aad 5093

TESIS
IID99
D8

UNIVERSIDAD CATOLICA ANDRES BELLO

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA DE INGENIERIA INDUSTRIAL

DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN SISTEMA SEGUIDOR SOLAR ACOPLADO A UN PANEL FOTOVOLTAICO

Este Jurado; una vez realizado el examen del presente trabajo ha evaluado su contenido con el resultado: meritorio

JURADO EXAMINADOR

Firma:	Firma:	Firma:
Nombre: Hector Buonanno	Nombre:	Nombre: Dr. Lubomir Davis

REALIZADO POR	JOSE ANGEL DUMA PINGARRON
PROFESOR GUIA	ING. NICOLA BUONANNO
FECHA	OCTUBRE DE 1991

PROLOGO

"Las cimas que los sabios alcanzaron y conservaron
No las lograron en vuelo repentino
Pues ellos, mientras sus compañeros
dormían, laboraron en la noche para lograrlas."

La Escalera de San Agustín, Longfellow

La realización de este trabajo fue desde el principio una inquietud y sobre todo un reto. El objetivo planteado ya ha sido alcanzado, pero la inquietud aún permanece.

Es precisamente la existencia de esta inquietud que nunca muere, la que enriquecerá nuestras vidas con objetivos alcanzados, satisfacciones y el anhelo de ser mejor cada día.

Vale la pena que todos tengamos esta actitud, en pro de un desarrollo no sólo profesional, sino de este país en el que vivimos.

INDICE

PAGINA

SINOPSIS..... 8

INTRODUCCION..... 10

CAPITULO I.

1.1.- CONSIDERACIONES GEOMETRICAS..... 13

1.1.1.- MOVIMIENTOS DE LA TIERRA..... 13

1.1.2.- DECLINACION SOLAR..... 15

1.1.3.- HORA SOLAR..... 16

1.1.4.- HORA SOLAR V/S HORA TERRESTRE..... 16

1.1.5.- ANGULO HORARIO..... 17

1.2.- LA LOCALIZACION DEL SOL..... 18

1.2.1.- EL CAMINO DEL SOL A TRAVES DE LA ESFERA CELESTE..... 18

1.2.2.- ANGULOS DE AZIMUT SOLAR, ALTITUD Y CENIT..... 19

1.2.3.- ALBA Y OCASO..... 21

1.3.- ANGULOS DE INCIDENCIA SOLAR..... 22

1.3.1.- ORIENTACION DE SUPERFICIES FIJAS..... 22

1.3.2.- ANGULO DE INCIDENCIA SOLAR PARA SUPERFICIES FIJAS..... 23

1.3.3.- SUPERFICIES RASTREADORAS..... 24

1.3.4.- ANGULO DE INCIDENCIA SOLAR PARA UNA SUPERFICIE RASTREADORA..... 25

PAGINA

CAPITULO II.

2.- MECANISMOS PARA EL SEGUIDOR SOLAR..... 28

2.1.- CAJAS REDUCTORAS..... 29

2.2.- SENSORES..... 30

CAPITULO III.

3.- DESCRIPCION GENERAL..... 32

3.1.- MICROPROCESADOR..... 33

3.1.1.- BUSES DE CONEXION..... 33

3.2.- MEMORIAS..... 34

3.3.- PERIFERICOS..... 35

CAPITULO IV.

4.1.- DESCRIPCION DETALLADA..... 38

4.2.- MEMORIAS..... 44

4.2.1.- MEMORIA RAM (Random Access Memory)..... 44

4.2.1.1.- CIRCUITO HABILITADOR..... 46

4.2.2.- MEMORIA ROM (Read Only Memory)..... 48

4.2.2.1.- CIRCUITO HABILITADOR..... 49

4.3.- "MAPEO" DE MEMORIA..... 49

4.4.- PERIFERICOS..... 51

4.4.1.- SISTEMA DE ADQUISICION DE DATOS..... 52

4.4.1.1.- TRANSDUCTOR DE POSICION ANGULAR..... 58

4.4.1.2.- TRANSDUCTOR DEL ELEMENTO FOTOSENSOR..... 60

PAGINA

4.5.- RELOJ DE TIEMPO REAL..... 62

4.5.1.- FRECUENCIA DE OSCILADOR..... 64

4.5.2.- CIRCUITO HABILITADOR..... 65

4.5.3.- FORMATO DEL REGISTRO DE INTERRUPCIONES.. 67

4.6.- TECLADO..... 68

4.6.1.- CIRCUITO HABILITADOR..... 71

4.7.- VISUALIZADORES..... 72

4.7.1.- CIRCUITO HABILITADOR..... 74

4.8.- CONMUTADOR DEL MOTOR..... 75

4.8.1.- CIRCUITO HABILITADOR..... 76

4.8.2.- INTERFASE MOTOR-PUERTO DE SALIDA..... 77

4.9.- INTERRUPCIONES DEL SISTEMA..... 79

CAPITULO V.

5.1.- OPERACION GENERAL DEL SISTEMA..... 83

5.2.- OBSERVACIONES..... 86

5.3.- CONCLUSIONES..... 88

5.4.- RECOMENDACIONES..... 90

BIBLIOGRAFIA..... 93

ANEXOS:

ANEXO 1: SISTEMA OPERATIVO..... 97

ANEXO 2: DIAGRAMA CIRCUITAL DEL EQUIPO..... 111

SINOPSIS

El presente trabajo tiene como objetivo fundamental el diseño de una circuitería electrónica capaz de efectuar operaciones de control sobre un mecanismo rastreador o seguidor solar que busca la posición del Sol. La finalidad de un sistema de este tipo es buscar una mayor captación de la energía solar que incide sobre un panel solar fotovoltaico.

El trabajo se compone de cinco capítulos. En el primero se da una descripción somera de las consideraciones geométricas referentes al movimiento solar, mencionándose los ángulos más importantes a tomar en cuenta para la elaboración del sistema seguidor solar.

El segundo capítulo describe, de una forma muy gráfica, el prototipo del mecanismo seguidor solar, mostrando los detalles más importantes del mismo.

En el tercer capítulo se da una explicación general acerca de los componentes de un circuito digital progarmable basado en el uso de un microprocesador como elemento de control.

En el cuarto capítulo se tiene una descripción detallada del circuito diseñado para cumplir las acciones de control necesarias para el funcionamiento del sistema seguidor solar, explicándose en detalle cada parte funcional del

circuito y demostrando la cohesión existente entre el Hardware (circuitería) y el Software (programas), como partes componentes de un todo.

El quinto capítulo trata de la operación general del equipo, describiendo todas sus características de funcionamiento. Así mismo, se encuentran las observaciones, conclusiones y recomendaciones que se derivaron de las pruebas de funcionamiento a que fue sometido el equipo.

Por último, en los anexos se encuentran, el sistema operativo (programas) y los planos del circuito.

INTRODUCCION

La energía eléctrica no se encuentra presente en la naturaleza como una fuente de energía primaria y, en consecuencia, sólo podemos disponer de ella a través de la transformación de alguna otra forma de energía.

Los métodos actualmente utilizados en la obtención de energía eléctrica se basan principalmente en la transformación, en una o varias etapas, de otras fuentes de energía, tales como la mecánica o la térmica (combustible), tomando en cuenta también la utilización cada vez mayor de la energía nuclear. Todas estas fuentes de energía presentan varios inconvenientes, entre los que se cuentan: alto costo de infraestructura, contaminación ambiental, costos elevados de mantenimiento, agotamiento del combustible, etc. Los inconvenientes enumerados anteriormente traen como consecuencia una desigual disponibilidad de energía entre los países distribuidos en el globo terráqueo, algunos de los cuales, por poseer el combustible o en su defecto grandes posibilidades económicas, tienen para sí el monopolio de los recursos energéticos. La energía solar se presenta, encontes, como la gran alternativa para subsanar estas diferencias ya que, evidentemente, su disponibilidad no se encuentra sujeta a intereses económicos o políticos, sino únicamente a condiciones de tipo ambiental.

En la utilización de celdas solares como fuente de energía se debe tomar en cuenta la baja eficiencia de las mismas en la transformación de la energía solar en eléctrica, debida exclusivamente al material con que se encuentran construidas. Esta eficiencia, que viene suministrada por el fabricante, se encuentra en el orden del 30%, y es determinada para una condición de perpendicularidad entre el panel y los rayos solares incidentes. De ahí que, para un panel que se encuentra colocado con una orientación fija, esta condición sólo se dará como máximo una vez al día, resultando en una eficiencia efectiva menor a la nominal.

De esta condición, surge la necesidad de un mecanismo seguidor solar que permita obtener en todo momento la mayor eficiencia disponible del panel solar, siendo éste el principal objetivo del presente trabajo.

CAPITULO I

CAPITULO I

1.1.- CONSIDERACIONES GEOMETRICAS.

1.1.1.- MOVIMIENTOS DE LA TIERRA.

Por todos son conocidos los dos movimientos principales de la Tierra, el de rotación sobre su propio eje y el de traslación alrededor del Sol. La tierra se traslada siguiendo una órbita elíptica en la que el Sol representa uno de los focos (figura 1). La forma elíptica de la órbita se encuentra exagerada en esta figura; de hecho, su forma es muy cercana a un círculo, cuyos semiejes mayor y menor son de $1{,}4968 \times 10^{8}$ Km y $1{,}4966 \times 10^{8}$ Km respectivamente, siendo su excentricidad de e=0,0167.

