

870116

5<sup>2</sup>  
Egen

---

---

# UNIVERSIDAD AUTONOMA DE GUADALAJARA

Incorporada a la Universidad Nacional Autónoma de México

---

---

ESCUELA DE INGENIERIA



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

DISEÑO DE UN CONTROLADOR DIGITAL PARA AUTOMATIZAR  
EL MOVIMIENTO DE INSTRUMENTOS CON MONTURA ACIMUTAL

---

---

## TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO EN COMPUTACION

P R E S E N T A

ALFONSO INIGUEZ ESPINOZA

GUADALAJARA, JAL., 1989

---

---



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.

## INDICE

INTRODUCCION .....	1
CAPITULO I.- DISEÑO DEL CONTROLADOR DIGITAL ...	10
I.1 CARACTERISTICAS DEL CONTROLADOR .....	11
I.2 RESTRICCIONES DEL CONTROLADOR .....	12
I.3 DISEÑO ESQUEMATICO DEL CONTROLADOR ...	13
I.4 DISEÑO ELECTRONICO DEL CONTROLADOR ...	16
CAPITULO II.- DISEÑO DE LA INTERFAZ CONTROLADOR-POTENCIA .....	28
II.1 SEÑALES DE ENTRADA Y SALIDA DEL CONTROLADOR .....	28
II.2 CARACTERISTICAS DE LA INTERFAZ .....	30
II.3 DISEÑO ESQUEMATICO DE LA ETAPA DE POTENCIA .....	31
II.4 DISEÑO ELECTRONICO DE LA ETAPA DE POTENCIA .....	32
CAPITULO III.- CONTROL DE REVOLUCIONES Y MONTURA DEL INSTRUMENTO .....	42
III.1 CONTROL DEL PULSO DE RELOJ .....	43
III.2 REDUCCION DE REVOLUCIONES .....	45
III.3 MONTURA DEL INSTRUMENTO .....	47
CONCLUSIONES .....	48
APENDICE .....	51

## INTRODUCCION

### INTRODUCCION

El control digital trata sobre la interconexión de componentes digitales y módulos para la automatización de un proceso, tal como la automatización del movimiento de un instrumento con montura acimutal; pero antes de entrar en detalle, se describirá qué es un instrumento con montura acimutal.

Este tipo fr montura es el que tiene todo aquel instrumento que gira sobre dos ejes para localizar un punto; los ejes son perpendiculares entre sí, uno vertical y el otro horizontal. La libertad de movimiento de este instrumento puede ser comparada con el movimiento que realiza un cazador de patos al apuntar su rifle. En las figuras a y b se puede ver la analogía de ambos movimientos.

El instrumento puede girar sobre el eje vertical con una libertad de movimiento de 0 a 360 grados; es decir, que puede localizar cualquier punto a su alrededor y en el eje horizontal tiene una libertad de movimiento de 0 a 90 grados; estos dos movimientos son suficientes para localizar cualquier punto sobre el horizonte.

En la práctica se le llama acimut al movimiento sobre el eje vertical y se le llama altura al movimiento en el eje horizontal; este sistema de medición recibe el nombre de coordenadas horizontales.

Con este sistema se facilita la localización de cualquier punto en una semiesfera; es decir, cualquier punto sobre o arriba del horizonte, solamente se toma como referencia el

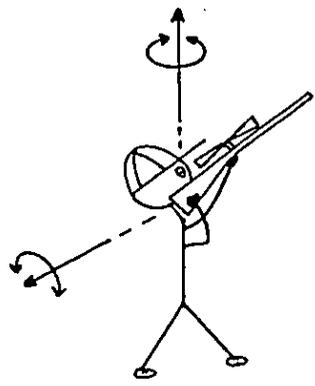


FIGURA a

MOVIMIENTOS QUE REALIZA UN CAZADOR DE PATOS

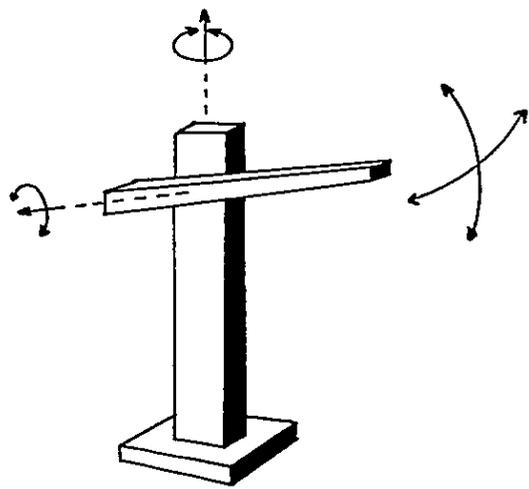


FIGURA b

MOVIMIENTOS QUE REALIZA UN INSTRUMENTO CON MONTURA ACIMUTAL

Norte; esto quiere decir que si el instrumento se localiza en las coordenadas acimut 0 grados y altura 0 grados se encuentra apuntando hacia el Norte geográfico.

En la figura c se puede ver la localización de un punto con coordenadas acimut  $a$  y altura  $b$ .

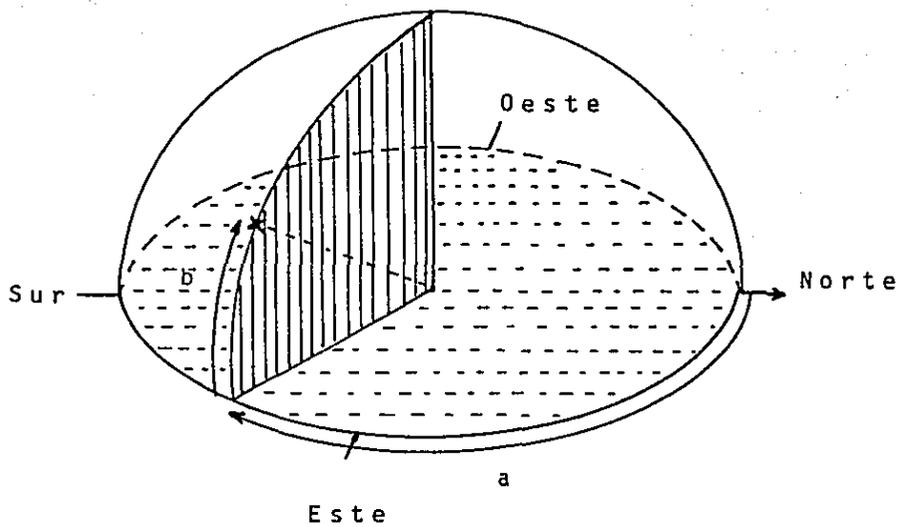


FIGURA c

LOCALIZACION DEL PUNTO a,b (ACIMUT,ALTURA)

## ¿ POR QUE AUTOMATIZAR EL MOVIMIENTO DE UN INSTRUMENTO CON MONTURA ACIMUTAL ?

La idea de automatización surge cuando el movimiento del instrumento tiene que ser constante como en el caso de un telescopio (figura d); otra necesidad de automatización es el movimiento de una antena parabólica debido a la dificultad que representa por su tamaño (figura e); una aplicación muy interesante es el movimiento de un disparador de proyectiles debido a que éste requiere suma precisión (figura f); otra aplicación sumamente importante es el movimiento de una grúa (figura g).

Tal como se puede ver en estos ejemplos, un controlador que realice esta tarea tendría aplicación en varias ramas tales como en la industria, en la investigación, en juegos didácticos, pero sobre todo esta tesis puede ser una introducción al control digital para estudiantes de electrónica digital o para el aficionado a la electrónica.

Esta tesis se divide en tres capítulos y un apéndice. En el primer capítulo se describe detalladamente el diseño del controlador digital, por lo tanto este capítulo es el más importante. El segundo capítulo describe la interfaz controlador-potencia en el cual se explica la manera de amplificar las señales digitales de salida del controlador para mover los motores que posicionarán al instrumento. En el tercer capítulo se analiza el control de revoluciones, el montaje de los motores y la montura del instrumento.

