

29
95

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE INGENIERIA

DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN ROBOT CONTROLADO POR UN MICROPROCESADOR

MEXICO, D. F., 1982

RETCHKIMAN KONIGSBERG MORDEJAI ZVI



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

I N D I C E

I.- INTRODUCCION

I.I.	Planteamiento del Problema	3
I.II.	Motivación del Problema	5
I.III.	Solución al Problema	6
I.IV.	Historia y Datos Interesantes	7
I.IV.I.	Historia	7
I.IV.II.	Definición de Robot y leyes de Robotica	8
I.IV.III.	Areas de Aplicación	9
I.IV. IV.	Analogía entre el ser humano y el robot, (construido por nosotros), y trabajos similares	10
I.IV.V.	Futuro	

REFERENCIAS

II.- SOFTWARE

II.I.	Software	1
II.II.	Programas del Sistema	5
II.II.I.	Programa Principal	6
II.II.II.	Subrutina Centro	10
II.II.III.	Subrutina Delay I, II	10
II.II.IV.	Interrupción	11

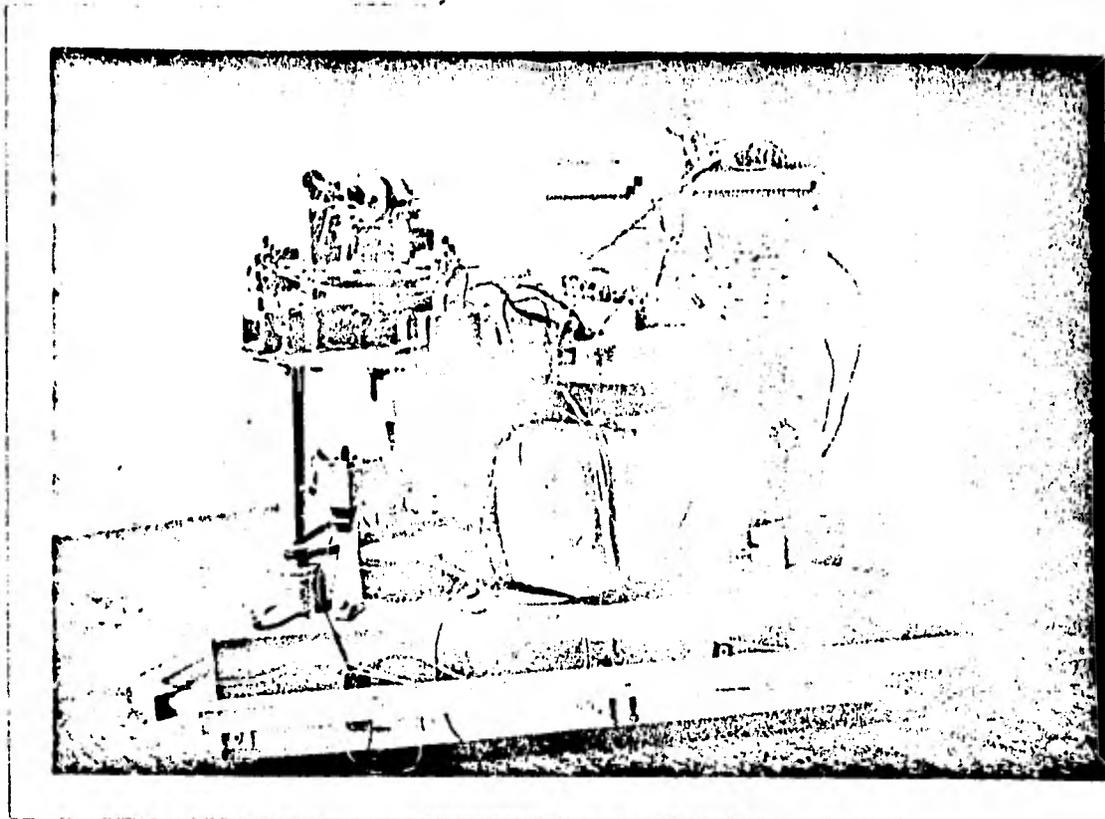
REFERENCIAS

APENDICE A.-

Programas en Mnemonico y Lenguaje de Máquina

APENDICE B.-

Fotografias del Sistema.



E L R O B O T

I.- INTRODUCCION

INTRODUCCION. -

El presente trabajo es una parte del reporte de seminario de tesis "Diseño y Construcción de un Robot" integrado, esencialmente, por tres partes que son:

- La parte Mecánica
- La parte Electrónica
- La parte de Software

Como su nombre lo dice; la parte mecánica está relacionada con el diseño y la construcción de los elementos que le dan forma y movimiento al Robot.

La parte correspondiente a la electrónica consta del diseño, selección y construcción de los circuitos electrónicos del Robot que le permiten relacionarse con el mundo exterior detectando obstáculos e informándole al μp tanto de la presencia o ausencia de estos como de la dirección que guarda el Robot en ese momento.

La tercer parte, que es la correspondiente al software del sistema comprende todos los programas y subrutinas que le permiten al Robot comportarse de una manera "inteligente"; ya que mediante estos es capaz de interpretar las señales del exterior provenientes de los sensores y circuitos electrónicos, interpretarlas y proporcionar las señales de control correspondientes a los motores.

En este trabajo se presenta la parte de software, primeramente se hace el planteamiento del problema y a continuación se le da solución.

En seguida se mencionan los datos históricos, la definición del concepto de Robot, algunos Robots existentes y las analogías entre el ser humano y el Robot, finalmente se describen con detalle los diagramas de flujo y programas utilizados.

I.I.- Planteamiento del Problema (Se procederá a plantear el problema en dos formas distintas):

i) De manera no rigurosa podemos plantear el problema de la siguiente forma: Se desea construir un sistema que en forma independiente, ie: Sin ayuda del exterior, sea capaz de moverse en una determinada región cualquiera, evitando obstáculos. Para esto el sistema tendrá únicamente información local y con ésta tendrá que definir sus siguientes movimientos en forma global.

ii) Desde un punto de vista riguroso el problema se puede definir de la siguiente manera: Dado el sistema, éste estará definido si conocemos sus coordenadas, para todo instante de tiempo, por tanto definimos un vector $r \in R$, (donde R es el espacio de trabajo del sistema que para nosotros será igual a $R \times R$), que define la posición del sistema y que es función de las coordenadas de movimiento del sistema ie:

$$(I).- r = F(x, y)$$

Se define un conjunto G_a de movimientos permitidos si se satisfacen las siguientes condiciones:

1.- Todos los correspondientes (x, y) satisfacen (I) para todo t .

11.- $(x, y) \notin p \subset R$, donde p es una región contenida por obstáculos.

Con la restricción de que G_a sea estacionario, más no conocido de antemano, dado al menos un movimiento permisible en G_a , (al cual definiremos como estado del sistema), y dado un $(x, y)_0$, estado inicial tal que $F(x, y)_0 \in G_a$, queremos generar una ley de tiempo que satisfaga las siguientes condiciones:

i) $\|F(x, y)_0 - F(x, y)\| < E \quad \forall t > t_*$, donde E es el error permitido, $\| \cdot \|$ es la norma de un vector y $t_* = t(E, (x, y)_0, (x, y))$ es un instante de tiempo finito.

ii) $F(x, y) \in G_a \quad \forall t \geq t_0$

iii) $F(x, y)$ sea ν veces diferenciable, siendo ν el orden de la dinámica del sistema, (esta condición nos asegura la misma regularidad en (I) y la dinámica del sistema).

Para esto se tendrá la información dada por las siguientes ecuaciones:

Sea $\Sigma_1 = \bar{G}_a$ (zona prohibida) y (\tilde{x}, \tilde{y}) un punto en Σ_1 , si

$$\|(\tilde{x}, \tilde{y}) - (x, y)\| \leq \delta \Rightarrow \theta(x, y) = 1 \quad \text{donde } \delta \text{ es la precisión de los sensores}$$

$$\|(\tilde{x}, \tilde{y}) - (x, y)\| > \delta \Rightarrow \theta(x, y) = 0 \quad \text{y } \theta: R^2 \rightarrow Z$$

Este planteamiento (I) gráficamente se verá de la siguiente forma:

