



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL
Facultad de Ingeniería Eléctrica



"DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN PROTOTIPO
DE PLATAFORMA MOVIL CONTROLADA
POR MICROPROCESADOR"

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:
INGENIERO EN ELECTRICIDAD

Especialización: **ELECTRONICA**

Presentada por:

JULIO RICARDO EMEN ECHAVEZ

Guayaquil - Ecuador

1.988

AGRADECIMIENTO

Al Ing. PEDRO CARLO PAREDES,
Director de Tesis, por su ayuda
a la realización de este traba
jo y a todos los que de una u
otra manera contribuyeron a ha
cer realidad mi anhelo.-

DEDICATORIA

- A mi familia:

Presentes y ausentes.-

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".

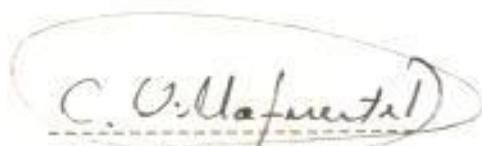
(Reglamento de Exámenes y Títulos profesionales de la ESPOL).



JULIO RICARDO EMEN ECHAVEZ

R E S U M E N

El objetivo principal de este trabajo es diseñar y construir un prototipo de plataforma móvil dotada de cuatro ruedas independientes las dos delanteras gobernadas por sendos motores DC de pequeña capacidad mientras que las otras dos brindan la necesaria estabilidad, la meta es controlar los movimientos del vehículo actuando sobre los motores. En el artículo original de donde se tomó la idea, el control fue implementado en lenguaje Forth, en una computadora personal; en este trabajo, en cambio, se desarrolló un sistema controlador basado en el SDK-85, por lo que el algoritmo fue escrito en lenguaje de máquina. La tesis incluye diseños, el proceso de desarrollo de la circuitería y programas, junto con pruebas del prototipo y conclusiones de las mismas.



ING. CARLOS VILLAFUERTE

SUBDECANO DE LA FACULTAD

INGENIERIA ELECTRICA



ING. PEDRO CARLO PAREDES

DIRECTOR DE TESIS



ING. NORMAN CHOOTONG

MIEMBRO DEL TRIBUNAL



ING. ALBERTO LARCO

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

INDICE GENERAL

	<u>Nº</u>
RESUMEN-----	VI
INDICE GENERAL -----	VII
INDICE DE FIGURAS -----	XI
INDICE DE TABLAS -----	XI
INTRODUCCION -----	14
Capítulo I	
DESCRIPCION GENERAL-----	16
1.1. Descripción del proyecto -----	16
1.2. Diagrama de bloques -----	17
Capítulo II	
DISEÑO DE LOS CIRCUITOS-----	21
2.1. Consideraciones de diseño-----	21
2.2. Sistema Motriz -----	22
2.2.1. Los motores y el mecanico reductor-----	22
2.2.2. El bloque amplificador de potencia y control de giro-----	23 23

2.3. Circuito de control -----	31
2.3.1. Bloque generador de pulsos de disparo-----	31
2.3.2. Bloque de realimentación -----	37
2.3.3. Circuito de sincronismo -----	39
2.3.4. Expansión de memoria -----	43

Capítulo III

DISERÑO DEL PROGRAMA -----	50
3.1. Consideraciones del diseño -----	50
3.1.1. Señales del bloque de control -----	50
3.1.2. Principio del movimiento -----	51
3.1.3. Bosquejo del programa -----	58
3.2. Programa monitor/ -----	59
3.2.1. Subrutinas de cálculo y conversión -----	59
3.2.1.1. Subrutina NORMA : -----	62
3.2.1.2. Subrutina READY : -----	66
3.2.1.3. Subrutina SUM : -----	70
3.2.1.4. Subrutina COMDOS : -----	74
3.2.1.5. Subrutina RES : -----	76
3.2.1.6. Subrutina MULT : -----	78
3.2.1.7. Subrutina POT : -----	83
3.2.1.8. Subrutina DIVID: -----	86
3.2.1.9. Subrutina RAIZ: -----	92
3.2.1.10. Subrutina ATAN : -----	96

3.2.1.11.Subrutina BCDBIN : -----	112
3.2.1.12.Subrutina BINPF: -----	116
3.2.1.13.Subrutina PFBIN: -----	119
3.2.1.14.Subrutina BINBCD: -----	122
3.3. Programa de control del movimiento -----	126
3.3.1. Estructura -----	126
3.3.2. Entrada de datos -----	126
3.3.3. Cálculo de ruta -----	140
3.3.4. Lazo PI y control del movimiento -----	149
3.3.5. Programa Maestro -----	180
Capítulo IV	
Construcción y pruebas -----	185
4.1. Planificación -----	185
4.2. Realización -----	186
4.2.1. Los motores y el engranaje reductor -----	186
4.2.2. Las ruedas -----	187
4.2.3. Los discos de realimentación -----	188
4.2.4. El eje final -----	190
4.2.5. Los circuitos -----	193
4.2.6. La Plataforma -----	196
4.3. Pruebas -----	205
4.3.1. Pruebas de los subsistemas -----	206
4.3.2. Pruebas del conjunto -----	218

4.3.3. Prueba de la subrutina MOV -----	224
4.3.4. Pruebas finales -----	225
Conclusiones y recomendaciones -----	231
Apéndices -----	236
Bibliografía -----	247

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

Este trabajo está dividido en cuatro partes, cada una correspondiente a un capítulo.

El Capítulo I, es una descripción del sistema en general y de sus principales bloques o circuitos constitutivos. El Capítulo - II, enfoca primeramente los condicionantes generales del diseño, para después pasar al diseño individual de cada bloque explicado en el Capítulo I.

Una vez hecho esto, el Capítulo III, aborda el programa de control del sistema; por su concepción modular, cada subrutina puede ser considerada individualmente; cada una incluye una breve descripción a modo de ficha técnica. El Capítulo IV, se centra en la construcción del prototipo, enfocando cada parte: mecánica, de circuitos y programación individualmente y en ese orden, siguiendo el esquema general de primero circuitos y luego programas.

Finalmente se enfocan las pruebas de cada circuito y del to

tal , las conclusiones y recomendaciones.

Se anexan: un manual del usuario, la lista de componentes y un diagrama de conexiones del sistema.

C A P I T U L O I

DESCRIPCION GENERAL

1.1. DESCRIPCION DEL PROYECTO

Este proyecto tiene como objetivo primordial el diseño de un prototipo de plataforma móvil controlada por microprocesador y su construcción. La idea de este trabajo surgió del IEEE Transactions on Industrial Electronics, Vol. 32, Nº 2, mayo de 1.985 de un artículo llamado "A Mobile Platform for Nursing Robots", en el cual se describían las consideraciones de diseño y el algoritmo de control de un vehículo controlado por computadora que es parte de un proyecto de robot para ayuda a pacientes de un hospital, a fin de transportar objetos u operar artefactos de uso corriente para personas que deban guardar cama.

Dadas las limitaciones tecnológicas de nuestro medio, mi proyecto no es tan ambicioso como el descrito en dicha publicación, sin embargo aspiro a demostrar que, en la actualidad, en el Ecuador ya estamos en posibilidad de construir un vehículo controlado por microprocesador capaz de

movilizarse a través de una ruta pre-establecida.

A fin de demostrar este último punto, me propongo simplificar al máximo el diseño y la construcción, empleando materiales y componentes, aunque muchos de ellos no son fabricados aquí, sin embargo son de adquisición relativamente fácil en el medio.

Este propósito me llevará en algunos momentos, a soluciones de compromiso en favor de diseños sencillos y económicos.

1.2. DIAGRAMA DE BLOQUES

En la figura N° 1, podemos distinguir los siguientes bloques constitutivos:

- Fuente de poder: alimentada por 110 voltios, nos suministra los voltajes lógicos (5, 12 voltios) dc junto con 3 voltajes alternos, uno de ellos para sincronismo y otros dos para alimentar a los motores.

- Circuito de sincronismo: A partir de una onda senoide de

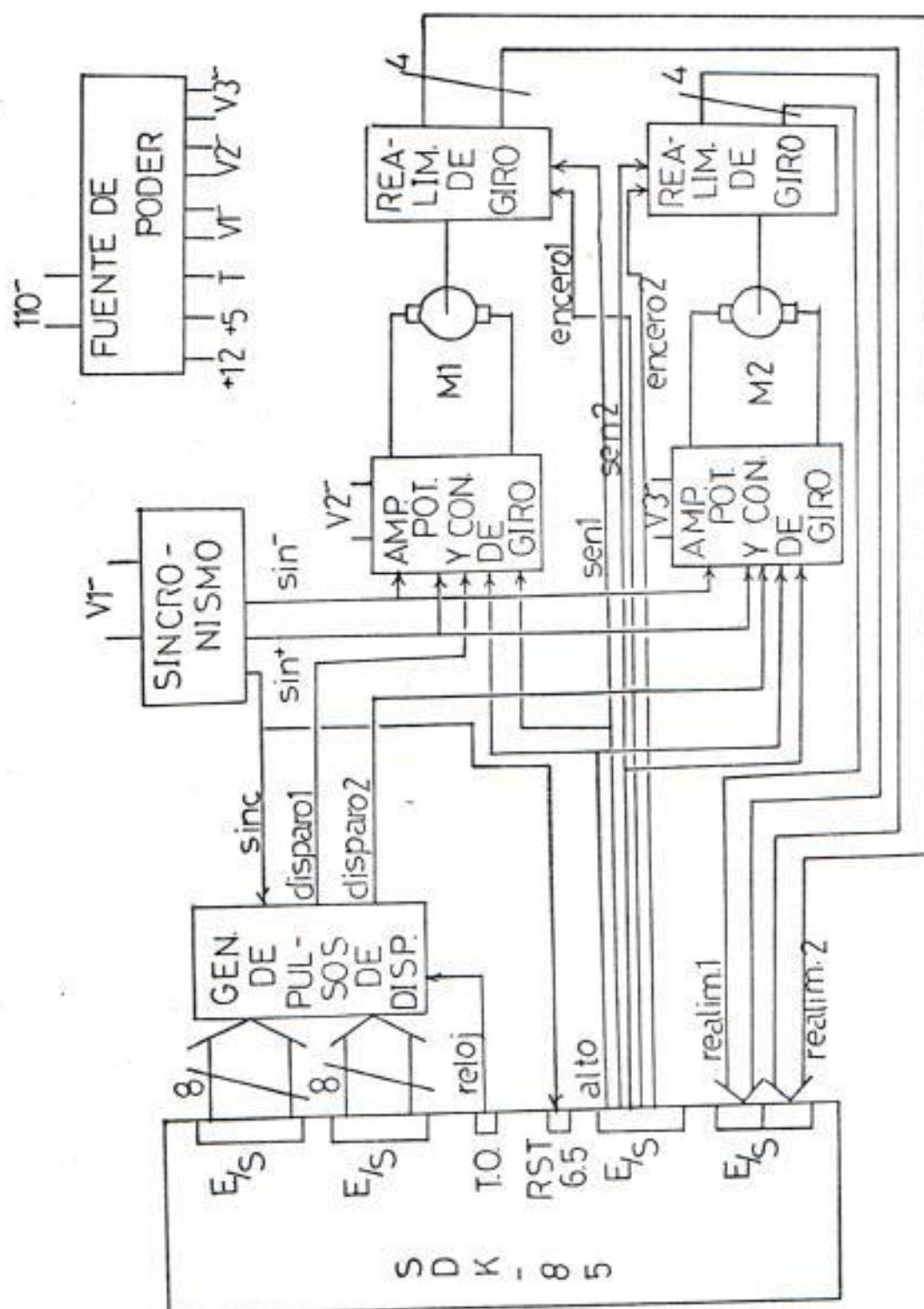


FIG. 1. Diagrama de Bloques del Sistema

60 hz en fase con los voltajes de alimentación de los motores, este bloque suministra tres señales:

SINC: pulso de medio milisegundo de duración que coincide con el paso por cero de la onda alterna de entrada.

SIN⁺ y SIN⁻ : indican respectivamente cuando la onda de 60 Hz está en su semiciclo positivo o negativo.

- Generador de pulsos de disparo: A partir de 2 bytes, cada uno indicando la velocidad deseada para cada motor y del pulso de SINC, este circuito genera una única señal de disparo para cada motor denominadas DISPARO 1 y DISPARO 2.

- Amplificadores de potencia y control de giro: un circuito para cada motor, posee como entrada: onda sinusoidal a 60 Hz.

SIN⁺

SIN⁻

DISPARO 1 ó DISPARO 2.

SEN 1 ó SEN 2, indican en que sentido debe girar el motor 1 ó el 2.

ALTO: común a ambos circuitos, orden de parada inmediata para ambos motores. Como salida de este bloque se tiene directamente el voltaje de alimentación de cada motor.

- Circuito de Realimentación de giro: un circuito para cada mo

tor, constan de un disco codificado, un sensor infrarrojo que envía un tren de pulsos a contadores que generan como salida de este bloque cada uno 4 bits; los cuales son leídos por el circuito de control a través de una puerta de E/S de 8 bits. Reciben como entradas adicionales las señales de sentido de giro de cada motor (Sen 1 y Sen 2) y las señales de ENCER 1 y ENCER 2 provenientes del circuito de control que enceran los contadores.

- Circuito de control: Constituido por el SDK-85 básico y la expansión de memoria, que son necesarios para ejecutar las funciones de control y generar las señales descritas - en los bloques anteriores, haciendo uso para ello de sus puertas de E/S.

C A P I T U L O I I

DISENO DE LOS CIRCUITOS

2.1. CONSIDERACIONES DE DISENO

A partir del diagrama de bloques del Capitulo anterior vamos a fijar las siguientes bases o premisas de diseño de los circuitos:

- Puesto que es una plataforma móvil deben llegar y salir de ella la menor cantidad de cables posible; puesto que hacer a esta plataforma totalmente autosuficiente e independiente escapa a los objetivos y limitaciones de este trabajo, se ubicará a la fuente de voltaje fuera del vehículo - para reducir peso, complejidad y potencia requerida de los motores, con lo que al vehículo llegarán solo los cables de alimentación.
- Consideraremos el diseño de los circuitos en dos partes o fases: sistema motriz y circuito de control.

- Consideraremos como sistema motriz: el bloque amplificador de potencia y control de giro, el motor y el mecanismo reductor de velocidad.
- Consideraremos como circuito de control: el bloque de realimentación de giro, el bloque generador de pulsos de disparo, la expansión de memoria del SDK-85 y el circuito de sincronismo.

2.2. EL SISTEMA MOTRIZ

2.2.1. Los motores y el mecanismo reductor

Se escogieron como motores de la plataforma móvil, 2 motores DC, no se escogieron motores de pulsos por las siguientes razones:

- Los motores de pulso son más caros y los de potencia considerables o con engranaje reductor de velocidad incluido lo son aún más y se requiere encargarlos al exterior, lo cual va en contra de nuestro deseo de demostrar la viabilidad de construir esta plataforma en nuestro medio.
- El diseño original planteado, en el cual se basa es

te trabajo contempla el uso de motores DC puesto - que se trata del diseño de un vehículo de transporte de cargas en un hospital, y al elaborar este - prototipo deseaba respetar este punto, ya que introduciendo pocas modificaciones se pueden acomodar motores más grandes.

La discusión de la selección y adquisición de los motores y del mecanismo reductor pertenecen más al Capítulo IV, (Construcción y Pruebas), por lo que no lo consideraremos aquí, baste decir que son motores DC de 12 voltios de pequeña capacidad.

2.2.2. El Bloque Amplificador de Potencia y Control de Giro

Como se indicó en la sección 1.2., este bloque es el que veremos en la figura 2, más detalladamente.

El bloque consta de:

- un circuito de lógica de sentido de giro que decodifica las señales SIN^+ , SIN^- y $SEN 1(2)$ y produce una señal de habilitación que es verdadera con lógica positiva durante uno de los dos semiciclos dependiendo en que sentido se desea que gire el motor, la señal de ALTO es una señal de prioridad máxima que for

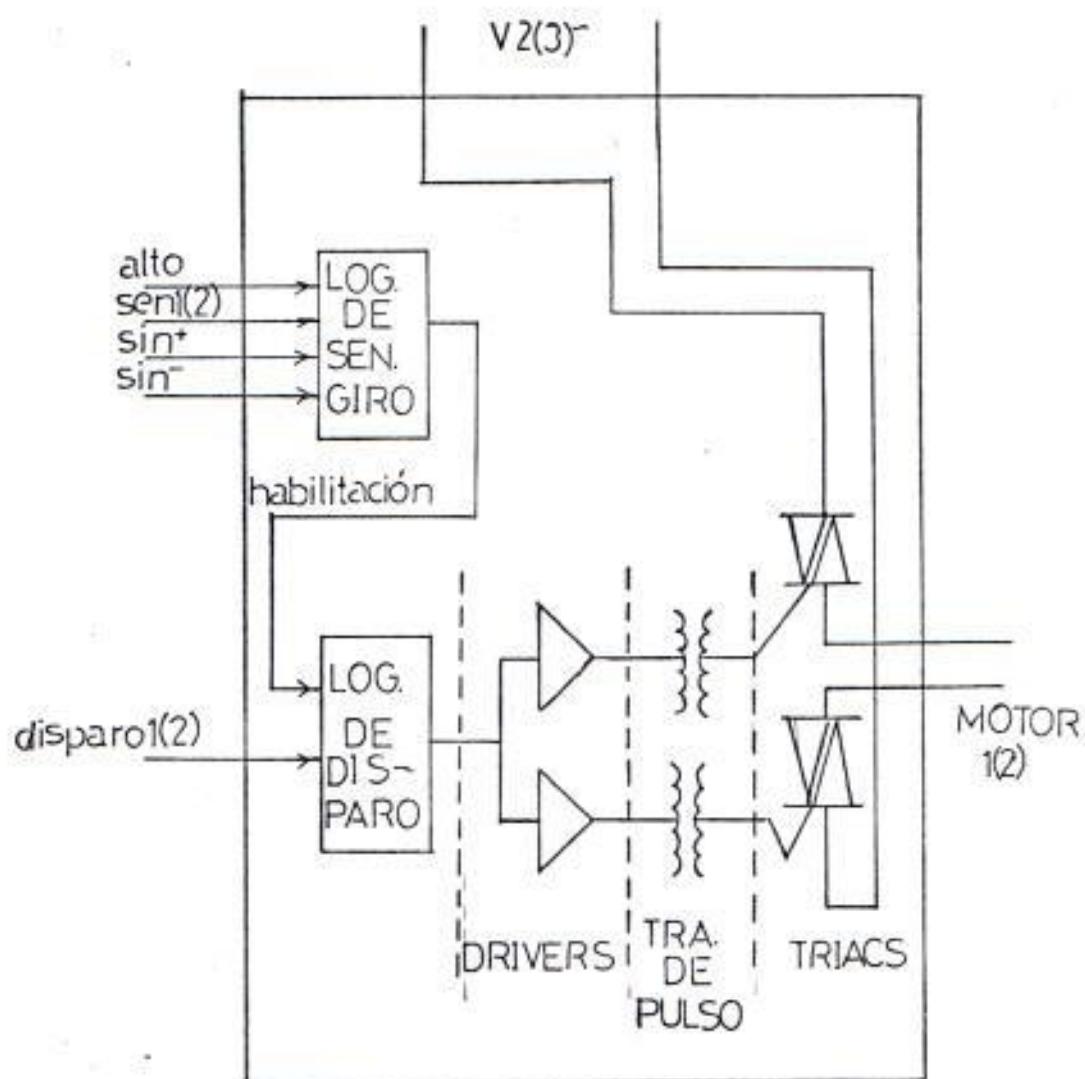


FIG. 2. Bloque de Amplificación de Potencia y Control de Giro.

za la señal de habilitación a nivel bajo sin importar el estado de las demás entradas mientras ALTO se encuentre en nivel alto.

- Un circuito de lógica de disparo que al recibir el pulso de DISPARO(2) generado exteriormente al bloque, lo dejará pasar siempre y cuando la señal de habilitación sea verdadera.
- Circuitos de Amplificación del pulso de disparo.
- Transformadores de pulso que transmiten el pulso a las puertas de los triacs que alimentan al motor.

Por lo tanto el motor es alimentado por un rectificador de media onda, puesto que no interesa lograr una gran velocidad y para aumentar la sencillez del circuito, no se utiliza rectificación de onda completa.

La tabla de voltajes del decodificador de lógica de sentido de giro se muestra a continuación. (Ver en la página siguiente).

Como se verá posteriormente, cuando se discuta el circuito de sincronismo, SIN^+ y SIN^- , no son verdaderas simultáneamente, excepto cuando la senoide cruza por cero,

por lo que ambas señales son iguales la señal de habilitación debe ser falsa; por lo tanto cuando SEN1(2) sea alta la señal de habilitación será alta sólo si SIN⁻ es baja permitiendo, de haber un pulso de disparo presente - durante los semiciclos negativos que un voltaje negativo llegue al motor.

SEN1(2)	SIN ⁺	SIN ⁻	Habilitación
L	L	L	L
L	L	H	H
L	H	L	L
L	H	H	L
H	L	L	L
H	L	H	L
H	H	L	H
H	H	H	L

Análogamente, si SEN1(2), es baja, la señal de habilitación será alta solo si SIN⁺ es baja también a fin de habilitar la llegada de semiciclos positivos al motor DC.

Esta tabla de voltajes se puede implementar haciendo uso del circuito integrado 74LS151 cableado como se aprecia

en la figura N° 3, donde la señal de ALTO suministra la entrada de habilitación, forzando la salida Y (pin 5) a nivel bajo mientras ALTO sea alta.

En la figura N° 4, se aprecia la lógica de disparo - constituida por una puerta NAND 7400 simplemente.

En la figura N° 5, se muestra uno de los dos drivers necesarios por cada motor, ambos son alimentados por la salida de la puerta NAND y cada uno alimenta a uno de los transformadores de pulso que disparan los TRIACS.

El circuito de potencia y control de giro para ambos motores se aprecia en la figura N° 6, en su totalidad.

La presencia de los relés y diodos se debe a consideraciones prácticas; los motores escogidos presentaban una fcm que originaba voltaje entre sus terminales - una vez pasando el semiciclo de conducción, lo cual disminuía la velocidad y ocasionaba problemas de control por lo que se optó por una solución sencilla; las señales SEN1 y SEN2 activan o desactivan sendos relés de 12 voltios DC cuyos contactos ponen en serie con el motor, uno de los dos diodos, bloqueando estos voltajes adversos.

Los diagramas de tiempos de las diversas señales de este

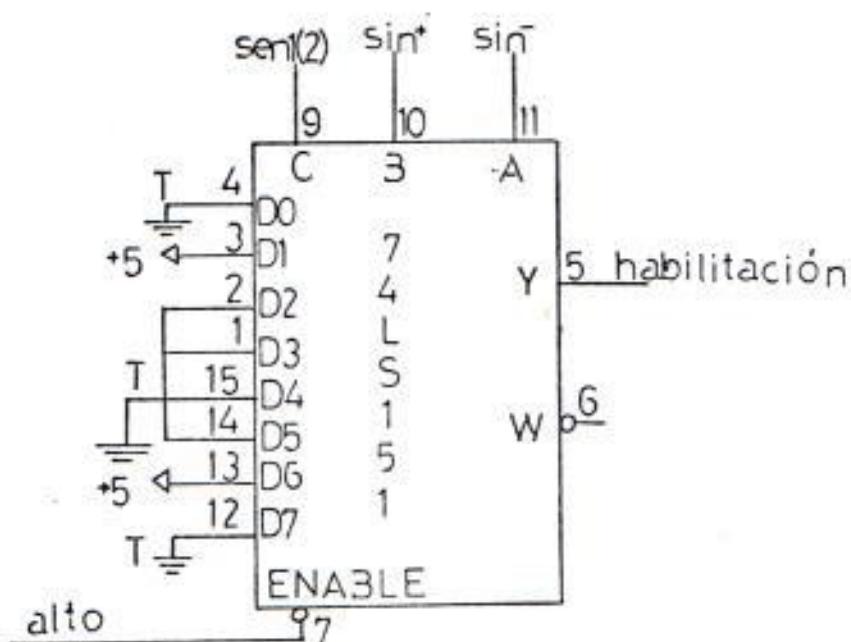


FIG. 3. Lógica de Control de Sentido de Giro.

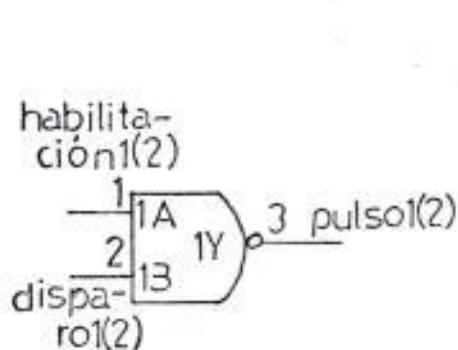


FIG. 4. Lógica de Disparo

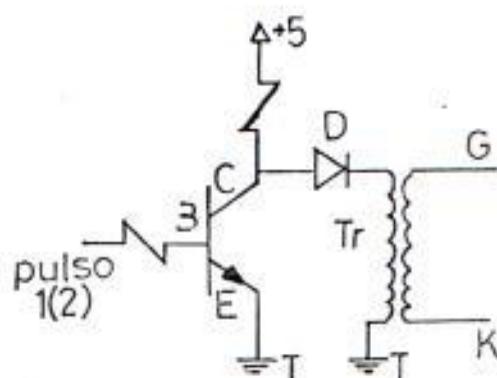
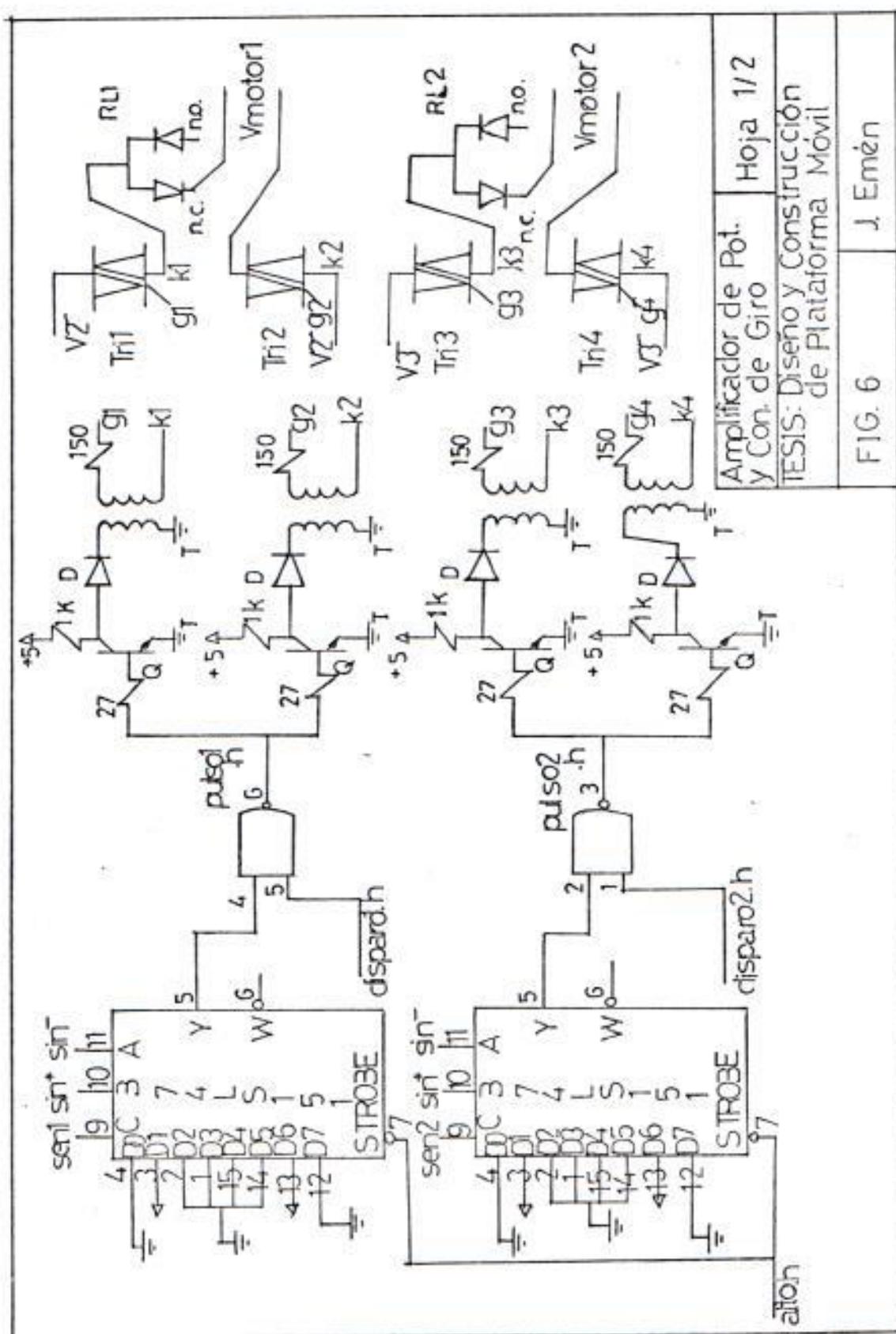
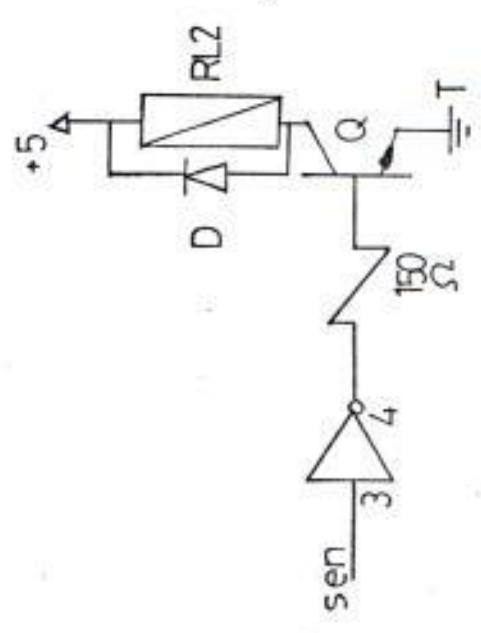
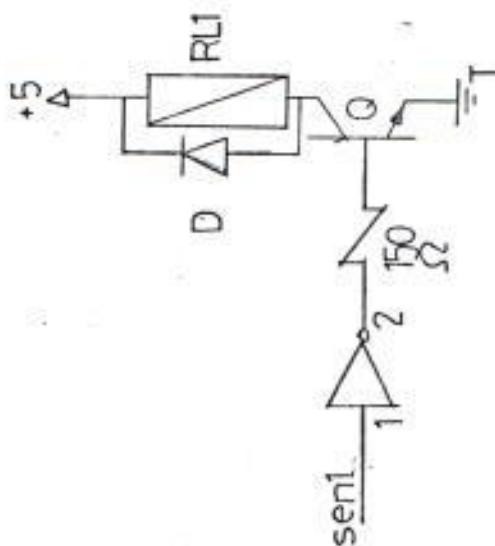


FIG. 5. Driver y Tran. de Pulso





Amplificador de Pot. y Control de Giro	Hoja 2/2
TESIS: Diseño y Construcción de Plataforma Móvil	
FIG. 6	J Emén

bloque se muestran en la figura N° 7.

2.3. CIRCUITO DE CONTROL

2.3.1. Bloque Generador de Pulsos de Disparo

En la figura N° 8, se aprecia un diagrama de bloques de este circuito.

La entrada TIMEROOUT proviene del temporizador programable del SDK-85 y actúa como reloj para dos contadores de 8 bits.

La señal de SINC actúa como borrado de estos 2 contadores de 8 bits; esto es, ellos se enceran cada $1/20$ de segundo, al final de cada semiciclo, positivo o negativo; como la señal de reloj está siempre presente, los contadores una vez que SINC se hace bajo nuevamente, reinician la cuenta desde cero hasta que SINC nuevamente los encere.

Los contadores utilizados, los 74193 presentan - sin embargo la característica indeseable de presentar irregularidades en sus salidas altas con cada pulso de reloj. La finalidad de los inversores es eliminar estas irregularidades mediante una do

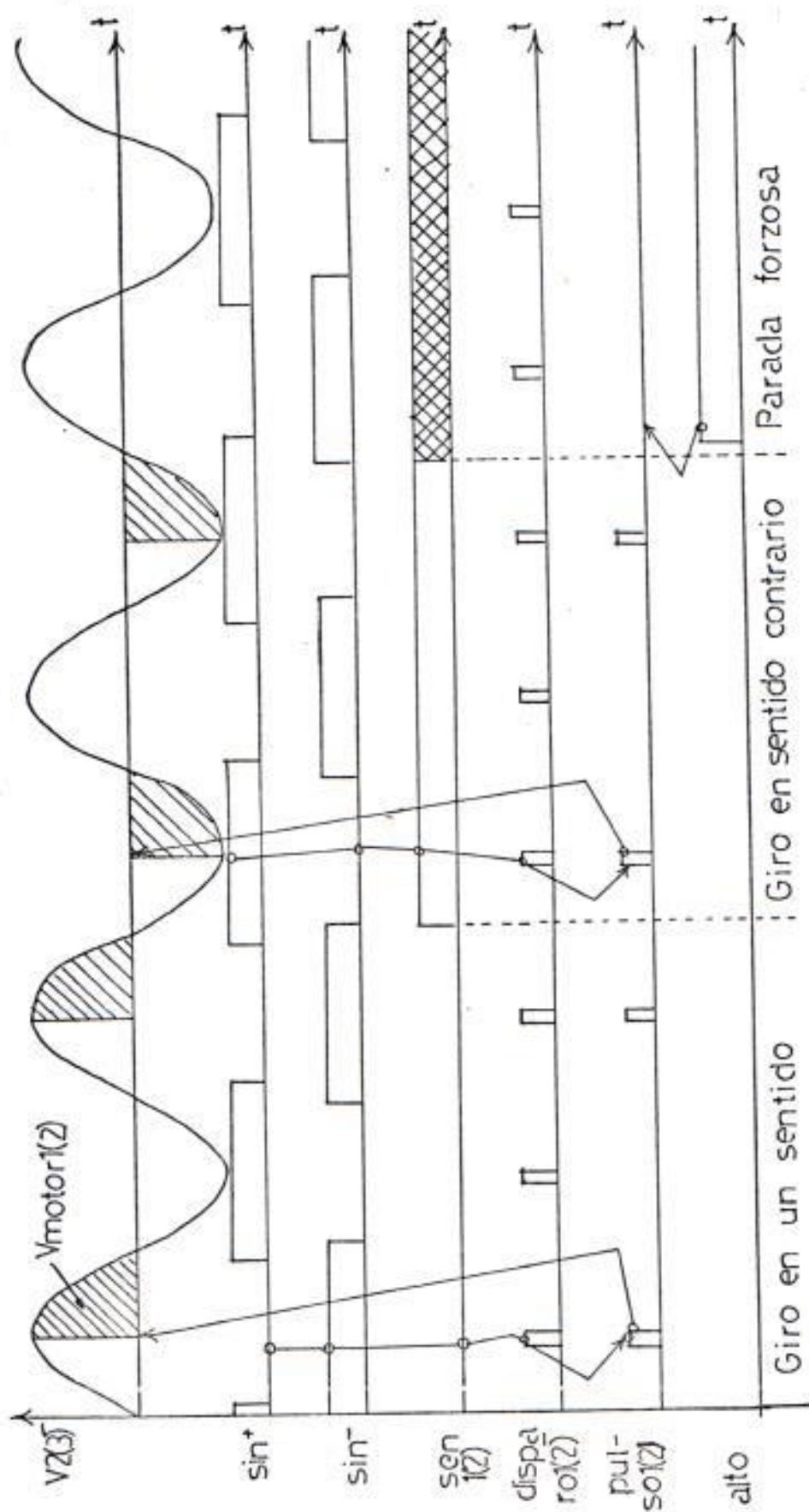


FIG. 7 Diagrama de tiempos - Amplificador de Potencia y Control de Giro.

ble negación, es decir cada salida es negada y esta negación vuelta a negar por lo que los transientes en nivel alto se eliminan.

Las salidas de estos inversores son una de dos entradas a un comparador de 8 bits, la otra entrada la constituye un byte que guarda relación con la velocidad a la que se desea gire el motor, puesto que la señal TIMEROOUT se programa para que los contadores de 8 bits alcancen su valor máximo FFh luego de un poco más de 1/120 de segundo de haber sido encerados, el comparador de 8 bits producirá un pulso de salida igual en duración a un período de TIMEROOUT en cuanto sus dos entradas sean iguales, o dicho de otro modo cuando el byte de los contadores "alcance" al byte de velocidad deseada, haciendo variar este último de 00h a FFh se logra variar el intervalo que media entre el inicio del semiciclo positivo o negativo y el pulso de DISPARO 1(2) que son las salidas A = B de los comparadores.

En la figura Nº 9, se muestra el circuito digital que implementa este bloque generador de pulsos de disparo.

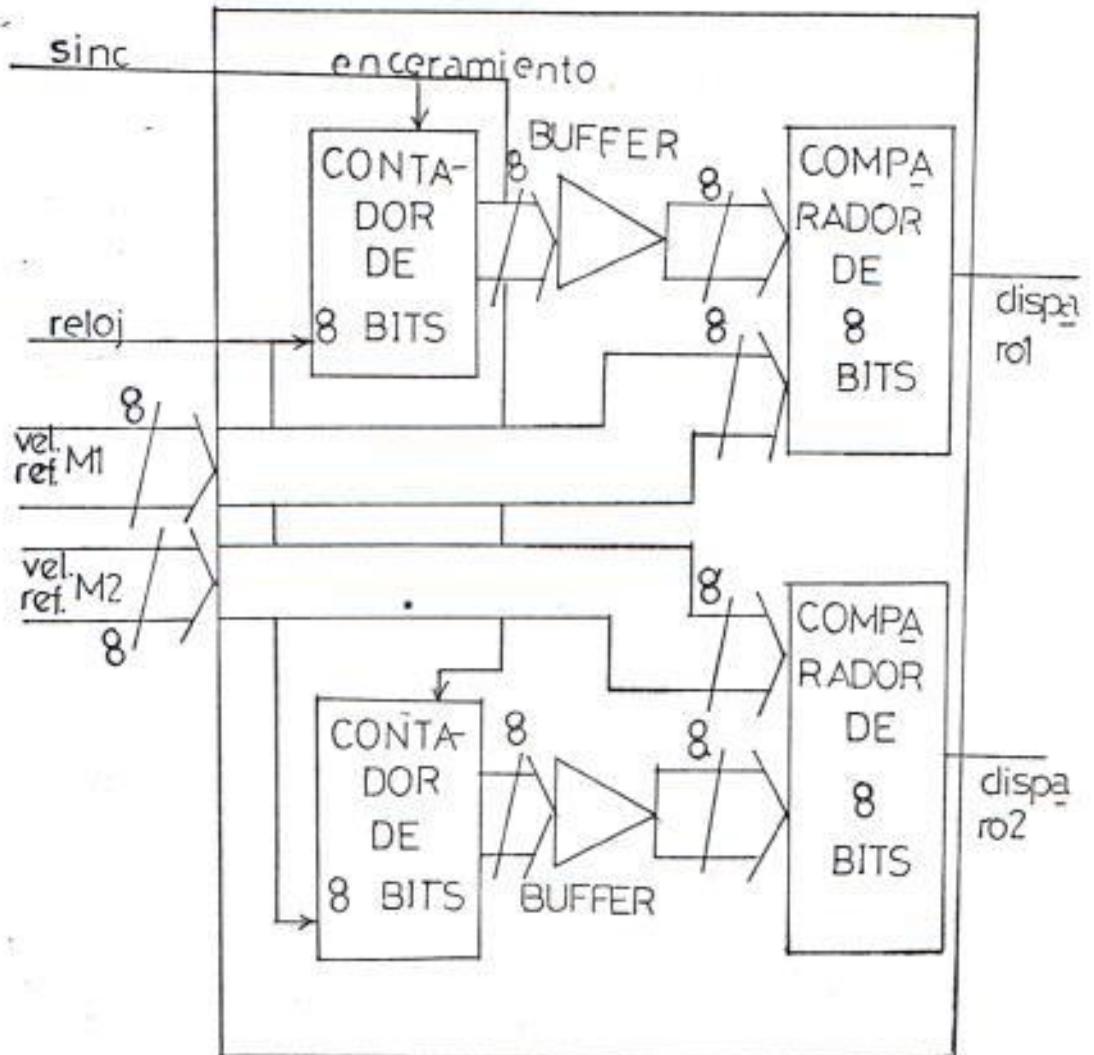
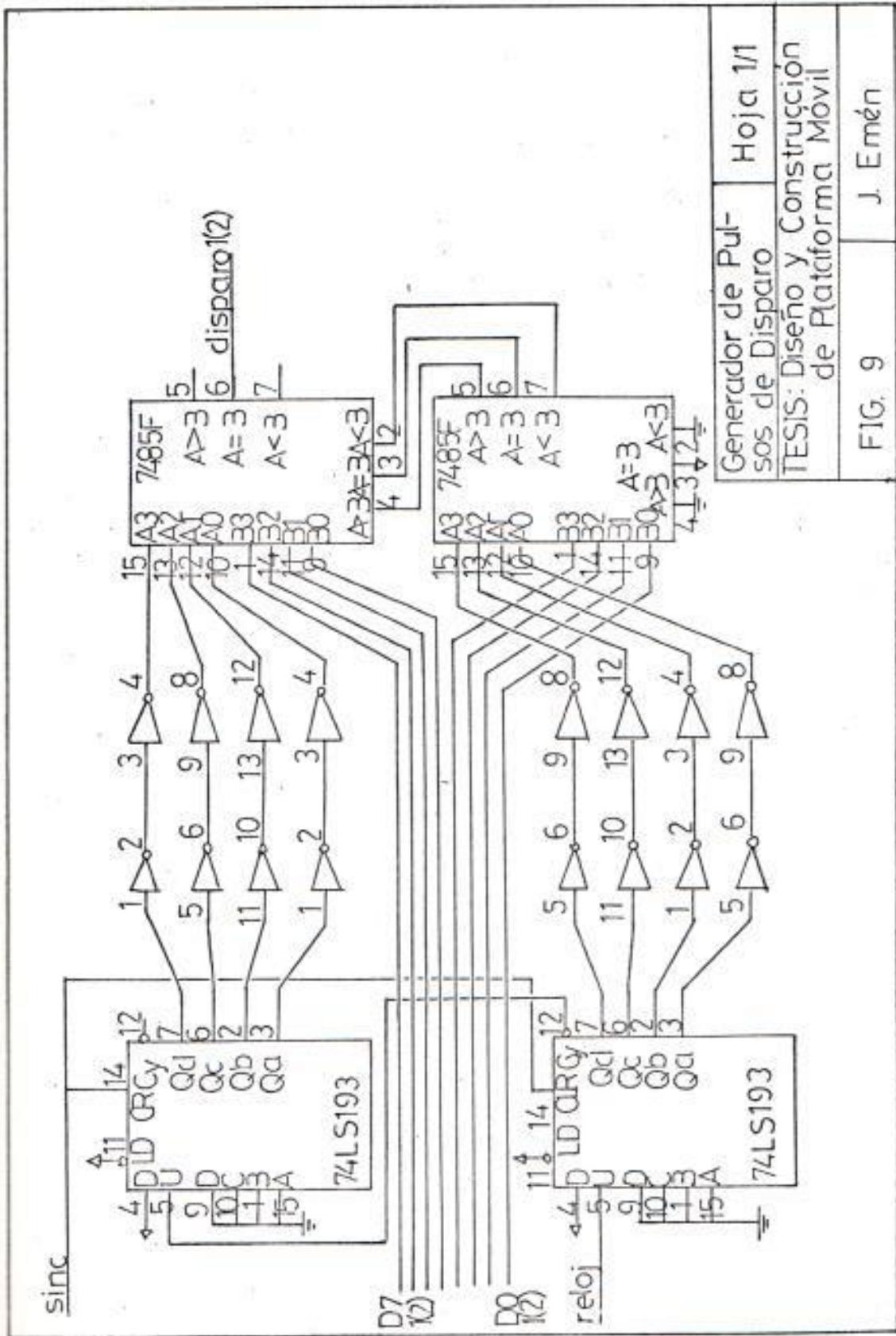


FIG. 8. Bloque Generador de Pulsos

de Disparo.



Generador de Pul-
sos de Disparo

Hoja 1/1

TESIS: Diseño y Construcción
de Plataforma Móvil

FIG. 9

J. Emén

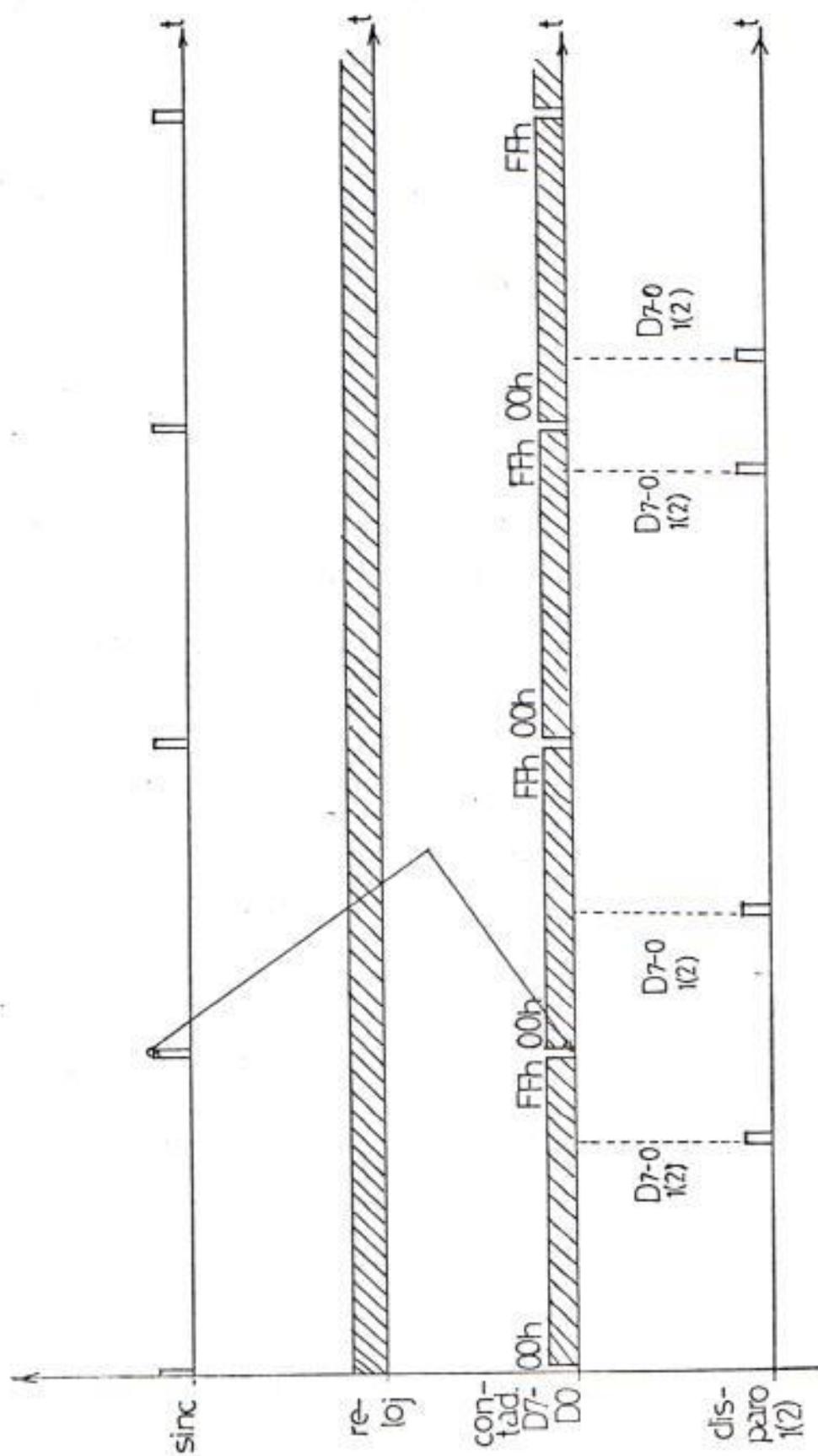


FIG 10 Diagrama de Tiempos.- Generador de Pulsos de Disparo.