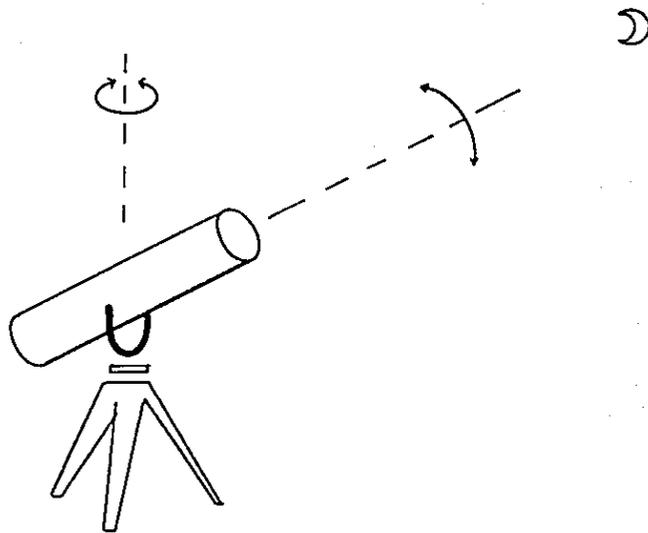


FIGURA d

MOVIMIENTO DE UN TELESCOPIO

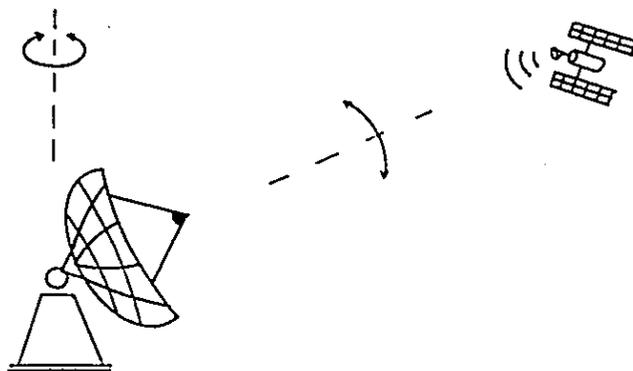


FIGURA e

MOVIMIENTO DE UNA ANTENA PARABOLICA

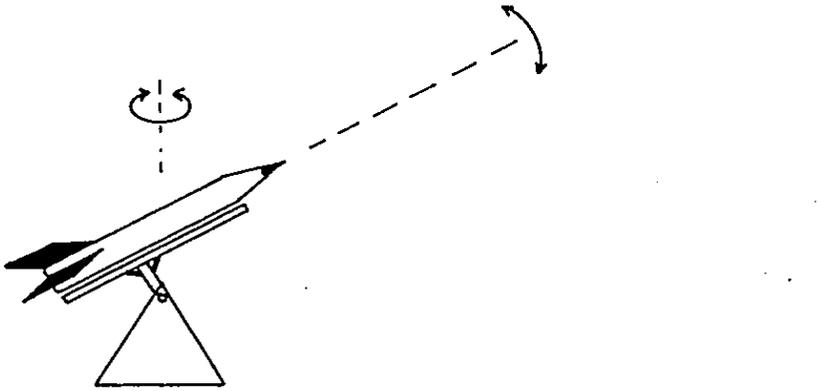


FIGURA f

MOVIMIENTO DE UN DISPARADOR DE PROYECTILES

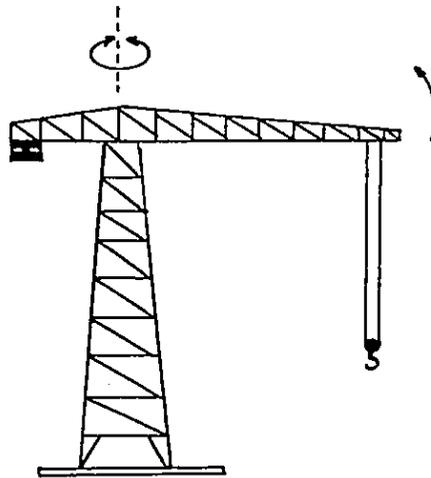


FIGURA g

MOVIMIENTO DE UNA GRUA

Esta tesis incluye los dibujos de los circuitos impresos, lista de circuitos integrados y todo lo necesario para que el estudiante y/o aficionado realice su controlador. En el apéndice aparecen las configuraciones de los circuitos integrados utilizados.

## I.- DISEÑO DEL CONTROLADOR DIGITAL

## I.- DISEÑO DEL CONTROLADOR DIGITAL

### I.1.- CARACTERISTICAS DEL CONTROLADOR DIGITAL

El objetivo de este capítulo es realizar el controlador digital con las siguientes características:

- Capacidad de aceptar un par de coordenadas (acimut y altura).

- Las coordenadas podrán ser dadas manual o automáticamente por medio de una interfaz conectada a un computador.

- El controlador tendrá cuatro salidas digitales destinadas para el movimiento de los motores:

- \* Dos de las salidas serán para mover el motor del eje vertical; es decir, nos darán el movimiento acimutal, una señal ordena girar hacia la derecha y la otra hacia la izquierda.

- \* Las otras dos salidas serán para el movimiento del motor del eje horizontal; con una señal ordenando el movimiento hacia arriba y la otra el movimiento hacia abajo, con estas señales obtenemos la coordenada de altura.

- El funcionamiento del controlador consiste en comparar los valores de las coordenadas previas con el valor de las nuevas coordenadas; después de comparar decide en qué sentido girar cada uno de los motores y la cantidad de grados que necesita girar para apuntar hacia las nuevas coordenadas.

- El controlador será totalmente elaborado con lógica digital, utilizando circuitos integrados TTL.

## 1.2.- RESTRICCIONES DEL CONTROLADOR

- Los valores de las coordenadas serán dados en grados, despreciando minutos y segundos; es decir, que el acimut puede tomar 361 valores distintos de 0 a 360 grados. La altura puede tomar 91 valores de 0 a 90 grados.

- Con estos valores de acimut y altura podemos localizar  $360 \times 90 = 32,400$  puntos distintos.

- Debido a que el controlador toma como referencia las coordenadas en las que se encuentra para realizar el siguiente movimiento, se tiene que el controlador puede encontrarse en cualquiera de los 32,400 puntos para moverse a cualquiera de los  $32,400 - 1$  puntos; es decir, puede realizar:

$(32,400) \times (32,400 - 1) = 1,049,727,600$  movimientos; esto es, más de mil millones. Para darse una idea de la cantidad de movimientos hagamos otro cálculo: si el controlador se toma aproximadamente 15 segundos en aceptar un par de coordenadas manualmente y realizar el movimiento, se necesitan:

$15 \text{ seg.} \times 1 \times 10^9 = 15 \times 10^9$  segundos  
 ¡Esto equivale a 500 años para realizar todos los movimientos posibles!

### I.3.- DISEÑO ESQUEMATICO DEL CONTROLADOR

La manera más sencilla de comenzar un diseño es haciendo un diagrama a bloques del sistema a realizar.

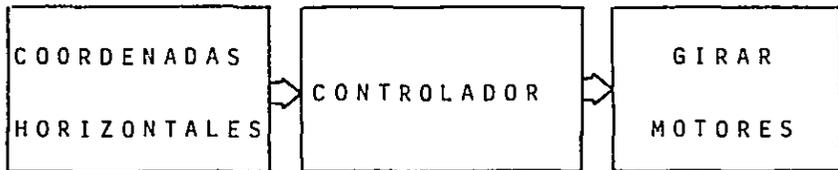


FIGURA 1.1

Después de este diagrama el problema se ha reducido enormemente; todo lo que el control tiene como entrada es un par de coordenadas y tiene como salida las señales que ordenarán el movimiento de los motores. Debido a que el acimut necesita tres dígitos y la altura dos, se necesitan cinco dígitos de entrada. Con respecto a la salida sólo se necesitan cuatro señales tal como se vio en las restricciones del controlador.

Las salidas del controlador son digitales y como una señal digital TTL no tiene voltaje y corriente suficientes para mover un motor, se requiere de una etapa de amplificación que se llamará etapa de potencia con la cual se podrán obtener voltaje y corriente para hacer funcionar los motores. Agregando la etapa de potencia al diagrama de la figura 1.1 se obtiene el siguiente diagrama (figura 1.2).

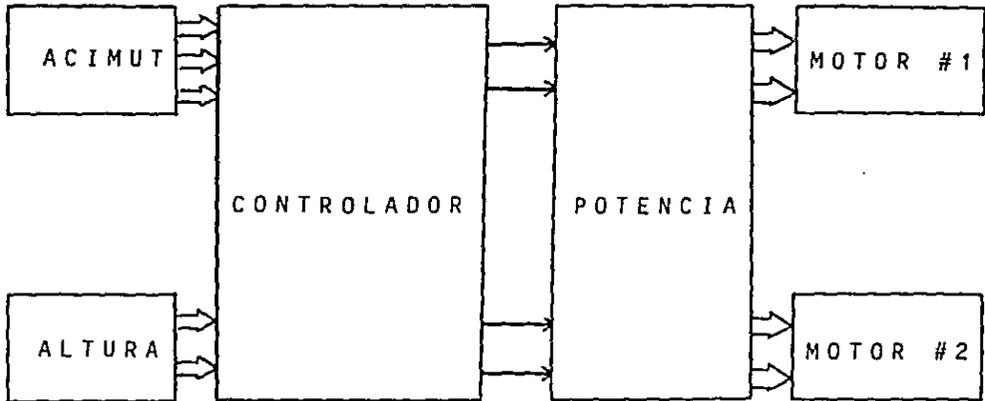


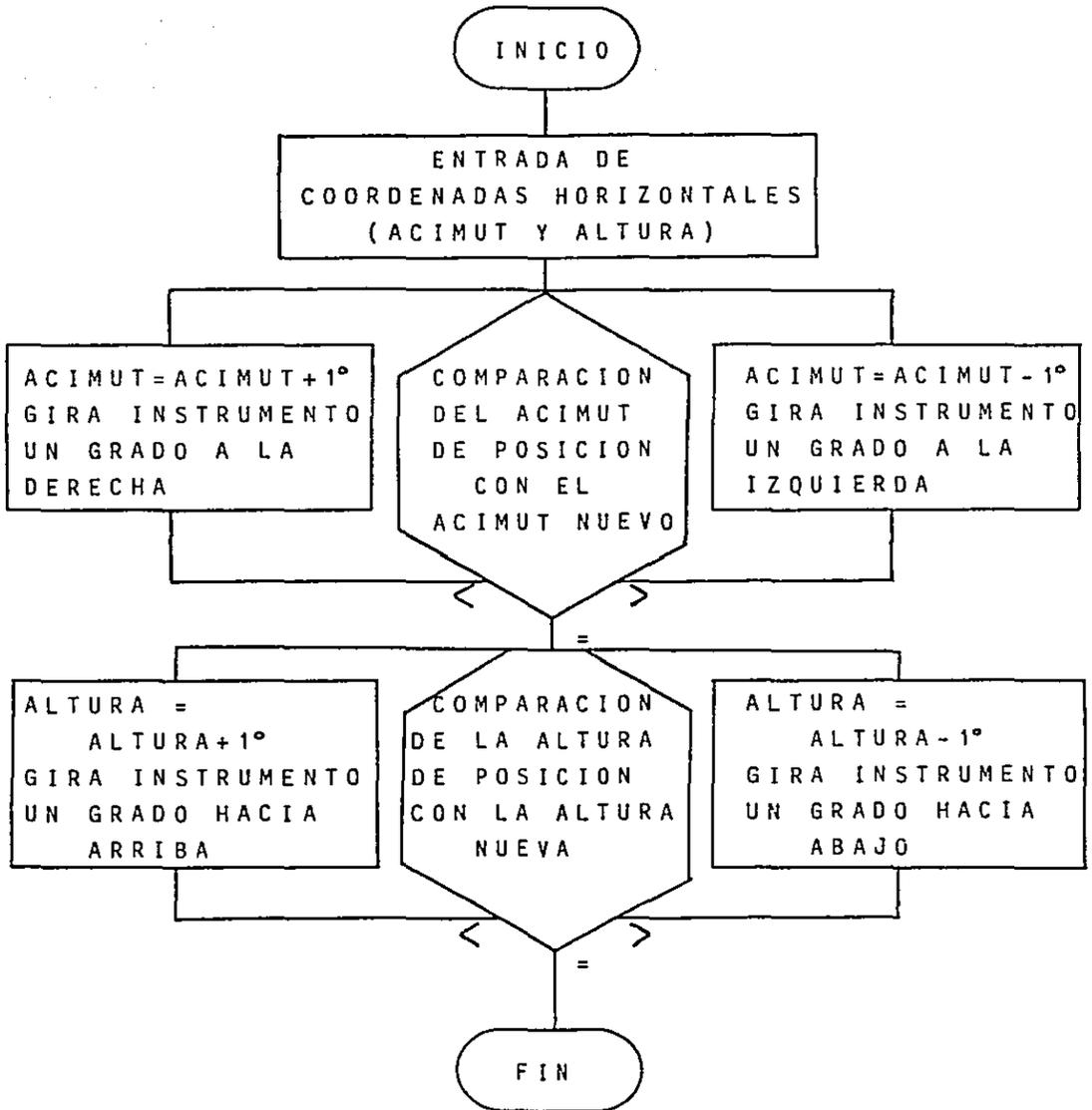
FIGURA 1.2

Tal como se puede ver en la figura 1.2, el diagrama comienza a tomar una forma menos general.