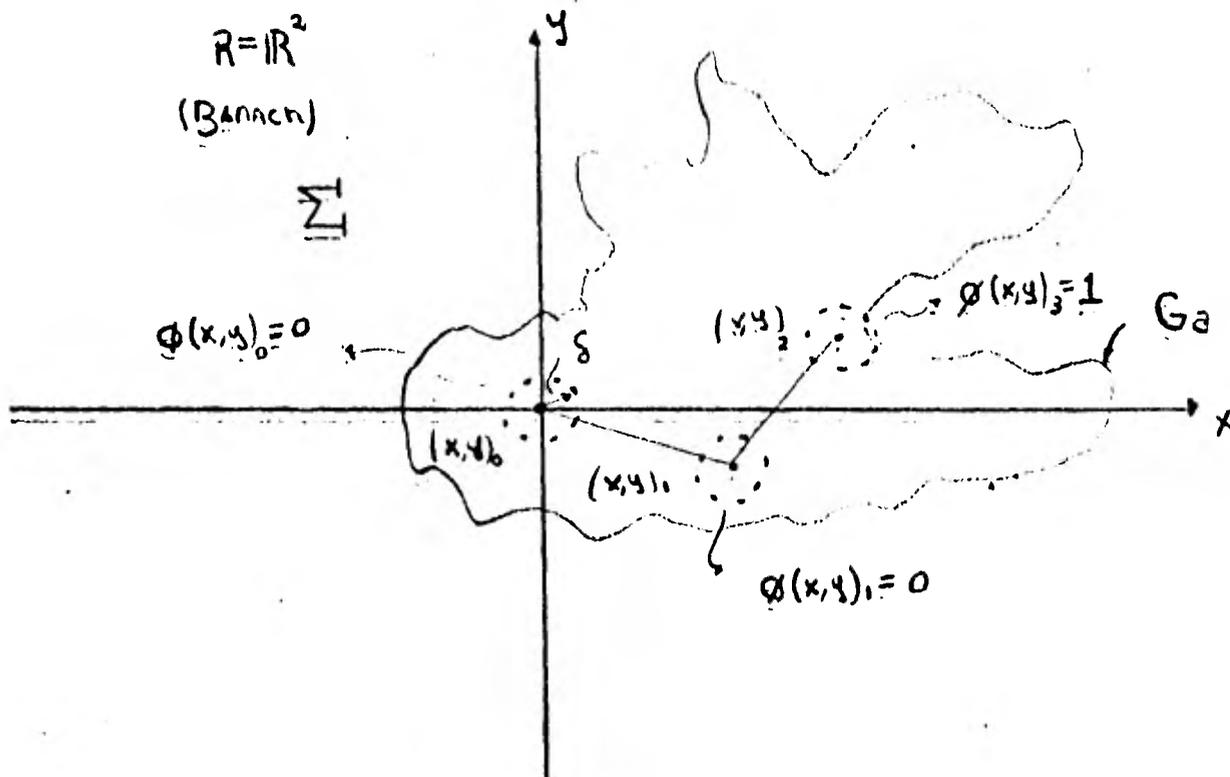


FIGURA I

Como se observa en el planteamiento dado por (ii), se supuso dado el sistema, sin embargo la mayor parte, (si no es que todo), del problema fué el diseño y la construcción de éste,

I.II.- Motivación del problema:

La motivación inicial que nos inclinó a la selección de este tema fué el empleo de un microprocesador (μp). Nosotros queríamos realizar un trabajo en base a un μp debido a la gran importancia que este dispositivo ha tomado, gracias a su extensa aplicación en diversos campos, independientemente de su bajo costo y gran versatilidad.

La idea inicial era realizar un control con el μp , al presentarse la posibilidad de conjuntar estos dos elementos en -

un tema de vanguardia, tal y como es la robotica, decidimos enfrentar el problema.

I.III.- Solución al problema.-

En forma general la idea consistió en la construcción de un vehículo en forma triangular con dos ruedas traseras y una delantera. La rueda trasera de la derecha está conectada, por medio de un sistema mecánico, a un motor que se encarga de la tracción, al igual que la rueda delantera lo está a un motor de dirección.

El sistema recopila información del medio ambiente que lo rodea por medio de un circuito ultrasónico o de "visión" y de un circuito de contacto o "táctil". Dicha información es procesada por una serie de circuitos electrónicos con el fin de hacerla compatible a los requerimientos del μp (interfaces). Con esta información el μp regula la operación de los motores (de tracción y de dirección), de tal forma que el obstáculo detectado sea evitado. Con el fin de conocer el ángulo de giro del motor de dirección existe un disco óptico interfaceado al μp . La alimentación total del sistema está dada por dos acumuladores de 6 volts.

Como se puede observar para poder resolver el problema total había primeramente que resolver tres problemas: el mecánico, el electrónico (hardware) y el de programación (software). Aunque cada uno presenta un problema por sí mismo, el verdadero

reto fué cuando se tuvo que interconectar todo el sistema y hacerlo funcionar como un conjunto.

I.IV.- Historia y datos interesantes.-

I.IV.1.- Historia (II)

(1950) Se utilizan en E.U.A., los robots en el manejo de combustible nuclear.

El neurólogo británico Gray Walter trabaja con tortugas electrónicas.

(1955-1956) Se utilizan en E.U.A., robots para la exploración submarina.

(1960) La armada de los E.U.A., junto con la General Electric intentan construir vehículos bipedos.

(1976) E.U.A., lanza el Vikingo, robot completamente equipado para realizar investigaciones en el planeta rojo.

(1978) Hasta esta fecha, Japón ha gastado dos billones de dólares en robótica.

Alemania, Francia y la U.R.S.S., se desarrollan ampliamente en el tema.

Renault destina dos millones de dólares al año para investigación sobre el tema.

Congreso sobre Robótica en Florida con la asistencia de cincuenta académicos y expertos del Gobierno Estadounidense.

(1980) En E.U.A., al menos doce personas han diseñado sus propios robots.

Unimation Inc. "Connecticut" produce 40 robots unimate y 15 pumas por mes.

Cincinnati Milacron gana en un año 32 millones de dólares y abre una nueva planta en Carolina del Sur.

(1981) Los gastos en robótica a nivel mundial están distribuidos de la siguiente manera: Japón (47 000), E.U.A., (38 000), Alemania Federal (6 000), Polonia (720), Suecia (600), Francia (200), resto del mundo -- (748).

El Voyager (robot espacial) llega a Saturno.

E.U.A., produce 1500 unidades por año con ventas por 90 millones de dólares.

MIT y HARVARD apoyan la fundación de AUTOMATIX con 6 millones de dólares.

El Columbia (nave espacial con manipulador "robot") realiza sus primeros viajes.

I.IV.II.- Definición de robot y leyes de robótica.- (II.b,III)

Aunque todavía no existe una única definición, pudiendo cada uno presentar la suya, las siguientes son de las más aceptadas según diversos expertos en el tema:

- Mecanismo fijo o móvil con la agilidad de manipular objetos externos bajo el constante control de algún tipo de inteligencia.

- Aparato electromecánico que realiza una o varias funciones específicamente humanas.

Leyes de la Robótica:

- I.- Nuestras creaciones no deben perjudicar o destruir el medio ambiente que las rodea incluyendo cohabitantes vivos, paredes, muebles, contaminación del aire, niveles de radiación, etc.
- II.- Nuestras creaciones no deben ser autodestructivas a menos que se viole la ley No. I.
- III.- Debemos diseñar con instinto de sobrevivencia, entendiéndose por ésto el funcionamiento continuo.

(II, IV)

I.IV.III Areas de Aplicación.-

Las principales áreas inmediatas de aplicación son: a) mantenimiento de reactores nucleares y manejo de combustible; b) estaciones marítimas, exploración de petróleo, producción de minerales metálicos; c) operaciones espaciales, ensamblado de estaciones espaciales, rescate de vehículos submarinos a grandes profundidades; d) prótesis, microcirugía (requiere gran precisión); e) industria en la cual se reduzca el peligro al personal humano en áreas como doblado, manejo químico, etc.

Como ejemplos concretos de robots que están destinados a tareas específicas tenemos los siguientes:

PRAGMA A 3000: Arma válvulas de compresoras a partir de las doce partes que la componen.

UNIMATE: Hacen moldes de cerámica para la fabricación de aspas de turbina.

T³ (Cincinnati): Fabrica componentes metálicos para el avión F=16.

2015G (Unimation): Introduce varillas de tungsteno en un horno de T= 1788°C.

MARK II (Unimation): Elimina burbujas de aire que pudieran quedar en el Hg del interior de un termómetro.

UNIMATE: Robot granjero que despluma pollos y esquila ovejas.

MITSHUBISHI: Separa diferentes tipos de peces de un conjunto.

Como se observa, las áreas de aplicación son tantas como imaginación exista para adaptar los robots a los diferentes trabajos.

I.IV.IV.: Analogía entre el ser humano, y el robot (construido por nosotros) y trabajos similares al nuestro: (V)

<u>Componente humano</u>	<u>Componente del Robot</u>	<u>Funciones en el Robot</u>
Ojos	(Circuito ultrasónico) Transmisor y receptor ultrasónico.	Informar la presencia de algún obstáculo en la vecindad del siste <u>ma</u> .
Huesos	Estructura	Soportar el peso del cuerpo.
Cuerpo	Todo el sistema	Darle determinada es- tética.
Nervios y arterias	Cables de conexión	Comunicar diferentes partes del cuerpo en- tre si.
Yemas de los dedos de las manos	(Circuito de contacto) sensores de contacto	Si es que existe algu <u>na</u> distracción, y por cierto motivo los ojos no cumplieran su fun- ción, la yema de los - dedos nos darán esa in <u>formación</u> .
Corazón	Acumuladores	Darle vida.
Cerebro	μp	Dadas ciertas excitacio <u>nes</u> externas responder a ellas en forma lógica.

Como trabajos similares unicamente mencionaremos algunos existentes y daremos las referencias correspondientes^(V), sin profundizar en ellos. (El lector interesado puede hacerlo por su propia cuenta). En los E.U.A., en agosto de 1978, dos estudiantes de la Universidad de Rice construyeron un robot capaz de buscar luz - mediante un ojo y utilizaron una PDP-11 y un μp 280.

En Japón en 1981 tres miembros del Mechanical Engineering Lab. construyen un mecanismo de transporte siendo el control realizado con un μp CMOS.

I.IV.V.- Futuro.

El futuro es promisorio sobre todo si tomamos en cuenta las grandes ventajas que los robots traerán debido a su gran precisión y confiabilidad, tendiendo a sustituir al hombre en diversos tipos de trabajo.

Dentro de los proyectos a futuro, uno de los más interesantes es el de un banco de datos general al cual puedan acudir los robots y de acuerdo al tipo de trabajo que vayan a realizar, cargar el programa correspondiente, ampliándose el campo de aplicación de éstos en forma considerable.

Se habla también de los robots caseros, mismos que se encargarán del control completo del hogar, así como de los robots en el campo de la medicina, ya que en un futuro no muy lejano, será posible intercambiar miembros por manipuladores en gente inválida y realizar operaciones en áreas antes de imposible acceso al ser humano.

R E F E R E N C I A S :

I.- Control of Robot Manipulator with obstacle avoidance under little information about the environment.