La figura N° 10 es un diagrama de tiempos de las señales antes descritas.

2.3.2. Bloque de Realimentación

En la figura N° 11 se muestra un diagrama de bloques detallado del circuito de realimentación.

Un conjunto emisor - receptor infrarrojo sensa los movimientos de un disco codificado; como se verá en el Capítulo IV (Construcción y Pruebas) la resolución de este disco es de 1.4 grados, por lo que a la salida del receptor se tendrá un tren de pulsos de duración y período variables (dependiendo de la velocidad a la que gire el disco) donde cada nivel alto o bajo corresponderá un avance en 1.4° del disco. La finalidad del circuito conformador de pulsos es la de filtrar el ruido en la señal del detector, producida por imperfecciones del disco tanto como sea posible, el detector de cambio de nivel tiene como fin el producir un pulso de duración definida cada vez que se produzca una transición bajo-alto o alto-bajo, es decir cada vez que el disco (y la rueda coaxial a el) avancen 1.4 grados.

Esta señal es entrada a un control de sentido de cuenta; en conjunto con SEN 1(2) producen a la salida dos señales CW1(2) y CCW1(2) las cuales son entradas a un contador de 4 bits, el control de sentido de cuenta está diseñado de tal manera que dependiendo del nivel de SEN 1(2), solo una de las dos señales CW1(2) ó CCW1(2) se hará baja (ambas son .L) mientras la otra permanece alta, durante un tiempo igual al del pulso de entrada (la salida del detector de cambio de nivel) el contador de 4 bits (este es un 74LS193) interpreta estas señales como relojes de cuenta hacia arriba o hacia abajo.

Un par de señales más, ENCER1 y ENCER2, son suministrados por el bloque de control y enceran a los contadores de 4 bits para que empiecen de nuevo.

La finalidad de los 4 bits de salida de cada contador es pues, ser leídos por el circuito de control a la frecuencia de muestreo para indicar cuántos grados ha girado cada rueda, luego de la lectura, el circuito de control produce los pulsos de reseteo con lo que los contadores empiezan

nuevamente desde cero.

La figura N° 12, nos muestra el diagrama total de los circuitos de realimentación de ambos motores.

Puesto que se utiliza el 74LS193 se hace necesario como ya se explicó en la sección 2.3.1., la doble negación de sus salidas para filtrar los glitches.

La figura N° 13, es un diagrama de tiempos explicativos de las señales anteriores.

2.3.3. Circuito de Sincronismo

Para lograr un adecuado control del movimiento de los motores es necesario que el bloque de control y sus bloques "periféricos" sepan en todo momento el voltaje alterno de alimentación de cada motor, en que semiciclo se encuentran ¿Es necesario muestrear las velocidades?, ¿Se deben ya cargar las puertas de E/S con nuevos valores correspondientes a las velocidades para cada motor? etc.

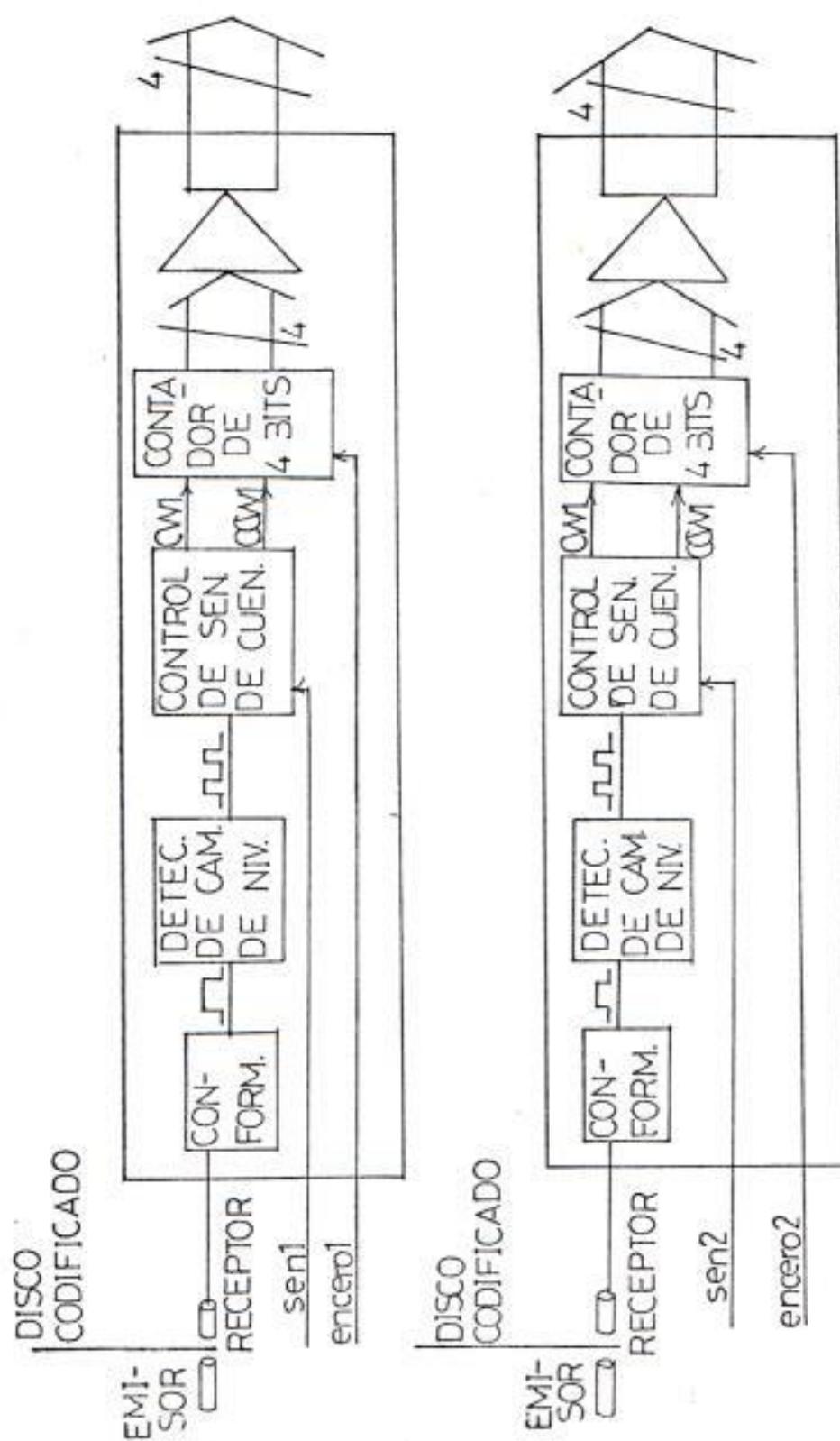
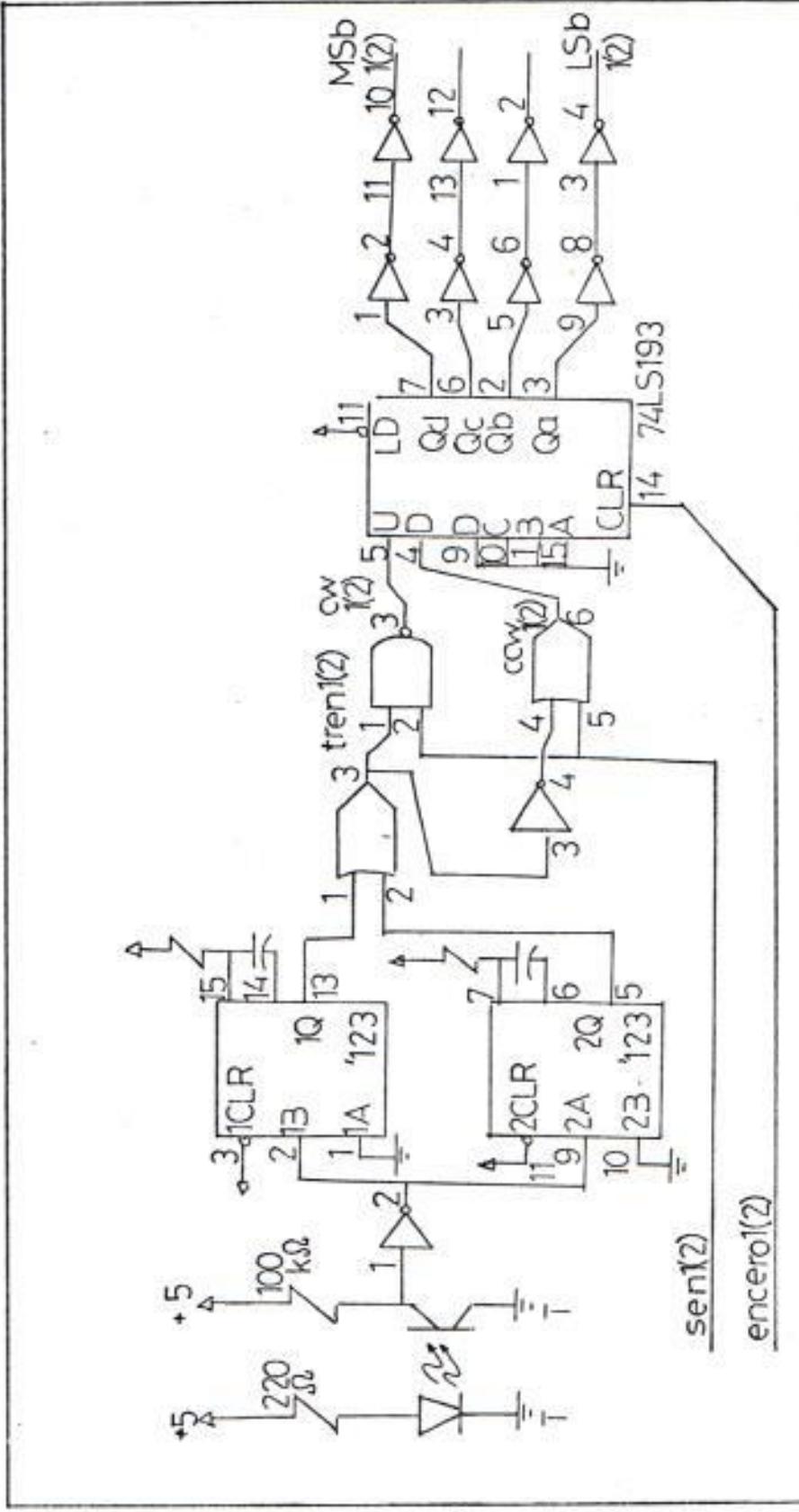


FIG. 11. Bloques de Realimentación



Realimentación	Hoja 1/1
TESIS: Diseño y Construcción de Plataforma Móvil	
FIG 12	J Emén

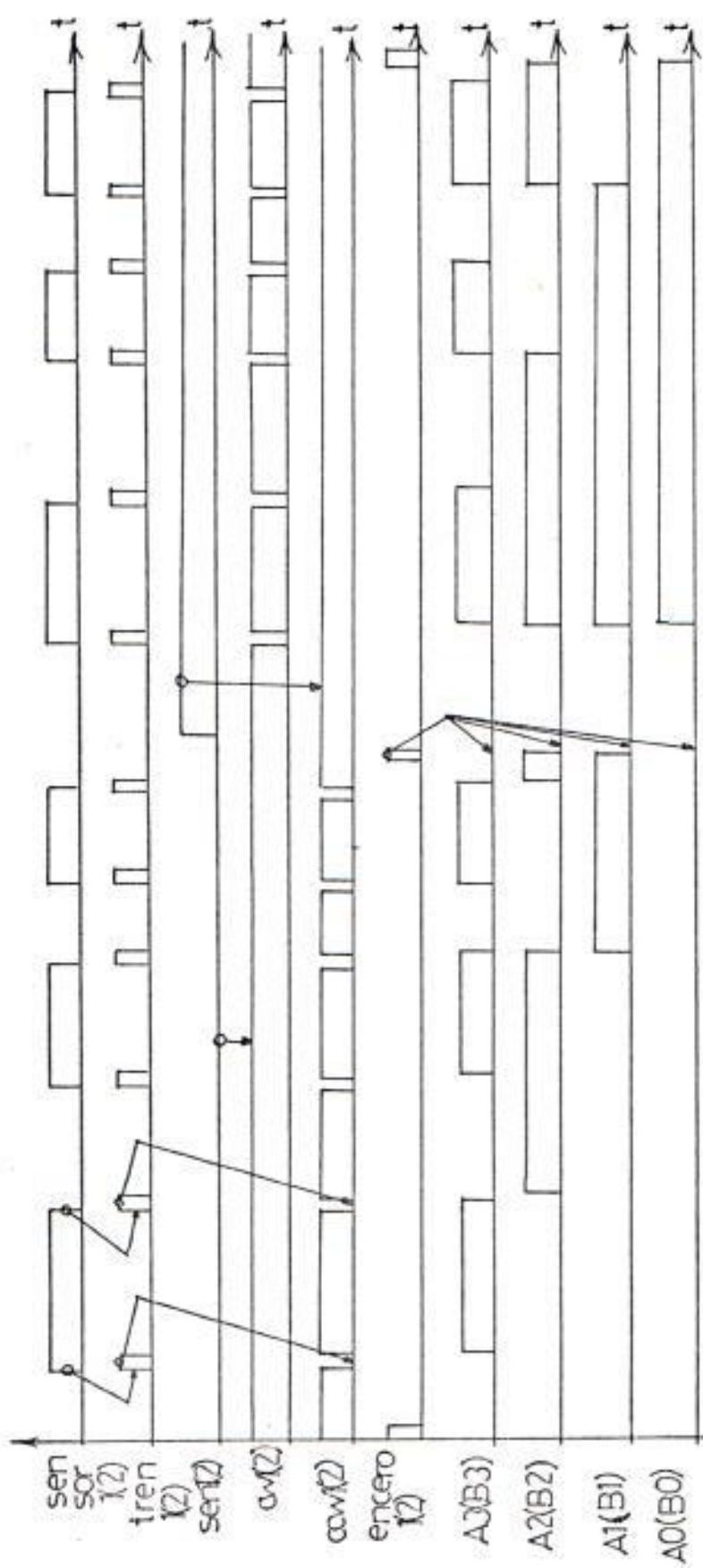


FIG. 13. Diagrama de Tiempos - Circuito de Realimentación.

Para esta finalidad se requieren: una señal de referencia de voltaje, más dos señales lógicas, cada una de las cuales es verdadera durante un semiciclo de la senoide.

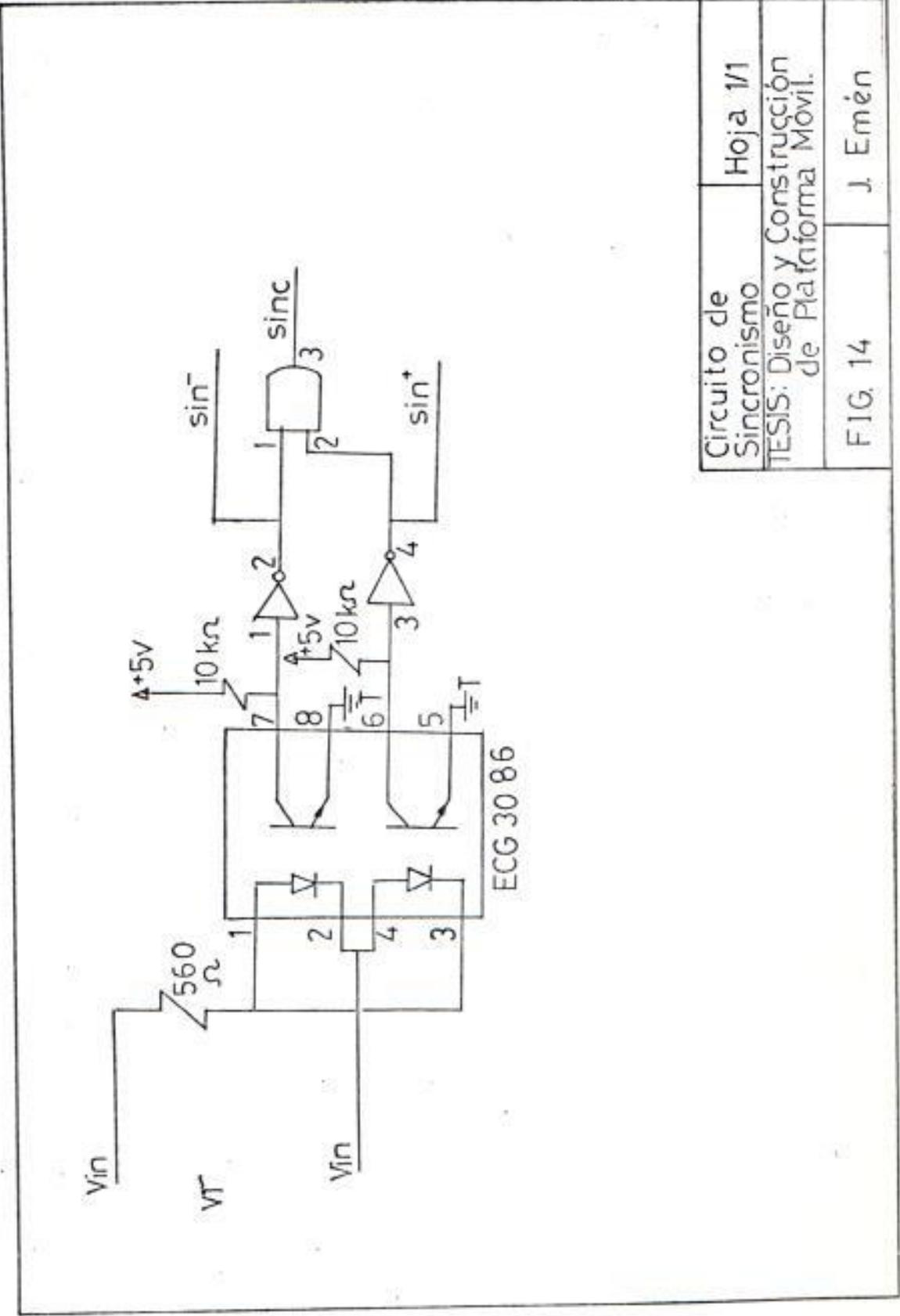
Estas señales son fácilmente obtenidas del circuito mostrado en la figura N° 14.

La figura N° 15, muestra un diagrama de tiempos de estas señales.

Es de anotar que los 3 voltajes suministrados por la fuente de voltaje deben estar en fase para un adecuado funcionamiento del sistema.

2.3.4. Expansión de memoria

Para utilizar el SDK-85 como control de la plataforma hace falta expandir su capacidad de memoria, añadiéndole un circuito integrado 8155(256 bytes de RAM de 3 puertas de E/S y un temporizador programable) que ya está previsto para ser añadido en el diseño original; lo cual completa 450 bytes de RAM que podrán ser usados como datos o programa (instrucciones) aunque están pre



Circuito de Sincronismo	Hoja 1/1
TESIS: Diseño y Construcción de Plataforma Móvil.	
FIG. 14	J. Emén

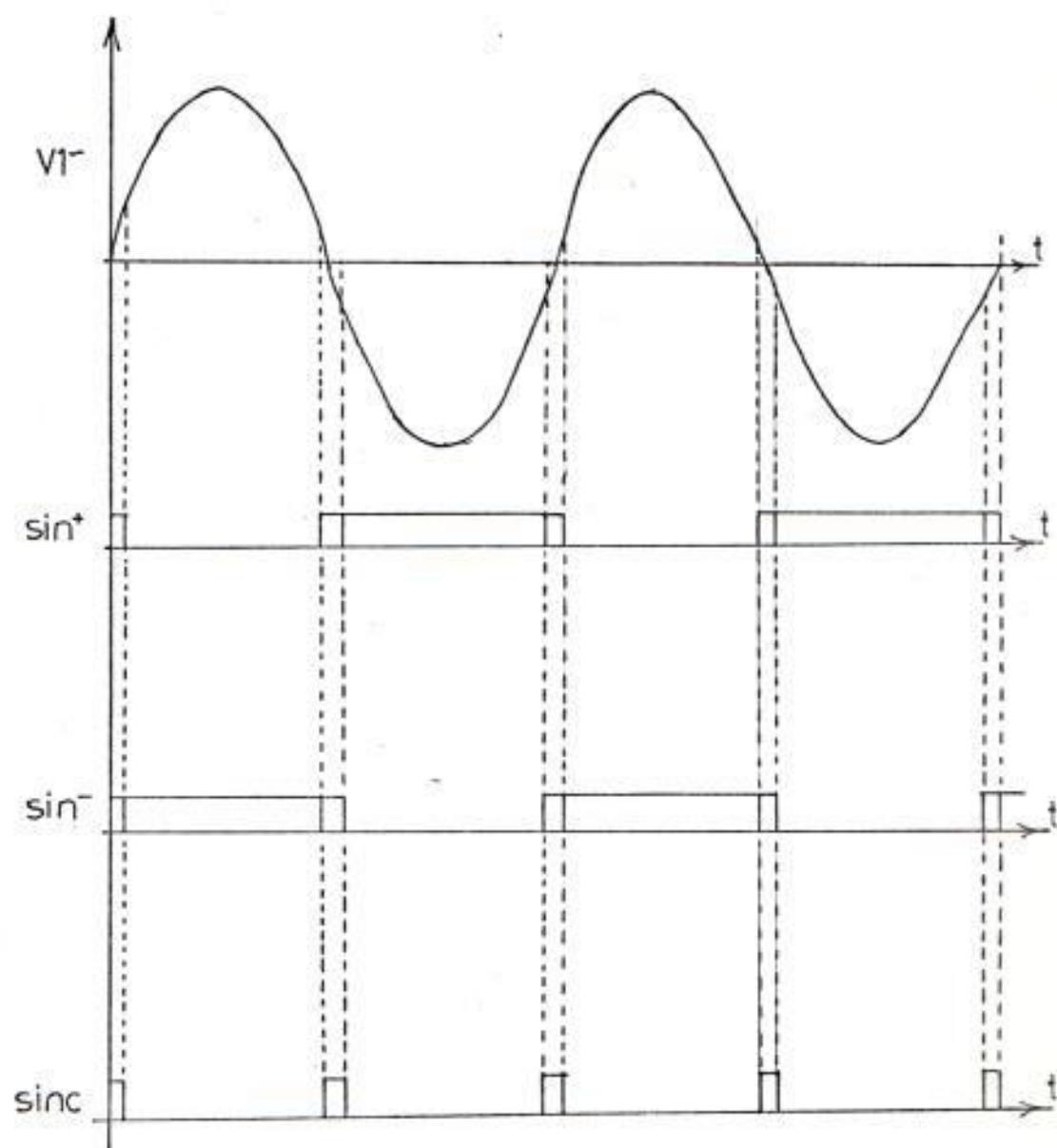
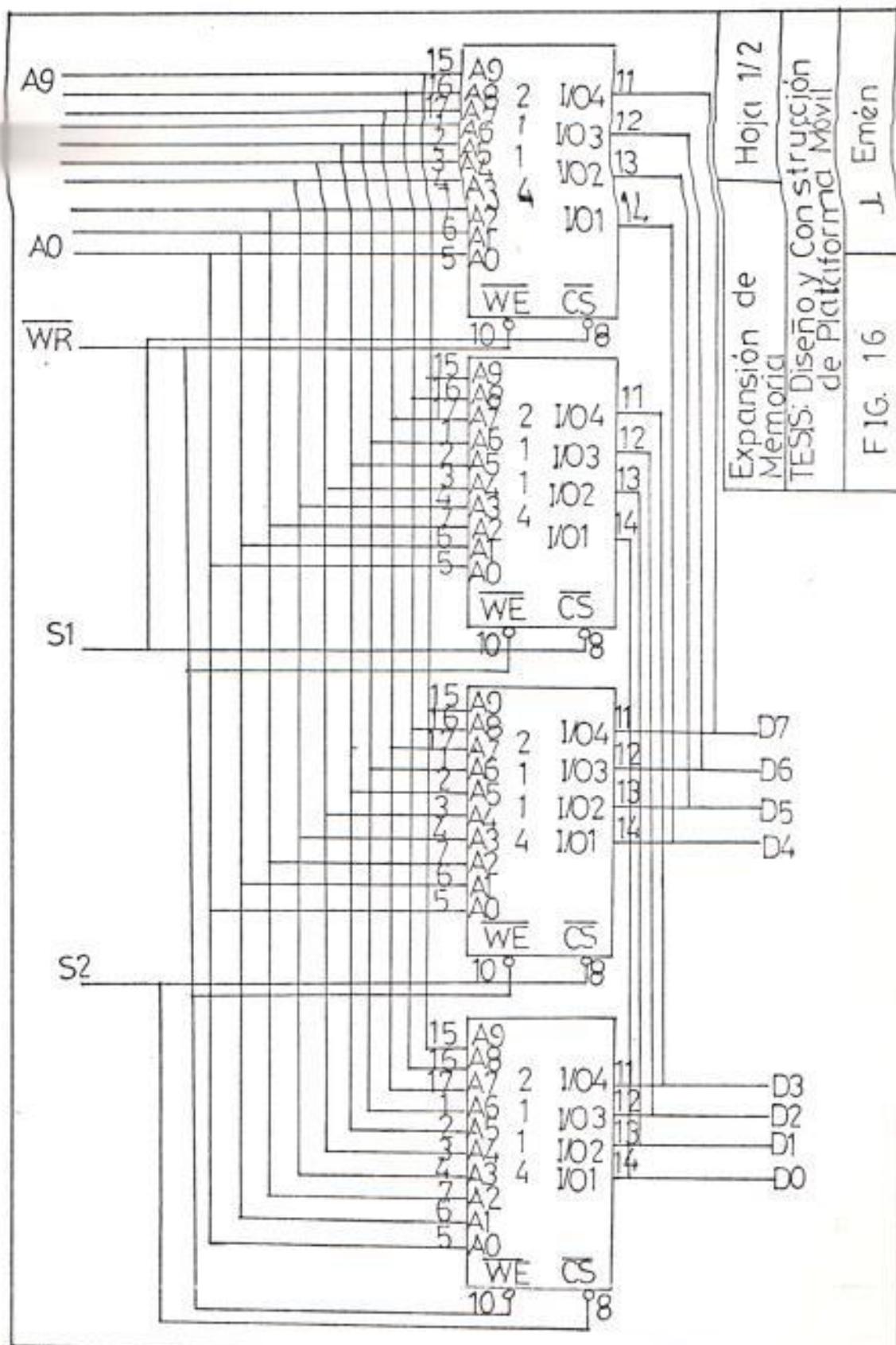
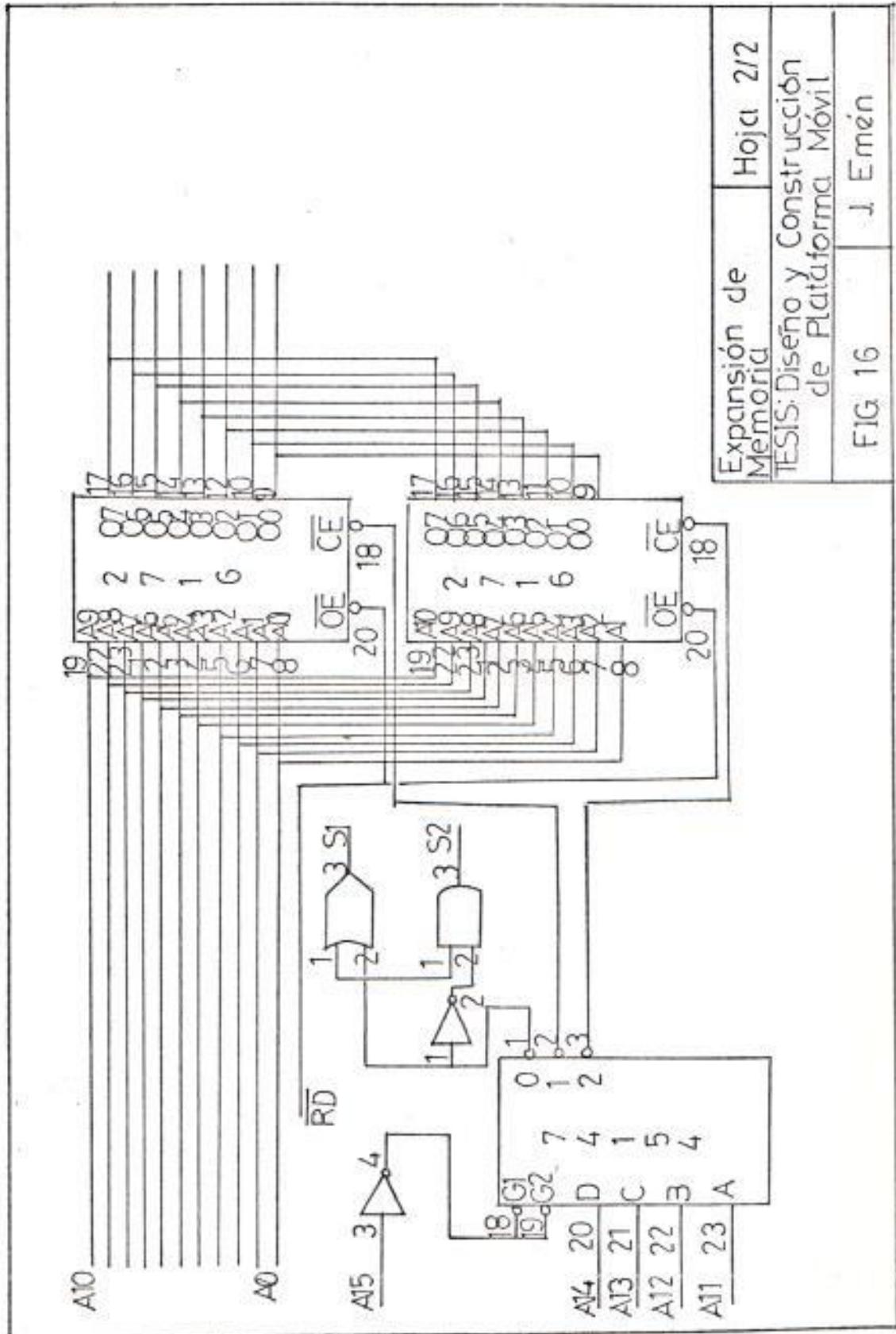


FIG. 15. Diagrama de Tiempo - Circuito de Sincronismo.





Expansion de Memoria	Hoja 2/2
TESIS: Diseño y Construcción de Plataforma Móvil	
FIG 16	J. Emén

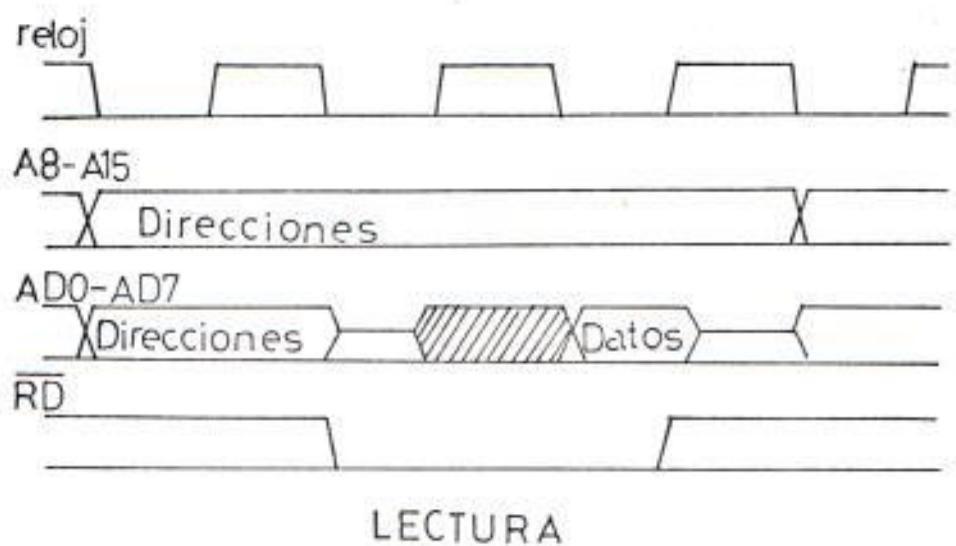


FIG. 17 Diagrama de Tiempos-
Expansión de Memoria.

vistos para ser usados para datos.

Para el programa de control son necesarios 3888 bytes, en el momento de la configuración del sistema se calcularon 4 kbytes como necesidad máxima de memoria probable por lo que la expansión está implementada para esa capacidad.

Para desarrollar los programas durante el proyecto se requiere memoria RAM, por lo que se previeron 2 kbytes de RAM en el diseño, a partir de la dirección 8000h hasta 87FFh.

La expansión de memoria se muestra en la figura N° 16 y el diagrama de tiempos en la figura N° 17.

La memoria EPROM (4 kbytes) abarca desde 8800h hasta 97FFh.

C A P I T U L O I I I

DISEÑO DEL PROGRAMA

3.1. CONSIDERACIONES DE DISEÑO

3.1.1. Señales del bloque de control

Una vez diseñados los diversos circuitos de la plataforma móvil, debemos proceder a escribir los programas y subrutinas de control de los mismos.

Del diagrama de bloques descrito en el Capítulo I y de los diversos circuitos descritos en el Capítulo II, tenemos que las señales de entrada al bloque de control son las que siguen:

SINC : entra como interrupción RST 6.5.

1 byte que es la lectura de giro de las ruedas, - producido por los circuitos de realimentación de posición.

Las señales de salida son las siguientes:

TIMEROUT : salida del temporizador programable -
que entra como reloj al generador de
pulso de disparo.

Dos bytes, cada uno a través de un puerto de entrada/salida que van al generador de pulso de disparo como referencia de velocidad para cada motor.

Cinco señales de control: SEN1, SEN2, ALTO, ENCERO1
ENCERO2, a través de una puerta de entrada/salida.

3.1.2. Principio de movimiento

Puesto que cada motor es totalmente independiente - del otro, pueden moverse en sentido contrario si se desea; haremos uso de este hecho para desplazar la plataforma.

Asumiremos un sistema de coordenadas X-Y con su punto (0,0) en el origen de la ruta, para simplificar el cálculo y el programa, no existirá movimiento más que en el primer cuadrante ($X \geq 0$ y $Y \geq 0$).

A fin de calcular los desplazamientos del vehículo,

consideraremos a éste como un vector cuyo origen está en el punto medio de un eje imaginario, que una ambas ruedas motrices, y que este punto es el que en realidad desplazamos. Ver figura Nº18.

El ángulo que forme dicho vector con el eje X será el que usemos para definir la orientación del vehículo en todo momento, por lo tanto la situación del vehículo en cualquier instante estará definida por:

Sus coordenadas X, Y .

Su orientación θ .

Por definición, el vehículo comienza su ruta en el punto $(0,0)$ con una orientación igual a $\theta = 0^\circ$.

Para indicar un punto final de una trayectoria, deberemos indicar sus coordenadas (X_f, Y_f, θ_f) .

Para desplazar la plataforma de un punto A de coordenadas (X_A, Y_A, θ_A) a otro punto $B(X_B, Y_B, \theta_B)$ procederemos como se indica en la figura Nº 19.

- El vehículo debe girar un ángulo γ_{AB} para orientarlo en dirección al punto B.
- El vehículo debe avanzar una distancia d a lo largo de la línea que une los puntos A y B.
- Una vez en el punto B el vehículo debe girar un ángulo β_B para quedar orientado en el punto B.

El ángulo γ_{AB} se calcula de la siguiente manera:

$$\gamma_{AB} = \theta_A - \text{ARCTAN} \left(\frac{y_B - y_A}{x_B - x_A} \right) \quad \begin{array}{l} 0 \leq \theta \leq \pi \\ -2\pi \leq \gamma_{AB} \leq 2\pi \end{array}$$

La distancia d se calcula a partir de:

$$d = \sqrt{(y_B - y_A)^2 + (x_B - x_A)^2}$$

El ángulo β_B se calcula así:

$$\beta_B = \left[\text{ARCTAN} \left(\frac{y_B - y_A}{x_B - x_A} \right) \right] - \theta_B$$

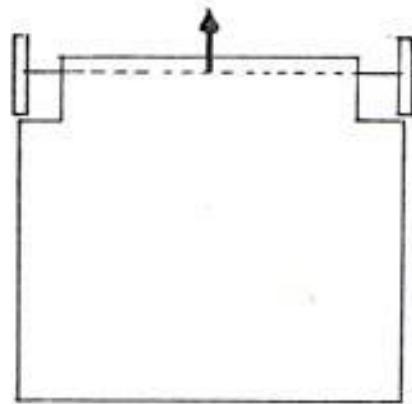


FIG. 18. Vector de Orientación

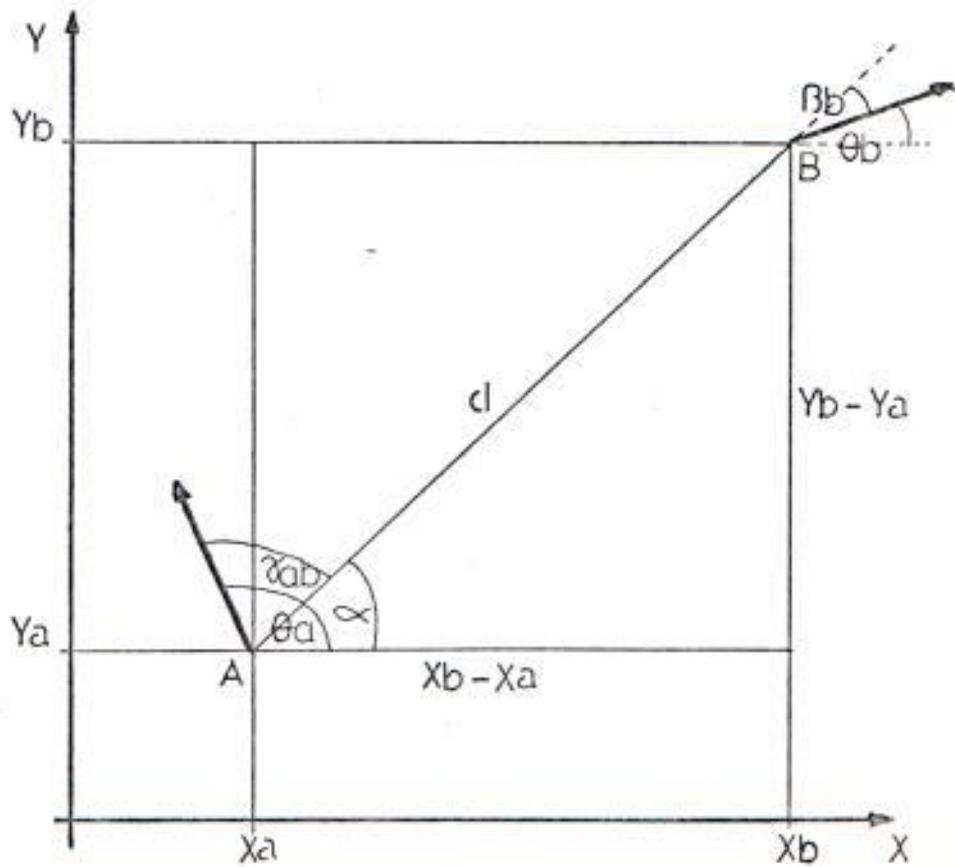


FIG. 19. Principio de Movimiento.

Una vez obtenidos estos valores deben ser convertidos a 3 cantidades que representan el número de pulsos de realimentación que ambas ruedas deberán producir para ejecutar cada movimiento. Esto es, dijimos en el Capítulo anterior, sección 2.3.2., en que el circuito de realimentación entregaba a su salida en cada período de muestreo un múltiplo de 1.4 grados girados por cada disco codificado, esto es por cada rueda coaxial con ellos, durante dicho período; sabiendo el diámetro D de las ruedas podemos saber pues, cuanto ha avanzado el vehículo (si ambos motores giran en el mismo sentido), o cuál ha sido el arco de circunferencia que ha recorrido cada rueda (si ambos motores giran en sentido contrario).

En caso de un movimiento a lo largo de una línea recta:

D = diámetro de la rueda (mm)

N_r = número de pulsos

d = distancia que debe avanzar el vehículo (mm).

a = distancia que se avanza por cada pulso que gira cada rueda.

$$a = \frac{\pi \times D}{256} \quad (\text{mm}/^\circ)$$

$$N_r = \frac{d}{a} = \frac{d}{\frac{\pi \times D}{256}} = \frac{d}{D} \times \frac{256}{\pi} \quad \text{pulsos}$$

En caso de una rotación en un mismo punto, ver la figura N° 20.:

D = diámetro de la rueda (mm)

N_g = número de pulsos

R = distancia entre el origen del vector de orientación y la rueda (mm).

μ = ángulo de giro de la plataforma sobre si misma (radianes).

l = arco de circunferencia que la plataforma gira sobre si misma (mm).

$$l = \mu \times R$$

Estamos aquí en un caso análogo al del movimiento rectilíneo puesto que l es análogo a la distancia que debe avanzar el vehículo:

Por lo tanto:

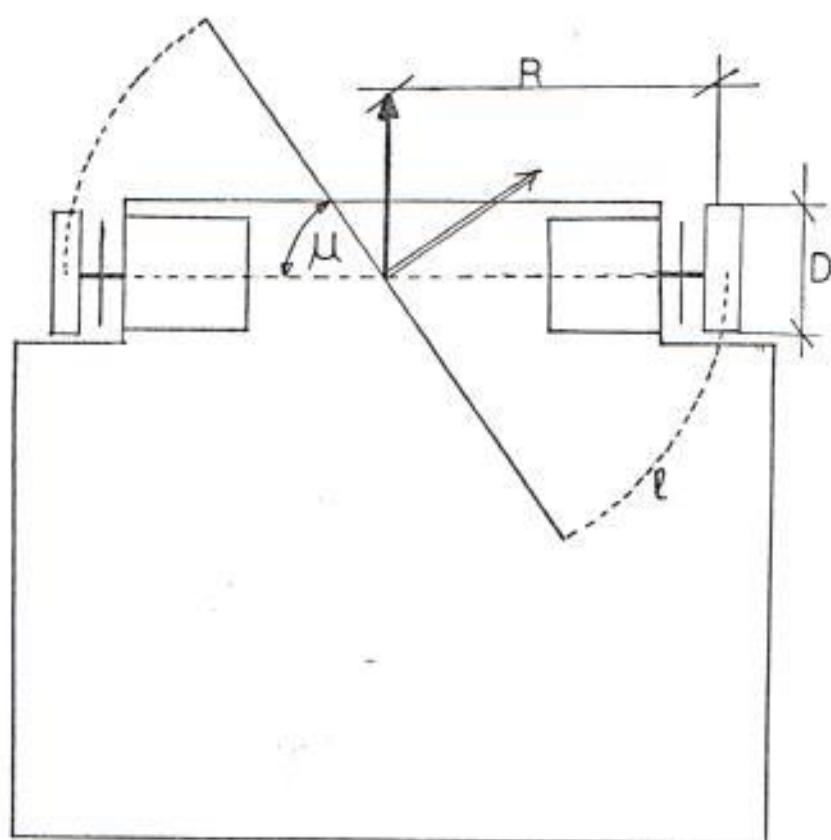


FIG. 20. Rotación en un mismo punto.

$$Ng = \frac{1}{a}$$

Donde:

a = es el mismo definido anteriormente.

$$Ng = \mu \times R/a = \frac{\mu \times R}{\frac{\pi \times D}{256}} = \frac{\mu \times R}{D} \times \frac{256}{\pi}$$

En pulsos; puesto que el diámetro de las ruedas es una constante al igual que R, se tiene:

$$Nr = d(\text{mm}) \times Kr$$

$$Ng = \mu \text{ (radianes)} \times Kg$$

3:1.3. Bosquejo del programa

El programa de control puede dividirse en 2 partes:

- Programa Monitor

- Programa de control del movimiento

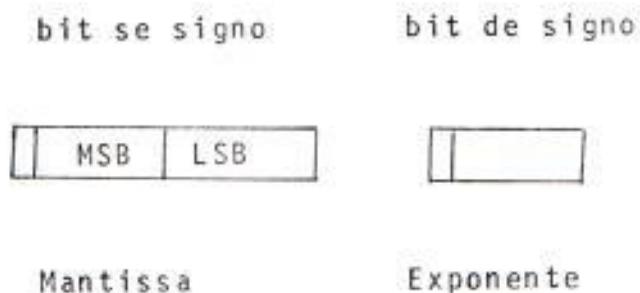
El programa Monitor consiste básicamente en Subrutinas de cálculo y conversiones.

El programa de Control del movimiento comprende el ingreso de las coordenadas del recorrido, cálculos de ruta y gobierno de la plataforma, durante el desplazamiento.

3.2. PROGRAMA MONITOR

3.2.1. Subrutinas de cálculo y conversión

Se utilizará aritmética de punto flotante para el cálculo de ruta, con el siguiente formato:



Los siguientes programas serán necesarios:

SUMA	RAIZ CUADRADA
RESTA	ARCO TANGENTE
MULTIPLICACION	POTENCIACION
DIVISION	

Ya que la información de ruta entra al sistema - por medio del teclado y consiste en coordenadas - (X,Y) y en el ángulo de orientación (θ) y éstos , como veremos en la sección 3.3.3. (Cálculo de ru ta) están dados en milímetros y grados respecticame nte, también son necesarias las siguientes sub rutinas de conversión:

BCD A BINARIO	BINARIO A BCD
BINARIO A PUNTO FLOTANTE	y
PUNTO FLOTANTE A BINARIO	

Ya que estamos en aritmética de punto flotante - son necesarias un par de subrutinas más:

NORMALIZACION
IGUALAR EXPONENTES PARA LA SUMA

En las siguientes secciones encontraremos lo si

guiente:

- Título de la subrutina
- número de bytes
- dirección del primer byte
- información que utiliza como entrada y lo que entrega como salida.
- registros o posiciones de memoria especiales que utiliza.
- descripción general y diagrama de flujo.
- listado completo de la misma.