El tiempo necesario para una revolución completa ha sido definido como un año, encontrándose dentro del mismo dos fechas importantes, a saber: Perihelio, punto en que la Tierra se encuentra más cercana al Sol, que ocurre aproximadamente el 2 de Enero; Afelio, punto donde la Tierra se encuentra más alejada del Sol, que ocurre aproximadamente el 2 de Julio. En la Figura 1, vemos los movimientos de la Tierra alrededor del Sol, donde se indican, además, las fechas de los Solsticios y los Equinoccios para el hemisferio norte.

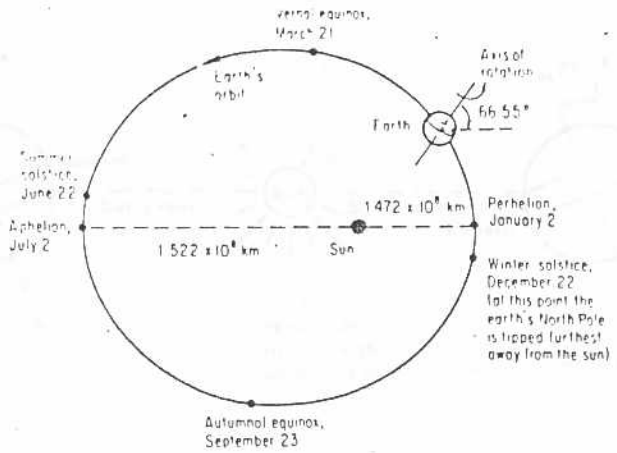


Figura 1

El plano que contiene la órbita elíptica de la Tierra de denomina PLANO ECLIPTICO. Conocemos también el PLANO ECUATORIAL, que es aquél que contiene la línea del Ecuador (latitud 0°). El ángulo formado entre estos dos planos es de 23,45°, de manera que el eje de rotación de la Tierra intersecta el plano Eclíptico con un ángulo de 66,55° (figura 2). En su movimiento a lo largo de la Eclíptica, en sentido contrario al movimiento diurno, el Sol alcanza su máxima inclinación (+23,45°) en el Solsticio de Verano, la mínima (-23,45°) en el Solsticio de Invierno y atraviesa el Ecuador en los dos Equinoccios: en primavera, al pasar del hemisferio Sur al Norte, e inversamente en otoño (estos nombres de las estaciones corresponden al hemisferio Norte de la Tierra).

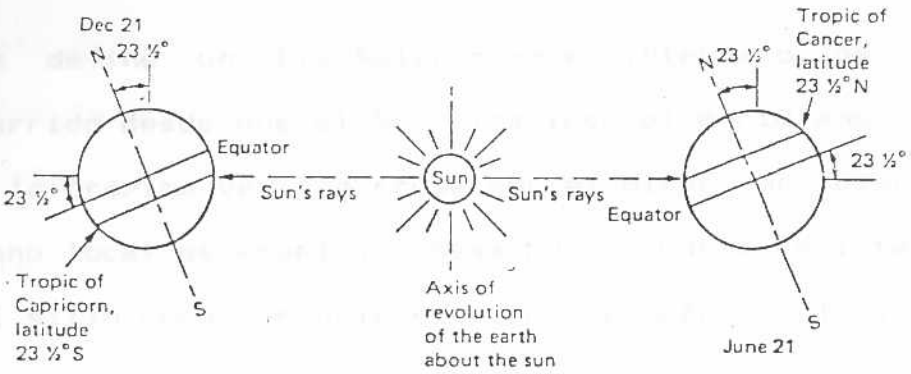


Figura 2

1.1.2.- DECLINACION SOLAR.

Si consideramos el vector Tierra-Sol, contenido en el plano eclíptico, el ángulo formado entre dicho vector y el plano ecuatorial es denominado el Angulo de Declinación Solar δ. Por convención, δ es considerado positivo cuando el vector Tierra-Sol apunta hacia el hemisferio Norte, y negativo cuando lo hace hacia el hemisferio Sur, variando desde -23,45° el 21 de Diciembre, solsticio de invierno, hasta +23,45° el 22 de Junio, solsticio de verano.

El ángulo de declinación solar viene dado aproximadamente por la ecuación:

$$SEN\ \delta = 0{,}39795 * COS(0{,}98563 * (N-173)) \qquad (1.1)$$

1.1.3.- HORA SOLAR.

Se define un Día Solar como el intervalo de tiempo transcurrido desde que el Sol atraviesa el meridiano local, hasta la próxima vez que cruza por el mismo meridiano; el meridiano local es aquél que pasa por el punto de interés, o sea, el sitio donde se quiere colocar el pánel solar.

Debido a que durante este intervalo de tiempo, la Tierra se mueve sobre su órbita elíptica, el tiempo requerido por la tierra para una rotación completa es menor que un día solar en aproximadamente 3,95 min.

1.1.4.- HORA SOLAR V/S HORA TERRESTRE.

El día solar definido anteriormente varía su longitud (expresada en horas) a lo largo del año, debido a que:

1.- *El eje de la Tierra se encuentra inclinado con respecto* al plano eclíptico.

2.- El ángulo barrido por el vector Tierra-Sol durante un determinado período de tiempo depende de la posición de la Tierra en su órbita elíptica.

Además, el MEDIODIA SOLAR, o sea, la hora en que el Sol atraviesa el meridiano local, varía de acuerdo a la longitud; en consecuencia, el tiempo terrestre (llamado también tiempo estandar), que es un tiempo uniforme, y el tiempo

solar, son diferentes.

Esta diferencia es conocida como la ECUACION DEL TIEMPO y depende de la fecha y la longitud. La ecuación del tiempo (E.T.) viene dada por la expresión (1.2):

$$E.T=12+(0,1236*SEN x-0,0043*COS x-0,1538*SEN2x+0,0608*COS2x)h \quad (1.2)$$

donde el ángulo x es función del día del año N:

$$x = 360(N-1)/365,242 \quad (1.3)$$

La expresión (1.2) para la ecuación del tiempo, puede ser empleada para transformar la hora terrestre en hora solar:

$$\text{Hora Solar} = \text{Hora Terrestre} - E.T. - A.L. \quad (1.4)$$

donde A.L. es la expresión para ajustar la longitud expresada en horas.

Ya que la conversión de grados a horas viene dada por 15° = 1 hr. (360°=24 hr), el ajuste de longitud A.L. en horas es:

$$A.L. = ((\text{long. local})-(\text{meridiano hora local}))/15 \quad (1.5)$$

1.1.5.- <u>ANGULO HORARIO.</u>

En energía solar el ANGULO DE HORA SOLAR h_s es muy utilizado para expresar la hora solar, debido a que está

directamente relacionado con la posición del Sol en el cielo.

El ángulo de hora solar es medido tomando como referencia el mediodía solar, siendo positivo antes del mismo y negativo después de él. Debemos tomar en cuenta que, al igual que la hora solar, el ángulo de hora solar varía con la longitud.

1.2.- LA LOCALIZACION DEL SOL.

1.2.1.- EL CAMINO DEL SOL A TRAVES DE LA ESFERA CELESTE.

La esfera celeste es una esfera imaginaria con un radio indefinido desde su centro, la Tierra. Es un recurso empleado con el fin de localizar objetos cuya distancia de la tierra no es importante. Además, se supone que todos los objetos celestes viajan a través de esta esfera, especificándose únicamente su posición angular.

El camino diario del Sol representa un círculo dentro de la esfera celeste, cuya posición dentro del mismo depende del día del año y de la latitud del punto de observación en la Tierra. La Figura 3 nos muestra el camino del Sol visto por un observador situado a 34° de latitud Norte, indicándose además, los solsticios y los equinoccios.

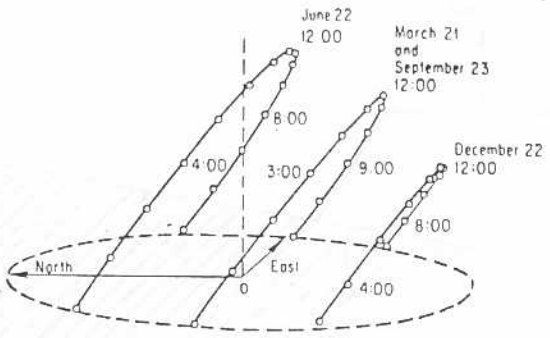


Figura 3

1.2.2.- ANGULOS DE AZIMUT SOLAR, ALTITUD Y CENIT.

La posición del Sol de la esfera celeste, viene usualmente especificada en términos de ángulo de AZIMUT SOLAR a_s, y el ANGULO DE ALTITUD SOLAR α (Figura 4). Si formamos un vector uniendo el Sol con algún punto de referencia en la tierra, el ángulo formado entre dicho vector y el horizonte es conocido como el ángulo de altitud solar, así mismo, el ángulo que se forma entre el mencionado vector y la línea que indica el Sur, es el ángulo de azimut solar.

Por convención, el ángulo de azimut solar a_s y el ángulo de azimut para superficies inclinadas a_u (definido más adelante), serán considerados positivos hacia el Este

del Sur y negativos hacia el Oeste del mismo, basándonos en la regla de la mano derecha.