A. A Petrov, I. M Sirota.

Institute of Control Sciences, Moscow, USSR.

Reprints: Control Science and Technology for the progress of Society, Vol. XIV.

II a.- Conclusions on the NSF Robotics Workshop.

Prof. D Tesar.

Mechanical Engineering, University of Florida.

Proceedings on the National Science Foundation.

II b.- La Invasión de los Robots.

Información Científica y Tecnológica.

CONACYT.

III.- Design your own android.

Martin Bradley Weinstein.

January 80, Byte.

IV.- Manufacturing.

I. Industrial Control.

Joel Fagenbaum.

January 81 -IEEE SPECTRUM.

V a.- On Building a light-seeking Robot Mechanism.

Stephen Allen and Tony Rossetti.

August 1978, Byte.

V b.- The control and application of "OMNI- Directional Vehicle (ODV)".

T. Arai, E. Nakaro, S. Hashino and Y. Tamaga.

Mechanical Engineering Lab.

Reprints: Control Science and Technology for the progress of Society Vol. XIV.

II.- S O F T W A R E

SOFTWARE.-

II.1.- Software:

En este capítulo describiremos el software del sistema, como está formado y que funciones realiza.

El software consiste en una serie de programas escritos en lenguaje de máquina para el microprocesador 6502. El microprocesador junto con los programas constituyen la inteligencia del sistema y hacen las veces de "cerebro", permitiéndole ser independiente y tomar decisiones basadas en la información que recibe del mundo externo por medio de sus sensores. (Fig. I).

Los programas se caracterizan por otorgar al sistema la capacidad de saber qué hacer cuando detecte algún obstáculo en su trayectoria ya sea mediante el circuito ultrasónico o el de contacto.

En términos generales el software está compuesto de la siguiente forma:

- I.- Programa principal.
- II.- Subrutinas de uso general.
- III.- Subrutina de interrupción.

Estas tres partes se interrelacionan entre sí para lograr respuestas a las señales provenientes del mundo externo. (Figura II).

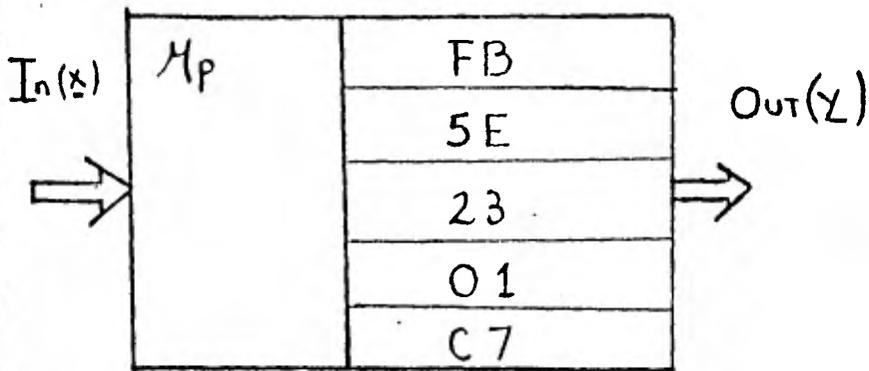


FIGURA I

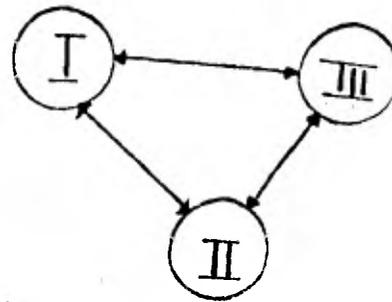


FIGURA II

La función principal de cada una de las partes mencionadas es la siguiente: Con respecto al Programa Principal, éste, además de inicializar los puertos y habilitar interrupción, pone en avance al sistema monitoreando continuamente la posible existencia de obstáculos en el entorno y en caso que éstos existieran, ordena la corrección del presente curso. En cuanto a las subrutinas de uso general, éstas sirven principalmente como apoyo a las demás partes del software, las cuales son: la subrutina CENTRO cuya función es centrar la rueda de dirección y la subrutina DELAY que como su nombre lo dice crea retardos de tiempo. Finalmente, la subrutina de INTERRUPCION es únicamente utilizada cuando al no haberse podido evitar el choque (programa principal), debido a que los obstáculos estaban fuera del ángulo de radiación de los transductores de ultrasonido, los circuitos de contacto son habilitados y requieren ser atendidos con máxima prioridad.

La forma como se interrelacionan los programas así como la filosofía general de éstos dentro del sistema se puede ver en el diagrama de flujo de la figura III.

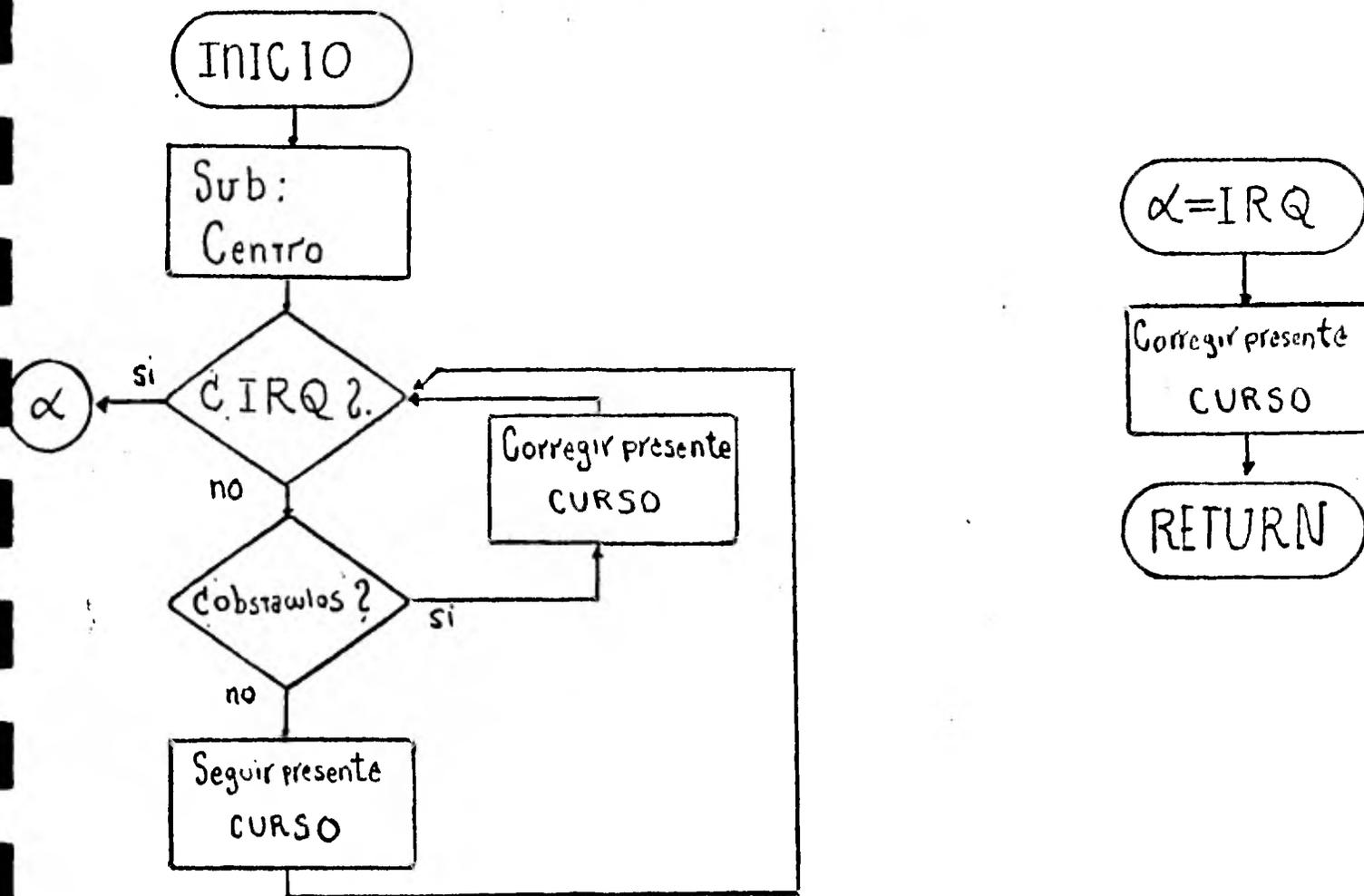


FIGURA III

De acuerdo a las condiciones que se presenten el sistema seleccionará en forma autónoma la mejor solución de tal forma que continúe en movimiento.

Un diagrama general del sistema y las señales que harán tomar una solución u otra así como las señales que se activarán, se muestra en la figura IV.

Como se ilustra en la figura IV, de acuerdo a la información obtenida en los puertos: P_{a1} , P_{a2} , P_{a3} , P_{a7} , P_{b4} , P_{b5} , P_{b7} , activaremos las señales de control que harán que los motores de dirección giren en algún sentido, o en el caso de los motores de tracción, los pondrán en avance o en retroceso.