Al final del Capítulo en la figura N^o 25, se encuentra un ma
pa de memoria general indicando la posición de cada sub
rutina.

3.2.1.1. SUBROUTINA NORMA:

Número de bytes: 80

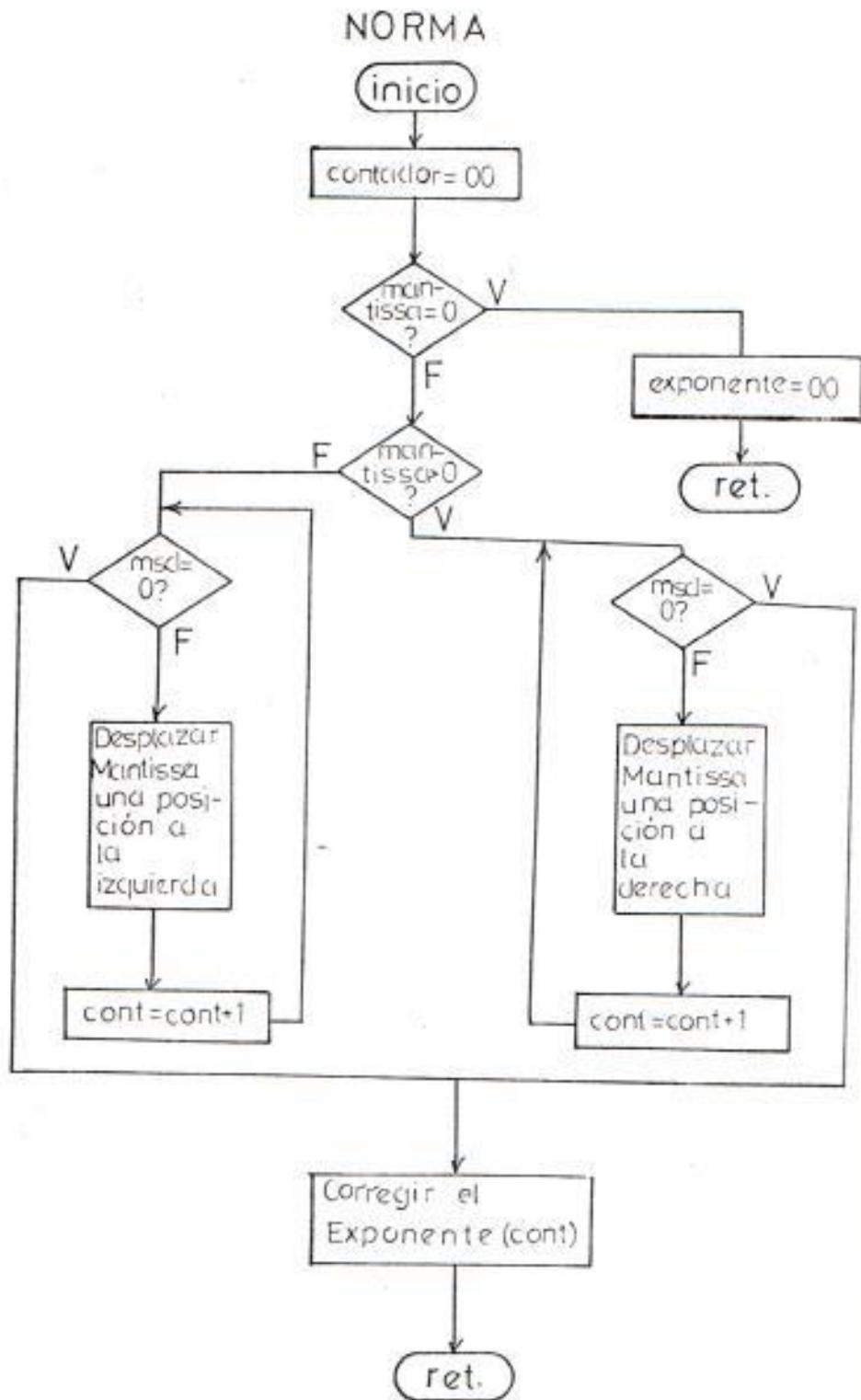
Dirección: 8800h

A la entrada: H,L contienen la dirección del número a normalizar.

A la salida : H,L contienen la dirección del número normalizado.

Usa: A,B,C,D,E,H,L, banderas

Descripción: Esta subrutina normaliza un número en aritmética de punto flotante , esto es, si es un número positivo (bit de signo 0), desplaza el número a la izquierda de tal manera que el bit más significativo sea 1 (el siguiente al bit del signo), análogamente, si es negativo (bit de signo 1), lo desplaza hasta que el bit más significativo sea 0 ; además corrige el exponente de acuerdo al número de desplazamientos realizados.



Subrutina NORMA

Hoja 1/2

DIRREC.	CODIGO	ETIQUETA	MNEMONICO	COMENTARIOS
8800	1E 00	NORMA05	MVI E,00h	#contador = 0.
8802	7E		MOV A,M	#exponente al
8803	57		MOV D,A	registro D.
8804	23		INX H	#byte 2 al re
8805	7E		MOV A,M	gistro C.
8806	4F		MOV C,A	
8807	23		INX H	#byte 1 al re
8808	7E		MOV A,M	gistro B.
8809	47		MOV B,A	
880A	AF		XRA A	#Acumulador = 0.
880B	B8		CMP B	#Los registros
880C	C2 13 88		JNZ NORMA10	B y C son 0?
880F	B9		CMP C	si : NORMA15
8810	CA 4A 88		JZ NORMA15	no : NORMA10
8813	37	NORMA10	STC	#Acarreo = 0.
8814	3F		CMC	
8815	78		MOV A,B	#Si el signo
8816	17		RAL	es 1 voy a
8817	DA 2A 88		JC NORMA25	NORMA25.
881A	78	NORMA20	MOV A,B	#Si el bit más
881B	17		RAL	1 voy a NORMA-
881C	17		RAL	30.
881D	DA 3C 88		JC NORMA30	
8820	79		MOV A,C	#Roto el regis-
8821	17		RAL	tro par B,C.
8822	4F		MOV C,A	
8823	78		MOV A,B	
8824	17		RAL	
8825	47		MOV B,A	
8826	1C		INR E	#incremento cont.
8827	C3 1A 88		JMP NORMA20	
882A	78	NORMA25	MOV A,B	#Si el signo es
882B	17		RAL	0 voy a NORMA30.
882C	17		RAL	
882D	D2 3C 88		JNC NORMA30	
8830	37		STC	
8831	3F		CMC	
8832	79		MOV A,C	#Rotación del re
8833	17		RAL	gistro par B,C.
8834	4F		MOV C,A	

Subrutina NORMA

Hoja 2/2

DIREC.	CODIGO	ETIQUETA	MNEMONICO	COMENTARIOS
8835	4F		MOV A,B	
8836	17		RAL	
8837	47		MOV B,A	
8838	1C		INR R	#increment. contad.
8839	C3 2A 88		JMP NORMA25	
883C	7B	MORMA30	MOV A,E	#Corrección del exponente.
883D	2F		CMA	
883E	3C		INR A	
883F	82		ADD D	
8840	57		MOV D,A	
8841	78	NORMA35	MOV A,B	#Guardo el número normalizado en sus posiciones en memoria.
8842	77		MOV M,A	
8843	2B		DCX H	
8844	79		MOV A,C	
8845	77		MOV M,A	
8846	2B		DCX H	
8847	7A		MOV A,D	
8848	77		MOV M,A	
8849	C9		RET	
884A	16 00	NORMA15	MVI D,00h	#exponente = 0.
884C	C3 41 88		JMP NORMA35	

3.2.1.2. SUBROUTINA READY

Número de bytes: 109

Dirección: 884Fh

A la entrada: H,L contienen la dirección del número 1, D,E contienen la dirección del número 2.

A la salida: ídem.

Usa: A,B,C,D,E,H,L,banderas

Descripción: Para sumar 2 números en aritmética de punto flotante, ambos deben tener el mismo exponente, en caso de no tenerlo, READY desplaza uno de los dos para igualar los exponentes, en caso de que la diferencia entre exponentes sea mayor o igual a 15, el número más pequeño es igualado a cero.

Subrutina READY

Hoja 1/2

DIRFC.	CODIGO	ETIQUETA	MNEMONICO	COMENTARIOS
884F	D5	READY05	PUSH H	#Guardo H,L.
8850	E5		PUSH D	#Guardo D,E
8851	7E		MOV A,M	#exp2 a B.
8852	47		MOV B,A	
8853	1A		LDAX D	#expl a Acum.
8854	2F		CMA	#comp. a 2 de
8855	3C		INR A	Acum.
8856	80		ADD B	#B = B más Ac.
8857	47		MOV B,A	
8858	CA 6D 88		JZ READY50	#Si Ac=0, retorno
8859	FA 74 88		JM READY10	#Si Ac 0, a 10.
885E	78		MOV A,B	#si la dif. es
885F	FE OF		CPI OF	mayor o = a 15
8861	CA 67 88		JZ READY15	voy a READY15.
8864	DA 70 88		JC READY20	
8867	AF	READY15	XRA A	#exp2 = 0.
8868	12		STAX D	El número 2 es
8869	13		INX D	igualado a 0.
886A	12		STAX D	
886B	13		INX D	
886C	12		STAX D	
886D	D1	READY50	POP D	#Recupero B,C,D,
886E	E1		POP H	E y retorno.
886F	C9		RETR	
8870	EB	READY20	XCHG	#D,E a H,L y vi
8871	C3 84 88		JMP READY30	cecursa.
8874	78	READY10	MOV A,B	#Si la diferen-
8875	2F		CMA	cia es mayor o
8876	3C		INR A	igual a 15 voy
8877	47		MOV B,A	a READY25
8878	FE OF		CPI OF	
887A	CA 80 88		JZ READY25	
887D	DA 84 88		JC READY30	
8880	EB	READY25	XCHG	#intercambio D,
8881	C3 67 88		JMP READY15	E,H,L y salgo.
8884	1A	READY30	LDAX D	#Traslado el nú
8885	5F		MOV E,A	mero a los re
8886	23		INX H	gistros C,D,E.
8887	7E		MOV A,M	
8888	57		MOV D,A	

Subrutina READY

Hoja 2/2

DIRCC.	CODIGO	ETIQUETA	MNEMONICO	COMENTARIOS
8889	23		INX H	
888A	7E		MOV A,M	
888B	4F		MOV C,A	#Siem menor que
888C	FE 00		CPI 00	0 voy a 35.
888E	FA AB 88		JM READY35	
8891	37	READY40	STC	#Acarreo = 0.
8892	3F		CMC	
8893	79		MOV A,C	#Roto la manti
8894	1F		RAR	ssa a la dere
8895	4F		MOV C,A	cha, tantas ve
8896	7A		MOV A,D	ces la diferen
8897	1F		RAR	cia entre expo
8898	57		MOV D,A	ponentes.
8899	05		DCR B	
889A	78		MOV A,B	
889B	FE 00		CPI 00	
889D	C2 91 88		JNZ READY40	
88A0	79	READY45	MOV A,C	#Retorno el nú
88A1	77		MOV M,A	mero a su po
88A2	2B		DCX H	sición en me
88A3	7A		MOV A,D	moría.
88A4	77		MOV M,A	
88A5	2B		MOV A,E	
88A6	7B		DCX H	
88A7	77		MOV M,A	
88A8	D1		POP D	#Recupero D,E,
88A9	E1		POP H	H y L.
88AA	C9		RETR	
88AB	37	READY35	STC	#Acarreo = 1.
88AC	79		MOV A,C	#Rotación de la
88AD	1F		RAR	mantissa a la
88AE	4F		MOV C,A	derecha, tantas
88AF	7A		MOV A,D	veces la dife
88B0	1F		RAR	rencia entre ex
88B1	57		MOV D,A	ponentes.
88B2	05		DCR B	
88B3	78		MOV A,B	
88B4	FE 00		CPI 00	
88B6	C2 AB 88		JNZ READY35	
88B9	C3 A0 88		JMP READY45	

3.2.1.3. SUBROUTINA SUM

Número de bytes: 101

Dirección: 88BCh

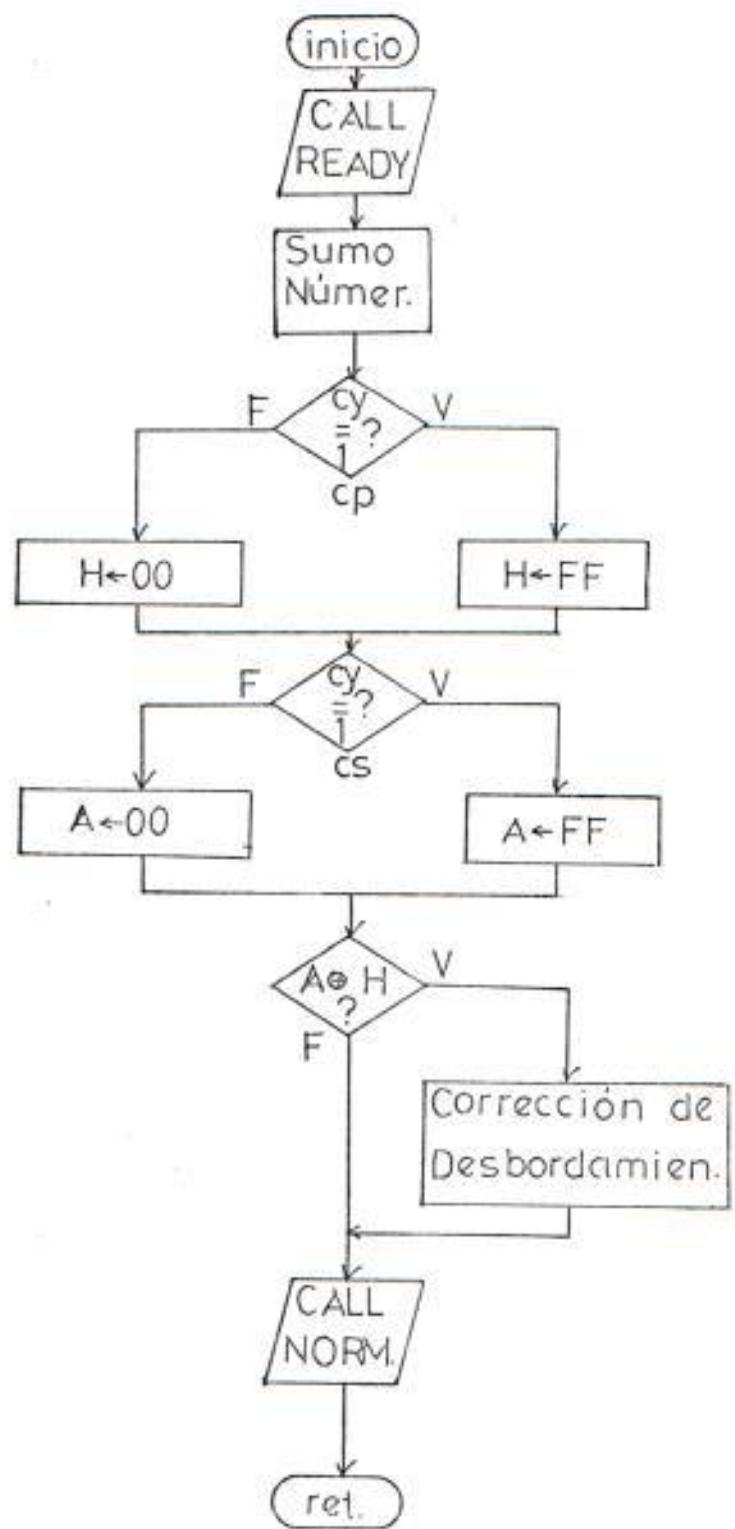
A la entrada: H,L, contienen la dirección del número 1, D,E, contienen la dirección del número 2.

A la salida: H,L, contienen la dirección del número 1, D,E, contienen la dirección del número 2.

Usa: A, B,C,D,E,H,L, banderas, NORMA,READY.

Descripción: SUM suma 2 números en aritmética de punto flotante, sin importar su signo, hace uso de la subrutina NORMA, para entregar el resultado normalizado, toma en cuenta el desbordamiento que pueda ocurrir y corrige el resultado en consecuencia.

SUM



Subrutina SUM

Hoja 1/2

DIRCC.	CODIGO	ETIQUETA	MNEMONICO	COMENTARIOS
88BC	D5	SUM05	PUSH D	#Guardo D,E,H y
88BD	E5		PUSH H	L.
88BE	CD 4F 88		CALL READY	#Chequeo expon.
88C1	23		INX H	#mantissas a los
88C2	13		INX D	registros B,C,
88C3	7E		MOV A,M	D y E.
88C4	4F		MOV C,A	
88C5	23		INX H	
88C6	7E		MOV A,M	
88C7	47		MOV B,A	
88C8	EB		XCHG	
88C9	7E		MOV A,M	
88CA	5F		MOV E,A	
88CB	23		INX H	
88CC	7E		MOV A,M	
88CD	57		MOV D,A	
88CE	79		MOV A,C	#C = C más E.
88CF	83		ADD E	
88D0	4F		MOV C,A	
88D1	3E 00		MVI A,00h	#Acum = 0.
88D2	8A		ADC D	#Acum = Acum más
88D4	57		MOV D,A	D más Acarreo.
88D5	7B		MOV A,B	Acum a D.
88D6	82		ADL D	#L = B más D.
88D7	6F		MOV L,A	
88D8	F5		PUSH PSW	#guardo Acarreo.
88D9	37		STC	#Acarreo = 0.
88DA	3F		CMC	
88DB	7A		MOV A,D	#Roto D.
88DC	17		RAL	
88DD	57		MOV D,A	
88DE	37		STC	#Acarreo = 0.
88DF	3F		CMC	
88E0	7B		MOV A,B	#Roto B.
88E1	17		RAL	
88E2	82		ADD D	#Acum = Acum más
88E3	DA EB 88		JC SUM10	D.
88E6	26 00	SUM15	MVI H,00h	#Si el Acarreo=0,
88E8	C3 ED 88		JMP SUM20	H=00, si no H=
88EB	26 FF	SUM10	MVI H,FFh	FF.

Subrutina SUM

Hoja 2/2

DIRFC.	CODIGO	ETIQUETA	MNEMONICO	COMENTARIOS
88ED	7D	SUM20	MOV A,L	#B a L.
88EE	47		MOV B,A	
88EF	F1		POP PSW	#Recupero Cs.
88FO	DA F7 88		JC SUM25	#Cs =0; A= 00
88F3	AF		XRA A	Cs =1; A= FF
88F4	C3 F9 88		JMP SUM35	
88F7	3E FF	SUM25	MVI A,FFh	
88F9	AC	SUM35	XRA H	#Or exclusivo
88FA	CA 1C 89		JZ SUM40	de Cs y Cp.
88FD	7C	SUM45	MOV A,H	#Si Or exclusi
88FE	C2 05 89		JNZ SUM50	vo es 1, Cs es
8901	37		STC	el bit del sig
8902	C3 07 89		JMP SUM55	no.
8905	37	SUM50	STC C	#Desplazo la
8906	3F		CMC	mantissa una p _o
8907	78	SUM55	MOV A,B	sición a la d _e
8908	1F		RAR	recha.
8909	47		MOV B,A	
890A	79		MOV A,C	
890B	1F		RAR	
890C	4F		MOV C,A	
890D	E1		POP H	#Incremento el
890E	E5		PUSH H	exponente.
890F	34		INR M	
8910	23	SUM60	INX H	# B,C a la memo
8911	79		MOV A,C	ria.
8912	77		MOV M,A	
8913	23		INX H	
8914	78		MOV A,B	
8915	77		MOV M,A	
8916	E1		POP H	
8917	DL		POP D	
8918	CD 00 88		CALL NORMA	#Normalizo el re
891B	C9		RET	sultado, salgo.
891C	E1	SUM40	POP H	#Si or exclusi
891D	E5		PUSH H	vo es 0.
891E	C3 10 89		JMP SUM60	

3.2.1.4. SUBROUTINA COMDOS

Número de bytes: 16

Dirección: 8921h

A la entrada: D,E contiene la dirección del número.

A la salida: D,E contienen la dirección del complemento a dos del número.

Usa: A,B,C,D,E.

Descripción: La subrutina obtiene el complemento a dos de un número en aritmética de punto flotante.

Subrutina COMDOS

Hoja 1/1

DIREC.	CODIGO	ETIQUETA	MNEMONICO	COMENTARIOS
8921	13	COMDOS05	INX D	#Traslado los by
8922	1A		LDAX D	tes 1 y 2 del
8923	2F		CMA	número a los re
8924	4F		MOV C,A	gistros B y C,
8925	13		INX D	donde obtengo el
8926	1A		LDAX D	complemento a 2
8927	2F		CMA	de la mantissa,
8928	47		MOV B,A	luego los devuel
8929	03		INX B	vo a sus posicio
892A	78		MOV A,B	nes en memoria.
892B	12		STAX D	
892C	1B		DCX D	
892D	79		MOV A,C	
892E	12		STAX D	
892F	1B		DCX D	
8930	C9		RET	

3.2.1.5. SUBROUTINA RES

Número de bytes: 11

Dirección: 8931h

A la entrada: H,L contiene la dirección del minuendo, D,E contiene la dirección del substraendo.

A la salida: H,L contiene la dirección del resultado.

Usa: A,B,C,D,E,H,L, banderas, COMDOS, SUM.

Descripción: RES obtiene la diferencia - entre 2 números de cualquier signo, en aritmética de punto flotante, haciendo - uso de COMDOS y luego de la subrutina - SUM.

Subrutina RES

Hoja 1/1

DIRFC.	CODIGO	ETIQUETA	MNEMONICO	COMENTARIOS
8931	C5	RES05	PUSH B	#Obtengo la dife
8932	D5		PUSH D	rencia hacien-
8933	CD 21 89		CALL COMDOS	do uso de COMDOS
8936	CD BC 88		CALL SUM	y SUM.
8939	DL		POP D	
893A	C1		POP B	
893B	C9		RET	

3.2.1.6. SUBROUTINA MULT

Número de bytes: 151

Dirección: 893Ch

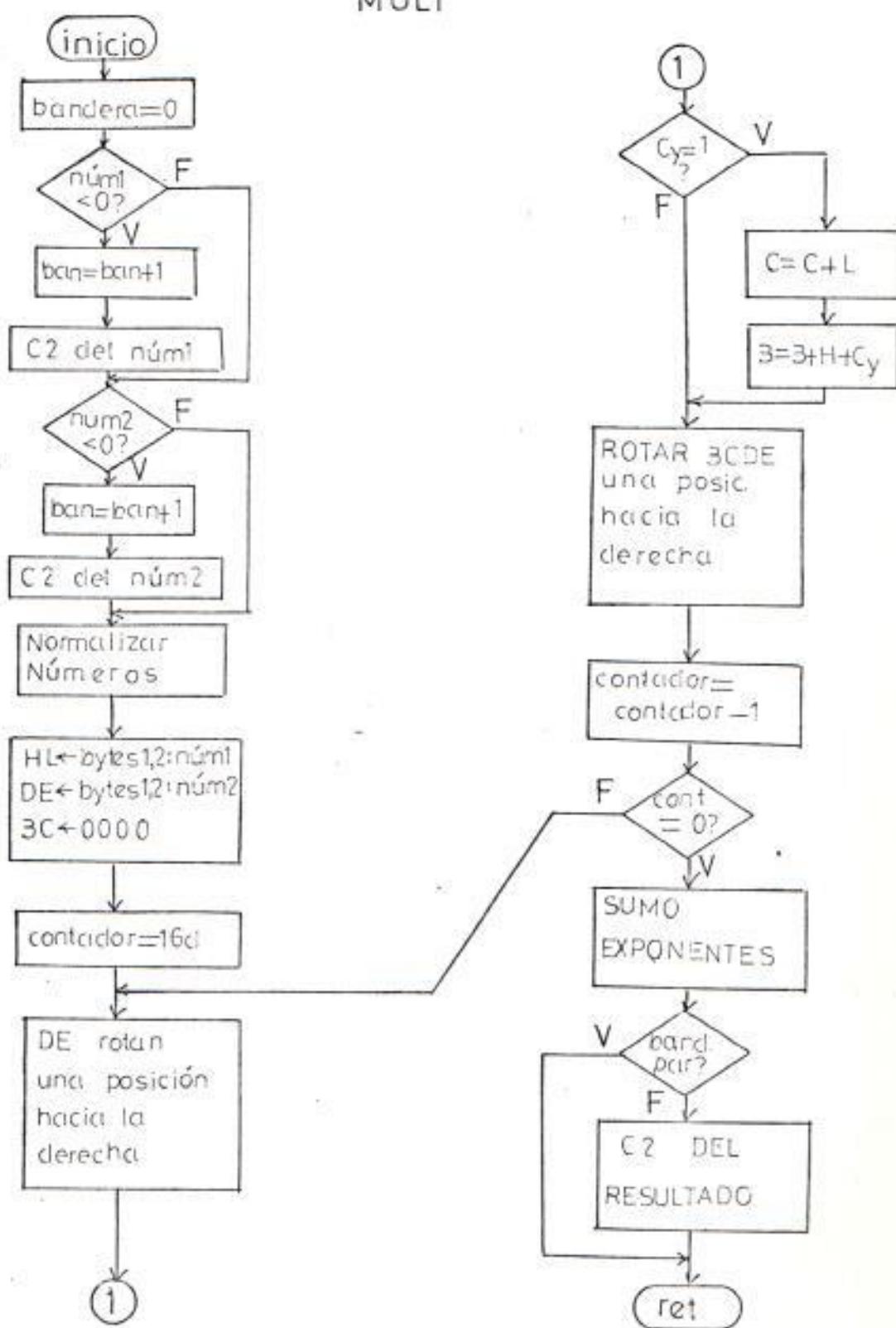
A la entrada: H,L contienen la dirección del número 1, D,E contienen la dirección del número 2.

A la salida: H,L contienen la dirección del resultador.

Usa: A,B,C,D,E,H,L banderas, COMDOS, NORMA, 2000H.

Descripción: MULT, multiplica 2 números en aritmética de punto flotante, sin importar su signo y entrega el resultado - normalizado, usa la posición de memoria 2000H, como bandera de signo.

MULT



Subrutina MULT

Hoja 1/3

DIREC.	COLIGO	ETIQUETA	MREMONICO	COMENTARIOS
893C	3E 00	MULT05	MVI A,00h	#bandera de sig-
893E	32 00 20		STA 2000h	nos = 00.
8941	E5		PUSH H	#Guardo H,L,D,E.
8942	D5		PUSH D	
8943	23		INX H	#Chequeo el sg-
8944	23		INX H	no del primer
8945	7E		MOV A,M	número si es po
8946	17		RAL	sitivo sigo de
8947	D2 56 89		JNC MULT10	largo.
894A	21 00 20	MULT15	LXI H,2000h	#Si es negativo,
894D	34		INR M	se obtiene el
894E	D1		POP D	complemento a 2
894F	E1		POP H	y se modifica
8950	E5		PUSH H	la bandera.
8951	D5		PUSH D	
8952	EB		XCHG	
8953	CD 21 89		CALL COMDOS	
8956	D1	MULT10	POP D	#Efectúo el mis
8957	E1		POP H	mo chequeo con
8958	E5		PUSH H	el segundo nú-
8959	D5		PUSH D	mero.
895A	13		INX D	
895B	13		INX D	
895C	1A		LDAX D	
895D	17		RAL	
895E	D2 6C 89		JNC MULT20	
8961	21 00 20	MULT25	LXI H,2000h	
8964	34		INR M	
8965	D1		POP D	
8966	E1		POP H	
8967	E5		PUSH H	
8968	D5		PUSH D	
8969	CD 21 89		CALL COMDOS	
896C	D1	MULT20	POP D	#Normalizo ambos
896D	E1		POP H	números.
896E	E5	MULT30	PUSH H	
896F	D5		PUSH D	
8970	CD 00 88		CALL NORMA	
8973	D1		POP D	
8974	E1		POP H	

Subrutina MULT

Hoja 2/3

DIRFC.	CODIGO	ETIQUETA	MNEMONICO	COMENTARIOS
8975	E5		PUSH H	
8976	D5		PUSH D	
8977	EB		XCHG	
8978	CD 00 88		CALL NORMA	
897B	D1		POP D	
897C	E1		POP H	
897D	E5		PUSH H	
897E	D5		PUSH D	
897F	23		INX D	#Byte2 del primer número a
8980	7E		MOV A,M	L, byte1 del primer número
8981	4F		MOV C,A	a H;
8982	23		INX H	byte2 del segundo número
8983	7E		MOV A,M	a E y byte1 del segundo
8984	67		MOV H,A	número a D;
8985	79		MOV A,C	B,C=0000.
8986	6F		MOV L,A	
8987	13		INX D	
8988	1A		LDAX D	
8989	4F		MOV C,A	
898A	13		INX D	
898B	1A		LDAX D	
898C	57		MOV D,A	
898D	79		MOV A,C	
898E	5F		MOV E,A	
898F	06 00		MVI B,00h	
8991	0E 00		MVI C,00h	
8993	3E 0F		MVI A,0Fh	#Acum= 0F.
8995	F5	MULT35	PUSH PSW	#guardo Acum.
8996	7B		MOV A,E	#Si bit menos significativo
8997	1F		RAR	de E es 0; a 45.
8998	D2 A1 89		JNC MULT45	#Si es 1:
899B	79	MULT40	MOV A,C	C= C más L
899C	85		ADD L	B= B más H más
899D	4F		MOV C,A	Acarreo.
899E	7B		MOV A,B	
899F	8C		ADC H	
89A0	47		MOV B,A	
89A1	37	MULT45	STC	#Acarreo = 0.
89A2	3F		CMC	

Subrutina MULT

Hoja 3/3

DIRFC.	CODIGO	ETIQUETA	MNEMONICO	COMENTARIOS
89A3	78		MOV A,B	#Rotación del conjunto de registros B,C,D, E
89A4	1F		RAR	
89A5	47		MOV B,A	
89A6	79		MOV A,C	
89A7	1F		RAR	
89A8	4F		MOV C,A	
89A9	7A		MOV A,D	
89AA	1F		RAR	
89AB	57		MOV D,A	
89AC	7B		MOV E,A	
89AD	1F		RRR	
89AE	5F		MOV A,E	
89AF	F1		POP PSW	#Recupero Acum.
89B0	3D		DCR A	#Lazo Principal.
89B1	C2 95 89		JNZ MULT35	
89B4	D1		POP D	#Recupero D,E,H, L.
89B5	E1		POP H	
89B6	E5		PUSH H	
89B7	D5		PUSH D	
89B8	1A		LDAX D	#Sumo exponentes
89B9	86		ADD M	
89BA	77		MOV M,A	
89BB	23		INX H	#B,C a la memoria como resultados.
89BC	79		MOV A,C	
89BD	77		MOV M,A	
89BE	23		INX H	
89BF	78		MOV A,B	
89C0	77		MOV M,A	
89C1	D1		POP D	
89C2	E1		POP H	
89C3	E5		PUSH H	
89C4	D5		PUSH D	
89C5	3A 00 20		LDA 2000	#Chequeo bandera del signo, si es negativa, obtengo complemento a 2 del resultado y salgo.
89C8	1F		RAR	
89C9	D2 DO 89		JNC MULT50	
89CC	EB	MULT55	XCHG	
89CD	CD 21 89		CALL COMDOS	
89D0	D1	MULT50	POP D	
89D1	E1		POP H	
89D2	C9		RET	

3.2.1.7. SUBROUTINA POT

Número de bytes: 33

Dirección: 89D3h

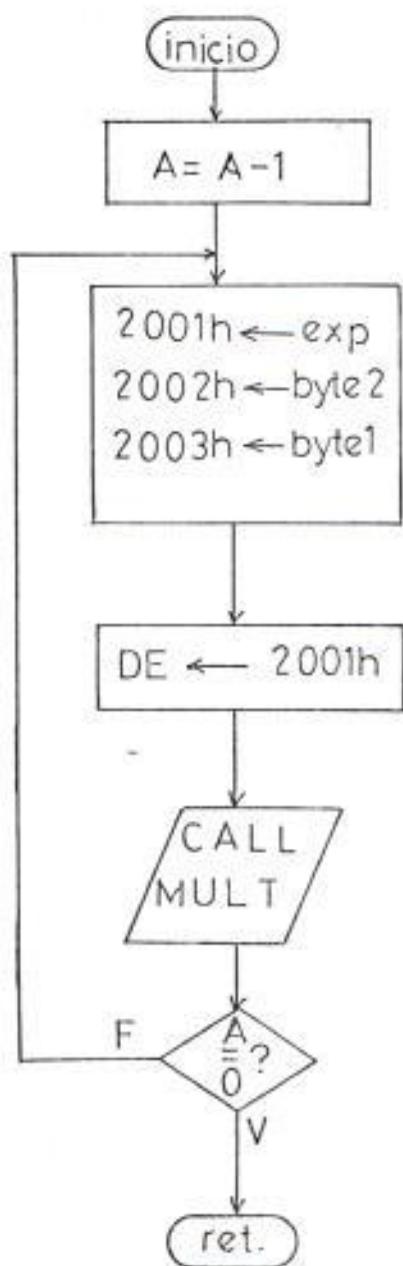
A la entrada: H,L, contienen la dirección de la base, el acumulador contiene el acumulador (un número entero, positivo).

A la salida: H,L contienen la dirección # del resultado.

Usa: A,B,C,D,E,H,L, banderas, MULT, 2001H 2002H y 2003H.

Descripción: POT eleva a un exponente - una base dada, haciendo uso de la subrutina de multiplicación para multiplicar la base por si misma; se realizan exponente -1 multiplicaciones.

POT



Subrutina POT

Hoja 1/1

DIRCC.	CODIGO	ETIQUETA	MNEMONICO	COMENTARIOS
89D3	3D	POT05	DCR A	#Acum=Acum - 1
89D4	F5		PUSH PSW	#Guardo Acum.
89D5	11 01 20		LXI D,2001	#D,E=2001.
89D8	E5		PUSH B	#Guardo D,E,H,
89D9	D5		PUSH D	L.
89DA	06 03		MVI B,03h	#Traslado la
89DB	7R	POT10	MOV A,M	base a 2001,
89DD	12		STAX D	2002 y 2003.
89DE	23		INX H	
89DF	13		INX D	
89E0	05		DCR B	
89E1	7B		MOV A,B	
89E2	C2 DC 89		JNZ POT10	
89E3	D1	POT15	POP D	
89E6	E1		POP H	
89E7	CD 3C 89	POT20	CALL MULT	#Multiplico el
89EA	F1		POP PSW	número por si
89EB	3D		DCR A	mismo.
89EC	CA F3 89		JZ POT25	#Ejecuto el la
89EF	F5		PUSH PSW	zo Acum-1 ve-
89F0	C3 E7 89		JMP POT20	ces.
89F3	C9	POT25	RET	

3.2.1.8. SUBROUTINA DIVID

Número de bytes: 194

Dirección: 89F4h

A la entrada: H,L contienen la dirección del dividendo, D,E contienen la dirección del divisor.

A la salida: B,C contienen la dirección del cociente (2001H).

Usa: A,B,C,D,E,H,L, banderas, COMDOS,2001H, 2002H, 2003H, 2004H.

Descripción: DIVID divide entre si 2 números en aritmética de punto flotante sin importar el signo, y entrega su cociente normalizado.

DIVID



Subrutina DIVID

Hoja 1/4

DIRCC.	CODIGO	ETIQUETA	MNEMONICO	COMENTARIOS
89P4	3E 00	DIVID000	MVI A,00 h	#bandera de sig
89P6	32 00 20		STA 2000h	no = 00.
89P9	E5		PUSH H	#Guardo H,L,D y
89PA	D5		PUSH D	E.
89PB	23		INX H	#Chequeo si el
89PC	23		INX H	primer número
89PD	7E		MOV A,M	es positivo, si
89PE	17		RAL	no obtengo el
89PF	D2 0E 8A		JNC DIVID002	compl. a 2.
8A00	21 00 20	DIVID001	LXI H,2000h	#Si es negativo,
8A05	34		INR M	modifico la ban
8A06	D1		POP D	dera de signo,
8A07	E1		POP H	y obtengo el
8A08	E5		PUSH H	complemento a
8A09	D5		PUSH D	2.
8A0A	EB		XCHG	
8A0B	CD 21 89		CALL COMDOS	
8A0E	D1	DIVID002	POP D	#Chequeo de aná
8A0F	E1		POP H	loga manera al
8A10	E5		PUSH H	número 2.
8A11	D5		PUSH D	
8A12	13		INX D	
8A13	13		INX D	
8A14	1A		LDAX D	
8A15	17		RAL	
8A16	D2 24 8A		JNC DIVID002	
8A19	21 00 20	DIVID003	LXI H,2000h	#Si el número es
8A1C	34		INR M	negativo, modi
8A1D	D1		POP D	fico la bande
8A1E	E1		POP H	ra y obtengo el
8A1F	E5		PUSH H	complemento a
8A20	D5		PUSH D	2.
8A21	CD 21 89		CALL COMDOS	
8A24	D1	DIVID004	POP D	
8A25	E1		POP H	
8A26	E5		PUSH H	
8A27	D5		PUSH D	
8A28	3E 0F	DIVID005	MVI A,0Fh	#Contador=15.
8A2A	32 04 20		STA 2004h	
8A2D	01 01 20		LXI B,2001h	#B,C=2001h.

Subrutina DIVID

Hoja 2/4

DIRFC.	CODIGO	ETIQUETA	MNEMONICO	COMENTARIOS
8A30	C5		PUSH B	
8A31	AF		XRA A	# 2001 = 00
8A32	02		STAX B	2002 = 00
8A33	03		INX B	2003 = 00.
8A34	02		STAX B	
8A35	03		INX B	
8A36	02		STAX B	
8A37	C1		POP B	
8A38	C5		PUSH B	
8A39	E5		PUSH H	#Guardo H,L,D,
8A3A	D5		PUSH D	R.
8A3B	CD AB BA	DIVID010	CALL SUMITA	#Ejecuto SUMITA
8A3E	7E		MOV A,M	#Chequeo el re
8A3F	17		RAL	sultado, Acar.
8A40	D2 5F BA		JNC DIVID20	es 0: DIVID20.
8A43	D1	DIVID015	POP D	
8A44	E1		POP H	
8A45	E5		PUSH H	
8A46	D5		PUSH D	
8A47	CD AB BA		CALL SUMITA	
8A4A	D1		POP D	
8A4B	E1		POP H	
8A4C	C1		POP B	
8A4D	C5		PUSH B	
8A4E	E5		PUSH H	
8A4F	D5		PUSH D	
8A50	03		INX B	
8A51	0A		LDAX B	
8A52	37		STC	#Acarreo = 00.
8A53	3F		CMC	
8A54	17		RAL	#Rotación de las
8A55	02		STAX B	posiciones 2002
8A56	03		INX B	y 2003, a la
8A57	0A		LDAX B	izquierda intro
8A58	17		RAL	duciendo un 0
8A59	02		STAX B	por la derecha.
8A5A	0B		DCX B	
8A5B	0B		DCX B	
8A5C	C3 73 BA		JMP DIVID025	

Subrutina DIVID

DIRCC.	CODIGO	ETIQUETA	MNEMONICO	COMENTARIOS
8A5F	D1	DIVIDO20	POP D	
8A60	F1		POP H	
8A61	C1		POP B	
8A62	C5		PUSH B	
8A63	F5		PUSH H	
8A64	D5		PUSH D	
8A65	03		INX B	
8A66	0A		LDAX B	
8A67	37		STC	#Acarreo = 1
8A68	17		RAL	#Roto a la izquierda 2002 y 2003, introduciendo un 1 por la derecha.
8A69	02		STAX B	
8A6A	03		INX B	
8A6B	0A		LDAX B	
8A6C	17		RAL	
8A6D	02		STAX B	
8A6E	0B		DCX B	
8A6F	0B		DCX B	
8A70	CD 21 89		CALL COMDOS	
8A73	D1	DIVIDO25	POP D	
8A74	13		INX D	
8A75	13		INX D	
8A76	37		STC	#Acarreo = 0.
8A77	3F		CMC	
8A78	1A		LDAX D	#Roto el divisor a la derecha una posición.
8A79	1F		RAR	
8A7A	12		STAS X	
8A7B	1B		DCX D	
8A7C	1A		LDAX D	
8A7D	1F		RAR	
8A7E	12		STAX D	
8A7F	1B		DCX D	
8A80	D5		PUSH D	
8A81	3A 04 20		LDA 2004	#Chequeo el contador a ver si ya llegué a 0.
8A84	3D		DCR A	
8A85	32 04 20		STA 2004	
8A88	C2 3B 8A		JNZ DIVIDO10	
8A8B	D1		POP D	
8A8C	F1		POP H	
8A8D	C1		POP B	
8A8E	C5		PUSH B	

Subrutina DIVID

Hoja 4/4

DIRC.	CODIGO	ETIQUETA	MNEMONICO	COMENTARIOS
8A8F	R5		PUSH H	
8A90	D5		PUSH D	
8A91	1A		LDAX D	#Diferencia de
8A92	2F		CMA	los expoenen-
8A93	3C		INR A	tes.
8A94	86		ADD A,M	
8A95	3C		INR A	
8A96	02		STAX B	#Chequeo la ban-
8A97	3A 00 20		LDA 2000	dera de signo
8A9A	1F		RAR	por si debo co-
8A9B	D2 A5 8A		JNC DIVID030	rregir el res.
8A9E	78		MOV A,B	#Si debo obte-
8A9F	50		MOV D,B	ner el compl.
8AA0	7B		MOV A,E	a 2 del resul.
8AA1	59		MOVE,C	llamo a COMDOS.
8AA2	CD 21 89		CALL COMDOS	
8AA3	D1	DIVID030	POP D	#Listo el resul.
8AA6	F1		POP H	salgo.
8AA7	C1		POP B	
8AA8	C1		POP B	
8AA9	C1		POP B	
8AAA	C9		RET	
8AAB	CD 21 89	SUMITA	CALL COMDOS	#Esta subrutina
8AAE	23		INX H	obtiene la di-
8AAF	13		INX D	ferencia de los
8AB0	1A		LDAX D	bytes apuntados
8AB1	86		ADD M	por H,L y D,E.
8AB2	77		MOV M,A	
8AB3	23		INX H	
8AB4	13		INX D	
8AB5	1A		LDAX D	
8AB6	8E		ADC M	
8AB7	77		MOV M,A	
8AB8	C9		RET	

3.2.1.9. SUBROUTINA RAIZ

Número de bytes: 172

Dirección: 8B98h

A la entrada: H,L contiene la dirección del número cuya raíz cuadrada se quiere obtener.

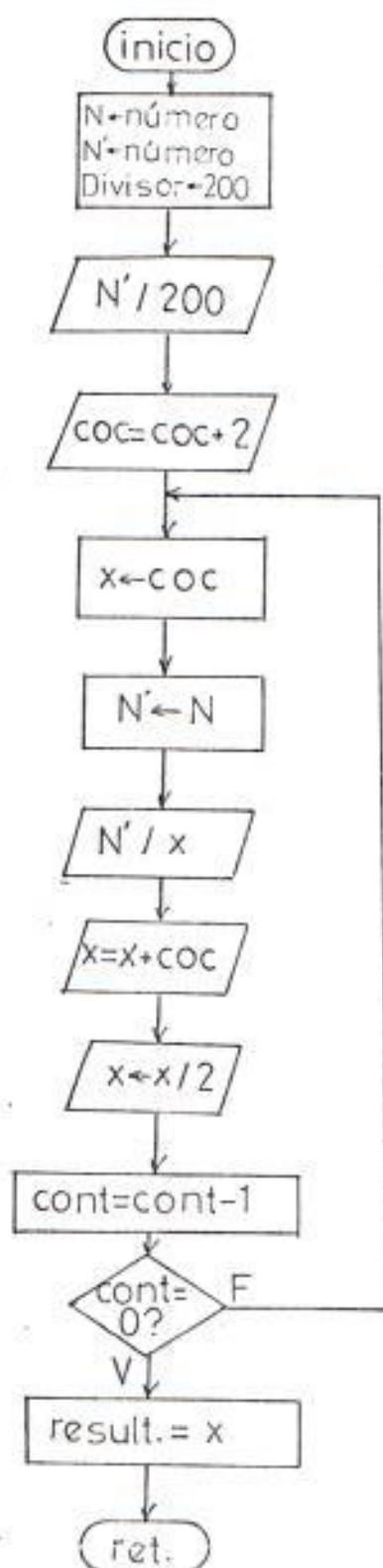
A la salida: la raíz buscada se encuentra en las posiciones 2001h, 2002h, 2003h.

Usa: A,B,C,D,E,H,L, banderas. 2010H hasta 201CH.

NORMA, SUM, DIVID y las posiciones usadas por estas subrutinas en particular.

Descripción: Esta subrutina obtiene la raíz cuadrada de un número en punto flotante a partir del algoritmo descrito a continuación, el cual permite calcular la raíz cuadrada de números bastante grandes con pocas iteraciones, el programa realiza 16.