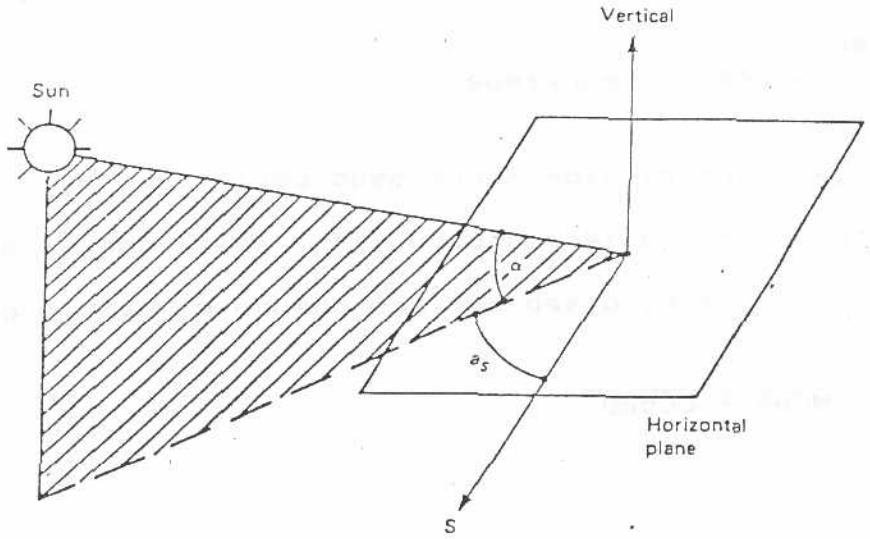


Figura 4

El ángulo de CENIT SOLAR Z mide la distancia angular del Sol con respecto a su cenit, o sea, el punto en que se encuentra justamente encima del punto de observación en la tierra. De forma que, α y Z son ángulos complementarios:

$$\alpha + z = 90° \qquad (1.6)$$

Los ángulos de altitud y azimut solar para cualquier *hora, fecha y localización geográfica*, vienen dados por las siguientes fórmulas:

$$\text{sen } \alpha = \cos L * \cos\delta * \cos h + \text{sen} L * \text{sen}\delta \qquad (1.7)$$

$$\text{sen } a_s = (\cos\delta * \text{sen} h) / \cos\alpha \qquad (1.8)$$

donde L es la latitud tomando valores positivos para el hemisferio Norte.

Para encontrar el ángulo de azimut a_s, es necesario distinguir los casos en que el Sol se encuentra en la mitad Norte del cielo, o en la mitad Sur del mismo; de manera que la fórmula completa para a_s es:

$$a_s = \begin{cases} \operatorname{sen}^{-1}((\cos\delta * \operatorname{senh}_s)/\cos\alpha_s), & \text{si } \cosh_s > (\tan\delta/\tan L) \\ 180° - \operatorname{sen}^{-1}((\cos\delta * \operatorname{senh}_s)/\cos\alpha_s), & \text{si } \cosh_s < (\tan\delta/\tan L) \end{cases} \qquad (1.9)$$

En el caso en que $\cosh_s = (\tan\delta/\tan L)$, entonces el ángulo de azimut solar puede ser -90° y 90°, dependiendo de si la hora angular h_s es negativa o positiva, respectivamente.

1.2.3.- ALBA Y OCASO.

El alba y el ocaso ocurren cuando el ángulo de altitud solar es cero. De la ecuación (1.7) vemos que el ángulo de hora solar para el alba viene dado por:

$$h_{sr} = \cos^{-1}(-\tan L * \tan\delta) \qquad (1.10)$$

El ángulo de hora solar para el ocaso viene dado por el negativo del anterior:

$$h_{ss} = -h_{sr} \qquad (1.11)$$

1.3.- ANGULOS DE INCIDENCIA SOLAR.

La intensidad de la radiación solar sobre una superficie depende del ángulo con que los rayos solares inciden sobre la superficie. Esta intensidad es proporcional al coseno del ángulo formado entre los rayos solares y el vector normal a la superficie. Este ángulo "i" es llamado ANGULO DE INCIDENCIA SOLAR para la superficie.

1.3.1.- ORIENTACION DE SUPERFICIES FIJAS.

La orientación fija de una superficie plana viene especificada en términos de su ángulo de azimut a_u (distinto del ángulo de azimut solar a_s) y su ángulo de inclinación ß; estos ángulos se encuentran especificados en la figura 5, en la que vemos también el vector "n" normal a la superficie.

El ángulo de azimut de la superficie a_u es medido con respecto al sur, siendo positivo en dirección Este. El ángulo de inclinación ß es simplemente el ángulo formado entre la superficie y la horizontal, siendo positivo para superficies que miran hacia el Sur.

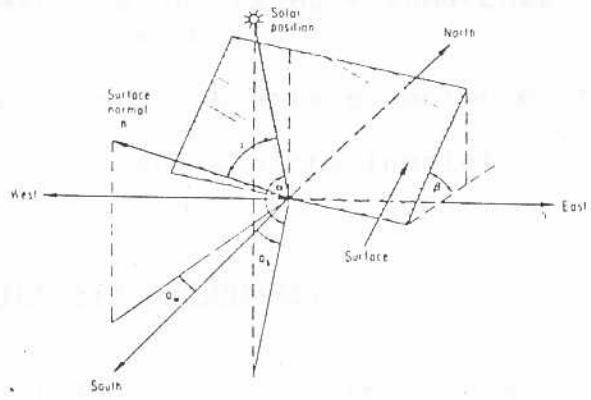


Figura 5

1.3.2.- ANGULO DE INCIDENCIA SOLAR PARA SUPERFICIES FIJAS.

El ángulo de incidencia solar para una superficie fija se puede ver claramente en la figura 5. Se define como el ángulo formado entre la normal y la superficie "n" y los rayos solares.

Este ángulo es importante, ya que la intensidad de la radiación solar directa hacia la superficie es proporcional al cos i; entonces, valores de "i" cercanos a los 90° implican una gran reducción en la intensidad de radiación solar disponible para el colector.

El ángulo de incidencia solar "i" puede ser calculado en términos de las coordenadas de posición solar α y a_s y los parámetros de orientación de la superficie α y a_u,

utilizando la siguiente ecuación:

$$\cos i = \cos\alpha * \cos(a - a) * \operatorname{sen}\beta + \operatorname{sen}\alpha * \cos\beta \qquad (1.12)$$
$$s \quad u$$

Si la parte derecha de esta ecuación es negativa, los rayos solares no atacarán la parte frontal de la superficie.

1.3.2.- SUPERFICIES RASTREADORAS.

Existen mecanismos rastreadores o seguidores solares, cuya finalidad es moverse siguiendo al Sol a lo largo del día. Este mecanismo rastreador generalmente consiste en una rotación del colector con respecto a uno u, ocasionalmente, dos ejes.

La decisión sobre el número de ejes a emplear, radica en la ubicación del pánel solar sobre el globo terráqueo, más específicamente, en la latitud del sitio donde se piensa colocar el mismo.

De esta manera, si nos encontramos en latitudes comprendidas entre ambos trópicos (o sea, entre -23,45° y +23,45°), la utilización de un solo eje es bastante recomendada. Sin embargo, a medida que nos acercamos a los círculos polares, resulta más conveniente la utilización de dos ejes de rotación.

1.3.4.- ANGULO DE INCIDENCIA SOLAR PARA UNA SUPERFICIE RASTREADORA.

Al igual que para superficies fijas, el ángulo de incidencia solar "i" para una superficie rastreadora es el ángulo formado entre el vector normal a la superficie "n" y los rayos solares.

Para un colector solar acoplado a un mecanismo seguidor solar que gira con respecto a un eje horizontal en dirección Norte-Sur (o sea, el pánel se mueve de Este a Oeste), el ángulo de incidencia viene dado por la ecuación:

$$\cos i = ((\text{sen}L*\text{sen}\delta s+\text{cos}L*\text{cos}\delta s*\text{cos}hs)^2 + \cos^2\delta s*\text{sen}^2 hs) \qquad (1.13)$$

Para maximizar la captación de energía solar, la orientación más favorable para un colector que rota de Este a Oeste, consiste en inclinar el eje de rotación hasta un ángulo igual al de la latitud local, consiguiéndose así que la superficie sea paralela al eje de rotación de la tierra.

En este caso, el ángulo de incidencia va a depender solamente de la declinación solar:

$$\cos i = \cos \delta_s \qquad (1.14)$$

Por supuesto, esta condición sólo sucede durante el mediodía solar, o sea, cuando el Sol se encuentra en su cénit.

De manera que, si queremos lograr una perpendicular constante entre el Sol y el colector, debemos hacer un seguimiento azimutal del mismo, desde el alba hasta el ocaso, todos los días. Esto se puede comprender mejor si observamos de nuevo la Figura 5.

CAPITULO II

CAPITULO II

2.- MECANISMO PARA EL SEGUIDOR SOLAR.

El siguiente mecanismo, consiste en un prototipo que permite demostrar la funcionalidad del equipo, éste se ha implementado con material acrílico y aluminio principalmente. (Ver figura 2.1).

Figura 2.1

2.1.- CAJAS REDUCTORAS.

El panel solar, simulado por una lámina acrílica, es movido por un motor de corriente continua de 24 voltios que gira a una velocidad de 6000 RPM. Debido a que el panel debe girar con una velocidad angular muy baja, fue necesario colocar una serie de engranajes a la salida del motor para permitir un acople con la velocidad apropiada. Se emplearon dos cajas reductoras en serie con una relación de transmisión de 100:1 cada una, teniéndose además una reducción de 8:1 entre la salida de la última caja reductora y el eje que soporta el panel solar, con lo que logra una reducción final de 80.000:1 que permite al panel girar a una velocidad angular de 0,075 RPM (Ver Figura 2.2).

Figura 2.2

2.2.- SENSORES.

Se encuentran en el prototipo algunos sensores utilizados por el equipo para las acciones de control, estos son: un potenciómetro para determinar el posicionamiento angular del panel y una fotoresistencia que indica el nivel de luz existente. Existen además, dos interruptores que le indican al sistema los puntos inicial y final de la trayectoria del panel (Ver Figura 2.3)

Figura 2.3

CAPITULO III

CAPITULO III

3.- DESCRIPCION GENERAL.