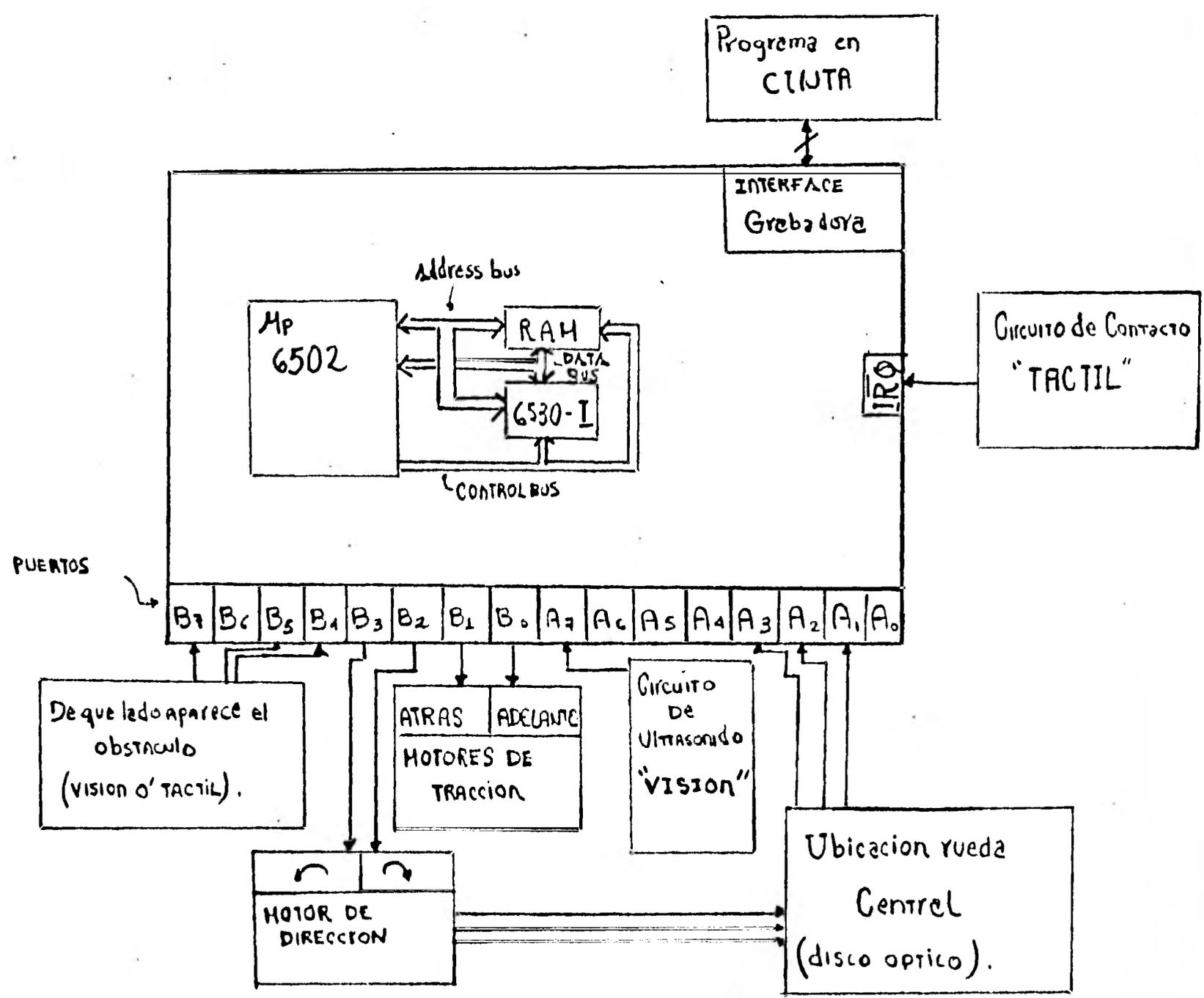


FIGURA IV

Podemos observar que existe un sistema de lazo cerrado (I) formado por el μp , el motor de dirección y el disco codificador. Veáse la figura V.

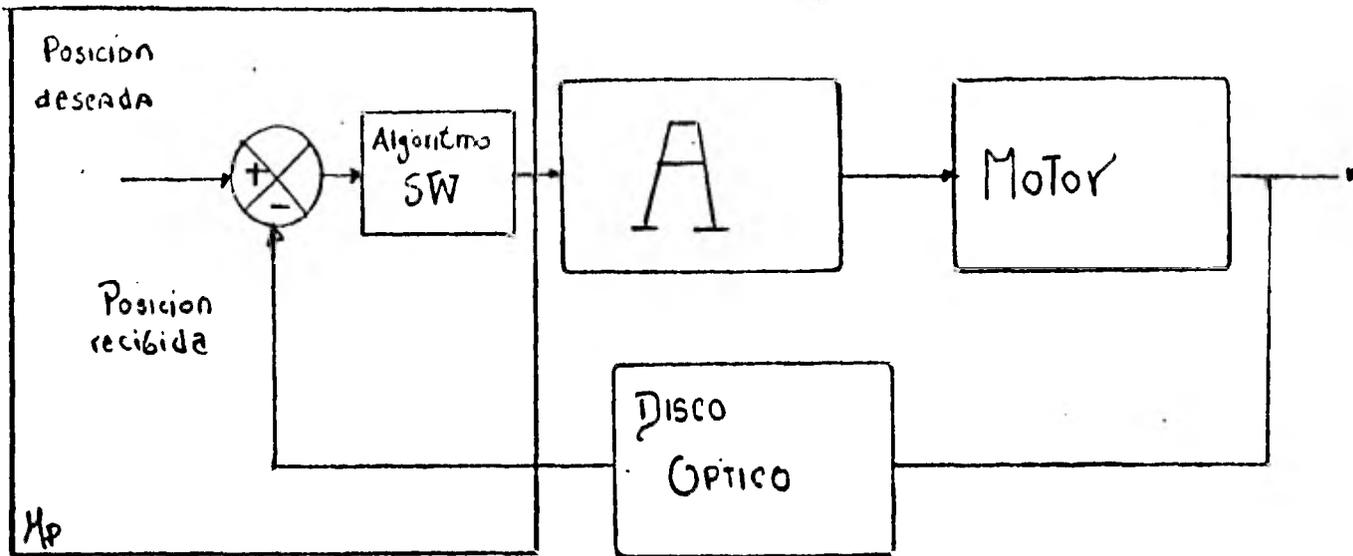


FIGURA V

En este sistema se puede sensar un error, el cual es igual a la diferencia entre la posición deseada y la posición recibida. Este error es utilizado por el algoritmo de SW, el cual genera proporcionalmente la señal de corrección que excita el motor y lo lleva a la posición deseada.

II.II.- Programas del Sistema.-

Antes de mostrar los diagramas de flujo, así como los objetivos principales de los diversos programas que componen el SW hablaremos un poco sobre los algoritmos existentes así como del que nosotros utilizamos para la orientación del sistema en presencia de obstáculos.

Hasta la fecha no existe un algoritmo que en forma general resuelva el problema (II), usin embargo existen aproximaciones.

Existen dos posibles formas de darle solución al problema: una es por medios Heurísticos (Stanford 1974), ampliamente usada y la cual fué utilizada por nosotros y la segunda es planteando el problema como uno de Programación Lineal,^(II) pero la posible adaptación de ésta última a nuestro proyecto presentaba grandes dificultades por lo cual decidimos tomar la primera solución.

El algoritmo que utilizamos fué completamente desarro llado por nosotros no obstante que existen artículos^(III) en los cuales se utilizan algoritmos muy similares al nuestro.

A continuación presentamos los programas (que forman el SW) junto con sus diagramas de flujo y objetivos principales^(III).

II.II.I.- Programa principal.- Sus objetivos principales son:

- 1.- Inicializar puertos.
- 2.- Centrar rueda frontal, para lo cual se apoya en la subrutina centro.
- 3.- Habilitar IRQ.
- 4.- Iniciar movimiento frontal.
- 5.- Verificar la posible existencia de obstáculos en la vecindad del sistema, en caso de no existir ir a 4 o si no:
- 6.- Determinar de qué lado se presentó el obstáculo, una vez hecho ésto se procede a activar el correspondiente ángulo y sentido de giro del motor de dirección con el fin de evitar el obstáculo.

- 7.- Se pone en avance al sistema unos cuantos segundos, dados éstos por la subrutina delay.
- 8.- Se procede a centrar la rueda frontal.
- 9.- Regresa al punto 4.

Los puntos 5, 6, 7, 8 y 9 se encuentran esquematizados en la Fig. VI.

Es importante hacer notar los siguientes detalles:

- 1.- Si el obstáculo es detectado por ambos lados, el lado al cual el obstáculo esté más cercano tendrá prioridad sobre el otro. (Figura VII).
- 2.- Si ambos obstáculos están a la misma distancia, la μ c arbitrariamente escogerá el lado izquierdo dándole mayor prioridad.
- 3.- Lo mismo que en 2 sucederá si el obstáculo es detectado frontalmente.

NOTA: Aunque esta manera de proceder parezca arbitraria, en base a la experiencia se ha comprobado que funciona bastante bien (Ref.III).

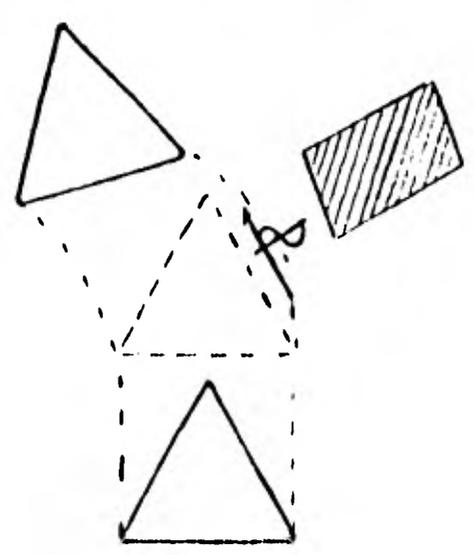


FIGURA VI

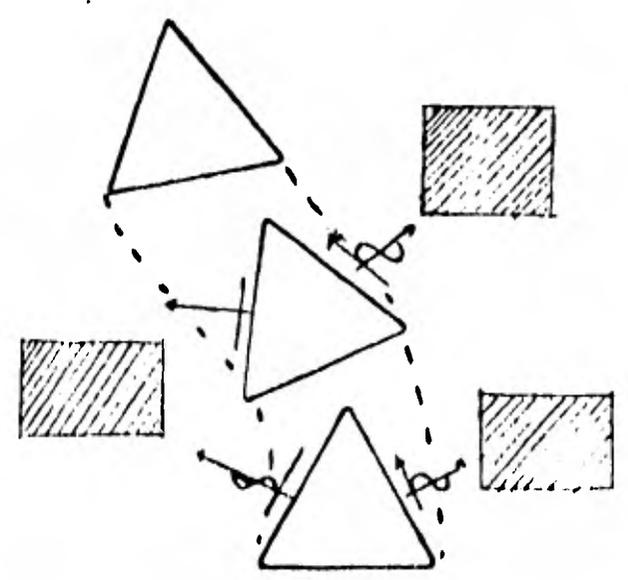


FIGURA VII

El Diagrama de Flujo se muestra a continuación, (Figura VIII).