RAIZ



Subrutina RAIZ

Hoja 1/2

DIRCC.	CODIGO	ETIQUETA	MNEMONICO	COMENTARIOS
8B98	CD 00 88	RAIZ05	CALL NORMA	#Normalizo núm.
8B9B	7E		MOV A,M	#Guardo N en:
8B9C	32 10 20		STA 2010	2010h,2011h,
8B9F	32 19 20		STA 2019	2012h y 2019h,
8BA2	23		INX H	201Ah,201Bh.
8BA3	7E		MOV A,M	
8BA4	32 11 20		STA 2011	
8BA7	32 1A 20		STA 201A	
8BAA	23		INX H	
8BAB	7E		MOV A,M	
8BAC	32 12 20		STA 2012	
8BAE	32 1B 20		STA 201B	
8BB2	3E 10		MVI A,10h	#Contador 201Ch=
8BB4	32 1C 20		STA 201C	16d (10h).
8BB7	3E 08		MVI A,08h	#200d va a 2016h,
8BB9	32 16 20		STA 2016h	2017h,2018h.
8BBC	AF		XRA A	
8BBD	32 17 20		STA 2017h	
8BC0	3E 64		MVI A,64h	
8BC2	32 18 20		STA 2018h	
8BC5	21 19 20		LXI H,2019h	#Divido N para
8BC8	11 16 20		LXI D,2016h	200.
8BCB	CD F4 89		CALL DIVID	
8BCE	3E 02		MVI A,02h	#2d va a 2016h,
8BD0	32 16 20		STA 2016	2017h,2018h.
8BD3	AF		XRA A	
8BD4	32 17 20		STA 2017	
8BD7	3E 40		MVI A,40h	
8BD9	32 18 20		STA 2018	
8BDC	11 16 20		LXI D,2016	#Sumo el cocien
8BDF	21 01 20		LXI H,2001	te más 2.
8BF2	CD BC 88		CALL SUM	
8BF5	7E	RAIZ10	MOV A,M	#Guardo el resul
8BF6	32 13 20		STA 2013	tado en 2013h,
8BF9	32 16 20		STA 2016	2014h,2015h y
8BFC	23		INX H	2016h,2017h,
8BFD	7E		MOV A,M	2018h.
8BFE	32 14 20		STA 2014	
8BF1	32 17 20		STA 2017	
8BF4	23		INX H	

Subrutina RAIZ

Hoja 2/2

DIRCC.	CODIGO	ETIQUETA	MNEMONICO	COMENTARIOS
8BF5	7E		MOV A,M	
8BF6	32 15 20		STA 2015	
8BF9	32 18 20		STA 2018	
8BFC	01 10 20		LXI B,2010	#Copio N en:
8BFF	0A		LDAX B	2019h,201Ah y
8C00	32 19 20		STA 2019	201Bh.
8C03	03		INX B	
8C04	0A		LDAX B	
8C05	32 1A 20		STA 201A	
8C08	03		INX B	
8C09	0A		LDAX D	
8C0A	32 1B 20		STA 201B	
8C0D	21 19 20		LXI H,2019	#Divido N para
8C10	11 16 20		LXI D,2016	el cociente an
8C13	CD F4 89		CALL DIVID	terior.
8C16	21 13 20		LXI H,2013	#A este cocien-
8C19	11 01 20		LXI D,2001	te le sumo el
8C1C	CD BC 88		CALL SUM	anterior.
8C1F	3E 02		MVI A,02	#Divido este re
8C21	32 16 20		STA 2016	sultado para
8C24	AF		XRA A	2.
8C25	32 17 20		STA 2017	H,L apuntan al
8C28	3E 40		MVI A,40	resultado de la
8C2A	32 18 20		STA 2018	División.
8C2D	11 16 20		LXI D,2016	
8C30	CD F4 89		CALL DIVID	
8C33	21 01 20		LXI H,2001	
8C36	01 1C 20		LXI B,201C	#Chequeo el con
8C39	0A		LDAX B	tador de lazo,
8C3A	3D		DCR A	si ya terminé,
8C3B	C6 00		ADI 00	salgo, si no re
8C3D	32 1C 20		STA 201C	pito.
8C40	C2 F5 8B		JNZ RAIZ10	
8C43	C9		RET	

3.2.1.10. SUBROUTINA ATAN

Número de bytes: 571 bytes

Dirección: 8C44h

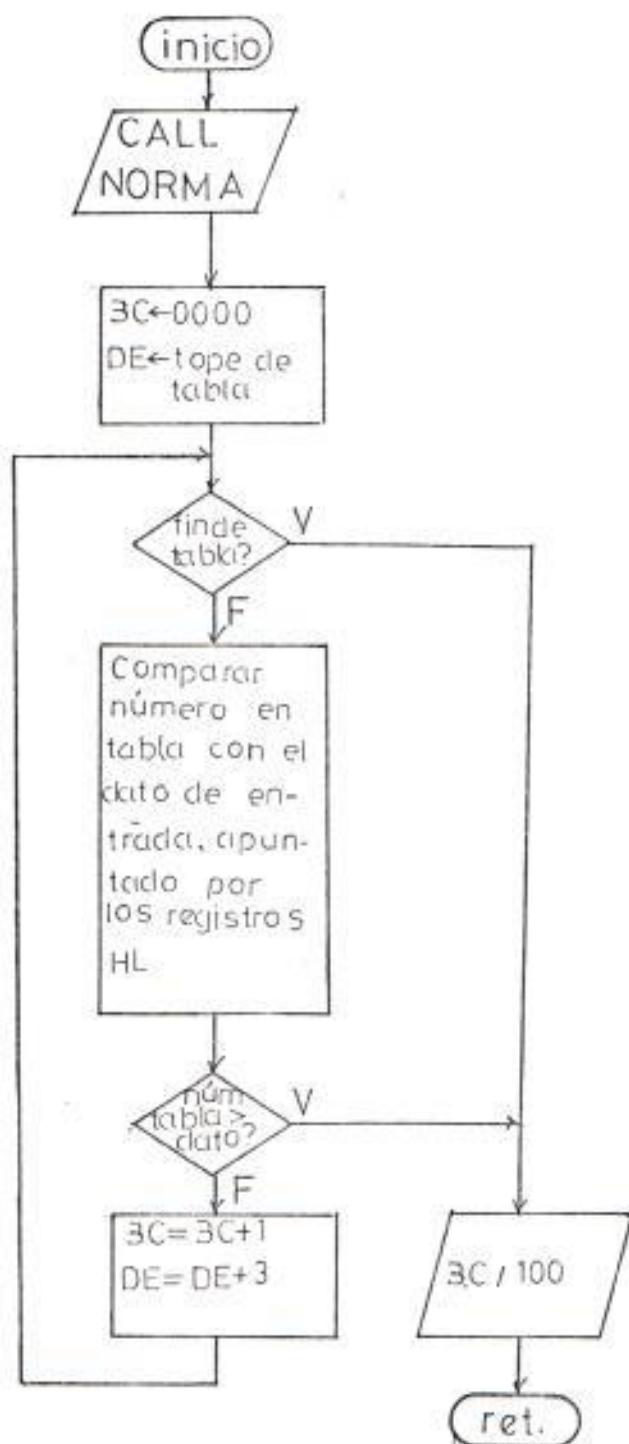
A la entrada: H,L contiene la dirección de memoria donde se encuentra la tangente del ángulo que se quiere obtener.

A la salida: en las posiciones 2001H, 2002H y 2003H, se encuentra el ángulo en radianes buscado.

Usa: A,B,C,D,E,H,L,banderas, 2001H a 2003H, las subrutinas NORMA, SUM, DIV ID, y posiciones de memoria asociadas.

Descripción: ATAN calcula el ángulo en radianes a partir de un valor de tangente dado, lo hace a través de la búsqueda secuencial a lo largo de una tabla, comparando el valor de entrada con los valores en dicha tabla, siendo la salida, el valor correspondiente al valor de tangente más cercano al dato de entrada.

ATAN



Subrutina ATAN

Hoja 1/14

DIRREC.	CODIGO	ETIQUETA	MNEMONICO	COMENTARIOS
8C44	CD 00 88	ATAN05	CALL NORMA	#Normalizo.
8C47	3E 4B		MVI A,4B	#300d en2013h,
8C48	32 15 20		STA 2015	2014h,2015h.
8C4C	3E 00		MVI A,00	
8C4E	32 14 20		STA 2014	
8C51	3E 09		MVI A,09	
8C53	32 13 20		STA 2013	
8C56	11 BD 8C		LXI D,8CBD	#D,E apunta al
8C59	01 00 00		LXI B,0000	tope de lista.
8C5C	3E 91	ATAN08	MVI A,91	#Comparo D,E con
8C5E	BB		CMP E	8E91h, que es
8C5F	C2 68 8C		JNZ ATAN10	el fin de la
8C62	3E 8E		MVI A,8E	lista.
8C64	BA		CMP D	
8C65	CA 8B 8C		JZ ATAN30	
8C68	1A	ATAN10	LDAX D	#Comparo el nú
8C69	BE		CMP M	mero (tangen-
8C6A	C2 84 8C		JNZ ATAN20	te) con la tan
8C6D	13		INX D	gente actual
8C6E	13		INX D	en la lista.
8C6F	23		INX H	Si no es el
8C70	23		INX H	valor, incre-
8C71	1A		LDAX D	mento B,C y
8C72	BE		CMP M	voy a comparar
8C73	DA 7D 8C		JC ATAN15	con el siguien
8C76	1B		DCX D	te valor en
8C77	1B		DCX D	la tabla.
8C78	2B		DCX H	
8C79	2B		DCX H	
8C7A	C3 8B 8C		JMP ATAN30	
8C7D	03	ATAN15	INX B	
8C7E	13		INX D	
8C7F	2B		DCX H	
8C80	2B		DCX H	
8C81	C3 5C 8C		JMP ATAN03	
8C84	03	ATAN20	INX B	
8C85	13		INX D	
8C86	13		INX D	
8C87	13		INX D	
8C88	C3 5C 8C		JMP ATAN03	

Subrutina ATAN

Hoja 2/14

DIRCC.	CODIGO	ETIQUETA	MNEMONICO	COMENTARIOS
8C8B	03	ATAN30	INX B	
8C8C	21 10 20	ATAN25	LXI H,2010	#Una vez ubica
8C8F	79		MOV A,C	do el valor
8C90	32 11 20		STA 2011	más cercano,
8C93	78		MOV A,B	B,C lo con-
8C94	32 12 20		STA 2012	vierto en pun
8C97	3E 0F		MOV A,OF	to flotante
8C99	32 10 20		STA 2010	en 2010h,2011h,
8C9C	CD 00 88		CALL NORMA	2012h.
8C9F	11 13 20		LXI D,2013	#Divido para
8CA2	CD F4 89		CALL DIVID	300d.
8CA5	21 01 20		LXI H,2001	#Multiplico el
8CA8	3E 02		MVI A,02	resultado por
8CAA	32 13 20		STA 2013	3.
8CAD	AF		XRA A	
8CAF	32 14 20		STA 2014	
8CB1	3E 60		MVI A,60	
8CB3	32 15 20		STA 2015	
8CB6	11 13 20		LXI D,2013	
8CB9	CD 3C 89		CALL MULT	
8CBC	C9		RET	#Salgo.
##### T A B L A D E V A L O R E S #####				
8CBD	FA	0.01	0.01	
8CBE	EB			
8CBF	51			
8CC0	FB	0.02	0.02	
8CC1	EB			
8CC2	51			
8CC3	FB	0.03	0.03	
8CC4	CO			
8CC5	7A			
8CC6	FC	0.04	0.04	
8CC7	EO			
8CC8	51			
8CC9	FC	0.05	0.05	
8CCA	60			
8CCB	66			
8CCC	FC	0.06	0.06	
8CCD	EO			
8CCE	7A			

Subrutina ATAN

Hoja 3/14

DIRC.	CODIGO	ETIQUETA	MNEMONICO	COMENTARIOS
BCCF	FD	0.07	0.07	
BCDO	CB			
BCD1	47			
BCD2	FD	0.08	0.08	
BCD3	18			
BCD4	52			
BCD5	FD	0.09	0.09	
BCD6	61			
BCD7	5C			
BCD8	FD	0.10	0.10	
BCD9	B8			
BCDA	66			
BCDB	FB	0.11	0.11	
BCDC	18			
BCDD	71			
BCDE	FD	0.12	0.12	
BCDF	78			
BCFO	7B			
BCE1	FE	0.13	0.13	
BCE2	FO			
BCE3	42			
BCE4	FE	0.14	0.14	
BCE5	24			
BCE6	48			
BCE7	FE	0.15	0.15	
BCE8	61			
BCE9	4D			
BCEA	FE	0.16	0.16	
BCEB	AO			
BCEC	52			
BCED	FE	0.17	0.17	
BCEE	E2			
BCEF	57			
BCFO	FE	0.18	0.18	
BCF1	2B			
BCF2	5D			
BCF3	FE	0.19	0.19	
BCF4	77			
BCF5	62			
BCF6	FE	0.20	0.20	

Hoja 4/14

Subrutina ATAN

DIRCC.	CODIGO	ETIQUETA	MNEMONICO	COMENTARIOS
BCF7	C9			
BCF8	67			
BCF9	FE	0.21	0.21	
BCFA	22			
BCFB	6D			
BCFC	FE	0.22	0.22	
BCFD	7E			
BCFE	72			
BCFF	FE	0.23	0.23	
BDO0	F1			
BDO1	77			
BDO2	FE	0.24	0.24	
BDO3	4A			
BDO4	7D			
BDO5	FF	0.25	0.25	
BDO6	5E			
BDO7	41			
BDO8	FF	0.26	0.26	
BDO9	19			
BDOA	44			
BDOB	FF	0.27	0.27	
BDOC	D9			
BDOE	46			
BDOF	FF	0.28	0.28	
BD0F	9D			
BD10	49			
BD11	FF	0.29	0.29	
BD12	64			
BD13	4C			
BD14	FF	0.30	0.3093	
BD15	30			
BD16	4F			
BD17	FF	0.31	0.3203	
BD18	00			
BD19	52			
BD1A	FF	0.32	0.3314	
BD1B	D9			
BD1C	54			
BD1D	FF	0.33	0.3425	

Subrutina ATAN

Hoja 5/14

DIRFC.	CODIGO	ETIQUETA	MNEMONICO	COMENTARIOS
SD1E	AF			
SD1F	57			
SD20	FF	0.34	0.3537	
SD21	8E			
SD22	5A			
SD23	FF	0.35	0.3650	
SD24	72			
SD25	5D			
SD26	FF	0.36	0.3764	
SD27	5B			
SD28	60			
SD29	FF	0.37	0.3878	
SD2A	4B			
SD2B	63			
SD2C	FF	0.38	0.3994	
SD2D	3F			
SD2E	66			
SD2F	FF	0.39	0.4109	
SD30	3A			
SD31	69			
SD32	FF	0.40	0.4228	
SD33	3C			
SD34	6C			
SD35	FF	0.41	0.4346	
SD36	43			
SD37	6F			
SD38	FF	0.42	0.4466	
SD39	52			
SD3A	72			
SD3B	FF	0.43	0.4588	
SD3C	68			
SD3D	75			
SD3E	FF	0.44	0.4708	
SD3F	85			
SD40	78			
SD41	FF	0.45	0.4830	
SD42	A9			
SD43	7B			
SD44	FF	0.46	0.4954	
SD45	D5			

Subrutina ATAN

Hoja 6/14

DIRCC.	COLIGO	ETIQUETA	MNEMONICO	COMENTARIOS
BD46	7E			
BD47	00	0.47	0.5079	
BD48	05			
BD49	41			
BD4A	00	0.48	0.5206	
BD4B	A3			
BD4C	42			
BD4D	00	0.49	0.5334	
BD4E	46			
BD4F	44			
BD50	00	0.50	0.5463	
BD51	ED			
BD52	45			
BD53	00	0.51	0.5593	
BD54	99			
BD55	47			
BD56	00	0.52	0.5725	
BD57	49			
BD58	49			
BD59	00	0.53	0.5859	
BD5A	FF			
BD5B	4A			
BD5C	00	0.54	0.5994	
BD5D	BA			
BD5E	4C			
BD5F	00	0.55	0.6130	
BD60	7A			
BD61	4E			
BD62	00	0.56	0.6266	
BD63	37			
BD64	50			
BD65	00	0.57	0.6409	
BD66	0B			
BD67	52			
BD68	00	0.58	0.6550	
BD69	DE			
BD6A	53			
BD6B	00	0.59	0.6695	
BD6C	B3			
BD6D	55			

Subrutina ATAN

Hoja 7/14

DIRFC.	CODIGO	ETIQUETA	MNEMONICO	COMENTARIOS
8D6E	00	0.60	0.6841	
8D6F	91			
8D70	57			
8D71	00	0.61	0.6989	
8D72	76			
8D73	59			
8D74	00	0.62	0.7129	
8D75	61			
8D76	5B			
8D77	00	0.63	0.7291	
8D78	53			
8D79	5D			
8D7A	00	0.64	0.7445	
8D7B	4D			
8D7C	5F			
8D7D	00	0.65	0.7601	
8D7E	4E			
8D7F	61			
8D80	00	0.66	0.7761	
8D81	57			
8D82	63			
8D83	00	0.67	0.7922	
8D84	6B			
8D85	65			
8D86	00	0.68	0.8087	
8D87	82			
8D88	67			
8D89	00	0.69	0.8253	
8D8A	A4			
8D8B	69			
8D8C	00	0.70	0.8411	
8D8D	D0			
8D8E	6B			
8D8F	00	0.71	0.8594	
8D90	05			
8D91	6E			
8D92	00	0.72	0.8770	
8D93	43			
8D94	70			
8D95	00	0.73	0.8848	

Subrutina ATAN

Hoja 8/14

DIRRC.	CODIGO	ETIQUETA	MNEMONICO	COMENTARIOS
8D96	8C			
8D97	72			
8D98	00	0.74	0.9131	
8D99	EO			
8D9A	74			
8D9B	00	0.75	0.9314	
8D9C	3E			
8D9D	77			
8D9E	00	0.76	0.9504	
8D9F	A8			
8DA0	79			
8DA1	00	0.77	0.9697	
8DA2	1E			
8DA3	7C			
8DA4	00	0.78	0.9893	
8DA5	A0			
8DA6	7E			
8DA7	01	0.79	1.0092	
8DA8	97			
8DA9	40			
8DAA	01	0.80	1.0267	
8DAB	E5			
8DAC	41			
8DAD	01	0.81	1.0504	
8DAE	3A			
8DAF	43			
8DB0	01	0.82	1.0717	
8DB1	96			
8DB2	44			
8DB3	01	0.83	1.0934	
8DB4	FA			
8DB5	45			
8DB6	01	0.84	1.1157	
8DB7	66			
8DB8	47			
8DB9	01	0.85	1.1383	
8DBA	DA			
8DBB	48			
8DBC	01	0.86	1.1616	
8DBD	56			
8DBE	4A			

Subrutina ATAN

Hoja 9/14

SIRFC.	COLIGO	ETIQUETA	MNEMONICO	COMENTARIOS
SDBF	01	0.87	1.1716	
SDCO	DC			
SDC1	4B			
SDC2	01	0.88	1.2063	
SDC3	6B			
SDC4	4D			
SDC5	01	0.89	1.2346	
SDC6	03			
SDC7	4F			
SDC8	01	0.90	1.2601	
SDC9	A6			
SDCA	50			
SDCB	01	0.91	1.2863	
SDCC	53			
SDCD	52			
SDCE	01	0.92	1.3132	
SDCF	0C			
SDD0	54			
SDD1	01	0.93	1.3408	
SDD2	DO			
SDD3	55			
SDD4	01	0.94	1.3692	
SDD5	A1			
SDD6	57			
SDD7	01	0.95	1.3984	
SDD8	7F			
SDD9	59			
SDDA	01	0.96	1.4283	
Sddb	6A			
SDDC	5B			
SDDD	01	0.97	1.4592	
SDDR	63			
SDDF	5D			
SDE0	01	0.98	1.4909	
SDE1	6B			
SDE2	5F			
SDE3	01	0.99	1.5236	
SDE4	83			
SDE5	61			
SDE6	01	1.00	1.5574	

Subrutina ATAN

Hoja 10/14

DIRCC.	CODIGO	ETIQUETA	MNEMONICO	COMENTARIOS
SDF7	AC			
SDF8	63			
SDF9	01	1.01	1.5844	
SDEA	E6			
SDEB	65			
SDEC	01	1.02	1.6281	
SDED	33			
SDEF	68			
SDF0	01	1.03	1.6552	
SDF1	93			
SDF2	6A			
SDF3	01	1.04	1.7036	
SDF4	03			
SDF5	6D			
SDF6	01	1.05	1.7428	
SDF7	92			
SDF8	6F			
SDF9	01	1.06	1.7830	
SDFA	34			
SDFB	72			
SDFC	01	1.07	1.8270	
SDFD	EE			
SDFE	74			
SDFE	01	1.08	1.8712	
SDFE	C2			
SDFE	77			
SDFE	01	1.09	1.9171	
SDFE	B1			
SDFE	7A			
SDFE	01	1.10	1.9647	
SDFE	BE			
SDFE	7D			
SDFE	02	1.11	2.0143	
SDFE	75			
SDFE	40			
SDFE	02	1.12	2.0654	
SDFE	1C			
SDFE	42			
SDFE	02	1.13	2.1196	
SDFE	D4			

Subrutina ATAN

DIRC.	CODIGO	ETIQUETA	MEMONICO	COMENTARIOS
SR0P	43			
SR10	02	1.14	2.1759	
SR11	A0			
SR12	45			
SR13	02	1.15	2.2344	
SR14	80			
SR15	47			
SR16	02	1.16	2.2958	
SR17	77			
SR18	49			
SR19	02	1.17	2.3599	
SR1A	84			
SR1B	4B			
SR1C	02	1.18	2.4272	
SR1D	AC			
SR1E	4D			
SR1F	02	1.19	2.4978	
SR20	EE			
SR21	4F			
SR22	02	1.20	2.5721	
SR23	4F			
SR24	52			
SR25	02	1.21	2.6503	
SR26	CF			
SR27	54			
SR28	02	1.22	2.7327	
SR29	72			
SR2A	57			
SR2B	02	1.23	2.8197	
SR2C	3B			
SR2D	5A			
SR2E	02	1.24	2.9119	
SR2F	2E			
SR30	5D			
SR31	02	1.25	3.0095	
SR32	4E			
SR33	60			
SR34	02	1.26	3.1132	
SR35	9F			
SR36	63			

Subrutina ATAN

Hoja 12/14

DIRCC.	CODIGO	ETIQUETA	MNRMONICO	COMENTARIOS
BR37	02	1.27	3.2236	
BR38	28			
BR39	67			
BR3A	02	1.28	3.3413	
BR3B	EC			
BR3C	6A			
BR3D	02	1.29	3.4672	
BR3E	F3			
BR3F	6E			
BR40	02	1.30	3.6021	
BR41	44			
BR42	73			
BR43	02	1.31	3.6021	
BR44	EB			
BR45	77			
BR46	02	1.32	3.9033	
BR47	EB			
BR48	7C			
BR49	03	1.33	4.0723	
BR4A	28			
BR4B	41			
BR4C	03	1.34	4.2554	
BR4D	17			
BR4E	44			
BR4F	03	1.35	4.4551	
BR50	48			
BR51	47			
BR52	03	1.36	4.6733	
BR53	C6			
BR54	4A			
BR55	03	1.37	4.9128	
BR56	9B			
BR57	4E			
BR58	03	1.38	5.1772	
BR59	D6			
BR5A	52			
BR5B	03	1.39	5.4705	
BR5C	87			
BR5D	57			
BR5E	03	1.40	5.7979	

Subrutina ATAN

Hoja 13/14

DIRFC.	CODIGO	ETIQUETA	MNEMONICO	COMENTARIOS
BR5F	C4			
BR60	5C			
BR61	03	1.41	6.1653	
BR62	A5			
BR63	62			
BR64	03	1.42	6.5811	
BR65	4C			
BR66	69			
BR67	03	1.43	7.0554	
BR68	F3			
BR69	70			
BR6A	03	1.44	7.6018	
BR6B	A1			
BR6C	79			
BR6D	04	1.45	8.2378	
BR6E	E7			
BR6F	41			
BR70	04	1.46	8.9883	
BR71	F8			
BR72	47			
BR73	04	1.47	9.8872	
BR74	19			
BR75	4F			
BR76	04	1.48	10.9829	
BR77	DD			
BR78	57			
BR79	04	1.49	12.3496	
BR7A	CC			
BR7B	62			
BR7C	04	1.50	14.1011	
BR7D	CF			
BR7E	70			
BR7F	05	1.51	16.4277	
BR80	B6			
BR81	41			
BR82	05	1.52	19.6689	
BR83	Ad			
BR84	4E			
BR85	05	1.53	24.49	
BR86	FE			

Subrutina

Hoja 14/14

DIRPC.	CODIGO	ETIQUETA	MNEMONICO	COMENTARIOS
8287	61			
8288	06	1.54	32.46	
8289	EC			
828A	40			
828B	06	1.55	48.0781	
828C	28			
828D	60			
828E	07	1.56	92.6172	
828F	9E			
8290	5C			
8291	0B	1.57	1255.74	
8292	7C			
8293	4E			

3.2.1.11. SUBROUTINA BCOBIN

Número de bytes: 76

Dirección: 8AB9h

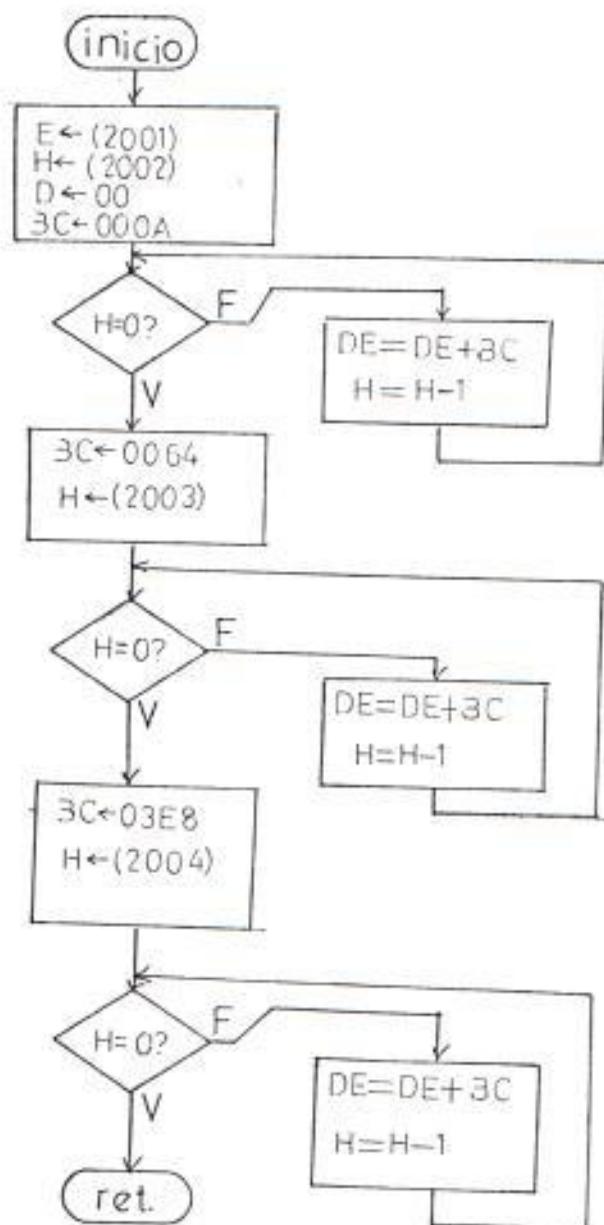
A la entrada: 2001H, contiene el dígito de las unidades, 2002H contiene el dígito de las decenas, 2003H contiene el dígito de las decenas, 2003H contiene el dígito de las centenas, 2004H contiene el dígito de los miles.

A la salida: D,E contienen el número en binario.

Usa: A,B,C,D,E,H,L,banderas,2001H,2002H,2003H,2004H.

Descripción: BCOBIN convierte un número en BCD positivo, a su equivalente en binario (el máximo número en BCD que acepta es 9999.).

3CD3IN



Subrutina BCDBIN

Hoja 1/2

DIRCC.	COFIGO	PTIQUETA	MNEMONICO	COMENTARIOS
6AB9	3A 01 20	BCDBIN05	LDA 2001	#Unidades a D,E
6ABC	5F		MOV W,A	
6ABD	AF		XRA A	
6ABE	57		MOV D,A	
6ABF	06 00		MVI B,00h	# B,C = 10d.
6AC1	0F 0A		MVI C,0A	
6AC3	3A 02 20		LDA 2002h	# Decenas a H.
6AC6	67		MOV H,A	
6AC7	A7		DCR H	
6AC8	7C	BCDBIN20	MOV A,H	#Sumo 10 a D,E;
6AC9	CA D3 8A		JZ BCDBIN10	tantas veces
6ACC	CD FC 8A	BCDBIN15	CALL BCDBINSU	como decenas
6ACF	25		DCR H	haya.
6AD0	C3 C8 8A		JMP BCDBIN20	
6AD3	06 00	BCDBIN10	MVI B,00h	#B,C = 100d.
6AD5	0F 64		MVI C,64h	
6AD7	3A 03 20		LDA 2003	#Centenas a H.
6ADA	67		MOV H,A	
6ADB	A7		DCR H	
6ADC	7C	BCDBIN35	MOV A,H	#Sumo 100 a D,E;
6ADD	CA F7 8A		JZ BCDBIN25	tantas veces
6ADR	CD FC 8A	BCDBIN30	CALL BCDBINSU	como centenas
6AE3	25		DCR H	haya.
6AE4	C3 DC 8A		JMP BCDBIN35	
6AE7	06 03	BCDBIN25	MVI B,03H	#B,C = 1000d.
6AE9	0F F8		MVI C,F8H	
6AEB	3A 04 20		LDA 2004h	#Unidades de mil
6AEE	67		MOV H,A	a H.
6AEF	A7		DCR H	
6AF0	7C	BCDBIN40	MOV A,H	
6AF1	CA FB 8A		JZ BCDBIN45	#Sumo 1000 a D,
6AF4	CD FC 8A	BCDBIN50	CALL BCDBINSU	W; tantas ve-
6AF7	25		DCR H	ces como uni-
6AFP	C3 F0 8A		JMP BCDBIN40	dades de mil
6AFB	C9	BCDBIN45	RET	haya.
6AFC	37	BCDBINSU	STC	#Esta subruti-
6AFD	3F		CMC	na suma B,C con
6AFP	7B		MOV A,W	D,W en D,E.
6APP	81		ADD C	
6B00	5F		MOV W,A	
6B01	7A		MOV A,D	

Subrutina BCDBIN

Hoja 2/2

DIREC.	CODIGO	ETIQUETA	COLIGO	MNEMONICO
BB02	83		ADC B	
BB03	57		MOV D,A	
BB04	C9		RET	

3.2.1.12. SUBROUTINA BINPF

Número de bytes: 19

Dirección: 8B05h

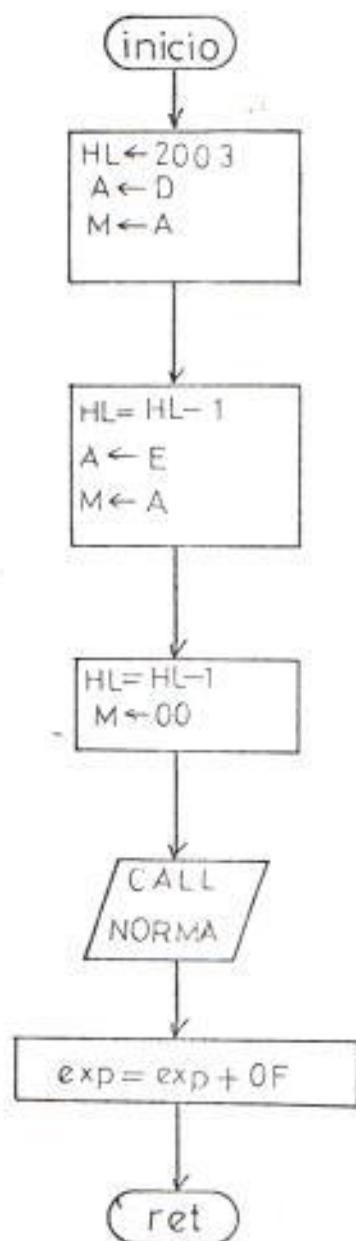
A la entrada: D,E contienen el número en binario.

A la salida: 2001H contiene el exponente, 2002H contiene el byte menos significativo, 2003H contiene el byte más significativo.

Usa: A,B,C,D,E,H,L, banderas, NORMA, 2001H, 2002H, 2003H.

Descripción: BINPF convierte un número en binario (positivo (positivo)) a su equivalente en punto flotante.

3INPF



Subrutina BINPF

Hoja 1/1

DIRCC.	CODIGO	ETIQUETA	MNEMONICO	COMENTARIOS
8B05	21 03 20	BINPF05	LXI H,2003h	#Guardo el nú
8B08	7A		MOV A,D	méro en 2001,
8B09	77		MOV M,A	2002 y 2003.
8B0A	2D		DCR L	
8B0B	7B		MOV A,E	
8B0C	77		MOV M,A	
8B0D	2D		DCR L	
8B0E	AF		XRA A	
8B0F	77		MOV M,A	
8B10	CD 00 88	BINPF10	CALL NORMA	#Normalizo el
8B13	3E OF		MVI A,OFh	número.
8B15	86		ADD M	#expon. = OFh.
8B16	77		MOV M,A	
8B17	c9		RET	

3.2.1.13. SUBROUTINA PFBIN

Número de bytes: 44

Dirección: 8B18h

A la entrada: H,L contiene la dirección del número en punto flotante.

A la salida: D,E contiene el número en binario.

Usa: A,B,C,D,E,H,L, banderas.

Descripción: PFBIN convierte un número en punto flotante (positivo) su equivalente binario.

PF3IN



Subrutina PFBIN

Hoja 1/1

DIRPC.	CODIGO	ETIQUETA	MNEMONICO	COMENTARIOS
8318	CD 00 88	PFBIN05	CALL NORMA	#Normalizo el número.
831B	23		INX H	
831C	7B		MOV A,M	#Traslado el número a los registros B,C
831D	4F		MOV C,A	
831E	23		INX H	
831F	7B		MOV A,M	
8320	47		MOV B,A	
8321	2B		DCX H	
8322	2B		DCX H	
8323	AF		XRA A	#D,W = 0000h.
8324	57		MOV D,A	
8325	5F		MOV E,A	
8326	37		STC	#Acarreo = 0.
8327	3F		CMC	
8328	79		MOV A,C	#Rotación de B,C una posición a la izquierda.
8329	17		RAL	
832A	4F		MOV C,A	
832B	7B		MOV A,B	
832C	17		RAL	
832D	47		MOV B,A	
832E	7B		MOV A,M	#Rotación del conjunto DEBC a la izquierda tantas posiciones como indique el exponente, el cual es usado como contador.
832F	F5	PFBIN10	PUSH PSW	
8330	37		STC	
8331	3F		CMC	
8332	79		MOV A,C	
8333	17		RAL	
8334	4F		MOV C,A	
8335	7B		MOV B,A	
8336	17		RAL	
8337	47		MOV A,B	
8338	7B		MOV A,E	
8339	17		RAL	
833A	5F		MOV E,A	
833B	7A		MOV A,D	
833C	17		RAL	
833D	57		MOV D,A	
833E	F1		POP PSW	
833F	3D		DCR A	
8340	C2 2F 8B		JNZ PFBIN10	
8343	C9		RET	

3.2.1.14. SUBROUTINA BINBCD

Número de bytes: 84

Dirección: 8B41h

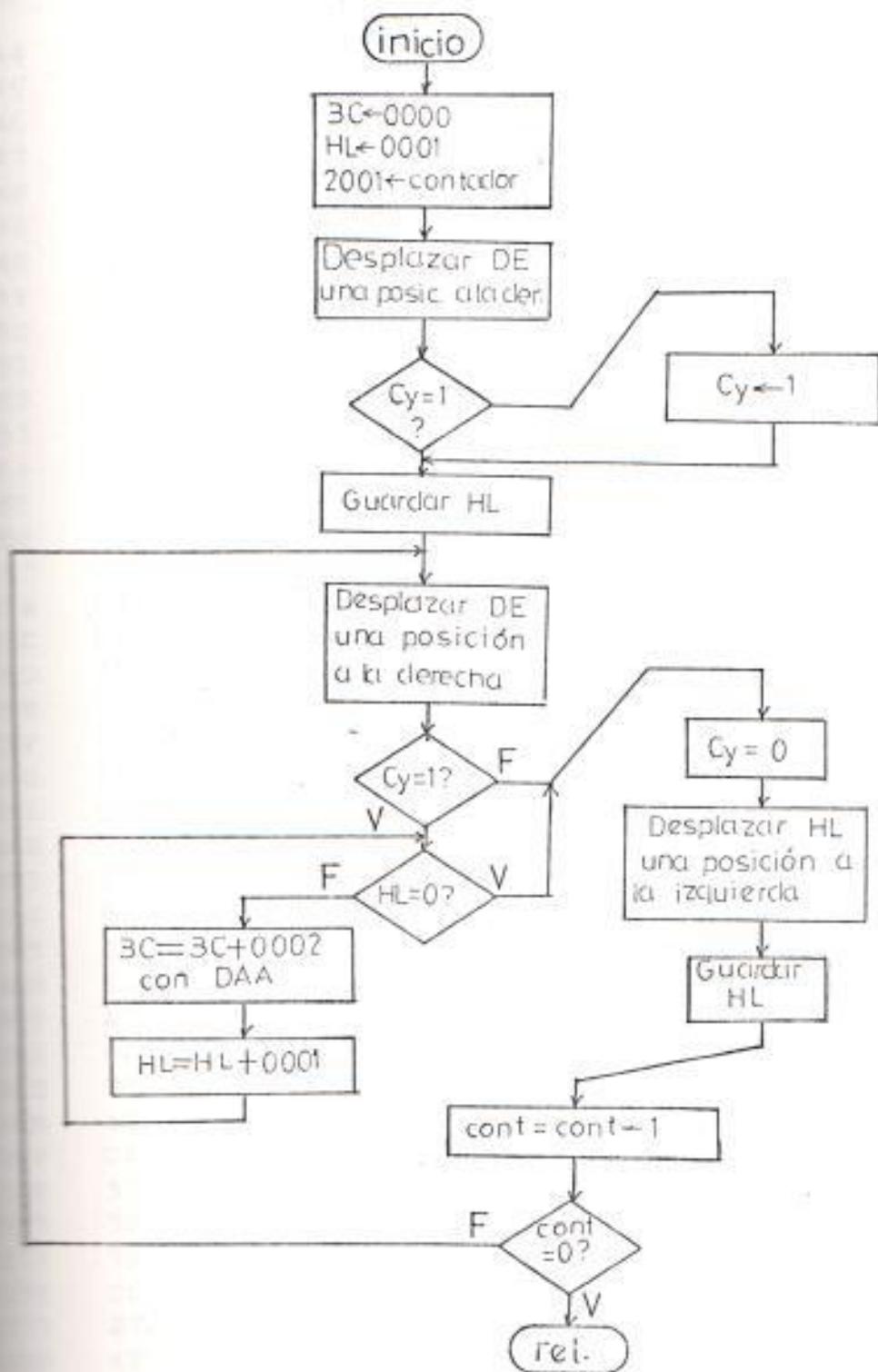
A la entrada: D,E contiene el número en binario.

A la salida: B,C, contiene el número en BCD.

Usa: A,B,C,D,E,H,L, banderas, 2001H, 2002H, 2003H.

Descripción: BINBCD convierte un número - que se acepta es 9999.

BIN3CD



Subrutina BINBCD

Hoja 1/2

DIREC.	CODIGO	ETIQUETA	MNEMONICO	COMENTARIOS
8344	AF	BINBCD05	XRA A	#B = 0.
8345	47		MOV B,A	C = 0.
8346	4F		MOV C,A	H = 0.
8347	67		MOV H,A	
8348	2E 01		MVI L,01h	#L = 1.
8349	3E 0F		MVI A,0Fh	#2001h = 0Fh.
834C	32 01 20		STA 2001h	
834F	37		STC	#Acarreo = 0.
8350	3F		CMC	
8351	7A		MOV A,D	#Roto D,E una
8352	1F		RAR	posición a la
8353	57		MOV D,A	derecha.
8354	7B		MOV A,E	
8355	1F		RAR	
8356	5F		MOV E,A	
8357	D2 5C 8B		JNC BINBCD15	
835A	0E 01	BINBCD10	MVI C,01h	#C = 1.
835C	F5	BINBCD15	PUSH H	#Guardo H,L.
835D	37	BINBCD20	STC	#Acarreo = 0.
835E	3F		CMC	
835F	7A		MOV A,D	#Roto D,E una
8360	1F		RAR	posición a la
8361	57		MOV D,A	derecha.
8362	7B		MOV A,E	
8363	1F		RAR	
8364	5F		MOV E,A	
8365	D2 82 8B		JNC BINBCD40	
8368	7D	BINBCD30	MOV A,L	#Si H,L es 0,
8369	A7		ANA A	voy a BINBCD-
836A	C2 72 8B		JNZ BINBCD35	40, si no voy
836D	7C		MOV A,H	a BINBCD35.
836E	A7		ANA A	
836F	CA 82 8B		JZ BINBCD40	
8372	37	BINBCD35	STC	#Acarreo = 0.
8373	3F		CMC	
8374	79		MOV A,C	#Sumo 2 a B,C
8375	C6 02		ADI 02	en BCD.
8377	27		DAA	
8378	4F		MOV C,A	
8379	7B		MOV A,B	

Subrutina BINBCD

Hoja 2/2

DIRPC.	CODIGO	ETIQUETA	MNEMONICO	COMENTARIOS
8B7A	CF 00		ACI 00	
8B7C	27		DAA	
8B7D	47		MOV B,A	
8B7E	2B		DCX H	
8B7F	C3 68 8B		JMP BINBCD30	
8B82	37	BINBCD40	STC	#Acarreo = 0.
8B83	3F		CMC	
8B84	F1		POB H	#Desplazo H,L
8B85	7D		MOV A,L	una posición
8B86	17		RAL	hacia la iz-
8B87	6F		MOV L,A	quierda.
8B88	7C		MOV A,H	
8B89	17		RAL	
8B8A	67		MOV H,A	
8B8B	F5		PUSH H	
8B8C	3A 01 20	BINBCD25	LDA 2001	#Chequeo si el
8B8F	3D		DCR A	contador ya es
8B90	32 01 20		JNZ BINBCD20	cero y salgo.
8B93	C2 5D 8B		STA 2001	
8B96	F1		POP H	
8B97	C9		RPT	

3.3. PROGRAMA DE CONTROL DEL MOVIMIENTO

3.3.1. Estructura

Podemos estructurar este programa en tres partes:

- Entrada de datos
- Cálculo de ruta
- Control de movimiento y lazo PI.

Cada uno de los cuales es en sí mismo un programa con subrutinas asociadas, encargado de cumplir con una función específica.

- Ingresar los datos (coordenadas de los puntos),
- Cálculo de los números de pulsos asociados con cada movimiento; y,
- Llevar un control de los movimientos realizados y procesar la información de realimentación de los motores para conservar la dirección pre-establecida.

3.3.2. Entrada de Datos

La finalidad de este programa es la de ingresar a la memoria la información necesaria para que el

prototipo se desplace.

En este punto, definiremos las siguientes especificaciones del prototipo:

- Posibilidad de encadenar hasta 9 rutas consecutivas.
- Posibilidad de inicio manual (al presionar una tecla) o automático, una vez ingresados los datos y calculada la ruta.
- Posibilidad de pausa intermedia.
- Posibilidad de Reinicio Automático o Manual, - luego de la pausa intermedia. (duración de la pausa es programable).

La información precedente será ingresada a través de 2 bytes de comando; que tendrán el siguiente formato:

Comando 1:	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
	n.u.	Dur.P.I.	n.u.	R.A.	P.I.	I.A.		

B7: no usado

B6B5B4 : Duración de pausa intermedia automática (segs).

B3 : no usado
 B2 : reinicio automático : 1
 reinicio manual: 0
 B1 : con pausa intermedia: 1
 sin pausa intermedia: 0
 B0 : inicio manual: 0
 inicio automático: 1

Para ejecutar la función de manual se deberá oprimir la tecla "Vector Interrupt".

Comando 2:	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
	Ruta intermedia				Núm. Tot. de Rutas			

Debemos hacer la siguiente distinción:

Ruta: es el conjunto de movimientos para desplazar el prototipo de un punto al otro.

Movimiento: consiste en un desplazamiento específico del prototipo; una rotación sobre si mismo o un desplazamiento en línea recta.

Por lo tanto: una ruta siempre consiste de tres

movimientos: giro inicial, desplazamiento en lí
nea recta y un giro final.

En el comando 2 por lo tanto estoy especificando:

B7B6B5B4 : rutas previas a la pausa intermedia.

B3B2B1B0 : número total de rutas.

Posteriormente al ingreso de los comandos 1 y 2 ,
deben ingresarse las coordenadas de los puntos -
(máximo 9) que definen las rutas.

Estos datos se ingresarán en el siguiente orden:

Abscisa,

Ordenada; y,

Angulo.

El programa deberá permitir al usuario en todo mo
mento saber que información es la que está ingre-
sando para evitar errores, por lo que el programa
debe interactuar con el usuario a través del dis
play alfanumérico y a su vez, chequear la informa
ción ingresada para descartar información erró-

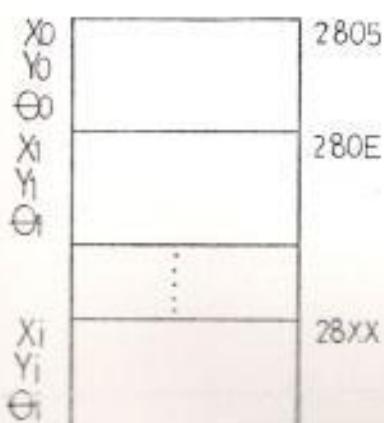
nea, por ejemplo:

- valores hexadecimales en las coordenadas (sólo se aceptan decimales).
- un número de rutas antes de la pausa mayor que el número total de rutas.

Para esta interacción, el programa hará uso de subrutinas ya existentes en el SDK-85:

HXDSP OUTPT GTHEX RDKBD ININT

Una vez ingresado cada valor correcto, el programa debe convertirlo de BCD a punto flotante y guardarlo en una tabla en memoria que deberá tener el siguiente formato:



2800	B2-B0 Com1
2801	B5-B4 Com1
2802	B3-B1 Com2
2803	B7-B4 Com2

Adicionalmente, los valores correspondientes a ángulos serán convertidos de grados a radianes.

De lo anterior, podemos elaborar el siguiente diagrama de flujo del programa (ver hoja siguiente).

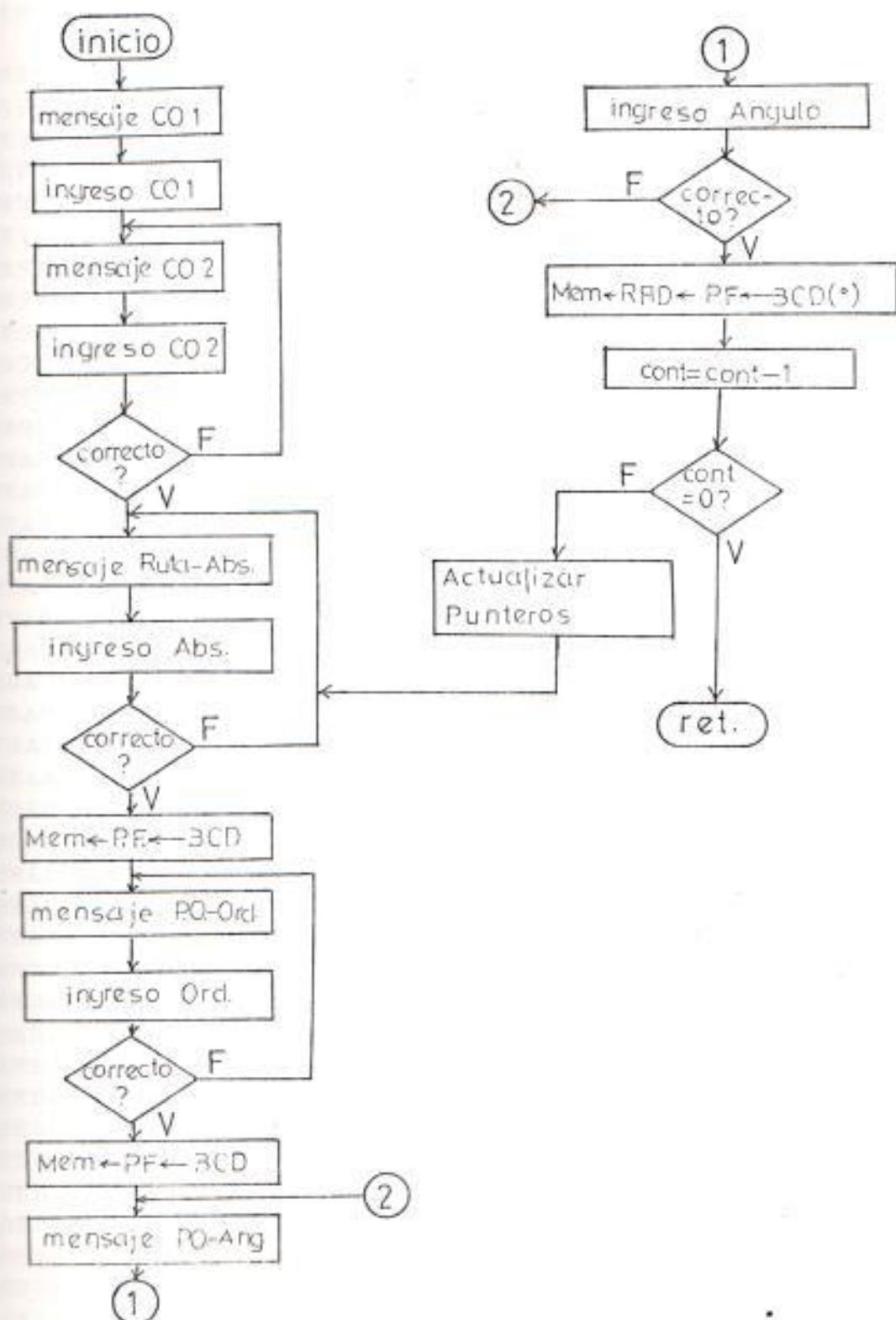
Un manual del usuario del programa se encuentra en el Apéndice.A.

