

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ELECTRICA

"DISEÑO DE UN MEDIDOR DE DISTANCIA EN IMAGENES
DE ULTRASONIDO EN UN ECOCARDIOGRAFO ATL MODELO
850A".

TESIS DE GRADO

PREVIA A LA OBTENCION DEL TITULO DE:

INGENIERA EN ELECTRICIDAD

ESPECIALIZACION: ELECTRONICA

PRESENTADA POR:

NANCY CHUCUYAN DE CARVAJAL

GUAYAQUIL - ECUADOR

1983

AGRADECIMIENTO

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
Dpto. de Ingeniería Eléctrica
BIBLIOTECA
Tom. No. ELEC-025-1

A los Ings. PEDRO CARLO PAREDES,
Director de Tesis y JOSE TORO RE
PETTO por la valiosa guía y co
laboración prestada en la reali
zación del presente trabajo.

...

DEDICATORIA

- A MIS PADRES
- A MI ESPOSO
- A MIS HIJOS

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Pedro Carlo Paredes". The signature is fluid and cursive, with a large initial "P".

ING. PEDRO CARLO PAREDES
DIRECTOR DE TESIS

DECLARACION EXPRESA

"LA RESPONSABILIDAD POR LOS HECHOS, IDEAS Y DOCTRINAS EXPUESTOS EN ESTA TESIS, ME CORRESPONDEN EXCLUSIVAMENTE; Y, EL PATRIMONIO INTELECTUAL DE LA MISMA, A LA ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL".

(REGLAMENTO DE EXAMENES Y TITULOS PROFESIONALES DE LA ESPOL).



NANCY CHUCUYAN DE CARVAJAL

RESUMEN

El presente trabajo es la descripción funcional y esquemático del diseño de un Medidor de distancias en imágenes de ultrasonido para un Ecocardiógrafo ATL Modelo B50A que trabaja en modo sectorial a tiempo real.

El diseño consiste en un sistema capaz de ubicar puntos en la imagen de ultrasonido mediante una palanca, referir dichos puntos a un sistema de coordenadas rectangulares, calcular la distancia entre los puntos y exhibir el resultado - del cálculo en una unidad de despliegue visual.

A fin de poder diseñar un sistema en base de las funciones que debe realizar el Medidor se parte de la minimización de señales propias del equipo con señales introducidas por el diseño - mismo. En base de la minimización se hace el diseño posterior.

Resumiendo se puede afirmar que para el sistema se partió de las funciones que internamente se realizan en el aparato y con los resultados - que se deseaba obtener se diseñó el Medidor.

INDICE GENERAL

	<u>PAG.</u>
RESUMEN -----	VI
INDICE GENERAL -----	VIII
INDICE DE FIGURAS -----	XI
INTRODUCCION -----	13
CAPITULO I	
GENERADOR DE CURSOR -----	22
1.1. OBJETIVO -----	22
1.2. DIAGRAMA DE BLOQUE DEL GENERADOR DE CURSOR -----	23
1.3. TEORIA DE OPERACION -----	25
1.4. PALANCA DE MANDO -----	26
1.4.1. Diagrama de bloque de la Palanca de Mando	29
1.4.2. Diagrama Esquemático de la Palanca de Man do -----	31
1.4.3. Funcionamiento -----	33
1.5. GENERADOR DE DIRECCIONES -----	34
1.5.1. Lógica del Generador de Direcciones -----	35
1.5.2. Diagrama del bloque del Generador de Direc ciones -----	39
1.5.3. Funcionamiento Parte A. Parte B -----	40

1.5.4. Diagrama esquemático del Generador de Direcciones-----	47
1.6. CONTROLADOR DE LUMINOSIDAD DEL CURSOR-----	53
1.6.1. Diagrama de bloque -----	53
1.6.2. Funcionamiento -----	54
CAPITULO II	
COMPARADOR - SELECTOR -----	55
2.1. OBJETIVO -----	55
2.2. DIAGRAMA DE BLOQUE -----	56
2.3. TEORIA DE OPERACION -----	57
2.4. DIAGRAMA ESQUEMATICO DEL COMPARADOR -SE LECTOR -----	59
CAPITULO III	
CALCULO DE LA DISTANCIA -----	60
3.1. OBJETIVO -----	60
3.2. DIAGRAMA DE BLOQUE -----	61
3.3. DIAGRAMA ESQUEMATICO -----	64
3.4. OBJETIVO DEL PROGRAMA PRINCIPAL -----	68
3.4.1. Justificación de las fórmulas em pleadas en el Programa Princi- pal -----	70
3.5. DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROGRAMA PRINCI PAL -----	78

3.6. CODIFICACION DEL PROGRAMA PRINCIPAL----	79
3.7. SUBROUTINAS -----	86
CAPITULO IV	
DESPLIEGUE DEL VALOR DE LA DISTANCIA ----	176
4.1. OBJETIVO -----	176
4.2. DIAGRAMA DE BLOQUE -----	176
4.3. DIAGRAMA ESQUEMATICO -----	177
4.4. FUNCIONAMIENTO -----	178
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES -----	179
APENDICES -----	181
BIBLIOGRAFIA -----	192

INTRODUCCION

El diseño del Medidor de distancias en imágenes de ultrasonido motivo de esta tesis se muestra en forma de diagrama de bloque en la figura 1. La descripción del diagrama sigue la dirección de la señal comenzando en el bloque 1A que es una de las dos partes externas del diseño a las cuales la persona que opera el Ecocardiografo - tiene acceso.

Al bloque 1A se tiene acceso mediante una palanca de accionamiento vertical y lateral. Por medio de ella se ubican los puntos entre los cuales se desea medir la distancia en la imagen de ultrasonido. De este bloque salen dos grupos de bits que representan las coordenadas de los centros de los puntos seleccionados referidos a un sistema rectangular.

Estos dos grupos van al bloque 1B y al bloque 3. En el 1B estas coordenadas sirven de valor inicial para generar las coordenadas de los otros elementos de figura que forman el cursor y también para crear contraste de tonalidad con respecto a la que originalmente tienen los elementos de figura en las direcciones generadas en este

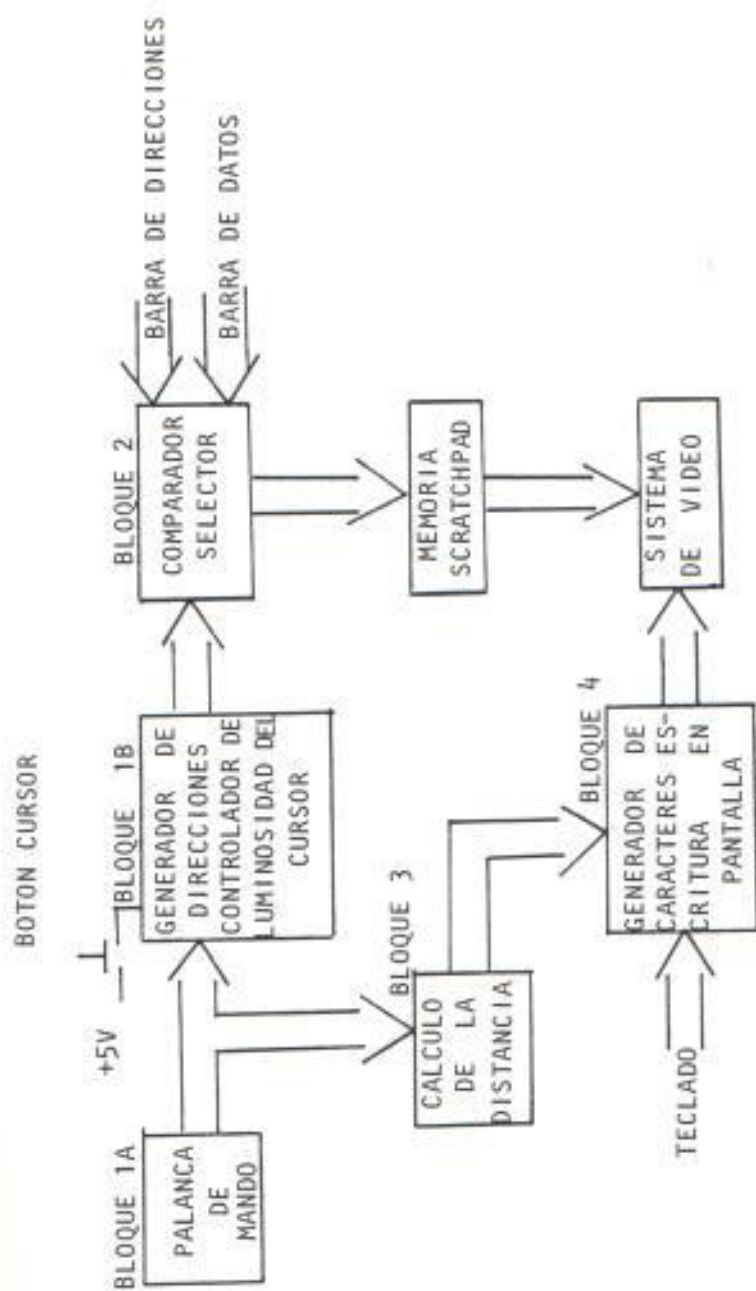


FIGURA Nº 1 DIAGRAMA DE BLOQUE DEL DISEÑO

bloque. Además en este bloque se encuentra el botón CUR
SOR que sirve para congelar el cursor en el primer punto
seleccionado y cuya señal se la utiliza en el funciona-
miento mismo del bloque 1B.

Al acceder el bloque 3 estos dos grupos de bits sirven -
de datos para los programas que se ejecutan en el siste-
ma de Microprocesador que forma el bloque 3. Aquí se
hace la corrección a la distorsión geométrica que se in
trodujo al referir puntos de la imagen proyectada en
perspectiva polar a un sistema rectangular.

El equipo originalmente posee una perilla que controla -
la profundidad a la cual se está enviando la sucesión de
ondas ultrasónicas. Dependiendo de cada valor de profun-
didad se tienen valores diferentes para ciertos paráme-
tros geométricos que intervienen como datos de los pro
gramas del cálculo de la distancia. Físicamente se tie
ne que al seleccionar cualquiera de las profundidades, la
posición de dicho valor en la perilla es conectada a +5v
mientras que las otras se conectan a tierra creando de
esta forma un código para cada valor el cual es verifica
do en el bloque 3 mediante un programa.

Las direcciones generadas que salen del bloque 1B son -
comparadas con la barra de direcciones del equipo en el

bloque 2 y dependiendo de esta comparación se graban ó no los elementos de figura del cursor en la memoria Scratchpad.

Al bloque 4 le llega el resultado del cálculo de la distancia; dicho valor tiene que ser representado en caracteres numéricos y exhibidos en una unidad de despliegue visual.

BREVE EXPLICACION DEL FUNCIONAMIENTO DEL ECOCARDIOGRAFO ATL MODELO 850A.

En Ecocardiografía se puede medir el comportamiento dinámico del corazón mediante un aparato llamado Ecocardiógrafo. El equipo motivo de esta explicación es el Ecocardiógrafo ATL Modelo 850A. Trabaja con señales de ultrasonido aprovechando la propiedad de estas ondas de propagarse a través de los tejidos humanos y reflejarse en forma de ecos a diferentes profundidades de acuerdo a cuán profundo se detecte un cambio de impedancia acústica.

Este cambio de impedancia acústica es la condición neces

ria para que se produzca un eco.

Las ondas ultrasónicas usadas en instrumentos de diagnóstico son generadas por cristales piezoeléctricos. Dichos cristales tienen una estructura atómica que hace que ellos vibren cuando se les aplica una señal eléctrica y emiten una señal eléctrica cuando se los hace vibrar.

Estas ondas son enviadas al corazón mediante un cabezal rotacional que consta, en parte, de tres transductores. Este cabezal se lo coloca sobre la piel del paciente directamente sobre el área que cubre el corazón en diferentes posiciones a fin de obtener mediante los ecos reflejados diversos cortes sectoriales. El cabezal rotacional cumple una doble función, primeramente envía a través de los transductores, uno a la vez, los pulsos ultrasónicos de excitación y luego se conmuta para recibir los ecos que llegan de las diferentes paredes del corazón.

Los ecos en cadena obtenidos luego de cada pulso de excitación son aquellos reflejados por diferentes puntos a lo largo de una línea radial. Esta sucesión de ecos lleva la información sobre el sector del corazón explo

rado y de alguna forma debe ser transformada para que sea proyectada en un monitor de televisión incorporado al equipo.

Las sucesiones de ecos que retornan a los transductores lo hacen en forma radial y se almacenan temporalmente en la memoria principal que está dispuesta en un arreglo matricial de 128 columnas por 256 filas. De esta forma la información pierde relación espacial ya que de un sistema polar pasa a un sistema rectangular. Esta disposición de la memoria es necesaria porque cuando la información es proyectada en la pantalla del monitor, ésta es leída directamente de memoria. La pérdida de relación espacial mencionada constituye una distorsión geométrica.

Ilustremos esta distorsión con las figuras 2 y 3.

La figura 2 es la imagen sectorial obtenida durante la rotación de cada uno de los transductores a lo largo de un desplazamiento angular de 45° , como en este caso.

Durante la rotación de cada transductor se generan 128 pulsos.

La figura 3 representa el arreglo matricial de la memo

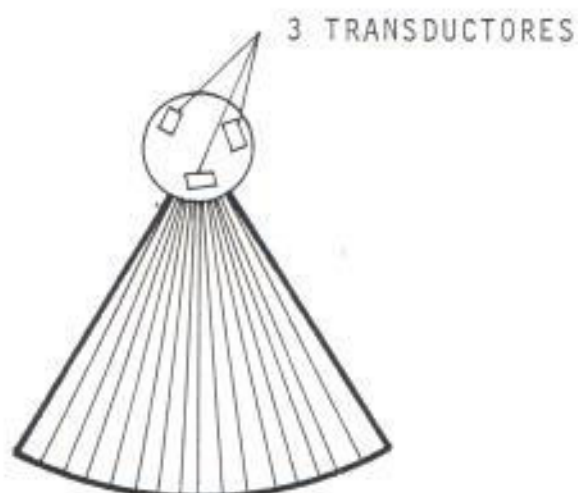


FIGURA N°2

IMAGEN SECTORIAL OBTENIDA DURANTE LA ROTACION DE CADA UNO DE LOS TRANSDUCTORES

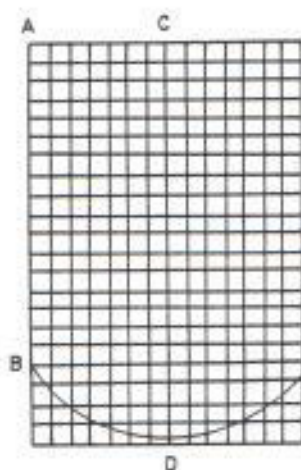


FIGURA N° 3

ARREGLO MATRICIAL DE LA MEMORIA

ria. Se observa que las líneas radiales AB y CD representan un equivalente de la profundidad de los ecos. - Además en la columna central se tiene más celdas de memoria que en las columnas laterales.

La distorsión geométrica mencionada se origina en el momento en que se deben almacenar líneas radiales de longitud constante en columnas no constantes, por lo que el sistema introduce una corrección la que consiste en variar la velocidad de almacenamiento columna a columna a fin de compensar el menor número de celdas de memoria en los bordes. Como resultado se tiene que en las columnas centrales el almacenamiento se haga más rápido que en las laterales.

Se ha mencionado que la información que se proyecta en la pantalla del monitor de televisión es leída directamente de memoria. Esta lectura se la hace fila a fila a velocidad variable de forma tal que se pueda convertir el rectángulo a un sector circular truncado. Así pasa a la memoria Scratchpad; es entonces que el sistema de barrido de televisión se encarga de leer a velocidad constante.

En la actualidad el equipo cuenta con una rejilla su

perpuesta a la pantalla del monitor con la cual se puede medir distancia en la imagen que se proyecta, pero esta medición es limitada ya que las divisiones de la rejilla son fijas y por lo tanto el valor es aproximado.

CAPITULO I

GENERADOR DEL CURSOR

1.1. OBJETIVO

El Generador de Cursor tiene como objetivo definir en la pantalla del monitor del equipo un cursor luminoso, que tiene la forma de cruz accionado mediante una Palanca de Mando. Esto se obtiene generando las direcciones contiguas a un punto central cuya dirección le llega desde los convertidores análogo/digital.

Las direcciones a generarse son ocho que sumadas a la del punto original resulten ser nueve correspondiendo a los nueve elementos de figura que forman el cursor.

Este bloque comprende tres partes: una Palanca de Mando, un Generador de Direcciones y un Controlador de Luminosidad del Cursor.

1.2. DIAGRAMA DE BLOQUE DEL GENERADOR DE CURSOR

A continuación se muestra en bloques las partes que forman el Generador de Cursor. (Figura 4).

Primeramente se tiene la Palanca de Mando que consta de dos potenciómetros y dos convertidores A/D. Los valores digitales de los convertidores son las coordenadas del punto central del cursor a partir de las cuales se generan los pares ordenados de los restantes elementos de figura que forman el Cursor en las redes combinatorias del Generador de Direcciones. Finalmente el controlador de Luminosidad del Cursor recibe el bit más significativo de la escala de gris de los elementos de figura cuyas direcciones han sido generadas en el Generador de Direcciones y lo invierte para crear contraste en la pantalla.

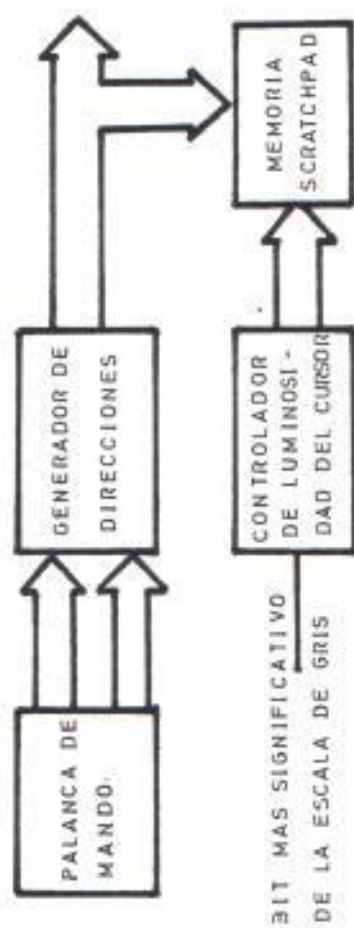


FIGURA 4. GENERADOR DE CURSOR

1.3. TEORIA DE OPERACION

Antes de describir la Teoría de Operación del Generador de Cursor se debe enfatizar que para efecto de lograr una buena medición entre dos puntos de una imagen que está siendo proyectada en la pantalla del monitor, se ha considerado necesario "congelar" dicha imagen mediante la presión del botón FREEZE propio del equipo.

El congelamiento de la imagen no es nada más que la continua lectura de la Memoria Imagen del equipo inhibiéndose totalmente su escritura. El Generador de Cursor se energiza al mismo tiempo que el equipo ATL.

Una vez que se tiene congelada la imagen, en la pantalla aparecerá un cursor en forma de cruz en cualquier punto de la misma. Por medio de la Palanca de Mando se puede mover el cursor por toda la pantalla hasta ubicarlo en un punto desde el cual se desea medir la distancia.

Para efectos de medición se debe escoger un punto como referencia por lo tanto se debe congelar el cursor en el primer punto seleccionado presionando el

botón CURSOR que forma parte del diseño en estudio. A continuación con la Palanca de Mando se mueve nuevamente el cursor en la pantalla hasta ubicarlo en otro punto que se escoja. Para este segundo punto no es necesario congelar el cursor ya que basta con dejar de accionar la Palanca de Mando para que el cursor permanezca en la misma posición. En caso que se desee cambiar el primer punto bastará con presionar nuevamente el botón CURSOR al momento que se ha ubicado el cursor en otra posición.

Finalmente, la luminosidad del cursor es inversa a la zona de la imagen sobre la cual aparece porque de lo contrario no se lo podría apreciar en la pantalla.

1.4. PALANCA DE MANDO

La Palanca de Mando se la utiliza para mover el cursor por toda la imagen sectorial proyectada en la pantalla del monitor del equipo ATL, es decir que su campo de acción se reduce a la zona que tiene forma de un sector truncado tal como se observa en la figura 5.

Cuando se congela la imagen en la pantalla se tiene

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
Facultad de Ingeniería Eléctrica
BIBLIOTECA
Inv. No. ELE-025-1

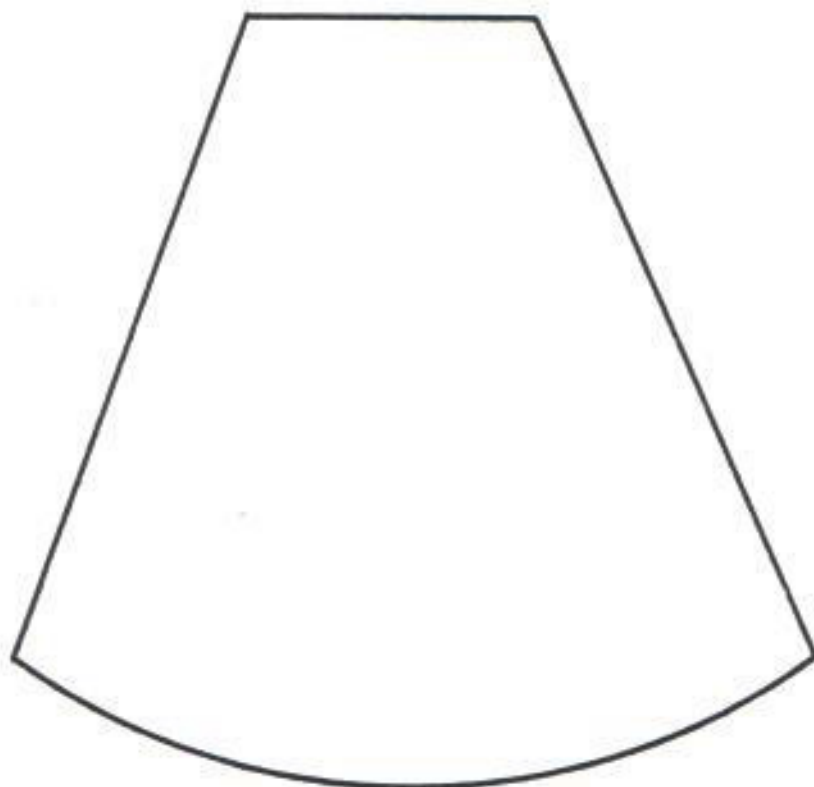


FIGURA N° 5. IMAGEN SECTORIAL PROYECTADA EN LA PANTALLA.

en los potenciómetros una caída de voltaje cualquiera, por lo tanto a las salidas de los convertidores análogo/digital se tiene las coordenadas de un punto cualquiera en la pantalla. Dicho punto está definido por un par ordenado cuyas coordenadas están dadas por dos grupos de bits que salen de los convertidores. Un grupo está compuesto por 7 bits y corresponde al valor del voltaje X convertido en la abscisa del punto central - del cursor, el otro grupo está formado por 8 bits que corresponde al valor del voltaje Y convertido en la ordenada.

Si bien se tiene que el rango de voltaje en los potenciómetros X y Y es el mismo (+5v a 0), a la salida de los convertidores aparecerán grupos de 7 y 8 bits - respectivamente; esto es debido a que los valores que puede tomar X fluctúan entre 0 y 127 y el rango para Y es de 0 a 255. Esto es, el sistema rectangular que se toma como referencia consta de 128 columnas y 256 filas.

Estos dos grupos de bits en paralelo representan direcciones de Memoria Imagen del equipo cuya comparación - con la barra de direcciones de dicha memoria se verá - posteriormente. Los dos grupos de bits que salen de los convertidores análogo/digital son las entradas al Generador de Direcciones.

1.4.1. Diagrama de Bloque de la Palanca de Mando

A continuación se presenta la Palanca de Mando en su Diagrama de Bloque. Consta de dos potenciómetros cuyas caídas de tensión fluctúan entre +5V y 0V, y dos convertidores análogo/digital ADC 0802 National Semiconductor.

Las especificaciones para los elementos empleados en la Palanca de Mando se especifican en el Apéndice.

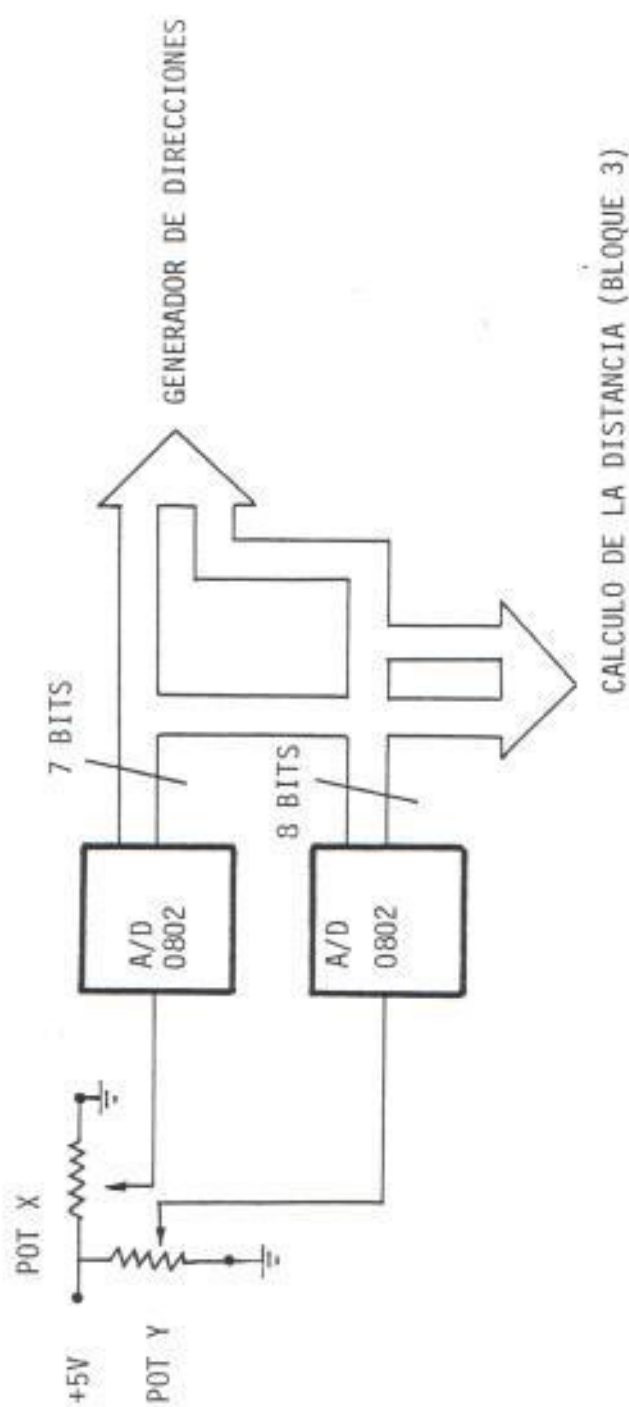


FIGURA N° 6. DIAGRAMA DE BLOQUE DE LA PALANCA DE MANDO

1.4.2. Diagrama Esquemático de la Palanca de Mando

En la figura N° 7, se muestran las conexiones de los elementos que conforman la Palanca de Mando.

Se ha utilizado dos convertidores análogo/digital 0802 en el modo de "funcionamiento libre" con sus conexiones necesarias tales como el pulsador que se tiene conectado a la unión \overline{WR} e \overline{INTR} . El propósito de este botón es la inicialización de un pulso después de que se haya energizado el ecocardiógrafo a fin de garantizar el funcionamiento del circuito. De esta forma se fuerza al nivel bajo a la unión \overline{WR} e \overline{INTR} instante después que se activa el equipo.

A fin de tener un voltaje $V_{REF}/2$ de 2.5 V exactos se ha utilizado un regulador de voltaje LM334 con su circuito externo necesario.