El siguiente paso en el diseño es concentrar toda la atención en el controlador debido a que la etapa de potencia y motores es tema de otros capítulos.

Con todo lo descrito en las restricciones se puede hacer un diagrama de flujo del funcionamiento del controlador.

Dicho diagrama de flujo se muestra en la siguiente hoja.



#### I.4.- DISEÑO ELECTRONICO DEL CONTROLADOR

Estudiando detenidamente el diagrama de flujo anterior se puede ver que el procedimiento para posicionamiento del acimut es exactamente igual que el de la antura; esto simplifica el diseño.

Por ahora supóngase que se va a diseñar un controlador con un sólo dígito de entrada, debido a que cada uno de los cinco dígitos de entrada es similar al que se analizará.

Para un dígito el circuito sería el siguiente (figura 1.3).

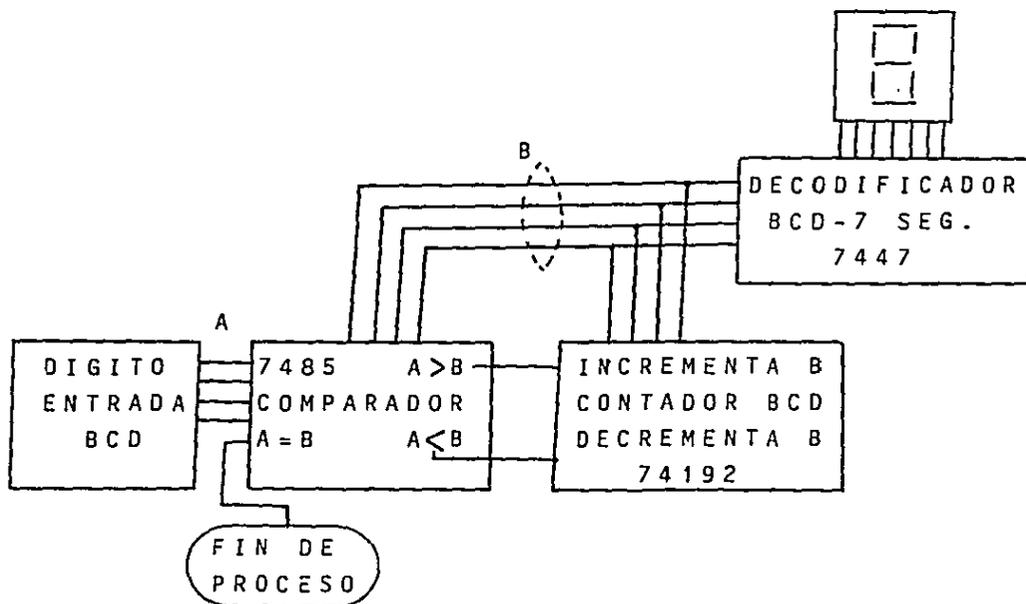


FIGURA 1.3

CIRCUITO BASICO

El lenguaje de la electrónica digital es el sistema numérico binario; es por esta razón que el controlador trabaja en binario.

Para representar un número decimal se requieren 4 bits, donde un bit puede tomar el valor de 0 ó 1. A continuación aparece una tabla con los números del 0 al 9 en binario; a este sistema se le conoce con el nombre de BCD (Binary Coded Decimal).

BCD	DECIMAL
0000	0
0001	1
0010	2
0011	3
0100	4
0101	5
0110	6
0111	7
1000	8
1001	9

TABLA 1.1

Tal como se puede ver en la tabla 1.1 son suficientes 4 bits para representar un número decimal; es por esta razón que hay 4 líneas en la figura 1.3 para representar el dígito "A" y otras 4 para el dígito "B".

Seguramente es difícil para una persona leer el sistema binario, sobre todo si no está familiarizada con él. Para solucionar este problema se agregó el decodificador al circuito; este decodificador convierte el número binario BCD a un número decimal, el cual se puede ver por medio de un display de 7 segmentos. Con 7 segmentos se puede representar cualquier número del 0 al 9; en la tabla 1.2 se pueden ver las entradas y salidas del decodificador TTL 7447.

ENTRADA BCD				SALIDA 7 SEGMENTOS						
A3	A2	A1	A0	a	b	c	d	e	f	g
0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0
0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0
0	0	1	0	1	0	1	1	0	1	1
0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1
0	1	0	0	0	1	0	0	1	1	1
0	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1
0	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1
0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0
1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
1	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1

TABLA 1.2

En el apéndice aparecen las configuraciones del 7447 y de todos los circuitos integrados utilizados en esta tesis; el display de ánodo común utilizado es un DL0 3901 L8132 cuya configuración se muestra en la figura 1.4.

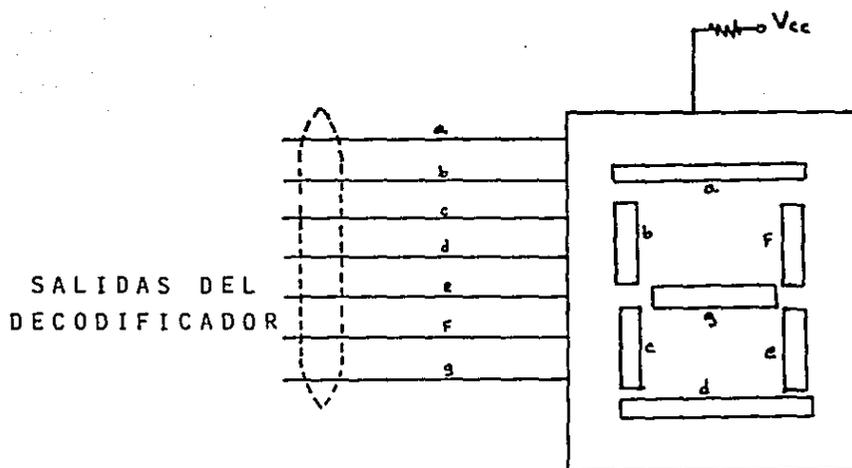


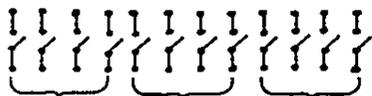
FIGURA 1.4

Otro elemento utilizado en el circuito básico es el contador reversible 74192; éste tiene la capacidad de contar en sentido ascendente y descendente en BCD además de tener salida de acarreo (carry) que se activa cada vez que cruza de 9 a 0; otra salida muy importante es la de préstamo (borrow) que se activa cuando cruza del 0 al 9; es decir, cuando cuenta en sentido inverso. En el apéndice aparece su configuración.

También se utilizará el comparador 7485; este circuito integrado compara dos números binarios de 4 bits, lo cual activa alguna de sus salidas ya sea  $A > B$ ,  $A < B$  o  $A = B$ . Este circuito también tiene capacidad para conectarse en cascada con otros comparadores; es decir, no sólo se limita a comparar números de un dígito sino también puede comparar números de 2, 3 ó n dígitos utilizando un circuito integrado por cada dígito; de la misma forma el circuito integrado contador reversible 74192 puede conectarse en cascada para contar hasta el número que se desee.

En el circuito básico se compara el número "B" conectando la salida del contador con la entrada "B" del comparador; por lo tanto el número "B" será el que cambiará hasta que sea igual al número fijo "A". El número "A" va directamente conectado al comparador "A", y está dado en BCD por medio de interruptores; es decir, si el interruptor está cerrado será un 1 lógico y si está abierto será un 0 lógico.

Los interruptores utilizados para el acimut vienen empaquetados en forma de DIP, con 12 interruptores integrados (3-435 640-2 8302) (figura 1.5) y para la altura se usa un DIP de 9 interruptores (436185-1 8330) (figura 1.6) de los cuales se utilizarán 8 interruptores.



ACIMUT  
FIGURA 1.5



ALTURA  
FIGURA 1.6

Agregando al circuito básico un oscilador que controle el tiempo de cada pulso, se obtiene el siguiente circuito (figura 1.7).

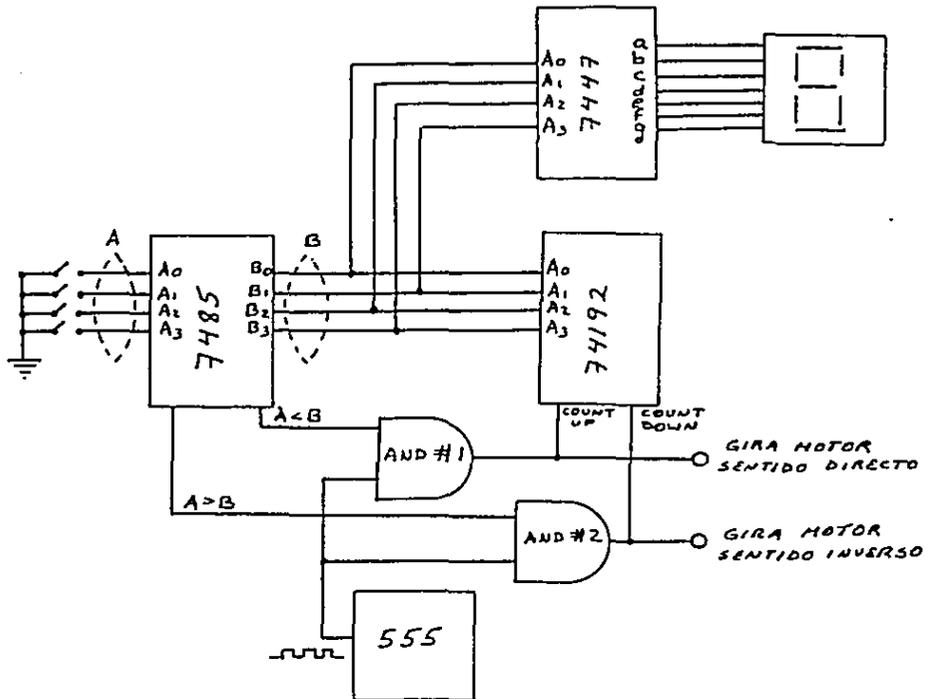


FIGURA 1.7

El oscilador utilizado es el 555; con éste se puede obtener una frecuencia variable que se analizará más adelante.