A fin de dar a todo el programa de control de movimiento una estructura modular, este programa de entrada de datos ha sido escrito como subrutina para ser llamada por el Programa Maestro (ver sección 3.3.5.).

Se compone de 475 bytes y su dirección es 9000h.

Cabe indicar que la dirección que se menciona corresponde a la de inicio de la subrutina propiamente dicha, puesto que antes, desde 8E94h hasta 8F0Ah se encuentran subrutinas propias de ENDA.

ENDA



Subrutina FNDA

Hoja 1/7

DIRFC.	CODIGO	ETIQUETA	MNEMONICO	COMENTARIOS
8E94	0C	C01	C	
8E95	00		0	
8E96	15		✓	
8E97	01		1	
8E98	0C	C02	C	
8E99	00		0	
8E9A	15		✓	
8E9B	02		2	
8E9C	12	P01	P	
8E9D	00		0	
8E9E	15		✓	
8E9F	01		1	
8EA0	12	P02	P	
8EA1	00		0	
8EA2	15		✓	
8EA3	02		2	
8EA4	12	P03	P	
8EA5	00		0	
8EA6	15		✓	
8EA7	03		3	
8EA8	12	P04	P	
8EA9	00		0	
8EAA	15		✓	
8EAB	04		4	
8EAC	12	P05	P	
8EAD	00		0	
8EAE	15		✓	
8EAF	D5		5	
8EB0	12	P06	P	
8EB1	00		0	
8EB2	15		✓	
8EB3	06		6	
8EB4	12	P07	P	
8EB5	00		0	
8EB6	15		✓	
8EB7	07		7	
8EB8	12	P08	P	
8EB9	00		0	
8EBA	15		✓	
8EBB	08		8	

Subrutina FNDA

Hoja 2/7

DIRºD.	CODIGO	ETIQUETA	MNEEMONICO	COMENTARIOS
8B8C	12	PO9	P	
8B8D	00		O	
8B8E	15		Ø	
8B8F	09		9	
8B90	0A	AB	A	
8B91	0B		B	
8B92	00	Or	O	
8B93	14		r	
8B94	0A	Al	A	
8B95	11		L	
8B96	15	ØØ	Ø	
8B97	15		Ø	
8B98	06 00	INCHº05	MVI B,00	#Ingreso 4 caracte-
8B9A	CD 2B 02		CALL GTHFX	teres y los al-
8B9D	CD 6C 02		CALL HXDSP	maceno desde
8B9E	3E 04		MVI A,04	20F9h a 20FCh.
8B9F	F5	INCHº10	PUSH PSW	#Si uno de los
8BA0	7E		MOV A,M	caracteres es
8BA1	FE 0A		CPI 0A	hexadecimal, se
8BA2	D2 FC 8E		JNC INCHº15	le inmediata-
8BA3	F1		POP PSW	mente en INCHº
8BA4	3D		DCR A	15, si no con-
8BA5	23		INX H	tinua.
8BA6	FE 00		CPI 00	
8BA7	C2 D2 8E		JNZ INCHº10	
8BA8	1E 04		MVI W,04	#Traslado los ca-
8BA9	21 F9 20		LXI H,20F9	racteres váli-
8BAE	01 04 20		LXI B,2004	dos de 20F9h,
8BAF	7E	INCHº20	MOV A,M	20FAh,20FBh,20-
8BAB	02		STAX B	FCh a 2004h,20-
8BAC	0B		DCX B	05h,2006h,2007h
8BAD	23		INX H	
8BAE	1D		DCR W	
8BAF	7B		MOV A,E	
8BB0	FE 00		CPI 00	
8BB1	C2 F9 8E		JNZ INCHº20	
8BB2	CD B9 8A		CALL BCD BIN	#BCD A BINARIO.
8BB3	CD 05 8B		CALL BINPF	#Binario a punto
8BB4	AF		XRA A	flotante.
8BB5	C9		RET	#Salgo.

Subrutina FNDA

Hoja 3/7

DIRCC.	CODIGO	ETIQUETA	MNEMONICO	COMENTARIOS
BRFC	F1	INCHRL5	POP PSW	#Retorno con
BRFD	3E FF		MVI A,FF	bandera de e-
BRFF	C9		RST	rror.
BP00	7E	ALMAC	MOV A,M	#ALMAC guarda
BP01	12		STAX D	el contenido
BP02	13		INX D	de las posi-
BP03	23		INX H	ciones indica
BP04	7E		MOV A,M	das por H,L en
BP05	12		STAX D	aquellas indi-
BP06	13		INX D	cadas por D,E.
BP07	23		INX H	
BP08	7E		MOV A,M	
BP09	12		STAX D	
BP0A	C9		RST	
#####				
9000	3E 1E	FNDA05	MVI A,1E	#Habilito RST
9002	30		SIM	5.5.
9003	FB		EI	
9004	AF		XRA A	#Mensaje "CO 1"
9005	47		MOV B,A	
9006	21 94 8E		LXI H, COL	
9009	CD B7 02		CALL OUTPT	
900C	06 01		MVI B,01	#Ingreso del
900E	CD 2B 02		CALL GTHEX	comandol.
9011	7B		MOV A,E	enmascaro bits
9012	E6 77		ANI 77	7 y 3.
9014	47		MOV B,A	Separo los 4
9015	E6 0F		ANI 0F	bits más sig-
9017	32 00 28		STA 2800	nificativos de
901A	7E		MOV A,B	los menos sig-
901B	E6 FF		ANI FO	nificativos y
901D	0F		RRC	los guardo:
901E	0F		RRC	2800:bits más e.
901F	0F		RRC	2801:bits menos
9020	0F		RRC	significati
9021	32 01 28		STA 2801	vos.
9024	21 C6 8E	FNDA10	LXI H,FF	#En blanco dis-
9025	3E 01		MVI A,01	play de datos.
9029	CD B7 02		CALL OUTPT	
902C	AF		XRA A	

Subrutina FNDA

Hoja 4/7

DIRFC.	CODIGO	ETIQUETA	MNEMONICO	COMENTARIOS
902D	47		MOV B,A	#Mensaje "CO 2"
902E	21 98 8E		LXI H,CO2	
9031	CD B7 02		CALL OUTPT	
9034	06 01		MVI B,01	#Ingreso coman
9036	CD 2B 02		CALL GTHEX	do 2.
9039	7B		MOV A,E	
903A	47		mov B,A	#Separo la par
903B	E6 0F		ANI 0F	te más signi-
903D	57		MOV D,A	ficativa y
903E	7B		MOV A,B	guardo la más
903F	E6 F0		ANI F0	significativa
9041	0F		RRC	en 2802h(con
9042	0F		RRC	una copia en
9043	0F		RRC	2804h) y la
9044	0F		RRC	menos signifi
9045	5F		MOV E,A	cativa en
9046	BA		CMP D	2803h.
9047	D2 24 90		JNC FNDA10	
904A	7A		MOV A,D	
904B	FE 0A		CPI 0A	
904D	D2 24 90		JNC FNDA10	
9050	32 02 28		STA 2802	
9053	32 04 28		STA 2804	
9056	7B		MOV A,E	
9057	32 03 28		STA 2803	
905A	21 9C 8E		LXI H,PO1	#H,L apunta a
905D	11 0E 28		LXI D,280E	tope lista de
9060	01 0E 28		LXI B,280E	mensajes y BC,
9063	E5	FNDA15	PUSH H	DE al tope ta
9064	C5		PUSH B	bla de datos.
9065	D5		PUSH D	
9066	AF		XRA A	#Mensaje de Ab
9067	CD B7 02		CALL OUTPT	cisa.
906A	3E 01		MVI A,01	
906C	21 C0 8E		LXI H, AB	
906F	CD B7 02		CALL OUTPT	
9072	CD C8 8E		CALL INCHR	#Ingreso coord
9075	FE 00		CPI 00	nada (abcisa).
9077	CA B0 90		JZ FNDA20	#Si no hay men
907A	D1		POP D	saje de error;

Subrutina FNDA

Hoja 5/7

DIRCC.	CODIGO	ETIQUETA	MNEMONICO	COMENTARIOS
907B	C1		POP B	FNLA20, si hay
907C	E1		POP H	error;FNDA15.
907D	C3 63 90		JMP FNDA15	
9080	D1	FNDA20	POP D	
9081	CD 00 8F		CALL ALMAC	#Guardo la absci
9084	13		INX D	sa en memoria.
9085	D5		PUSH D	
9086	D1		POP D	
9087	C1		POP B	
9088	E1		POP H	
9089	E5	FNDA25	PUSH H	
908A	C5		PUSH B	
908B	D5		PUSH D	
908C	AF		XRA A	#Mensaje de Orde
908D	CD B7 02		CALL OUTPT	nada.
9090	3E 01		MVI A,01	
9092	21 C2 8E		LXI H,0r	
9095	CD B7 02		CALL OUTPT	
9098	CD C8 8E		CALL INCHE	#Ingreso coorde-
909B	FE 00		CPI 00	nada(ordenada).
909D	CA A6 90		JZ FNDA30	#Si no hay mensa
90A0	D1		POP D	je de error:
90A1	C1		POP B	FNDA30; si lo
90A2	E1		POP H	hay:repito des-
90A3	C3 89 90		JMP FNDA25	de FNDA25.
90A6	D1	FNDA30	POP D	
90A7	CD 00 8F		CALL ALMAC	#Guardo la orde-
90AA	13		INX D	nada en memoria.
90AB	D5		PUSH D	
90AC	D1		POP D	
90AD	C1		POP B	
90AE	E1		POP H	
90AF	E5	FNDA35	PUSH H	
90B0	C5		PUSH B	
90B1	D5		PUSH D	
90B2	AF		XRA A	#Mensaje de An-
90B3	CD B7 02		CALL OUTPT	gulo.
90B4	3E 01		MVI A,01	
90B8	21 C4 8E		LXI H,A1	
90BB	CD B7 02		CALL OUTPT	

Subrutina FNDA

Hoja 6/7

DIRCC.	CODIGO	ETIQUETA	MNEMONICO	COMENTARIOS
90BE	CD CB 8E		CALL INCHE	#Ingreso coordada.
90C1	FR 00		CPI 00	
90C3	CA CC 90		JZ FNDA45	#Si no hay mensaje de error:
90C6	DL	FNDA40	POP D	FNDA45, si lo
90C7	CL		POP B	hay, repetir
90C8	EL		POP H	desde FNDA35.
90C9	C3 AF 90		JMP FNDA35	#Chequeo si el
90CC	7E	FNDA45	MOV A,M	ángulo ingresa
90CD	FR 0A		CPI 0A	do es mayor o
90CF	D2 C6 90		JNC FNDA40	igual a 360°.
90D2	FR 09		CPI 09	si lo es;FNDA-
90D4	C2 DF 90		JNZ FNDA48	40(repetir).
90D7	23		INX H	Si es correc-
90D8	23		INX H	to lo convie g
90D9	7E		MOV A,M	to a radianes.
90DA	FR 5A		CPI 5A	
90DC	D2 C6 90		JNC FNDA40	
90DF	21 01 20	FNDA48	LXI H,2001	
90E2	11 20 20		LXI D,2020	
90E5	3E FB		MVI A,FB	
90E7	32 20 20		STA 2020	
90EA	3E 7D		MVI A,7D	
90EC	32 21 20		STA 2021	
90EF	3E 47		MVI A,47	
90F1	32 22 20		STA 2022	
90F4	CD 3C 89		CALL MULT	
90F7	DL		POP D	
90F8	CD 00 8F		CALL ALMAC	#Una vez conver-
90FB	13		INX D	tido a radianes
90FC	D5		PUSH D	lo guardo en me-
90FD	DL		POP D	moria.
90FE	CL		POP B	
90FF	EL		POP H	
9100	7B		MOV A,F	#Reactualizo pun-
9101	4F		MOV C,A	tero B,C.
9102	7A		MOV A,D	
9103	47		MOV B,A	
9104	23		INX H	
9105	23		INX H	
9106	23		INX H	

Subrutina ENDA

Hoja 7/7

DIRCC.	CODIGO	ETIQUETA	MNEMONICO	COMENTARIOS
9107	23		INX H	
9108	3A 04 28		LDA 2804	#Chequeo con-
910B	3D		DCR A	tador si ya
910C	32 04 28		STA 2804	ingresé todos
910F	F8 00		CPI 00	los datos, si
9111	C2 63 90		JNZ ENDA15	ya están;
9114	C9	ENDA50	RET	#retorno.

3.3.3. Cálculo de ruta

A partir de las tablas de las coordenadas de los puntos de la ruta que produce la subrutina de entrada de datos ENDA, esta subrutina de cálculo de ruta, procesa esa información y produce otra tabla con el formato que se indica en la figura Nº 21.

Como se definió en la sección anterior y se indica en la figura, cada ruta consta de 3 movimientos, CALRU usa la información de dos posiciones consecutivas y produce los parámetros de los 3 movimientos necesarios para desplazar el vehículo entre estas dos posiciones (giro inicial, desplazamiento en línea recta, giro final), dichos parámetros son:

- Número de pulsos totales
- Comando de sentido de giro de las ruedas.
- Número de pulsos correspondientes al punto de control.

El punto de control, es como se verá en la sección 3.3.4., el punto donde el vehículo comienza a desacelerar para detener su movimiento lo menos

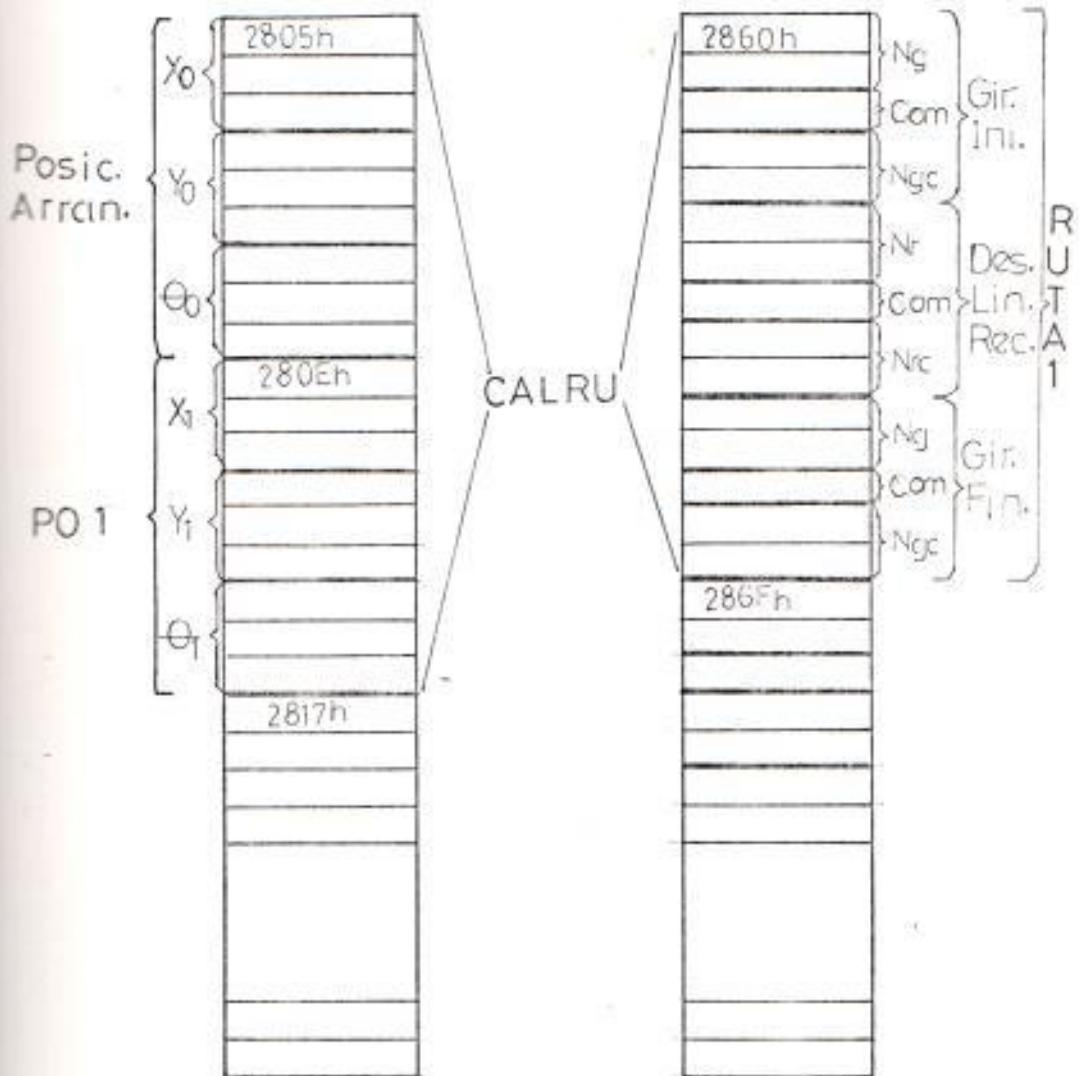


FIG. 21. Tablas en Memoria de Entrada y Salida de CALRU.

bruscamente posible, y se calcula dividiendo para 4 el número total de pulsos, por lo tanto podemos decir que el vehículo comienza a desacelerar cuando ha recorrido las 3/4 partes de su recorrido total.

Estos tres parámetros tienen el siguiente formato:

2 bytes	número total de pulsos
1 byte	comando de sentido
2 bytes	punto de control

Podemos dividir el diseño de esta subrutina en tres partes, cada una de ellas correspondientes a cada uno de los movimientos que componen una ruta.

Esta subrutina utiliza además las posiciones de memoria RAM 2020h a 203Ah como almacenamiento temporal y cálculos. Para no modificar en lo absoluto la tabla de información de coordenadas, los datos se copian previos a realizar cualquier cálculo, en estas posiciones; esto se hace porque en una ruta las que son coordenadas finales en una, son las

coordenadas iniciales de las siguientes y no deben ser modificadas.

3.3.3.1. GIRO INICIAL

En la figura N° 22, se aprecian las diversas situaciones que se pueden presentar para el ángulo de giro inicial, puesto que el ángulo se calcula a partir de la siguiente fórmula:

$$\theta = \text{ATAN}\left(\frac{Y_f - Y_i}{X_f - X_i}\right)$$

Se pueden presentar 4 casos:

dado :

$$Y^- = Y_f - Y_i \quad y$$

$$X^- = X_f - X_i$$

El verdadero ángulo θ con respecto al semieje positivo será:

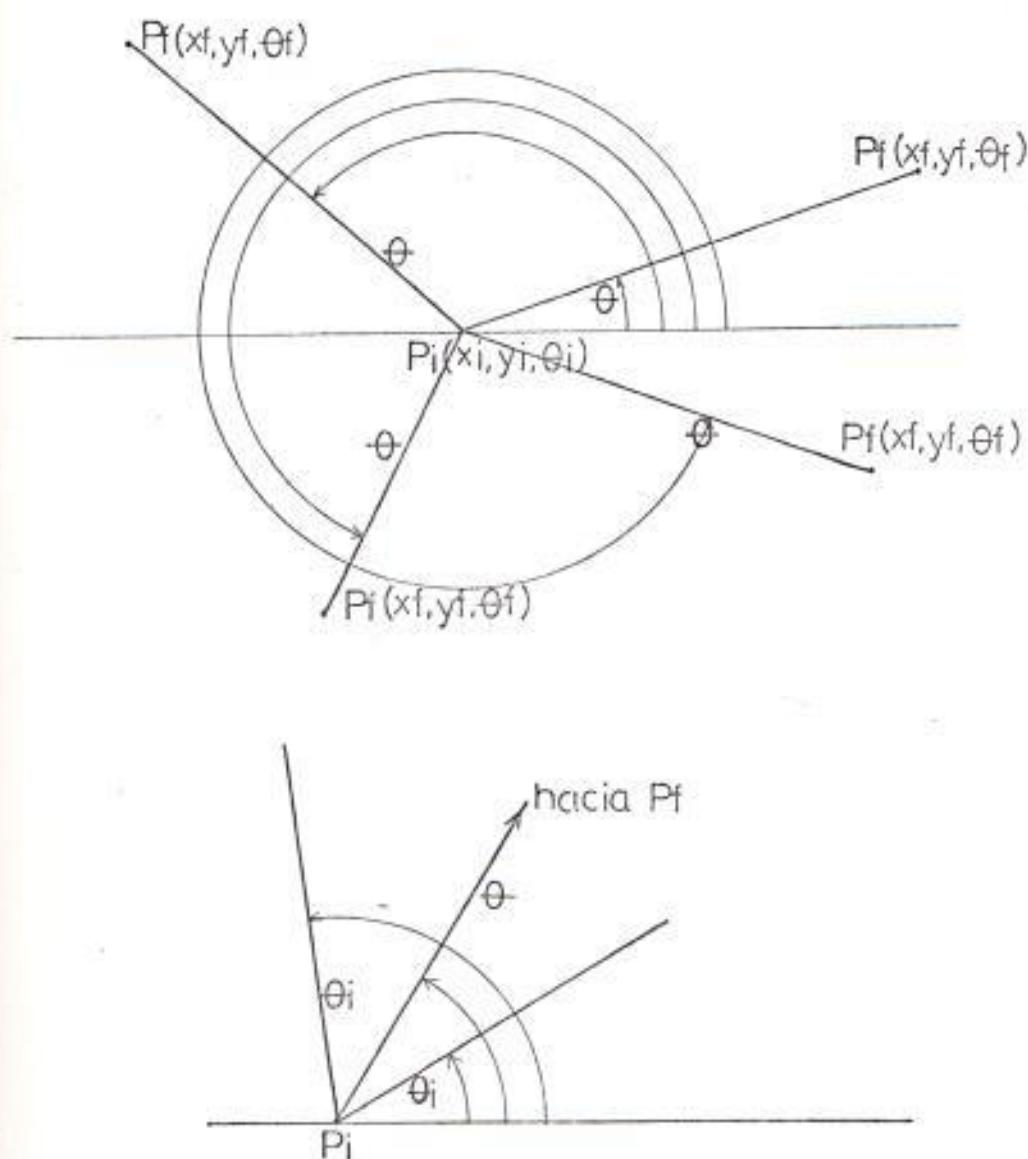


FIG. 22. Diversas Posibilidades en el Cálculo del Angulo de Giro Inicial.

$$Y^- > \varnothing \quad \text{y} \quad X^- > \varnothing \quad : \quad \theta$$

$$Y^- > \varnothing \quad \text{y} \quad X^- < \varnothing \quad : \quad \theta = 180^\circ - \theta$$

$$Y^- < \varnothing \quad \text{y} \quad X^- > \varnothing \quad : \quad \theta = 360^\circ - \theta$$

$$Y^- < \varnothing \quad \text{y} \quad X^- < \varnothing \quad : \quad \theta = 180^\circ - \theta$$

Una vez que yo obtengo este ángulo θ , yo debo compararlo con θ_i para determinar si giro en el sentido de las manecillas - del reloj o en sentido contrario:

Si $\theta > \theta_i$: giro en sentido contrario al de las manecillas del reloj.

Si $\theta < \theta_i$: giro en sentido de las manecillas del reloj.

Sin embargo, hay que considerar lo siguiente:

La diferencia entre θ y θ_i puede ser tal que en un momento dado el vehículo deba girar más de 180° ó 270° en un sentido, cuando podría ser más conveniente girar - en sentido contrario un ángulo menor; por

lo que será necesario hacer la siguiente comprobación: fijar un sentido temporal de giro, si el ángulo a girar es mayor que 180° , el ángulo definitivo será el suplemento del original, y el sentido de giro contrario al originalmente fijado.

Una vez determinado dicho ángulo, se lo convierte a pulsos, multiplicándolo por la Kg., constante de giro calculada en la sección 3.1.2., cuyo valor es:

$$Kg = \frac{256 \times R}{\pi \times D} = \frac{256 \times 26 \text{ cm.}}{\pi \times 13 \text{ cm.}} = 162.9747$$

En punto flotante:

$$Kg = 51\ 70\ 08$$

3.3.3.2. DESPLAZAMIENTO EN LINEA RECTA:

A partir de las coordenadas iniciales y haciendo uso del teorema de Pitágoras, se calcula la distancia a recorrer; hecho esto se convierte esa distancia en

pulsos con la constante de desplazamiento K_r , calculada en la sección 3.1.2. , que es:

$$K_r = \frac{256}{\pi \times D} = \frac{256}{\pi \times 130 \text{mm.}} = 0.6268$$

En punto flotante:

$$K_r = 50 \ 38 \ 00$$

3.3.3.3. GIRO FINAL:

En esta etapa se sigue un procedimiento de cálculo totalmente análogo al de la sección 3.3.3.1., para determinar el giro más corto necesario para colocar al prototipo en la orientación definitiva, una vez calculado el ángulo de giro desde la orientación con que el prototipo arribó a la posición final de esa ruta.

Adicionalmente, en esta sección de la subrutina CALRU, se incluyen las instruccio-

nes necesarias para ejecutar un lazo - que calcule todos los movimientos, esto es, se reactualizan los punteros de la tabla de posiciones iniciales y finales y el contador de posiciones ingresadas a través de ENDA que es el que se usa - para controlar un lazo que ejecuta las 3 partes de CALRU, tantas veces como rutas haya.

Las tres partes de esta subrutina al momento de guardar los datos en memoria, recurren a la subrutina GUARDARD, la - que a su vez calcula el punto de control para comenzar a desacelerar.

La subrutina CALRU en total ocupa 834 bytes y su dirección es 9159h.

Su diagrama de flujo se muestra en la página siguiente:

Al igual que en la subrutina ENDA, 9159h es la dirección de inicio de la subrutina propiamente dicha, mientras que de

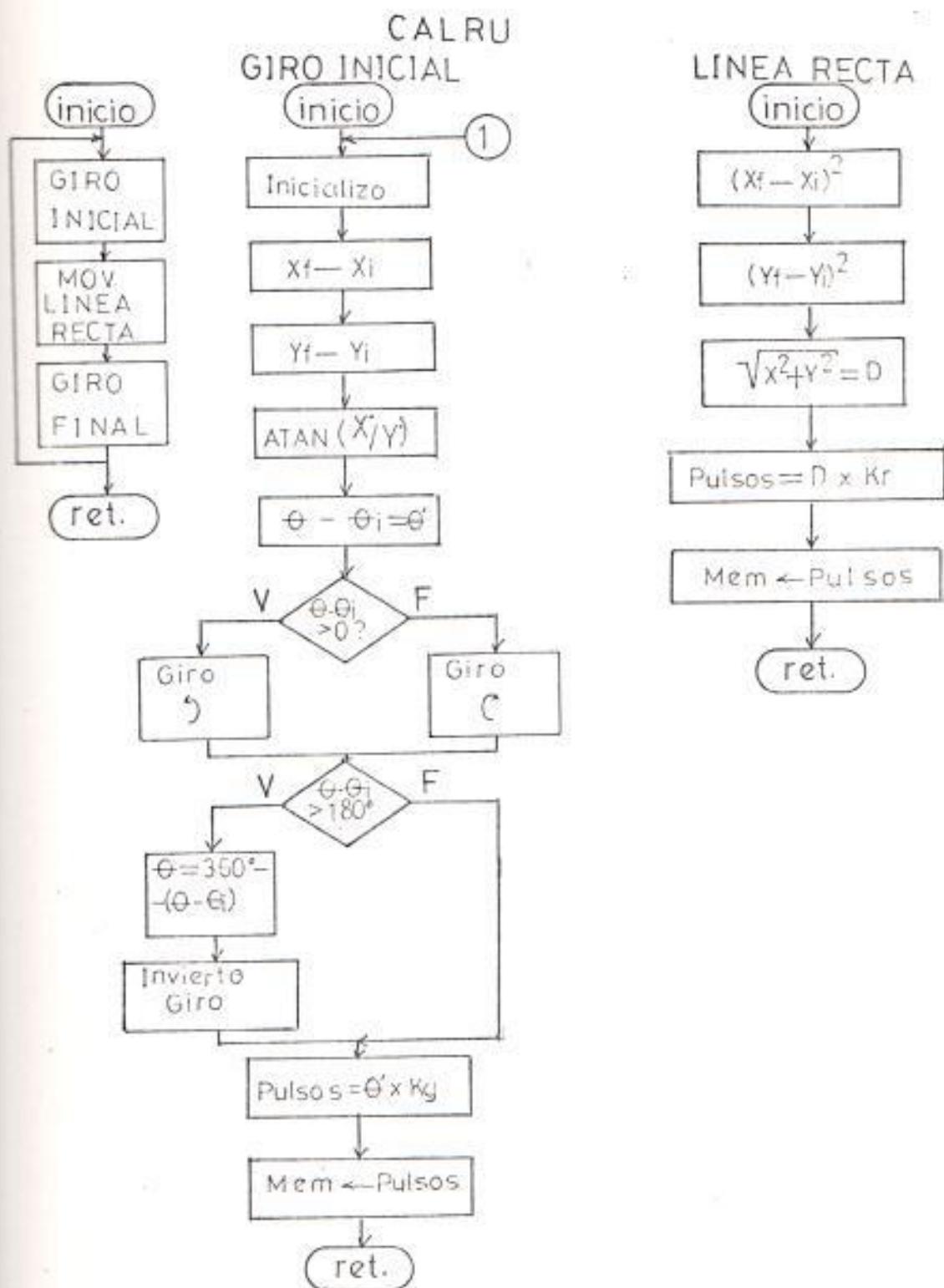
9115h a 9158h, encontramos subrutinas -
propias de CALRU, utilizadas exclusiva-
mente por ella.

3.3.4. Lazo PI y control del movimiento

Con la tabla producida por cálculo de ruta CALRU y los comandos 1 y 2 ingresados en Entrada de Datos esta subrutina MOV cumple las siguientes funciones:

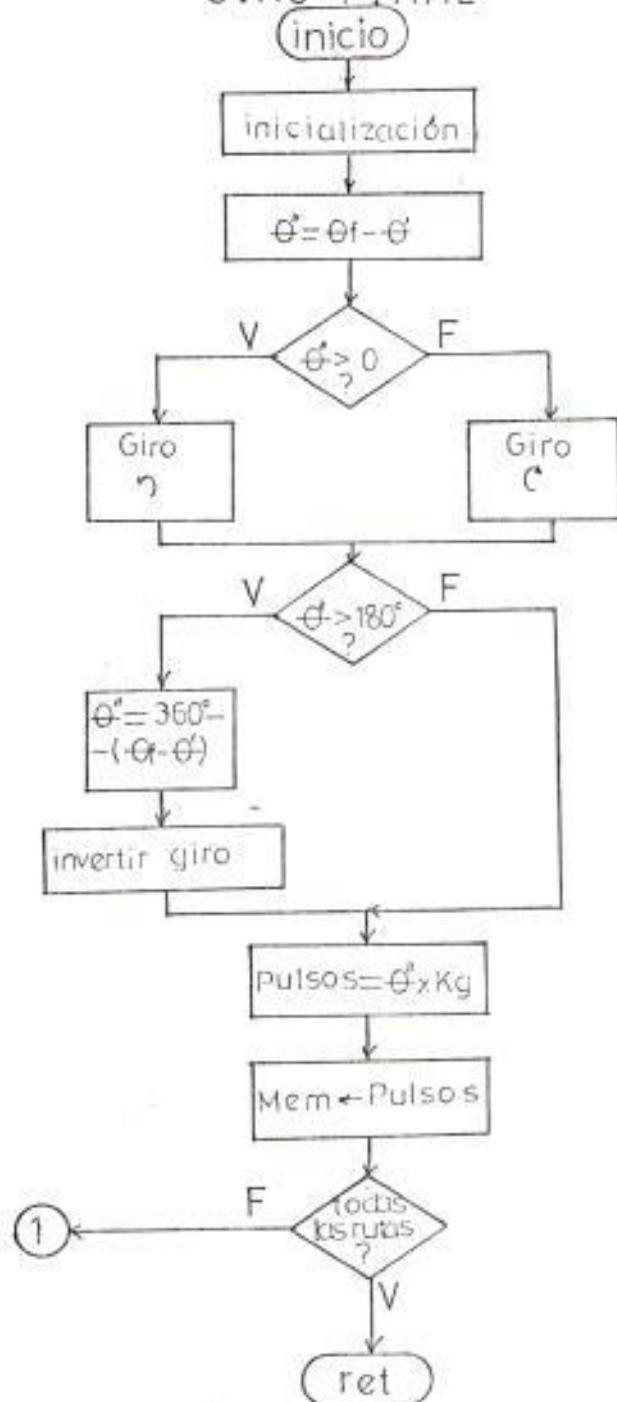
- lleva un control de la secuencia de movimientos, intercalación de la pausa intermedia, -
arranque automático o manual, reinicio después de la pausa automática o manual.
- controla el número de pulsos que cada rueda -
avanza, desacelera conforme se aproxima al fi
nal del movimiento y detiene el prototipo en -
el momento adecuado.
- constituye un controlador PI del giro de ambas
ruedas.

A fin de ejecutar la primera de estas funciones -



CALRU

GIRO FINAL



Subrutina CALRU

Hoja 1/10

DIR ^o C.	CODIGO	ETIQUETA	MNEMONICO	COMENTARIOS
9115	06 03	L ^o PRD	MVI B,03	#Leer, trans
9117	1A	L ^o PRD05	LDAX D	fiere el nú-
9118	77		MOV M,A	mero indicado
9119	05		DCR B	por D, ^o a la
911A	78		MOV A,B	posición in-
911B	F ^o 00		CPI 00	dicada por
911D	C8		RZ	H,L.
911E	13		INX D	
911F	23		INX H	
9120	C3 17 91		JMP L ^o PRD05	
9123	7B	GUARDARD.	MOV A,E	#Guardard, guar
9124	02		STAX B	da el número
9125	03		INX B	binario conte
9126	7A		MOV A,D	nido en D, ^o y
9127	02		STAX B	lo hace en la
9128	03		INX B	posición indi
9129	03		INX B	cada por B,C.
912A	26 02		MVI H,02	Adicionalmente,
912C	37	GUARDARO5	STC	divide es
912D	3F		CMC	te número para
912E	7A		MOV A,D	cuatro y lo
912F	1F		RAR	guarda a con-
9130	57		MOV D,A	tinuación del
9131	7B		MOV A, ^o	número origi-
9132	1F		RAR	nal, dejando
9133	5F		MOV ^o ,A	un byte de por
9134	25		DCR H	medio.
9135	AF		XRA A	
9136	BC		CMP H	
9137	C2 2C 91		JNZ GUARDARO5	
913A	7B		MOV A, ^o	
913B	02		STAX B	
913C	03		INX B	
913D	7A		MOV A,D	
913E	02		STAX B	
913F	C9		RET	
9140	3 ^o 02	R ^o STARRAR	MVI A,02	#Restaurar su
9142	32 2F 20		STA 202F	ma 2xpi ra-
9145	3 ^o 87		MVI A,87	dianes al nú
9147	32 30 20		STA 2032	mero en 202Ch.

Subrutina CALRU

Hoja 2/10

DIR.C.	CODIGO	ETIQUETA	MNEMONICO	COMENTARIOS
914A	3E 64		MVI A,64	202Dh,202Eh.
914C	32 31 20		STA 2031	
914F	21 2C 20		LXI H,202C	
9152	11 2F 20		LXI D,202F	
9155	CD BC 38		CALL SUM	
9158	C9		RET	
#####				
9159	06 09	CAL05	MVI B,09	#Grabo ceros en
915B	21 04 28		LXI H,2804	las posiciones
915E	23	CAL10	INX H	2805h a 280Dh.
915F	AF		XRA A	
9160	77		MOV M,A	
9161	05		DCR B	
9162	78		MOV A,B	
9163	FE 00		CPI 00	
9165	C2 5E 91		JNZ CAL10	
9168	11 05 28	CAL15	LXI D,2805	#Cargo punteros
916B	01 60 28		LXI B,2860	D,R y B,C.
916E	3A 02 28		LDA 2802	#cargo conta-
9171	32 04 28		STA 2804	dor.
9174	C5	CAL20	PUSH B	
9175	D5		PUSH D	
9176	3E 09		MVI A,09	#Xf va a 2023h,
9178	83		ADL E	2024h,2025h.
9179	5F		MOV E,A	
917A	21 23 20		LXI H,2023	
917D	CD 15 91		CALL LPRD	
9180	13		INX D	#Yf va a 2020h,
9181	21 20 20		LXI H,2020	2021h,2022h.
9184	CD 15 91		CALL LPRD	
9187	D1		POP D	#Xf - Xi, va a
9188	C1		POP B.	2023h,2024h y
9189	C5		PUSH B	2025h.
918A	D5		PUSH D	
918B	21 23 20		LXI H,2023	
918E	CD 31 89		CALL RPS	
9191	D1		POP D	#Yf - Yi, va a
9192	C1		POP B	2020h,2021h y
9193	C5		PUSH B	2022h.
9194	D5		PUSH D	

Subrutina CALRU

Hoja 3/10

DIRCC.	CODIGO	ETIQUETA	MNEMONICO	COMENTARIOS
9195	21 20 20		LXI H,2020	
9198	13		INX D	
9199	13		INX D	
919A	13		INX D	
919B	CD 31 39		CALL RPS	
919E	21 26 20		LXI H,2026	#Yf - Yi va a
91A1	F5		PUSH H	2026h,2027h,
91A2	11 20 20		LXI D,2020	2028h.
91A5	CD 15 91		CALL LEFRD	
91A8	21 29 20		LXI H,2029	#Xf - Xi va a
91AB	11 23 20		LXI D,2023	2029h,202Ah,
91A7	CD 15 91		CALL LEFRD	202Bh.
91B1	F1		POP H	#Yf-Yi/Xf-Xi va
91B2	F5		POP H	a 2001h,2002h,
91B3	11 29 20		LXI D,2029	2003h.
91B6	CD F4 89		CALL DIVID	
91B9	3A 00 20	CAL21	LDA 2000	#Si la división
91BC	1F		RAR	da negativa,
91BD	D2 C6 91		JNC CAL22	obtengo el
91C0	11 01 20		LXI D,2001	compl. a 2.
91C3	CD 21 89		CALL COMDOS	
91C6	F1	CAL22	POP H	#Traslado el co
91C7	F5		PUSH H	ciente a 2026h,
91C8	11 01 20		LXI D,2001	2027h,2028h.
91CB	CD 15 91		CALL LEFRD	
91CF	F1		POP H	#Arctan. del co
91CF	F5		PUSH H	ciente va a
91D0	CD 44 8C		CALL ATAN	2001h,2002h,
91D3	F1		POP H	2003h.
91D4	11 01 20		LXI D,2001	#Traslado el áng
91D7	CD 15 91		CALL LEFRD	gulo a 2026h,
91DA	D1		POP D	2027h,2028h.
91DB	D5		PUSH D	#D,E apunta a
91DC	3E 06		MVI A,06	ei.
91DE	83		ADD R	
91DF	5F		MOV R,A	#Traslado ei a
91E0	21 2F 20		LXI H,202F	202Fh,2030h,
91E3	CD 15 91		CALL LEFRD	2031h.
91E6	21 20 20		LXI H,2020	#Normalizo Yf-
91E9	CD 00 88		CALL NORMA	Yi y Xf-Xi.

Subrutina CALRU

Hoja 4/10

DIRFC.	CODIGO	ETIQUETA	MNEMONICO	COMENTARIOS
91EC	21 23 20		LXI H,2023	
91EF	CD 00 88		CALL NORMA	
91F2	AF		XRA A	
91F3	32 5F 28		STA 285F	
91F6	3A 25 20		LDA 2025	#Chequeo signo
91F9	17		RAL	de Xf-Xi.
91FA	D2 02 92		JNC CAL25	Fijo la bande
91FD	3E 01		MVI A,01	ra 285F de a-
91FF	32 5F 28		STA 285F	cuerdo al resul
9202	3A 22 20	CAL25	LDA 2022	tado.
9205	17		RAL	idem con el
9206	D2 11 92		JNC CAL30	signo de Yf-Yi.
9209	3A 5F 28		LDA 285F	
920C	F6 02		ori 02	
920E	32 5F 28		STA 285F	
9211	3A 5F 28	CAL30	LDA 285F	#ambos positivos
9214	FE 00		CPI 00	voy a CAL35.
9216	CA 5E 92		JZ CAL35	Xf-Xi negat.:
9219	FE 01		CPI 01	voy a CAL40
921B	CA 35 92		JZ CAL40	Yf-Yi negat.:
921E	FE 03		CPI 03	voy a CAL45, si
9220	CA 35 92		JZ CAL40	ambos negat.:
9223	3E 03	CAL45	MVI A,03	voy a CAL40.
9225	32 2C 20		STA 202C	#Cargo 2xpi ra-
9228	3E 87		MVI A,87	dianes en
922A	32 2D 20		STA 202D	202Ch,202Dh,
922D	3E 64		MVI A,64	202Eh y voy a
922F	32 2E 20		STA 202E	CAL50.
9232	C3 44 92		JMP CAL50	
9235	3E 02	CAL40	MVI A,02	#Cargo pi radia
9237	32 2C 20		STA 202C	nes en 202Ch,
923A	3E 87		MVI A,87	202Dh,202Eh.
923C	32 2D 20		STA 202D	
923F	3E 64		MVI A,64	
9241	32 2E 20		STA 202E	
9244	21 2C 20	CAL50	LXI H,202C	
9247	11 26 20		LXI D,2026	
924A	3A 5F 28		LDA 285F	#Si ambos son
924D	FE 03		CPI 03	negativos voy
924F	C2 5E 92		JNZ CAL55	a sumar.