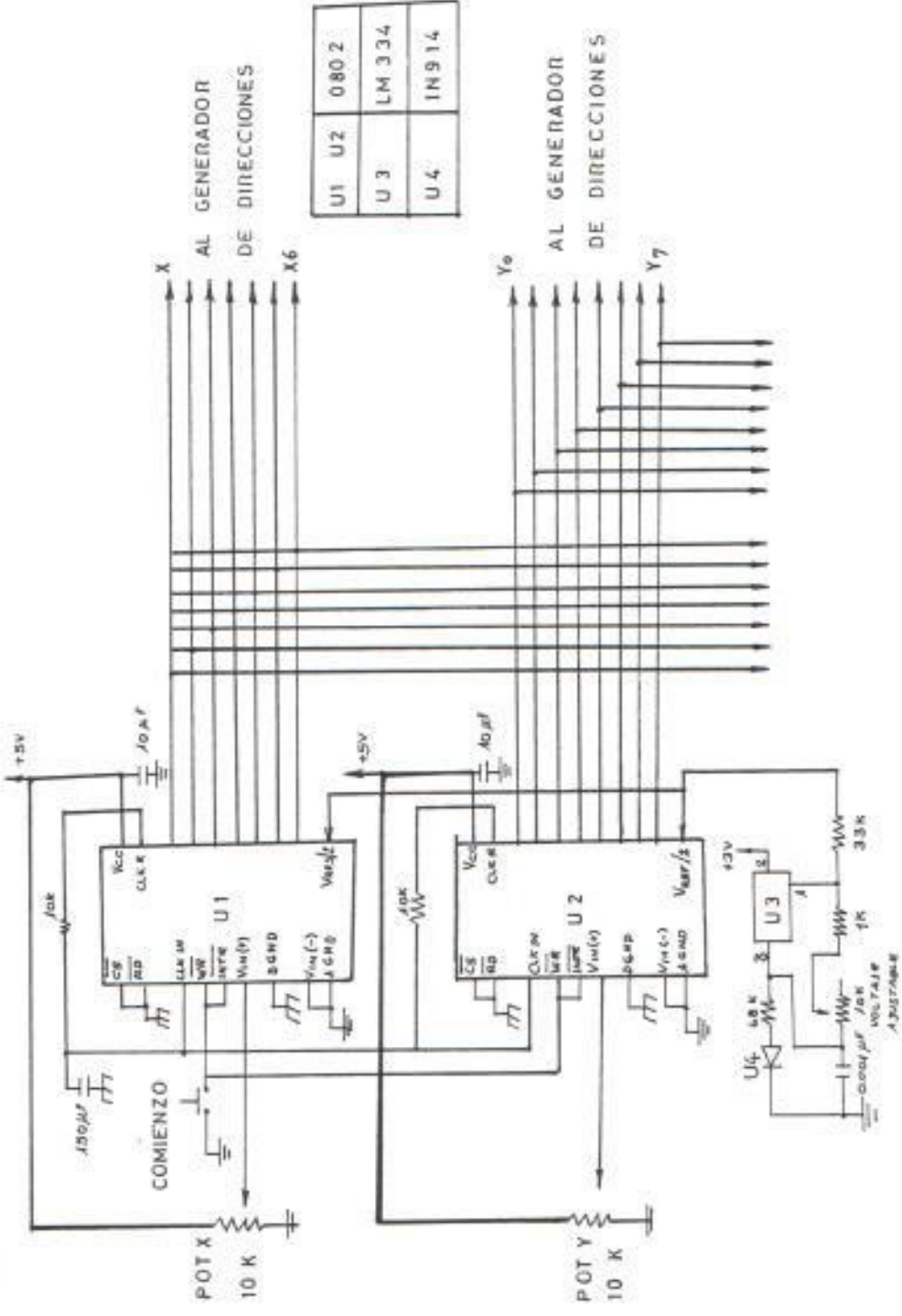


FIGURA N° 7.- DIAGRAMA ESQUEMATICO DE LA PALANCA DE MANDO

1.4.3. Funcionamiento de la Palanca de Mando

Al energizar el equipo ATL se activa la Palanca de Mando de forma tal que pueda ser accionada por la persona a cargo del ecocardiógrafo - pero previamente se debe pulsar el botón "COMIENZO" a fin de asegurar el inicio de la conversión. Esta palanca tiene movimiento hacia la derecha e izquierda y hacia arriba y abajo.

Consta de 2 potenciómetros conectados a 2 fuentes de voltaje de +5V y -0V y 2 convertidores análogo/digital 0802 de 8 bits de salida. Cada vez que se mueve la palanca hacia la derecha o izquierda se está variando la caída de voltaje en el potenciómetro X y cuando el movimiento es hacia arriba o abajo se varía el voltaje Y. Estos voltajes son señales análogas (niveles de voltaje) que entran a los convertidores a fin de obtener a la salida de ellos valores digitales de dichas señales. Estos valores digitales son las coordenadas rectangulares de los puntos que en determinado momento - corresponden al centro del cursor.

Por lo tratado hasta el momento es de anotar que a fin de referenciar dos voltajes a un pun

to físico en la pantalla se ha supuesto un sistema rectangular.

Las salidas de los dos convertidores son las entradas del Generador de Direcciones y del bloque de Cálculo de la Distancia que se tratará posteriormente.

1.5. GENERADOR DE DIRECCIONES

El Generador de Direcciones recibe los dos grupos de bits de los convertidores A/D y en base a este primer par ordenado y por medio de una secuencia dada genera las direcciones de los 8 elementos de figura contiguos al centro del cursor.

Al generarse la primera dirección que corresponde al centro del cursor, ésta es enviada a compararse en el bloque 2 del diseño con la barra de direcciones de la Memoria Imagen del equipo.

Si la comparación es positiva se genera otra dirección y en caso contrario la comparación continua.

La generación de direcciones se la hace en la secuen-

cia que se muestra en la figura 8.

Como se puede apreciar la secuencia con que se generan las direcciones no es fila a fila sino más bien saltando una fila, esto es debido a que el sistema de video despliega un campo par ó impar a la vez.

Por lo tanto de la gráfica se observa que el despliegue del cursor toma tres campos pero considerando la frecuencia que utiliza el sistema de video (60 campos por segundo), la formación del cursor aparece como si fuera instantánea a velocidades normales de movimiento de la palanca.

1.5.1. Lógica del Generador de Direcciones

Para explicar la lógica de este bloque es necesario definir su secuencia. Se había dicho que el cursor tiene forma de cruz donde cada elemento de figura está definido por un par ordenado (dirección de Memoria Imagen). El cursor y sus correspondientes pares ordenados se muestran en el siguiente esquema.

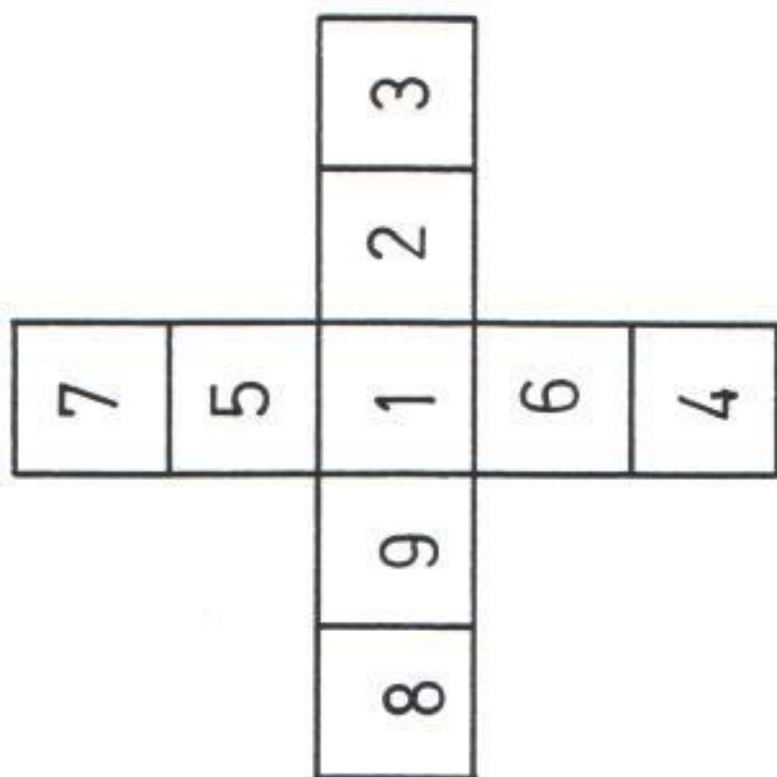


FIGURA N° 8. SECUENCIA DE GENERACION DE DIRECCIONES

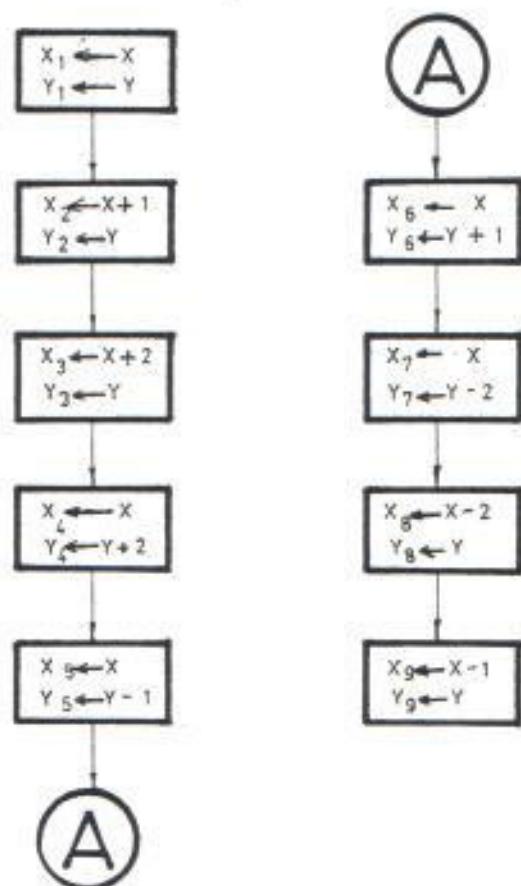
TABLA N°1.1

<u>ELEMENTO DE FIGURA</u>	<u>COORDENADA</u>
1	(x, y)
2	$(x + 1, y)$
3	$(x + 2, y)$
4	$(x, y + 2)$
5	$(x, y - 1)$
6	$(x, y + 1)$
7	$(x, y - 2)$
8	$(x - 2, y)$
9	$(x - 1, y)$

Como se puede apreciar la secuencia de los pares ordenados de los elementos de figura tienen como referencia el punto central del cursor.

En la página siguiente se presenta la generación de dicha secuencia.

De la secuencia se observa que las operaciones que deben realizarse son las siguientes:



SECUENCIA DE OPERACIONES

OPERACIONES:	Sumar	1
	Restar	1
	Sumar	2
	Restar	2
	No cambio	

Una vez definidas las operaciones a efectuarse se tiene la guía para la formación de una red combinatoria, pero esta red se la verá posteriormente cuando se trate en detalle el diagrama de bloque del Generador de Direcciones.

1.5.2. Diagrama de bloque del Generador de Direcciones

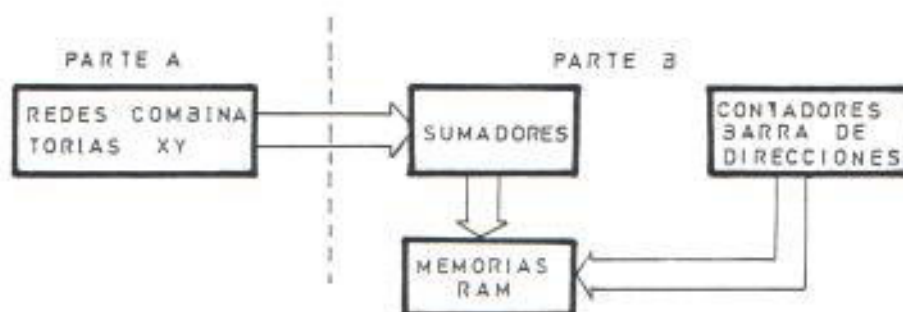


FIGURA 9.- DIAGRAMA DE BLOQUE DEL GENERADOR DE DIRECCIONES.

1.5.3. Funcionamiento del Generador de Direcciones

A fin de facilitar la comprensión del funcionamiento del Generador de Direcciones se lo ha dividido en Parte A y Parte B tal como se puede apreciar en el Diagrama de bloque del mismo.

La parte A constituye la barra de datos de las Memorias RAM y la parte B la barra de direcciones de dichas memorias. Las memorias se las ha incluido en la parte B simplemente por razones de distribución de los elementos.

PARTE A

La parte A comprende las redes combinatorias - para los registros X y Y. Aquí se generan las entradas a unos sumadores cuyas salidas son - las direcciones de 8 elementos de figura contiguas al centro del cursor. En la sección - que trató la lógica del Generador de Direcciones se definieron las operaciones a realizarse. Una vez definidas dichas operaciones es necesario darles un código a cada una de ellas y - construir una red combinatoria para la secuen-

cia de los registros X y Y.

TABLA N°1.2.

CODIGO		DE LAS OPERACIONES
SUMAR	1	00000001
RESTAR	1	11111111
SUMAR	2	00000010
RESTAR	2	11111110
NO CAMBIO		00000000

Observando la tabla 1.2, se podría considerar innecesario tener códigos de 8 bits cuando se tiene cinco estados diferentes. La razón para esto es que dichos códigos son entradas - (sumandos) de unos sumadores siendo los otros sumandos los grupos de 7 y 8 bits que salen - de los convertidores A/D para los registros X y Y, respectivamente. Por este motivo y por efectos de igualdad en cuanto al número - de dígitos de ambos sumandos se ha escogido - códigos de 8 bits.

Ya que los códigos de las operaciones son su mandoses obvio que para las operaciones de su

mar 1, sumar 2 y No cambio los códigos son - los indicados en la tabla 1.2 y para las operaciones de restar 1 y restar 2 se tiene como sumandos los complementos de dos en ambos números.

A continuación se tiene las secuencias para los registros X y Y a partir de las cuales se hace una minimización a fin de poder construir un sistema digital .

TABLA 1.3.

SECUENCIA DE OPERACIONES PARA EL REGISTRO X	ENTRADAS FIJAS A LOS SUMADORES U_{14}, U_{15}								CONTADOR U_1			
	A8	A7	A6	A5	A4	A3	A2	A1	Q3	Q2	Q1	Q0
No cambio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sumar 1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
Sumar 2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
No cambio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
No cambio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
No cambio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
No cambio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
Restar 2	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1
Restar 1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0

TABLA 1.4.

SECUENCIA DE OPERACIONES PARA EL REGISTRO Y	ENTRADAS FIJAS A LOS SUMADORES								CONTADOR			
	U_{16}, U_{17}								U_1			
	A8	A7	A6	A5	A4	A3	A2	A1	Q3	Q2	Q1	Q0
No cambio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
No cambio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
No cambio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Sumar 2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1
Restar 1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0
Sumar 1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1
Restar 2	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0
No cambio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
No cambio	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0

De la tabla 1.3, en la columna central se observa que $A3 = A4 = A5 = A6 = A8$ por lo tanto de la minimización de la tabla de verdad del registro X se tiene:

$$A1 = Q0\bar{Q}1\bar{Q}2\bar{Q}3 + \bar{Q}0\bar{Q}1\bar{Q}2Q3$$

Aplicando las leyes de Morgan se tiene:

$$\underline{A1 = \bar{Q1}\bar{Q2} (Q0\bar{Q3} + \bar{Q0}Q3) = \bar{Q1}\bar{Q2} (Q0 \oplus Q3)}$$

Para A2 se tiene:

$$A2 = \bar{Q0}Q1\bar{Q2}\bar{Q3} + Q0Q1Q2\bar{Q3} + \bar{Q0}\bar{Q1}\bar{Q2}Q3$$

Aplicando las Leyes de Morgan se llega a:

$$A2 = Q1\bar{Q3} (\bar{Q0}\bar{Q2} + Q0Q2) + \bar{Q0}\bar{Q2} (Q1\bar{Q3} + \bar{Q1}Q3)$$

$$\underline{A2 = Q1\bar{Q3} (\bar{Q0} \oplus Q2) + \bar{Q0}\bar{Q2} (Q1 \oplus Q3)}$$

Finalmente

$$\underline{A3 = Q0Q1Q2\bar{Q3} + \bar{Q0}\bar{Q1}\bar{Q2}Q3}$$

Para el registro Y se procede de igual forma:

$$A1 = \bar{Q0}\bar{Q1}Q2\bar{Q3} + Q0\bar{Q1}Q2\bar{Q3}$$

$$\underline{A1 = \bar{Q1}Q2\bar{Q3}}$$

$$A2 = 0001\bar{Q}2Q3 + 0\bar{0}Q1\bar{Q}3 + 0\bar{0}Q1Q2\bar{Q}3$$

$$A2 = Q1\bar{Q}3 (00\bar{Q}2 + 0\bar{0}Q2) + 0\bar{0}Q2\bar{Q}3 (\bar{Q}1 + Q1)$$

$$\underline{A2 = Q1\bar{Q}3 (Q0 \oplus Q2) + Q2\bar{0}\bar{Q}3}$$

Finalmente:

$$A3 = 0\bar{0}Q1Q2\bar{Q}3 + 0\bar{0}Q1Q2Q3$$

$$A3 = 0\bar{0}Q2\bar{Q}3 (Q1 + Q1)$$

$$\underline{A3 = 0\bar{0}Q2\bar{Q}3}$$

ESQUEMA DE LA PARTE A



FIGURA N° 10.- DIAGRAMA DE BLOQUE DE LA PARTE A DEL GENERADOR DE DIRECCIONES

Parte B

La parte B comprende las conexiones de las redes combinatorias de la Parte A a los sumadores cuyas salidas son las direcciones de los nueve elementos de figura que forman el cursor y el almacenamiento de dichas direcciones en unas memorias RAM.

ESQUEMA DE LA PARTE B



FIGURA Nº 11.-DIAGRAMA DE BLOQUE DE LA PARTE B DEL GENERADOR DE DIRECCIONES.

1.5.4. Diagrama Esquemático del Generador de Direcciones

En la figura siguiente se presenta el Generador de Direcciones en su forma esquemática con todas sus conexiones detalladas, señales que recibe y datos que genera.

Para el diseño del Generador de Direcciones se ha utilizado contadores 74161, Memoria RAM7489 , Sumadores 7483, puertas AND, NAND, OR, OR exclusiva e inversores. Las características de todos estos elementos se encuentran en el Apéndice.

Para explicar en detalle el funcionamiento del Generador de Direcciones hay que diferenciar dos situaciones; antes de congelar el cursor en la pantalla y después de congelarlo.

Al inicio cuando se congela la imagen las salidas de U_1 se encuentran en nivel bajo (cero lógico) de modo que las redes combinatorias generan la primera dirección, al mismo tiempo U_5 , recibe un pulso de reloj ocurriendo el primer -

conteo y manteniéndose en él, seleccionando de esta forma al primer grupo de memorias - U₆, U₇, U₈ y U₉. La dirección generada en las redes combinatorias llega al bloque 2 del medidor (bloque Comparador - Selector) donde es comparada con la barra de direcciones de la Memoria Imagen del Ecocardiógrafo, en caso de que la comparación sea positiva el Comparador envía la señal COMP al Generador de Direcciones. Esta señal actúa como reloj para el contador U₁.

Al recibir esta señal U₁ realiza su primer conteo (todas sus salidas en cero) con lo cual se genera en las redes combinatorias la primera dirección nuevamente, U₂ también recibe su pulso de reloj y realiza su primer conteo con lo cual selecciona el estado de escritura de las memorias U₆, U₇, U₈ y U₉. A su vez la salida de U₂ en combinación con la señal COMP sirven de reloj a U₃ que genera la primera dirección de las memorias que va a ser grabada con la información de las redes combinatorias.

Esta dirección es comparada en el bloque 2 y si hay coincidencia a U_1 le llega la señal COMP con lo cual las redes combinatorias generan la segunda dirección y así sucesivamente hasta completar las 9 direcciones correspondientes a los nueve elementos de figura del cursor. Una vez que se han completado las 9 direcciones U_3 se reajusta a cero y además al cambiar el estado de 0 del contador U_2 se inhibe su funcionamiento al mismo tiempo que U_4 comienza a contar y las memorias quedan en estado de lectura.

U_4 actúa como barra de direcciones de las memorias U_6 , U_7 , U_8 y U_9 cuando estas se encuentran en estado de lectura.

La frecuencia con que U_4 realiza sus conteos depende de la frecuencia con que se almacena información en la Memoria Scratchpad del equipo que luego será desplegada en pantalla por medio del sistema de video.

Al terminar de leerse las 9 direcciones U_4

se reajusta a cero, U₂ cambia de estado seleccionando el modo de grabación a las memorias y a la vez U₃ se activa y comienza a contar almacenándose las 9 direcciones y posteriormente leyéndose y así sucesivamente.

Este proceso continúa hasta el momento en que se congela el cursor mediante la presión del botón CURSOR.

Cuando se presiona el botón CURSOR se fija el estado de lectura para las memorias U₆, U₇, U₈ y U₉, es decir que en ellas quedan almacenadas las direcciones del cursor "congelado" a fin de que no desaparezca de la pantalla, también el contador U₅ recibe el pulso de reloj necesario para realizar otro conteo. De esta forma se selecciona las memorias U₁₀, U₁₁, U₁₂ y U₁₃ y se las pone en estado de escritura.

Esto debe suceder para que al accionar nuevamente la Palanca de Mando, en las redes combinatorias se generen las direcciones del

otro cursor que deberá aparecer en la pantalla a fin de ubicar el otro punto hasta el cual se desea medir la distancia en la imagen de ultrasonido.

El contador U_5 realiza tres conteos y al cuarto se reajusta a cero. En el primer conteo selecciona al primer grupo de memorias, en el segundo selecciona al segundo grupo y las pone en modo de escritura, en el tercer conteo selecciona al segundo grupo y las pone en modo de lectura.

Según esto, se cumple la siguiente secuencia:

Grupo 1 de memorias lee
Grupo 2 de memorias graba
Grupo 2 de memorias lee

De esta forma se asegura de que aparezcan los dos cursores en la pantalla.

1.6. CONTROLADOR DE LUMINOSIDAD DEL CURSOR

El Controlador de Luminosidad es un simple inversor al cual le llega el bit más significativo de una señal de tres bits que sale de la memoria del equipo y llega al corrector Gamma. Por medio de este Controlador se crea contraste en luminosidad entre el cursor y el área sobre la cual se encuentra.

1.6.1. Diagrama de bloque del Controlador de Luminosidad del Cursor

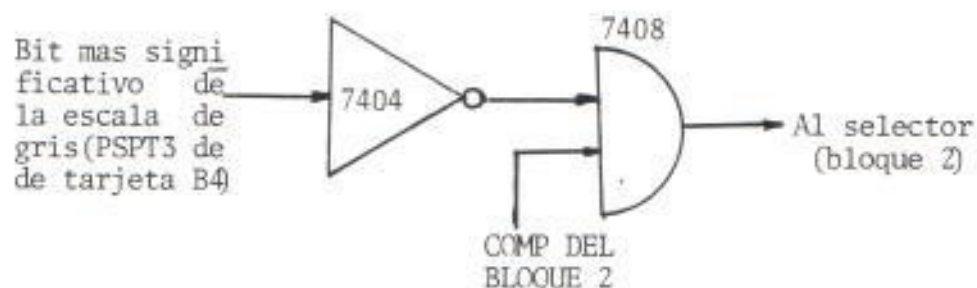


FIGURA Nº13 .-DIAGRAMA DE BLOQUE DEL CONTROLADOR DE LUMINOSIDAD DEL CURSOR

1.6.2. Funcionamiento

La señal que llega al Controlador indica la tonalidad de gris que se está usando para cada uno de los elementos de figura de la imagen que está siendo proyectada. Cuando el bit mencionado es uno lógico, al selector (Bloque 2) debe llegar un cero lógico y viceversa. De esta forma se asegura el contraste ya que cuando la tonalidad de la imagen es máxima, el cursor debe aparecer con la mínima tonalidad y viceversa.

CAPITULO II

COMPARADOR - SELECTOR

2.1. OBJETIVO

El Comparador - Selector tiene como objetivo el comparar las direcciones que salen del Generador de Cursor con las de la barra de direcciones de la Memoria Imagen del equipo y seleccionar la información que entra a la Memoria Scratchpad.

En caso de que las direcciones coincidan el Comparador envía la señal COMP al Generador de Direcciones para que genere otra dirección y para que el Controlador de Luminosidad del Cursor envíe al Selector el resultado de la inversión del bit más significativo de la escala de gris. En cuanto a la información seleccionada, se la hace entre la información que sale de la Memoria Imagen del equipo y la que sale del Controlador de Luminosidad del Cursor.

2.2. DIAGRAMA DE BLOQUE DEL COMPARADOR-SELECTOR

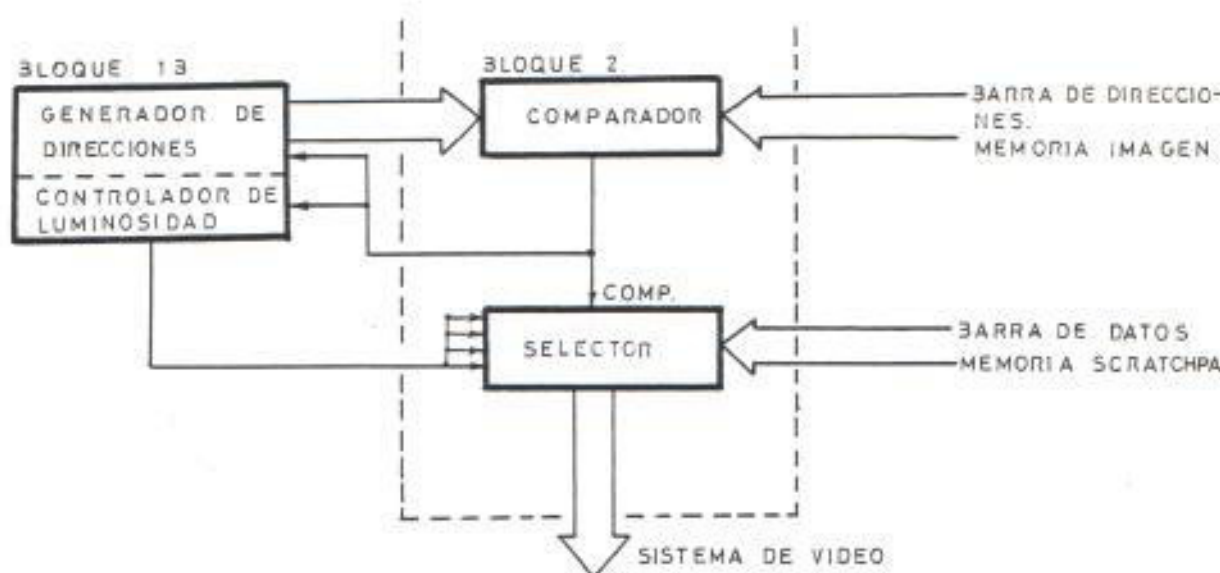


FIGURA N^o 14.- DIAGRAMA DE BLOQUE DEL COMPARADOR - SELECTOR.-

2.3. TEORIA DE OPERACION

Las direcciones que salen del Generador de Cursor constan de 15 bits referidos a una matriz rectangular.

Ocho de los 15 bits corresponden a la ordenada - del sistema y los 7 restantes a la abscisa. El ecocardiografo ATL genera la barra de direcciones de la Memoria Imagen a partir de dos contadores, uno de filas y otros de columnas. El primero consta - de 8 bits de salidas, pero sólo se utilizan los 6 bits más significativos ya que la grabación de los 256 bits que corresponden a un pulso PRF son grabados de grupos de 4 bits cada uno totalizando 64 grupos.

Para efectos de comparación de las direcciones de la Memoria Imagen con las generadas en el bloque - 1B se utilizan todos los ocho bits.

El equipo solo utiliza los 4 bits más significativos del contador de columnas ya que los otros 3 son utilizados para seleccionar cada una de las memorias que forman la Memoria Imagen.

Estando ambos grupos de direcciones referidos a un mismo sistema de coordenadas se puede hacer la comparación directa entre direcciones X con columnas y direcciones Y con filas.

Para el efecto se utilizan comparadores 7485 de 4 bits de salida; el resultado de la comparación actúa como bit de selección del selector y también llega al Generador de Cursor como se mencionó al principio.

La selección de la información que pasa a la Memoria Scratchpad se la hace en base de la señal COMP que le envía el Comparador; si la señal es positiva el selector deja pasar la información proveniente del Generador de Cursor, en caso contrario deja pasar la información de la Memoria Imagen.

Para el efecto se utiliza un selector/multiplexor 74157 de dos fuentes.