El diseño de un sistema digital programable para ejecutar acciones de control, se basa en tres componentes básicos, a saber:

- Microprocesador
- Memorias
- Periféricos

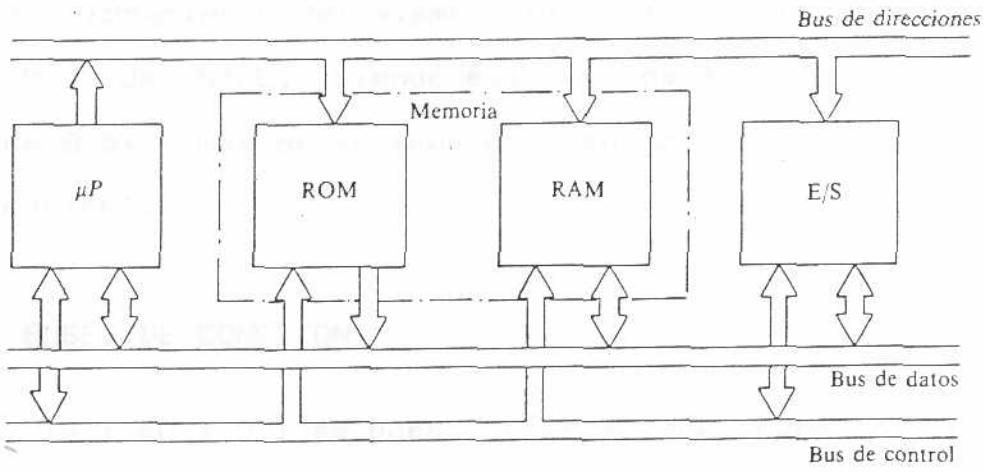


Figura 3.1

Un sistema así constituido, es capaz de realizar operaciones aritméticas y lógicas y funciones de control.

El microprocesador es el encargado de buscar las instrucciones del programa de control contenido en la memoria, decodificándolas para su posterior ejecución. Estas instrucciones nos permiten manejar las unidades de E/S (entrada/salida o periféricos) para buscar datos en las entradas o enviarlos hacia los dispositivos de salida, respondiendo así a las señales de control emitidas por dispositivos externos al sistema.

3.1.- MICROPROCESADOR.

Es el gobernador del sistema de control, que indica la secuencia exacta de las operaciones necesarias para el correcto funcionamiento del mismo. Utilizaremos el microprocesador 8085 de INTEL, siendo éste uno de los microprocesadores de 8 bits más orientados para su aplicación en sistemas de control.

3.1.1.- *BUSES DE CONEXION.*

En la figura 3.1 se puede observar que todos los elementos del sistema se encuentran interconectados a través de unos canales denominados BUSES, por donde fluye la información en forma de señales eléctricas. Los buses principales del sistema son tres:

- BUS DE DIRECCIONES: Es un conjunto de tantos conductores como bits de direcciones admita el sistema. A

través de este bus, el microprocesador envía una combinación binaria para seleccionar alguno de los registros externos situados en la memoria o en la unidad de E/S, para luego leer o escribir algún dato en la dirección seleccionada.

- BUS DE DATOS: Está formado por tantos conductores como bits contenga la palabra o dato con que opera el microprocesador. Este bus permite la lectura o escritura de datos en los registros o posiciones de memoria seleccionados por el bus de direcciones. Además, a través de él, se envían y reciben datos de la unidad de E/S.

- BUS DE CONTROL: Es un conjunto de conductores encargados de coordinar todos los elementos del sistema: sincronización, órdenes de lectura/escritura, selección de memoria/unidad E/S, etc.

3.2.- MEMORIAS.

Son circuitos integrados capaces de almacenar todos los datos y variables que emplea el programa de control. Dependiendo del tipo de datos a almacenar, pueden ser de dos tipos:

- MEMORIA RAM (Ramdon Access Memory): Son memorias volátiles que permiten lectura y escritura de datos. Se utilizan generalmente para guardar resultados interme-

dios o finales del proceso. Su contenido puede leerse o modificarse en cualquier momento.

- MEMORIA ROM (Read Only Memory): Son memorias no volátiles, es decir, mantienen su información, aunque se desconecte la tensión de alimentación. Este tipo de dispositivo se reserva para almacenar en él el programa de control del sistema, así como tablas y constantes necesarias para su funcionamiento.
  Su contenido sólo puede leerse, ya que una vez que han sido grabadas, no pueden modificarse.

3.3.- PERIFERICOS.

Llamados también Unidades de E/S, son los encargados de establecer la comunicación entre el exterior y el sistema de control. Se encargan de enviar y recibir datos hacia y desde los dispositivos externos.

Este sistema de control cuenta con los siguientes periféricos:

- SISTEMA DE ADQUISICION DE DATOS (SAD): Es el encargado de tomar la información analógica necesaria y convertirla en información binaria. Para esto cuenta con circuitos acondicionadores de la señal analógica, un multiplexor analógico y un convertidor análogo-digital. La información tomada comprende el nivel de luz, sumi-

nistrado por un fotoresistor y la posición angular del eje al que se encuentra acoplado el pánel solar.

- **RELOJ DE TIEMPO REAL:** Su función es la de suministrar la hora exacta al sistema, necesaria para operaciones tales como dar inicio y fin al seguimiento, además de actuar como temporizador entre las acciones de control.

- **TECLADO:** Es un conjunto de pulsadores que sirven para introducir información al sistema, tal como hora exacta y fecha. El mismo recibe y codifica los datos introducidos por el operador del sistema.

- **VISUALIZADORES:** Se encargan básicamente de realimentar el operador sobre lo que se está realizando a través del teclado.

- **CONMUTADOR DEL MOTOR:** La función de éste es activar el motor en un sentido o en otro, dependiendo de la señal de control enviada. Está constituido básicamente por dos relés que permiten su conexión y desconexión, así como también el cambio en el sentido de giro.

CAPITULO IV

CAPITULO IV

4.1.- DESCRIPCION DETALLADA.

Como ya hemos señalado, todo sistema de control necesita un elemento central que dirija y canalice todas las operaciones que el equipo debe efectuar para llevar a cabo todas las acciones de control. Este elemento central es el *microprocesador, que maneja todo lo referente a la entrada y* salida de datos, procesamiento de los mismos, transferencia de información a los puertos y memorias, generación de señales de control, etc. Todo esto, siguiendo las instrucciones de un programa o sistema operativo, que se encuentra almacenado en memoria.

En la figura 4.1 se muestra el símbolo lógico del microprocesador 8085 con la denominación de sus cuarenta terminales, a través de los cuales emite y recibe señales digitales.

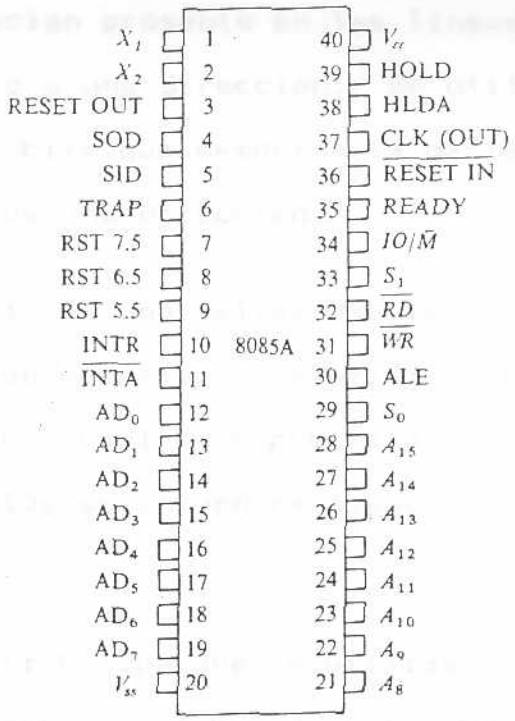


Figura 4.1

A continuación, describiremos la función que desempeña cada uno de ellos:

A8-A15: Estos terminales corresponden a los 8 bits más significativos del bus de direcciones.

AD0-AD7: Es un conjunto de terminales de entrada/salida que realizan una doble función. Mediante un multiplexador, el microprocesador se comunica en primer lugar con los 8 bits menos significativos del bus de direcciones y posteriormente con el bus bi-direccional de datos.

ALE (Address Latch Enable): Es una salida que especifica si la información presente en las líneas AD0-AD7 corresponde a un dato o a una dirección. Se utiliza para disparar un registro de 8 bits que memoriza la parte baja (bits menos significativos) de una dirección.

RD. (READ): Es una salida que se emplea para indicar que la posición de memoria o dispositivo de E/S seleccionado quiere ser leído por el microprocesador, indicando además, que el bus de datos se encuentra disponible para la transferencia.

WR. (WRITE): Salida que se utiliza para indicar que la información presente en el bus de datos ha de ser escrita en la posición de memoria o dispositivo de E/S direccionado.

READY: Es una entrada que indica al microprocesador (cuando está en nivel alto) que existen datos válidos sobre el bus de datos procedentes de memoria o dispositivos de E/S. Cuando se encuentra en nivel bajo, el microprocesador se encuentra en un estado de espera.

Esta señal se utiliza cuando en el sistema existe algún dispositivo que opera con un tiempo mayor que el marcado por el reloj del microprocesador.

HOLD: Entrada que indica que otro procesador o controlador solicita el uso de los buses de dirección y datos. El microprocesador abandona el uso de los buses una vez finali-

zado el ciclo de máquina en curso, poniendo en estado de alta impedancia las entradas y salidas siguientes: A8-A15, AD0-AD7, RD, WR e IO/M.

