 8 bits, así como una interfase directa al microprocesador Z80 lo cual ahorra Hardware.

- También se obtiene un ahorro de Hardware al utilizar un Multiplexor Analógico con 8 entradas direccionadas por el microprocesador mediante programa, aunque, las medidas consideradas no son las instantáneas en ocurrencia simultánea, se utiliza una medición secuencial (división en el tiempo) de las temperaturas y conductividades de la solución.

- El control Proporcional-Integral de la temperatura y el control Proporcional de la concentración de la solución permiten optimizar los recursos de energía eléctrica en el calentamiento de la solución así como del hidróxido de sodio.

- Por primera vez en el país se ha desarrollado un prototipo experimental para cumplir con el objetivo antedicho. Actualmente existen en países como España sistemas automáticos controlados por microcomputadora para la industria conservera tales como aquellos que se utilizan en el pelado de frutos, que guardan semejanza con el sistema tratado.
- Al utilizarse un sistema automático no existe la posibilidad del error humano.
- Ante la actual competencia en la industria conservera es conveniente que el producto sea de la mejor calidad, tal que el sistema de pelado no afecte el sabor del fruto tratado y que el pelado sea lo más homogéneo posible, lo que se consigue con el sistema tratado, contando además con la economía del producto tratado en cuanto a que se puede programar el tiempo de pelado del fruto tal que no se afecte la pulpa del mismo.
- El sistema tratado puede ser asimilado a otros sistemas que también conlleven la adquisición de datos, es recomendable tener presente los tiempos de ejecución de las instrucciones tratadas.



- |  |                   |
|--|-------------------|
| 11. MICROPROCESADORES : CURSO SOBRE<br>APLICACIONES INDUSTRIALES | Angulo J.         |
| 12. Z80 PIO TECHNICAL MANUAL                                     | Zilog             |
| 13. CIRCUIT DESIGN FOR ELECTRONIC<br>INSTRUMENTATION             | Wobschall Darold  |
| 14. DESIGNING WITH TTL INTEGRATED<br>CIRCUITS                    | Texas Instruments |
| 15. The TTL DATA BOOK  | Texas Instruments |
| 16. ELECTRONICA DIGITAL INTEGRADA                                | Taub-Shilling     |
| 17. TTL COOKBOOK   | Don Lancaster     |
| 18. LINEAR DATA BOOK   | National          |
| 19. CMOS INTEGRATED CIRCUITS                                     | National          |
| 20. Manual de Transistores Tiristores<br>y Diodos RCA            | AGA               |
| 21. NTC THERMISTORS FOR TEMPERATURE<br>MEASUREMENT               | PHILIPS           |
| 22. TIRISTORES Y TRIACS  | LILEN             |
| 23. QUIMICA  | Chopin            |
| 24. INTERCONEXION DE PERIFERICOS A $\mu P$                       | Marcombo.         |

25. HANDBOOK OF OPERATIONAL AMPLIFIER  
CIRCUIT DESIGN Stout D.
26. CONTROLADOR PROGRAMABLE PARA  
HORNOS ELECTRICOS Mundo Electrónico #126
27. SISTEMA INTELIGENTE DE PELADO  
QUIMICO DE FRUTOS Mundo Electrónico # 113
28. EVALUATION OF LYE STEAM PEELING Schlimme, Corey.
29. MINIMIZEA FRUIT PEEL POLLUTION Food Engineering  
August, 1971.
30. ELECTRONICA INDUSTRIAL CHUTE M. George
31. MODERN DIGITAL CONTROL SYSTEMS Raymond G. Jacquot
32. THE 8080A BUG BOOK; MICROCOMPUTER  
INTERFASING AND PROGRAMMING Rony, Larsen and Titus
33. MICROPROCESADORES Y MICROORDENADORES Lyon-Caen-Crozet