Las compuertas AND 1 y 2 tienen la función de permitir o impedir el conteo. En las tablas 1.3 y 1.4 se puede ver su funcionamiento.

AND # 1		
A < B	OSCILADOR 555	COUNT UP
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

TABLA 1.3

AND # 2		
A > B	OSCILADOR 555	COUNT DOWN
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

TABLA 1.4

Una vez entendido el funcionamiento del circuito básico es fácil entender el funcionamiento del circuito completo, donde se utilizan cinco circuitos básicos; tres conectados en cascada para el acimut y dos conectados en cascada para la altura.

En la figura 1.8 aparece el circuito completo; en éste aparecen cuatro compuertas OR que tienen la función de permitir el paso de una orden externa (w', x', y', z') proveniente de una computadora. El oscilador tiene un interruptor con el cual se puede seleccionar el oscilador interno (555) o permitir la entrada de un oscilador externo.

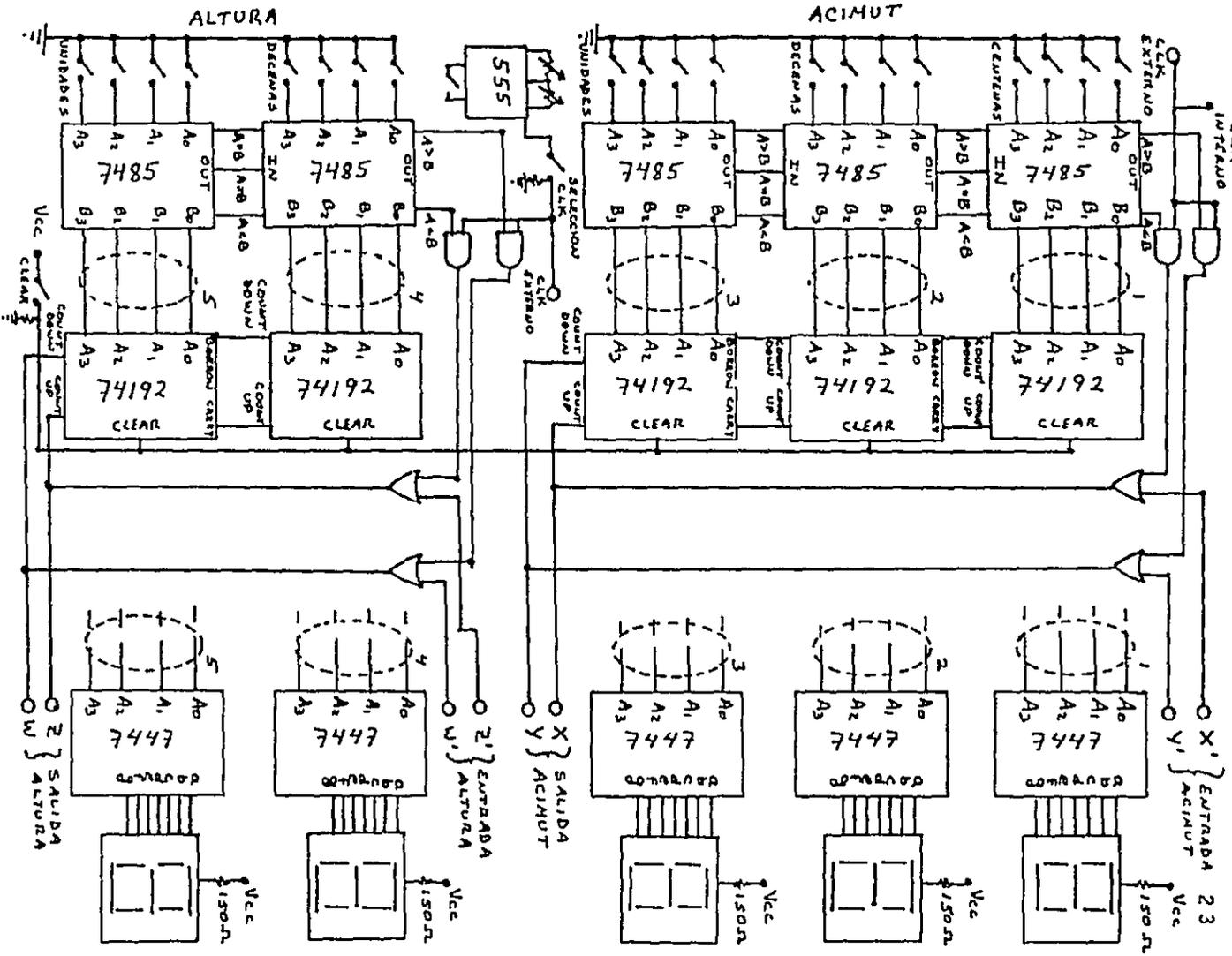


FIGURA 1.8

En la figura 1.9 aparece la colocación de los circuitos integrados en el circuito \_ impreso hecho con los dibujos de las figuras 1.10 y 1.11. El dibujo de la figura 1.11 se encuentra invertido; es decir, ambas caras \_ (1 y 2) están vistas desde arriba.

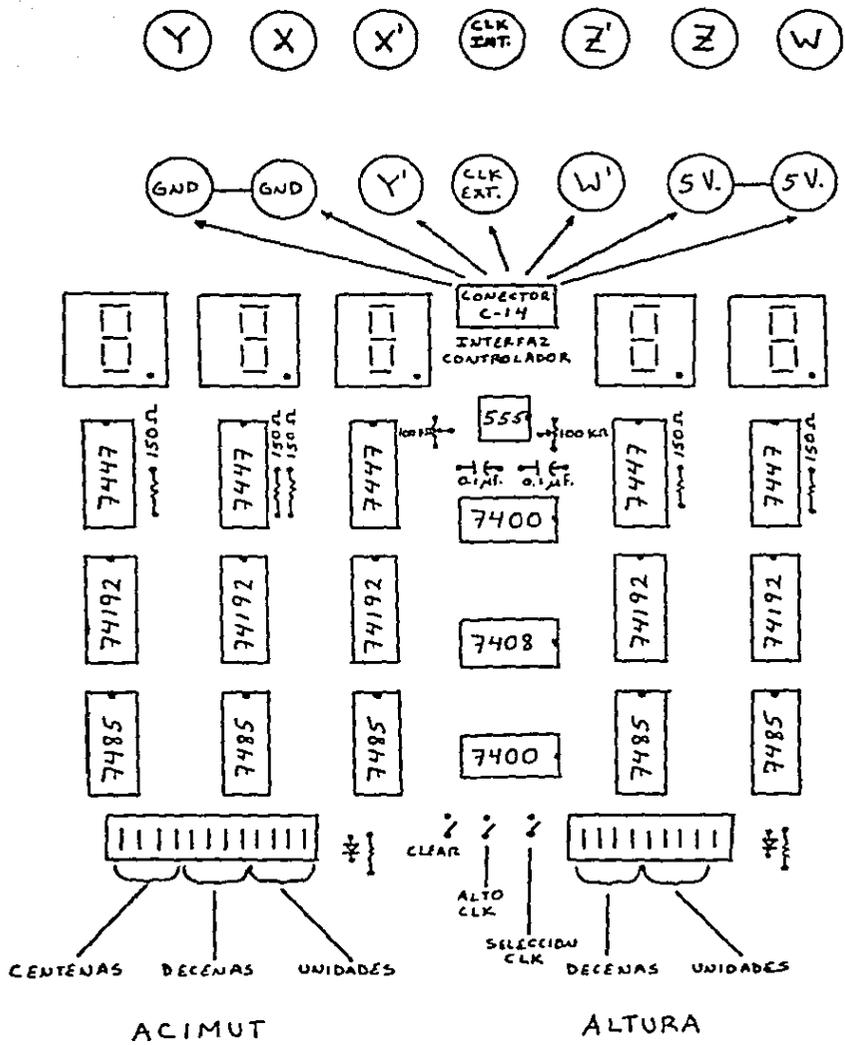
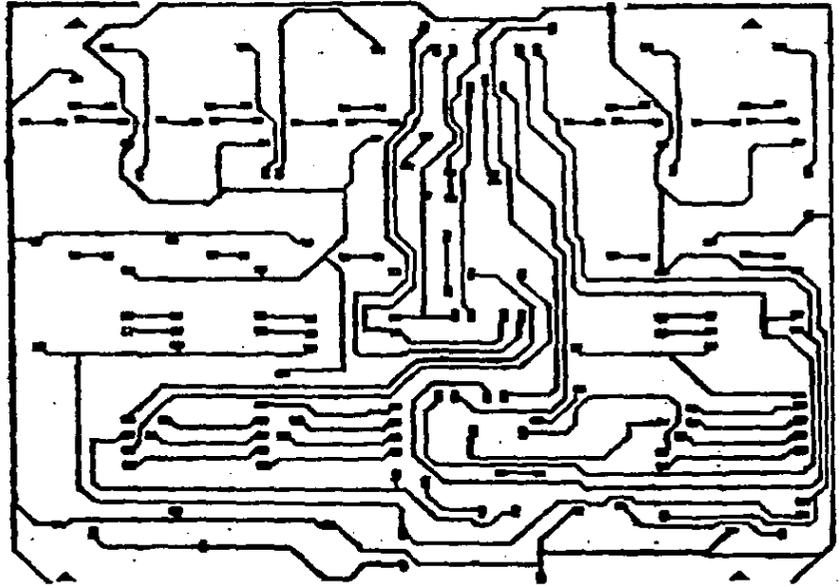