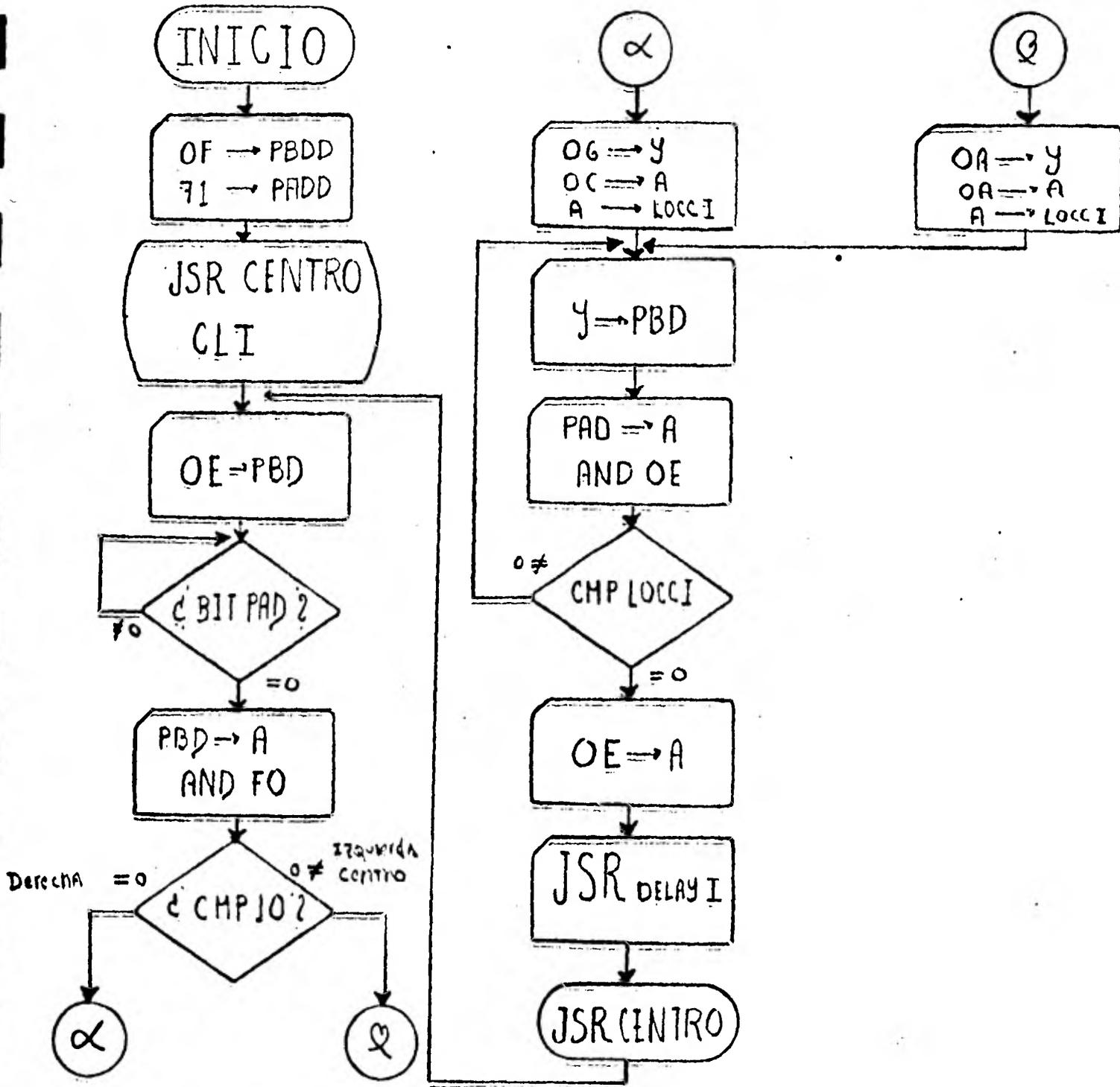


FIGURA VIII

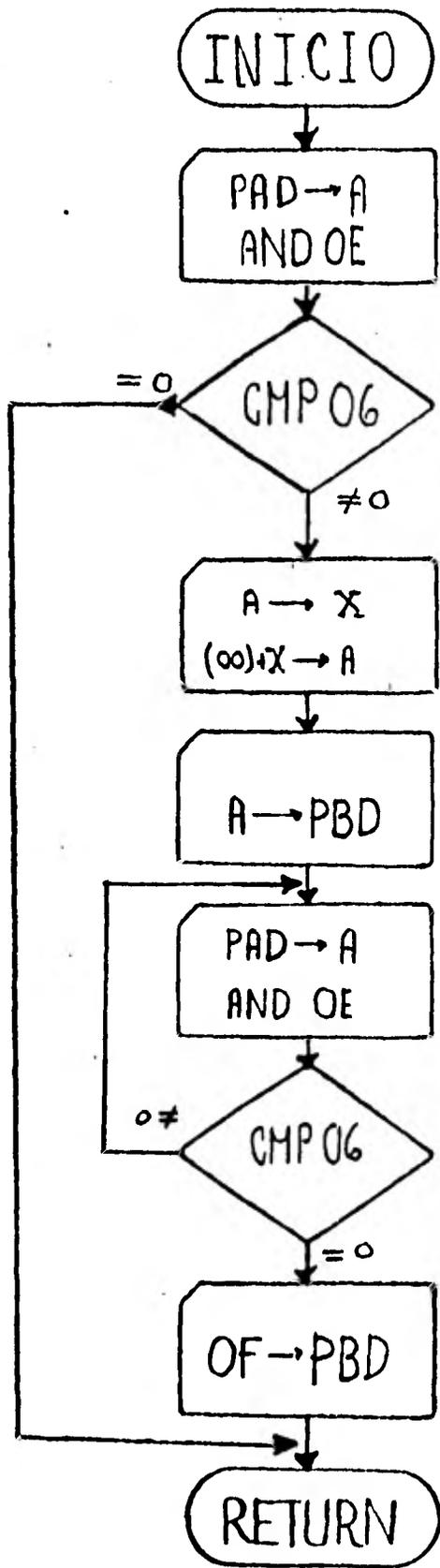


FIGURA XIX

II.II.II.- Subrutina Centro.- Sus objetivos principales son:

- 1.- Detectar la posición de la rueda central, si está en el centro ir a 6.
- 2.- Con esta información, determinar el sentido de giro del motor de dirección, con el fin de centrar la rueda.
- 3.- Mover continuamente el motor, comparando la posición deseada con la posición actual.
- 4.- En caso de que la diferencia entre las posiciones no sea nula , volver a 3, en caso contrario:
- 5.- Parar todos los motores.
- 6.- Regresar.

Es importante recordar que la ubicación de la rueda central es conocida en todo instante de tiempo, gracias al disco óptico.

El diagrama de flujo de esta subrutina se muestra en la Figura XIX.

II.II.III.- Subrutina Delay I,II.- Sus objetivos principales son:

- 1.- Cargar ciertas localidades de memoria con los datos requeridos, de tal forma que se logre el retardo deseado.
- 2.- Empezar a mover los motores, de acuerdo a como se preestableció en el programa que esta usando esta subrutina.
- 3.- Decrementar las localidades de memoria, si no son iguales a cero, ir a 2, en caso contrario:
- 4.- Regresar.

El tiempo de retardo dado por la subrutina es calculado mediante la siguiente fórmula:

$$A = (12 * LOCC II) - \underline{1} ; B = \left\{ (A + 8) * LOCC III \right\} - \underline{1}$$

$$RT = \left\{ (B + 5) * LOCC IV \right\} - \underline{1} ; (\mu \text{ seg})$$

El diagrama de flujo se muestra en la Figura X.

II.II.IV.- Interrupción.- Sus objetivos principales son:

- 1.- Salvar registros necesarios.
- 2.- Determinar de que lado se produjo el choque.
- 3.- Hechar para atrás al sistema, para esto nos apoyamos en la subrutina delay.
- 4.- De acuerdo a la información obtenida en 2, se activa el correspondiente ángulo y sentido de giro del motor de dirección.
- 5.- Se pone en avance al sistema, (subrutina delay).
- 6.- Se centra la rueda.
- 7.- Se reestablecen los registros anteriormente salvados.
- 8.- Regresar.

El diagrama de flujo se muestra en la figura XI.

Como se observa esta rutina de interrupción es muy parecida a los últimos puntos del programa principal, sin embargo hay que tomar en cuenta que trabaja sobre diferentes localidades de memoria.

Los puntos 2, 3, 4, 5, 6 y 7 son ilustrados en la Figura XII.