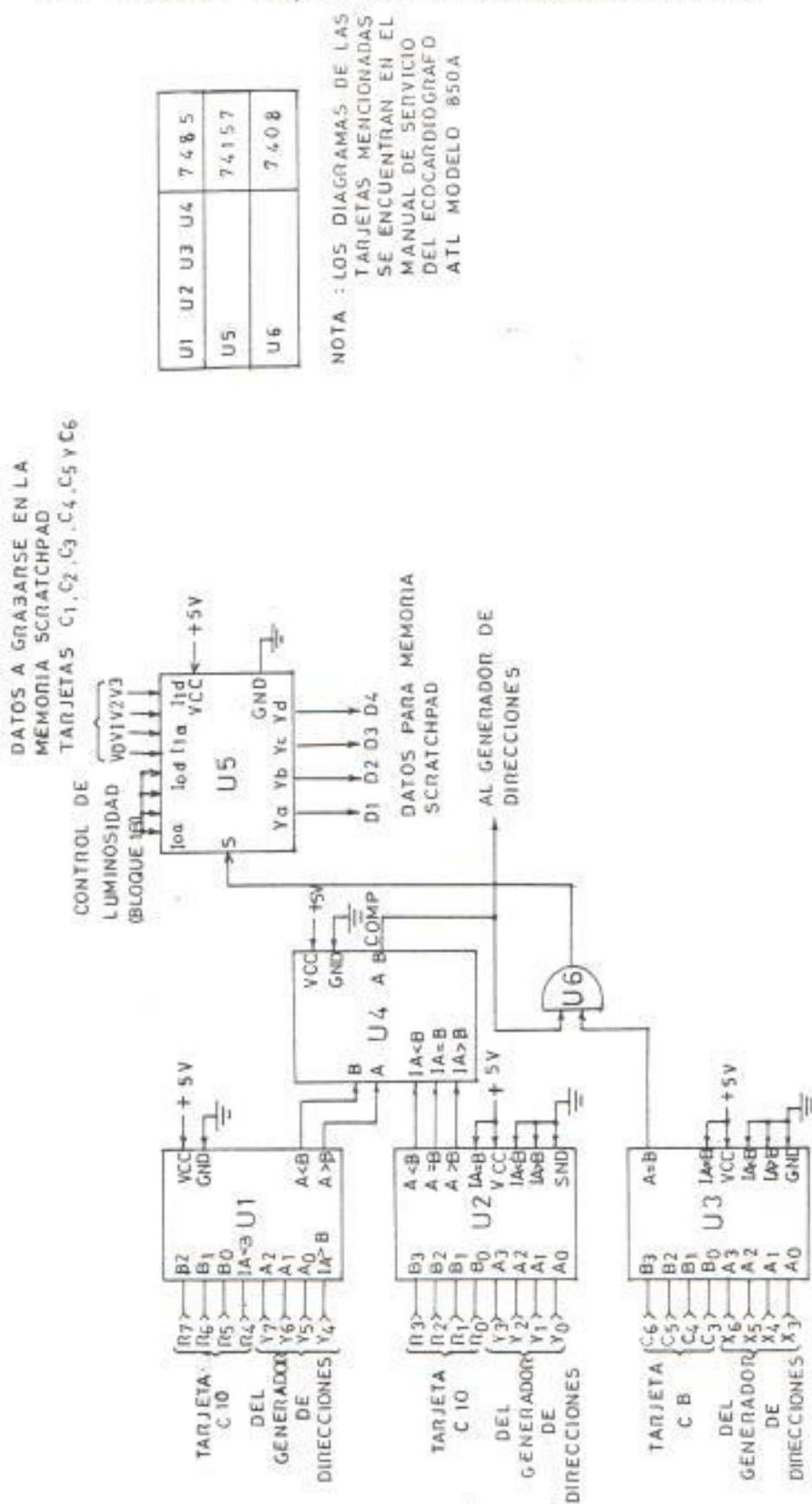


FIGURA N° 15.-DIAGRAMA ESQUEMATICO DEL COMPARADOR-SELECTOR

CAPITULO III

CALCULO DE LA DISTANCIA

3.1. OBJETIVO

El objetivo de este capítulo es el cálculo de la distancia entre dos puntos cualquiera de una imagen sectorial proyectada en el monitor del Ecocardiógrafo ATL Modelo 850A.

El cálculo se lo realiza mediante un programa que se procesa en un Sistema de Microcomputador para Entrenamiento ICC.

Además del programa se detallan las conexiones del Sistema de Microcomputador con otros circuitos integrados necesarios para la entrada y salida de datos, para el almacenamiento del programa con las constantes que utiliza y para la recepción de una interrupción originada externamente.

También se justifica las fórmulas geométricas empleadas en el programa.

3.2. DIAGRAMA DE BLOQUE DEL CALCULADOR DE DISTANCIA

En la figura N°16, se tiene el sistema de Microprocesador utilizado para calcular la distancia con las conexiones necesarias para las memorias ROM, RAM y las puertas de entrada/salida.

En las memorias ROM (de tipo programable) esta grabado el programa principal, las subrutinas y constantes que intervienen en el cálculo.

En las memorias RAM se almacenan los resultados parciales del cálculo y el valor final de la distancia.

Se utiliza seis puertas de entrada/salida; cuatro de ellas son de entrada y las dos restantes son de salida de datos.

Una de las puertas de entrada es utilizada para la dirección de la subrutina de interrupción, otra para "entrar" el código de la profundidad seleccionada en el panel del ecocardiografo; y las otras dos son utilizadas para "entrar" la información de los convertidores Δ/D del bloque 1 del diseño.

Las dos puertas de salida se las utiliza para -
"sacar" el valor final de la distancia; la primera
está destinada a la parte entera del resultado y
la otra a la parte decimal.

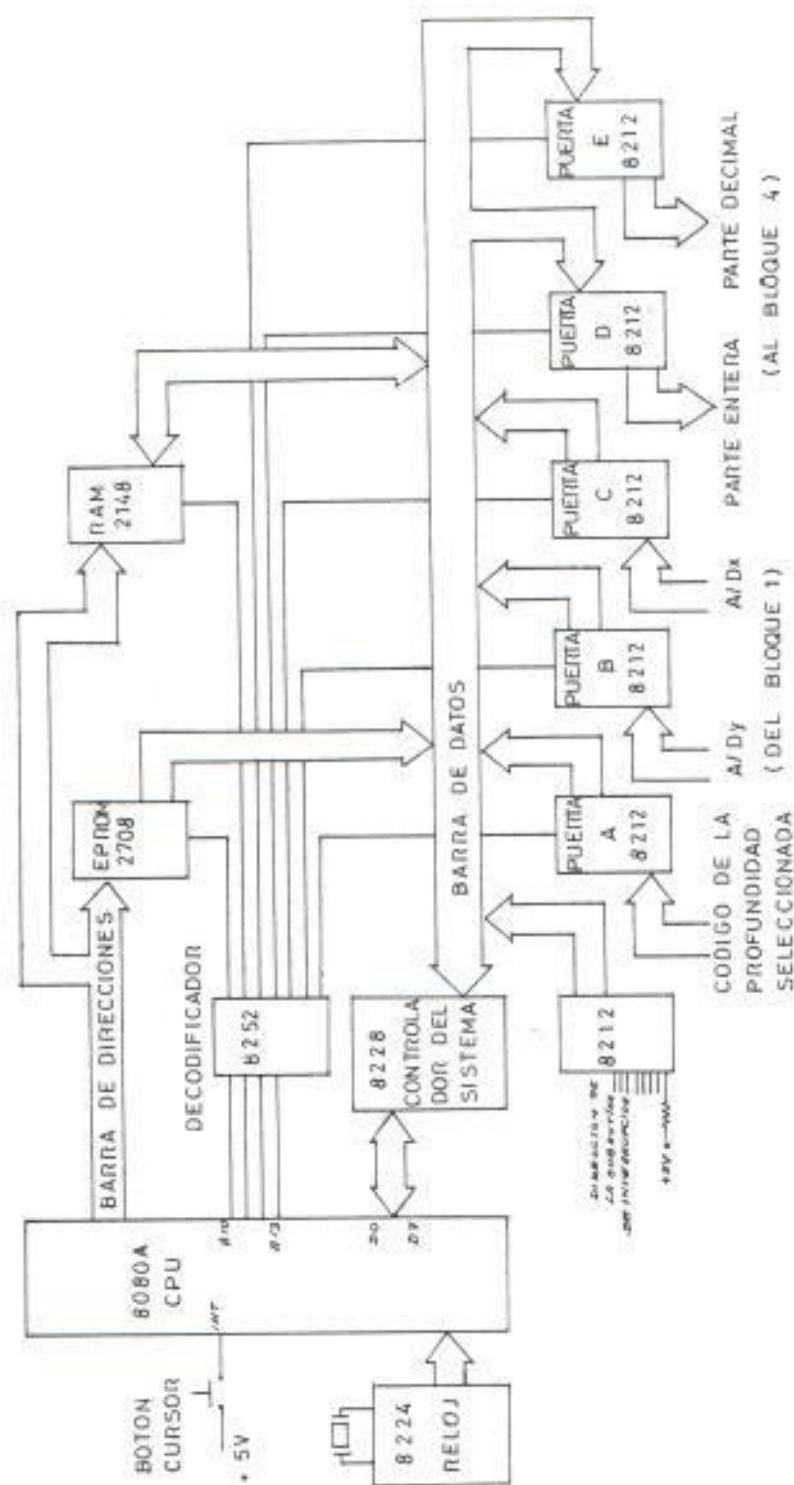


FIGURA Nº 16.-DIAGRAMA DE BLOQUE DEL CALCULO DE LA DISTANCIA

3.3. DIAGRAMA ESQUEMATICO DEL "CALCULO DE LA DISTANCIA"

En la figura N^o 17, se muestra el diagrama esquemático del bloque que calcula la distancia con todas sus conexiones detalladas.

Este bloque se activa al momento que se energiza el ecocardiografo.

El programa comienza a ejecutarse hasta la instrucción HALT, en este punto el programa detiene su ejecución, esperando que se produzca una interrupción - al presionar el botón CURSOR. Dicha pulsación genera un pulso que interrumpe al sistema bifurcándolo a la dirección dada por U10 ya que se trata de una interrupción vectorizada.

El sistema atiende la subrutina de interrupción procesándola hasta el final y luego retorna a la dirección siguiente a la instrucción HALT en el programa principal.

Se ha mencionado anteriormente que en cualquier momento se puede cambiar el punto de referencia a partir del cual se desea medir la distancia. Cada vez que esto sucede el sistema atiende la subrutina de in-

interrupción y luego retorna al programa principal a una dirección dada. A fin de asegurar el regreso a la misma dirección, al comienzo de la subrutina de interrupción se carga el "Stack Pointer" con dicha dirección ya que las interrupciones posteriores se pueden producir en cualquier punto del programa.

La interrupción en el sistema se produce al presionar el botón CURSOR con lo cual se fija la marca luminosa en la pantalla. A fin de asegurar sólo un pulso cada vez que se presiona el botón se ha colocado un multivibrador monoestable 74121 entre el pulsador y el 8080A. Este se dispara con el eje de lantero del pulso, de forma que no tendría ningún efecto posterior el hecho de que el botón se mantenga presionado.

El cristal utilizado para el generador de reloj 8224 es de 10MHz de modo que el sistema trabaja a una frecuencia de aproximadamente 1.11 MHz.

En la entrada RESIN de U2 se ha colocado una resistencia de 1K conectada a la señal de "prendida" del ecocardiografo y además un pulsador a tierra para en cualquier momento poder inicializar manual-

mente el sistema.

El decodificador utilizado es un 8251 con las 9 salidas necesarias para seleccionar las memorias ROM, RAM y las puertas de entrada/salida.

3.4. OBJETIVO DEL PROGRAMA PRINCIPAL

El programa principal calcula la distancia entre dos puntos en base a una fórmula analítica. Los datos que intervienen en dicha fórmula son el resultado de un proceso de conversión de coordenadas polares a coordenadas rectangulares.

La conversión de coordenadas implica, en este caso, cierta distorsión geométrica por lo cual se toma en consideración determinados parámetros propios de la geometría del sistema polar del cual se parte.

La justificación de las fórmulas empleadas para la conversión de coordenadas se la analizará posteriormente.

El programa principal comienza inicializando las cons tantes que utilizará durante su ejecución. Algunas de estas constantes son determinadas de acuerdo a la profundidad que se haya seleccionado externamente en el Ecocardiógrafo. Cada valor de profundidad tiene un código el cual es "leído" por el programa mediante una puerta de entrada y de acuerdo a dicho código se seleccionan las constantes.

Ciertas constantes tienen un valor muy pequeño del orden de las diezmilésimas razón por la cual se prefirió trabajar con todas las cantidades expresadas en punto flotante en exceso de 64 ya que de esta forma se facilita el manipuleo de cifras muy pequeñas y también de cifras muy grandes.

Seguidamente a la inicialización de las constantes el programa principal habilita una interrupción y se para esperando que le llegue la interrupción para atender la subrutina respectiva. La interrupción se produce mediante la presión del botón CURSOR que sirve para congelar la marca luminosa con forma de cruz en el primer punto a partir del cual se desea medir la distancia.

En esta subrutina se calcula el punto inicial P1 a partir de unos valores leídos de unos convertidores análogo/digital mediante las subrutinas XXX y YYY. El punto inicial es almacenado en una determinada dirección de memoria ya que posteriormente se lo utilizará como referencia para el cálculo de la distancia. Luego se vuelve a habilitar una interrupción y se retorna al programa principal.

Siguiendo el flujo del programa principal se proce

de a calcular el segundo punto P2 a partir de unos nuevos valores leídos de los convertidores A/D a través de dos puertas de entrada. Seguidamente se calcula la distancia entre P1 y P2.

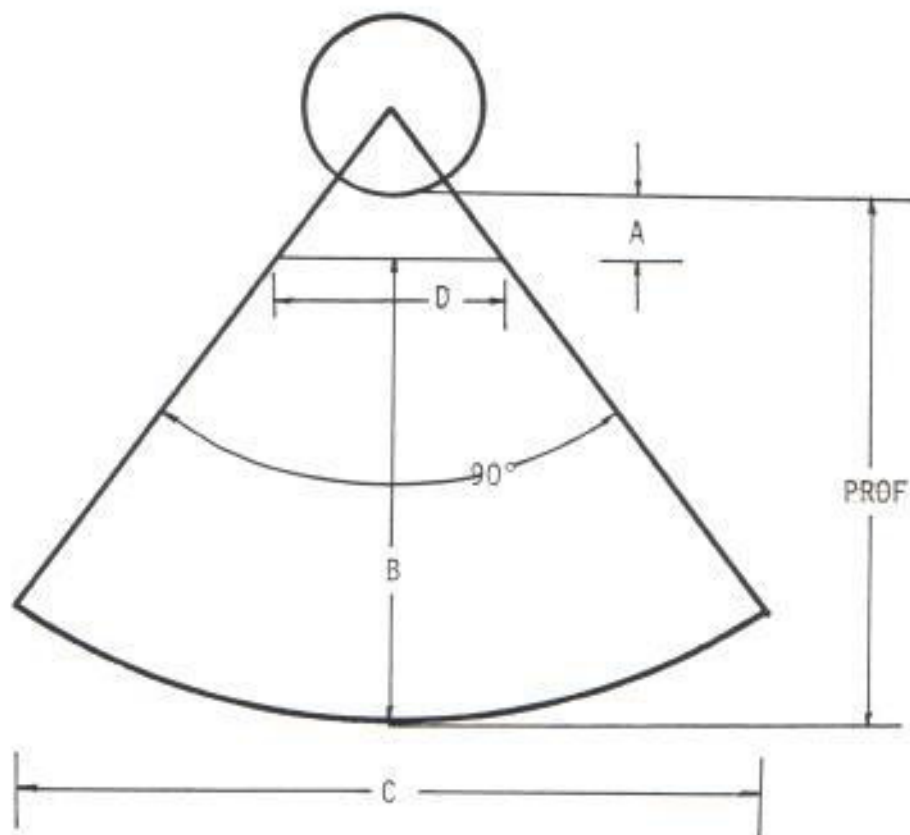
Finalmente el resultado en punto flotante - se lo transforma en dos bytes hexadecimales mediante la subrutina FLOBI.

El primer byte corresponde a la parte entera y el otro byte a la parte decimal.

3.4.1. Justificación de las fórmulas empleadas en el Programa Principal

Se tiene que el formato para la imagen sectorial es el siguiente:

FIGURA Nº 18
FORMATO DE LA IMAGEN SECTORIAL



donde:

A = Stand - off

B = Profundidad del sector

C = Ancho de la parte inferior del sector

D = Ancho de la parte superior del sector

Con el propósito de definir la localización de una porción dada de un segmento en cualquier imagen se requiere de dos cantidades. La primera de ellas es el ángulo, es decir cuál de los 128 pulsos es tomado. La segunda cantidad es la profundidad. Se puede ver que la información posicional que define los aspectos de la imagen sectorial es análoga a la de un sistema de coordenadas polares en el cual la componente magnitud es equivalente a la profundidad y el ángulo es directamente transferible.

Ya que se parte con información referente a un sistema de coordenadas polares y debido a que por facilidad de cálculos el programa principal utiliza la fórmula analítica de distancia para un sistema de coordenadas rectangulares, se debe hacer la conversión de coordenadas polares a rectangulares ajustándose a la geometría de la imagen sectorial.

Supongamos que a la imagen de perspectiva polar se le superponen los ejes rectangulares tal como se muestra en la figura 19, al eje Y se lo ubica justo en el centro de la ima

gen dividiéndola en 64 líneas radiales a cada lado del mismo y al eje X se lo ubica en el extremo superior de la imagen.

Una vez superpuestos los ejes rectangulares la imagen queda dividida en dos cuadrantes, por así llamarlos. Cada cuadrante consta de 64 divisiones para el eje horizontal y 256 divisiones para el eje vertical.

Como datos conocidos se tiene un valor X' y un valor Y' estando el primero comprendido en el rango de 0 a 128 y el segundo en el rango de 0 a 256.

Se ha dicho anteriormente que ésta conversión implica una pequeña distorsión debido a la naturaleza geométrica de la imagen por dicho motivo en el cálculo intervienen ciertas constantes que compensan la distorsión.

Téngase un punto P1 en la figura 19, este punto está definido por su magnitud proyectada sobre el eje vertical que es el valor $Y1'$ y por un ángulo $X1'$ que indica sobre cuál de las 64

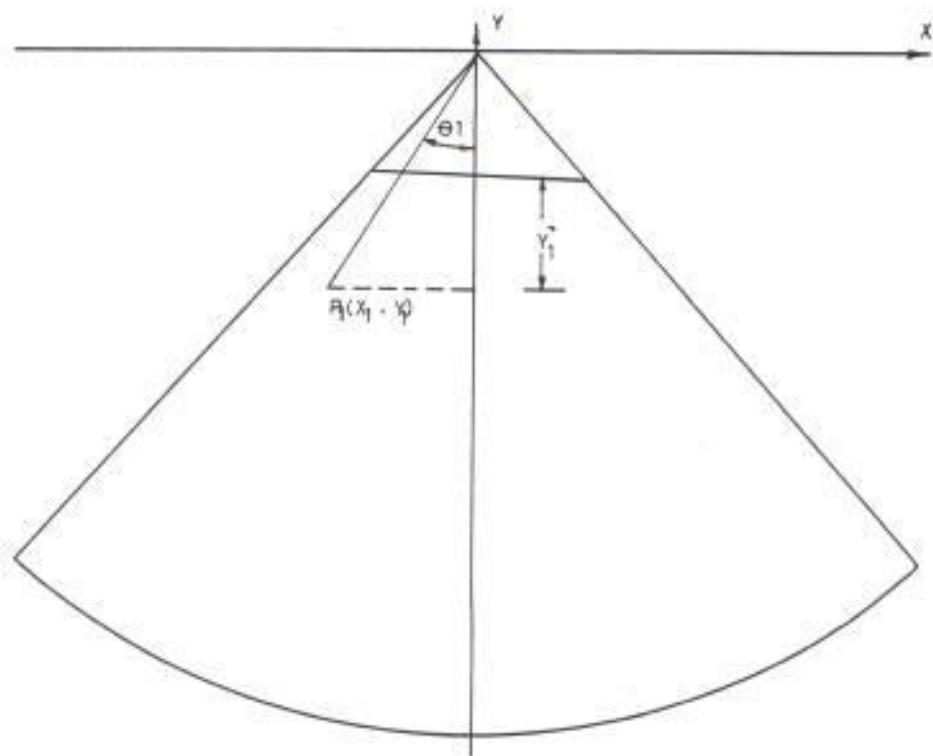


FIGURA N° 19.- PROYECCION DE UN PUNTO P EN UNA IMAGEN SECTORIAL.-

líneas radiales de ese cuadrante está el punto. Este ángulo $X1'$ no es el que se necesita a fin de calcular las coordenadas rectangulares del punto sino su complemento con respecto al eje vertical, es decir el ángulo θ .

Partiendo del valor $Y1'$ se llega a la ordenada $Y1$ por medio de la siguiente fórmula:

$$Y1 = K_y \cdot Y1' + Y_0$$

donde:

K_y = constante de compensación de la ordenada
(cm/línea)

$Y1'$ = componente de la magnitud sobre el eje vertical.

$$Y_0 = (1/2)D \text{ (cm)}$$

Los valores para K_y y Y_0 varían según la profundidad de acuerdo a la tabla 3.1.

TABLA 3.1.

PROFUND. (CM)	B (CM)	D (CM)	$Y_0=1/2D$ (CM)	$K_y=B/256$ (CM/LINEA)	$K_x=45^\circ/64$ ($^\circ$ /LINEA)
5	5.0	2.9	1.45	0.01953	0.70313
7	6.6	3.4	1.7	0.02578	0.70313
9	8.3	4.3	2.15	0.03242	0.70313
13	11.4	5.8	2.9	0.04453	0.70313
16	13.8	7.3	3.65	0.05391	0.70313
21	17.9	9.2	4.6	0.06992	0.70313

El ángulo que se necesita para el cálculo de la abscisa X_1 lo denominaremos θ_1 y se lo calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\theta_1 = K_x \cdot (x_1' - 64)$$

donde

K_x = constante de compensación para el eje horizontal (grado/línea).

X_1' = número de línea radial sobre la cual se encuentra el punto.

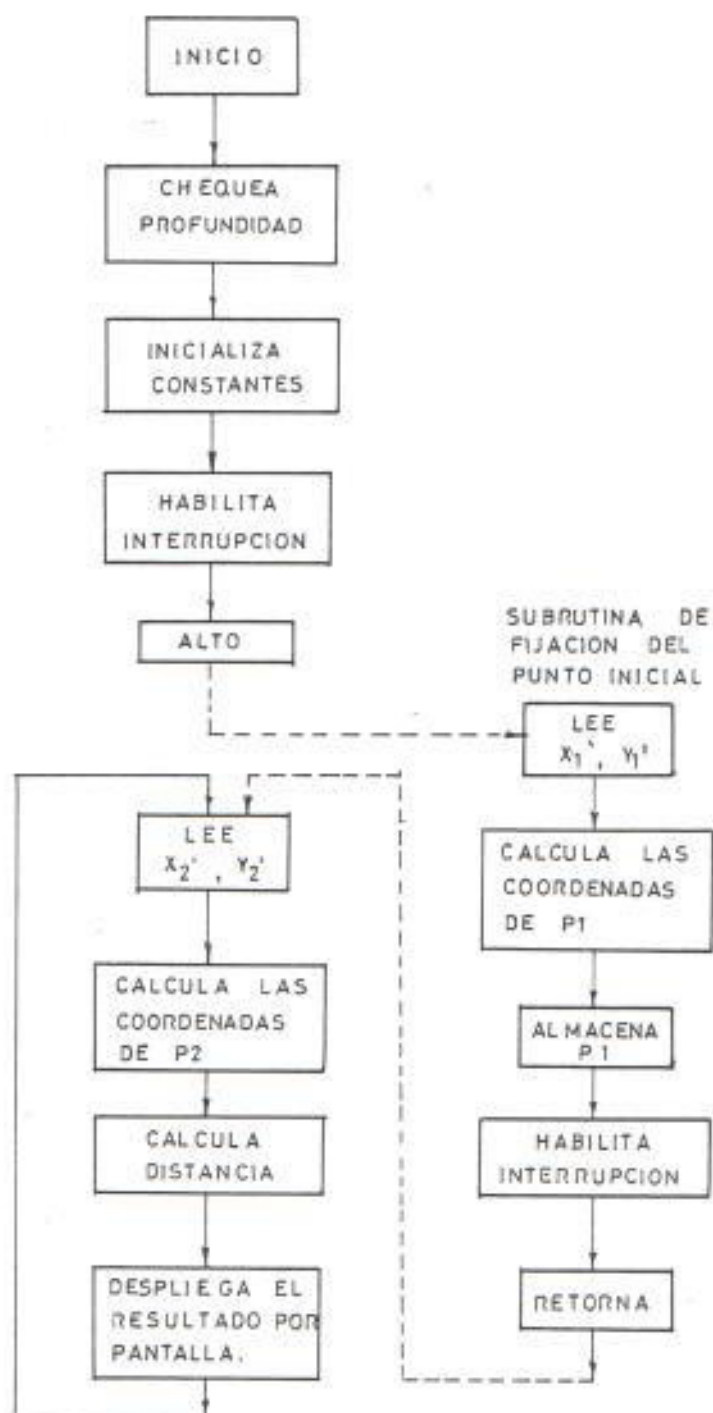
64 = número de líneas radiales por cuadrante.

Finalmente y de acuerdo a la figura 3.3, se tiene que:

$$X1 = Y1 \operatorname{Tag} \theta 1$$

De igual manera se hace el cálculo de las coordenadas rectangulares para un punto P2.