FIGURA 1.9

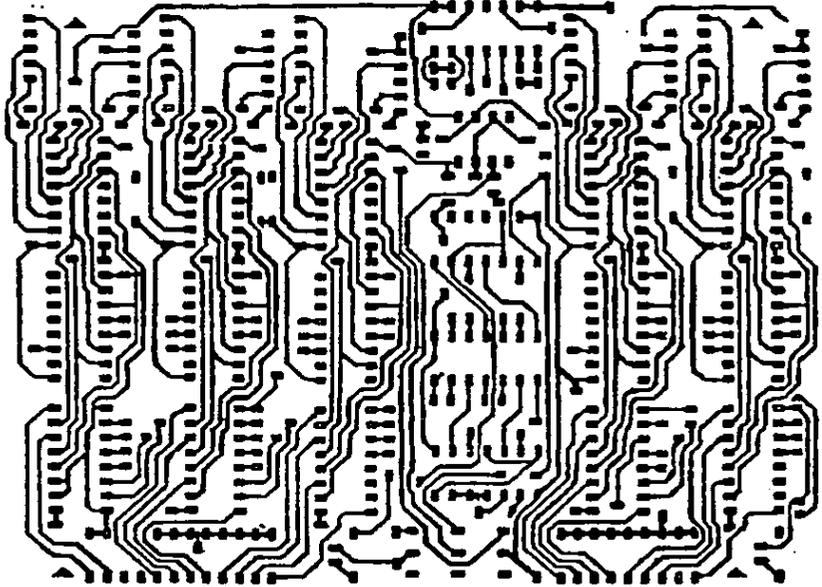


DIBUJO PARA EL CIRCUITO IMPRESO DEL CONTROLADOR  
DIGITAL

CARA # 1

ESCALA 1:1

FIGURA 1.10



DIBUJO PARA EL CIRCUITO IMPRESO DEL CONTROLADOR  
DIGITAL

CARA # 2

ESCALA 1:1

FIGURA 1.11

## II.- DISEÑO DE LA INTERFAZ CONTROLADOR-POTENCIA

## II.1.- SEÑALES DE ENTRADA Y SALIDA DEL CONTROLADOR

Las señales de salida del controlador son las siguientes:

- 1- X- Gira acimut a la derecha (un pulso por grado).
- 2- Y- Gira acimut a la izquierda (un pulso por grado).
- 3- Z- Gira altura hacia arriba (un pulso por grado).
- 4- W- Gira altura hacia abajo (un pulso por grado).
- 5- Referencia (tierra).
- 6- Señal de reloj 555 (tren de pulsos).

Las señales de entrada del controlador son las siguientes:

- 7-X'- Cuenta arriba y gira acimut a la derecha (un pulso por grado).
- 8-Y'- Cuenta abajo y gira acimut a la izquierda (un pulso por grado).
- 9-Z'- Cuenta arriba y gira altura hacia arriba (un pulso por grado).
- 10-W'- Cuenta abajo y gira altura hacia abajo (un pulso por grado).
- 11- Voltaje (5 volts).
- 5- Tierra.
- 12- Oscilador externo.

TABLA 2.1

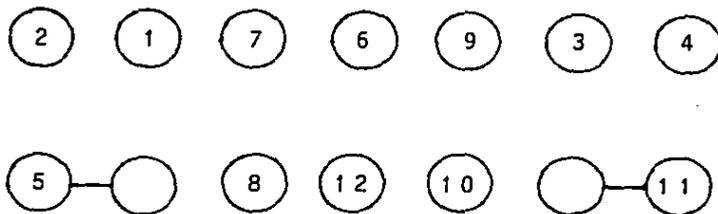


FIGURA 2.1

La distribución de las señales de entrada y salida en el conector se muestra en la figura 2.1.

## II.2.- CARACTERISTICAS DE LA INTERFAZ

- Tendrá como entrada las señales de salida del controlador.

- Tendrá como salida el voltaje y corriente suficientes para mover los dos motores.

- Operará con dos fuentes de poder independientes; una para la lógica digital (misma para el controlador) y otra para mover los motores.

- Efectuará la amplificación utilizando transistores.

### II.3.- DISEÑO ESQUEMATICO DE LA ETAPA DE POTENCIA

Utilizando el mismo principio de diseño del capítulo I se obtiene el siguiente diagrama (figura 2.2).

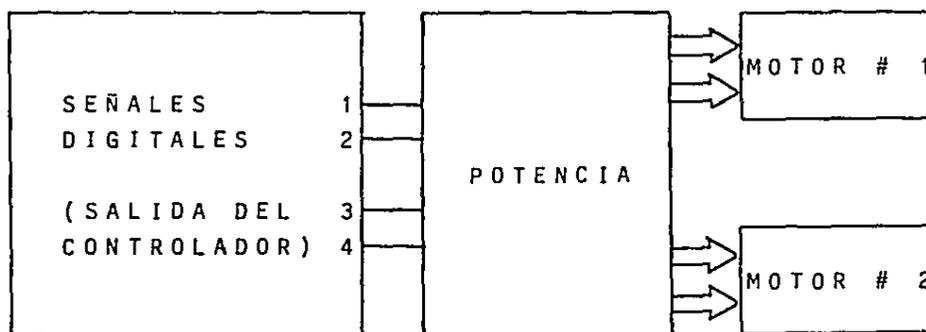


FIGURA 2.2

Las cuatro señales digitales son ampliadas para mover los motores de los ejes de acimut y altura.

## II.4.- DISEÑO ELECTRONICO DE LA ETAPA DE POTENCIA

La amplificación de una señal se puede obtener fácilmente con un transistor; para lograr este efecto se utilizará el transistor de potencia en su forma más simple; esto es, utilizándolo como interruptor; el principio es el siguiente: si se aplica una corriente suficientemente grande a la base del transistor NPN, se satura y se obtiene (idealmente) un corto circuito entre el colector y el emisor (figura 2.3). Ahora, si se elimina la corriente de la base se obtiene (idealmente) un circuito abierto entre el colector y el emisor (figura 2.4).

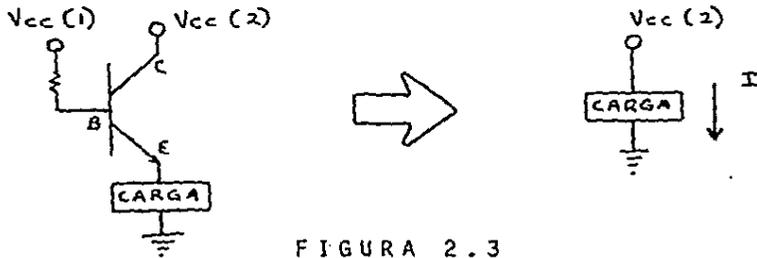


FIGURA 2.3

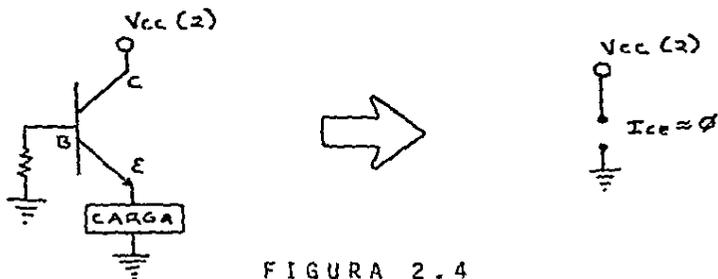


FIGURA 2.4

Debido a que el lector está familiarizado con el funcionamiento del transistor, no se entrará en más detalles.

El problema que se tiene es encontrar una manera de saturar la base del transistor; en el caso del transistor 3055 que se utilizará, se requieren mínimo 55 mA. para saturar la base y una compuerta sólo puede dar de 30 a 40 mA., por esta razón se usarán compuertas de colector abierto ya que a éstas se les puede demandar más corriente utilizando una resistencia externa (figura 2.5).

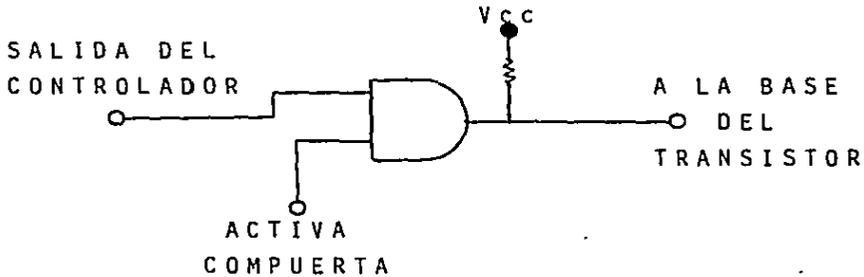


FIGURA 2.5

Se colocará un diodo antes de entrar a la base del transistor para evitar que las corrientes inversas dañen a la compuerta; con una resistencia de 82 ohms se obtiene una corriente de aproximadamente 60 mA. (despreciando la resistencia del diodo) suficiente para saturar la base del transistor.

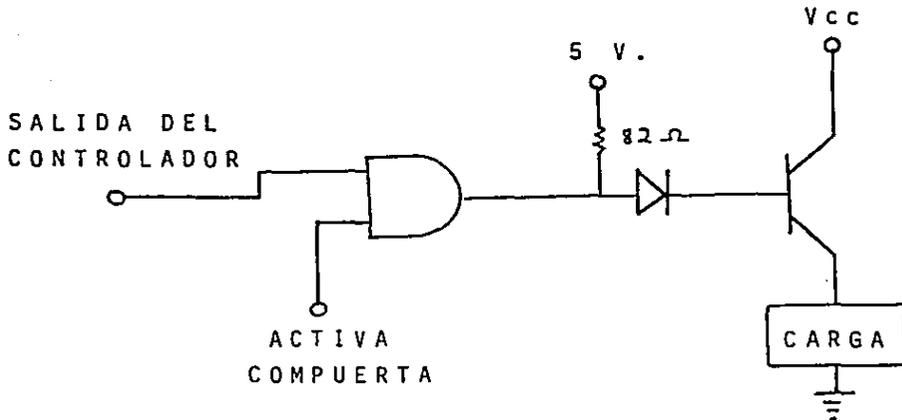
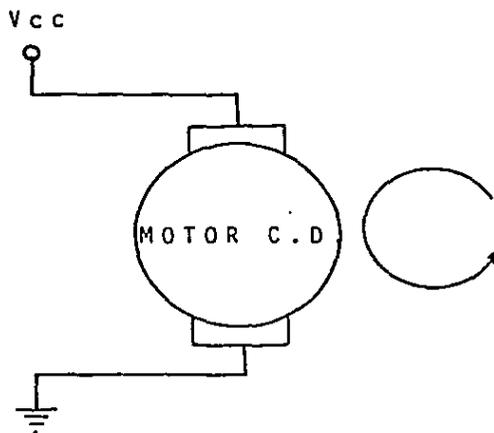


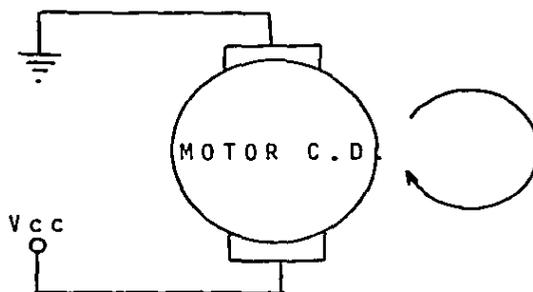
FIGURA 2.6

Con el mismo principio de saturación de transistores se puede diseñar un circuito para mover motores de corriente continua en dos sentidos, pero antes se hará un breve análisis del funcionamiento de un motor de corriente directa. Cuando se aplica un voltaje a un motor de corriente directa gira en un sentido y si invertimos las terminales de voltaje gira en sentido contrario (figuras 2.7 y 2.8).