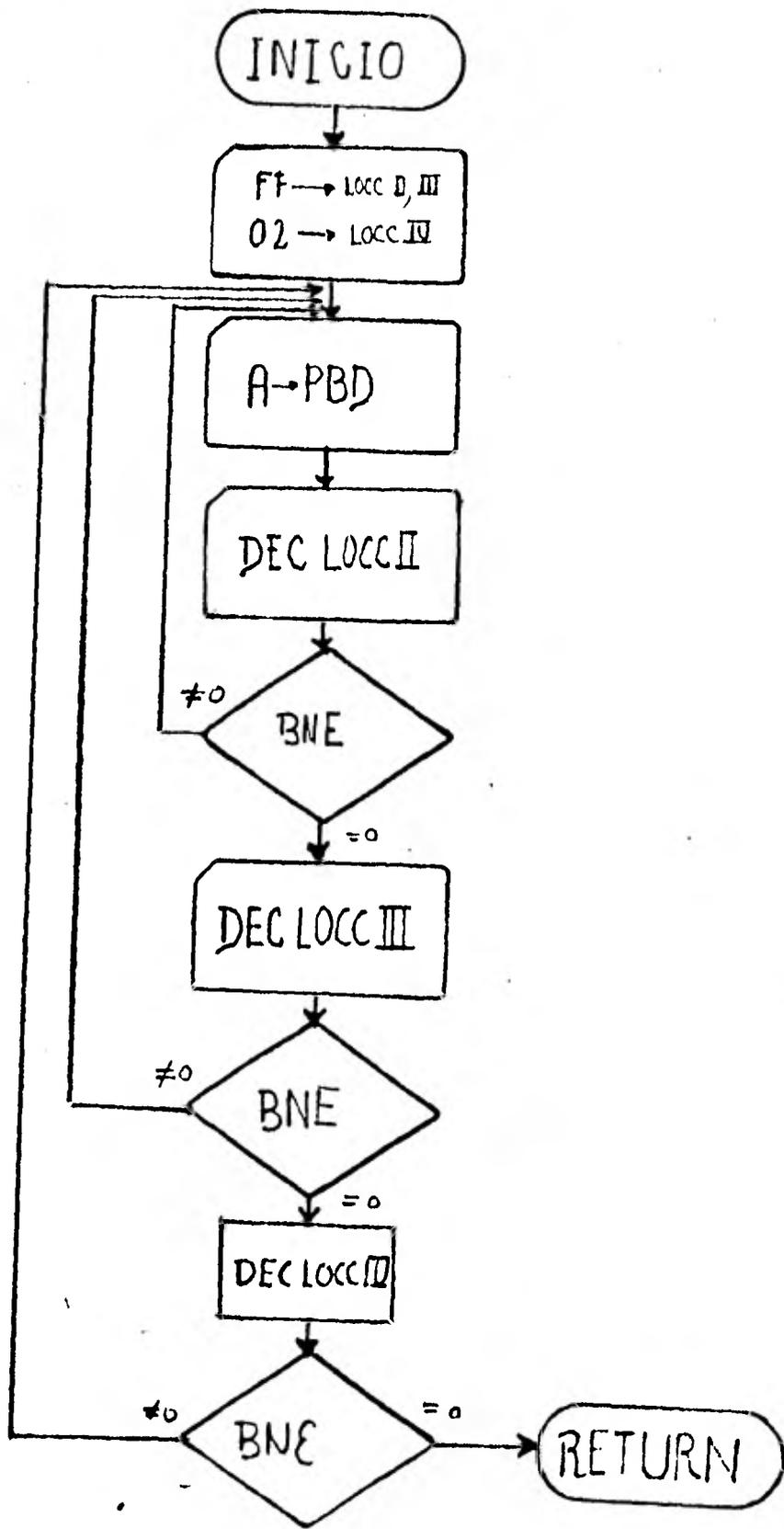


FIGURA X

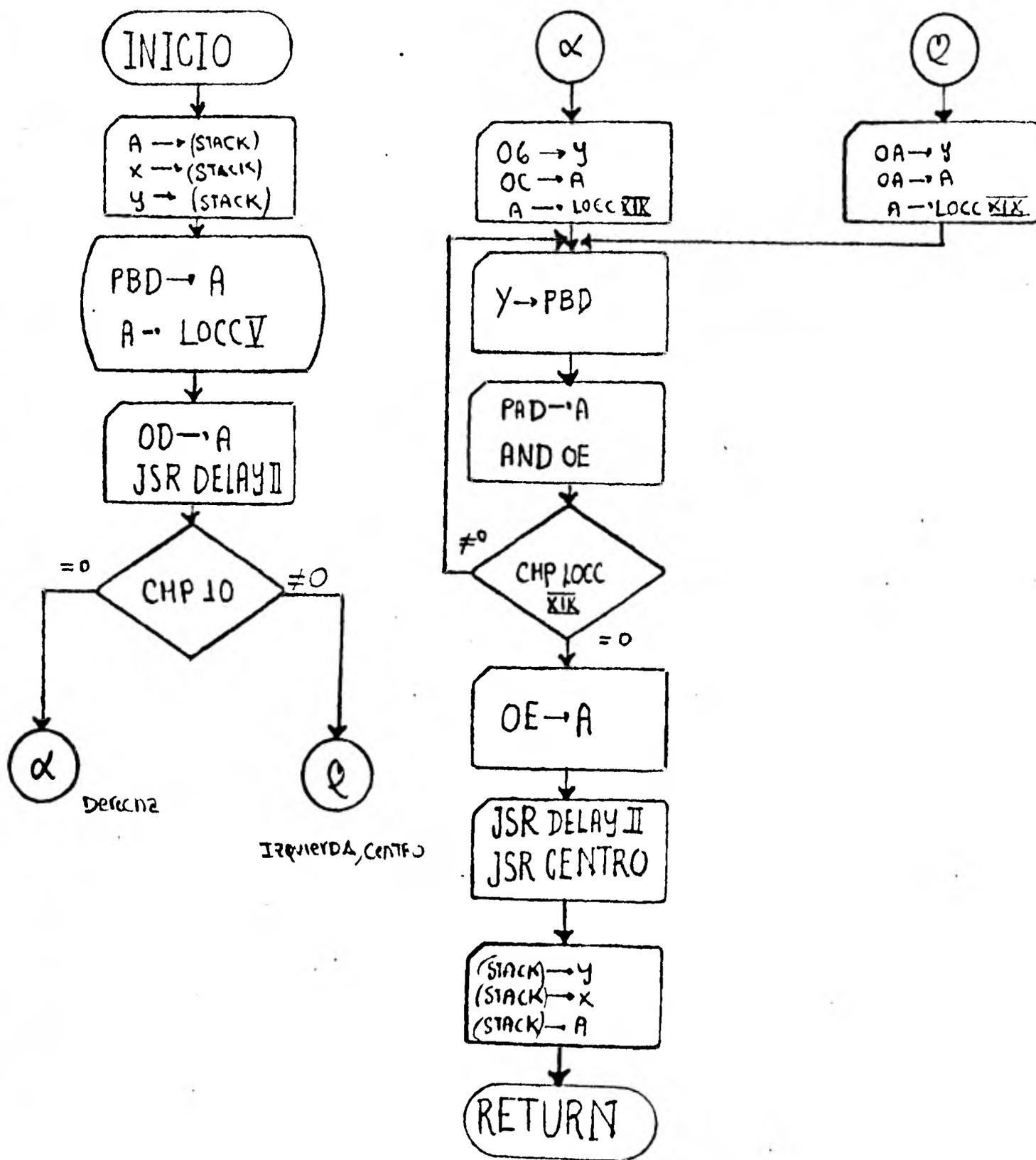


FIGURA XI

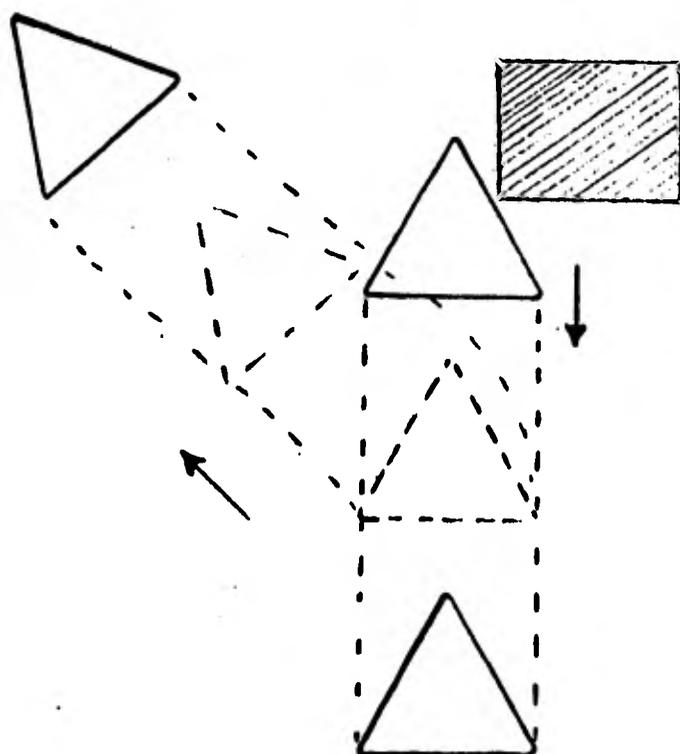


FIGURA XII

NOTA: Los programas tanto en mnemonico como en lenguaje de máquina son mostrados en el apéndice A.

R E F E R E N C I A S ;

I.- Applying Microprocessors to Machine Tool Controller Design.

PART 2. Digital Control and Automation Systems.

Thomas A. Seim.

April 1980, Computer Design.

II.- Control of Robot Manipulator with obstacle avoidance under little information about the environment.

A. A. Petrov, I. M Sirota.

Institute of Control Science, Moscow, USSR.