3.5. DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROGRAMA PRINCIPAL



3.6. CODIFICACION DEL PROGRAMA PRINCIPAL

Dirección	Etiqueta	Cod.Ope.	Mnémonico	Comentarios
0000		CD	CALL	/Examina la profundidad escogida.
0001		A0	PROFUND	
0002		00		
0003		FB	EI	/Habilita una interrupción para atender la subrutina respectiva.
0004		76	HALT	
0005	PROPRIN	CD	CALL	/Examina profundidad -
0006		A0	PROFUN	
0007		00		
0008		21	LXIH	/Carga el registro par H,L con la dirección de la puerta B.
0009		00		
000A		14		/Carga el Acumulador con el valor del convertidor A/D _y en la puerta B.
000B		7E	MVA,M	
000C		CD	CALL	/Calcula el valor de la ordenada Y ₂ .
000D		2A	YYY	
000E		01		/Recupera dirección de Y ₁ y vuelve a guardar la.
000F		D1	POP D	
0010		D5	PUSH D	
0011		E5	PUSH H	/Guarda la dirección de Y ₂ .
0012		21	LXIH	/Guarda H,L con una dirección de trabajo.
0013		6F		
0014		0C		/Copia el valor de la ordenada Y ₁ en la nueva dirección.
0015		06	MVIB	
0016		03		
0017		CD	CALL	COPIA
0018		1A		
0019		01		XCHG
001A		EB		
001B		E1	POP H	/Recupera la dirección de Y ₂ .
001C		CD	CALL	/Calcula $\Delta Y = Y_2 - Y_1$
001D		4A	RESFLO	
001E		02		XCHG
001F		EB		
0020		21	LXIH	
0021		72		/Carga H,L con una dirección de trabajo.
0022		0C		
0023		06	MVIB	/Copia el valor de ΔY en la nueva dirección
0024		03		
0025		CD	CALL	

Dirección	Etiqueta	Cod.Ope.	Mnémonico	Comentarios
0026		1A	COPIA	
0027		01		
0028		CD	CALL	/Calcula ΔY^2
0029		5A	MULFLO	
002A		01		
002B		C1	POP B	/Recupera dirección de Y_1
002C		D1	POP D	/Recupera dirección de X_1
002D		C5	PUSH B	/Guarda dirección de Y_1
002E		E5	PUSH H	/Guarda dirección de ΔY^2
002F		D5	PUSH D	/Guarda dirección de X_1
0030		21	LXIH	/Carga H,L con la dirección de la puerta C.
0031		00		
0032		18		
0033		7E	MVA,M	/Carga el acumulador con el valor del convertidor A/Dx en la puerta C.
0034		C3	JMP	/Deja direcciones libres para la subrutina de Interrupción
0035		50		
0036		00	NOP	
0037		00		
0050		21	LXIH	/Carga H,L con la dirección donde está grabada la ordenada Y_2 .
0051		06		
0052		0C		
0053		CD	CALL	/Calcula la abcisa X_2
0054		DA	XXX	
0055		02		
0056		D1	POP D	/Recupera dirección de X_1 y vuelve a guardarla
0057		D5	PUSH D	
0058		E5	PUSH H	/Guarda dirección de X_2
0059		21	LXIH	/Carga H,L con una dirección de trabajo.
005A		75		
005B		0C		
005C		06	MVIB	/Copia el valor de X_1 en la nueva dirección
005D		03		
005E		CD	CALL	
005F		1A	COPIA	
0060		01		
0061		EB	XCHG	
0062		E1	POPH	/Recupera dirección de X_2
0063		CD	CALL	/Calcula $\Delta X = X_2 - X_1$
0064		4A	RESFLO	
0065		02		
0066		EB	XCHG	
0067		21	LXIH	/Carga H,L con una dirección de trabajo.
0068		78		
0069		0C		

Dirección	Etiqueta	Cod.Ope.	Mnémonico	Comentarios
006A		06	MVIB	/Copia el valor de X en la nueva dirección
006B		03		
006C		CD	CALL	
006D		1A	COPIA	
006E		01		
006F		CD	CALL	/Calcula x^2
0070		5A	MULFLO	
0071		01		
0072		C1	POP B	/Recupera dirección de X1
0073		D1	POP D	/Recupera dirección de Y2
0074		C5	PUSH B	/Guarda dirección de X1
0075		CD	CALL	/Calcula:
0076		E0	SUMFLO	y^2+x^2
0077		01		
0078		CD	CALL	/Extrae la raíz cuadrada a la suma anterior, el valor obtenido es la distancia.
0079		5A	RAIZ	
007A		02		
007B		CD	CALL	/Convierte el valor de la distancia expresado en punto flotante a hexadecimal.
007C		3A	FLOBI	
007E		EB	XCHG	/Carga D,E con la dirección del byte que corresponde a la parte entera del resultado.
007F		1A	LDAXD	/Carga el acumulador con el entero.
0080		21	LXIH	/Carga H,L con la dirección de la puerta de salida D.
0081		00		
0082		1C		
0083		77	MVM,A	/Mueve la parte entera del resultado a memoria para que sea exhibida en una unidad de despliegue visual.
0084		13	INX.D	/Carga D,E con la dirección del byte que corresponde a la parte decimal del resultado.
0085		1A	LDAX D	/Carga el acumulador con el decimal.
0086		21	LXI H	/Carga H,L con la dirección de la puerta de salida E
0087		00		
0088		20		
0089		77	MVM,A	/Mueve la parte decimal del resultado a memoria para que sea exhibida en una unidad de despliegue visual.
008A		C3	JMP	
008B		05	PROPRIN	
008C		00		

CODIFICACION DE LA SUBROUTINA DE INTERRUPCION

Dirección	Etiqueta	Cod.Ope.	Mnémonico	Comentarios
0038 0039 003A	FIJA	21	LXIH	/Carga el registro par H.L. con una dirección del programa principal don de debe proseguir después de atender la subrutina de interrupción.
003B		F9	SPHL	/Carga el stack pointer con la dirección dada por H.L.
003C 003D	FIJA	21 00	LXIH	/Carga el registro PAR H,L con la dirección de la puerta B
003E 003F		14 7E	MVA,M	/Carga el acumulador con el valor del convertidor A/Dy en la puerta B
0040 0041 0042 0043		CD 2A 01 E5	CALL YYY	/Calcula el valor de la ordenada Y ₁ .
0044 0045		21 00	PUSH H LXIH	/Guarda la dirección de Y ₁ . /Carga el registro par H,L con la dirección de la puerta C
0046 0047		18 7E	MVA,M	/Carga el acumulador con el valor del convertidor A/D _x en la puerta C
0048 0049		21 06	LXIH	/Carga el registro par H,L con la dirección de Y ₁ .
004A 004B 004C 004D 004E		0C CD DA 02 D1	CALL XXX	/Calcula el valor de la abscisa X ₁
004F		E5	POP D PUSH H	/Recupera la dirección de Y ₁ /Guarda la dirección de X ₁
0050		D5	PUSH D	/Vuelve a guardar la dirección de Y ₁
0051 0052		FB C9	EI RET	/Habilita interrupción /Regresa al programa principal

CONSTANTES GRABADAS EN LOS EPROM

Dirección	Datos	Constante	Valor Decimal
08A0	3A	ξ	.01
08A1	A3		
08A2	D7		
08A3	47	64	64
08A4	80		
08A5	00		
08A6	40	Kx	0.70313
08A7	B4		
08A8	00		
08A9	42	π	3.1416
08AA	C9		
08AB	0F		
08AC	39	1/180	0.00555
08AD	94		
08AE	39		
08AF	3C	KC1	0.05396
08B0	DD		
08B1	05		
08B2	3E	KC2	0.13333
08B3	88		
08B4	87		
08B5	3F	KC3	0.33333
08B6	AA		
08B7	AA		
08B8	41	KC4	1
08B9	80		
08BA	00		
08BB	3D	1/10	0.1
08BC	CC		
08BD	CC		
08BE	3A	1/100	0.01
08BF	A3		
08C0	D7		
08C1	44	9	9
08C2	90		
08C3	00		
08C4	44	8	8
08C5	80		
08C6	00		
08C7	43	7	7
08C8	E0		
08C9	00		
08CA	43	6	6
08CB	C0		
08CC	00		
08CD	43	5	5

Dirección	Dato	Constante	Valor Decimal
08CE	A0		
08CF	00		
08D0	43	4	4
08D1	80		
08D2	00		
08D3	42	3	3
08D4	C0		
08D5	00		
08D6	42	2	2
08D7	80		
08D8	00		
08D9	41	1	1
08DA	80		
08DB	00		
08DC	3D	Ky21	0.06992
08DD	8F		
08DE	32		
08DF	43	Y021	4.6
08E0	93		
08E1	33		
08E2	3C	Ky16	0.05391
08E3	DC		
08E4	D0		
08E5	42	Y016	3.65
08E6	E9		
08E7	99		
08E8	3C	Ky13	0.04453
08E9	B6		
08EA	65		
08EB	42	Y013	2.9
08EC	B9		
08ED	99		
08EE	3C	Ky9	0.03242
08EF	84		
08D0	CA		
08D1	42	Y09	2.15
08D2	89		
08D3	99		
08D4	3B	Ky7	0.02578
08D5	D3		
08D6	30		

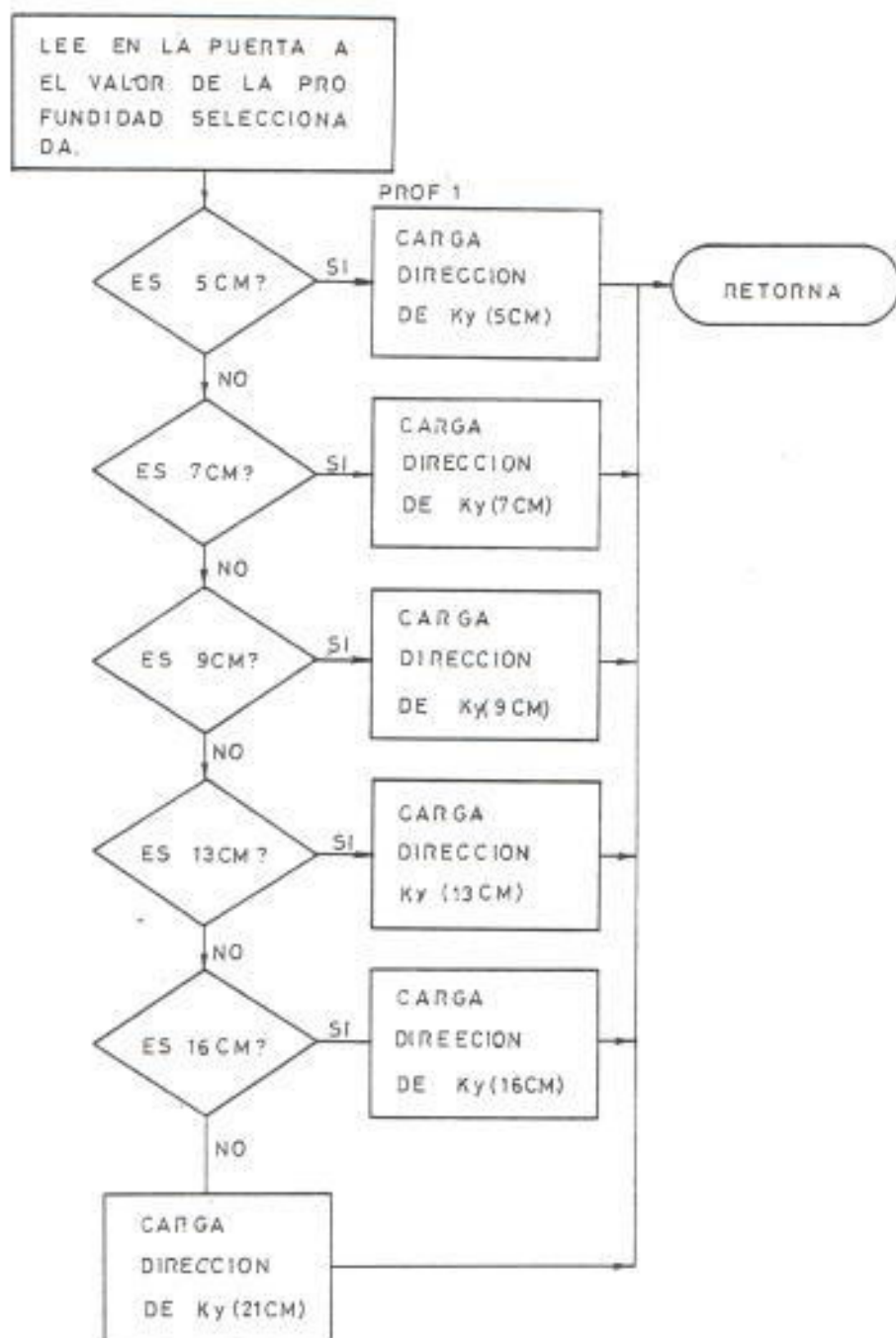
Dirección	Datos	Constante	Valor decimal
08D7	41	Y07	1.7
08D8	D9		
08D9	99		
08DA	3B	Ky5	0.01953
08DB	9F		
08DC	FD		
08DD	41	Y05	1.45
08DE	B9		
08DF	99		
08E0	41	Go	1
08E1	80		
08E2	00		
08E3	40	1/2	0.5
08E4	80		
08E5	00		

3.7. SUBROUTINAS

SUBROUTINA PROFUN

- FUNCION:** Examina la profundidad seleccionada en el panel de control del equipo.
- INTERFASE:** Lee los datos de la puerta de entrada A quedando el acumulador cargado con este valor.
- DESCRIPCION:** La subrutina PROFUN carga el acumulador con el valor que lee en la puerta A y de acuerdo a dicho valor se carga el registro par D,E con la dirección de la constante K_y correspondiente que será utilizada en el cálculo de la abscisa Y.
- OBSERVACION:** A pesar de que son dos parámetros los que cambian de valor de acuerdo a la profundidad seleccionada, la subrutina PROFUN solo considera K_y ya que el otro parámetro se encuentra almacenado inmediatamente seguido al primero y la subrutina que necesita de los dos valores contempla este orden.

DIAGRAMA DE FLUJO DE LA SUBROUTINA PROFUN



CODIFICACION DE LA SUBROUTINA PROFUN

Dirección	Etiqueta	Cod.Ope.	Mnémonico	Comentarios
00A0		21	LXIH	/Carga H.L con la direc
00A1	PROFUN	00		ción de la puerta A.
00A2		10		
00A3		7E	MVA,M	
00A4		06	MVIB	/Examina si la profundi
00A5		FE		dad es 5 cm.
00A6		90	SUB B	
00A7		CA	JZ	/Si es 5 cm. va a PROF1
00A8		D6	PROF1	
00A9		00		
00AA		06	MVIB	/Examina si la profundi
00AB		FD		dad es 7 cm.
00AC		90	SUB B	
00AD		CA	JZ	/Si es 7 cm. va a PROF2
00AE		D2	PROF2	
00AF		00		
00B0		06	MVIB	/Examina si la profundi
00B1		FB		dad es 9 cm.
00B2		90	SUB B	
00B3		CA	JZ	/Si es 9 cm. va a PROF3
00B4		CE	PROF3	
00B5		00		
00B6		06	MVIB	/Examina si la profundi
00B7		F7		dad es 13 cm.
00B8		90	SUB B	
00B9		CA	JZ	/Si es 13 cm. va a PROF4
00BA		CA	PROF4	
00BB		00		
00BC		06	MVIB	/Examina si la profundi
00BD		EF		dad es 16 cm.
00BE		90	SUB B	
00BF		CA	JZ	/Si es 16 cm. va a PROF5,
00C0		C6	PROF5	en caso contrario conti
00C1		00		nua a PROF6.
00C2	PROF6	11	LXID	/Carga D,E con la direc
00C3		DC		ción de la cte. Ky para
00C4		08		21 cm. de profundidad.
00C5		C9	RET	
00C6	PROF5	11	LXID	/Carga D,E con la direc
00C7		E2		ción de la cte. Ky para
00C8		08		16 cm. de profundidad.
00C9		C9	RET	
00CA	PROF4	11	LXID	/Carga D,E con la direc
00CB		E8		ción de la Cte. Ky para
00CC		08		13 cm. de profundidad.
00CD		C9	RET	

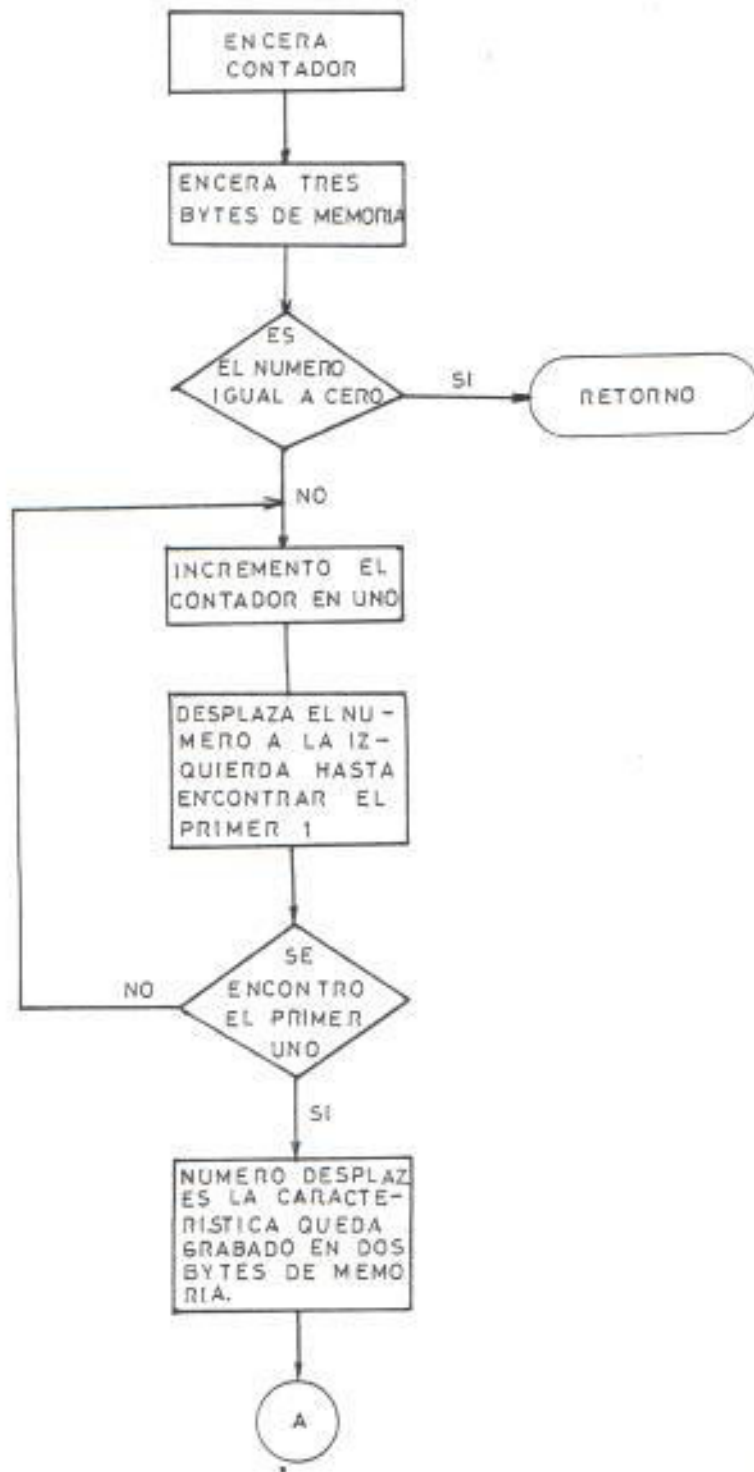
Dirección.	Etiqueta	Cod.Ope.	Mnémonico	Comentarios
00CE	PROF3	11	LXID	/Carga D,E con la dirección de la cte. K_y para 9 cm. de profundidad.
00CF		EE		
00D0		08		
00D1	PROF2	C9	RET	/Carga D,E con la dirección de la Cte. K_y para 7 cm. de profundidad.
00D2		11	LXID	
00D3		F4	RET	
00D4		08		
00D5	PROF1	C9	RET	/Carga D,E con la dirección de la cte. K_y para 5 cm. de profundidad.
00D6		11	LXID	
00D7		FA	RET	
00D8		08		
00D9		C9		

SUBROUTINA BIFLO

- FUNCION:** Convierte un número binario entero a punto flotante en exceso de 64.
- INTERFASE:** El número binario entero está contenido en el acumulador. El número expresado en punto flotante está contenido en tres bytes de memoria. El registro par H,L direcciona al primer byte.
- DESCRIPCION:** La subrutina BIFLO recibe un número binario entero sin signo comprendido en el rango de 0 a 255 en el Acumulador y devuelve su valor en punto flotante en tres bytes de memoria siendo el primer byte el exponente en exceso de 64 del número binario y además el bit más significativo - de dicho byte corresponde al signo del número. Los otros dos bytes representan la característica del número.

OBSERVACION: Utiliza como registro de trabajo al registro C por lo que su contenido debe ser almacenado antes de entrar a esta subrutina.

DIAGRAMA DE LA SUBROUTINA BIFLO





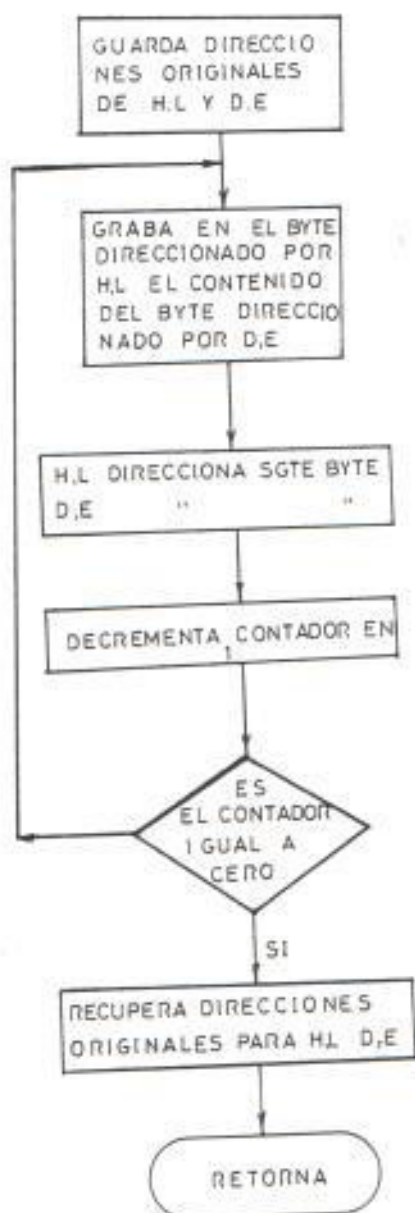
CODIFICACION DE LA SUBROUTINA BIFLO

Dirección	Etiqueta	Cod.Ope.	Mnémonico	Comentarios
0100	BIFLO	0E	MVI,C	/Encera contador
0101		00		
0102		71	MVM,C	/Encera tres bytes - de memoria.
0103		23	INXH	
0104		71	MVM,C	
0105		23	INXH	
0106		71	MVM,C	
0107		89	CMPC	/Chequea si el número es cero, si es así va a FIN
0108		CA	JZ	
0109		18	FIN	
010A		01		
010B	LAZO	0C	INRC	
010C		07	RLC	
010D		D2	JNC	
010E		0B	LAZO	
010F		01		
0100		0F	RRC	
0111		2B	DCXH	
0112		77	MVM,A	
0113		3E	MVIA,49	/Calcula es expo- nente.
0114		49		
0115		91	SUB C	
0116		2B	DCXH	
0117		71	MVM,C	
0118	FIN	C9	RET	

SUBROUTINA COPIA

- FUNCION:** Copia el contenido de tres bytes de memoria sucesivos en otros tres bytes.
- INTERFASE:** El primer byte a copiarse está direccionado por el registro par D,E y el primer byte donde se va a copiar la información está direccionado por el registro par H,L.
- DESCRIPCION:** Antes de entrar a la subrutina COPIA el registro B debe ser inicializado con el número de bytes que van a ser copiados.
- Primeramente se guarda las direcciones originales de ambos registros pares y se las va incrementando a medida que se transfiere la información. Finalmente se recuperan las direcciones originales.

DIAGRAMA DE FLUJO DE LA SUBROUTINA COPIA



CODIFICACION DE LA SUBROUTINA COPIA

Dirección	Etiqueta	Cod.Ope.	Mnémonico	Comentarios
011A	COPIA	D5	PUSH D	/Guarda direcciones originales.
011B		E5	PUSH H	
011C	PASA1	1A	LDAX D	
011D		77	MVM,A	
011E		23	INX H	
011F		13	INX D	
0120		05	DCR B	/Decrementa el contador. Si éste no es cero sigue copiando.
0121		C2	JNZ	
0122		1C	PASA1	
0123		01		
0124		E1	POP H	/Recupera direcciones originales y regresa.
0125		D1	POP D	
0126		C9	RET	

SUBROUTINA YYY

FUNCION: Calcula la ordenada Y.

INTERFASE: El número a partir del cual se calcula la ordenada Y se lo lee de una puerta de entrada/salida y se lo carga en el Acumulador. La ordenada Y expresada en punto flotante es direccionada por el registro par H,L.

DESCRIPCION: La subrutina YYY lee de una puerta de entrada/salida un valor digital a partir del cual se va a calcular la ordenada Y.

El cálculo se lo hace en base al siguiente algoritmo:

$$Y = K_y \cdot Y' + Y_o$$

donde:

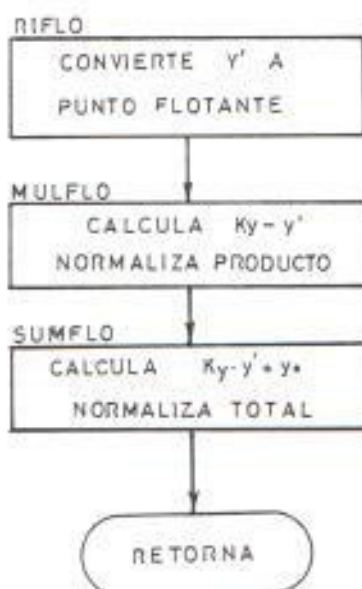
K_y = constante

Y' = valor leído en una puerta e/s

Y_o = constante.

Primeramente se convierte en punto flotante en exceso de 64 al valor leído Y' mediante la subrutina BI FLO. Se multiplica este valor por el de la constante K_y que se en cuentra almacenada en una di rección determinada y finalmen te este producto se lo suma a la constante Y_o . El total ya normalizado queda direccionado - por el registro par H, L.

DIAGRAMA DE FLUJO DE LA SUBROUTINA YYY



CODIFICACION DE LA SUBROUTINA YYY

Dirección	Etiqueta	Cod.Ope.	Mnémonico	Comentarios
012A	YYY	D5	PUSH D	/Guarda la dirección de la constante Ky.
012B		21	LXIH	/Guarda H,L con la dirección
012C		00		donde queda grabado Y' expresado en punto flotante.
012D		0C		
012E		CD	CALL	
012F		00	BIFLO	
0130		01		
0131		E5	PUSH H	
0132		21	LXIH	/Carga H,L con una dirección.
0133		03		de trabajo.
0134		0C		
0135		06	MVIB	/Copia Ky en punto flotante en la nueva dirección.
0136		03		
0137		CD	CALL	
0138		1A	COPIA	
0139		01		
013A		EB	XCHG	
013B		E1	POP H	/Recupera dirección de Y'.
013C		CD	CALL	
013D		5A	MULFLO	/Calcula Ky. Y'
013E		01		
013F		D1	POP D	/Recupera dirección de Ky. y guarda dirección de Ky. Y'.
0140		E5	PUSH H	
0141		13	INX D	/Incrementa D,E hasta llegar a la dirección de la cte. Yo.
0142		13	INX D	
0143		13	INX D	
0144		21	LXIH	/Carga H,L con una dirección.
0145		06		de trabajo.
0146		0C		
0147		06	MVIB	/Copia la Cte. Yo en la nueva dirección.
0148		03		
0149		CD	CALL	
014A		1A	COPIA	
014B		01		
014C		EB	XCHG	
014D		E1	POP H	/Recupera la dirección de KyY'
014E		CD	CALL	/Calcula Y
014F		E0	SUMFLO	
0150		01		
0151		C9	RET	

SUBROUTINA MULFLO

FUNCION: Multiplica dos números expresados en punto flotante en exceso de 64.

INTERFASE: El multiplicando debe estar contenido en las direcciones dadas por el registro par H, L, el multiplicador debe estar contenido en las direcciones dadas por el registro par D,E.

El producto está direccionado por el registro par H,L.

DESCRIPCION: La subrutina MULFLO primero obtiene el signo resultante del multiplicando y multiplicador, luego suma los dos exponentes y calcula el exceso de 64 obteniéndose el primer byte del producto con el respectivo signo resultante de las características.

Efectúa la multiplicación de las características, es decir de 4 bytes, quedando los dos bytes menos signi-

ficativos del producto en el registro par H,L y los otros dos bytes en D,E.

Finalmente se normaliza el producto, es decir queda expresado en punto - flotante y direccionado por el registro par H,L.

OBSERVACION: Debido a la precisión requerida por el sistema tan sólo se considera los dos bytes más significativos del producto.