GIRA EN SENTIDO DIRECTO

FIGURA 2.7



GIRA EN SENTIDO CONTRARIO AL MOTOR a

FIGURA 2.8

Agregando un motor al circuito de la figura 2.6 se obtiene la figura 2.9.

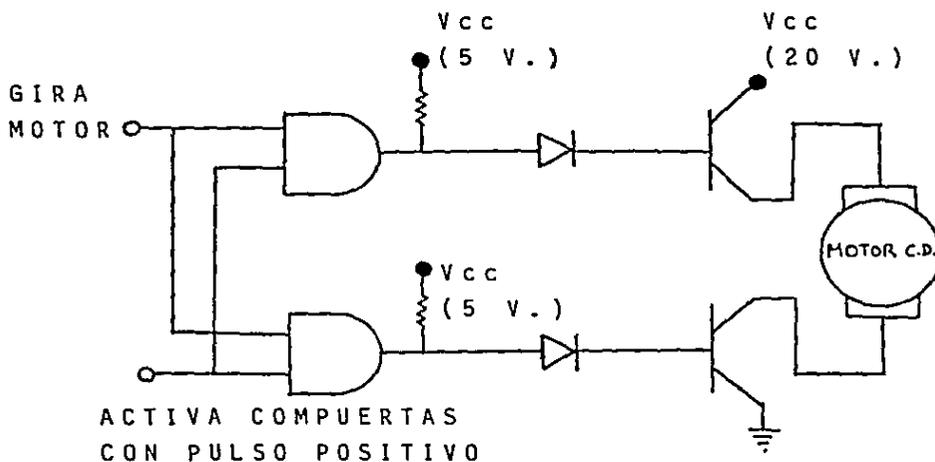
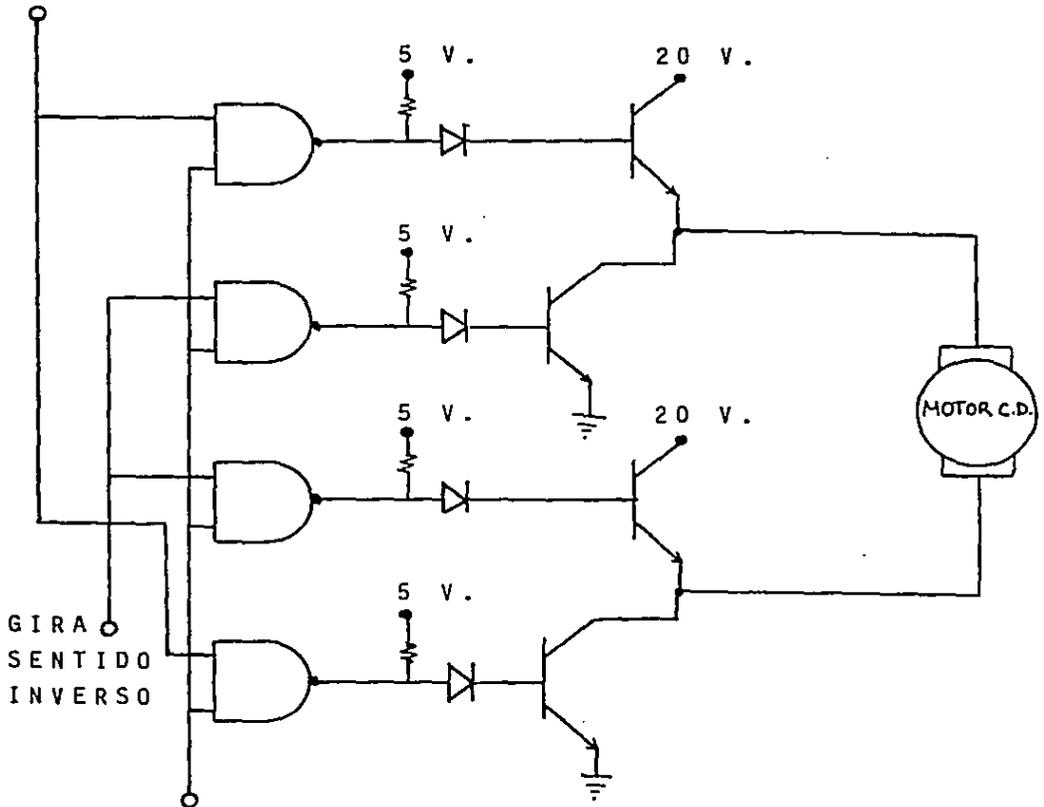


FIGURA 2.9

Cuando se aplica un pulso en la entrada "gira motor" y un pulso en "activa compuerta" (al mismo tiempo) el motor girará porque se pondrán los transistores en corto circuito; pero cuando las salidas de las compuertas sean ceros lógicos el motor quedará prácticamente aislado debido a que los transistores estarán en circuito abierto. Entendiendo el funcionamiento del circuito de la figura 2.9 se está en condiciones de diseñar un circuito para que el motor gire en dos sentidos (figura 2.10).

GIRA  
SENTIDO  
DIRECTO



ACTIVA COMPUERTAS  
CON PULSO NEGATIVO

FIGURA 2.10

El funcionamiento del circuito de la figura 2.10 se puede explicar con la siguiente tabla.

GIRA SENTIDO DIRECTO	GIRA SENTIDO INVERSO	ACTIVA COMPUERTAS	
1	0	0	GIRA SENTIDO DIRECTO
0	1	0	GIRA SENTIDO INVERSO
0	0	0	NO GIRA
X	X	1	NO GIRA
1	1	0	CONDICION AMBIGUA

TABLA 2.2

El siguiente paso es hacer dos circuitos iguales; uno para el motor del acimut y otro para el de la altura (figura 2.11).

Las señales 1, 2, 3 y 4 son las salidas del controlador (ver tabla 2.1). En el circuito 2.11 se puede poner la entrada "activa compuerta" en tierra para tener las compuertas activadas permanentemente. Las compuertas NAND son de colector abierto, 7401 (ver anexo).

Todos los transistores son 2N3055 y los diodos son 1N4001, las resistencias son de 82 ohms.