Reprints: Control Science and Technology for the progress of Society, VOL. XIV.

III.-On Building a light-seeking Robot Mechanism.

Stephen Allen and Tony Rossetti.

August 1978, Byte.

A P E N D I C E A . -

APENDICE A. -

PROGRAMA PRINCIPAL

	LDA OF	021F	A9 OF	
	STAPBDD	0221	8D 03	17
	STA PBD	0224	8D 02	17
	LDA 71	0227	A9 71	
	STA PADD	0229	8D 01	17
	JSR CENTRO	022C	20 00	02
	CLI	022F	58	
AGAIN	LDA OE	0230	A9 OE	
	STA PBD	0232	8D 02	17
BACK	BIT PAD	0235	2C 00	17
	BMI BACK	0238	30 FB	
	LDA PBD	023A	AD 02	17
	AND FO	023D	29 FO	
	CMP 10	023F	C9 10	
	BEQ RIGHT	0241	FO OD	
	CMP 80	0243	C9 80	
	BNE CENTER	0245	DO 12	
LEFT	LDY OA	0247	AO OA	
	LDA OA	0249	A9 OA	
	STA LOCCI	024B	85 00	
	JMP TURNI	024D	4C 5C	02
RIGHT	LDY 06	0250	AO 06	
	LDA OC	0252	A9 0C	
	STA LOCCI	0254	85 00	
	JMP TURNI	0256	4C 5C	02
CENTER	JMP LEFT	0259	4C 47	02
TURNI	STY PBD	025C	8C 02	17
	LDA PAD	025F	AD 00	17
	AND OE	0262	29 OE	
	CMP [00]	0264	C5 00	
	BNE TURNI	0266	DO F4	
	LDA OE	0268	A9 OE	
	JSR DELAY I	026A	20 79	02
	JSR CENTRO	026D	20 00	02
	JMP AGAIN	0270	4C 30	02

SUBROUTINA CENTRO

	LDA PAD	0200	AD 00 17
	AND OE	0203	29 OE
	CMP 06	0205	C9 06
	BEQ RET	0207	FO 14
	TAX	0209	AA
	LDA TABLE I, X	020A	B5 00
	STA PBD	020C	8D 02 17
AGAIN	LDA PAD	020F	AD 00 17
	AND OE	0212	29 OE
	CMP 06	0214	C9 06
	BNE AGAIN	0216	DO F7
	LDA OF	0218	A9 OF
	STA PBD	021A	8D 02 17
	RTS	021D	60

SUBROUTINA DELAY I

	LDY FF	0279	AO FF
	STY LOCC II	027B	84 01
	STY LOCC III	027D	84 03
	LDY 02	027F	AO 02
	STY LOCC IV	0281	84 05
LOOP	STA PBD	0283	8D 02 17
	DEC LOCC II	0286	C6 01
	BNE LOOP	0288	DO F9
	DEC LOCC III	028A	C6 03
	BNE LOOP	028C	DO F5
	DEC LOCC IV	028E	C6 05
	BNE LOOP	0290	DO F1
	RTS	0292	60

INTERRUPCION IRQ

	PHA	0293	48
	TXA	0294	8A
	PHA	0295	48
	TYA	0296	98
	PHA	0297	48
	LDA PBD	0298	AD 02 17
	STA LOCC V	029B	85 06
	LDA OD	029D	A9 0D
	JSR DELAY II	029F	20 00 03
	LDA OF	02A2	A9 OF
	STA PBD	02A4	8D 02 17
	LDA LOCC V	02A7	A5 06
	AND FO	02A9	29 FO
	CMP 10	02AB	C9 10
	BEQ RIGHT	02AD	FO 0D
	CMP 80	02AF	C9 80
	BNE CENTER	02B1	DO 12
LEFT	LDY OA	02B3	A0 0A
	LDA OA	02B5	A9 0A
	STA LOCC XIX	02B7	85 0D
	JMP TURN II	02B9	4C C8 02
RIGHT	LDY 06	02BC	A0 06
	LDA 0C	02BE	A9 0C
	STA LOCC XIX	02C0	85 0D
	JMP TURN II	02C2	4C C8 02
CENTER	JMP LEFT	02C5	4C B3 02
TURN II	STY PBD	02C8	8C 02 17
AGAIN	LDA PAD	02CB	AD 00 17
	AND OE	02CE	29 OE
	CMP [OD]	02D0	C5 0D
	BNE AGAIN	02D2	DO F7
	LDA OE	02D4	A9 OE
	JSR DELAY II	02D6	20 00 03
	JSR CENTRO	02D9	20 00 02
	LDA OE	02DC	A9 OE
	STA PBD	02DE	8D 02 17
	PLA	02E1	68
	TAY	02E2	A8
	PLA	02E3	68
	TAX	02E4	AA
	PLA	02E5	68
	RTI	02E6	40

SUBROUTINA DELAY II

	LDY FF	0300	AO FF
	STY LOCC VT	0302	84 07
	STY LOCC VII	0304	84 09
	LDY 04	0306	AO 04
LOOP	STY LOCC VIII	0308	84 0B
	STA PBD	030A	8D 02 17
	DEC LOCC VI	030D	C6 07
	BNE LOOP	030F	DO F9
	DEC LOCC VII	0311	C6 09
	BNE LOOP	0313	DO F5
	DEC LOCC VIII	0315	C6 0B
	BNE LOOP	0317	DO F1
	RTS	0319	60

DATOS A GUARDAR, (O SACAR), EN PAGINA CERO

0000	-	LOCCI
0001	-	LOCCII
0002	-	07
0003	-	LOCC III
0004	-	OB
0005	-	LOCC IV
0006	-	LOCC V
0007	-	LOCC VI
0008	-	OB
0009	-	LOCC VII
000A	-	07
000B	-	LOCC VIII
000C	-	OB
000D	-	LOCC XIX
000E	-	07

VECTORES

17FA - 00	17FE - 93
17FB - 1C	17FF - 02
(NMI)	(IRQ)