HLDA: Es una señal de salida generada por el microprocesador como respuesta a la señal HOLD, para indicar que los buses y demás terminales están en estado de alta impedancia.

INTR. (Interrupt request) (petición de interrupción): Esta señal de entrada es utilizada por los dispositivos externos, cuando necesitan ser atendidos sin demora por el microprocesador, interrumpiendo la secuencia del programa.

Puede ocurrir que la interrupción no sea aceptada. La aceptación o no aceptación de la interrupción se controla por el programa principal.

INTA. (Interrupt acknowledge) (reconocimiento de la interrupción): Es una señal de salida utilizada para activar el dispositivo que genera la interrupción, una vez que ya ha sido aceptada.

RST 5.5, RST 6.5, RST 7.5. (Restart interrupts): Son tres entradas semejantes a INTR, pero que deben ser habilitadas mediante software utilizando una "máscara de interrupciones".

TRAP: Es también una entrada de interrupción. Tiene prioridad sobre las indicadas anteriormente.

RESET IN: Es una entrada que pone en cero un registro del microprocesador llamado Contador de Programa, los biestables que validan las interrupciones y la señal HLDA. Se utiliza para inicializar el programa.

RESET OUT: Es una salida que indica el estado de RESET del microprocesador. Se puede utilizar para inicializar los demás componentes del sistema.

IO/M: Es una salida que indica si la lectura o escritura se realiza sobre la memoria o sobre dispositivos de E/S.

X_1 - X_2 : Estos terminales de entrada se utilizan para colocar un cristal de cuarzo, necesario para el generador de reloj interno.

SID y SOD: Entrada y salida, respectivamente, de datos en forma serial.

CLK OUT: Salida de la reñal de reloj del microprocesador, que puede ser utilizada como reloj del sistema.

V_{cc} y V_{ss} : Son los terminales de alimentación.

Debido a las características de multiplexado de la parte baja del bus de direcciones con el bus de datos, se hace necesario el uso de un registro de 8 bits (latch de direcciones), a fin de retener las direcciones de la parte baja del bus, A0-A7, que salen por el bus de datos.

El microprocesador 8085 genera una señal de control ALE (address latch enable), que indica que la primera información obtenida del bus de datos corresponde a los 8 bits *menos significativos del bus de direcciones. Esta señal la* utilizaremos como habilitación del "latch 74LS373, el cual es un registro de almacenamiento formado por 8 biestables (flip-flops) tipo D. La información presente en las entradas será *retenida en las salidas del registro, cuando se pro*duzca un flanco positivo de la señal de habilitación ALE.

En la figura 4.2 se muestra la secuencia temporizada de la señal ALE en relación a los buses de direcciones y datos, y en la figura 4.3, podemos observar la conexión del 74LS373 al bus de datos-direcciones del 8085, para realizar el demultiplexado del mismo.

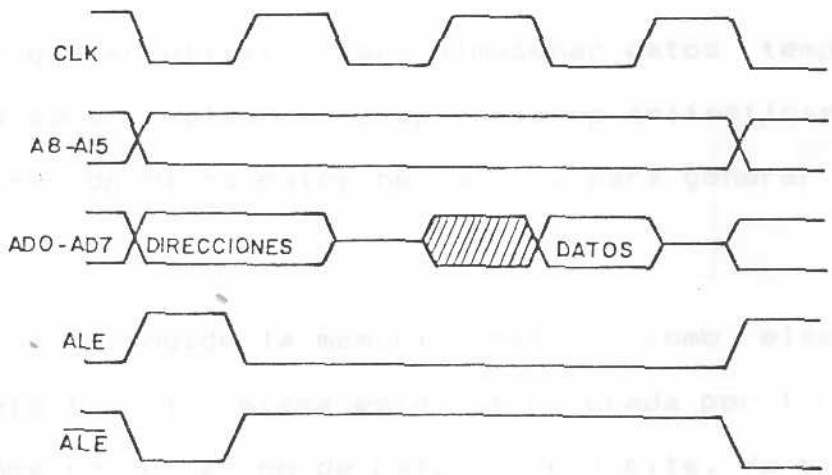


Figura 4.2

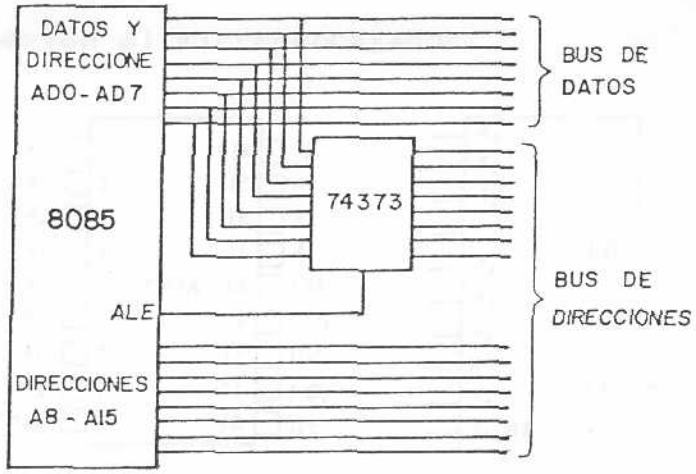


Figura 4.3

4.2.- MEMORIAS.

4.2.1.- MEMORIA RAM (Random Access Memory).

Como vimos anteriormente, las memorias RAM son memorias volátiles que se utilizan para almacenar datos temporalmente, tales como resultados de operaciones aritméticas y lógicas, además de otros datos necesarios para generar acciones de control.

Se ha escogido la memoria MM2114-2 como elemento de almacenamiento, la misma está estructurada por 1 Kbyte de direcciones con un ancho de palabra de 4 bits. Ya que el bus del microprocesador es de 8 bits, se requiere colocar dos MM2114-2 en paralelo, obteniendo así una memoria de 1Kbyte

con un ancho de palabra de 8 bits. En la figura 4.4 podemos apreciar el diagrama lógico de esta memoria y en la 4.5, su esquema de conexión al microprocesador.

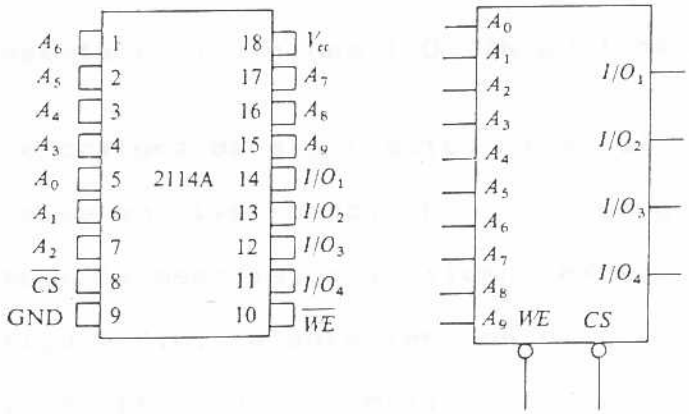


Figura 4.4

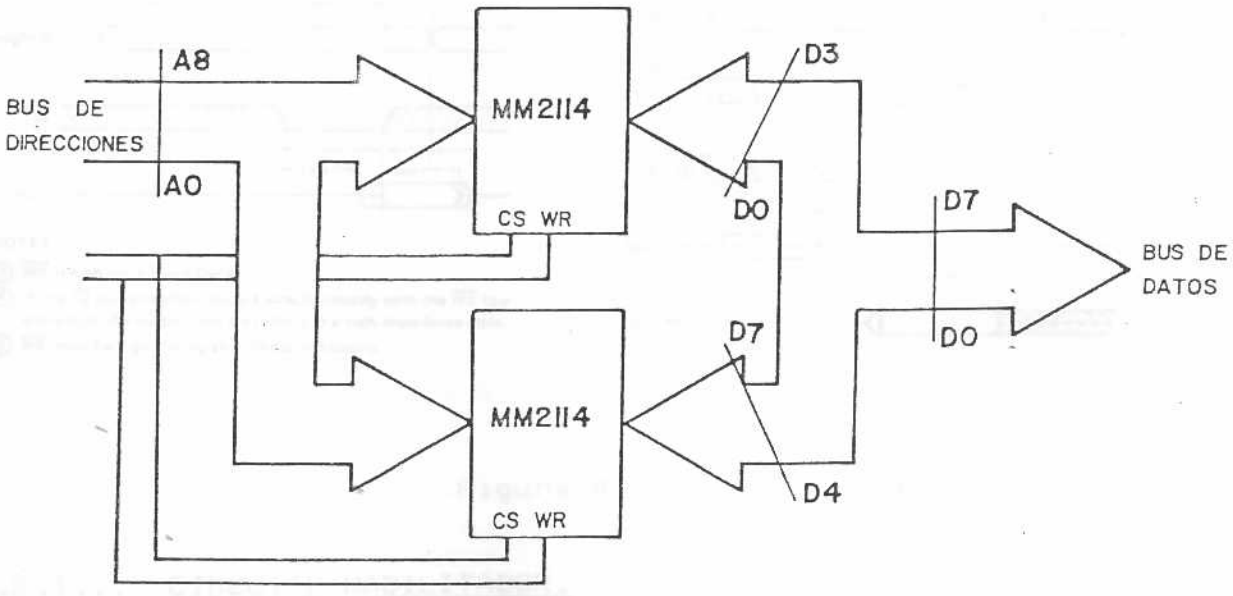


Figura 4.5

La lectura o escritura de datos en una localidad específica de la memoria se produce de acuerdo al diagrama de tiempo de la misma. Durante la lectura, la señal WE debe estar en nivel alto y la señal CS en bajo, con la dirección de interés presente en los pines I/O (IN/OUT) de la memoria.