Subrutina CALRU

Hoja 5/10

DIRCC.	CODIGO	ETIQUETA	MNEMONICO	COMENTARIOS
9252	CD BC 88		CALL SUM	#Si no, resto.
9255	C3 67 92		JMP CAL60	
9258	CD 31 89	CAL55	CALL RFS	
925B	C3 67 92		JMP CAL60	
925E	21 2C 20	CAL35	LXI H,202C	#Siendo ambos
9261	11 26 20		LXI D,2026	positivos paso
9164	CD 15 91		CALL LFRD	el Angulo a
9167	21 38 20	CAL60	LXI H,2038	202Ch,202Dh,
916A	11 2C 20		LXI D,202C	202Ph,
916D	CD 15 91		CALL LFRD	#Lo guardo en
9170	21 2C 20	CAL62	LXI H,202C	2038h,2039h,
9173	11 2F 20		LXI D,202F	203Ah.
9176	CD 31 89		CALL RFS	#Resto θ - θ_i en
9179	CD 00 88		CALL NORMA	202Ch,202Dh,
917C	3A 2F 20		LDA 202F	202Ph.
917F	17		RAL	#Dependiendo
9180	D2 8F 92		JNC CAL65	del signo de
9183	BB		XCHG	esta diferen
9184	CD 21 89		CALL COMLOS	cia esta leg
9187	3E 04		MVI A,04	co un sentido
9189	32 5E 28		STA 285E	de giro provi
918C	C3 94 92		JMP CAL70	sional;si es
918F	3E 08	CAL65	MVI A,08	negativa, ob
9191	32 5E 28		STA 285E	tengo el comp.
9194	3E 02	CAL70	MVI A,02	a2.
9196	32 2F 20		STA 202F	#Pi radianes a
9199	3E 87		MVI A,87	202Ph,2030h,
919B	32 30 20		STA 2030	2031h.
919E	3E 64		MVI A,64	
91A0	32 31 20		STA 2031	
91A3	21 2C 20		LXI H,202C	#Comparo θ - θ_i
91A6	11 2F 20		LXI D,202F	con pi rads.
91A9	CD 31 89		CALL RFS	
91AC	3A 2F 20		LDA 202F	
91AF	17		RAL	
92B0	D2 C3 92		JNC CAL75	
92B3	CD 40 91		CALL RESTAURAR	
92B6	D1	CAL35	POP D	#Almaceno el
92B7	C1		POP B	comando de
92B8	C5		PUSH B	santido de

Subrutina CALRU

Hoja 6/10

DIRCC.	CODIGO	ETIQUETA	MNEMONICO	COMENTARIOS
92B9	03		INX B	giro defin.
92BA	03		INX B	
92BB	D5		PUSH D	
92BC	3A 5E 28		LDA 285E	
92BF	02		STAX B	
92C0	C3 FF 92		JMP CAL90	
92C3	CD 40 91	CAL75	CALL RSTAUAR	
92C6	3E 03		MVI A,03	#Obtengo el
92C8	32 2F 20		STA 202F	complemento
92CB	3E 87		MVI A,87	del ángulo a
92CD	32 30 20		STA 2030	girar.
92D0	3E 64		MVI A,64	
92D2	32 31 20		STA 2031	
92D5	21 2F 20		LXI H,202F	
92D8	11 2C 20		LXI D,202C	
92DB	CD 31 89		CALL RPS	
92DE	21 2C 20		LXI H,202C	
92E1	11 2F 20		LXI D,202F	
92E4	CD 15 91		CALL LPRD	
92E7	3A 5E 28		LDA 285E	#Cambio el co-
92EA	FF 04		CPI 04	mando provisio-
92EC	C2 F7 92		JNZ CAL80	nal por el con-
92EF	3E 03		MVI A,03	trario.
92F1	32 5E 28		STA 285E	
92F4	C3 B6 92		JMP CAL85	
92F7	3E 04	CAL80	MVI A,04	
92F9	32 5E 28		STA 285E	
92FC	C3 B6 92		JMP CAL85	
92FF	21 2C 20	CAL90	LXI H,202C	#Multiplico el
9302	11 32 20		LXI D,2032	ángulo por Kg.
9305	3E 08		MVI A,08	
9307	32 32 20		STA 2032	
930A	3E 7C		MVI A,7C	
930C	32 33 20		STA 2033	
930F	3E 51		MVI A,51	
9311	32 34 20		STA 2034	
9314	CD 3C 89		CALL MULT	
9317	CD 1B 8B		CALL PFBIN	#Punto Plotant.
931A	EB		XCHG	a Binario.
931B	D1		POP D	

Subrutina CALRU

Hoja 7/10

DIRFC.	CODIGO	ETIQUETA	MNEMONICO	COMENTARIOS
931C	C1		POP B	#Guardo Ng y
931D	C5		PUSH B	punto de con.
931E	D5		PUSH D	en memoria.
931F	EB		XCHG	
9320	CD 23 91		CALL GUARDARD	
#####				
9323	21 20 20	DMS05	LSI H,2020	#Yf-Yi al cua
9326	3E 02		MVI A,02	drado.
9328	CD D3 89		CALL POT	
932B	21 23 20		LXI H,2023	#Xf-Xi al cua
932E	3E 02		MVI A,02	drado.
9330	CD D3 89		CALL POT	
9333	21 20 20		LXI H,2020	#Suma de ambos
9336	11 23 20		LXI D,2023	productos.
9339	CD BC 88		CALL SUM	
933C	CD 98 8B		CALL RAIZ	#Raiz cuadrada.
933F	21 20 20		LXI H,2020	#El resultado
9342	11 01 20		LXI D,2001	a 2020h,2021h,
9345	CD 15 91		CALL LFRD	2022h.
9348	21 20 20		LXI H,2020	#Multiplico por
934B	11 32 20		LXI D,2032	Kr.
934E	3E 00		MVI A,00	
9350	32 32 20		STA 2032	
9353	3E 4B		MVI A,4B	
9356	32 33 20		STA 2033	
9358	3E 68		MVI A,68	
935A	32 34 20		STA 2034	
935D	CD 3C 89		CALL MULT	
9360	CD 18 8B		CALL PFBIN	#Convierto a bi
9363	EB		XCHG	nario.
9364	D1		POP D	
9365	C1		POP B	#Actualizo pun-
9366	C5		PUSH B	teros y guardo
9367	D5		PUSH D	en memoria, jun
9368	3E 05		MVI A,05	to con el pun-
936A	81		ADD C	to de control.
936B	4F		MOV C,A	
936C	EB		XCHG	
936D	CD 23 91		CALL GUARDARD	
9370	0B		DCX B	#Guardo el co-

Subrutina CALRU

Hoja 8/10

DIREC.	CODIGO	ETIQUETA	MNEMONICO	COMENTARIOS
9371	OB		DCX B	mando de sen
9372	AF		XRA A	tido de giro
9373	O2		STAX B	OO en memoria.
#####				
9374	D1	GIRO5	POP D	#Los registros
9375	C1		POP B	D,E apuntan a
9376	C5		PUSH B	ef.
9377	D5		PUSH D	
9378	3E OF		MVI A,OF	
9379	83		ADD E	
937B	5F		MOV E,A	
937C	21 2C 20		LXI H,202C	#Traslado ef a
937F	CD 15 91		CALL LWPRD	202Ch,202Dh,
9382	21 2C 20		LXI H,202C	202Eh.
9385	11 38 20		LXI D,2038	#ef-0 va a
9388	CD 31 89		CALL RES	202Ch,202Dh,
938B	CD 00 88		CALL NORMA	202Eh.
938E	3A 2E 20		LDA 202E	#Si la diferen
9391	17		RAL	cia es negat.
9392	D2 A1 93		JNC GIR10	obtengo comp.
9395	EB		XCHG	a 2.
9396	CD 21 89		CALL COMDOS	
9399	3E 04		MVI A,04	#Fijo sentido
939B	32 5E 28		STA 285E	de giro prov.
939E	C3 A6 93		JMP GIR15	
93A1	3E 08	GIR10	MVI A,08	#sentido de gi
93A3	32 5E 28		STA 285E	ro prov. en
93A6	3E 02	GIR15	MVI A,02	285E.
93AB	32 2F 20		STA 202F	#Comparo el an
93AB	3E 87		MVI A,87	gulo de giro
93AD	32 20 20		STA 2030	con pi rads.
93B0	3E 64		MVI A,64	
93B2	32 31 20		STA 2031	
93B5	21 2C 20		LXI H,202C	#Si el ángulo a
93BB	11 2F 20		LXI D,202F	girar es mayor
93BB	CD 31 89		CALL RES	que 180° voy a
93BE	3A 2E 20		LDA 202E	GIR25; si no
93C1	17		RAL	sigo adelante.
93C2	D2 D7 93		JNC CIR25	
93C5	CD 40 91		CALL RESTAURAR	

Subrutina CALRU

DIREC.	CODIGO	ETIQUETA	MNEMONICO	COMENTARIOS
93C8	D1	GIR20	POP D	#Actualizo pu ₃
93C9	C1		POP B	tero B,C
93CA	C5		PUSH B	
93CB	D5		PUSH D	
93CC	3E 0C		MVI A,0C	
93CE	81		ADD C	
93CF	4F		MOV C,A	
93D0	3A 5E 2B		LDA 285E	
93D3	02		STAX B	
93D4	C3 13 94		JMP GIR35	
93D7	CD 40 91	GIR25	CALL RESTAURAR	
93DA	3E 03		MVI A,03	#2xpi rads en
93DC	32 2F 20		STA 202F	202Ch,2030h,
93DE	3E 87		MVI A,87	2031h.
93E1	32 30 20		STA 2030	
93E4	3E 64		MVI A,64	
93E6	32 31 20		STA 2031	
93E9	21 2F 20		LXI H,202F	#Obtengo el su
93EC	11 2C 20		LXI D,202C	plemento del
93EE	CD 31 89		CALL RMS	ángulo de giro.
93F2	21 2C 20		LXI H,202C	#La diferencia
93F5	11 2F 20		LXI D,202F	con 2xpi va a
93FB	CD 15 91		CALL LERRD	202Ch,202Dh,
93FB	3A 5E 2B		LDA 285E	202Eh.
93FE	FE 04		CPI 04	#Invierto co-
9400	C2 0B 94		JNZ GIR30	mando de giro
9403	3E 03		MVI A,0B	provisional.
9405	32 5E 2B		STA 285E	
9408	C3 CB 93		JMP GIR20	
940B	3E 04	GIR30	MVI A,04	
940D	32 5E 2B		STA 285E	
9410	C3 CB 93		JMP GIR20	
9413	21 2C 20	GIR35	LXI H,202C	#Multiplico el
9416	11 32 20		LXI D,2032	ángulo por la
9419	3E 09		MVI A,09	constante Kr.
941B	32 32 20		STA 2032	
941E	3E 7C		MVI A,7C	
9420	32 33 20		STA 2033	
9423	3E 51		MVI A,51	
9425	32 34 20		STA 2034	

Subrutina CALRU

Hoja 10/10

DIRFC.	CODIGO	ETIQUETA	MNEMONICO	COMENTARIOS
9428	CD	3C 89	CALL MULT	
942B	CD	1B 8B	CALL PFBIN	#Convierto a bi
942E	EB		XCHG	nario.
942F	D1		POP D	
9430	C1		POP B	#Actualizo pun-
9431	C5		PUSH B	teros y guar-
9432	D5		PUSH D	do en memoria
9433	3E	0A	MVI A,0A	el número de
9435	81		ADD C	pulsos y el
9436	4F		MOV C,A	punto de con-
9437	EB		XCHG	trol.
9438	CD	23 91	CALL GUARDARD	
943B	D1		POP D	#Preparo los
943C	C1		POP B	punteros para
943D	3E	09	MVI A,09	los datos de
943F	83		ADD E	la siguiente
9440	5F		MOV E,A	ruta.
9441	3E	0F	MVI A,0F	D,E=D,E más 9.
9443	81		ADD C	B,C=B,C más15.
9444	4F		MVO C,A	
9445	3A	04 28	LDA 2804	#Chequeo si ya
9448	3D		DCR A	calculé todas
9449	32	04 28	STA 2804	las rutas.
944C	FE	00	CPI 00	
944E	C2	74 91	JNZ CAL20	
9451	03		INX B	#Grabo comando
9452	03		INX B	de alto total.
9453	3E	FF	MVI A,FF	
9455	02		STAX B	
9456	C9		RET	#Salgo.

actualiza un contador cada vez que lleva a término un movimiento, lo compara con el número de movimientos antes de la pausa y ejecuta ésta o no, previa consulta del comando respectivo almacenado en memoria; una vez alcanzada cierta posición, se emite un mensaje que aparece en el display alfanumérico, indicando cual posición es la que corresponde en ese instante.

Para llevar a cabo la segunda de sus funciones, antes de ejecutar un movimiento, copia de la lista - producida por CALRU los 3 parámetros de cada movimiento de los que se habló en la sección 3.3.3., y los almacena en las siguientes posiciones de memoria:

2003h: comando de sentido con el siguiente formato:

B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
n.u.	n.u.	n.u.	alto	Sen 2	Sen 1	Encero 1	Encero 2

200Ch, 200Dh: número total de pulsos.

200Eh, 200Fh : punto de control.

En 200Ch y 200Eh se encuentran los bytes menos significativos.

Las posiciones 2010h a 2013h corresponden a los contadores de pulsos de cada motor (2 bytes para cada uno), siendo 2010 y 2012h los bytes menos significativos.

En cada muestreo, se compara el número de pulsos totales con el mayor de ambos contadores, su diferencia es el número de pulsos faltantes para terminar el movimiento, si esta es mayor que el número de pulsos del punto de control, se sigue a la misma velocidad, si es menor o igual, se reduce la velocidad, si la diferencia es menor que 0Fh, el vehículo se detiene.

Para poder reducir la velocidad de manera coherente, debemos recordar que cada motor es operado a la máxima velocidad posible, como se verá cuando se describa la función de lazo PI, esta máxima velocidad de referencia es la cual le suma una cierta señal de error, siendo la velocidad resultante la que es aplicada al motor que ha producido mayor número de pulsos hasta el momento.

Para esto se emplean las siguientes posiciones de memoria:

2000h: velocidad de referencia, motor 1

2001h: velocidad de referencia, motor 2

2002h: velocidad máxima de referencia.

Por lo que para reducir la velocidad de mi sistema de dos motores, me basta actuar sobre las posiciones 2000h, 2001h, 2002h, luego de lo cual la parte de la subrutina correspondiente al lazo PI se encargará de actuar sobre las posiciones 2000h y 2001h, de manera conveniente.

A fin de ejecutar la última función de lazo PI, la subrutina cada 6/120 segundos lleva a cabo un muestreo de la realimentación de cada rueda, haciendo uso de la señal SYNG como interrupción RST6.5 y de un contador que cuando iguala su valor a cero (decrece desde 6) es la señal de que se debe leer la puerta de realimentación.

La cuenta de cada motor se suma a sus respectivos contadores, la diferencia de los cuales constituye el error actual E_i . Este error se suma a un acumu

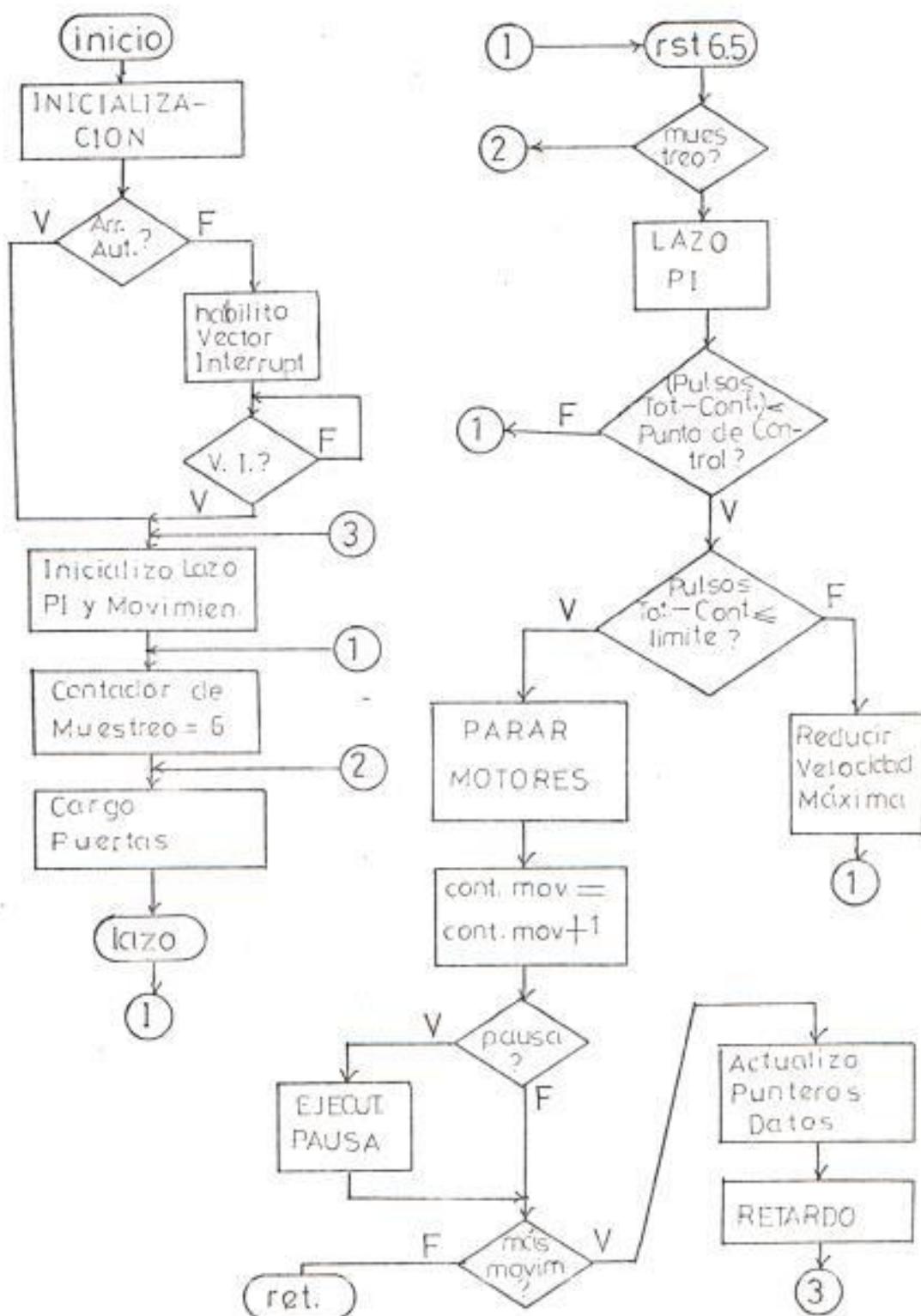
lador Σ En, estas dos cantidades son multiplicadas por K_p y K_i , respectivamente; la suma de ambos productos constituye la cantidad binaria M_i que se suma a la velocidad máxima de referencia, y se alimenta al motor que ha producido un mayor número de pulsos; como se vió en el diseño del circuito generador de pulso de disparo, mientras mayor es la velocidad de referencia hexadecimal de los comparadores, la velocidad real es menor, por lo que al hacer esto, la velocidad disminuye y el error se compensa.

2000	VEL.REF1	2800	32 31 30	} COM 1
2001	VEL.REF2	2801	36 35 34	
2002	VEL. MAX. REF	2802	33 32 31 30	} COM 2
2003	COM. GIRO	2803	37 36 35 34	
2004	CON. MUEST.	2804		CONT.
2005	REALIM			
2006	REALIM MSN			
2007	REALIM LSN			
2008				
2009	CONT MOV			
200A	} PULSOS TOT. - CONT. PULSOS			
2003				
200C	} PULSOS TOT.			
200D				
200E	} PUNTO CONTROL			
200F				
2010	} CONTADOR1			
2011				
2012	} CONTADOR2			
2013				
2014	} Ei			
2015				
2016	} $\leq Ei$			
2017				
2018	Ki. $\leq Ei$			
2019	Kp. Ei			
201A	Mi			
2013	CONT. POSIC.			
201C	} INDICADOR DE POSIC.			
201D				
201E	CONT. POSIC.			
201F	BAND DE MOTOR			
2020	CONT. DE PAUSA			

FIG. 23. Lista de Variables de la Subrutina MOV.

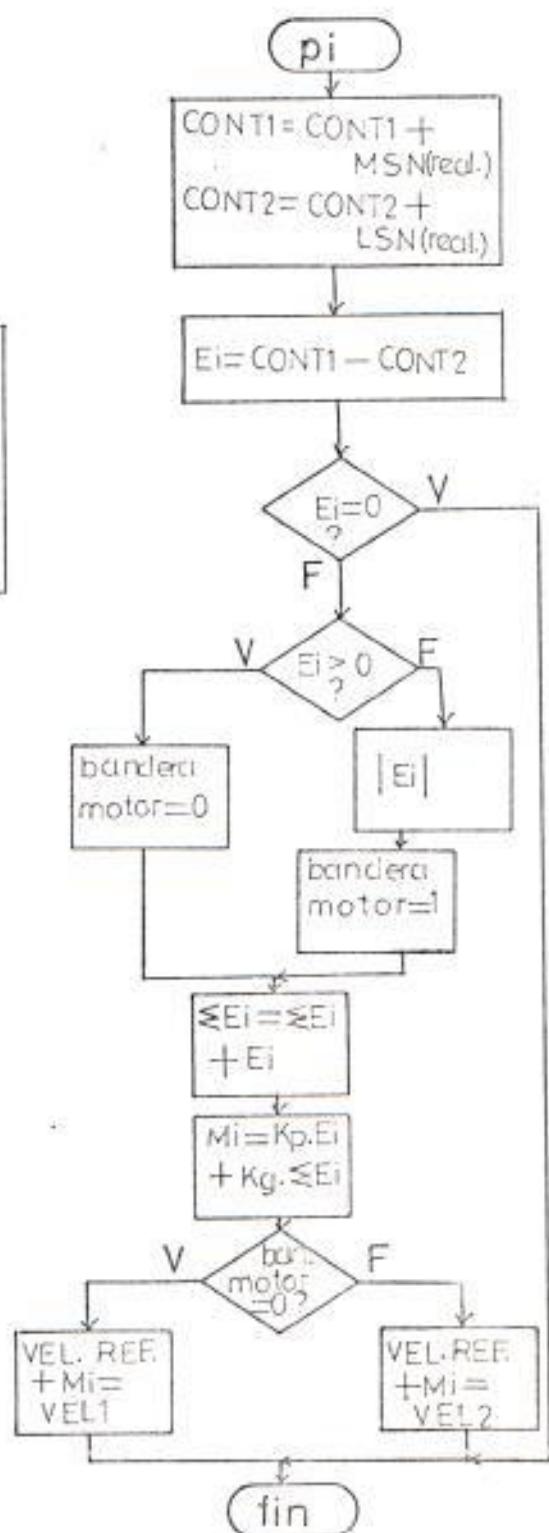
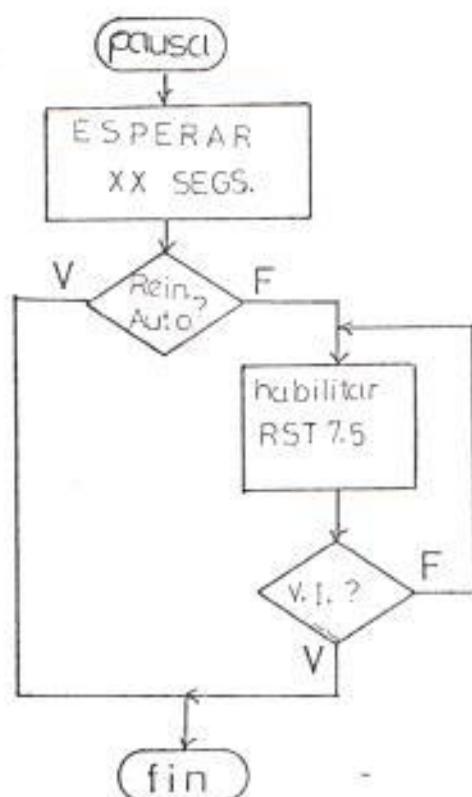
MOV

HOJA 1/2



MOV

HOJA 2/2



Subrutina MOV

Hoja 1/11

DIRCC. - CODIGO	ETIQUETA	MNEFMONICO	COMENTARIOS	
9457	3A 02 28	MOV05	LDA 2802	#Núm de mov. ta
945A	47		MOV B,A	tales= Núm. de
945B	80		ADD B	rutas tot. por
945C	80		ADD B	3.
945D	32 02 28		STA2802	
9460	3A 03 28		LDA 2803	#Núm de mov. an
9463	47		MOV B,A	tes de pausa=
9464	80		ADD B	Núm. de rutas
9465	80		ADD B	antes de pausa
9466	32 03 28		STA 2803	por 3.
9469	AF		XRA A	#Contador de po
946A	32 1B 20		STA 201B	siciones = 0.
946D	32 1E 20		STA 201E	#Cont. mov.=0.
9470	21 9C 8E		LXI H,PO 1	#Punt. de posic.
9473	22 1C 20		SHLD 201C	(mensajes).
9476	01 60 28		LXI B,2860	#D,E y B,C punt.
9479	11 60 28		LXI D2860	de tope de tabla
947C	3A 00 28		LDA 2800	#¿Inicio Manual
947F	1F		RAR	o Automático?
9480	DA 8D 94		JC MOV15	Si es manual,
9483	3E 0B	MOV10	MVI A,0B	se espera a
9485	30		SIM	que se presio
9486	FB		FI	ne VECTOR INT.
9487	00	MOV11	NOP	Si es automat.
9488	00		NOP	voy a MOV15.
9489	C3 87 94		JMP MOV11	
948C	F1	MOV12	POP PSW	
948D	3E 1D	MOV15	MVI A,1D	#Habilito RST
948F	30		SIM	6.5.
9490	3E 40		MVI A,40	#Inicializo el
9492	D3 2D		OUT 2D	temporizador.
9494	3E 60		MVI A,60	
9496	D3 2C		OUT 2C	
9498	3E CO		MVI A,CO	#Habilito las
949A	D3 28		OUT 28	puertas.
949C	3E OF		MVI A,OF	
949E	D3 20		OUT 20	
94A0	C5		PUSH B	
94A1	D5		PUSH D	
94A2	1A		LDAX D	#Grabo número

Subrutina MOV

Hoja 2/11

DIRRC.	CODIGO	ETIQUETA	MNEMONICO	COMENTARIOS
94A3	32	0C 20	STA 200C	total de pulsos en 200Ch, 200Dh.
94A6	13		INX D	
94A7	1A		LDAX D	
94AB	32	0D 20	STA 200D	#Comando de sentido de giro en 2003h.
94AB	13		INX D	
94AC	1A		LDAX D	
94AD	32	03 20	STA 2003	#Punto de control a 200Eh, 200Fh.
94B0	13		INX D	
94B1	1A		LDAX D	
94B2	32	0F 20	STA 200F	#Variables = 00.
94B5	13		INX D	
94B6	1A		LDAX D	
94B7	32	0F 20	STA 200F	
94BA	AF		XRA A	
94BB	32	10 20	STA 2010	
94BE	32	11 20	STA 2011	
94C1	32	12 20	STA 2012	
94C4	32	13 20	STA 2013	
94C7	32	14 20	STA 2014	
94CA	32	15 20	STA 2015	
94CD	32	16 20	STA 2016	
94D0	32	17 20	STA 2017	
94D3	3F	20	MVI A,20	#Velocidad máxima de referencia en 2000h-2002h.
94D5	32	02 20	STA 2002	
94DB	32	01 20	STA 2001	
94DB	32	00 20	STA 2000	
94DF	2A	0C 20	LHLD 200C	#Chequeo si el número de pulsos es menor de 21 a MOV35.
94E1	01	FB FF	LXI B,FFEB	
94E4	09		DAD B	
94E5	D2	8A 96	JNC MOV35	
94E8	3E	06	MVI A,06	#Contador de muestreo = 6.
94EA	32	04 20	STA 2004	
94ED	3A	00 20	LDA 2000	#Cargo las puestas.
94FO	D3	21	OUT 21	
94F2	3A	01 20	LDA 2001	
94F5	D3	22	OUT 22	
94F7	3A	03 20	LDA 2003	#Cargo comando de sentido.
94FA	D3	23	OUT 23	
94FC	11	50 00	LXI D, 0050	#Retardo de sincronismo.
94FF	CD	F1 05	CALL DELAY	

-1-

-2-

Subrutina MOV

Hoja 3/11

DIRFC.	CODIGO	PTIQUETA	MNEMONICO	COMENTARIOS
9502	FB		BI	#Habilito in-
9503	00	LAZO	NOP	terrup.
9504	00		NOP	#Lazo de espe-
9505	C3 03 95		JMP LAZO	ra.
9508	F3	RST6.5	DI	#Deshabilito
9509	21 04 20		LXI H,2004	interrup.
950C	35		DCR M	#Decremento
950D	7E		MOV A,M	contador de
950E	FE 00		CPI 00	muestreo, si
9510	CA 17 95		JZ INT10	aun no toca,
9513	F1		POP PSW	regreso a
9514	C3 ED 94		JMP -2-	-2-.
9517	3A 00 20	INT10	LDA 2000	#Si ya toca
951A	D3 21		OUT21	muestreo,
951C	3A 01 20		LDA 2001	cargo las ve-
951F	D3 22		OUT 22	locidades.
9521	DB 29		IN 29	#Leo realimen-
9523	32 05 20		STA 2005	tación, va a
9526	3A 03 20		LDA 2003	2005h.
9529	F6 03		ORI 03	#Reseteo los
952B	D3 23		OUT 23	contadores
952D	F1		POP PSW	de realimenta-
952E	11 0A 00		LXI D,000A	ción.
9531	CD F1 05		CALL DELAY	
9534	3A 03 20		LDA 2003	
9537	D3 23		OUT 23	
953A	3A 05 20		LDA 2005	#La parte más
953C	E6 0F		ANI 0F	significativa
953E	32 07 20		STA 2007	de la realim.
9541	3A 05 20		LDA 2005	va a 2006h, la
9544	0F		RRC	menos signific.
9545	0F		RRC	va a 2007h.
9546	0F		RRC	
9547	0F		RRC	
9548	E6 0F		ANI 0F	
954A	32 06 20		STA 2006	
954D	3A 03 20	INT11	LDA 2003	#Dependiendo de
9550	0F		RRC	cual sea el
9551	0F		RRC	comando de sen-
9552	FE 03		CPI 03	tido de giro,

Subrutina MOV

Hoja 4/11

DIRCC.	CODIGO	ETIQUETA	MNEMONICO	COMENTARIOS
9554	CA 89 95		JZ INT14	complemento a
9557	FF 02		CPI 02	2 o no, el con
9559	CC 7C 95		CZ REALIM2	tenido de las
955C	FF 01		CPI 01	realimentacio
955E	CC 6F 95		CZ REALIM1	nes.
9561	FF 00		CPI 00	
9563	C2 89 95		JNZ INT14	
9566	CD 6F 95		CALL REALIM1	
9569	CD 7C 95		CALL REALIM2	
956C	C3 89 95		JMP INT14	
956F	F5	REALIM1	PUSH PSW	#Complemento
9570	3A 06 20		LDA 2006	a 2 los bits
9573	2F		CMA	más significa
9574	3C		INR A	tivos.
9575	E6 0F		ANI 0F	
9577	32 06 20		STA 2006	
957A	F1		POP PSW	
957B	C9		RET	
957C	F5	REALIM2	PUSH PSW	#Complemento
957D	3A 07 20		LDA 2007	a 2 los bits
9580	2F		CMA	menos signi-
9581	3C		INR A	ficativos.
9582	E6 0F		ANI 0F	
9584	32 07 20		STA 2007	
9587	F1		POP PSW	
9588	C9		RET	
9589	3A 06 20	INT14	LDA 2006	#Actualizo
958C	06 00		MVI B,00	los contado-
958E	4F		MOV C,A	res 2010h,
958F	2A 10 20		LHLD 2010	2011h y 2012h,
9592	09		DAD B	2013h.
9593	22 10 20		SHLD 2010	
9596	3A 07 20		LDA 2007	
9599	06 00		MVI B,00	
959B	4F		MOV C,A	
959C	2A 12 20		LHLD 2012	
959F	09		DAD B	
95A0	22 12 20		SHLD 2012	
95A3	2A 12 20		LHLD 2012	#Chequeo la
95A6	7D		MOV A,L	diferencia

Subrutina MOV

Hoja 5/11

BIRFC.	-CODIGO	ETIQUETA	MNEMONICO	COMENTARIOS
95A7	2F		CMA	entre contado
95A8	6F		MOV L,A	res, si es 0,
95A9	7C		MOV A,H	regreso a -1-,
95AA	2F		CMA	si hay error,
95AB	67		MOV H,A	en cambio, si-
95AC	11 01 00		LXI D,0001	go a INT15.
95AF	19		DAD D	
95B0	EB		XCHG	
95B1	2A 10 20		LHLD 2010	
95B4	19		DAD D	
95B5	F5		PUSH PSW	
95B6	7D		MOV A,L	
95B7	FE 00		CPI 00	
95B9	C2 C6 95		JNZ INT15	
95BC	7C		MOV A,H	
95BD	FE 00		CPI 00	
95BF	C2 C6 95		JNZ INT15	
95C2	F1		POP PSW	
95C3	C3 EB 94		JMP -1-	
95C6	F1	INT15	POP PSW	#De acuerdo al
95C7	D2 D1 95		JNC INT20	signo de la
95CA	AF		XRA A	diferencia en
95CB	32 1F 20		STA 201F	tre contado-
95CE	C3 E0 95		JMP INT25	res, fijo la
95D1	3E 01	INT20	MVI A,01	bandera de mo-
95D3	32 1F 20		STA 201F	tor 201Fh.
95D6	7D		MOV A,L	#Si el error es
95D7	2F		CMA	negat. obten
95D8	6F		MOV L,A	go el comple-
95D9	7C		MOV A,H	mento a 2.
95DA	2F		CMA	
95DB	67		MOV H,A	
95DC	11 01 00		LXI D,0001	
95DF	19		DAD D	
95E0	EB	INT25	XCHG	#Actualizo la
95E1	2A 16 20		LHLD 2016	sumatoria de
95E4	19		DAD D	error en 2016h
95E5	22 16 20		SHLD 2016	2017h.
95E8	EB		XCHG	
95E9	22 14 20		SHLD 2014	

Subrutina MOV

Hoja 6/11

DIREC.	CODIGO	ETIQUETA	MNEMONICO	COMENTARIOS
95EC	06 09	KP	MVI B,09	#Multiplico el error por Kp y lo guardo en 2019h; 2014h, es realmente dividido para 512, porque el valor de Kp es muy pequeño.
95EE	2A 14 20		LHLD 2014	
95F1	37	DIVID01	STC	
95F2	3F		CMC	
95F3	7C		MOV A,H	
95F4	1F		RAR	
95F5	67		MOV H,A	
95F6	7D		MOV A,L	
95F7	1F		RAR	
95F8	6F		MOV L,A	
95F9	05		DCR B	
95FA	7B		MOV A,B	
95FB	FE 00		CPI 00	
95FD	C2 F1 95		JNZ DIVID01	
9600	7D		MOV A,L	
9601	32 19 20		STA 2019	
9604	06 0C	KI	MVI B,0C	#Multiplico la sumatoria de error por Ki y lo guardo en 2018h; 2016h es realmente dividido para 4096, porque el valor de Ki es muy pequeño.
9606	2A 16 20		LHLD 2016	
9609	37	DIVID02	STC	
960A	3F		CMC	
960B	7C		MOV A,H	
960C	1F		RAR	
960D	67		MOV H,A	
960E	7D		MOV A,L	
960F	1F		RAR	
9610	6F		MOV L,A	
9611	05		DCR B	
9612	7B		MOV A,B	
9613	FE 00		CPI 00	
9615	C2 09 96		JNZ DIVID02	
9618	7D		MOV A,L	
9619	32 18 20		STA 2018	
961C	21 19 20		LXI H,2019	#Mi es la suma de ambos productos en 201Ah.
961F	3A 18 20		LDA 2018	
9622	86		ADD M	#De acuerdo a la bandera de motor decido cual motor dig
9623	32 1A 20		STA 201A	
9626	3A 1F 20		LLA 201F	
9629	1F		RAR	
962A	D2 38 96		JNC Motor1	
962D	23	Motor2	INX H	

Subrutina MOV

Hoja 7/11

DIRCC.	CODIGO	ETIQUETA	MNEMONICO	COMENTARIOS
962E	3A 02 20		LDA 2002	minuyo la <u>va</u>
9631	86		ADD M	locidad, al
9632	32 01 20		STA 2001	Motor1 o al
9635	C3 40 96		JMP MOV20	Motor2.
9638	23	Motor1	INX H	
9639	3A 02 20		LDA 2002	
963C	86		ADD M	
963D	32 00 20		STA 2000	
9640	2A 12 20	MOV 20	LHLD 2012	#Obtengo el
9643	7D		MOV A,L	complemento
9644	2F		CMA	a 2 del contad.
9645	6F		MOV L,A	2
9646	7C		MOV A,H	
9647	2F		CMA	
9648	67		MOV H,A	
9649	11 01 00		LXI D,0001	
964C	19		DAD D	
964D	EB		XCHG	
964E	2A 10 20		LHLD 2010	#Contador1 -
9651	19		DAD D	Contador2.
9652	D2 63 96		JNC MOV30	#Si la dif. es
9655	2A 10 20	MOV25	LHLD 2010	negativa voy a
9658	7D		MOV A,L	MOV30, si no
9659	2F		CMA	obtengo el <u>com</u>
965A	6F		MOV L,A	plemento a 2
965B	7C		MOV A,H	del contador1,
965C	2F		CMA	en los regis-
965D	67		MOV H,A	tros D,E.
965E	11 01 00		LXI D,0001	
9661	19		DAD D	
9662	EB		XCHG	
9663	2A 0C 20	MOV30	LHLD 200C	#Pul.Tot.-Contador
9666	19		DAD D	mayor(2 o 1).
9667	22 0A 20		SHLD 200A	#la dif. va a
966A	EB		XCHG	200Ah.
966B	2A 0E 20		LHLD 200E	#Número de pulsos
966E	7D		MOV A,L	de punto de <u>con</u>
966F	2F		CMA	trol en comple-
9670	6F		MOV L,A	mento a 2 va a
9671	7C		MOV A,H	los registros
-9672	2F		CMA	H,L.

Subrutina MOV

Hoja 8/11

DIREC.	CODIGO	ETIQUETA	MNEMONICO	COMENTARIOS
9673	67		MOV H,A	
9674	01 01 00		LXI B,0001	
9677	09		DAD B	
9678	EB		XCHG	#(Pul.Tot-Cont)
9679	19		DAD D	-Pun.Control.
967A	DA EB 94		JC -1-	Si la dif. es
967D	2A 0A 20		LHLD 200A	positiva me
9680	01 F0 FF		LXI B,FFFO	voy a -1-, si no
9683	09		DAD B	chequeo a ver
9684	D2 BA 96		JNC MOV35	si ya faltan
9687	C3 6C 97		JMP MOV40	menos de 15
968A	3F F0	MOV35	MVI A,F0	pulsos;paro, si
968C	32 00 20		STA 2000	no reduzco la
968F	32 01 20		STA 2001	velocidad.
9692	D3 21		OUT 21	#Veloc. F0h a
9694	32 02 20		STA 2002	las puertas.
9697	D3 22		OUT 22	
9699	3A 1E 20		LLA 201E	#incremento con
969C	3C		INR A	tador de movi
969d	32 1E 20		STA 201E	mientos.
96A0	3A 1B 20		LDA 201B	#Incremento con.
96A3	3C		INR A	de posic. y chg
96A4	32 1B 20		STA 201B	queo si es 3.
96A7	FE 03		CPI 03	
96AA	C2 DB 96		JNZ MOV45	#no: MOV45.
96AC	AF		XRA A	#si: lo encero.
96AD	32 1B 20		STA 201B	
96B0	2A 1C 20		LHLD 201C	#emito el mensa
96B3	CD B7 02		CALL OUTPT	je de la posi
96B6	2A 1C 20		LHLD 201C	ción alcanzada.
96B9	11 04 00		LXI D,0004	#incremento el
96BC	19		DAD D	puntero de men
96BD	22 1C 20		SHLD 201C	sajes.
96C0	D1		POP D	
96C1	C1		POP B	
96C2	3E 0F		MVI A,0F	#B,C apuntas al
96C4	81		ADD C	sgte. grupo de
96C5	4F		MOV C,A	movimientos.
96C6	C5		PUSH B	
96C7	D5		PUSH D	
*96C8	3A 00 28		LDA 2800	#¿Toca pausa?

Subrutina MOV

Hoja 9/11

DIREC.	CODIGO	ETIQUETA	MNEMONICO	COMENTARIOS
96CB	1F		RAR	No:MOV45.
96CC	1F		RAR	
96CD	D2 DB 96		JNC MOV45	si ya toca,
96DO	3A 03 28		LDA 2803	llamo a PAUSA
96D3	47		MOV B,A	
96D4	3A 1F 20		LDA 201F	
96D7	B8		CMP B	
96D8	CC F8 96		CZ PAUSA	
96DB	3A 02 28	MOV45	LDA 2802	#Si ya hice to
96DE	47		MOV B,A	dos los movi-
96DF	3A 1F 20		LDA 201F	mientos, me
96E2	B8		CMP B	voy a FIN.
96E3	CA F5 96		JZ MOV55	
96E6	D1	MOV50	POP D	#Si aun faltan
96E7	C1		POP B	movimientos
96E8	13		INX D	por hacer;
96E9	13		INX D	D,E apunta al
96EA	13		INX D	siguiente mo-
96EB	13		INX D	vimiento.
96EC	13		INX D	
96ED	C5		PUSH B	
96EE	D5		PUSH D	
96EF	CD 8C 97		CALL RETARDO	#Retardo en-
96F2	C3 A2 94		JMP -3-	tre movimientos
96F5	F1	MOV55	POP PSW	y a -3-.
96F6	F1		POP PSW	
96F7	C9		RET	#Retorno a Maest.
96F8	F3	PAUSA	DI	#Deshabilito int.
96F9	3E C3		MVI A,C3	RST6.5 y cambio
96FB	32 CB 20		STA 20CB	su dirección de
96FE	3E 13		MVI A,13	salto.
9700	32 C9 20		STA 20C9	
9703	3E 97		MVI A,97	
9705	32 CA 20		STA 20CA	
9708	3E 78	PAUSA01	MVI A,120d	#Preparo contador
970A	32 20 20		STA 2020	de 1 segundo.
970D	FB	PAUSA02	FI	#Habilito interr.
970E	00	PAUSA05	NOP	#Espero interr.
970F	00		NOP	
9710	C3 0E 97		JMP PAUSA05	
9713	F1	PAUSA10	POP PSW	#Balance pila.

Hoja 10/11

Subrutina MOV

DIREC.-	CODIGO	ETIQUETA	MNEMONICO	COMENTARIOS
9714	11 50 00		LXI H,0050	#Retardo de sincronismo.
9717	CD FL 05		CALL DELAY	
971A	3A 20 20	PAUSALOA	LDA 2020	
971D	3D		DCR A	#Ejecuto 120 veces este salto
971E	32 20 20		STA 2020	
9721	FE 00		CPI 00	
9723	C2 0D 97		JNZ PAUSAO2	
9726	3A 01 28		LDA 2801	#Decremento el contador de segs., si ya es cero: PAUSAL5.
9729	3D		DCR A	
972A	32 01 28		STA 2801	
972D	FE 00		CPI 00	
972F	CA 35 97		JZ PAUSAL5	
9732	C3 0B 97		JMP PAUSAO1	
9735	3A 00 28	PAUSAL5	LDA 2800	#Reinicio Automático?: PAUSA25
9738	1F		RAR	
9739	1F		RAR	
973A	1F		RAR	
973B	DA 58 97		JC PAUSA25	
973E	F3		DI	#Si no habilito RST7.5, con una nueva dirección de salto. (PAUSA20).
973F	3E 1B		MVI A,1B	
9741	30		SIM	
9742	3E C3		MVI A,C3	
9744	32 CE 20		STA 20CE	
9747	3E 57		MVI A,57	
9749	32 CF 20		STA 20CF	
974C	3E 97		MVI A,97	
974E	32 D0 20		STA 20D0	
9751	FB	PAUSAL6	FI	
9752	00	PAUSAL6A	NOP	#Lazo de espera de reinicio manual.
9753	00		NOP	
9754	C3 52 97		JMP PAUSAL6A	
9757	F1	PAUSA20	POP PSW	
975B	F3	PAUSA25	DI	#Carga dirección original de salto de RST6.5.
9759	3E C3		MVI A,C3	
975B	32 CB 20		STA 20CB	
975E	3E 0B		MVI A,0B	
9760	32 C9 20		STA 20C9	
9763	3E 95		MVI A,95	
9765	32 CA 20		STA 20CA	
9768	3E 1D		MVI A,1D	

Subrutina MOV

Hoja 11/11

DIRCC.- CODIGO	ETIQUETA	MNEMONICO	COMENTARIOS
976A	30	SIM	Retorno.
976B	C9	RET	
976C	3A 02 20	MOV40 LDA 2002	#Si la veloc.
976F	FE 40	CPI 40	ref. es minima
9771	CA EB 94	JZ -1-	(40) voy a -1-
9774	C6 01	ADI 01	#Si no aumento
9776	32 02 20	STA 2002	en 1 las 3 ve
9779	3A 00 20	LDA 2000	locidades en
977C	C6 01	ADI 01	2000h,2001h,
977E	32 00 20	STA 2000	2002h.
9781	3A 01 20	LDA 2001	
9784	C6 01	ADI 01	
9786	32 01 20	STA 2001	
9789	C3 EB 94	JMP -1-	#Voy a -1-.
978C	C5	RETARDO PUSH B	
978D	D5	PUSH D	
978E	06 02	MVI B,02	#Contador de
9790	11 FF FF	RETARLOO5 LXI D,FFFFh	lazo = 2.
9793	CD F1 05	CALL DELAY	#Efectúo retar
9796	05	DCR B	do.
9797	AF	XRA A	#Si ya lo ejecu
9798	B8	CMP B	tá 2 veces re-
9799	C2 90 97	JNZ RETARDOO5	terno.
979C	D1	POP D	
979D	C1	POP B	
979E	C9	RET	

3.3.5. Programa Maestro

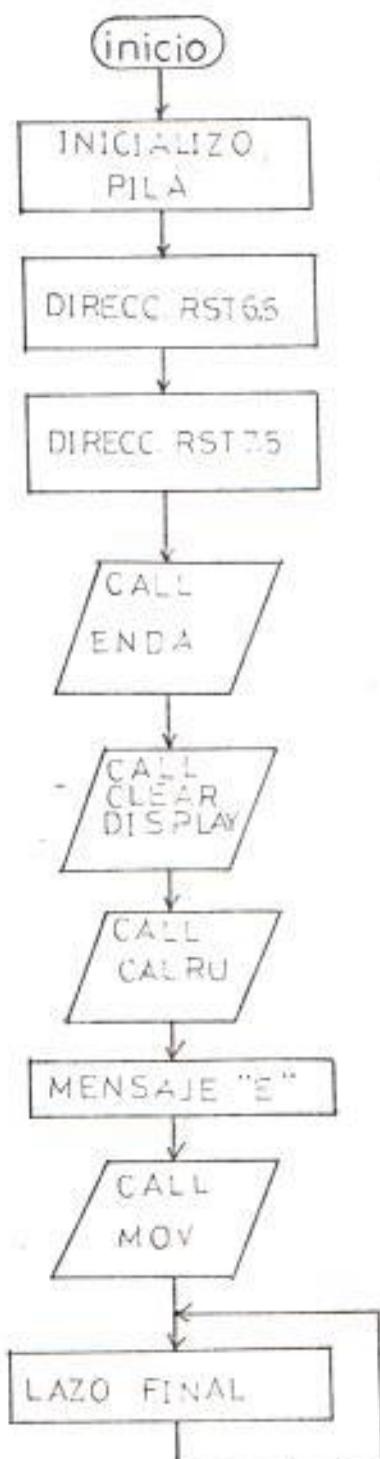
Este es el programa principal, tiene como función cargar las direcciones de salto de las interrupciones RTT6.5 y RST7.5, utilizadas para el muestreo y para el arranque manual, respectivamente, inicializa la pila en 20C2 y llama a las subrutinas ENDA, CALRU y MOV, en este orden, adicionalmente hace uso de las subrutinas CLDIS y OUTPT, del sistema SDK-85, para manejar el display.

Su dirección es 97C0 y ocupa 57 bytes.

En la figura N° 24, se muestra la secuencia de llamado de las diversas subrutinas.

En la figura N° 25, se muestra el mapa general de memoria.

MAESTRO



Programa MAESTRO

Hoja 1/1

DIRPC.-COLIGO	ETIQUETA	MNEMONICO	COMENTARIOS
97C0	31 C2 20	MAESTRO05	LXI SP,20C2 #Inicializo
97C3	38 C3		MVI A,C3 Pila.
97C5	32 C8 20		STA 20C8 #Cargo direcc.
97C8	38 08		MVI A,08 de salto de
97CA	32 C9 20		STA 20C9 muestreo.
97CD	38 95		MVI A,95
97CF	32 CA 20		STA 20CA
97D2	38 C3		MVI A,C3 #Cargo direcc.
97D4	32 C8 20		STA 20C8 de inicio
97D7	38 8C		MVI A,8C manual.
97D9	32 CF 20		STA 20CF
97DC	38 94		MVI A,94
97DE	32 D0 20		STA 20D0
97E1	CD 00 90		CALL FNDA #Ingreso Datos.
97E4	CD D7 01		CALL CLDIS #Limpiar pantalla
97E7	CD 59 91		CALL CALRU #Calculo Rata.
97EA	AF		XRA A
97EB	21 A2 03		LXI H,03A2 #Mensaje "E".
97EE	CD B7 02		CALL OUTPT
97F1	CD 57 94		CALL MOV #Movimiento.
97F4	00	LPIN	NOP #Lazo Final.
97F5	00		NOP
97F6	C3 F4 97		JMP LPIN

NIV. PI- LA	LLAMAN SON LLAMAD.	LLAMAN																				
		CALRU	ATAN	RAIZ	ENDA	RES	POT	DIVID	MOV	INCHE	RESTA.	SUM	MULT	SUMITA	GTHX	RETAR.	BCD3IN	PF3IN	3INPF	PAUSA	RST6.5	
5	CALRU																					
4	ATAN	•																				
	RAIZ	•																				
	ENDA																					
3	RES	•																				
	POT	•																				
	DIVID	•	•	•																		
	MOV																					
	INCHE				•																	
	RESTAURAR	•																				
2	SUM	•		•		•					•											
	MULT		•				•															
	SUMITA							•														
	GTHX				•					•												
	RETARDO								•													
	BCD3IN									•												
	PF3IN	•																				
	3INPF									•												
	PAUSA								•													
	RST6.5								•													
1	READY										•											
	NORMA	•	•	•							•	•						•	•			
	COMDOS	•				•		•					•	•								
	BCD3INSU																•					
	3IN3CD																					
	RDK3D															•						
	INSDG															•						
	HXDSP										•					•						
	OUTPT				•					•						•						
	DELAY																•					
	REALIM1									•												
	REALIM2									•												
	LEERD	•																				
	GUARDARD	•																				

NOTA: Pausa y RST6.5 ocupan pila por las interrupciones.