A P E N D I C E B.-

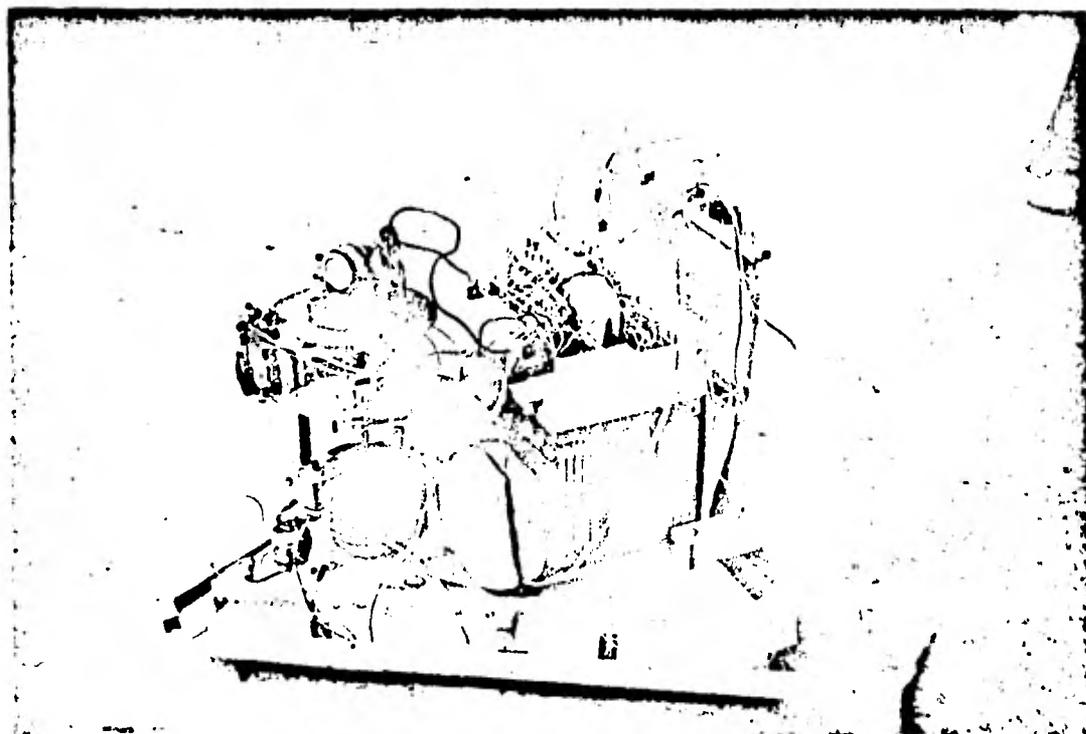


FIGURA 1 VISTA GENERAL DEL ROBOT

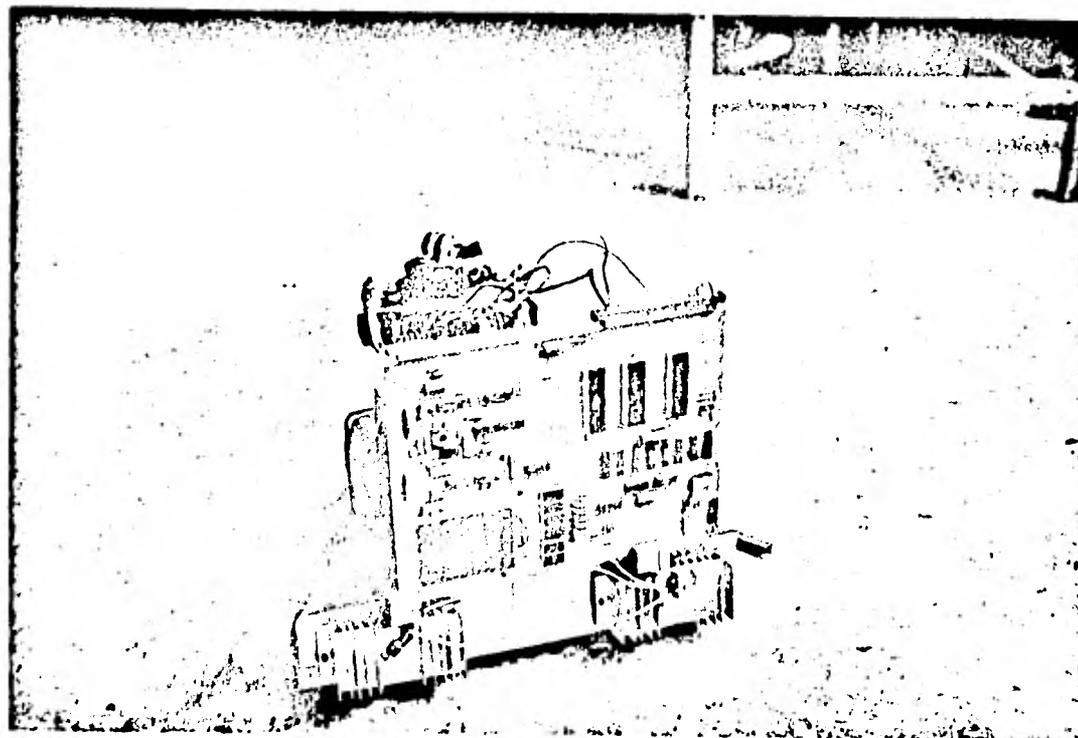


FIGURA 2 EL ROBOT VISTO POR ATRAS

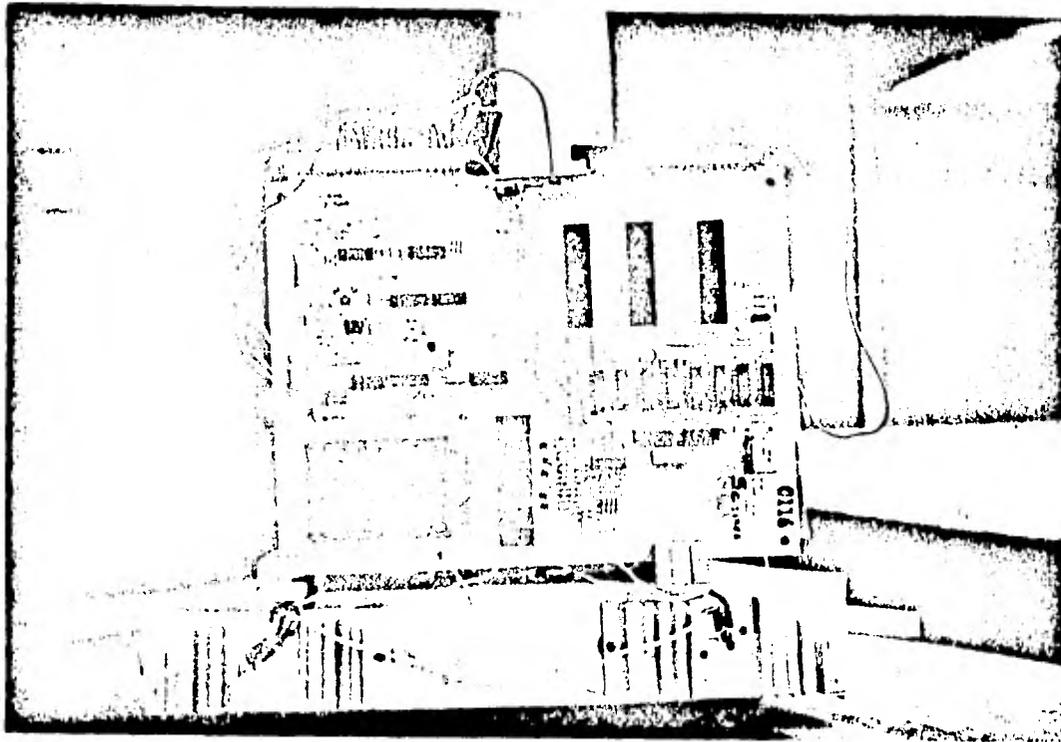


FIGURA 3 EN ESTA FIGURA SE MUESTRA EL μ p
MONTADO EN LA PARTE POSTERIOR DEL
ROBOT

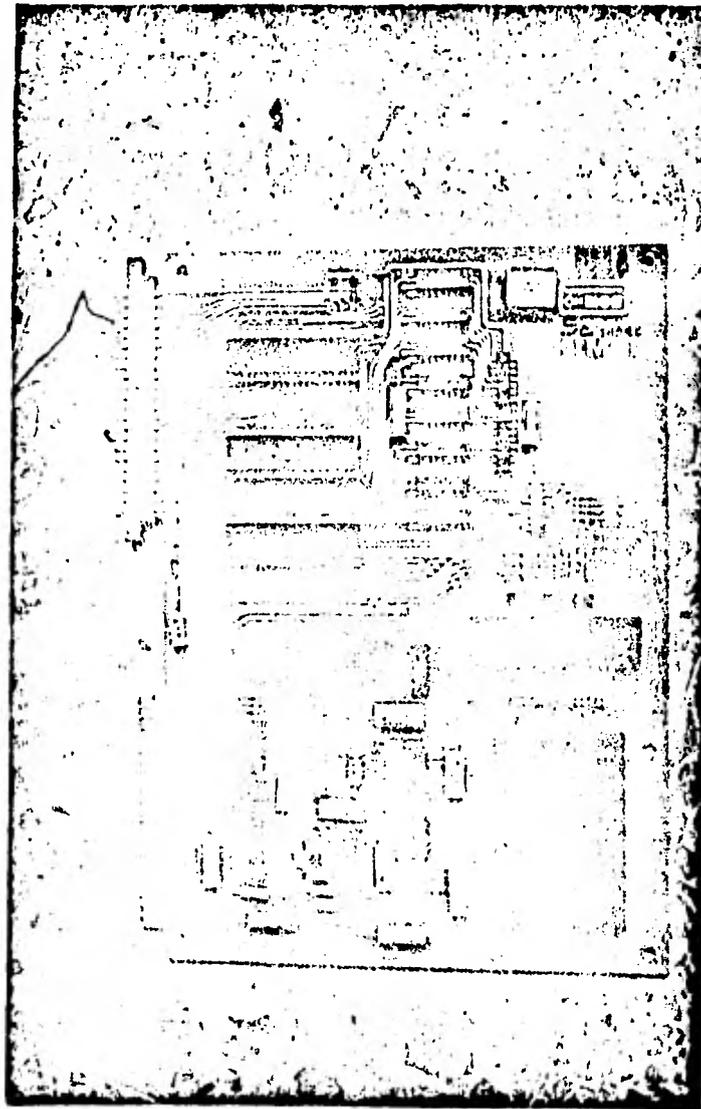


FIGURA 4 EL CEREBRO, PARTE ESENCIAL DEL ROBOT

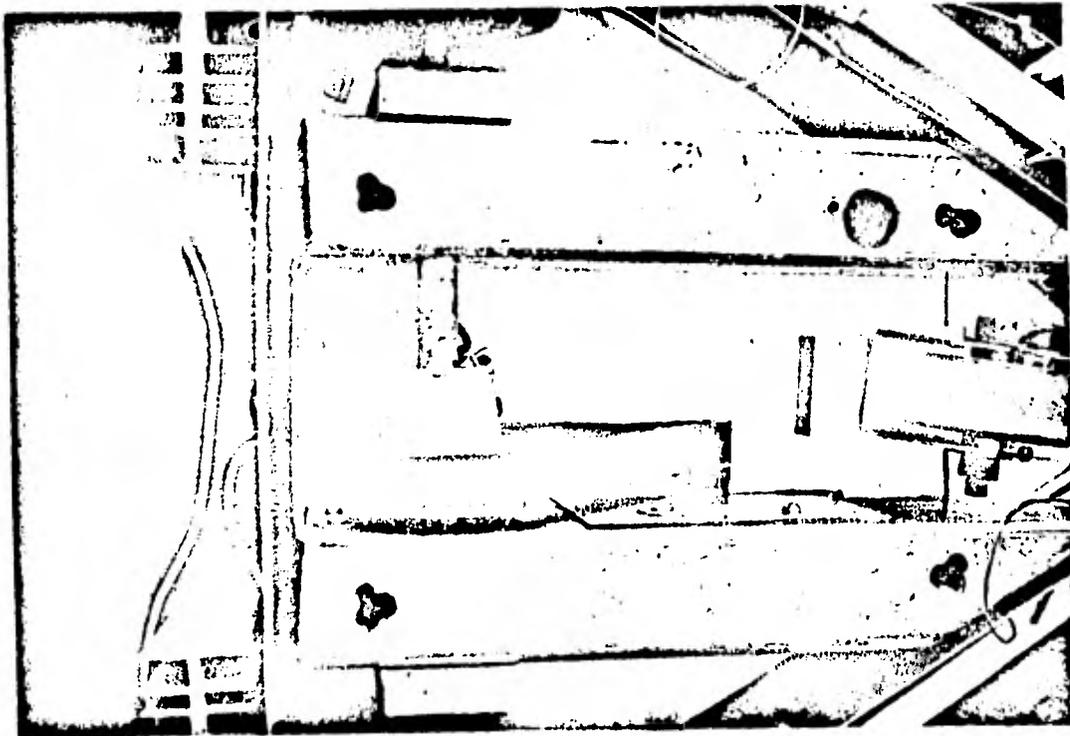


FIGURA 5 SISTEMA DE TRACCION Y DE DIRECCION



FIGURA 6 SISTEMA DE REALIMENTACION DE LA
RUEDA DE DIRECCION