Para la escritura de algún dato, las señales CS y WE deben encontrarse en nivel bajo. Con esto se garantiza un perfecto acceso a la memoria, cuyo tiempo es aproximadamente 450ns. En la figura 4.6, se aprecian los diagramas de tiempo para lectura y escritura de la MM2114-2.

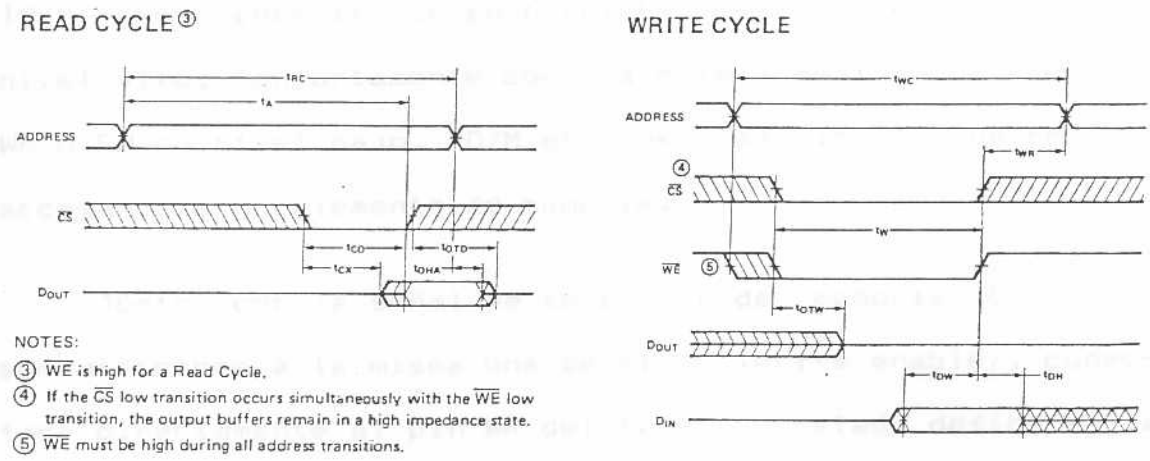


Figura 4.6

4.2.1.1.- CIRCUITO HABILITADOR.

Para seleccionar la memoria RAM se hace necesario un circuito habilitador que, a partir de señales de control y direcciones, genera una señal de CS acorde con los diagramas

de tiempo de la memoria. El circuito es el mostrado en la figura 4.7.

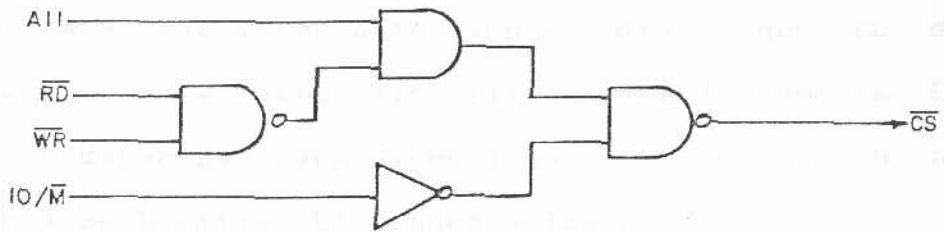


Figura 4.7

Como se observa, para que la señal CS sea originada, IO/M debe encontrarse en nivel bajo y la dirección A11 en nivel alto, conjuntamente con cualquiera de las dos señales, WR o RD en nivel bajo. IO/M en nivel bajo indica que se está accesando a un elemento de memoria.

Junto con la señal de selección de memoria CS, debe suministrarse a la misma una señal WE (write enable), conectada directamente al pin WR del 8085. Su estado define si la operación es de lectura o escritura.

Por medio de este circuito se selecciona la memoria RAM del sistema entre las direcciones 0800 y 0BFF (hexadecimal) del "Mapeo de Memoria".

4.2.2.- MEMORIA ROM (Read Only Memory).

La memoria ROM es empleada para almacenar los programas que conforman el sistema operativo del equipo, utilizándose también para almacenar datos importantes y que no deben modificarse. Para este fin utilizaremos la memoria EPROM M2716 con capacidad para direccionar 2 Kbytes con un ancho de palabra de 8 bits. El diagrama lógico de esta memoria lo encontramos representado en la figura 4.8.

Las siglas EPROM significan: Erasable Program ROM. O sea, esta memoria puede ser programada y borrada varias veces. El borrado se efectúa mediante rayos ultravioleta, y su programación se efectúa aplicando un voltaje de aproximadamente 25 voltios en el pin V_{pp}, junto con una señal adecuada en la entrada CE.

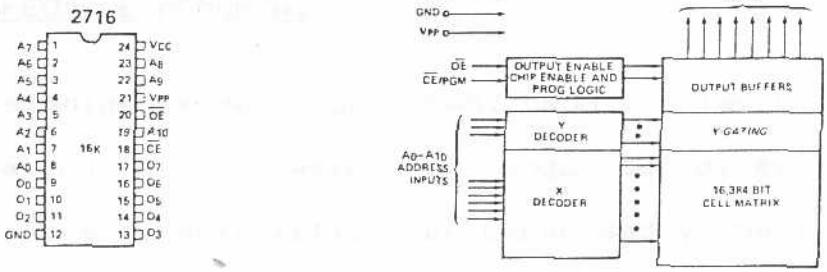


Figura 4.8

4.2.2.1.- CIRCUITO HABILITADOR.

Para acoplar la memoria M2716 con el 8085, sólo se requiere un circuito habilitador de lectura, que vemos en la figura 4.9.

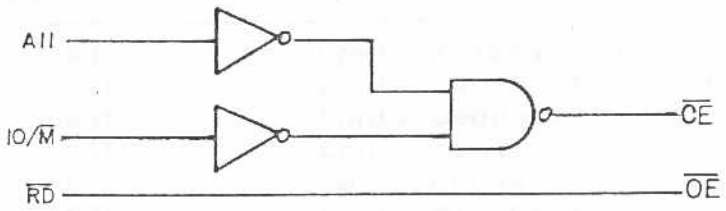


Figura 4.9

A11 y IO/M en nivel bajo producen, por intermedio de la compueta NAND, el nivel bajo necesario para la señal CE de la memoria M2716. Con RD en nivel bajo y acoplada al pin OE de la memoria, los datos quedan disponibles, después de un cierto tiempo, en el bus de datos.

4.3.- "MAPEO" DE MEMORIA.

A las unidades de memoria RAM, ROM y a las unidades de entrada/salida se les asigna un rango de direcciones de acuerdo a sus características de capacidad y habilitación. Este rango es el presentado en las tablas 4.1 y 4.2.

En el mapa de memoria, la ROM ocupa las direcciones que van desde la 0000 hasta la 07FF, por tratarse de una memoria de 2 Kbytes. A la memoria RAM, de 1 Kbyte, se le han asignado las direcciones desde la 0800 hasta la 0BFF. Para

el grupo de puertos de entrada y salida, las direcciones correspondientes son las señaladas en la tabla 4.1.

PERIFERICOS

DIRECCION	DISPOSITIVO	INFORMACION
00	RTR	Cont. milésima de seg.
01	RTR	Cont. centésima de seg.
02	RTR	Cont. segundos
03	RTR	Cont. minutos
04	RTR	Cont. horas
05	RTR	Cont. día de la semana
06	RTR	Cont. día del mes
07	RTR	Cont. mes
08	RTR	Registro milésima de seg.
09	RTR	Registro centésima de seg.
0A	RTR	Registro segundos
0B	RTR	Registro minutos
0C	RTR	Registro horas
0D	RTR	Registro día de la semana
0E	RTR	Registro día del mes
0F	RTR	Registro mes
10	RTR	Interrupt Status Register
11	RTR	Interrupt Control Register
12	RTR	Inicializ. de contadores
13	RTR	Incializ. de registros
14	RTR	Status bit
15	RTR	"ARRANQUE" comando seg.
16	RTR	Standby interrupt
1F	RTR	Test mode
20	SAD	Canal 1 fotosensor
21	SAD	Canal 2 potenc. posic. ang.
22	SAD	Canal 3 LIBRE
23	SAD	Canal 4 LIBRE
24	SAD	Canal 5 LIBRE
25	SAD	Canal 6 LIBRE
26	SAD	Canal 7 LIBRE
27	SAD	Canal 8 LIBRE
34	PUERTO SALIDA	Conmutador del motor
38	PUERTO ENTRADA	Teclado
3C	PUERTO SALIDA	Visualizadores

RTR – Reloj de tiempo real
SAD – Sistema de adquisición de datos

Tabla 4.1

MEMORIAS

DIRECCION	DISPOSITIVO	INFORMACION
0000 a 03DA	ROM	Sistema operativo
03DB a 07FF	ROM	Libre
0800	RAM	Fotosensor
0802	RAM	Hora de ref.program.inicial.ext.
0803	RAM	Segundos(SS) program.det.interv.
0804	RAM	Minutos (MM) program.det.interv.
0805	RAM	MM1 programa determin. intervalo
0806	RAM	SS1 programa determin, intervalo
0807	RAM	N de transf. program.det.interv.
0808	RAM	Hora puesta por teclado
0809	RAM	Minuto puesto por teclado
080A a 0BFE	RAM	Libre
0BFF	RAM	Stack Pointer

Tabla 4.2

4.4.- PERIFERICOS.