DIAGRAMA DE FLUJO DE LA SUBROUTINA MULFLO



CODIFICACION DE LA SUBROUTINA MULFLO

Dirección	Etiqueta	Cod.Ope.	Mnémonico	Comentarios
Ø15A	MULFLO	D5	PUSH D	
Ø15B		CD	CALL	/Anula signos de
Ø15C		7Ø	SIGNO	los factores y
Ø15D		Ø1		guarda signo re-
				sultante en C.
Ø15E		80	ADD B	/Suma exponentes
Ø15F		D6	SUI	/Calcula exceso
Ø160		40		de 64.
Ø161		CD	CALL	/Prepara interfa-
Ø162		7D	EXMUDI	se para MULTI
Ø163		Ø1		
Ø164		E5	PUSH H	
Ø165		CD	CALL	/Multiplica las
Ø166		8C	MULTI	características.
Ø167		Ø1		
Ø168		E1	POP H	
Ø169		2B	DCX H	
Ø16A		2B	DCX H	
Ø16B		46	MVB,M	
Ø16C		EB	XCHG	
Ø16D		C3	JMP	/Normaliza el
Ø16E		B4	NORMA	producto.
Ø16F		Ø1		
Ø17Ø	SIGNO	1A	LDAX D	
Ø171		AE	XRAM	
Ø172		E6	ANI,80	
Ø173		80		
Ø174		4F	MVC,A	
Ø175		7E	MVA,M	
Ø176		E6	ANI,7F	
Ø177		7F		
Ø178		47	MVB,A	
Ø179		1A	LDAX D	
Ø17A		E6	ANI,7F	
Ø17B		7F		
Ø17C		C9	RET	
Ø17D	EXMUDI	E6	ANI,7F	
Ø17E		7F		
Ø17F		B1	ORA C	
Ø18Ø		77	MVM,A	
Ø181		13	INX D	
Ø182		1A	LDAX D	
Ø183		47	MVB,A	

Dirección	Etiqueta	Cod.Ope.	Mnémonico	Comentarios
0184		13	INX D	
0185		1A	LDAX D	
0186		4F	MVC,A	
0187		23	INX H	
0188		56	MVD,M	
0189		23	INX H	
018A		5E	MVE,M	
018B		C9	RET	
018C	MULTI	3E	MVIA	/Carga el Acumula
018D		10		dor con el número
				de bits del multi
				plicador.
018E		21	LXI H	/Pone H,L y la úl-
018F		00		tima entrada del
0190		00		Stack en 00.
0191		E5	PUSH H	
0192	OTROBIT	EB	XCHG	/MR en H,L
0193		29	DAD H	
0194		EB	XCHG	
0195		D2	JNC	/Si el carri es ce
0196		9F	NOSUMAN	ro no se suma.
0197		01		
0198		09	DAD B	
0199		9F	JNC	/Si no hay carry
019A		01	NOSUMAN	va a NOSUMAN
019B		83		
019C		E3	XTHL	
019D		23	INX H	/Incrementa en 1
019E		E3	XTHL	
019F	NOSUMAN	3D	DCRA	/Decrementa conta
				dor.
01A0		C2	JNZ	
01A1		A5	NOFIN	
01A2		01		
01A3		D1	POP D	
01A4		C9	RET	/Retorna con re
				sultado en D, E
				y H,L.
01A5	NOFIN	29	DAD H	
01A6		E3	XTHL	
01A7		F5	PUSH PSW	
01A8		29	DAD H	
01A9		F1	POP PSW	
01AA		D2	JNC	
01AB		AE	NOCAMBIA	
01AC		01		

Dirección	Etiqueta	Cod.Ope.	Mnémonico	Comentarios
01AD		23	INX H	/Añade 1 al byte más significativo
01AE	NOCAMBIA	E3	XTHL	
01AF		C3	JMP	/Prueba otro bit del MR.
01B0		92	OTROBIT	
01B1		01		
01B2		00	NOP	
01B3		00	NOP	
01B4	NORMA	AF	XRA A	
01B5		BC	CMPL	
01B6		C2	JNZ	
01B7		C0	DESPLAL	
01B8		01		
01B9		BD	CMPL	
01BA		C2	JNZ	
01BB		C0	DESPLAL	
01BC		01		
01BD		C3	JMP	
01BE		D1	SALIR	
01BF		01		
01C0	DESPLAL	AF	XRA A	
01C1		05	DCR B	
01C2		7D	MVA,L	
01C3		17	RAL	
01C4		6F	MLV,A	
01C5		7C	MVA,H	
01C6		17	RAL	
01C7		67	MVH,A	
01C8		D2	JNC	
01C9		C0	DESPLAL	
01CA		01		
01CB		04	INR B	
01CC		1F	RAR	
01CD		67	MVH,A	
01CE		7D	MVA,L	
01CF		1F	RAR	
01D0		6F	MVL,A	
01D1	SALIR	D1	POP D	
01D2		EB	XCHG	
01D3		70	MVM,B	
01D4		23	INX H	
01D5		72	MVM,D	
01D6		23	INX H	
01D7		73	MVM,E	
01D8		2B	DCX H	
01D9		2B	DCX H	
01DA		C9	RET	

SUBROUTINA SUMFLO

FUNCION: Suma dos números expresados en punto flotante en exceso de 64.

INTERFASE: Un sumando debe estar direccionado - por el registro par H,L y el otro su mando debe estar direccionado por el registro D,E.

La suma está direccionada por el re gistro par H,L.

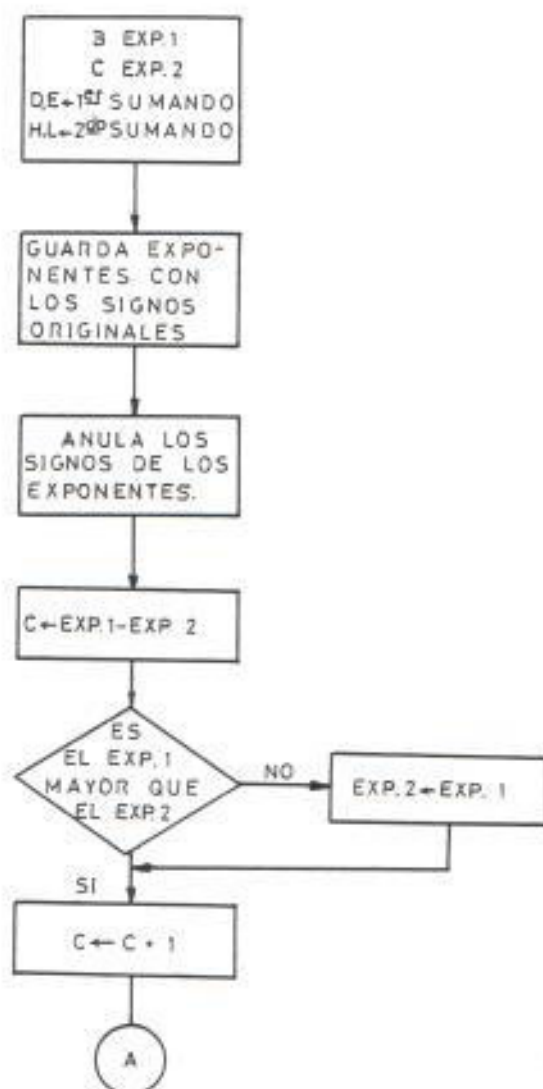
DESCRIPCION: La subrutina SUMFLO trabaja con los exponentes de ambos sumandos en el registro par B,C, la característica de un sumando en D,E y la otra carac terística en H,L.

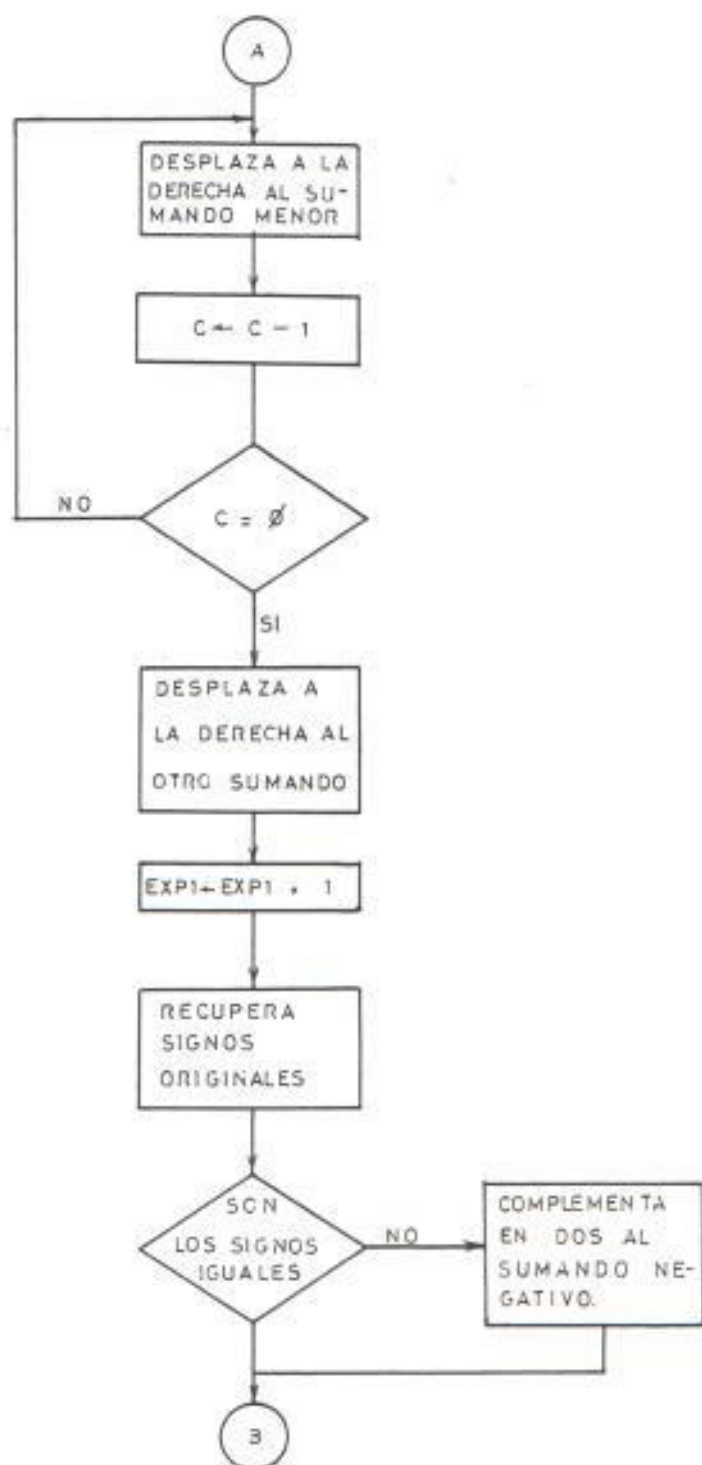
Primeramente anula los signos de los exponentes pero previamente guardando los originales, los compara y en caso de ser desiguales trabaja con el sumando cuyo exponente es el me nor desplazándolo a la derecha a fin de compensar la diferencia entre los exponentes. Luego recupera los sig

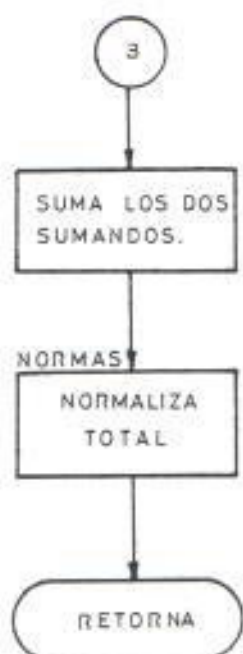
nos originales de los exponentes y los compara, en caso de ser iguales suma las dos características y finalmente normaliza el resultado.

Si los signos son desiguales se complementa en 2 al sumando negativo y se lo suma al otro sumando y finalmente se normaliza el resultado quedando direccionado por H,L y ocupando tres bytes de memoria, el primero para el signo y exponente y los otros dos bytes para la característica.

DIAGRAMA DE FLUJO DE LA SUBROUTINA SUMFLO







CODIFICACION DE LA SUBROUTINA SUMFLO

Dirección	Etiqueta	Cod.Ope.	Mnémonico	Comentarios
01E0	SUMFLO	1A	LDAX D	
01E1		47	MVB,A	/En B exp. 1
01E2		4E	MVC,M	/En C exp. 2
01E3		D5	PUSH D	
01E4		E5	PUSH H	
01E5		C5	PUSH B	
01E6		23	INX H	
01E7		46	MVB,M	
01E8		23	INX H	
01E9		4E	MVC,M	
01EA		EB	XCHG	
01EB		23	INX H	
01EC		56	MVD,M	/En D,E se car
01ED		23	INX H	ga la caracte
01EE		5E	MVE,M	rística del -
				sumando 1.
01EF		60	MVH,B	/En H,L se car
01F0		69	MVL,C	ga la caracte
01F1		C1	POP B	rística del -
01F2		C5	PUSH B	mando 2.
01F3		79	MVA,C	/Anula el signo
01F4		E6	ANI,7F	/Del exp.2
01F5		7F		
01F6		4F	MVC,A	
01F7		78	MVA,B	/Anula el signo
01F8		E6	ANI,7F	exp. 1
01F9		7F		
01FA		91	SUB C	/Compara si el
				exp.1 es mayor
				que el exp. 2.
01FB		D2	JNC	/Si es mayor va
01FC		07	BMAYOR	a BMAYOR
01FD		02		
01FE		2F	CMA	/Si es mayor se
				toma exp.2 como
				exp. 1
01FF		3C	INRA	
0200		E3	XTHL	
0201		4C	MVC,H	
0203		65	MVH,L	
0204		69	MVL,C	
0205		E3	XTHL	
0206		EB	XCHG	
0207	BMAYOR	3C	INRA	/A la diferencia
0208		4F	MVC,A	de los exponentes
				se le suma 1 y se
				carga en C.

Dirección	Etiqueta	Cod.Ope.	Mnémonico	Comentarios	
0209	ROTAR	AF	XRA A		
020A		7C	MVA,H	/Se desplaza a la derecha el sumando menor.	
020B		1F	RAR		
020C		67	MVH,A		
020D		7D	MVA,L		
020E		1F	RAR		
020F		6F	MVL,A		
0210		0D	DCR C		
0211		C2	JNZ		/Si el número de veces que se ha rotado el menor sumando es igual a C va a DESNORM.
0212		09	ROTAR		
0213		02			
0214		DESNORM	AF		XRA A
0215	7A		MVA,D		/Rota a la derecha al otro sumando para desnormalizarlo en la primera posición para asegurar que no haya carry al sumar.
0216	1F		RAR		
0217	57		MVD,A		
0218	7B		MVA,E		
0219	1F		RAR		
021A	5F		MVE,A		
021B	C1		POP B	/Recupera signos originales.	
021C	04		INR B		
021D	79	MVA,C	/Devuelve signos		
021E	E6	ANI,80			
021F	80				
0220	B9	CMPC	/Son los signos iguales?		
0221	C2	JNZ	/Si no son iguales va a COMFRA.		
0222	31	COMFRA			
0223	02				
0224	19	DAD D	/Si son iguales suma los operandos.		
0225	COMPHL	D1	POP D		
0226		C3	JMP		
0227		B4	NORMA		
0228		01			
0229		7C	MVA,H	/Complementa en 2 al operando negativo.	
022A		2F	CMA		
022B		67	MVH,A		
022C		7D	MVA,L		
022D		2F	CMA		
022E		6F	MVL,A		
022F		23	INX H		
0230		C9	RET		

Dirección Etiqueta Cod.Ope. Mnémonico Comentarios

Dirección	Etiqueta	Cod.Ope.	Mnémonico	Comentarios
0231	COMFRA	CD	CALL	
0232		29	COMPHL	
0233		02		
0234		19	DAD D	/Suma los operan- dos.
0235		D1	POP D	
0236		DA	JC	
0237		B4	NORMA	
0238		01		
0239		CD	CALL	
023A		29	COMPHL	
023B		02		
023C		78	MVA,B	
023D		17	RAL	
023E		3F	CMC	
023F		1F	RAR	
0240		47	MVB,A	
0241		C3	JMP	
0242		B4	NORMA	
0243		01		/Normaliza el resul- tado.

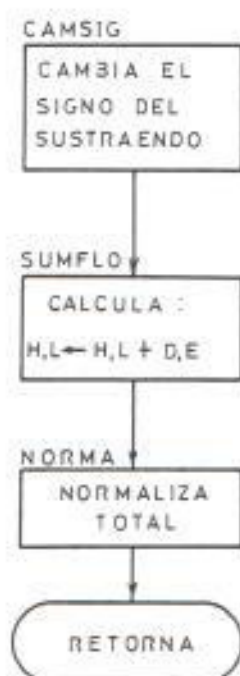
SUBROUTINA RESFLO

FUNCION: Resta dos números expresados en punto flotante en exceso de 64.

INTERFASE: El minuendo debe estar direccionado por el registro par H,L y el sustraendo por el registro par D,E. La diferencia es direccionada por H,L.

DESCRIPCION: La subrutina RESFLO cambia el signo del sustraendo y procede a efectuar la suma de los dos números por medio de la subrutina SUMFLO.

DIAGRAMA DE FLUJO DE LA SUBROUTINA RESFLO



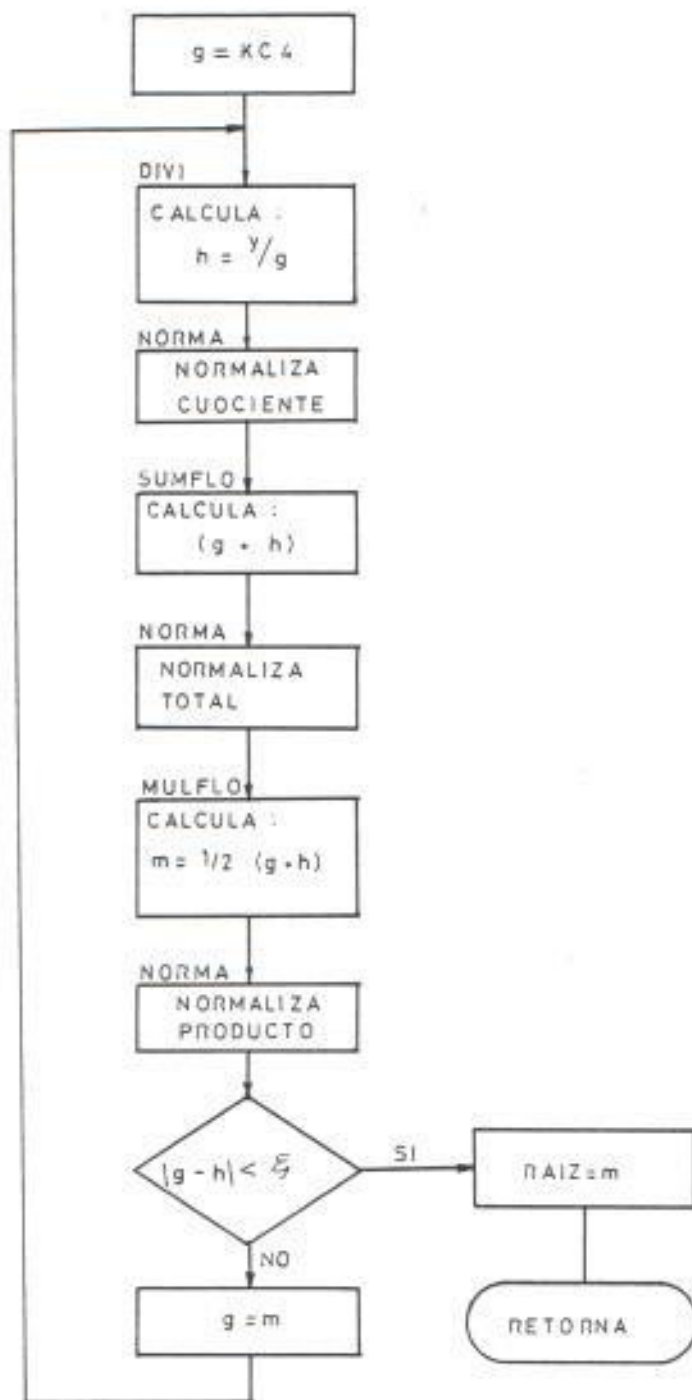
CODIFICACION DE LA SUBROUTINA RESFLO

Dirección	Etiqueta	Cod.Ope.	Mnémonico	Comentarios
024A	RESFLO	CD	CALL	/Cambia el signo al sustraendo
024B		51	CAMSIG	
024C		02		/Suma los dos ope_ randos.
024D		CD	CALL	
024E		E0	SUMFLO	
024F		01		
0250		C9	RET	
0251	CAMSIG	1A	LDAX D	
0252		17	RAL	
0253		3F	CMC	
0254		1F	RAR	
0255		12	STAXD	
0256		C9	RET	

SUBROUTINA RAIZ

- FUNCIÓN:** Calcula la raíz cuadrada de un número expresado en punto flotante en exceso de 64.
- INTERFASE:** El número al cual se le va a extraer la raíz cuadrada está expresado en punto flotante en exceso de 64 y su primer byte se halla direccionado - por el registro H,L.
- La constante utilizada está grabada en una dirección determinada. El resultado queda expresado en punto flotante y direccionado - por el registro par H,L.
- DESCRIPCIÓN:** La subrutina RAIZ calcula la raíz cuadrada de un número mediante el método iterativo de Newton con una aproximación de 0.01. Este cálculo se lo efectúa utilizando las subrutinas SUMFLO, RESFLO, MULFLO, y DIFLO.
- El resultado que direccionado por H,L.

DIAGRAMA DE FLUJO DE LA SUBROUTINA RAIZ



CODIFICACION DE LA SUBROUTINA RAIZ

Dirección	Etiqueta	Cod.Ope.	Mnémonico	Comentarios
025A	RAIZ	E5	PUSH H	/Guarda dirección del número.
025B		11	LXID	/Carga D,E con la dirección de la cte. "go".
025C		9D		
025D		08		
025E		D5	PUSH D	
025F		E5	PUSH H	
0260	SEGUIR	21	LXIH	/Carga H,L con una dirección de trabajo.
0261		09		
0262		0C		
0263		06	MVIB	/Copia en otra dirección la cte. "go".
0264		03		
0265		CD	CALL	
0266		1A	COPIA	
0267		01		
0268		E3	XTHL	
0269		EB	XCHG	
026A		21	LXIH	/Carga H,L con una dirección de trabajo.
026B		0C		
026C		0C		
026D		06	MVIB	/Copia en otra dirección el número al que se le va a extraer la raíz cuadrada.
026E		03		
026F		CD	CALL	
0270		1A	COPIA	
0271		01		
0272		EB	XCHG	
0273		E3	XTHL	
0274		CD	CALL	/Calcula h = No/g
0275		DA	DIFLO	
0276		03		
0277		C1	POP B	
0278		D1	POP D	
0279		D5	PUSH D	
027A		E5	PUSH H	
027B		E5	PUSH H	
027C		21	LXIH	
027D		0F		
027E		0C		
027F		06	MVIB	
0280		03		
0281		CD	CALL	
0282		1A	COPIA	
0283		01		
0284		D1	POP D	

Dirección Etiqueta Cod.Ope. Mnémonico Comentarios

Dirección	Etiqueta	Cod.Ope.	Mnémonico	Comentarios
0285		E5	PUSH H	
0286		21	LXIH	
0287		12		
0288		0C		
0289		06	MVIB	/Copia en otra dirección el valor de "h".
028A		03		
028B		CD	CALL	
028C		1A	COPIA	
028D		01		
028E		EB	XCHG	
028F		E1	POP H	
0290		CD	CALL	/Calcula (g+h)
0291		E0	SUMFLO	
0292		01		
0293		E5	PUSH H	/Guarda total
0294		11	LXID	/Carga D,E dirección de la cte.
0295		9A		1/2.
0296		08		
0297		21	LXIH	/Carga H,L con dirección de trabajo.
0298		15		
0299		0C		
029A		06	MVIB	/Copia la cte.
029B		03		1/2 en otra dirección.
029C		CD	CALL	
029D		1A	COPIA	
029E		01		
029F		EB	XCHG	
02A0		E1	POP H	/Recupera (g+h)
02A1		CD	CALL	/Calcula:
02A2		5A	MULFLO	1/2 (g+h)
02A3		01		
02A4		44	MVB,H	
02A5		4D	MVC,L	
02A6		D1	POP D	
02A6		E1	POP H	
02A8		C5	PUSH B	
02A9		CD	CALL	/Calcula (g-h)
02AA		4A	RESFLO	
02AB		02		
02AC		E5	PUSH H	/Guarda diferencia
02AD		11	LXID	/Carga D,E con la dirección de la cte.
02AE		A0		
02AF		08		
02B0		21	LXIH	
02B1		18		
02B2		0C		
02B3		06	MVIB	/Copia la cte.

Dirección Etiqueta Cod.Ope. Mnémonico Comentarios

Dirección	Etiqueta	Cod.Ope.	Mnémonico	Comentarios
02B4		03		/En otra direc-
02B5		CD	CALL	ción.
02B6		1A	COPIA	
02B7		01		
02B8		D1	POP D	/Recupera (g-h)
02B9		1A	LDAXD	/En A queda exponen
				te diferencia.
02BA		46	MVB,M	/En B queda expo-
				nente cte.
02BB		90	SUB B	
02BC		CA	JZ	/Si ambos exponen
02BD		D4	ALFIN	tes son iguales
02BE		02		va a ALFIN
02BF		DA	JC	/Si el exponente
02C0		D4	ALFIN	de es mayor
02C1		02		va a ALFIN
02C2		AF	XRA A	
02C3		D1	POP D	/Recupera "m"
02C4		21	LXIH	
02C5		1B		
02C6		0C		
02C7		06	MVIB	/Copia el valor de
02C8		03		"m" en otra direc
02C9		CD	CALL	ción.
02CA		1A	COPIA	
02CB		01		
02CC		EB	XCHG	
02CD		E1	POP H	
02CE		E5	PUSH H	
02CF		D5	PUSH D	
02D0		E5	PUSH H	
02D1		C3	JMP	
02D2		60	SEGUIR	
02D3		02		
02D4	ALFIN	D1	POP D	/Recupera "m"
02D5		E1	POP H	/Recupera el número.
02D6		EB	XCHG	
02D7		C9	RET	

SUBROUTINA XXX

FUNCIONES: Calcula la abscisa X.

INTERFASE: El número a partir del cual se calcula la abscisa X se lo lee de una puerta de entrada/salida y se lo carga en el Acumulador.

La abscisa X expresada en punto flotante es direccionada por el registro par H,L.

DESCRIPCION: La subrutina XXX lee de una puerta de entrada/salida un valor digital a partir del cual se va a calcular la ordenada X.

El cálculo se lo hace en base al siguiente algoritmo:

Siendo:

$$X = Y \cdot \text{Tag } \theta$$

$$\theta = Kx (X' - 64)$$

$$Y = K_y \cdot Y' + Y_o$$

Donde:

K_x = constante

64 = constante

X' = valor leído en una puerta e/s

Y = valor de la ordenada calculada en la subrutina YYY.

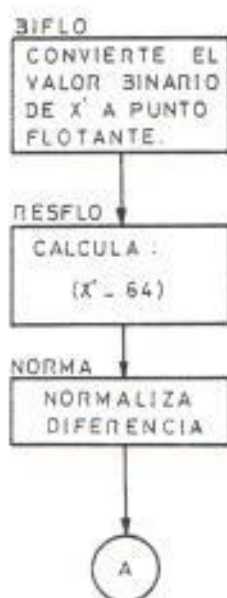
Primeramente el valor X' se lo expresa en punto flotante en exceso de 64 mediante la subrutina BIFLO, luego se le resta la constante 64 mediante la subrutina RESFLO y se multiplica esta diferencia por la constante K_x mediante la subrutina MULFLO.

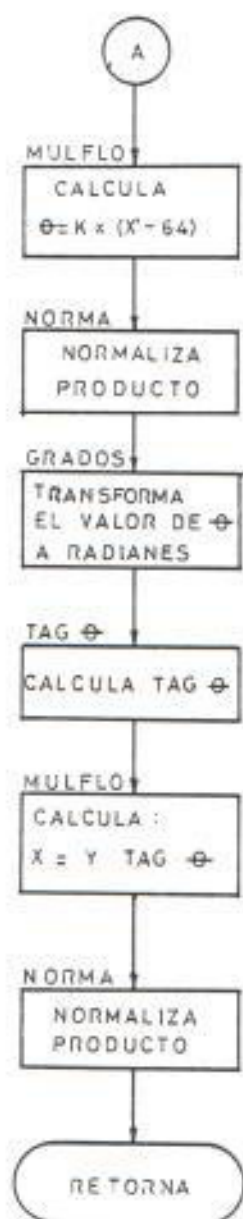
Teniendo calculado el valor de θ se calcula la tangente del mismo por medio de la subrutina TAG.

Finalmente se multiplica la $\text{Tag } \theta$ por la ordenada Y . El resultado queda expresado en punto flotante en ex

ceso de 64 ocupando tres bytes de memoria estando el primer - byte direccionado por H,L.