FIG. 24. Relación de Llamadas de Subrutinas.

NORMA	8800	9000	ENDA
READY	884F	9159	CALRU
SUM	883C	9457	MOV
COMDOS	8921	97C0	MAESTRO
RES	8931		
MULT	893C		
POT	89D3		
DIVID	89F4		
3CD3IN	8A39		
3INPF	8305		
PF3IN	8318		
3IN3CD	8341		
RA1Z	8398		
ATAN	8C44		

Nota: Solo se muestran las direcciones de los programas principales.

FIG. 25. Mapa de Memoria.

CAPITULO IV

CONSTRUCCION Y PRUEBAS

4.1. PLANIFICACION

Desde el primer momento del desarrollo de este proyecto, se dividió el proceso en las siguientes áreas:

- Motores y engranaje reductor
- Los circuitos
- La plataforma
- Los programas

En los capítulos anteriores se ha descrito con todo detalle de dos de estos aspectos: los circuitos y los programas, sin que se hayan tocado aún el diseño de la plataforma ni la selección de los motores ni el engranaje reductor, puesto que en estos dos aspectos más que diseño, existió es la búsqueda de los elementos adecuados, la que se describirá en la sección 4.2.

En cuanto al orden en que se atacaron estas etapas es el expuesto; una vez obtenidos los motores, se procedió al diseño de los circuitos, sujetándose al diagrama de bloques que resumía la idea central y el propósito del proyecto, el cual fue descrito en el Capítulo I.

Una vez diseñados, procedí a su montaje en tarjetas, utilizando el método de wire-wrapping para poder, en caso necesario, introducir modificaciones rápidamente.

Con las tarjetas armadas, se procedió a montar el conjunto en la plataforma.

Paralelamente a este proceso se procedía con el diseño y escritura de las subrutinas de apoyo de cálculo y conversión del programa monitor (ver sección 3.2).

Una vez completas estas subrutinas, se procedió a escribir las subrutinas ENDA, CALRU y MOV.

4.2. REALIZACION

4.2.1. Los motores y el engranaje reductor

Varios fueron los factores a considerar al momento

de escoger los motores:

- Complejidad de la fuente de alimentación;
- Peso de los motores;
- Disponibilidad y precio;
- Peso de la plataforma;
- Complejidad del sistema de control; y,
- Existencia de un engranaje reductor.

Luego de sopesar estos factores se decidió buscar un par de motores de 12 voltios DC, lo cual permitía alimentar a cada uno con un transformador reductor de 110 V a 12 V y un puente rectificador con triacs, todos estos elementos son de fácil adquisición en el mercado local.

Al ser de baja potencia, los hace más livianos y más baratos; el problema del engranaje reductor incorporado se resolvió al escogerse un par de motores de limpiaparabrisas, modificando el eje final al suprimir el mecanismo de vaivén.

4.2.2. Las ruedas

En este momento, se debieron también escoger las rue

das, las cuales debían ser macizas, no inflables, livianas y de un diámetro tal, que una vez montadas sobre el eje final del mecanismo reductor, y el motor instalado sobre el vehículo, éste fuera lo suficientemente alto para no rozar el suelo, además como coaxialmente a la rueda debe ir el disco de realimentación, este no podía ser muy chico, ya que la dificultad de construirlo sería mayor; se escogieron finalmente dos ruedas de 13 centímetros de diámetro, de las usadas para equilibrar un triciclo, hechas de plástico, puesto que el eje de éstas es más ancho que el eje original, se debió construir un nuevo eje con un ensanche tal que acomode la rueda, como se verá en la sección 4.2.4.

4.2.3. Los discos de realimentación

Originalmente se utilizaron dos graduadores de 360° , en los que los grados se habían pintado alternativamente de negro, resultando muy difícil pintar con precisión un grado sí y el otro no, debido a la presencia de las marcas en alto relieve de los grados, lo cual determinaba que los bordes descendentes y ascendentes de las mismas no quedasen bien pintadas; esto producía pulsos espúreos, que daban lecturas erróneas, por lo que se abandonó la idea, aun

que estos ya habían sido montados en el eje final.

Se los substituyó por dos discos de igual tamaño hechos en fórmica y a los que se les practicaron 128 orificios a su alrededor, inicialmente, se quiso perforar los agujeros distanciados un grado entre sí, pero este no fue posible en la práctica; puesto que el tamaño de los discos estaba ya limitado por el de las ruedas y practicar 180 agujeros demandaba una broca demasiado fina que no me fue posible conseguir.

Después de algunos discos que resultaron con defectos se lograron dos que pudieron considerarse satisfactorios, aunque no en un 100 %, esto se debió a que estas perforaciones debieron ser hechas con un taladro muy pequeño y por mi mismo, puesto que no pude localizar un taller o fábrica que trabaje en acrílico u otro material con la suficiente precisión, a parte de que el costo por disco, aunque resultara con fallas resultaba elevado.

Los discos finales miden 10.5 centímetros de diámetro y los agujeros fueron hechos, pegando sobre el disco un patrón de papel con los agujeros marcados; para lograr un trazado preciso de los mismos, se dibujó primero -

un patrón mayor y se lo redujo por fotocopiado a la cuarta parte.

En la figura N^o 26, se muestra el patrón usado para marcar los agujeros.

4.2.4. El eje final

El eje original del mecanismo reductor era, en toda su longitud de 5 mm., de diámetro y el agujero central de la rueda es de 9 mm., de diámetro, por lo que fue substituído por el eje que se muestra en la figura N^o 27.

Como se ve, consta de una sola pieza trabajada en torno, el lado más fino es del mismo diámetro del eje original y es la parte llamada a substituírlo; a 24 mm., del extremo más fino debe ser montado el engranaje final del mecanismo reductor que es original y es el que lo hace girar; la parte más ancha es en la que se introduce la rueda, la cual se asegura con una tuerca enroscada en el perno labrado en el eje.

Entre la parte más fina y la más gruesa se aprecia una especie de tambor, el cual cumple la triple función de: por un lado servir de tope a la rueda, por el

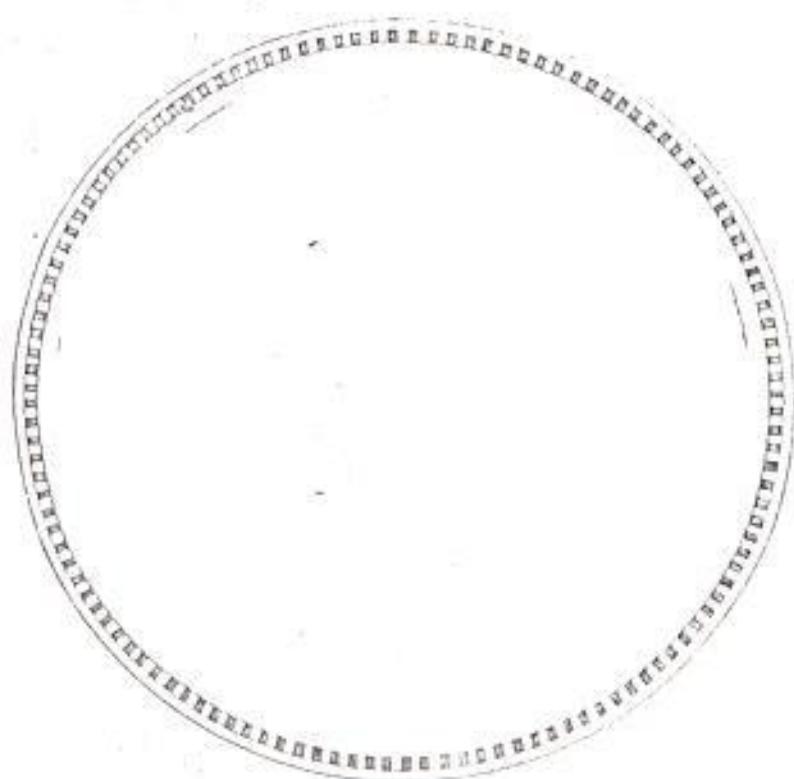
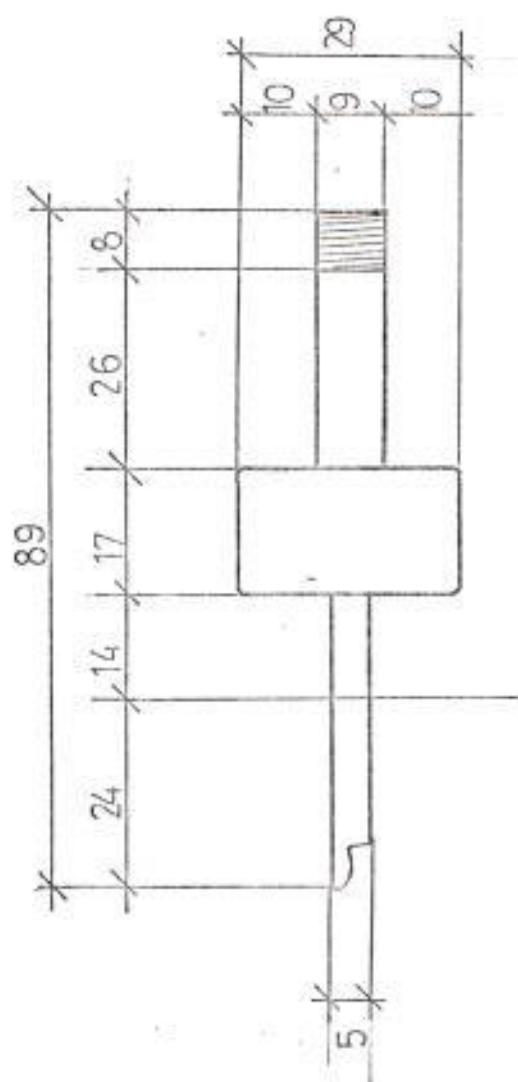


FIG. 26. Patrón del Disco de Rea-
limentación.



ESCALA: 1:1

Eje Final Hoja 1/1

TESIS: Diseño y Construcción
de Plataformas Móvil

FIG. 27 J. Emén

otro sirve de fijación al disco modificado y finalmente provee rigidez al conjunto, puesto que es la parte que sirve de transición de un eje fino a uno más grueso.

Esta pieza es de construcción nacional y fue elaborada en los talleres del SECAP de Durán.

4.2.5. Los circuitos

Remitiéndonos a la figura N° 1, en el Capítulo I, el Diagrama de bloques del sistema se decidió montar los circuitos de Amplificación de Potencia y Control de Giro, los circuitos de Realimentación de Giro y el de Sincronismo en una sola tarjeta cuya disposición es la que se muestra en la figura N° 28.

Como el SDK-85 provee una sección lista para expansiones, se decidió ubicar aquí la aplicación de memoria y el Generador de Pulsos de Disparo, por su directa conexión a las puertas de E/S del SDK-85.

La disposición de circuitos en el SDK-85 es la que se muestra en la figura N° 29.

El sensor de Realimentación de cada rueda, junto con los conformadores de señal, fueron montados en sendas -

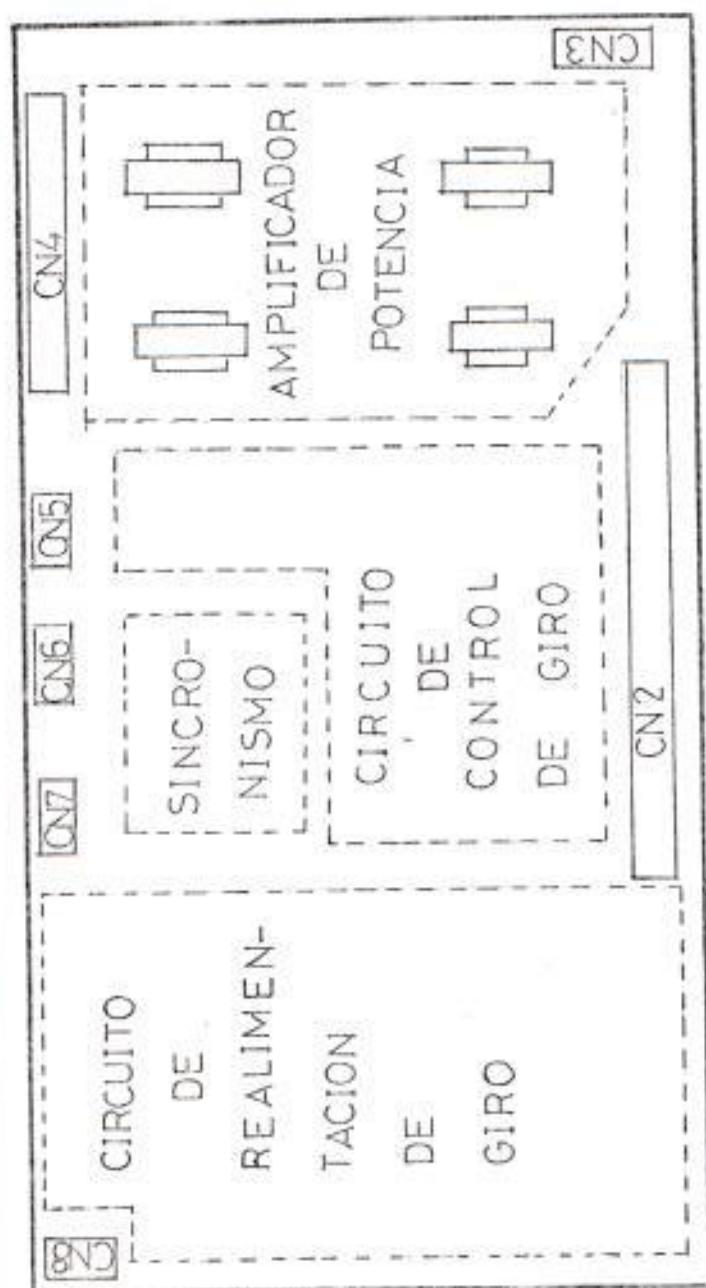


FIG. 28. Disposición de Circuitos en la Tarjeta Principal.

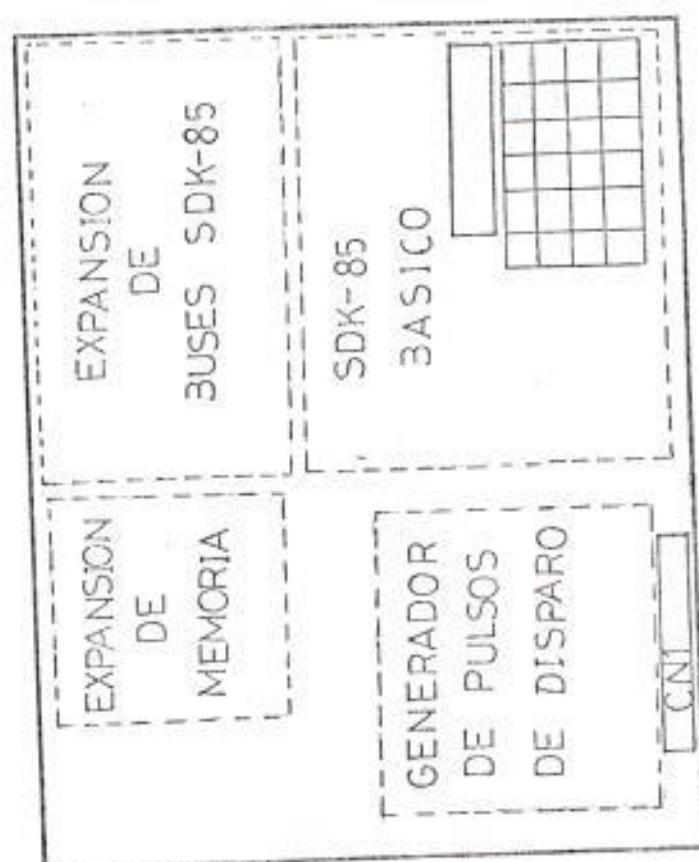


FIG. 29. Disposición de Circuitos

en el SDK-85.

tarjetitas de circuito impreso, junto a su respectivo disco, y alineados de tal manera de detectar el giro de los mismos.

El circuito de Potencia propiamente dicho, esto es los 4 triacs, junto con los dos relés supresores de fcm, se debieron ubicar en una tarjeta de circuito impreso diseñada - al efecto, puesto que el método cableado era complicado y no aseguraba un contacto adecuado.

El diseño del circuito impreso se muestra en la figura N° 30.

La fuente de poder la constituyen una fuente de poder de 5V, 12V y -5V, y 3 transformadores de 110/12V, 1.5A también de fácil adquisición montados sobre una tabla.

En la foto de la figura N° 31, se aprecia el montaje de la fuente desde dos ángulos distintos, la regla a la izquierda da una idea de su tamaño, mide 50 centímetros.

4.2.6. La plataforma

La plataforma debía reunir las siguientes característi

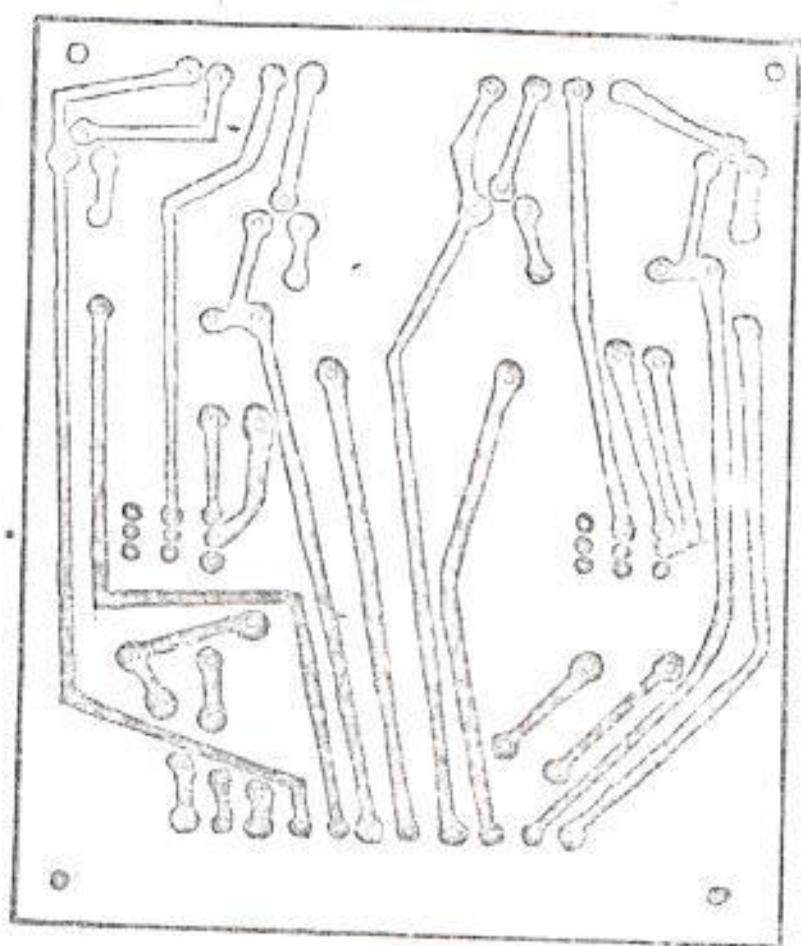


FIG 30. Patrón de la Tarjeta de
Circuito Impreso de los
Triacs.

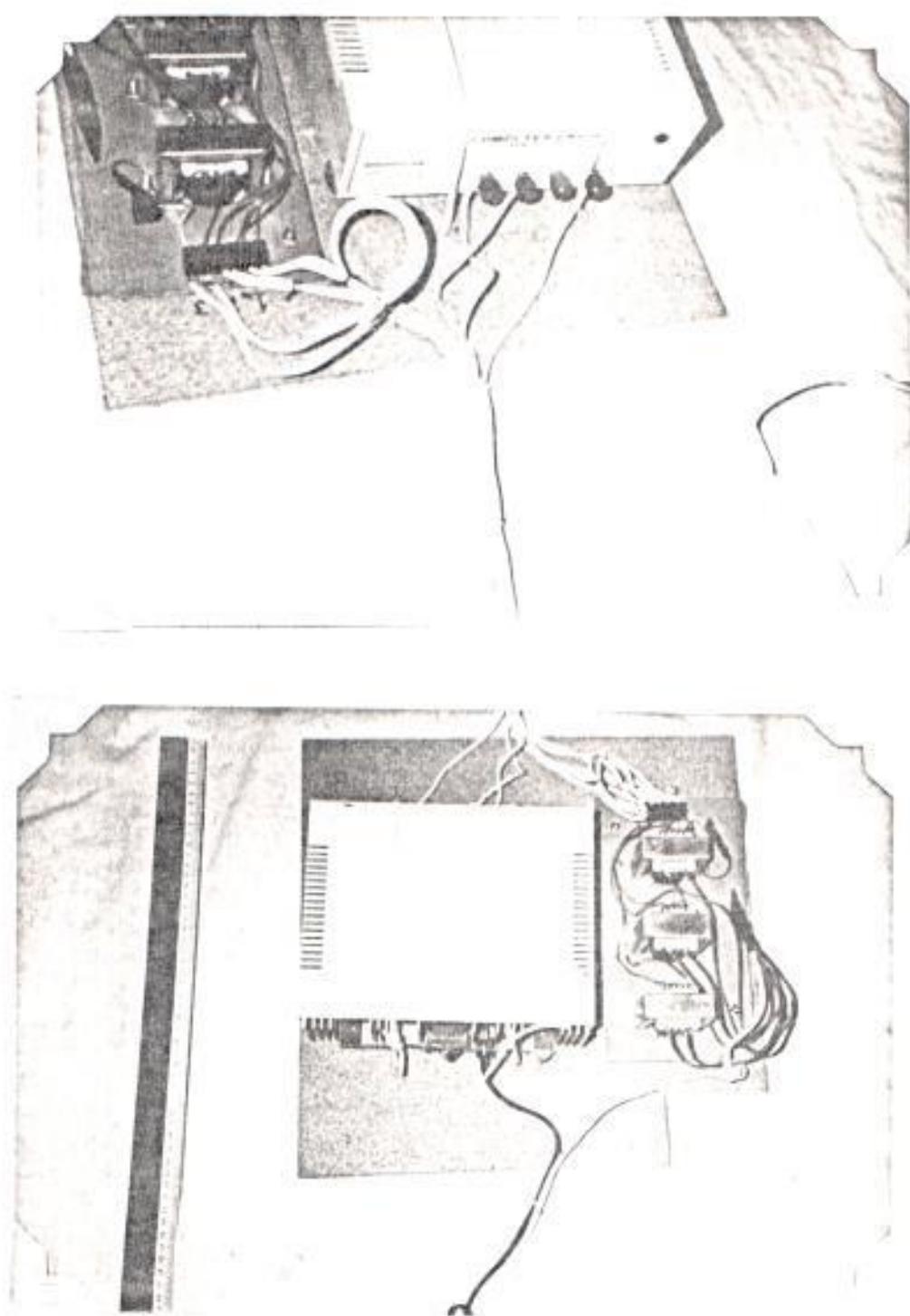


FIG. 31. Montaje de la Fuente.

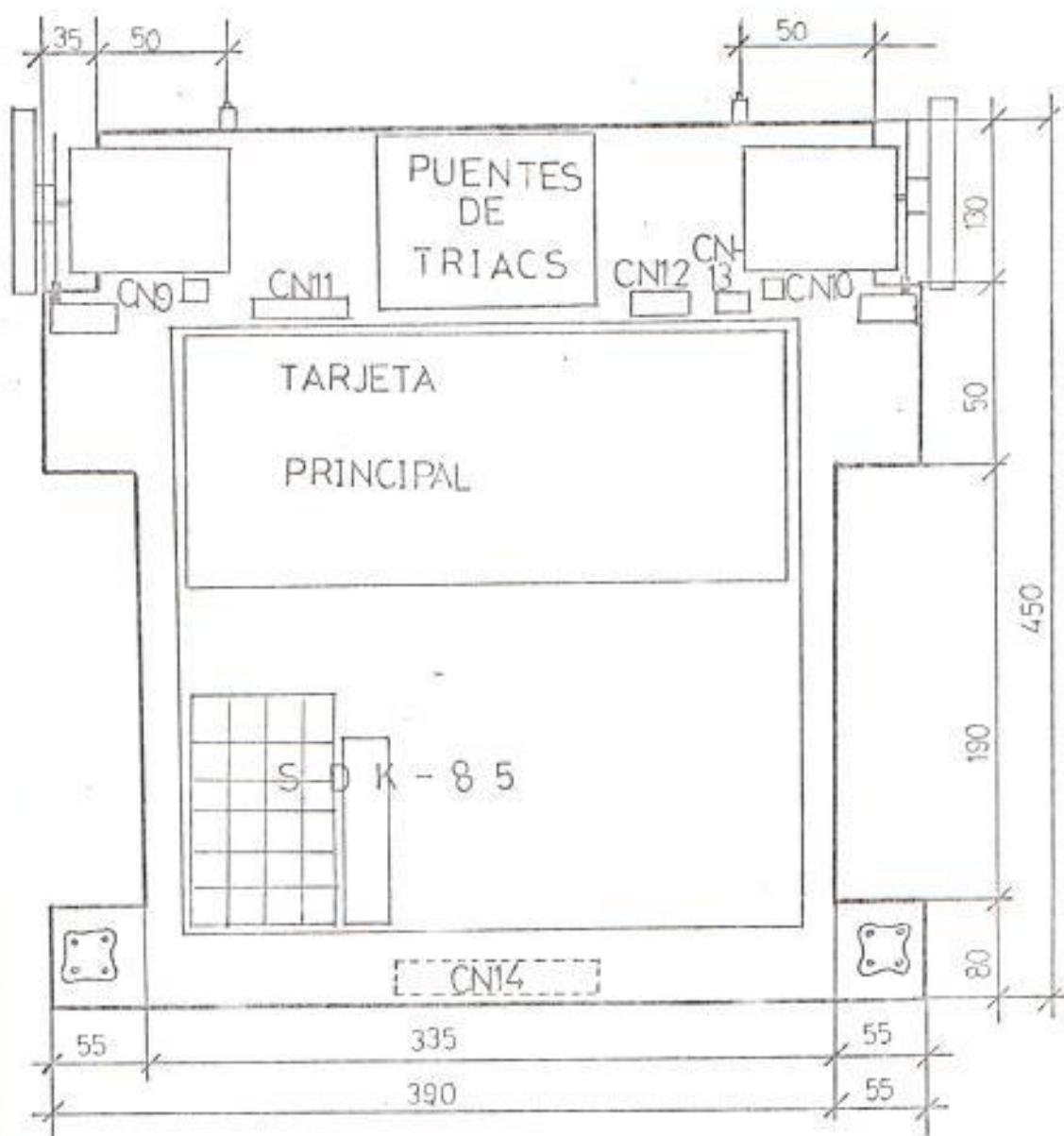


FIG. 32. Plataforma y Disposición de Tarjetas. (medidas en mm.)

cas:

- ser liviana; y,
- poder fijar las tarjetas de circuitos con facilidad sobre ella.

Se escogió como material, el cartón prensado por liviano y fácilmente trabajable, se descartaron la tabla Rey, por pesada y el Plywood porque las perforaciones no son precisas, y tiende a ser quebradizo.

Las dimensiones y disposición de las diversas tarjetas son las que se muestran en la figura N° 32.

En la figura N° 33.a., se muestra una vista general - del vehículo terminado sobre el suelo, en primer plano se aprecia la carrucha derecha y, a la derecha, la rueda y el sensor de realimentación, se aprecian además la tarjeta principal montada sobre la tarjeta del SDK-85, al fondo se aprecia la fuente de poder conectada a la plataforma mediante un conjunto de 9 cables. En la figura N° 33.b., una vista desde otro ángulo, se aprecian en primer plano el conjunto motor del lado derecho, y entre ambos motores la tarjeta de circuito impreso, con los triacs adelante, y detrás de éstos los dos relevadores, sobre la tarjeta

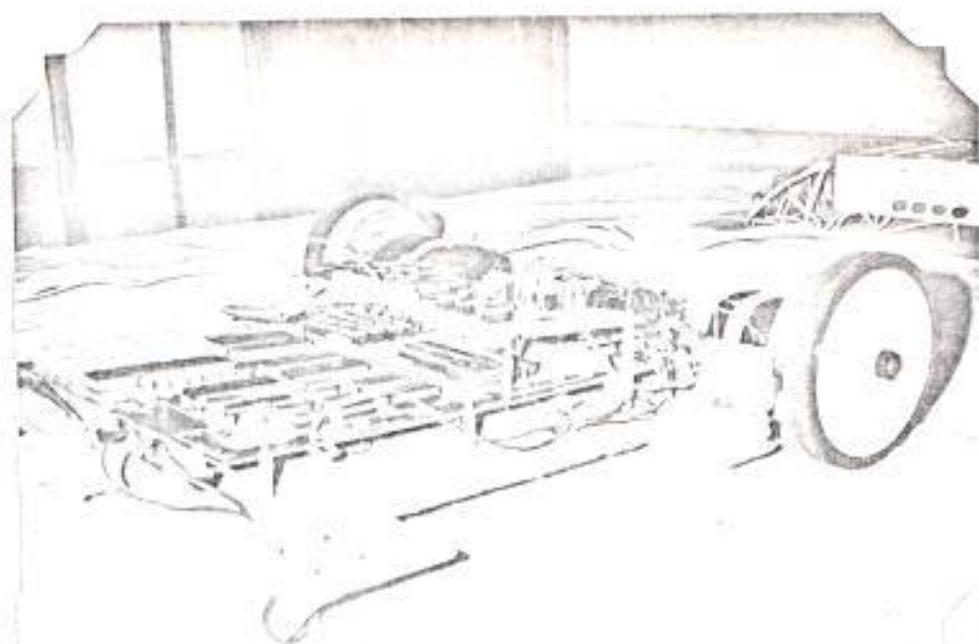


FIG. 33a.

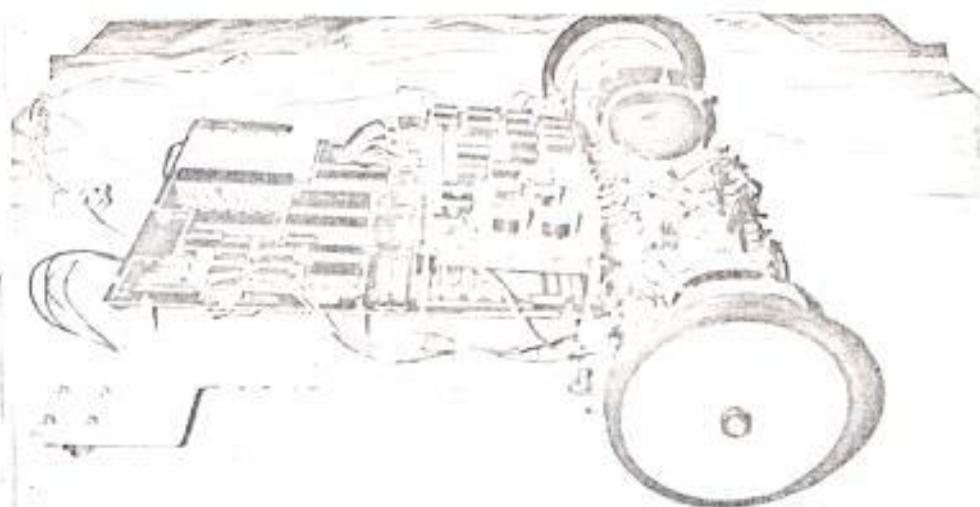


FIG. 33b.

FIG. 33. Vistas Generales de la Plataforma Terminada.

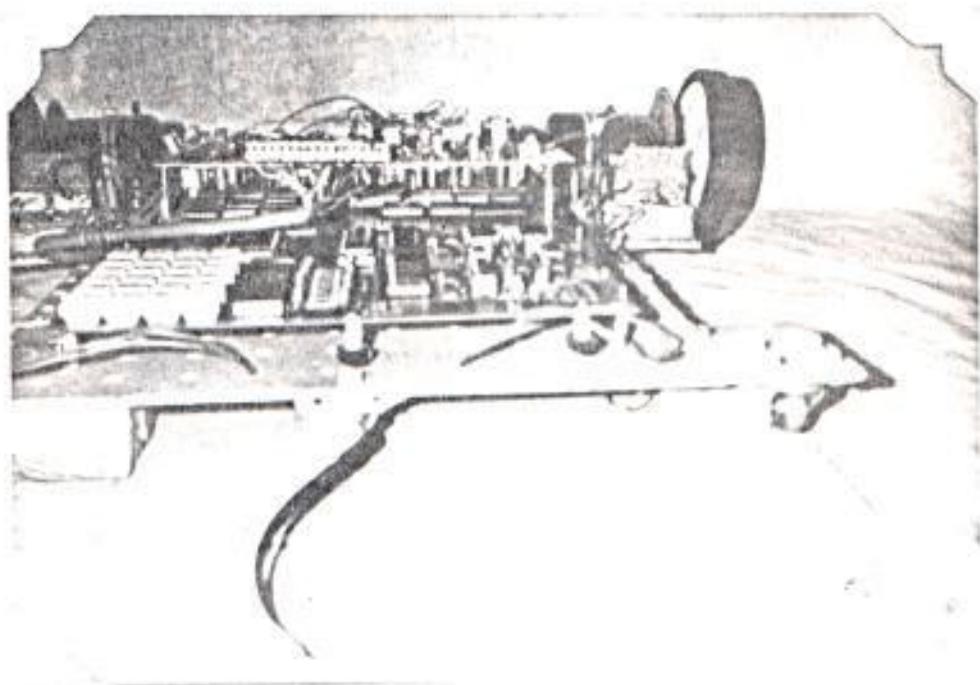


FIG. 33c.

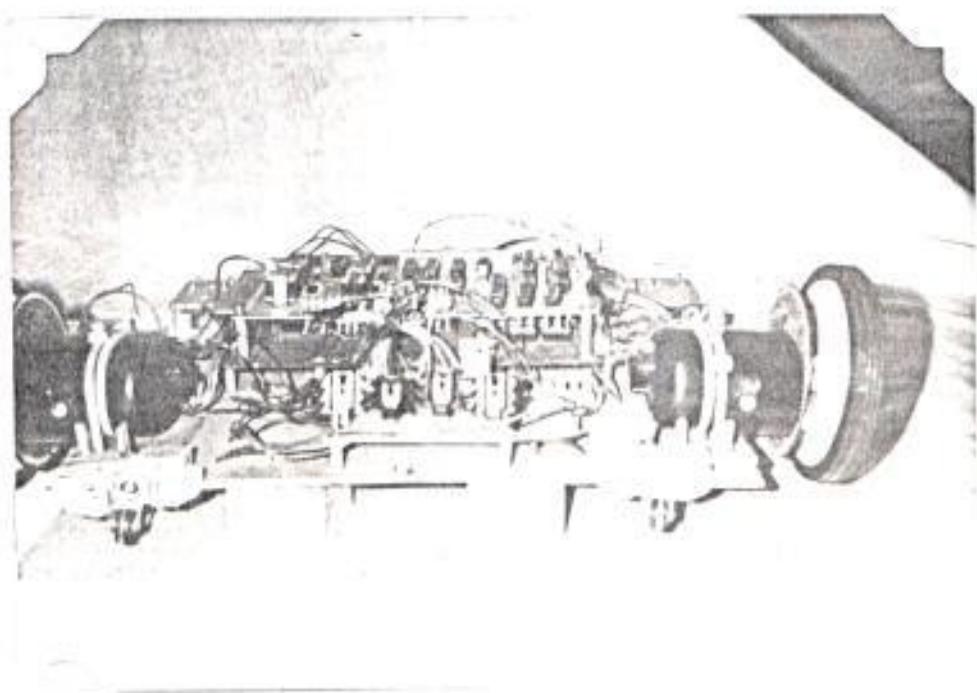


FIG. 33d.

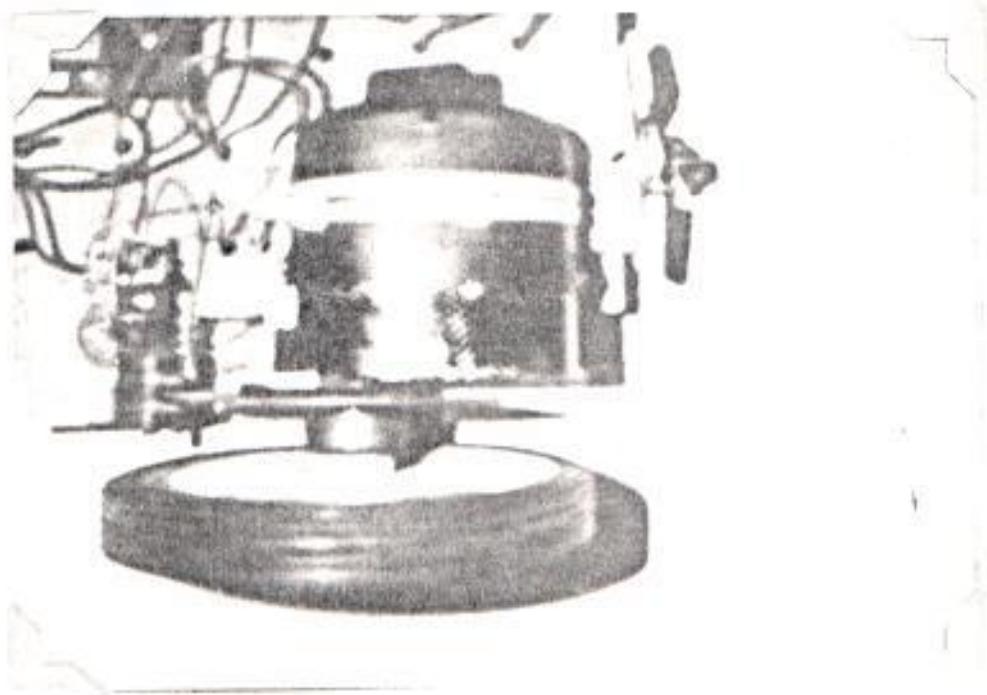


FIG. 33e.



FIG. 33f.

principal se observan los transformadores de pulsos - que disparan los triacs.

En la figura N^o 33.c., y 33.d., se aprecia al prototipo montado sobre una base para pruebas estáticas del conjunto y adecuada para su transporte sin peligro de sufrir golpes o caídas. La figura N^o 33.c., es una vista trasera del prototipo, en que se aprecia en primer plano la entrada de los cables, provenientes de la fuente de poder, y a la izquierda el teclado del SDK-85.

En la figura N^o 33.d., en primer plano, una vista frontal del prototipo, con los 4 triacs al centro, y a ambos lados las carruchas adicionales para compensar el combamiento de la plataforma.

En la figura N^o 33.e., se observa un acercamiento del conjunto motriz y la disposición sensor - disco de realimentación en la figura 33.f., tenemos un acercamiento del teclado del SDK-85, el cable que une CN1 y CN2. Detrás de CN1, se observa parte del circuito generador de pulsos de disparo, y sobre éste, la tarjeta principal y una vista completa de la tarjeta principal, al fondo los transformadores de pulso.

4.3. PRUEBAS

Podemos definir dos tipos de pruebas:

- Estáticas
- Dinámicas

Como pruebas estáticas podemos considerar aquellas que se llevan a cabo simulando señales de entrada y evaluando la respuesta obtenida.

Como pruebas dinámicas podemos considerar aquellas que se llevan a cabo con señales de entrada reales.

Desde el punto de vista de las pruebas podemos considerar como subsistemas, a ser probados separadamente primero, y en conjunto después:

- El generador de pulsos de disparo,
- El circuito de sincronismo,
- El circuito de control de giro,
- El circuito de realimentación.

Puesto que los circuitos amplificadores de potencia, únicamente aíslan y amplifican las señales de disparo hacia las puertas de los triacs, sin ejecutar ninguna operación so

bre ellas, no se los considera subsistemas.

Adicionalmente, consideraremos como subsistemas:

- cada una de las subrutinas de cálculo aritmético y conversión.
- Cada una de las subrutinas ENDA, CALRU y MOV.

Como herramientas necesarias para estas pruebas se mencionan: un osciloscopio de dos canales y una punta de prueba lógica.

4.3.1. Pruebas de los subsistemas

4.3.1.1. EL CIRCUITO DE SIMCRONISMO:

Este fue el primero de los subsistemas en ser desarrollado puesto que es el corazón del sistema, ya que marca la sincronización de los procesos.

Su prueba constituyó en gran parte su diseño, puesto que los componentes debieron ser variados, a fin de lograr un ancho de pulso correcto para SINC. (máx 1 m.sec).

4.3.1.2. EL GENERADOR DE PULSOS DE DISPARO:

Como se vió en la sección. 2.3.1., el temporizador programable del SDK-85, es la señal de reloj del circuito, la cuenta que se le debe programar a este es 0064h, y el modo debe ser el de onda continua, para que el generador de pulsos alcance el valor de FFh, prácticamente a los 180°, con lo cual se asegura el intervalo de 0° a 180°C, en los 8,3 msecs. que dura una semionda del voltaje de entrada.

Sin embargo, el rango efectivo de control del voltaje es aproximadamente entre 20h y 90h, puesto que antes de 20h existe un cierto traslape con la señal de SINC, que bloquea la señal de disparo en el circuito de control de giro (ver sección 2.2.2.) y para un valor mayor a 90h la velocidad es tan pequeña que no es significativo. Ver figura N° 34.

Variar la frecuencia del temporizador programable no tiene efecto alguno puesto que si bien la cuenta se aumenta, los límites permanecen inamovibles, esto se determinó en las pruebas dinámicas, esto es ya controlando los motores, aunque no conectado el circuito a las puertas de E/S del

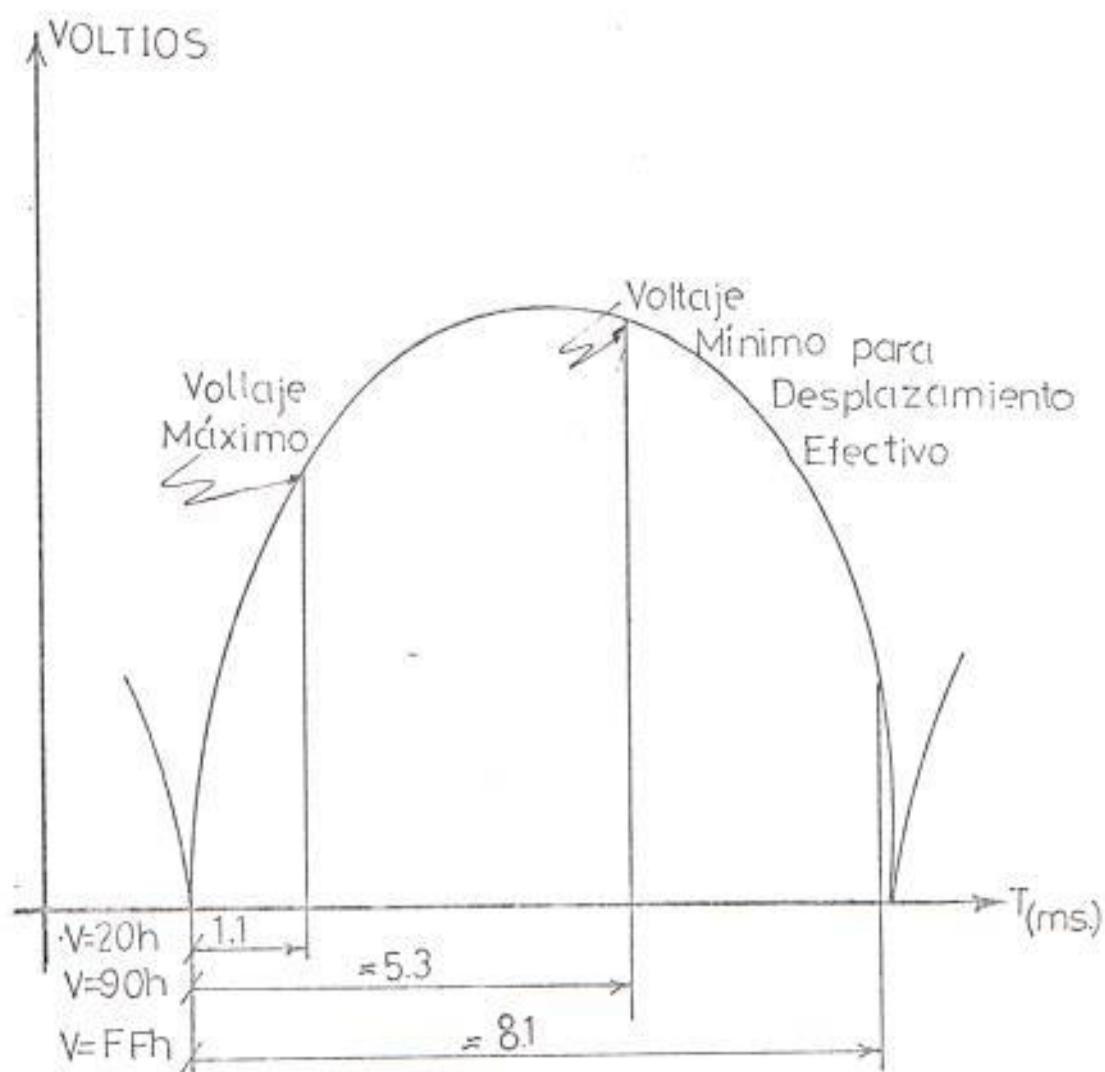


FIG. 34. Rango Efectivo del Control de Velocidad.

SDK-85, pero ya utilizando el contador programable.

En las pruebas estáticas, el temporizador fue sustituido por un 555, a fin de determinar la frecuencia correcta, y la carga se la simuló con una resistencia de 10 ohmios, 5 vatios, a fin de graduar el ángulo de disparo entre 0° y 180°, una vez que se conectaron los motores, es que se determinó el rango en que la velocidad era controlable.

En las figuras N° 35 y N° 36, se aprecian las configuraciones de las pruebas estáticas y dinámicas, el diagrama de tiempos es el de la figura N° 10 del Capítulo I.

4.3.1.3. EL CIRCUITO DE CONTROL DE GIRO:

Las pruebas estáticas y dinámicas de este circuito son extremadamente sencillas, puesto que en la prueba estática, basta chequear la salida del pin 5 del circuito 74LS151, de cada motor, que es la señal de habilitación de disparo.

En las figuras N° 37 y N° 38, se aprecian las configuraciones de estas pruebas.