Todo sistema de control implementado con microprocesador requiere de una comunicación o intercambio de información entre éste último y el exterior. Las unidades de Entrada/Salida (E/S) o periféricos, son las que hacen posible esta comunicación entre el sistema de control y el mundo exterior.

Una unidad de Entrada/Salida implica la utilización de una o varias interfases, las cuales son sistemas Hardware-Software que permiten la comunicación con un periférico determinado. Un sistema de este tipo, requiere la existencia de una circuitería (Hardware) y la elaboración de un programa (Software) que permitan establecer la comunicación.

En nuestro caso, las señales que se necesitan están relacionadas con la lectura del fotosensor, posición angular del eje del panel solar, hora real y datos introducidos por un operador a través del teclado. Las señales de salida corresponden a las variables de control de giro del motor e información suministrada al operador a través de los visualizadores.

4.4.1.- SISTEMA DE ADQUISICION DE DATOS.

Nuestro sistema de adquisición de datos está formado por el fotosensor que mide la cantidad de luz y el potenciómetro de posicionamiento angular. Las señales originadas por estos componentes son del tipo analógico, por lo que requieren ser digitalizadas para su posterior procesamiento por parte del microprocesador.

El Sistema de Adquisición de Datos, toma muestras de las señales de interés a intervalos establecidos por un programa controlador. Estas muestras son primero digitalizadas y después almacenadas por un multiplexor analógico y un conversor análogo-digital, como se ve en la figura 4.10.

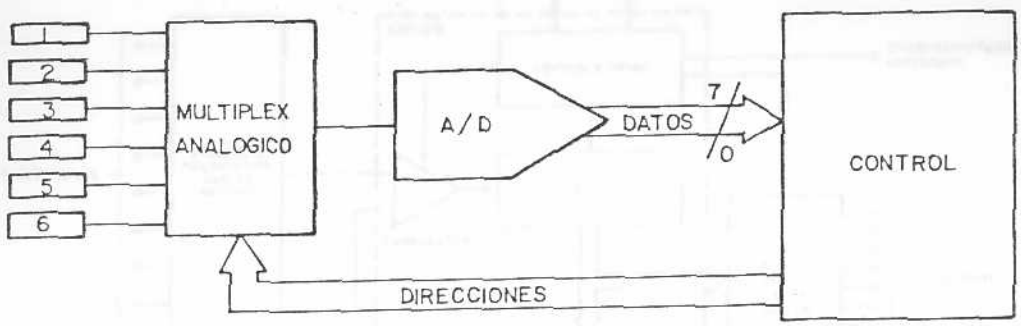


Figura 4.10

A las entradas 1 y 2, llegan las señales de la fotoresistencia y el potenciómetro, respectivamente.

El circuito integrado ADC0809 posee todas las características necesarias para implementar el sistema de adquisición de datos descrito anteriormente, ya que se encuentra formado por un multiplexor analógico de ocho canales, un conversor análogo-digital de ocho bits y una unidad de control compatible con el microprocesador 8085. El diagrama de bloques del mismo se muestra en la figura 4.11.

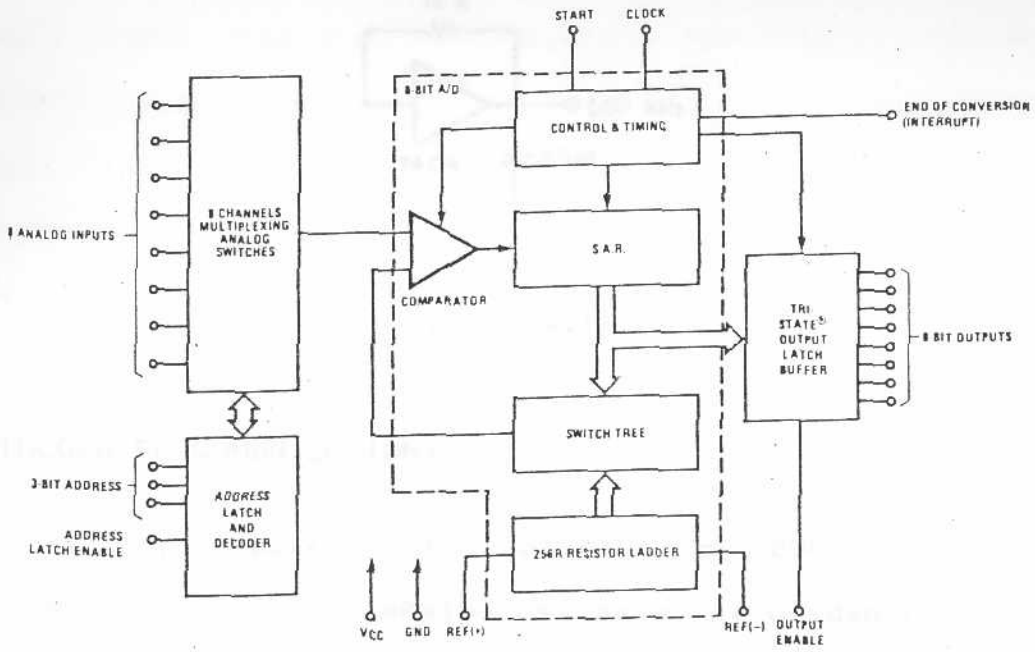


Figura 4.11

El SAD realizado con el ADC0809 necesita, como elementos externos, un oscilador y un circuito habilitador. El oscilador debe ubicarse en una frecuencia comprendida entre 10KHz y 1200 KHz. Se escoge una frecuencia de 500 KHz por ser la recomendada por el fabricante para obtener un tiempo de conversión A/D de aproximadamente 100 µseg. El circuito oscilador se implementa usando un inversor "Schmitt Trigger" MM74C14 y un circuito RC externo sintonizado a la frecuencia deseada. Este montaje se muestra en la figura 4.12.

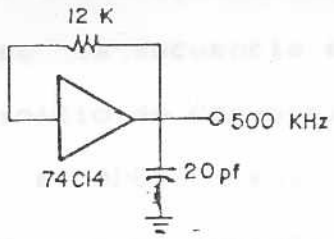


Figura 4.12

PROTOCOLO DE COMUNICACION:

La comunicación entre el SAD y el 8085 se realiza tomando en cuenta las señales usadas en la unidad de control interna del conversor ADC0809. Estas son:

- START: Con un pulso, indica el comienzo de la conversión.
- ALE: Indica al latch de direcciones que capture la información presente a partir del cambio de nivel de esta señal.
- OE: (Output Enable): Habilitación del registro de salida.
- EOC (End of Conversation): Indica el término de la conversión análoga a digital.

START y ALE están relacionadas con una operación de escritura, y OE y EOC con la lectura de datos de este periférico.

Para realizar la conversión de una señal de cualquier canal, debe iniciarse la secuencia enviando al conversor ADC0809 una señal de inicio de conversión (START). Al finalizar la conversión, el ADC0809 envía una señal de fin de conversión (EOC). Luego, le es enviado un pulso de habilitación al registro de salida (OE), para retener la información digitalizada. Es necesario destacar que, hasta que no se produzca el pulso de OE, el registro de salida se mantiene en estado de alta impedancia.

El tiempo de conversión (Tc) está comprendido entre 90 μseg y 116 μseg, después del cual se puede establecer que se ha producido una conversión A/D. Este aspecto permite eliminar el uso de la señal EOC, ya que las exigencias de tiempo y rapidez de respuesta en el proceso no son críticas. Además, éstas pueden ser controladas por software.

DIRECCIONAMIENTO DEL SAD.

De la misma forma que los demás puertos utilizados en este sistema, al SAD se le ha asignado un direccionamiento de acuerdo al "mapeo de memoria". El microprocesador 8085 tiene una capacidad máxima de direccionamiento de hasta 256 puertos, utilizando un rango de direcciones que van desde la 00 hasta la FF.

Para el direccionamiento de los ocho canales analógicos del ADC0809, este integrado utiliza un decodificador interno

de direcciones de tres bits. Ya que los elementos direccionados son sólo dos (fotoresistencia y potenciómetro), el uso del segundo y tercer bit del decodificador interno se hace innecesario. Sin embargo, resulta conveniente utilizar dos bits, ya que esto permite expansiones futuras del sistema sin efectuar cambios en el hardware, requiriéndose tan sólo la inclusión de nuevas rutinas en el software.

Utilizaremos los bits de dirección AD0 y AD1 del microprocesador para accesar a este periférico, cuyos niveles, para la respectiva habilitación, deben ser los siguientes:

A7	A6	A5	A4	A3	A2	A1	A0	
X	X	1	0	X	X	0	0	Correspondiente al canal 1
X	X	1	0	X	X	0	1	Correspondiente al canal 2

CIRCUITO HABILITADOR.

El circuito habilitador, mostrado en la figura 4.13, agrupa las señales de control necesarias para la operación del SAD.

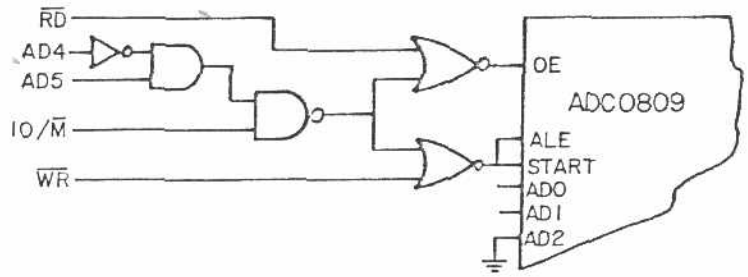


Figura 4.13

La señal WR inicia la conversión y la señal RD habilita el registro de salida para accesar a los datos procesados. IO/M distingue que se está accesando a un dispositivo periférico y las direcciones AD0, AD1, AD4 y AD5 especifican el canal del conversor y el bloque del mapa de memoria utilizado.