DIAGRAMA DE FLUJO DE LA SUBROUTINA XXX





CODIFICACION DE LA SUBROUTINA XXX

Dirección	Etiqueta	Cod.Ope.	Mnémonico	Comentarios
02DA	XXX	E5	PUSH H	
02DB		21	LXIH	/Carga H,L con una dirección de trabajo
02DC		00		
02DD		0C		
02DE		CD	CALL	/Convierte X' a punto flotante
02DF		00	BIFLO	
02E0		01		
02E1		E5	PUSH H	
02E2		11	LXID	/Carga D,E con la dirección de la cte. 64.
02E3		A3		
02E4		08		
02E5		21	LXIH	/Carga H,L con una dirección de trabajo
02E6		1E		
02E7		0C		
02E8		06	MVIB	/Copia la constante "64" en otra dirección
02E9		03		
02EA		CD	CALL	
02EB		1A	COPIA	
02EC		01		
02ED		EB	XCHG	
02EE		E1	POP H	/Recupera X'
02EF		CD	CALL	/Calcula (X' - 64)
02F0		4A	RESFLO	
02F1		02		
02F2		E5	PUSH H	
02F3		11	LXID	/Carga D,E con la dirección de la cte."Kx".
02F4		A6		
02F5		08		
02F6		21	LXIH	
02F7		21		
02F8		0C		
02F9		06	MVIB	/Copia la constante Kx en otra dirección.
02FA		03		
02FB		CD	CALL	
02FC		1A	COPIA	
02FD		01		
02FE		EB	XCHG	
02FF		E1	POP H	/Recupera X'-64
0300		CD	CALL	/Calcula 0
0301		5A	MULFLO	
0302		01		
0303		CD	CALL	/Calcula 0 en radianes.
0304		AA	GRADOS	
0305		03		
0306		EB	XCHG	
0307		21	LXIH	

Dirección Etiqueta Cod.Ope. Mnémonico Comentarios

Dirección	Etiqueta	Cod.Ope.	Mnémonico	Comentarios
0308		24		
0309		0C		
030A		06	MVIB	/Copia θ en ra
030B		03		dianes en otra
030C		CD	CALL	dirección.
030D		1A	COPIA	
030E		01		
030F		EB	XCHG	
0310		21	LXIH	
0311		27		
0312		0C		
0313		06	MVIB	/Se obtiene otra
0314		03		copia de θ en -
0315		CD	CALL	radianes.
0316		1A	COPIA	
0317		01		
0318		CD	CALL	/Calcula θ^2
0319		5A	MULFLO	
031A		01		
031B		EB	XCHG	
031C		21	LXIH	
031D		2A		
031E		0C		
031F		06	MVIB	/Copia θ^2
0320		03		
0321		CD	CALL	
0322		1A	COPIA	
0323		01		
0324		CD	CALL	/Calcula Tag θ
0325		3A	TAG	
0326		03		
0327		D1	POP D	/Recupera Y
0328		E5	PUSH H	/Guarda Tag θ
0329		21	LXIH	
032A		2D		
032B		0C		
032C		06	MVIB	/Se obtiene una
032D		03		copia de Y
032E		CD	CALL	
032F		1A	COPIA	
0330		01		
0331		EB	XCHG	
0332		E1	POP H	/Recupera Tag θ
0333		CD	CALL	/Calcula X
0334		5A	MULFLO	
0335		01		
0336		C9	RET	

SUBROUTINA TAG

FUNCION: Calcula la tangente de un ángulo expresado en radianes.

INTERFASE: El valor del ángulo al cual se le va a calcular la tangente está expresado en punto flotante en exceso de 64 ocupando tres bytes de memoria siendo direccionado su primer byte por el registro par H,L.

Las constantes utilizadas en el cálculo están grabadas en direcciones especiales utilizadas para este propósito.

El resultado es expresado en punto flotante y direccionado por el registro H,L.

DESCRIPCION: La subrutina TAG calcula la tangente de un ángulo θ que previamente ha sido calculado en la subrutina XXX y se encuentra direccionado por el registro H,L.

El cálculo de la tangente se lo hace en base al siguiente algoritmo:

$$\text{Tag}\theta = \theta \{ \text{KC4} + \theta^2 \{ \text{KC3} + \theta^2 (\text{KC2} + \theta^2 \text{KC1}) \} \}$$

donde

$$\text{KC4} = 1$$

$$\text{KC3} = 0.333333333$$

$$\text{KC2} = 0.133333333$$

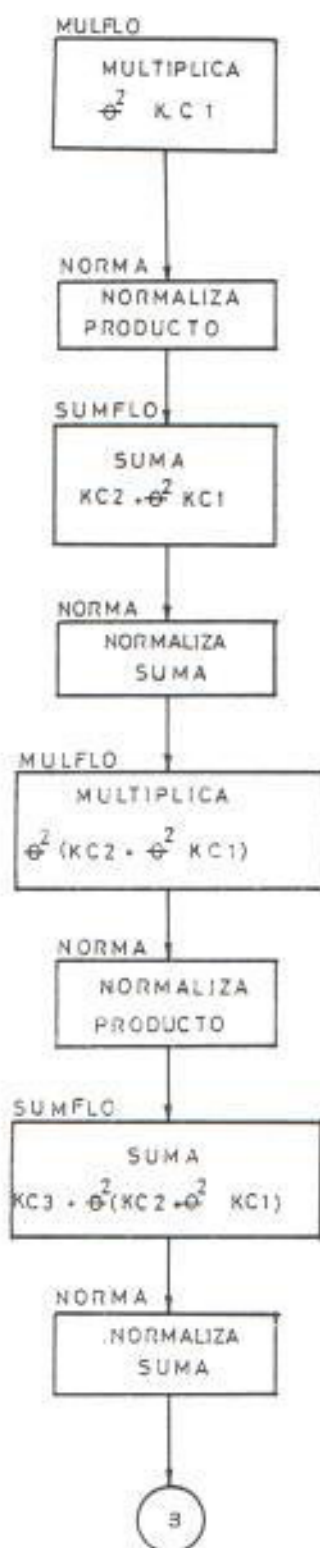
$$\text{KC1} = 0.053968254$$

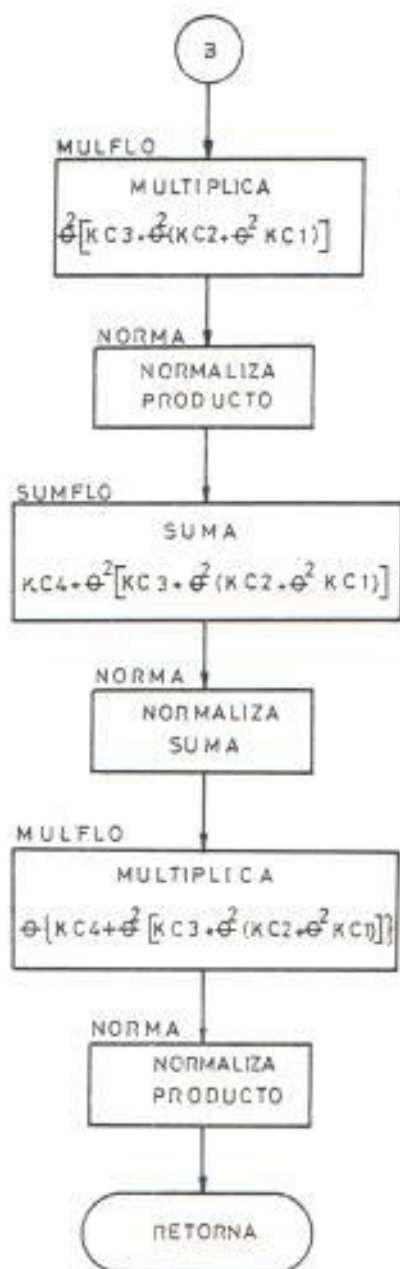
Estas constantes están grabadas en determinadas direcciones y son copiadas en otras direcciones cuando se las necesita en el proceso del cálculo.

Primeramente se multiplica θ^2 por KC1, a este producto se le suma KC2, a esta suma se la multiplica por θ^2 , a este producto se le suma KC4 y finalmente a dicha suma se la multiplica por θ . Después de cada operación aritmética se normaliza el resultado.

El resultado final se lo direcciona por el registro par H,L.

DIAGRAMA DE FLUJO DE LA SUBROUTINA TAG





CODIFICACION DE LA SUBROUTINA TAG

Dirección	Etiqueta	Cod.Ope.	Mnémonico	Comentarios
Ø33A	TAG	21	LXIH	/Carga H,L con
Ø33B		36		la dirección de
Ø33C		ØC		Ø
Ø33D		E5	PUSH H	
Ø33E		21	LXIH	/Carga H,L con
Ø33F		24		la dirección
Ø34Ø		ØC		donde está gra
Ø341		E5	PUSH H	bado Ø ² .
Ø342		E5	PUSH H	
Ø343		21	LXIH	/Carga H,L con
Ø344		CØ		otra dirección
Ø345		Ø8		donde está gra
				bado Ø ² .
Ø346		E5	PUSH H	
Ø347		11	LXID	/Carga D,E con
Ø348		AF		la dirección de
Ø349		Ø8		la cte. KC1.
Ø34A		21	LXIH	/Carga H,L con
Ø34B		39		una dirección
Ø34C		ØC		de trabajo.
Ø34D		06	MVIB	/Copia cte. KC1
Ø34E		03		en otra dirección
Ø34F		CD	CALL	
Ø35Ø		1A	COPIA	
Ø351		Ø1		
Ø352		EB	XCHG	
Ø353		E1	POP H	/Recupera Ø ²
Ø354		CD	CALL	/Calcula KC1.Ø ²
Ø355		5A	MULFLO	
Ø356		Ø1		
Ø357		E5	PUSH H	
Ø358		11	LXID	/Carga D,E con
Ø359		B2		la dirección
Ø35A		Ø8		de la cte. KC2
Ø35B		21	LXIH	
Ø35C		3C		
Ø35D		ØC		
Ø35E		06	MVIB	/Copia cte. KC2
Ø35F		03		en otra direc-
Ø36Ø		CD	CALL	ción.
Ø361		1A	COPIA	
Ø362		Ø1		
Ø363		D1	POP D	
Ø364		CD	CALL	/Calcula KC2 más
Ø365		EØ	SUMFLO	KC1.Ø ²
Ø366		Ø1		

Dirección Etiqueta Cod.Ope. Mnémonico Comentarios

Ø367	D1	POP D	
Ø368	E5	PUSH H	
Ø369	21	LXIH	/Carga H,L con
Ø36A	3F		una dirección
Ø36B	ØC		de trabajo.
Ø36C	06	MVIB	/Copia el valor
Ø36D	03		de θ^2 en la
Ø36E	CD	CALL	nueva dirección
Ø36F	1A	COPIA	
Ø37Ø	Ø1		
Ø371	EB	XCHG	
Ø372	E1	POP H	
Ø373	CD	CALL	/Calcula:
Ø374	5A	MULFLO	$\theta^2(KC2 + \theta^2KC1)$
Ø375	Ø1		
Ø376	E5	PUSH H	
Ø377	11	LXID	/Carga D,E con
Ø378	B5		la dirección de
Ø379	Ø8		la cte. KC3
Ø37A	21	LXIH	/Carga H,L con
Ø37B	42		una dirección
Ø37C	ØC		de trabajo.
Ø37D	06	MVIB	/Copia KC3 en la
Ø37E	03		nueva dirección
Ø37F	CD	CALL	
Ø38Ø	1A	COPIA	
Ø381	Ø1		
Ø382	EB	XCHG	
Ø383	E1	POP H	
Ø384	CD	CALL	/Suma KC3 al pro
Ø385	EØ	SUMFLO	ducto anterior
Ø386	Ø1		
Ø387	D1	POP D	
Ø388	CD	CALL	/Multiplica θ^2
Ø389	5A	MULFLO	por el total an
Ø38A	Ø1		terior.
Ø38B	E5	PUSH H	
Ø38C	11	LXID	/Carga D,E con
Ø38D	B8		la dirección de
Ø38E	Ø8		la cte. KC4
Ø38F	21	LXIH	/Carga H,L con
Ø39Ø	45		una dirección
Ø391	ØC		de trabajo
Ø392	06	MVIB	/Copia KC4 en la
Ø393	03		nueva dirección
Ø394	CD	CALL	
Ø395	1A	COPIA	
Ø396	Ø1		

Dirección	Etiqueta	Cod.Ope.	Mnémonico	Comentarios
Ø397		EB	XCHG	
Ø398		E1	POP H	
Ø399		CD	CALL	/Suma KC4 al pro-
Ø39A		EØ	SUMFLO	ducto anterior
Ø39B		Ø1		
Ø39C		D1	POP D	/Recupera direc-
Ø39D		CD	CALL	ción de Ø y cal
Ø39E		5A	MULFLO	cula Tag Ø
Ø39F		Ø1		
Ø3AØ		C9	RET	

SUBROUTINA GRADOS

- FUNCION:** Convierte el valor de un ángulo expresado en grados a radianes.
- INTERFASE:** El valor del ángulo está direccionado en memoria por el registro par H,L y devuelve su valor en radianes en memoria direccionada también por el registro par H,L.
- DESCRIPCION** La subrutina GRADOS multiplica el valor del ángulo por la constante - " π ", este resultado lo multiplica por la constante de radianes a grados, es decir 1/180. Este producto es el valor del ángulo expresado en radianes. Ambas multiplicaciones se las hace mediante la subrutina - MULFLO.

DIAGRAMA DE FLUJO DE LA SUBROUTINA GRADOS



CODIFICACION DE LA SUBROUTINA GRADOS

Dirección	Etiqueta	Cod.Ope.	Mnémonico	Comentarios
Ø3AA	GRADOS	44	MVB,H	/En B,C queda di rección del ángu lo en grados.
Ø3AB		4D	MBC,L	
Ø3AC		E5	PUSH H	
Ø3AD		11	LXID	/Carga D,E con
Ø3AE		3Ø		la dirección de
Ø3AF		ØC		la cte. π
Ø3BØ		21	LXIH	/Carga H,L con
Ø3B1		A9		una dirección de
Ø3B2		Ø8		trabajo.
Ø3B3		06	MVIB	/Copia π en la
Ø3B4		03		nueva dirección
Ø3B5		CD	CALL	
Ø3B6		1A	COPIA	
Ø3B7		Ø1		
Ø3B8		EB	XCHG	
Ø3B9		E1	POP H	
Ø3BA		CD	CALL	/Calcula θ por π
Ø3BB		5A	MUFLO	
Ø3BC		Ø1		
Ø3BD		EB	XCHG	
Ø3BE		D5	PUSH D	
Ø3BF		11	LXID	/Carga D,E con
Ø3CØ		AC		la dirección de
Ø3C1		Ø8		la cte. $1/180$
Ø3C2		21	LXIH	/Carga H,L con
Ø3C3		33		una dirección de
Ø3C4		ØC		trabajo
Ø3C5		06	MVIB	/Copia $1/180$ en
Ø3C6		03		nueva dirección
Ø3C7		CD	CALL	
Ø3C8		1A	COPIA	
Ø3C9		Ø1		
Ø3CA		D1	POP D	
Ø3CB		CD	CALL	/Calcula θ por -
Ø3CC		5A	MULFLO	$1/180$.
Ø3CD		Ø1		
Ø3CE		EB	XCHG	
Ø3CF		21	LXIH	/Carga H,L con
Ø3DØ		36		una dirección de
Ø3D1		ØC		trabajo.
Ø3D2		06	MVIB	/Copia el valor
Ø3D3		03		del ángulo ex-
Ø3D4		CD	CALL	presado en ra-
Ø3D5		1A	COPIA	dianes
Ø3D6		Ø1		
Ø3D7		C9	RET	

SUBROUTINA DIFLO

FUNCIÓN: Divide dos números en punto flotante en exceso de 64.

INTERFASE: El dividendo debe estar direccionado por el registro par D, E y el divisor debe estar direccionado por el registro par H,L.

El resultado es direccionado por H,L.

DESCRIPCIÓN: La subrutina DIFLO divide números enteros para enteros, enteros para decimales y decimales para enteros expresados en punto flotante.

Primeramente comienza comparando los exponentes del dividendo y divisor. De esta comparación se tienen tres casos:

- El exponente del dividendo es mayor que el exponente del divisor en cuyo caso se desplaza los dos bytes de característica del divisor hacia la derecha tantas veces como sea la diferencia de los exponentes.

- El exponente del dividendo es menor que el exponente del divisor en cuyo caso se desplazan los dos bytes de característica del dividendo hacia la derecha tantas veces como sea la diferencia de los de los exponentes.
- Ambos exponentes son iguales en cuyo caso tanto el dividendo como el divisor quedan sin modificarse.

Una vez que se ha compensado la diferencia de exponentes se procede a la división de las características mediante la subrutina DIVI. El cuociente obtenido se lo almacena en una dirección determinada y se continúa trabajando con el residuo en caso de que exista.

A partir de este punto se simula una división decimal cualquiera solo que en lugar de multiplicar

por 10 el residuo y volver a divi
dirlo por el divisor, se toma el
divisor y se lo divide para 10 pa
ra luego dividir el residuo por
este nuevo divisor al que se deno
mina DR1. Esto se lo hace con el
fin de evitar números tan grandes
que ocupen cuatro bytes como po
dría suceder en caso de multipli
car el residuo por 10.

El resultado de esta nueva divi
sión se lo denomina Cuociente 2.
Mediante la subrutina VALCOCI se
identifica el valor del cuociente
2 y se lo multiplica por 1/10. El
producto se lo almacena en una
dirección destinada a la suma de
la parte decimal.

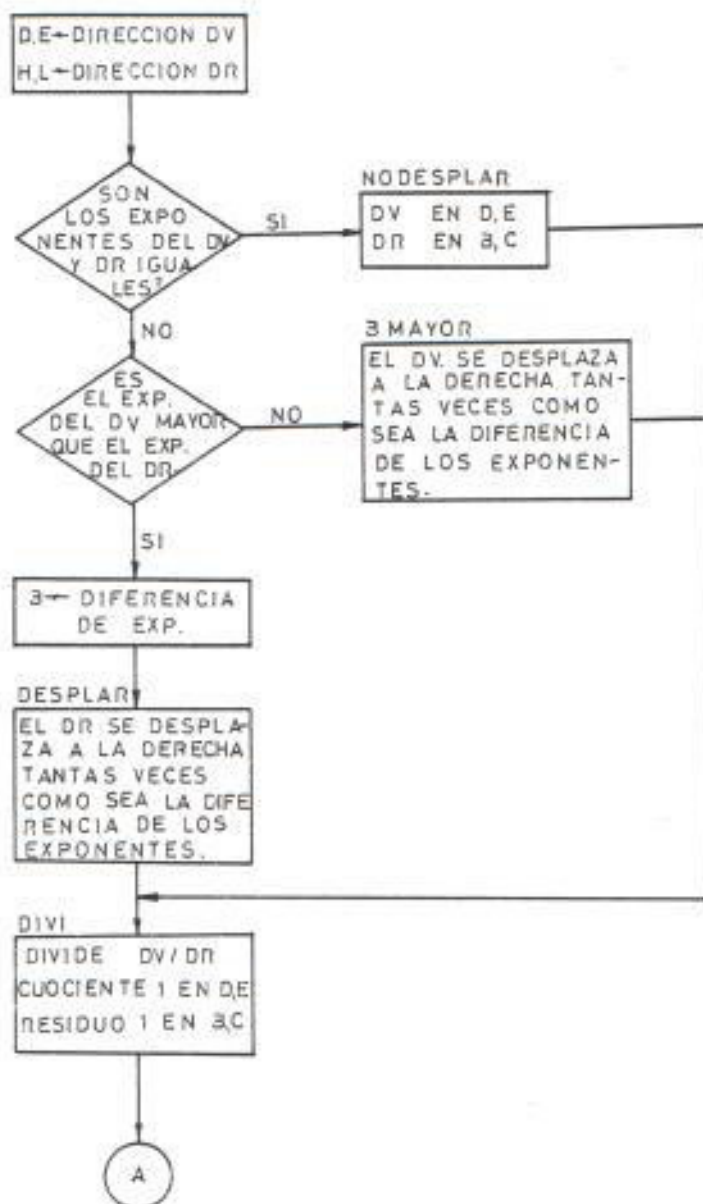
El residuo 2, en caso de existir,
se lo divide para DR2 ($DR1/10$) y
el nuevo cuociente al que se deno
mina Cuociente 3 luego de ser -
identificado por la subrutina VAL
COCI se lo multiplica por 1/100 y

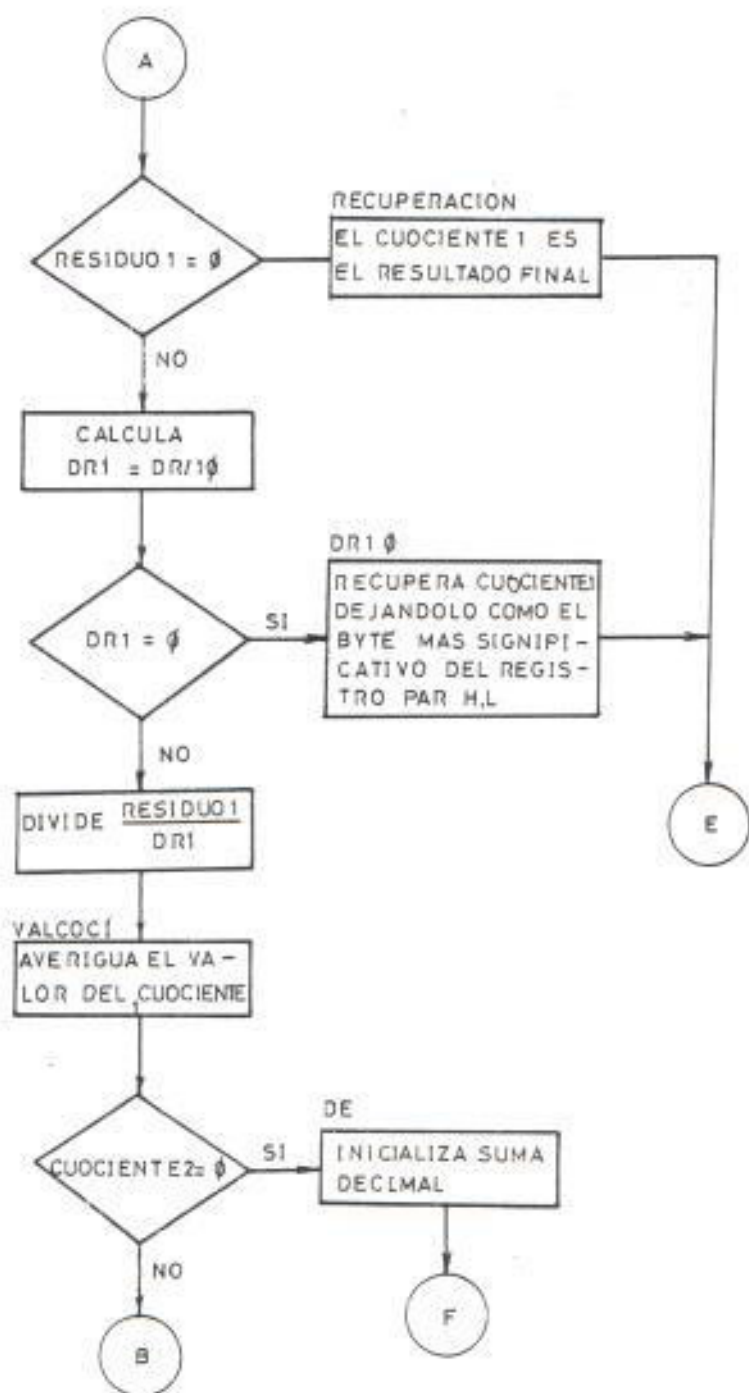
se lo suma al total anterior almacenado en la dirección de la suma de la parte decimal. Se podría proseguir con este método pero se ha considerado que la precisión es suficiente con los dos decimales.

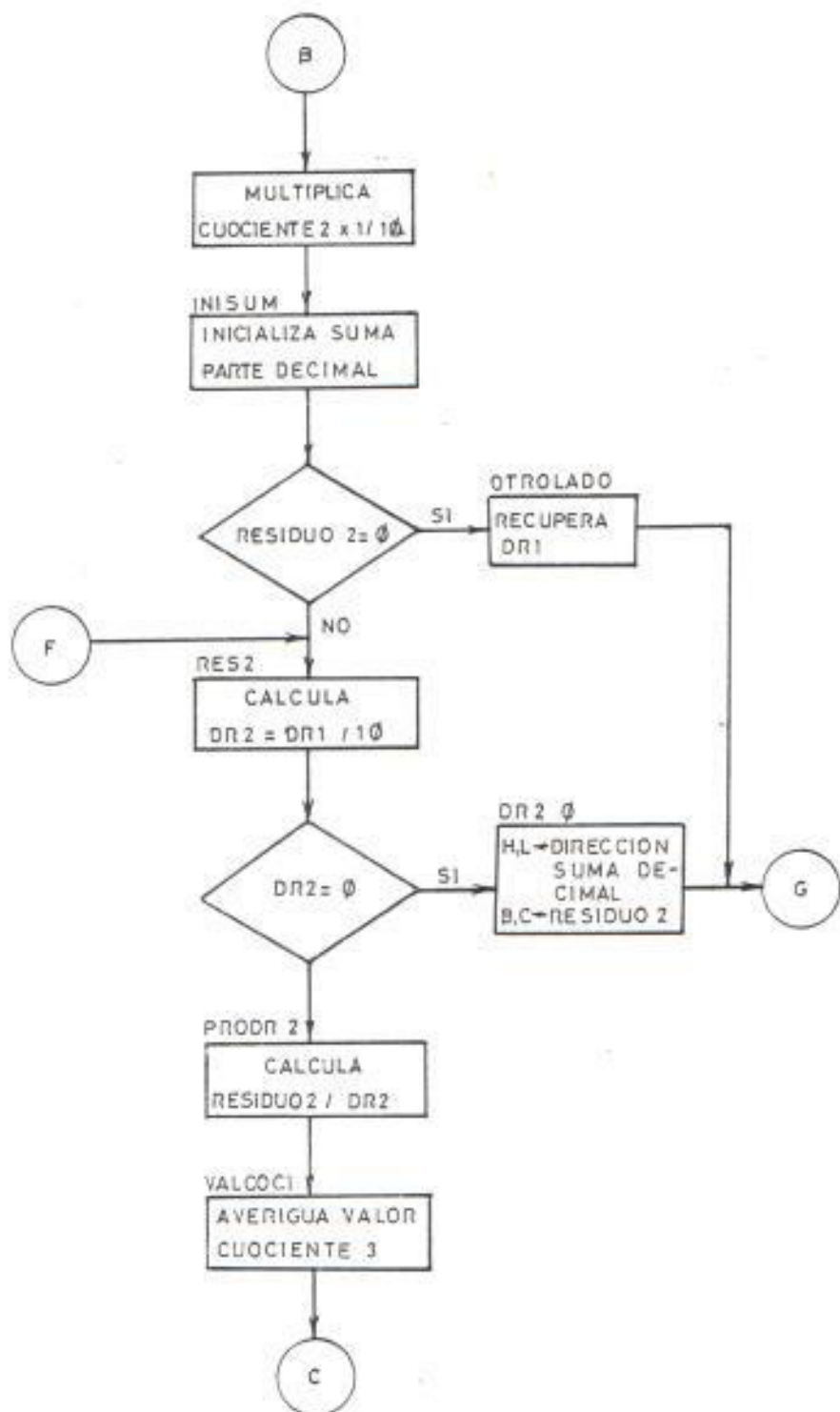
Finalmente se suma el Cuociente 1 con el total de la parte decimal mediante la instrucción de suma de doble precisión. Para el efecto se considera al cuociente 1 como el byte más significativo de un registro par y al total de la parte decimal como el byte menos significativo de otro registro par.

Una vez obtenida la suma se normaliza el total siendo el exponente igual a la diferencia entre 72 y el número de desplazamientos que fue necesario hacer para llevar el primer uno del total a la posición del bit más significativo.