En las pruebas dinámicas se reemplazan las -

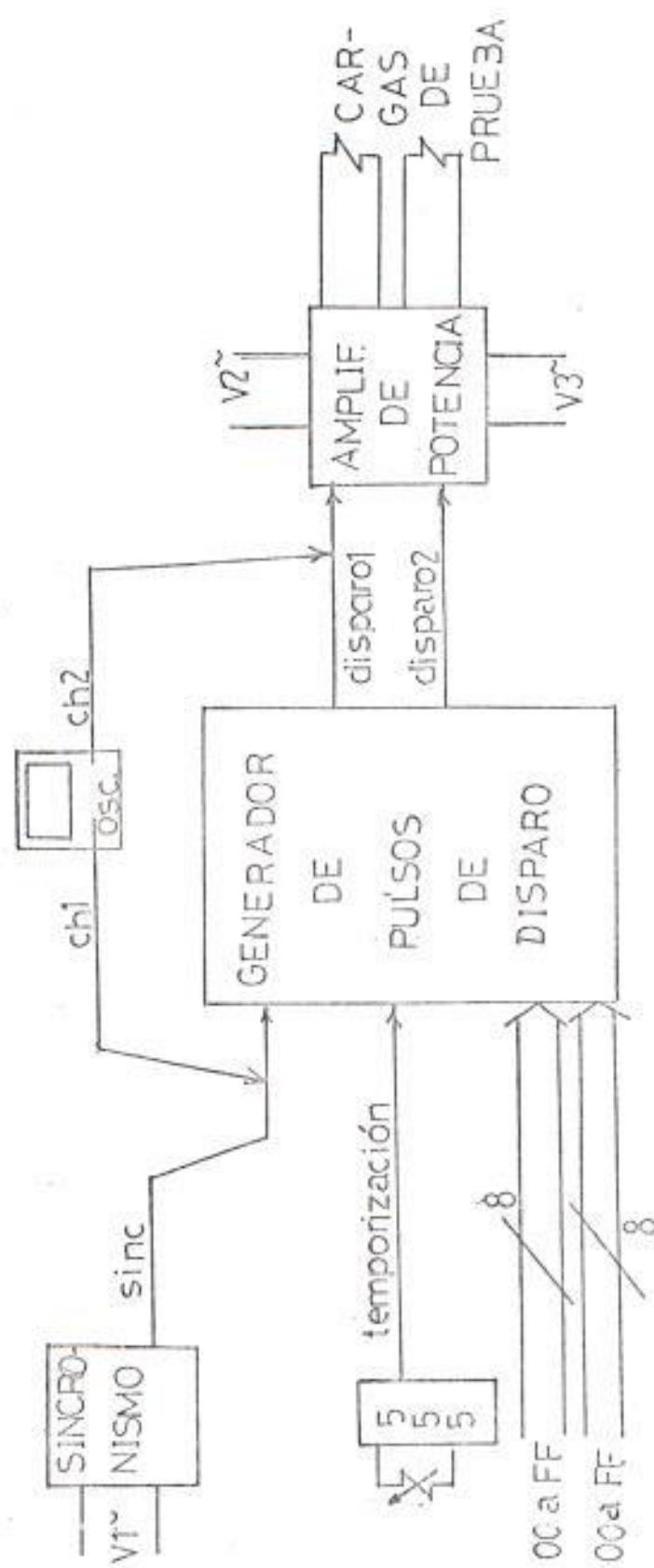


FIG. 35 Pruebas Estáticas del Generador de Pulsos de Disparo.

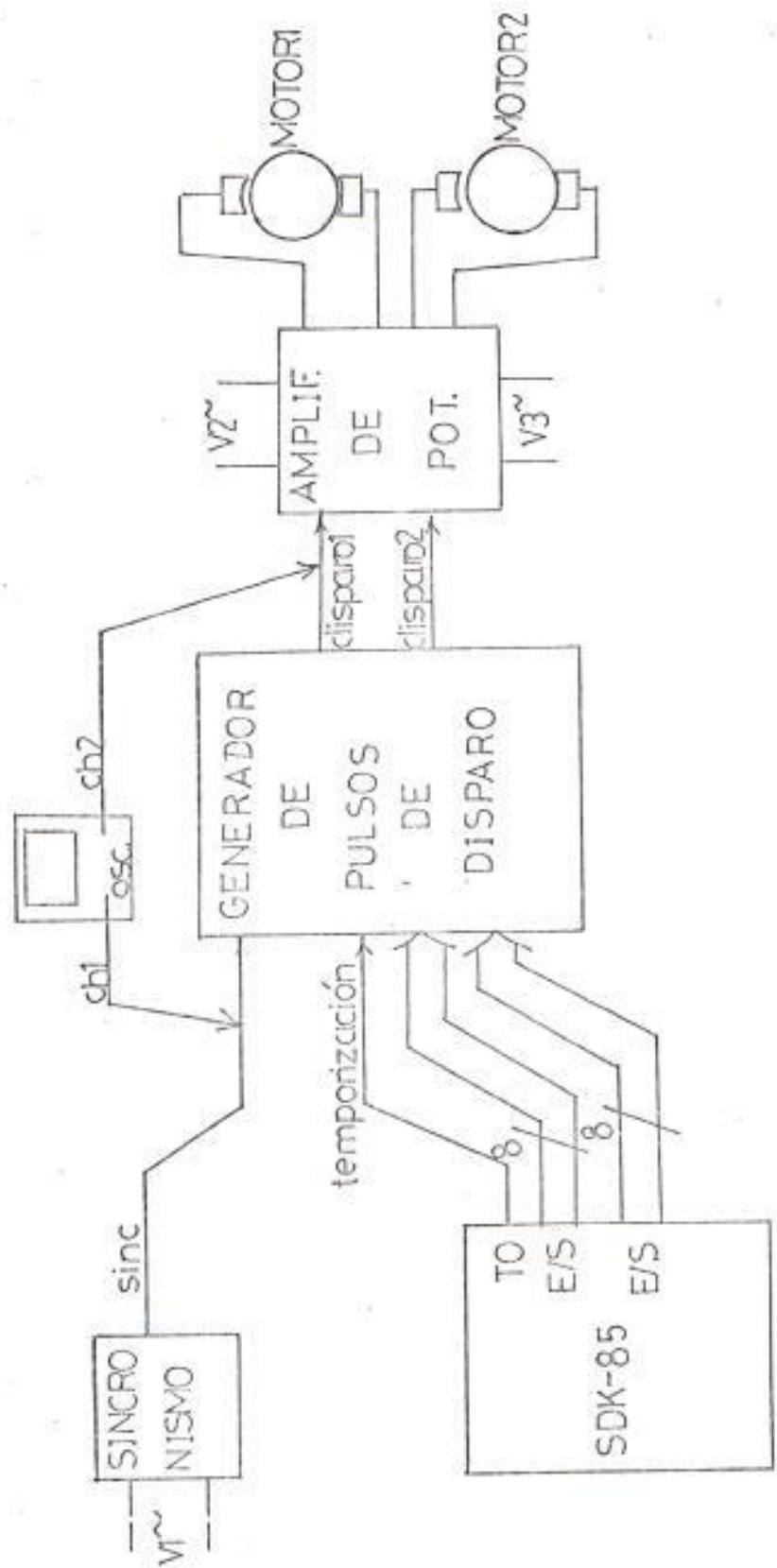


FIG. 36. Pruebas Dinámicas del Generador de Pulsos de Disparo

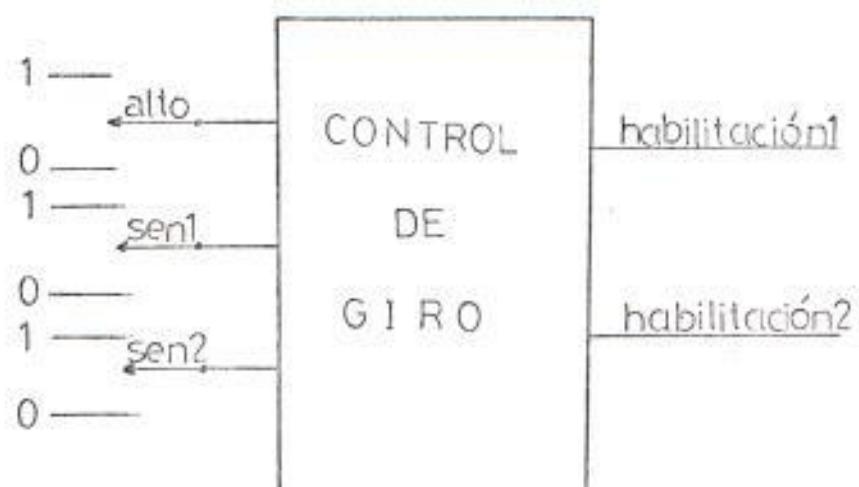


FIG. 37. Pruebas Estáticas del

Control de Giro.

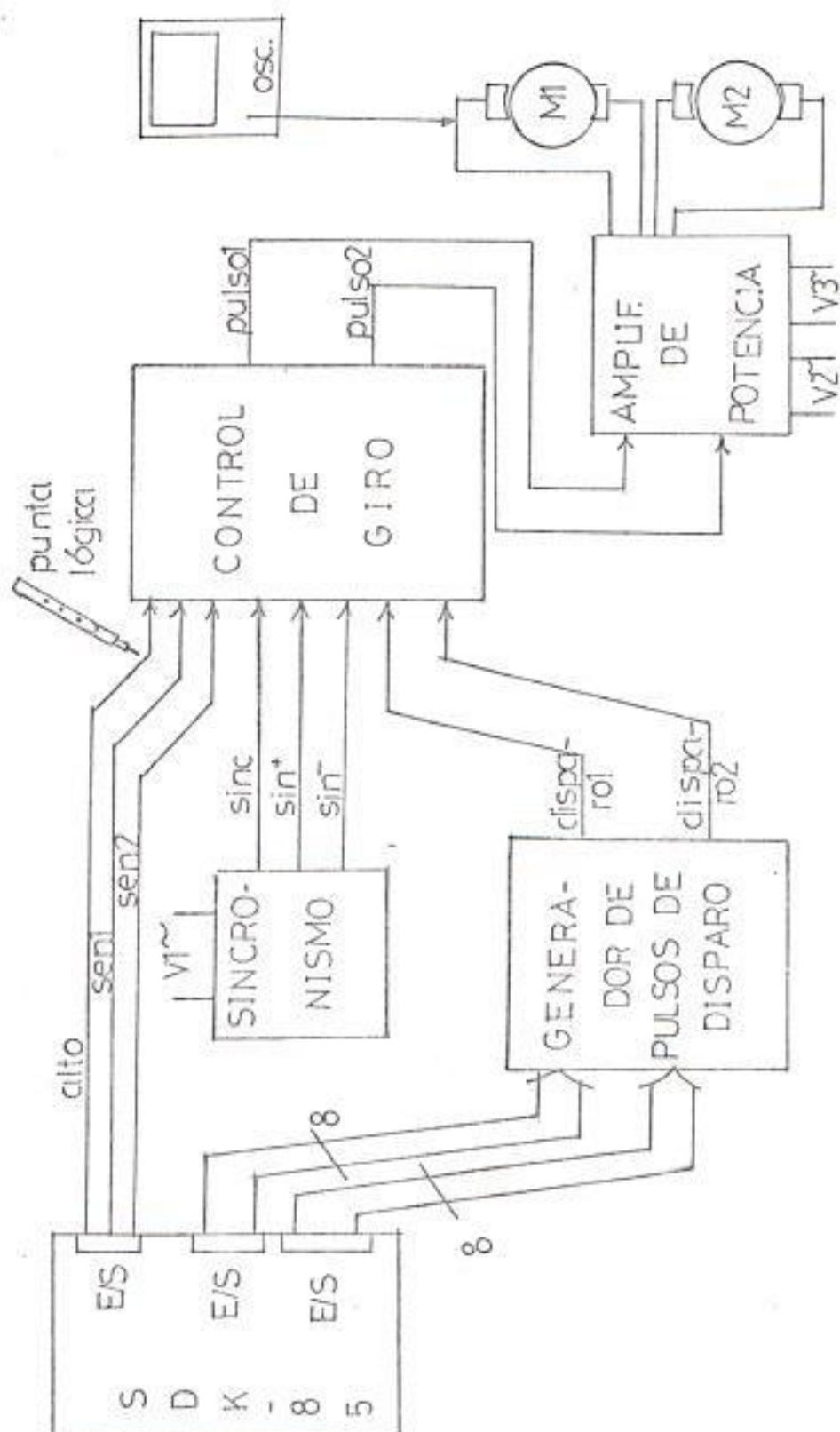


FIG. 38. Pruebas Dinámicas del Control de Giro.

entradas ALTO, SEN1 y SEN2 y en lugar de interruptores manuales se usa una puerta de E/S del SDK-85, se incluyó además el bloque de generación de pulsos de disparo, a la vez que se toman como salidas las reales de pulsos, hacia el amplificador de potencia y los motores.

4.3.1.4. EL CIRCUITO DE REALIMENTACION:

Puesto que los detectores utilizados responden a la luz infrarroja y no a la visible, prácticamente no existen problemas de ruido de otras fuentes de luz, el principal obstáculo para su buen funcionamiento, y para un buen desempeño del prototipo lo constituyen la calidad de los discos de realimentación y su alineación correcta con los detectores.

Las pruebas estáticas consistieron en subsistir el detector y sus circuitos conformadores por un 555 que genera una onda cuadrada y variar la frecuencia del mismo, a fin de verificar mediante el osciloscopio una adecuada respuesta de los contadores y la

correcta generación de la señal de encerramiento fue lograda mediante otro 555 a una frecuencia mucho menor que disparaba un mono estable, como se aprecia en la figura N° 39.

Las pruebas dinámicas consisten en conectar las salidas a las puertas del SDK-85; con la configuración utilizada en las pruebas dinámicas - del circuito anterior, hacer funcionar los motores y leer los valores. Como prueba, se escribió un programa que se estudiará con mayor detenimiento en una sección posterior cuando se hable de las pruebas de conjunto (sección 4.5.2.) estos valores de realimentación, se los almacenó en memoria para su comprobación posterior.

Estas pruebas nos llevaron a verificar información tan importante como es el asegurarse de que los contadores no iban a ser rebosados a la máxima velocidad de 20 h., lo cual forzosamente nos hubiera llevado a cambios en el diseño.

4.3.1.5. LAS SUBROUTINAS:

Las pruebas de las subrutinas consistieron -

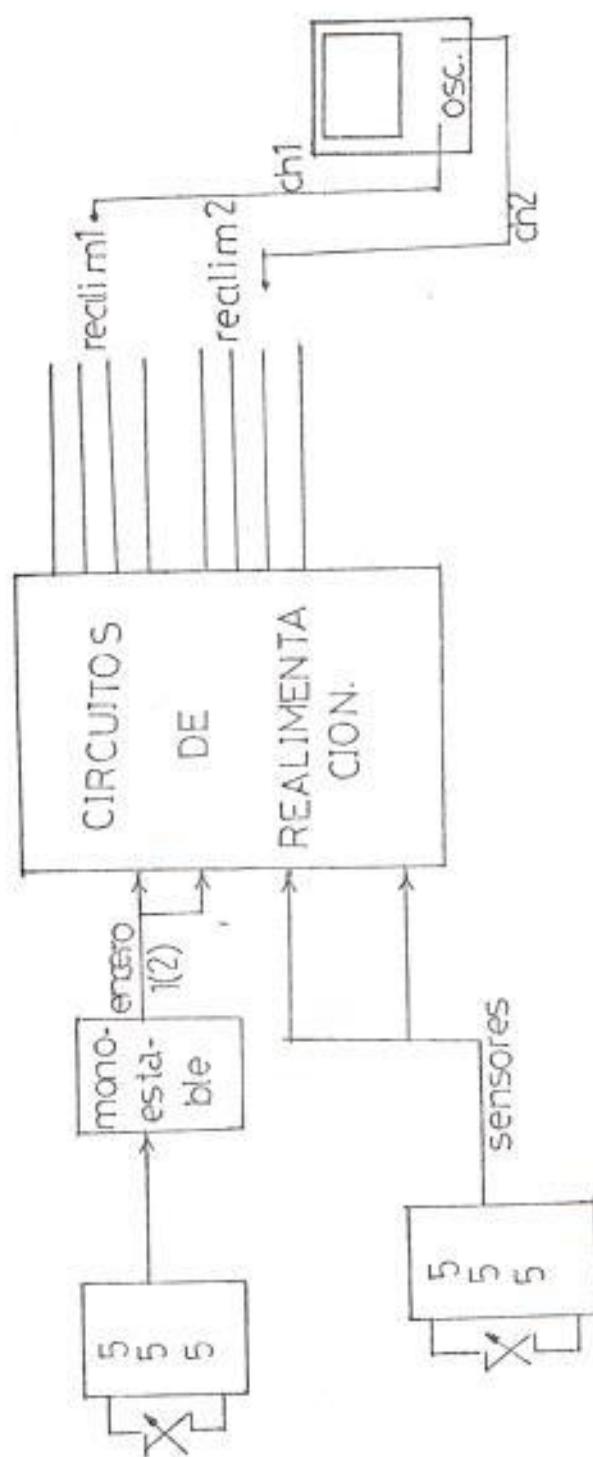


FIG. 39 Pruebas Estáticas de los Circuitos de Realimentación

en su ejecución mediante la opción PASO A PASO del SDK85, hasta lograr su correcta ejecución con todo tipo de datos de entrada.

Las pruebas dinámicas de las subrutinas, se facilitaron dada la configuración misma del conjunto, que semejan una pirámide, ya que las dos subrutinas NORMA y READY, las primeras en ser escritas son llamadas por casi todas las subrutinas siguientes: SUM llama a éstas y a su vez es requerida por las demás subrutinas - RES llama a SUM y COMDOS y es a su vez - llamada; es decir las pruebas dinámicas de una subrutina constituyen en realidad, parte del diseño de la siguiente.

Como se recordará el sistema está dotado de 2K de memoria RAM y una capacidad ampliable de 4K de memoria EPROM, por lo que las subrutinas de Cálculo y conversión fueron primero todas probadas en RAM, debido también a su interrelación; y una vez asegurado su correcto funcionamiento se las grabó en una memoria EPROM 2716, a fin de dejar libre la memoria RAM para el desarrollo de las subrutinas ENDA, CALRU y NOV.

Un caso especial que merece ser mencionado a parte, es el de la subrutina MOV. (Ver sección 4.3.3).

4.3.2. Pruebas del Conjunto

Luego de las pruebas dinámicas del circuito de control de giro, tenemos que el vehículo está casi armado, y como se mencionó en las pruebas del circuito de realimentación, incorporado éste, ya tenemos cerrado el lazo, y podemos proceder a probar todo el conjunto.

En este punto, es de anotar que ya teníamos grabadas en memoria EPROM las subrutinas de cálculo y conversión, aunque esto no era indispensable, puesto que estas son necesarias para la entrada de datos y el cálculo de ruta, más no para la prueba mecánica del conjunto.

La primera prueba es un chequeo del funcionamiento general del sistema y la determinación de los siguientes parámetros:

- Velocidad máxima,
- período de muestreo.

La velocidad máxima a la que se puede permitir a este -

prototipo desplazarse tiene importancia, puesto que la inercia puede hacer que si se detiene en forma brusca, patine y se introduzca error en el desplazamiento, afortunadamente, este no es el caso, sin embargo, si se llega a construir un vehículo real, a partir de este prototipo, si tendría importancia este hecho.-

Afortunadamente la decisión de alimentar al vehículo con un puente rectificador de media onda, limitó la velocidad, de manera que no existe este problema, ya que la velocidad máxima es aproximadamente un metro en seis segundos.

En cuanto al período de muestreo, como ya se vió anteriormente en la sección 3.3.4., es un múltiplo de $1/120$ de segundo; no puede ser muy largo, puesto que los contadores se desbordarían a la máxima velocidad, ni puede ser muy corto puesto que el error sería indetectado, ya que la señal de encerramiento lo haría cero luego de cada lectura y no alcanzaría a ser muy grande cuando llegase la siguiente lectura.

En el proyecto en que se basó mi tesis, se indi-

ca que el período de muestreo es de aproximadamente 50 milisegundos, ensayando con el valor más cercano a éste, es decir, 6/120 segundos, o lo que es lo mismo, fijando el contador de muestreo en 06h, se obtienen resultados muy satisfactorios, a baja velocidad, el error no pasa desapercibido, y a alta velocidad, no se desborda, obteniéndose valores típicos de 07 u 08 (en hexadecimal) para los contadores, por lo que se decidió adoptar este valor para muestreo.

A continuación se muestra el programa utilizado para probar el conjunto, es importante citar este programa. pues to que constituye el "germen" a partir del cual se desarrolla la subrutina MOV, que es la que en definitiva - hace mover al prototipo.

En caso de daño puede ser cargado fácilmente en memoria RAM y ejecutado para comprobar el correcto - funcionamiento de los circuitos.

No ha sido grabado en memoria EPROM, puesto que su utilidad, radica precisamente en poder variar los parámetros importantes del sistema, la velocidad, el período de muestreo, la frecuencia del temporizador programable, etc.

Este programa inicializa las puertas, la pila, el temporizador programable, lee la realimentación de los contadores, pero no realiza ningún tipo de cálculo con esta información.

Además se incluye un bloque de instrucciones que puede ser intercalado fácilmente en el programa para ir grabando en memoria los valores de realimentación, sin procesar.

MNEMONICO	COMENTARIOS
LXI SP,20C2	-Inicializo pila.
MVI A,09h	-Máscara habilitando la interrupción
SIM	RST6.5
MVI A,40h	-Determino el modo de operación del
OUT 2D	temporizador programable y su fre
MVI A,64h	cuencia.
OUT 2C	
MVI A,C0h	-Registro de comando del temporizador
OUT2B	y puerta de realimentación
MVI A,0Fh	-Defino las puertas 21,22 (de 8 bits,
	para las velocidades de los motores)
	y la puerta 23 para los comandos de
	ALTO, SEN y ENCERO.
MVI A, XXh	-Fijo la velocidad de los motores y
STA 2000	la almaceno en las posiciones 2000h
STA 2001	y 2001h.

MVI A, XXh	-El comando de ALTO, SEN y ENCERO va a la dirección 2002h.
STA 2002	
-1- MVI A, 06h	-Inicializo el contador de muestreo en 06h.
STA 2003	
-2- LDA 2000	-Envío la velocidad de referencia a - cada una de las puertas 21 y 22, y la información de sentido de giro a la puerta 23.
OUT 21	
LDA 2001	
OUT 22	
LDA 2002	
OUT 23	
LAZONOP	-habilito la interrupción rst6.5
EI	-lazo de espera de la interrupción.
JMP LAZO	
6.5 DI	-Deshabilito la interrupción 6.5
LXI H, 2003	-Decremento el contador de muestreo.
DCR M	
MOV A, M	-Chequeo si el contador de muestreo es igual a cero, si lo es, voy a INT10.
CPI 00	
JZ INT10	-Si no lo es, balanceo la pila y voy a -2-.
POP PSW	
JMP -2-	
INT10 DA 2000	-Cargo las velocidades en las puertas.
OUT 21	
DA 2001	
OUT 22	
IND 29	-Leo la realimentación de giro a

STA 2006	través de la puerta 29, va a 2006
LDA 2002	-leo el comando de sentido de giro.
ORI 03	-genero la señal de reseteo de los
OUT 23	contadores.
POP PSW	-balance de pila
JMP -1-	-voy a -1-.

Las instrucciones que permiten grabar en memoria la información de realimentación es el siguiente bloque :

LXI H,XXXXh	-H,L apunta al tope de la lista, esta instrucción debe ser intercalada - antes de la etiqueta -1-.
PUSH H	-Esta instrucción preserva en pila - este puntero.

Antes de la instrucción JMP-1- se incluye lo siguiente:

POP H	-Recupera puntero.
INX H	-Incrementa puntero
LDA 2006	-guardo en memoria la realimentación
MOV M,A	-chequeo si ya alcancé el final de
MOV A,L	-la tabla.
CPI XXh	
JNZ sigo	
MOV A,H	

	JZ salgo	-si ya llegué al final voy a salgo.
sigu	PUSH H	-si no continuo, la etiqueta continuo
	JMP continuar	corresponde a JMP-1.
salgo CF		-salgo me imprime el mensaje en pantalla 80 85.

4.3.3. Prueba de la Subrutina MOV

La escritura de esta subrutina fue en realidad la adición, poco a poco, de bloques al programa descrito en la sección anterior.

Ejemplo constituyen el bloque que con la etiqueta MOV40 reduce la velocidad máxima de referencia; el bloque de PAUSA que procesa la información de pausas y permite el reinicio automático o manual, los bloques MOV35, MOV45, MOV50 y MOV55 que detienen al vehículo después de cada movimiento y al final de todo el trayecto; los bloques MOV20, MOV25 y MOV30, llevan un control del número de pulsos de cada rueda.

En cuanto a la determinación de las constantes K_p y K_f del lazo de realimentación, estas fueran determinadas experimentalmente y no guardan relación sus valores hexadecimales con cualesquiera de los valores reales que se pudiesen calcular.

Su determinación se explica en la siguiente sección de pruebas finales.

4.3.4. Pruebas finales

Estas pruebas finales comprenden dos partes:

- Determinación de K_p y K_i .
- Prueba de todo el sistema en el suelo

Para la primera parte es menester seguir el siguiente procedimiento:

1. Mantener levantada la parte delantera del prototipo para evitar que las ruedas toquen el suelo.
2. Cargar solo la subrutina MOV en memoria RAM y programar las variables necesarias para ejecutar solo un movimiento, esto es:

2800 : 00h Dur. de pausa igual a 0segs.
 2801 : 01h arranque automático sin pausa
 2802 : 01h número total de rutas = 1.
 2803 : 00h número de rutas antes de pausa = 0.

3. Programar un movimiento en el tope de la lista de larga -

duración, digamos uno o dos minutos.

2860 : FFh

2861 : 0Fh

2862 : 00h

2863 : FFh

2864 : 03h

En las siguientes doce posiciones de memoria se graba FFh.

4. Luego procedemos a ejecutar la subrutina MOV, anteponiéndole la siguiente instrucción: LXI SP, 20C2h a fin de inicializar la pila.
5. Debemos dejar que el programa se ejecute por un cierto período de tiempo, digamos 10 segundos, luego de los cuales, oprimimos la tecla de RESET, con lo que detendremos el giro de las ruedas.
6. Procedemos a examinar el contenido de las posiciones de memoria 2010h a 2013h que son los contadores de c/rueda, y contabilizo su diferencia.
7. Variamos los valores de Kp y Ki, y repetimos los pasos 5

y 6, tratando de que cada vez que variamos los valores - de las constantes, el error de estado estable o la diferencia de los dos contadores se haga mínima; en cada lazo de los pasos 5 y 6, debemos mantener el tiempo de ejecución constante.

8. Una vez que hayamos logrado el mínimo para la diferencia de los contadores, debemos variar el tiempo de ejecución de la subrutina, en el paso 5, por lo que repetiremos - el proceso manteniendo el tiempo de ejecución constante, en el nuevo valor.
9. Experimentalmente se llega a la conclusión de que para - este prototipo en particular, los valores más apropiados son:

$$K_p = \beta_9$$

$$K_i = \beta_C$$

Para la segunda etapa, prueba de todo el sistema en el - suelo, se deben tener cargadas en RAM las tres subrutinas - ENDA , CALRU y MOV requieren ciertos ajustes:

- Las constantes de cálculo de ruta (K_g, K_r) deben ser modificadas ligeramente a fin de compensar por imperfecciones en los discos de realimentación, puesto que al girar, es

tas imperfecciones producen pulsos de más, lo que hace que el vehículo tenga la tendencia a detenerse antes de lo previsto.

- MOV requirió ajustes más de forma que de fondo, por ejemplo en cuanto al tiempo de pausa entre movimiento y movimiento, que es diferente a la pausa intermedia programable entre ruta y ruta; al igual que la velocidad mínima permitida antes de detenerse.

Un ajuste de naturaleza mecánica y de carácter mayor fue el de añadir, un par de carruchas más, fijas en la parte de adelante, para compensar la flexibilidad de la plataforma que desalineaba los discos de realimentación, al doblarse por el peso de los motores y las tarjetas.

Inicialmente se probó con una sola carrucha libre en la mitad del borde delantero de la plataforma, pero todo el peso se concentraba ahí, y al no estar situada en el eje imaginario de las dos ruedas, cuando el prototipo giraba sobre sí mismo, creaba un cierto torque, por lo que el prototipo tendía a quedarse clavado en el suelo, o si no se deslizaba con lo que se desviaba de su ruta, como se puede apreciar en la figura N° 40.

En cambio con dos carruchas, cada una de ellas soporta el pe



FIG. 40. Efecto de las carruchas extras.

so de un motor y al estar ubicadas cerca de las ruedas y pa
rales a ellas, giran libremente en el mismo sentido.

Se tuvo que implementar esta solución al no ser posible si
tuar una sola carrucha en el punto medio del eje imaginario
entre ruedas, por no existir en el mercado una carrucha lo
suficientemente pequeña debido a la poca distancia entre
la plataforma y el suelo en ese punto.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En la sección 1.1., manifestaba que este trabajo tenía por objetivo el diseñar y construir un prototipo de plataforma móvil controlada por microprocesador; además manifestaba que mi aspiración de demostrar que en el Ecuador estamos en capacidad de construir un vehículo controlado por microprocesador que recorra una ruta predeterminada.

Este objetivo ha sido cumplido, el prototipo en efecto recorre la ruta que se le indica por teclado, introduciendo las coordenadas de los puntos medios.

Tomaré como punto de partida de mis conclusiones la finalidad misma de un prototipo - constituirse en el primer ejemplar de una cosa - para establecer aquellos aspectos que ofrecieron mayor dificultad en el desarrollo de mi tesis, y considerar aquellos que deberían ser mejorados, corregidos o aumentados, en caso de construirse un vehículo para aplicaciones específicas a partir de la idea central de mi tesis.

La exactitud de los discos de realimentación es fundamental

a fin de lograr un control adecuado de la trayectoria, puesto que en un osciloscopio se nota la presencia de los pulsos espúreos y la irregularidad de los pulsos reales, tanto en amplitud como en frecuencia.

En lo que respecta al sistema motriz, obviamente la potencia de los motores tendría que ser mayor; el engranaje reductor tendría que ser más eficiente, y específicamente diseñado para esta aplicación, a fin de soslayar las dificultades que tuve que enfrentar para adaptar un mecanismo ya existente a mis necesidades, frente al alto costo que representaba construir un engranaje reductor especial.

Incorporando motores más potentes, se podría dotar al vehículo de una plataforma más rígida que ya no se combe por el peso de los motores, y que tendría que ser más pesada, pero estas son consideraciones mecánicas que escapan a los límites y alcances de este trabajo.

En este prototipo se utilizó rectificación de media onda y no de onda completa, por lo que la velocidad máxima que alcanza el motor no es en modo alguno la máxima posible, de haberlo alimentado con todo el voltaje, la velocidad alcanzable hubiera sido muy superior, y el problema de la inercia hubiera sido significativo.

De ser este el caso, se podría implementar algún tipo de curva de

aceleración, que tomase en cuenta factores tales como la distancia a recorrer, velocidad máxima alcanzable en tramos cortos, etc.

En lo que respecta a la precisión de los cálculos de ruta mediante el formato de punto flotante, es altamente satisfactoria, durante el desarrollo de las subrutinas, se comprobaban los cálculos mediante una calculadora y la diferencia con los reales no pasaban de milésimas o centésimas en el peor de los casos.

Una subrutina especialmente difícil de implementar la constituyó la del arcotangente, inicialmente se trato de implementar las siguientes series infinitas de potencias:

$$\text{Tan}^{-1} x = x - x^3/3 + x^5/5 - x^7/7 \dots \dots \dots (x^2 < 1)$$

$$\text{Tan}^{-1} x = \pi/2 - 1/x + 1/3 x^3 - 1/5x^5 + 1/7x^7 \dots (x^2 > 1)$$

Pero los resultados se disparaban alrededor de x igual a 1, por lo que se desistió del uso de este algoritmo, implementándose finalmente una tabla de valores de la tangente, con sus respectivos ángulos, tomándose 150 valores de x, tan(x) entre 0° y 90°, en incrementos de 0.6°, o lo que es lo mismo una centésima de radián, por lo que los cálculos realizados con la misma son bastante aceptables.

En lo que respecta a la idea central del movimiento, esto es dos

ruedas motrices independientes, probó ser bastante viable y relativamente fácil de controlar, mientras que la ruta es igualmente fácil de calcular.

La implementación del algoritmo de control cruzado para el giro de los motores no ha revestido mayor complejidad, únicamente la determinación de las constantes, es un poco tediosa, se hizo de la siguiente manera: comenzar con ambos valores iguales, y pequeños, si uno o ambos motores se detienen, o se frenan poco a poco, aumentar ambos valores, si se aumentan hasta tal punto que el control se hace inefectivo (diferencia de ambos contadores muy grande), retroceder hasta donde se hayan logrado los mejores resultados, mantener entonces uno de los dos valores fijos, y variar el otro, hasta que el control se haga inefectivo; luego mantener fijo el que se varió originalmente y viceversa, hasta obtener los mejores resultados por comparación con los resultados para otros valores.

En cuanto a aplicaciones específicas de un vehículo tal, una de ellas sería el transporte de cargas en un hospital, tal como se explica en la idea original sobre la que se basó mi tesis, o el transporte de personas severamente impedidas de un lado a otro de la casa, en el que -por ejemplo- un botón correspondiera a una habitación determinada, aunque en casos como estos, la plataforma móvil constituiría una parte solamente de todo el sistema, ya que el algoritmo de cálculo de ruta, control de movimiento y

entrada de datos diferirían notablemente de lo expuesto, además - forzosamente debería incluirse algún sistema de sensores para evitar colisiones, todo lo cual me lleva a concluir que no podemos - hablar siquiera que éste es el prototipo de un robot.

Sin embargo, este es un primer paso, para finalizar este trabajo , manifiesto que mi aspiración, indicada al comienzo de estas conclusiones y recomendaciones, se ha visto satisfecha.

BIBLIOGRAFIA

1. J. Borenstein y Y. Koren, "A mobile Platform for Nursing Robots", IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRIAL ELECTRONICS , Vol. 32, N° 2, mayo de 1.985, p.p. 158 - 165.
2. Intel, "SDK-85 System Design Kit User's Manual". (Edición ESPOL: 1.985).
3. N. Krikelis y S. Fassois, "Microprocessor Implementation of PID Controllers and Lead - Lag Compensators", IEEE - TRANSACTIONS ON INDUSTRIAL ELECTRONICS, Vol. 31, N° 1, febrero 1984, p.p. 79-85;
4. T.C. Bartee, Fundamentos de Computadoras Digitales (Primera edición en español; Bogotá : McGraw-Hill, 1984) p.p. 261-314.
5. Optoelectronics Data Book, 1983-1984 (Texas Instruments Dallas, Texas: 1.983).
6. Circuitos impresos diseño y realización (Biblioteca CEAC,

p.A. Bauer, Barcelona, España: 1.982).

7. J. Lenk, Manual para usuarios de circuitos integrados (2da. edición; México D.F. Editorial Diana, 1.977).

A P E N D I C E S

Apéndice A

Manual de usuario:

1. Posicione el vehículo en el punto de origen del sistema de coordenadas.
2. Conecte la alimentación DC y AC (fuente de poder y transformadores).
3. En la pantalla aparece el mensaje "80 85".
4. Pulse las siguientes teclas:

G0

9

7

C

0

EXEC

5. En la pantalla aparece el mensaje "C0 1", ingrese el comando 1, esto es:

X 0 : arranque manual, sin pausa.

- X 1 : arranque automát , sin pausa
- X 2 : arranque manual, con pausa de X segs y reinicio manual.
- X 3 : arranque automático, con pausa X segs, reinicio manual.
- X 4 : igual efecto que X0.
- X 5 : igual efecto que X1
- X 6 : arranque manual, con pausa X segs, reinicio automático.
- X 7 : arranque automático, con pausa X segs, reinicio automático.

6. En caso de escogerse la opción de arranque manual, es preciso - pulsar la tecla VECTOR INTERRUPT para iniciar el movimiento.
 7. En caso de escogerse la opción de reinicio automático, debe pulsarse la tecla VECTOR INTERRUPT para reiniciar el movimiento.
 8. Una vez ingresado el comando 1, pulse la tecla NEXT.
 9. Aparecerá en la pantalla el mensaje "CO 2".
 10. Ingrese el comando 2, consistente en 2 dígitos:
 - primer dígito: número de rutas antes de la pausa.
 - segundo dígito: número de rutas totales.
- El programa no acepta que el primer dígito sea mayor que el segundo ni que ambos sean iguales, ni que ninguno de los dos sea mayor a 9.
11. Una vez ingresado el comando 2 pulse la tecla NEXT.

12. A continuación, el sistema requerirá el ingreso de las coordenadas (abscisa, ordenada y ángulo) para cada posición de la ruta, mediante los siguientes mensajes:

PO X Ab : abscisa del punto X.

PO X Or : ordenada del punto X.

PO X Al : ángulo de orientación en el punto X.

X varía de 1 a 9.



13. Una vez ingresado el ángulo de inclinación correspondiente al último punto de referencia de la ruta, el sistema procede automáticamente a calcular los parámetros de la ruta, y aparece el mensaje "E" de que comienza la ejecución de los movimientos.
14. Cada vez que el prototipo alcanza una posición, aparece un mensaje indicando la posición correspondiente, el cual no cambia hasta no alcanzar la posición siguiente.
15. Una vez completa la ruta, aparecerá en pantalla el mensaje correspondiente a la última posición siendo preciso pulsar RESET, e ingresar una nueva ruta, si se desea.

A p é n d i c e B

Lista de componentes:

Circuitos integrados (TTL):

- 3 7400: cuatro puertas Nand de 2 entradas
- 3 7404: seis inversores
- 1 7408: cuatro puertas And de 2 entradas
- 10 7414: seis inversores con Schmitt Trigger.
- 2 7485F: cuatro puertas Or de 2 entradas.
- 4 7485F: comparador de magnitud de 4 bits.
- 2 74121: multivibrador monoestable.
- 1 74154: decodificador/demultiplexor de 4 a 16.
- 6 74193: contador sincrónico de 4 bits, de doble sentido con doble re
loj, binario.
- 2 74151: multiplexor de 8 líneas a 1 con entrada de selección.
- 2 74123: doble multivibrador monoestable de disparo continuo con en
trada de enceramamiento.
- 4 2114: memoria de 1K x 4 bits, tipo RAM.
- 2 2716: memoria de 2K x 8 bits, tipo EPROM.

Semiconductores:

- 8 1N4001: diodo de silicio, de 1/0 amps., 600V .

- 8 BC123: transistor NPN, de silicio.
- 4 triac, 4 amps., 400 V.
- 1 ECG3086: doble optoaislador/fototransistor NPN
- 2 ECG3100: módulo optoacoplador interruptor con transistor NPN.

Capacitores:

- 6 1 uf, 50 voltios electrolítico.

Transformadores:

- 4 transformadores de audio.
- 3 transformadores 110/12 voltios 1.0 amps.

Resistencias:

- 2 27 ohms 1/4 w.
- 4 3.3 ohms 1/2 w.
- 6 1 ohm 1/2 w.
- 6 27 ohms 1/2 w.
- 2 10 ohms 1/2 w.
- 1 560 ohms 1/2 w.
- 4 220 ohms 1/2 w.
- 2 100 ohms 1/2 w.
- 2 150 ohms 1/2 w.
- 2 150 ohms 1/2 w.

Sockets (wire-wrapping):

3 24 pines

4 18 pines

14 16 pines

21 14 pines

Regletas:

1 20 puntos, tornillo

1 10 puntos, tornillo

5 3 puntos, tornillo

5 2 puntos, tornillo

2 12 puntos, tornillo - tornillo

TABLA I
CONEXIONES ENTRE REGLETAS

REGLETA	PIN	DESDE	HAGIA	SEÑAL
CN1	1	CN2,1		Realimenta
	2	CN2,2		ción deT
	3	CN2,3		motor iz-
	4	CN2,4		quierdo.
	5	CN2,5		Realimenta
	6	CN2,6		ción deT
	7	CN2,7		motor de-
	8	CN2,8		recho.
	9		CN2,9	Reset contador 2
	10		CN2,10	Reset contador 1
	11		CN2,11	STOP
	12		CN2,12	Sen1(mot.izq.)
	13		CN2,13	Sen2(mot.der.)
	14		CN2,14	disparo 2
	15		CN2,15	disparo 1
	16	CN2,16		ZINC
	17	--	--	--
	18	--	--	--
	19	--	--	--
	20	--	--	--
CN2	1		CN1,1	Realimenta
	2		CN1,2	ción deT
	3		CN1,3	motor iz-
	4		CN1,4	quierdo
	5		CN1,5	realimenta
	6		CN1,6	ción deT
	7		CN1,7	motor iz-
	8		CN1,8	quierdo.
	9	CN1,9		reset contador 2
	10	CN1,10		reset contador 1
	11	CN1,11		STOP
	12	CN1,12		Sen1(mot izq).
	13	CN1,13		Sen2(mot der).
	14	CN1,14		Disparo 2
	15	CN1,15		Disparo 1
	16		CN1,16	Zinc
	17	--	--	--
	18	--	--	--
	19	--	--	--
	20	--	--	--



vienen....Tabla I....

CN3	1	sensor der.		sensor
	2	--	--	--
CN4	1		G1	disparo triac
	2		K1	1
	3		G2	disparo triac
	4		K2	2
	5		G3	disparo triac
	6		K3	3
	7		G4	disparo triac
	8		K4	4
	9			
CN5	1	CN11,6		transformador
	2	CN11,5		de sincronismo
CN6	1		RL1-	habil. relé 1
	2		RL2-	habil. relé 2
CN7	1	CN11,2		5 voltios
	2	CN11,4		tierra.
	3	--	--	--
CN8	1	sensor izq.		sensor
	2	--		sensor
CN9	1	A2	Motor1	Alimentación
	2	K1	Motor1	del motor izq.
CN10	1	A4	Motor2	Alimentación
	2	K3	Motor2	del motor der.
CN11	1	CN14,5	V.Sensor i.	5 voltios
	2	CN14,5	CN7,1	5 voltios
	3	CN14,6	V.Sensor i.	tierra
	4	CN14,6	CN7,2	tierra
	5	CN14,7	CN5,2	transformador
	6	CN14,8	CN5,1	de sincronis.
CN12	1	CN14,4	RL1, RL2	12 voltios
	2	CN14,5	V SDK-85	5 voltios
	3	CN14,5	V Sensor 2	5 voltios
CN13	1	CN14,6	V sensor 2	tierra
	2	CN14,6	V SDK-85	tierra
CN14	1	A1	anodo A1	Alimentación
	2	A1	Cátodo K2	puente
	3	12 fuente	GN12,1	12 voltios
	4	5 fuente	General	5 voltios

5	Tierra fuente	general	tierra
6	S1	CN5,2	sincronis_
7	S2	XN5,1	mp.
8	A2	Anodo A3	aliment.
9	A2	Cátod.K4	punte.

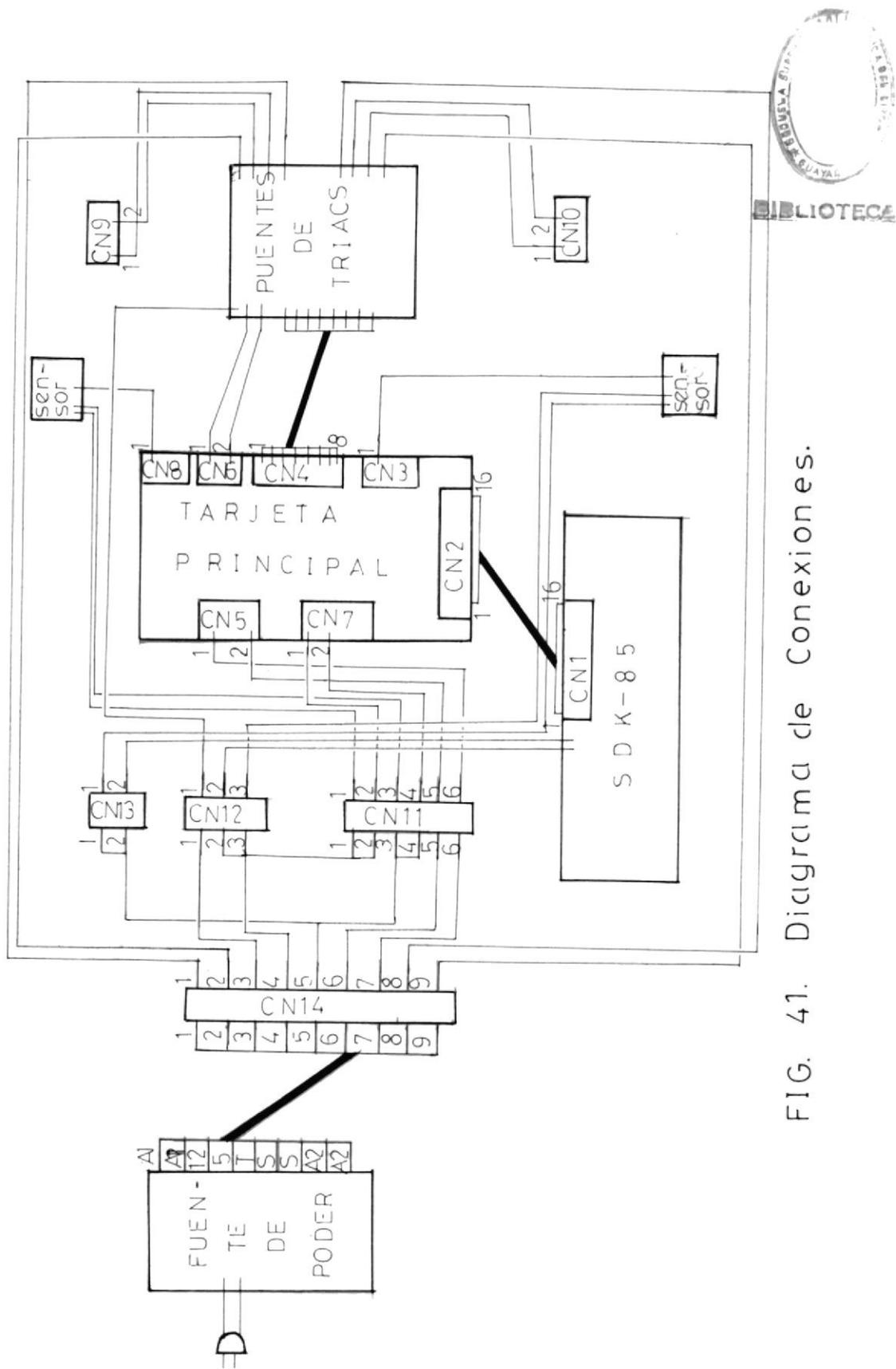


FIG. 41. Diagrama de Conexiones.