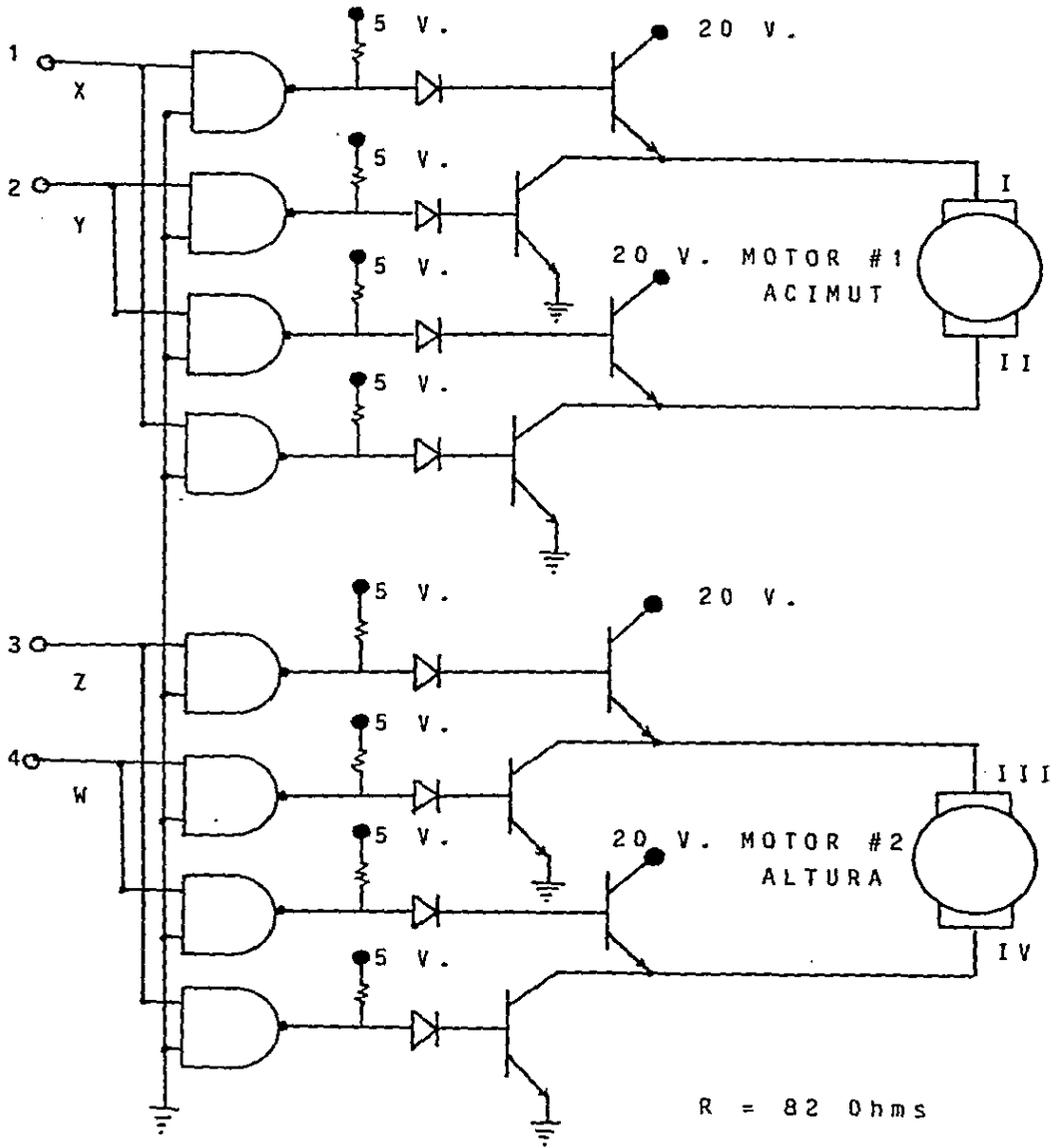


FIGURA 2.11

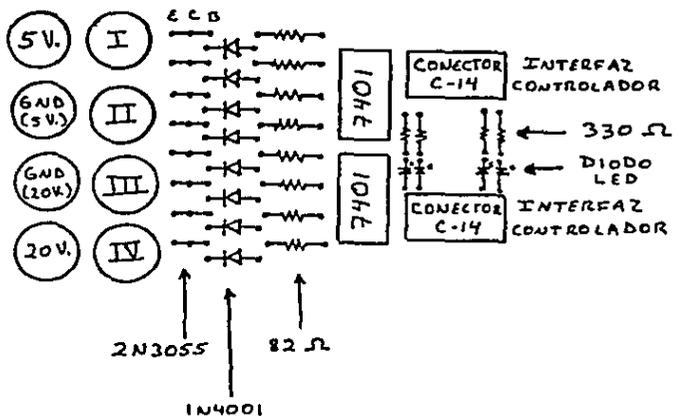


FIGURA 2.12

En la figura 2.12 se muestra la colocación de los componentes en el circuito impreso.

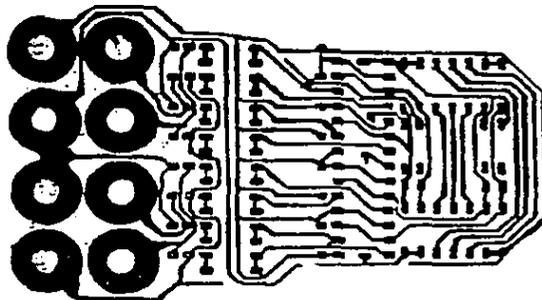


FIGURA 2.13  
DIBUJO PARA REALIZAR EL CIRCUITO IMPRESO  
DE LA ETAPA DE POTENCIA.

III.- CONTROL DE REVOLUCIONES Y MONTURA DEL INSTRUMENTO

### III.1.- CONTROL DEL PULSO DE RELOJ

La duración del pulso de reloj es sumamente importante porque el tiempo que dure el pulso será el tiempo que dure girando el motor. El reloj utilizado es el 555 (figura 1.8) y tiene la siguiente configuración externa (figura 3.1).

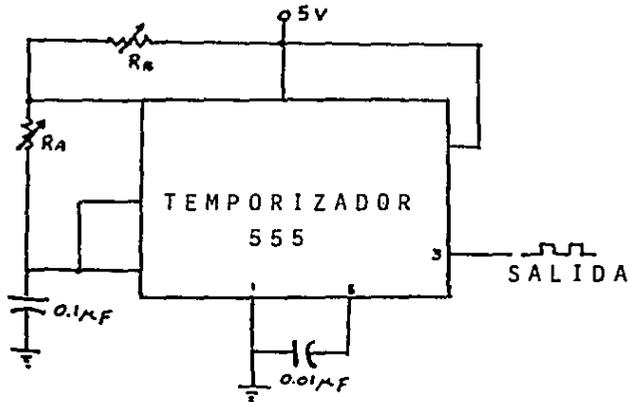
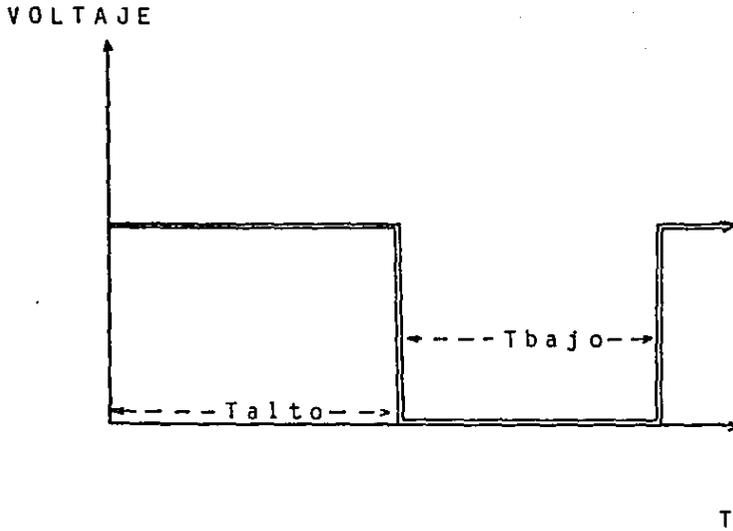


FIGURA 3.1

Las duraciones de los tiempos del pulso se calculan por medio de las siguientes fórmulas:

$$T_{\text{alto}} \approx 0.7(R_A + R_B)C$$

$$T_{\text{bajo}} \approx 0.7R_B C$$



#### DURACION DE LOS TIEMPOS DEL TEMPORIZADOR 555

Debido a que las resistencias  $R_a$  y  $R_b$  son variables se pueden obtener diversas du raciones de pulsos (frecuencia variable) que servirán para calibrar el instrumento; es importante mencionar que el pulso  $T_{alto}$  es el tiempo que dura girando el motor.

### III.2.- REDUCCION DE REVOLUCIONES

Los motores utilizados giran a 1800 revoluciones por minuto y hacen girar un disco de 15 cm.; si el eje del motor mide 0.3 cm, ¿cuánto tiempo deberá durar girando para mover el disco grande un grado? \_ (ver figura 3.2)

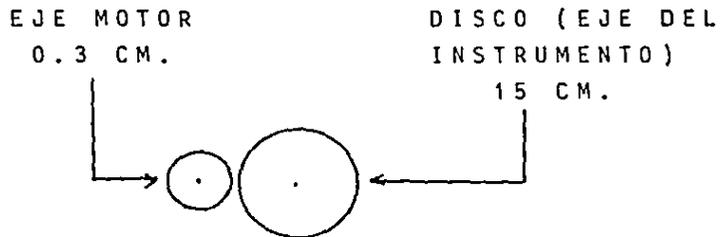


FIGURA 3.2

SOLUCION:

$$\begin{aligned}
 (\text{RADIO MOTOR})(\text{ANGULO DE GIRO MOTOR}) &= \\
 (\text{RADIO DISCO})(\text{ANGULO DE GIRO DISCO}) & \\
 (0.3 \text{ CM.})(\text{ANGULO DE GIRO MOTOR}) &= (15 \text{ CM.})(1^\circ) \\
 \text{ANGULO DE GIRO DEL MOTOR} &= 50^\circ
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{GIRO DEL MOTOR} &= 1800 \text{ RPM} = 30 \text{ RPSEG.} = \\
 1 \text{ REV. CADA } 1/30 \text{ SEG.} &= 360^\circ \text{ CADA } 1/30 \text{ SEG.}
 \end{aligned}$$

$$\frac{360^\circ}{1/30} = \frac{50^\circ}{X} \quad X = \frac{50^\circ (1/30)}{360^\circ}$$

$$X = 4.62 \text{ ms.}$$

TIEMPO DE DURACION DEL PULSO Talto

Este cálculo está hecho despreciando el deslizamiento que puede existir entre los discos; tampoco se toma en cuenta que el motor necesita un tiempo de arranque, por esta razón se utilizan las resistencias variables en el reloj que permiten calibrar el instrumento. El sistema reductor de revoluciones empleado en este diseño es el más simple posible, pero lógicamente si se utiliza un mecanismo reductor más elaborado se puede obtener mayor precisión.

Con los siguientes datos se pueden obtener los valores de las resistencias (aproximados).

$$T_{\text{alto}} = 4.62 \text{ ms.}$$

$$C = 0.1 \text{ microf.}$$

$$T_{\text{alto}} = 0.7(R_a + R_b)C$$

$$4.62 \times 10^{-3} = 0.7(R_a + R_b)(0.1 \times 10^{-6})$$

$$R_a + R_b = 66 \text{ Kohms}$$

Utilizando potenciómetros de 100 Kohms para  $R_a$  y  $R_b$  se puede obtener una calibración bastante aceptable para el instrumento.

## III.3.- MONTURA DEL INSTRUMENTO

La montura consta de dos ejes perpendiculares entre sí; un diseño sencillo es el de la figura 3.3.

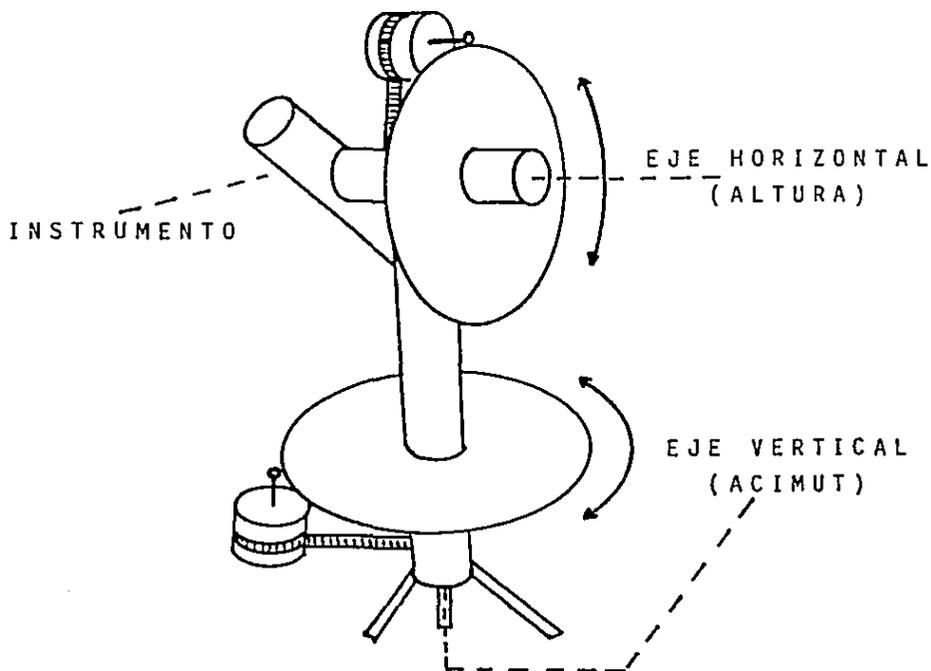


FIGURA 3.3

## CONCLUSIONES

## CONCLUSIONES

El controlador digital está diseñado para operar con precisión de grados, despreciando minutos y segundos; pero si la aplicación del controlador lo amerita, se pueden agregar dígitos sin mayor problema debido a que el principio es el mismo, sólo hay que tomar en cuenta que los contadores de minutos y segundos deben "contar" hasta 60, pero se sugiere que se manejen como fracción de grado; por ejemplo, 30 minutos y 45 segundos es igual a 0.5125 grados; utilizando este principio se simplifica enormemente el circuito y se puede obtener la precisión deseada.