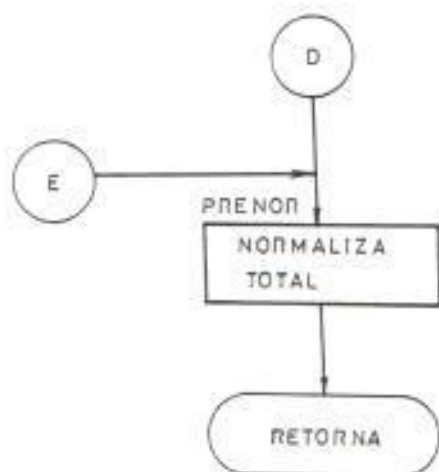
DIAGRAMA DE FLUJO DE LA SUBROUTINA DIFLO











CODIFICACION DE LA SUBROUTINA DIFLO

Dirección	Etiqueta	Cod.Ope.	Mnémonico	Comentarios
Ø3DA	DIFLO	D5	PUSH D	/Guarda dirección del DV.
Ø3DB		D5	PUSH D	
Ø3DC		7E	MVA,M	/En A queda expo- nente del DR y
Ø3DD		47	MVB,A	lo carga a B
Ø3DE		1A	LDAX D	/En A queda expo- nente del DV
Ø3DF		90	SUB B	/Resta los exp.
Ø3EØ		CA	JZ	/Si los exponentes
Ø3E1		ØB	NODESPLAR	son iguales no se
Ø3E2		Ø6		desplaza el exp. del DR
Ø3E3		DA	JC	/Si el exp. del DR
Ø3E4		D6	BMAYOR	es mayor que el
Ø3E5		Ø6		del DV va a BMAYOR
Ø3E6		47	MVB,A	/En B queda la dife- rencia de los expo- nentes.
Ø3E7		23	INX H	
Ø3E8		56	MVD,M	
Ø3E9		23	INX H	
Ø3EA		5E	MVE,M	
Ø3EB		62	MVH,D	/En H,L quedan los
Ø3EC		6B	MVL,E	dos bytes de ca- racterística del DR
Ø3ED	DESPLAR	AF	XRA A	/Encera el carry
Ø3EE		7C	MVA,H	
Ø3EF		1F	RAR	
Ø3FØ		67	MVH,A	
Ø3F1		7D	MVA,L	
Ø3F2		1F	RAR	
Ø3F3		6F	MVL,A	
Ø3F4		Ø5	DCR B	
Ø3F5		C2	JNZ	
Ø3F6		ED	DESPLAR	
Ø3F7		Ø3		
Ø3F8	CARAC	44	MVB,M	/En B,C queda DR
Ø3F9		4D	MVC,L	
Ø3FA		E1	POP H	
Ø3FB		23	INX H	
Ø3FC		56	MVD,M	/En D,E queda DV
Ø3FD		23	INX H	
Ø3FE		5E	MVE,M	

Dirección	Etiqueta	Cod.Ope.	Mnémonico	Comentarios
03FF		65	PUSH B	/Guarda DR rota- do.
0400	PASE	CD	CALL	
0401		F4	DIVI	
0402		86		
0403		3E	MVIA	
0404		00		
0405		B8	CMP B	/Chequea si el
0406		C2	JNZ	residuo 1 es ce
0407		29	RES1	ro va a RECUR
0408		86		
0409		B9	CMP C	
040A		CA	JZ	
040B		0F	RECUR	
040C		05		
040D	RES1	E1	POP H	/En H,L queda DR
040E		D5	PUSH D	/Guarda Cuocien- te 1.
040F		C5	PUSH B	/Guarda Residuo 1
0410		06	MVIB	
0411		00		
0412		0E	MVIC,0A	
0413		0A		
0414		54	MVD,H	/En D,E queda DR
0415		5D	MVE,L	
0416		CD	CALL	/Calcula DR1
0417		D8	DIVI	
0418		04		
0419		3E	MVIA	/Chequea si DR1 es cero
041A		00		
041B		BA	CMP D	
041C		C2	JNZ	
041D		23	PROSIGA	
041E		04		
041F		BB	CMP E	
0420		CA	JZ	/Si el DR1 es ce
0421		1A	DR10	ro va a DR10
0422		05		
0423	PROSIGA	42	MVB,D	/En D,E queda - DR1
0424		4B	MVC,E	
0425		D1	POP D	/Carga D,E con di rección del Resi duo 1.
0426		C5	PUSH B	/Guarda DR1
0427		CD	CALL	/Calcula:
0428		D8	DIVI	Res 1/DR1
0429		04		

Dirección	Etiqueta	Cod.Ope.	Mnémonico	Comentarios
Ø42A		C5	PUSH B	/Guarda Residuo 2
Ø42B		0E	MVIC,02	
Ø42C		02		
Ø42D		CD	CALL	/Averigua el valor
Ø42E		62	VALCOCI	del Cuociente -
Ø42F		Ø5		2
Ø43Ø		89	CMP C	/Si el Cuociente
Ø431		CA	JZ	es cero va a -
Ø432		24	DE	DE
Ø433		Ø5		
Ø434		E5	PUSH H	
Ø435		11	LXID	/Carga D,E con la
Ø436		BB		dirección de la
Ø437		Ø8		cte. 1/10.
Ø438		21	LXIH	/Carga H,L con una
Ø439		48		dirección de tra-
Ø43A		ØC		bajo.
Ø43B		06	MVIB	/Copia la constan-
Ø43C		03		te 1/10 en nueva
Ø43D		CD	CALL	dirección.
Ø43E		1A	COPIA	
Ø43F		Ø1		
Ø44Ø		EB	XCHG	
Ø441		E1	POP H	
Ø442		CD	CALL	/Multiplica Cuo-
Ø443		5A	MULFLO	ciente 2 por la
Ø444		Ø1		cte. 1/10.
Ø445	INISUM	E5	PUSH H	
Ø446		21	LXIH	
Ø447		4B		
Ø448		ØC		
Ø449		3E	MVIA,40	
Ø44A		40		
Ø44B		77	MVM,A	
Ø44C		3E	MVIA,00	
Ø44D		00		
Ø44E		23	INX H	
Ø44F		77	MVM,A	
Ø45Ø		23	INX H	
Ø451		77	MVM,A	
Ø452		E1	POP H	
Ø453		11	LXID	
Ø454		4B		
Ø455		ØC		
Ø456		CD	CALL	
Ø457		EØ	SUMFLO	
Ø458		Ø1		
Ø459		C1	POP B	

Dirección	Etiqueta	Cod.Ope.	Mnémonico	Comentarios
045A	PRERES2	3E	MVIA,00	/Chequea si el
045B		00		Residuo 2 es ce
045C		B8	CMP B	ro.
045D		C2	JNZ	
045E		64	RES2	
045F		04		
0460		B9	CMP C	
0461		CA	JZ	/Si Residuo 2
0462		38	OTROLADO	es cero va a
0463		05		OTROLADO
0464	RES2	D1	POP D	/En D,E queda el
				DR1
0465		C5	PUSH B	/Guarda Residuo 2
0466		E5	PUSH H	/Guarda dirección
0467		06	MVIB,00	de la suma deci-
0468		00		mal.
0469		0E	MVIC,0A	
046A		0A		
046B		CD	CALL	/Calcula DR2
046C		D8	DIVI	
046D		04		
046E	CER02	3E	MVIA,00	
046F		00		
0470		BA	CMP D	/Chequea si DR2
0471		C2	JNZ	es cero
0472		78	PRODR2	
0473		04		
0474		BB	CMP E	
0475		CA	JZ	/Si es cero va a
0476		3E	DR20	DR20
0477		05		
0478	PRODR2	42	MVB,D	/En B,C queda -
0479		4B	MVC,E	DR2
047A		E1	POP H	/En H,L queda di
				rección de suma
				décimal.
047B		D1	POP D	/En D,E queda el
				Residuo 2
047C		E5	PUSH H	
047D		CD	CALL	/Calcula:
047E		D8	DIVI	Res 2/DR2
047F		04		
0480		0E	MVIC,03	
0481		03		
0482		CD	CALL	/Averigua el va-
0483		62	VALCOCI	lor del cuocien-
0484		05		te 3.
0485		B9	CMP C	/Si el cuociente

Dirección	Etiqueta	Cod.Ope.	Mnémonico	Comentarios
0486		CA	JZ	/3 es cero va a
0487		45	EE	EE
0488		05		
0489		E5	PUSH H	
048A		11	LXID	/Carga D,E con
048B		BE		la dirección de
048C		08		la cte. 1/100
048D		21	LXI H	/Carga H,L con
048E		4E		una dirección
048F		0C		de trabajo
0490		06	MVIB	/Copia 1/100 en
0491		03		la nueva direc-
0492		CD	CALL	ción.
0493		1A	COPIA	
0494		01		
0495		EB	XCHG	
0496		E1	POP H	
0497		CD	CALL	/Calcula:
0498		5A	MULFLO	Cuociente 3 por
0499		01		la cte. 1/100
049A		D1	POP D	/Recupera en D,E
				la dirección de
				suma decimal.
049B		CD	CALL	/Suma producto
049C		E0	SUMFLO	anterior con to
049D		01		tal decimal an
				terior
049E	SUDE	D1	POP D	/En D,E queda
				cuociente 1
049F		53	MVD,E	/Deja el cuocien
04A0		1E	MVIE,00	te 1 en D y el
04A1		00		registro E se
				carga con ceros
04A2		7E	MVA,M	/En A se carga
				el exp. de suma
				decimal y se lo
				transfiere a B
04A3		47	MVB,A	/Carga A con 64
04A4		3E	MVIA,40	
04A5		40		
04A6		90	SUB B	
04A7		C2	JNZ	/Si los dos ex
04A8		49	CORRA	ponentes no son
04A9		05		iguales va a -
				CORRA
04AA		23	INX H	
04AB		46	MVB,M	
04AC		23	INX H	
04AD		4E		/Deja el total

Dirección	Etiqueta	Cod.Ope.	Mnémonico	Comentarios
04AE		26	MVIH,00	/Decimal sólo en L
04AF		00		
04B0		68	MVL,B	
04B1	SUMO	19	DAD D	/Suma la parte decimal con la parte entera
04B2		00	NOP	
04B3		00	NOP	
04B4	PRENOR	06	MVIB,00	
04B5		00		
04B6	NOR	AF	XRA A	
04B7		04	INR B	
04B8		7D	MVA,L	
04B9		17	RAL	
04BA		6F	MVL,A	
04BB		7C	MVA,H	
04BC		17	RAL	
04BD		67	MVH,A	
04BE		D2	JNC	
04BF		B6	NOR	
04C0		04		
04C1		05	DCR B	
04C2		1F	RAR	
04C3		67	MVH,A	
04C4		7D	MVA,L	
04C5		1F	RAR	
04C6		6F	MVL,A	
04C7		3F	MVIA,48	/Carga A con 72 y calcula la diferencia con respecto al número de desplazamientos.
04C8		48		
04C9		90	SUB B	
04CA		D1	POP D	
04CB		EB	SCHG	
04CC		77	MVM,A	
04CD		23	INX H	
04CE		72	MVM,D	
04CF		23	INX H	
04D0		73	MVM,E	
04D1		2B	DCX H	
04D2		2B	DCX H	
04D3		C9	RET	
04D4		00	NOP	
04D5		00	NOP	
04D6		00	NOP	
04D7		00	NOP	
04D8	DIVI	21	LXI H	
04D9		51		
04DA		0C		

Dirección	Etiqueta	Cod.Ope.	Mnémonico	Comentarios
04DB		71	MVM,C	
04DC		23	INX H	
04DD		70	MVM,B	
04DE		23	INX H	
04DF		36	MVIM,11	/Guarda en memo- ria el contador de bits del DR
04E0		11		de bits del DR
04E1		01	LXI B	/Carga B,C con ceros. Se lo -
04E2		00		usa para guardar el DV parcial.
04E3		00		
04E4	OTROBIT	21	LXI H	/Carga H,L con la dirección de el contador de bits.
04E5		5B		
04E6		0C		
04E7		7B	MVA,E	/En A queda el LSBY del DV
04E8		17	RAL	
04E9		5F	MVE,A	
04EA		7A	MVA,D	/Guarda el MSBY del DV en D
04EB		17	RAL	
04EC		57	MVD,A	
04ED		35	DCR M	/Decrementa el contador de los bits y retorna si es cero.
04EE		C8	RZ	
04EF		79	MVA,C	/Si no es cero, rora el MSBY
04F0		17	RAL	del DV en el di- videndo parcial
04F1		4F	MVC,A	guardado en B,C
04F2		78	MVA,B	
04F3		17	RAL	
04F4		47	MVB,A	
04F5		2B	DCX H	/Decrementa H,L de forma que a- punten al DR en memoria
04F6		2B	DCX H	
04F7		79	MVA,C	/Carga en A el - LSBY del divi- dendo parcial.
0478		96	SUB M	/Resta el LSBY del DR y guarda la diferencia en C.
04F9		4F	MVC,A	
04FA		23	INX H	
04FB		7B	MVA,B	/En A queda el MSBY del dividen- do parcial.
04FC		9E	SBB M	

Dirección	Etiqueta	Cod.Ope.	Mnémonico	Comentarios
04FD		47	MVB,A	/Guarda la diferencia en B.
04FE		02	JNC	/Si el carry es
04FF		09	NOSUMAD	cero no suma
0500		05		el divisor al
				resultado de la
				resta anterior.
0501		28	DCX H	/El DR es mayor
0502		79	MVA,C	que el dividendo
0503		86	ADD M	parcial, por lo
0504		4F	MVC,M	que el DR de
0505		23	INX H	be ser sumado a
0506		78	MVA,B	resultado de la
0507		8E	ADC M	resta ya que -
0508		47	MVB,A	el valor ante
				rior del divi
				dendo parcial -
				es restablecido
0509	NOSUMAD	3F	CMC	/Complementa el
				carry.
050A		C3	JMP	/Prueba otro bit
050B		E4	OTROBIT	en el divisor
050C		04		
050D		00	NOP	
050E		00	NOP	
050F	RECUR	C1	POP B	/Carga B,C , con
				el DR
0510		62	MVH,D	
0511		6B	MVL,E	
0512		65	MVH,L	
0513		2E	MVIL,00	
0514		00		
0515		C3	JMP	
0516		B4	PRENOR	
0517		04		
0518		00	NOP	
0519		00	NOP	
051A	DR10	C1	POP B	/Carga B,C con
				el residuo 1
051B		E1	POP H	/Carga H,L con
				el cuociente 1
051C		65	MVH,L	
051D		2E	MVIL,00	
051E		00		
051F		C3	JMP	
0520		B4	PRENOR	
0521		04		
0522		00	NOP	

Dirección	Etiqueta	Cod.Ope.	Mnémonico	Comentarios
0523		00	NOP	
0524	DE	21	LXI H	/El Cuociente 2 es cero por lo que se inicia- liza la suma decimal.
0525		4B		
0526		0C		
0527		3E	MVIA,40	
0528		40		
0529		77	MVM,A	
052B		00		
052C		23	INX H	
052D		77	MVM,A	
052E		23	INX H	
052F		77	MVM,A	
0530		C1	POP B	/En B,C queda el Residuo 2
0531		2B	DCX H	
0532		2B	DCX H	
0533		C3	JMP	
0534		64	RES2	
0535		04		
0536		00	NOP	
0537		00	NOP	
0538	OTROLADO	C1	POP B	/En B,C queda el DR1
0539		C3	JMP	
053A		9E	SUDE	
053B		04		
053C		00	NOP	
053D		00	NOP	
053E	DR20	E1	POP H	/Carga H,L con la dirección de la suma decimal
053F		C1	POP B	/Carga B,C con el residuo 2
0540		C3	JMP	
0541		9E	SUDE	
0542		04		
0543		00	NOP	
0544		00	NOP	
0545	EE	E1	POP H	/Carga H,L con la dirección de la suma decimal.
0546		C3	JMP	
0547		9E	SUDE	
0548		04		
0549		00	NOP	
054A		00	NOP	

Dirección Etiqueta Cod.Ope. Mnémonico Comentarios

0548		00	NOP	
0549	CORRA	23	INX H	
054A		46	MVB,M	
054B		23	INX H	
054C		4E	MVC,M	
054D		60	MVH,B	
054E		69	MVL,C	
054F		47	MVB,A	
0550		AF	XRA A	
0551	CONTI	7C	MVA,H	
0552		1F	RAR	
0553		67	MVH,A	
0554		7D	MVA,L	
0555		1F	RAR	
0556		6F	MVL,A	
0557		05	DCR B	
0558		C2	JNZ	
0559		51	CONTI	
055A		05		
055B		6C	MVL,H	
055C		26	MVIH,00	
055D		00		
055E		C3	JMP	
055F		B1	SUMO	
0560		04		
0561		00	NOP	
0562	VALCOCI	3E	MVIA,00	
0563		00		
0564		BB	CMP E	
0565		CA	JZ	
0566		07	IDEN	
0567		06		
0568		3E	MVIA,01	
0569		01		
056A		BB	CMP E	
056B		CA	JZ	
056C		F9	CONSTI	
056D		05		
056E		3E	MVIA,02	
056F		02		
0570		BB	CMP E	
0571		CA	JZ	
0572		ED	CONST2	
0573		05		
0574		3E	MVIA,03	
0575		03		
0576		BB	CMP E	
0577		CA	JZ	

Dirección	Etiqueta	Cod.Ope.	Mnémonico	Comentarios
0578		EI	CONST3	
0579		05		
057A		3E	MVIA,04	
057B		04		
057C		BB	CMP E	
057D		CA	JZ	
057E		D5	CONST4	
057F		05		
0580		3E	MVIA,05	
0581		05		
0582		BB	CMP E	
0583		CA	JZ	
0584		C9	CONST5	
0585		05		
0586		3E	MVIA,06	
0587		06		
0588		BB	CMP E	/Prueba si el
0589		CA	JZ	cuociente es 6,
058A		BC	CONST6	si es así va a
058B		05		CONST6.
058C		3E	MVIA,07	
058D		07		
058E		BB	CMP E	/Prueba si el
058F		CA	JZ	cuociente es 7,
0590		B0	CONST7	si es así va a
0591		05		CONST7
0592		3E	MVIA,08	
0593		08		
0594		BB	CMP E	
0595		CA	JZ	/Prueba si el
0596		A4	CONST8	cuociente es 8,
0597		05		si es así va a
0598	CONST9	11	LXI D	CONST8, si no
0599		C1		va a CONST9
059A		08		
059B		21	LXI H	/Carga H,L con
059C		54		una dirección
059D		0C		de trabajo
059E		06	MVIB,03	/Copia la cte.en
059F		03		otra dirección
05A0		CD	CALL	
05A1		1A	COPIA	
05A2		01		
05A3		C9	RET	
05A4	CONST8	11	LXI D	/Carga D,E con
05A5		C4		la dirección de
05A6		08		la cte. 8.
05A7		21	LXI H	/Carga H,L con

Dirección	Etiqueta	Cod.Ope.	Mnémonico	Comentarios
05A8		57		/Una dirección
05A9		0C		de trabajo
05AA		06	MVIB,03	/Copia la cte. en
05AB		03		otra dirección
05AC		CD	CALL	
05AD		1A	COPIA	
05AE		01		
05AF		C9	RET	
05B0	CONST7	11	LXI D	/Carga D,E con
05B1		C7		la dirección de
05B2		08		la cte. 7.
05B3		21	LXI H	/Carga H,L con
05B4		5A		una dirección -
05B5		0C		de trabajo
05B6		06	MVIB,03	/Copia la cte. en
05B7		03		otra dirección
05B8		CD	CALL	
05B9		1A	COPIA	
05BA		01		
05BB		C9	RET	
05BC	CONST6	11	LXI D	/Carga D,E con
05BD		CA		la dirección de
05BE		08		la cte. 6
05BF		21	LXI H	/Carga H,L con
05C0		5D		una dirección
05C1		0C		de trabajo
05C2		06	MVIB,03	/Copia la cte. en
05C3		03		otra dirección
05C4		CD	CALL	
05C5		1A	COPIA	
05C6		01		
05C7		C9	RET	
05C8		00	NOP	
05C9	CONST5	11	LXI D	/Carga D,E con
05CA		CD		la dirección de
05CB		08		la cte. 5
05CC		21	LXI H	/Carga H,L con
05CD		60		una dirección -
05CE		0C		de trabajo
05CF		06	MVIB,03	/Copia la cte. en
05D0		03		otra dirección
05D1		CD	CALL	
05D2		1A	COPIA	
05D3		01		
05D4		C9	RET	
05D5	CONST4	11	LXI D	/Carga D,E con
05D6		D0		la dirección de
05D7		08		la cte. 4

Dirección	Etiqueta	Cod.Ope.	Mnémonico	Comentarios
05D8		21	LXI H	/Carga H,L con
05D9		63		una dirección
05DA		0C		de trabajo
05DB		06	MVIB,03	/Copia la cte. en
05DC		03		otra dirección
05DD		CD	CALL	
05DE		1A	COPIA	
05DI		01		
05E0		C9	RET	
05E1	CONST3	11	LXI D	/Carga D,E con
05E2		D3		la dirección de
05E3		08		la cte. 3
05E4		21	LXI H	/Carga H,L con
05E5		66		una dirección -
05E6		0C		de trabajo
05E7		06	MVIB,03	/Copia la cte.en
05E8		03		otra dirección
05E9		CD	CALL	
05EA		1A	COPIA	
05EB		01		
05EC		C9	RET	
05ED	CONST2	11	LXI D	/Carga D,E con
05EE		D6		la dirección de
05EF		08		la cte. 2
05F0		21	LXI H	/Carga H,L con
0571		69		una dirección
05F2		0C		de trabajo
05F3		06	MVIB,03	/Copia la cte.en
05F4		03		otra dirección
05F5		CD	CALL	
05F6		1A	COPIA	
05F7		01		
05F8		C9	RET	
05F9	CONST1	11	LXI D	/Carga D,E con
05FA		D9		la dirección de
05FB		08		la cte. 1
05FC		21	LXI H	/Carga H,L con
05FD		45		una dirección
05FE		0C		de trabajo
05FF		06	MVIB,03	/Copia la cte.en
0600		03		otra dirección
0601		CD	CALL	
0602		1A	COPIA	
0603		01		
0604		C9	RET	
0605		00	NOP	
0606		00	NOP	
0607	IDEN	79	MVA,C	

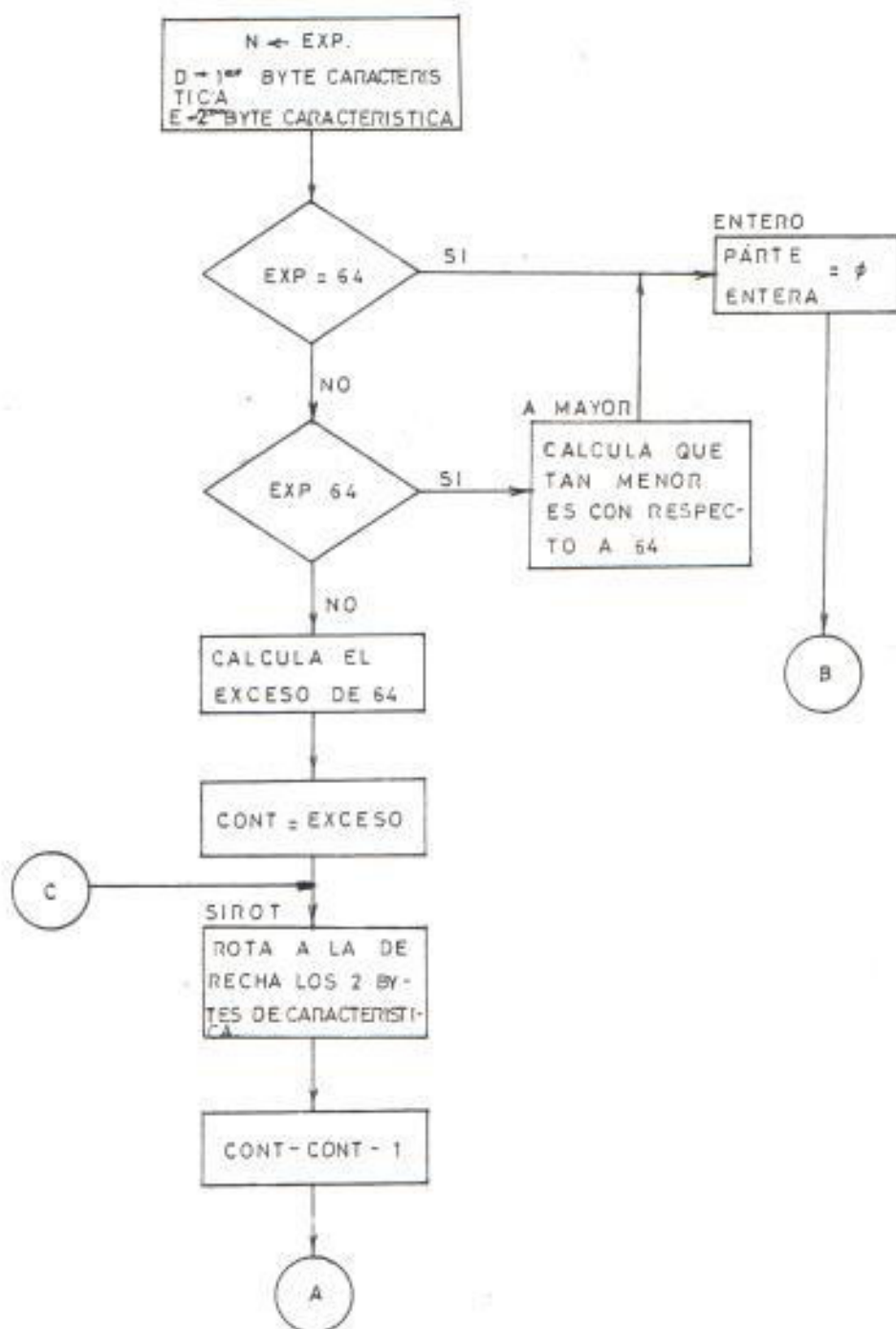
Dirección	Etiqueta	Cod.	Ope.	Mnémonico	Comentarios
0608		C9		RET	
0609		00		NOP	
060A		00		NOP	
060B	NODESPLAR	23		INX H	
060C		56		MVD,M	/En D,E quedan
060D		23		INX H	los dos bytes
060E		5E		MVE,M	de característi
060F		62		MVH,D	ca del DR y lue
0610		6B		MVL,E	go es transferi
					do a H,L
0611		C3		JMP	
0612		F8		CARAC	
0613		03			
0614		00		NOP	
0615		00		NOP	
0616	BMAYOR	2F		CMA	/Complementa en
0617		3C		INRA	2 el acumulador
0618		47		MVB,A	/En B queda la
					diferencia de
					exponentes
0619		13		INX D	
061A		1A		LDAXD	
061B		67		MVH,A	/Carga H,L con
061C		13		INX D	los dos bytes
061D		1A		LDAXD	de característi
061E		6F		MVL,A	ca del DV
061F	SIDES	AF		XRA A	/Encera el carry
0620		7C		MVA,H	
0621		1F		RAR	
0622		67		MVH,A	
0623		7D		MVA,L	
0624		1F		RAR	
0625		6F		MVL,A	
0626		05		DCR B	
0627		C2		JNZ	
0628		1F		SIDES	
0629		06			
062A		54		MVD,H	/Carga D,E con
062B		5D		MVE,L	el dividendo ro
					tado.
062C		E1		POP H	
062D		21		LXI H	/Carga H,L con
062E		48			la dirección
062F		8A			del divisor
0630		23		INX H	
0631		46		MVB,M	
0632		23		INX H	
0633		4E		MVC,M	

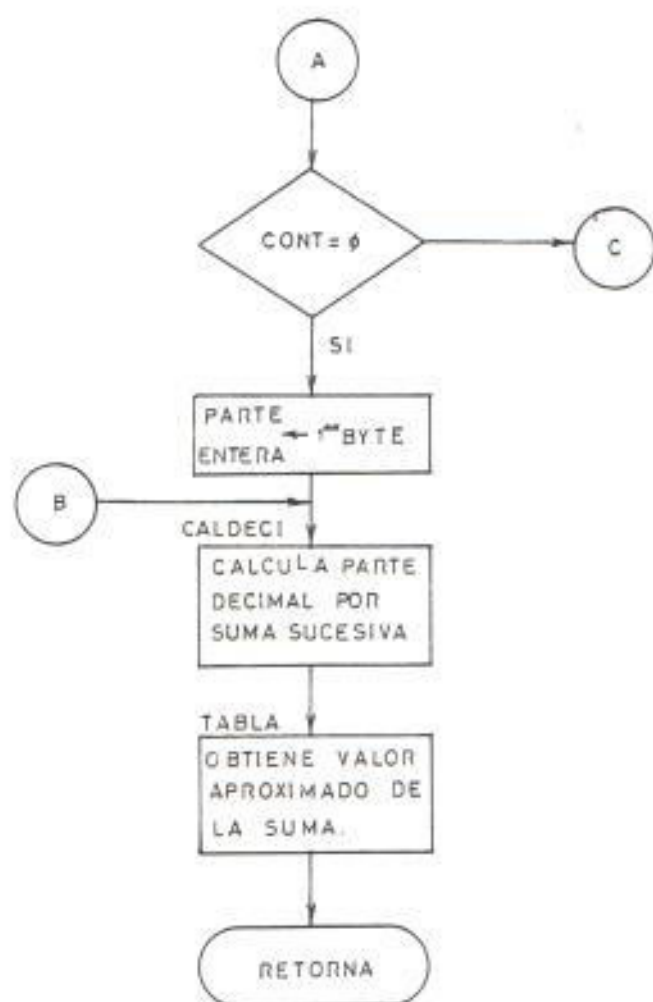
Dirección	Etiqueta	Cod.Ope.	Mnémonico	Comentarios
0634		C5	PUSH B	
0635		C3	JMP	
0636		00	PASE	
0637		04		
0638		00	NOP	

SUBROUTINA FLOBI

- FUNCION:** Convierte un número entero puro, entero con decimal ó decimal puro expresado en punto flotante en exceso de 64 a su correspondiente binario, expresado en dos bytes.
- INTERFASE:** El número en punto flotante está contenido en tres bytes de memoria siendo direccionado el primer byte por el registro par H,L. El número binario correspondiente es direccionado por H,L y ocupa dos bytes de memoria.
- DESCRIPCION:** La subrutina FLOBI examina primero el exponente del número en punto flotante. Si el exponente es 64 significa que el número es decimal puro, si es menor que 64 significa que es decimal también pero comprendido entre 0.4 y 0.0; si es mayor que 64 calcula el exceso de 64 para obtener la parte entera primero y luego proseguir el cálculo de la parte decimal de acuerdo a una tabla de valores aproximados de una suma.

DIAGRAMA DE FLUJO DE LA SUBROUTINA FLOBI





CODIFICACION DE LA SUBROUTINA		FLOBI		
Dirección	Etiqueta	Cod.Ope.	Mnémonico	Comentarios
063A	FLOBI	21	LXI H	/Carga H,L con la dirección - de el número que se desea expresar en binario.
063B		1B		
063C		0C		
063D		23	INX H	/En D se deja el primer byte de la característica.
063E		56	MVD,M	
063F		23	INX H	/En E se deja el segundo byte de la característica.
0640		5E	MVE,M	
0641		2B	DCX H	/Prueba si el exponente es 40 /Si es 40, el número es decimal puro /Si el exponente es mayor que 40 el número es entero puro ó mixto
0642		2B	DCX H	
0643		AF	XRA A	
0644		3E	MVIA,40	
0645		40		
0646		96	SUB M	
0647		CA	JZ	/Si es 40, el número es decimal puro
0648		70	ENTERO	
0649		06		/Si el exponente es mayor que 40 el número es entero puro ó mixto
064A		D2	JNC	
064B		F6	AMAYOR	
064C		06		
064D		AF	XRA A	
064E		3E	MVIA,48	
064I		48		/Prueba si el exponente es 40 /Si es 40, el número es decimal puro /Si el exponente es mayor que 40 el número es entero puro ó mixto
0650		96	SUB M	
0651		CA	JZ	/Si es 40, el número es decimal puro
0652		65	TRO	
0653		06		/Si el exponente es mayor que 40 el número es entero puro ó mixto
0654		77	MVM,A	
0655	SIROT	AF	XRA A	
0656		7A	MVA,D	
0657		1F	RAR	
0658		57	MVD,A	
0659		7B	MVA,E	
065A		1F	RAR	
065B		5F	MVE,A	
065C		AF	XRA A	

Dirección	Etiqueta	Cod.Ope.	Mnémonico	Comentarios
065D		BE	CMP M	
065E		CA	JZ	
065F		65	TRO	
0660		06		
0661		35	DCR M	
0662		C2	JNZ	
0663		55	SIROT	
0664		06		
0665	TRO	23	INX H	
0666		72	MVM,D	
0667		E5	PUSH H	
0668		53	MVD,E	
0669		21	LXI H	/Inicializa en cero la suma
066A		00		
066B		00		
066C		E5	PUSH H	
066D		C3	JMP	/Calcula la par- te decimal
066E		78	CALCEDI	
066F		06		
0670	ENTERO	23	INX H	
0671		36	MVIM,00	
0672		00		
0673		E5	PUSH H	/Guarda parte en tera
0674		21	LXI H	/Inicializa en cero la suma de cimal
0675		00		
0676		00		
0677		E5	PUSH H	
0678	CALCEDI	7A	MVA,D	
0679		E6	ANI,80	
067A		80		
067B		06	MVIB,80	
067C		80		
067D		90	SUB B	
067E		C2	JNZ	/Prueba si el pri- mer bit es -
067F		87	SIGAI	uno
0680		06		
0681		21	LXI H	/Si es uno, el primer sumando de la parte deci- mal es 500
0682		F4		
0683		01		
0684		C1	POP B	
0685		09	DAD B	
0686		E5	PUSH H	/Guarda suma par- cial
0687	SIGAI	7A	MVA,D	/Prueba si el se- gundo bit es
0688		E6	ANI,40	uno
0689		40		

Dirección	Etiqueta	Cod.Ope.	Mnémonico	Comentarios
068A		06	MVIB,40	
068B		40		
068C		90	SUB B	
068D		C2	JNZ	
068D		96	SIGA2	
068E		06		
0690		21	LXI H	/Si el segundo bit es uno, se
0691		FA		suma 250 al par
0692		00		cial decimal
0693		C1	POP B	/Recupera par
				cial
0694		09	DAD B	/Suma 250
0695		E5	PUSH H	/Guarda parcial
0696	SIGA2	7A	MVA,D	/Prueba si el
0697		E6	ANI20	tercer bit es 1
0698		20		
0699		06	MVIB,20	
069A		20		
069B		90	SUB B	
069C		C2	JNZ	
069D		A5	SIGA3	
069E		06		
069F		21	LXI H	/Si es uno, se
06A0		FD		suma 125
06A1		00		
06A2		C1	POP B	/Recupera par
				cial
06A3		09	DAD B	/Suma 125
06A4		E5	PUSH H	/Guarda parcial
06A5	SIGA3	7A	MVA,D	/Prueba si el
06A6		E6	ANI,10	cuarto bit es 1
06A7		10		
06A8		06	MVIB,10	
06A9		10		
06AA		90	SUB B	
06AB		C2	JNZ	
06AC		B4	SIGA4	
06AD		06		
06AE		21	LXI H	/Si es uno, se
06AF		3E		suma 62.
06B0		00		
06B1		C1		/Recupera par
				cial
06B2		09	DAD B	/Suma 62
06B3		E5	PUSH H	/Guarda parcial
06B4	SIGA4	7A	MVA,D	/Prueba si el
06B5		E6	ANI,08	quinto bit es 1

Dirección	Etiqueta	Cod.Ope.	Mnémonico	Comentarios
06B6		08		
06B7		06	MVIB,08	
06B8		08		
06B9		90	SUB B	
06BA		C2	JNZ	
06BB		C3	SIGA5	
06BC		06		
06BD		21	LXI H	/Si es uno, se suma 31
06BE		1F		
06BF		00		
06C0		C1	POP B	/Recupera par cial
06C1		09	DAD B	/Suma 31
06C2		E5	PUSH H	/Guarda parcial
06C3	SIGA5	7A	MVA,D	/Prueba si el
06C4		E6	ANI,04	sexto bit es 1
06C5		04		
06C6		06	MVIB,04	
06C7		04		
06C8		90	SUB B	
06C9		C2	JNZ	
06CA		D2	SIGA5	
06CB		06		
06CC		21	LXI H	/Si es uno, se suma 16
06CD		10		
06CE		00		
06CF		C1	POP B	/Recupera par cial
06D0		09	DAD B	/Suma 16
06D1		E5	PUSH H	/Guarda parcial
06D2	SIGA6	7A	MVA,D	/Prueba si el
06D3		E6	ANI,02	séptimo bit es uno
06D4		02		
06D5		06	MVIB,02	
06D6		02		
06D7		90	SUB B	
06D8		C2	JNZ	
06D9		E1	SIGA7	
06DA		06		
06DB		21	LXI H	/Si es uno, se suma 8
06DC		08		
06DD		00		
06DE		C1	POP B	/Recupera par cial
06DF		09	DAD B	/Suma 8
06E0		E5	PUSH H	/Guarda parcial
06E1	SIGA7	7A	MVA,D	/Prueba si el
06E2		E6	ANI,01	octavo bit es 1

Dirección	Etiqueta	Cod.Ope.	Mnémonico	Comentarios
06E3		01		
06E4		06	MVIB,01	
06E5		01		
06E6		90	SUB B	
06E7		C2	JNZ	
06E8		F2	DECI	
06E9		06		
06EA		21	LXI H	/Si es uno, se suma 4
06EB		04		
06EC		00		
06ED		C1	POP B	/Recupera par cial
06EE		09	DAD B	/Suma 4
06EF		C3	JMP	/Con el total en
06F0			TABLA	H,L obtiene el número decimal
06F1				que le correspon de.
06F2	DECI	E1	POP H	
06F3		C3	JMP	
06F4		24	TABLA	
06F5		07		
06F6	AMAYOR	AF	XRA A	/En caso de que
06F7		3E	MVIA,3F	el exponente de
06F8		3F		el número sea me nor que 64 se
06F9		96	SUB M	averigua que -
06FA		CA	JZ	tan menor es.
06FB		09	CER01	Si es 63 va a
06FC		07		CER01
06FB		3E	MVIA,3E	
06FE		3E		
06FF		96	SUB M	
0700		CA	JZ	/Si es 62 va a
0701		0E	CER02	CER02
0702		07		
0703		3E	MVIA,3D	
0704		3D		
0705		96	SUB M	
0706		CA	JZ	/Si es 61 va a
0707		13	CER03	CER03
0708		07		
0709	CER01	36	MVIM,01	/El exponente ha sido 63, por lo
070A		01		tanto se antepo ne un cero
070B		C3	JMP	
070C		15	DECIMAL	
070D		07		
070E	CER02	36	MVIM,02	/El exponente ha

Dirección	Etiqueta	Cod.Ope.	Mnémonico	Comentarios
070F		02		/ha sido 62, por lo
0710		C3		tanto se anteponen
0711		15	DECIMAL	dos ceros
0712		07		
0713	CER03	36	MVIM,03	/El exponente ha
0714		03		sido 61, por lo
				tanto se antepo-
				nen tres ceros
0715	DECIMAL	AF	XRA A	/Encera carry
0716		7B	MVA,E	
0717		1F	RAR	
0718		5F	MVE,A	
0719		AF	XRA A	/Encera carry
071A		7A	MVA,D	
071B		1F	RAR	
071C		57	MVD,A	
071D		35	DCR M	
071E		C2	JNZ	
071F		15	DECIMAL	
0720		07		
0721		C3	JMP	
0722		70	ENTERO	
0723		06		
0724	TABLA	AF	XRA A	/Encera carry
0725		3E	MVIA,00	
0726		00		
0727		BC	CMP H	
0728		C2	JNZ	
0729		4E	H1	
072A		07		
072B		3E	MVIA,32	
072C		32		
072D		BD	CMP L	
072E		D2	JNC	
072F		49	DO	
0730		07		
0731		AF	XRA A	
0732		3E	MVIA,95	
0733		95		
0734		BD	CMP L	
0735		D2	JNC	
0736		44	D1	
0737		07		
0738		AF	XRA A	
0739		3E	MVIA,F9	
073A		F9		
073B		BD	CMP L	
073C		DA	JC	

Dirección Etiqueta Cod. Ope. Mnémonico Comentarios

073D		4E	H1
073E		07	
073F	D2	16	MVID,02
0740		02	
0741		C3	JMP
0742		B1	RESULTADO
0743		07	
0744	D1	16	MVID,01
0745		01	
0746		C3	JMP
0747		B1	RESULTADO
0748		07	
0749	D0	16	MVID,00
074A		00	
074B		C3	JMP
074C		B1	RESULTADO
074D		07	
074D	H 1	AF	XRA A
074F		3E	MVIA,01
0750		01	
0751		BC	CMP H
0752		C2	JNZ
0753		6C	H2
0754		07	
0755		3E	MVIA,5D
0756		5D	
0757		BD	CMP L
0758		D2	JNC
0759		67	D3
075A		07	
075B		AF	XRA A
075C		3E	MVIA,C1
075D		C1	
075E		BD	CMP L
075F		DA	JC
0760		6C	H2
0761		07	
0762	D4	16	MVID,04
0763		04	
0764		C3	JMP
0765		B1	RESULTADO
0766		07	
0767	D3	16	MVID, 03
0768		03	
0769		C3	JMP
076A		B1	RESULTADO
076B		07	
076C	H2	AF	XRA A

Dirección	Etiqueta	Cod.Ope.	Mnémonico	Comentarios
076D		3E	MVIA,02	
076E		02		
076F		BC	CMP H	
0770		C2	JNZ	
0771		96	H3	
0772		07		
0773		3E	MVIA,25	
0774		25		
0775		BD	CMP L	
0776		D2	JNC	
0777		91	D5	
0778		07		
0779		AF	XRA A	
077A		3E	MVIA,89	
077B		89		
077C		BD	CMP L	
077D		D2	JNC	
077E		8C	D6	
077F		07		
0780		AF	XRA A	
0781		3E	MVIA,ED	
0782		ED		
0783		BD	CMP L	
0784		DA	JC	
0785		96	H3	
0786		07		
0787	D7	16	MVID,07	
0788		07		
0789		C3	JMP	
078A		B1	RESULTADO	
078B		07		
078C	D6	16	MVID,06	
078D		06		
078E		C3	JMP	
078F		B1	RESULTADO	
0790		07		
0791	D5	16	MVID,05	
0792		05		
0793		C3	JMP	
0794		B1	RESULTADO	
0795		07		
0796	H3	AF	XRA A	
0797		3E	MVIA,03	
0798		03		
0799		BC	CMP H	
079A		C2	JNZ	
079B		9D	MIS	
079C		07		

Dirección	Etiqueta	Cod.Ope.	Mnémonico	Comentarios
079D	MIS	3E	MVIA,51	
079E		51		
079F		BD	CMP L	
07A0		D2	JNC	
07A1		AF	D8	
07A2		07		
07A3		AF	XRA A	
07A4		3E	MVIA,85	
07A5		B5		
07A6		BD	CMP L	
07A7		D2	JNC	
07A8		AA	D9	
07A9		07		
07AA	D9	16	MVID,09	
07AB		09		
07AC		C3	JMP	
07AD		B1	RESULTADO	
07AE		07		
07AF	D8	16	MVID,08	
07B0		08		
07B1	RESULTADO	E1	POP H	
07B2		23	INX H	
07B3		72	MVM,D	
07B4		2B	DCX H	
07B5		56	MVD,M	
07B6		23	INX H	
07B7		5E	MVE,M	
07B8		21	LXI H	
07B9		6C		
07BA		0C		
07BB		72	MVM,D	
07BC		23	INX H	
07BD		73	MVM,E	
07BE		2B	DCX H	
07BF		3E	MVIA,06	
07C0		06		
07C1		06	MVIB,04	
07C2		04		
07C3		90	SUB B	
07C4		C9	RET	

CAPITULO IV

DESPLIEGUE DEL VALOR DE LA DISTANCIA

4.1. OBJETIVO

El objetivo de este capítulo es el de exhibir en una unidad de despliegue visual el valor de la distancia calculado en el bloque 3 del diseño.

Dicho resultado consta de una parte entera y otra decimal y viene dado en centímetros

4.2. DIAGRAMA DE BLOQUE

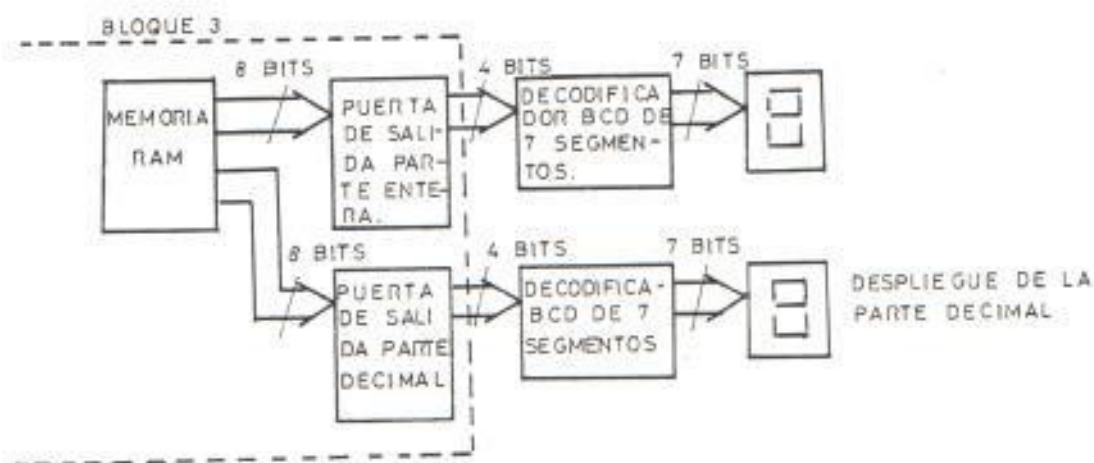


FIGURA Nº 20

DIAGRAMA DE BLOQUE DEL DESPLIEGUE DEL VALOR DE LA DISTANCIA

4.3. DIAGRAMA ESQUEMATICO

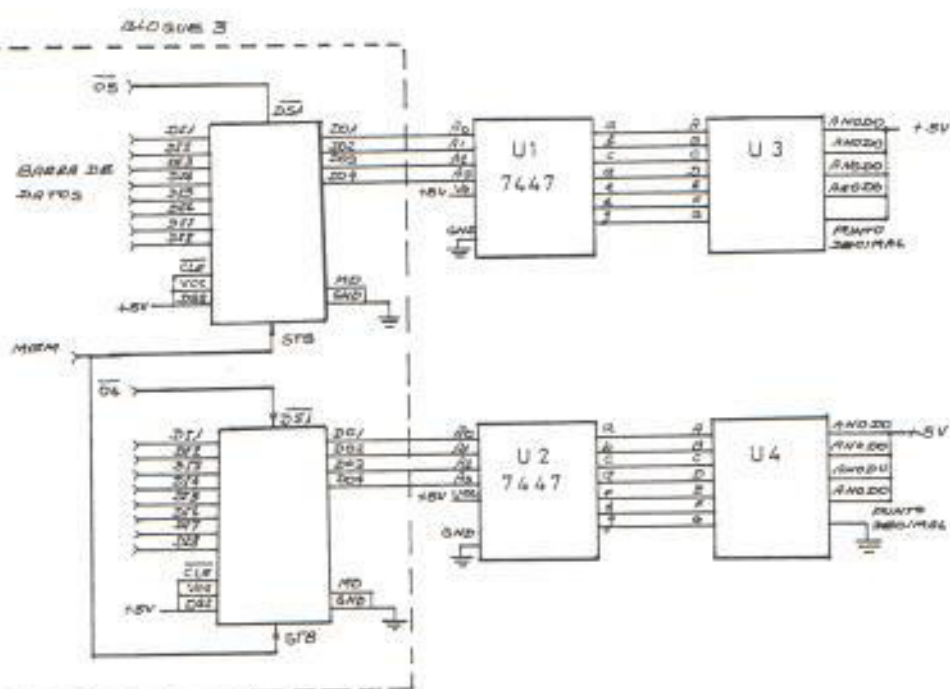


FIGURA Nº 21

DIAGRAMA ESQUEMATICO DEL DESPLIEGUE DEL VALOR DE LA DISTANCIA.

4.4. FUNCIONAMIENTO

En el diagrama de bloque (figura N° 20), se puede observar dos grupos de bits que salen de la memoria RAM del bloque 3 y llegan a dos puertas de entrada/salida 8212, respectivamente. Estos dos grupos de bits corresponden al valor de la distancia calculado y que se encuentra almacenado en dos bytes de memoria, el primer byte corresponde a la parte entera y el segundo byte a la parte decimal del resultado. La parte entera consta de un dígito .

Estos dos bytes son transferidos a dos decodificadores 7447 de siete segmentos los que a su vez "operan" las unidades de despliegue visual.

Las unidades utilizadas son 276.056 Radio Shack. El punto decimal del resultado se encuentra en la segunda unidad.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- La estructuración del diseño implicó conocer el funcionamiento de muchos circuitos integrados a los cuales los estudiantes tienen fácil acceso.
- Las conexiones individuales o en conjunto de dichos circuitos son fáciles de realizar si se tiene la información necesaria y sentido común por parte del estudiante.
- Si bien hay cálculos matemáticos que pudieron haberse hecho por medio de un diseño de tan sólo elementos discretos, fue mucho más conveniente hacerlos mediante un Sistema de Microprocesadores ya que eso permitió mayor flexibilidad en el manipuleo de cantidades obteniéndose un resultado final de mucha exactitud.
- Para un diseño de este tipo, en el que hay que limitarse, hasta cierto punto, a las señales existentes en el equipo dado, no es conveniente basarse en una tabla de verdad general, sino más bien trabajar por

etapas y forzar, en algunos casos, las salidas deseadas mediante circuitos adicionales que faciliten el trabajo.

RECOMENDACIONES

- Tratar en lo posible que el estudiante a su disposición manuales y catálogos actualizados.
- Establecer como materia de enseñanza el diseño digital, orientándolo hacia trabajos que tengan aplicación en nuestro medio a fin de que el estudiante se forme una idea de lo que puede realizar en su vida profesional.
- Las aplicaciones deberán ser de cierto grado de complejidad, a fin de que el estudiante planifique un sistema de trabajo, de modo que al iniciar un diseño grande lo haga en forma sistemática.

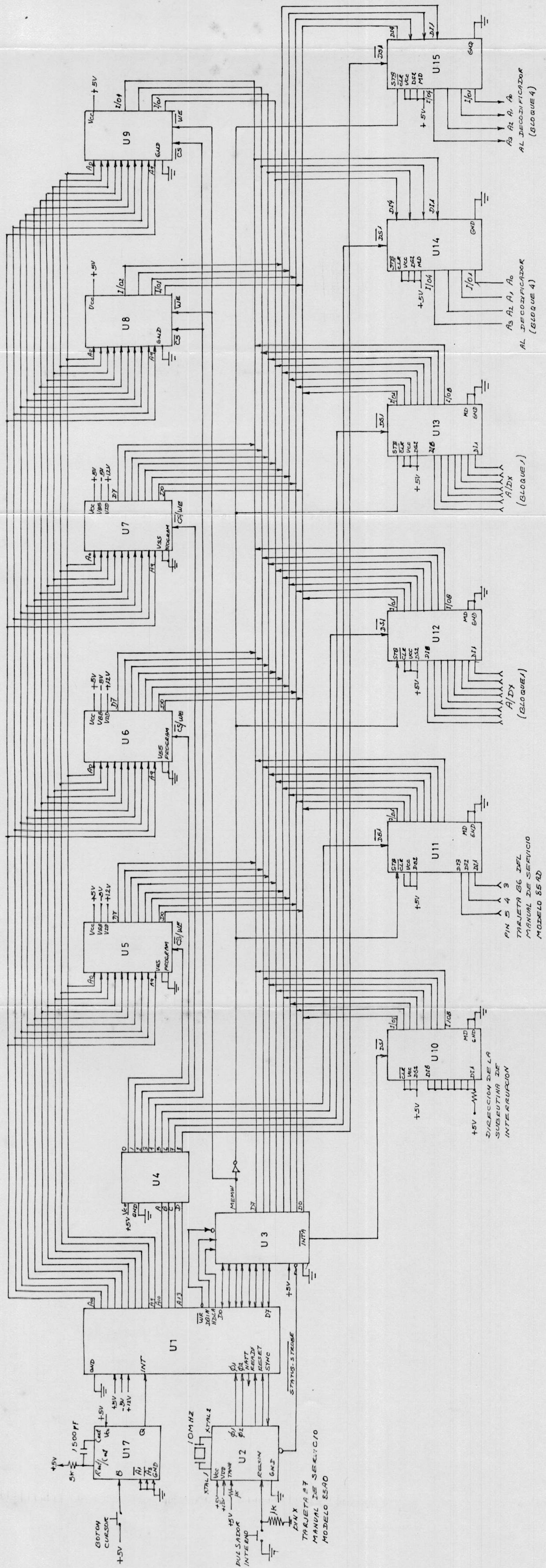
BIBLIOGRAFIA

1. TITUS, RONY, LARSEN & TITUS, 8080/8085 Software - design, Book 1 Indianapolis, Indiana, 1978.
2. TAYLOR I, BOOTH, Digital Networks and Computer - Systems.
3. RONALD J. TOCCI, Digital Systems, Principles and Applications. New Jersey, 1977.
4. LARSEN, RONY, TITUS, Microcomputer, Programming - and Interfacing Book 2. Indianapolis, Indiana , 1978.
5. BRINCE WARD, Microprocessors/Microprogramming hand book Blue Ridge Summit, Pennsylvania, 1977.

MANUALES Y REVISTAS

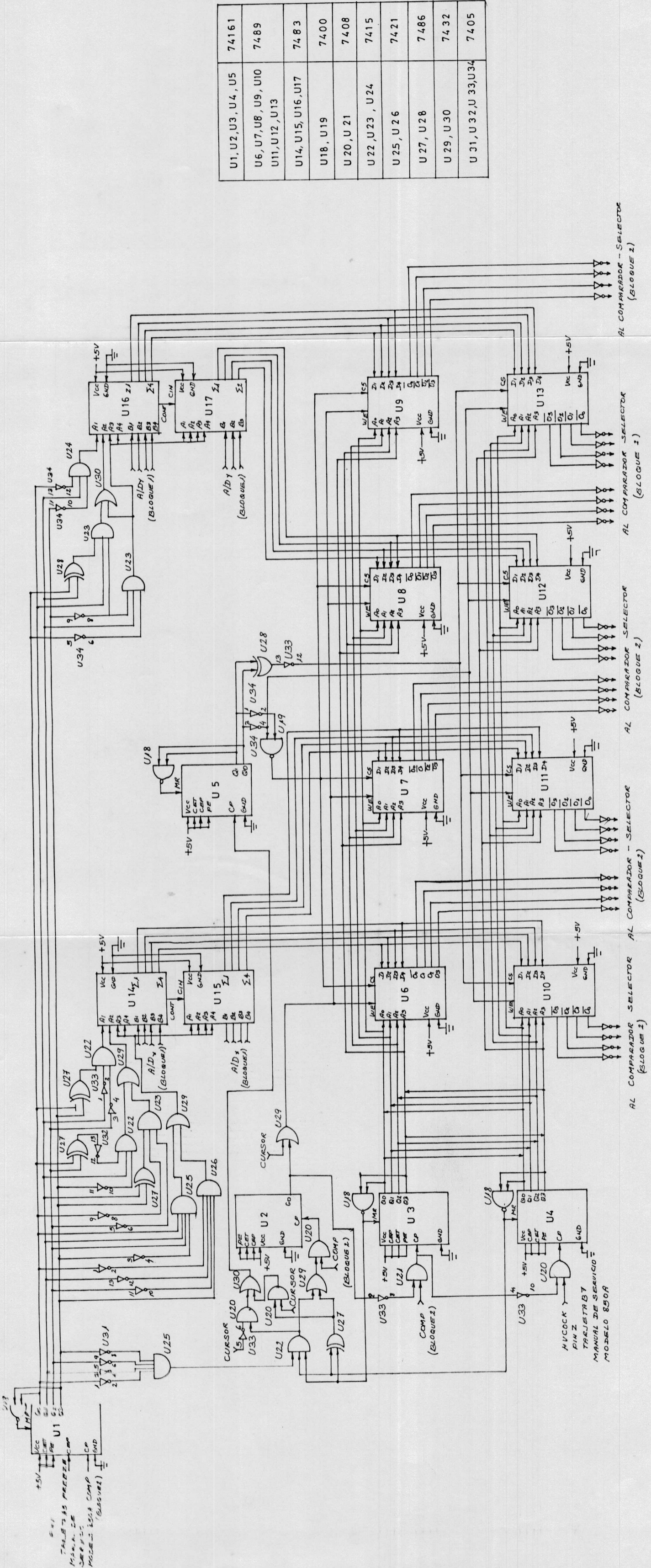
1. SERVICE MANUAL, Model 850A Real Time Digital Scanner, 1979.

2. COMPONENT DATA CATALOG, INTEL 1980.
3. DATA MANUAL, LOGIC-TTL, SIGNETICS, 1978.
4. SOFTWARE/HARDWARE TRAINING COURSE VOLUMEN 1 y 2, -
Integrated Computer Systems, Inc.



U1	8080A
U2	8224
U3	8228
U4	8851
U5, U6, U7	2708
U8, U9	2148H
U10, U11, U12	8212
U13, U14, U15	7404
U16	74121
U17	74121

FIGURA N°17 DIAGRAMA ESQUEMATICO DEL CALCULO DE LA DISTANCIA



U1, U2, U3, U4, U5	74161
U6, U7, U8, U9, U10, U11, U12, U13	7489
U14, U15, U16, U17	7483
U18, U19	7400
U20, U21	7408
U22, U23, U24	7415
U25, U26	7421
U27, U28	7486
U29, U30	7432
U31, U32, U33, U34	7405

Figura Nº 12

DIAGRAMA ESQUEMATICO DEL GENERADOR DE DIRECCIONES