Las entradas X', Y', Z', W' del controlador son las señales externas que pueden ser mandadas desde un computador o por cualquier dispositivo con salidas digitales; estas entradas hacen que se amplíe el campo de aplicación y se puede obtener una automatización total del sistema como por ejemplo, si se está moviendo un telescopio se introduce el nombre del objeto celeste a localizar en un computador y éste se encarga de procesar la información para después ordenar al controlador las coordenadas para localizar el objeto.

También existe la opción de utilizar un reloj externo con el objeto de obtener una mayor precisión si es necesario porque hay que recordar que el tiempo que dura el pulso positivo es el tiempo que dura el motor encendido (girando) y por consiguiente

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

entre más control se tiene sobre el pulso, más preciso es el movimiento.

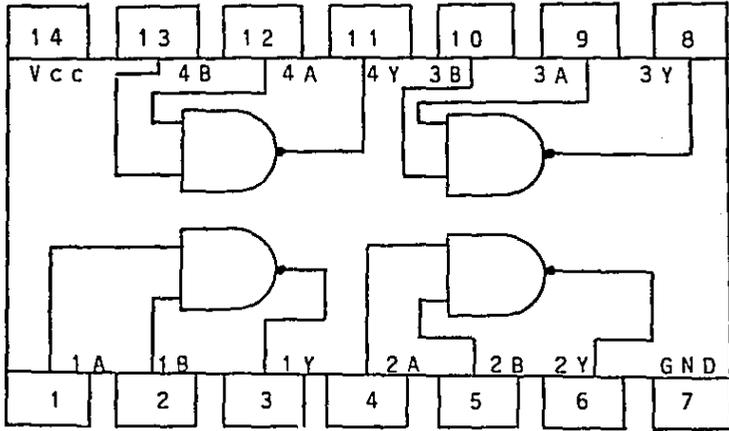
Se pueden utilizar motores con diferentes valores de potencia cambiando los transistores, pero se recomienda utilizar optoacopladores para aislar totalmente los circuitos del controlador y la etapa de potencia de la fuente de los motores porque ésta es independiente de la fuente del controlador.

El mecanismo de la montura puede ser muy variado. Se propuso el más sencillo posible pero se recomienda utilizar un sistema en el cual se tenga una caja reductora de revoluciones y entre mayor sea el poder de reducción, es mejor porque de esta manera se pone más tiempo en operación el motor, logrando éste alcanzar más estabilidad en su giro. Otra opción es utilizar motores de pasos; con este tipo de motores se tiene una precisión garantizada debido a que el error de éstos es prácticamente nulo.

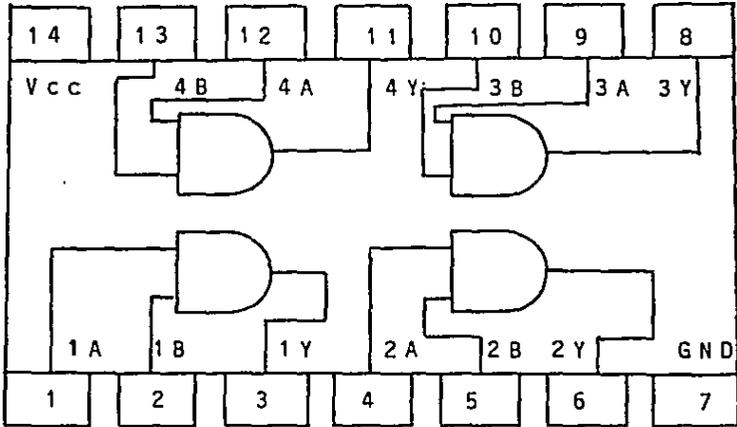
Tal como se puede ver, las aplicaciones son ilimitadas y es posible construir un controlador con mucha precisión.

Por la sencillez de su diseño, este proyecto puede utilizarse como una introducción al control industrial o al fascinante mundo de la robótica.

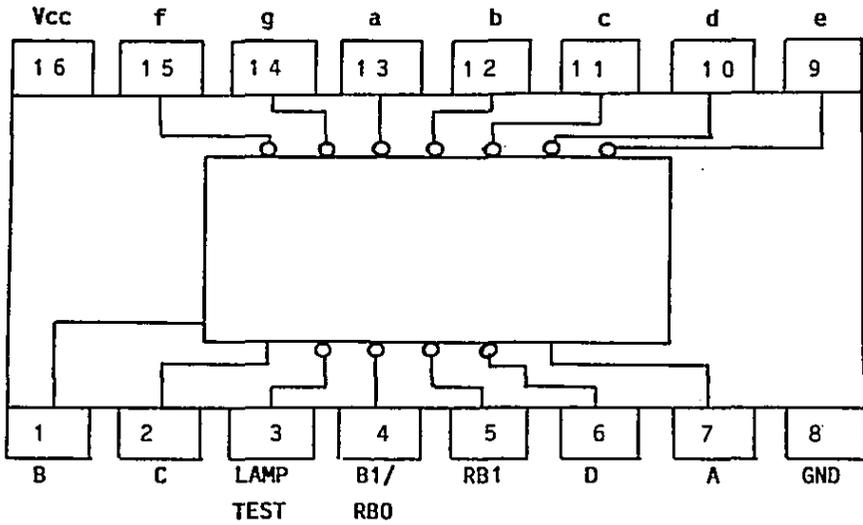
## APENDICE



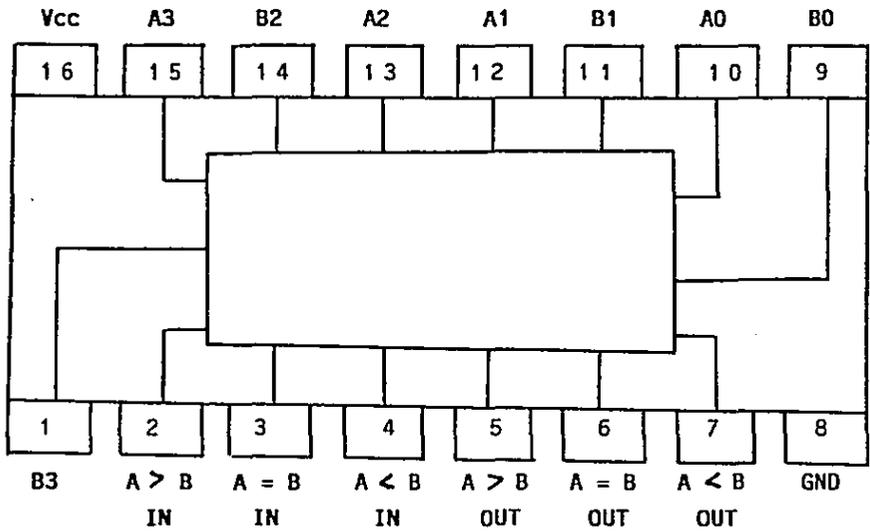
7400 y 7401



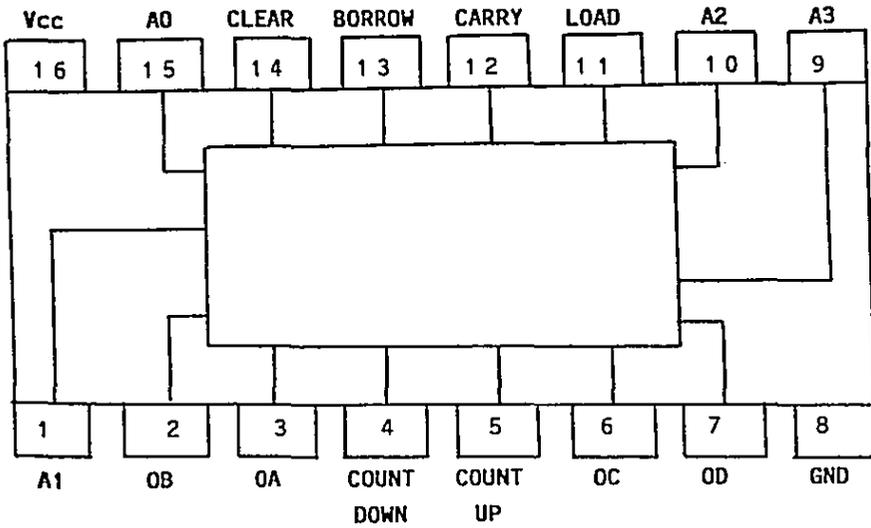
7408



7447



7485



74192

## BIBLIOGRAFIA

Morris Mano, M. LOGICA DIGITAL Y DISEÑO DE COMPUTADORES. California State University, Los Angeles, U.S.A.: Prentice Hall Hispanoamericana, S.A., 1982.

ECG Semiconductors. DIGITAL INTEGRATED CIRCUITS DATA MANUAL. U.S.A.: Philips ECG, 1981.

Tocci, Ronald J. SISTEMAS DIGITALES: PRINCIPIOS Y APLICACIONES. Monroe Community College, U.S.A.: Prentice Hall Hispanoamericana, S.A., 1981.

Morris Mano, M. ARQUITECTURA DE COMPUTADORES. California State University, Los Angeles, U.S.A.: Prentice Hall Hispanoamericana, S.A., 1983.

Boylestad, R. y Nashelsky, L. ELECTRONICA TEORIA DE CIRCUITOS. University of Southern California, U.S.A.: Prentice Hall Hispanoamericana, S.A., 1983.