4.4.1.1.- TRANSDUCTOR DE POSICION ANGULAR.

El transductor de posición angular es el encargado de informar al sistema, en todo momento, el ángulo de inclinación que posee el panel solar con respecto a la horizontal. Esta información es necesaria para establecer un punto de referencia en el inicio de operaciones del equipo, además de indicar la finalización de una operación de seguimiento, o sea, cuando debe apagarse el motor.

El transductor se ha implementado con un potenciómetro lineal de eje circular, acoplado al eje que transmite el movimiento al panel solar, existiendo una correspondencia entre la caída de tensión en el potenciómetro y el ángulo del panel (Ver figura 4.14).

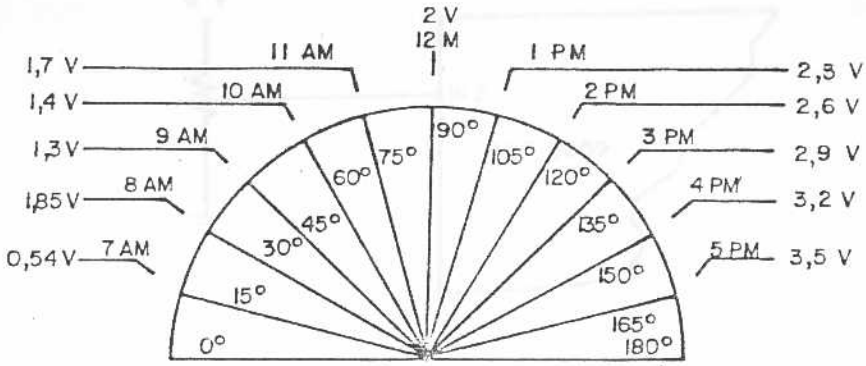


Figura 4.14

Puede observarse que existe una equivalencia entre la tensión del transductor, el ángulo del eje y la hora aproximada del día. El ángulo del eje tiene que ser idealmente igual al ángulo de desplazamiento del Sol, por lo tanto, el gráfico también indica que existe una relación lineal aproximada entre el desplazamiento angular del Sol y la hora del día. El circuito básico para esta sección consiste, simplemente, en un potenciómetro de 5 Kohm acoplado al canal número 2 del ADC0809, como vemos en la figura 4.15.

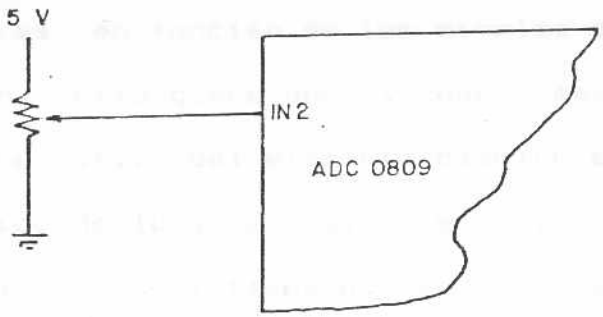


Figura 4.15

La caída de tensión registrada en el potenciómetro (transductor) es tomada, direccionando el canal 2 del SAD mediante el respectivo programa de acceso.

4.4.1.2.- TRANSDUCTOR DEL ELEMENTO FOTOSENSOR.

El elemento fotosensor ofrece la información referente a la cantidad de luz incidente sobre el panel solar, siendo ésta muy importante, ya que puede suceder que por condiciones ambientales (lluvia, nubosidad, etc.) no sea conveniente mover el motor, ya que esto implicaría un gasto de energía innecesario. Entonces, el sistema solicitará información al elemento fotosensor cada vez que se pretenda accionar el motor. Si éste indica un buen nivel de luz, entonces se procede a la conmutación del motor; por el contrario, si el nivel de luz es deficiente, el motor no se accionará.

El circuito fotosensor se encuentra implementado con una fotoresistencia, debido a la variación de sus características resistivas en función de los niveles de luz que sobre ella inciden. Esto quere decir, que a mayor cantidad de luz el valor resistivo del elemento disminuye, mientras que a menor índice de luz, el valor resistivo del mismo aumenta. Estos cambios resistivos pueden traducirse en cambios graduales de tensión, si el fotosensor se halla incluido en un circuito polarizado.

El elemento fotoresistor y el circuito transductor, conectado al SAD, son los mostrados en la figura 4.16.

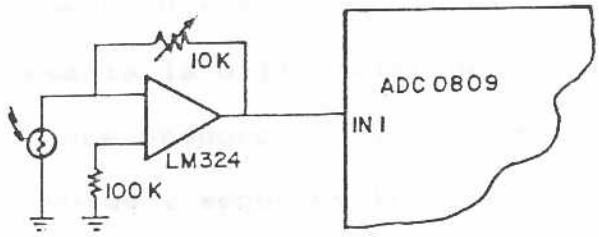


Figura 4.16

Por el fotoresistor fluye la corriente de polarización de entrada al amplificador operacional (LM324). Las variaciones de ésta, debidas a los cambios en la resistencia del fotoresistor, producen variación de la tensión entre los puntos A y B. Esta última es amplificada por el OPAMP (Amplificador Operacional) para su posterior procesamiento en

el SAD.

En el circuito se observa la existencia de un potenciómetro entre la salida y la entrada del OPAMP, utilizado para controlar la ganancia del amplificador. El OPAMP utilizado es el LM324. El mismo es adecuado en la amplificación de los niveles bajos de tensión. Además, no requiere el uso de varias fuentes de alimentación, lo que facilita su uso.

4.5.- RELOJ DE TIEMPO REAL.

El sistema realizado, por ser autónomo en su funcionamiento, esto es, puede operar durante el día, inhabilitarse por la noche, dar comienzo a la nueva operación y, además, determinar el tiempo entre las acciones de control que realiza, hace necesaria la utilización de un reloj de tiempo real muy preciso, que proporcione al sistema la información de las horas, minutos y segundos transcurridos durante su operación.

El reloj está formado básicamente por el "Reloj de Tiempo Real" MM58167, un circuito especial para generar la frecuencia exacta del oscilador, y un circuito para hacer compatibles los tiempos de acceso del MM58167 con los del microprocesador 8085. El circuito integrado MM58167 se muestra en la figura 4.17.

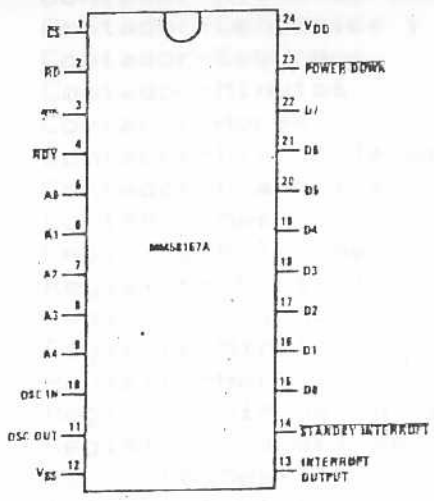


Figura 4.17

El MM58167 posee internamente, una serie de registros contadores y registros de almacenamiento, requiriendo, además, de algunos comandos especiales. Este circuito integrado utiliza 5 bits para su direccionamiento y posee 8 bits en su bus de datos, utilizados por el 8085 para operaciones de lectura y escritura. A continuación, se presenta una tabla donde se especifican las direcciones de cada uno de los registros y comandos que posee el MM58167 (Ver Tabla 4.3).

A4	A3	A2	A1	A0	FUNCION
0	0	0	0	0	Contador-Milésima de segundo
0	0	0	0	1	Contador-Centésica y décima de seg.
0	0	0	1	0	Contador-Segundos
0	0	0	1	1	Contador-Minutos
0	0	1	0	0	Contador-Horas
0	0	1	0	1	Contador-Día de la Semana
0	0	1	1	0	Contador-Día del mes
0	0	1	1	1	Contador-Mes
0	1	0	0	0	Registro-Milésima de segundo
0	1	0	0	1	Registro- Centésima y décima de seg.
0	1	0	1	0	Registro-Segundo
0	1	0	1	1	Registro-Minutos
0	1	1	0	0	Registro-Horas
0	1	1	0	1	Registro-Día de la semana
0	1	1	1	0	Registro-Día del mes
0	1	1	1	1	Registro-Mes
1	0	0	0	0	Interrupt Status Register
1	0	0	0	1	Interrupt Control Register
1	0	0	1	0	Inicialización Contadores
1	0	0	1	1	Inicialización Registros
1	0	1	0	0	Status bit
1	0	1	0	1	Comando "ARRANQUE"
1	0	1	1	0	Standby Interrupt
1	1	1	1	1	Test Mode

Tabla 4.3

4.5.1.- FRECUENCIA DE OSCILADOR.

El MM58167 utiliza un oscilador externo de 32,768 KHz, el cual hace que los contadores cambien de estado con la precisión que se requiere para este tipo de relojes. Debido a que los osciladores de cristal que se consiguen en el mercado son del orden de los MHZ, resulta necesario utilizar uno con una frecuencia mayor que la especificada por la hoja de datos del MM58167, dividiendo luego la frecuencia mediante un circuito adecuado, obteniendo así los 32,768 KHz.

Por conveniencia se seleccionó un oscilador de cristal de 3,2768 MHz. Con esto, el circuito necesario para convertir la frecuencia es un simple divisor por 100. Como se observa en la figura 4.18, este circuito, realizado con contadores 7493, convierte una frecuencia de 3,2768 MHz en una frecuencia de 32,768 KHz, la cual es la correcta para el funcionamiento del reloj de tiempo real.

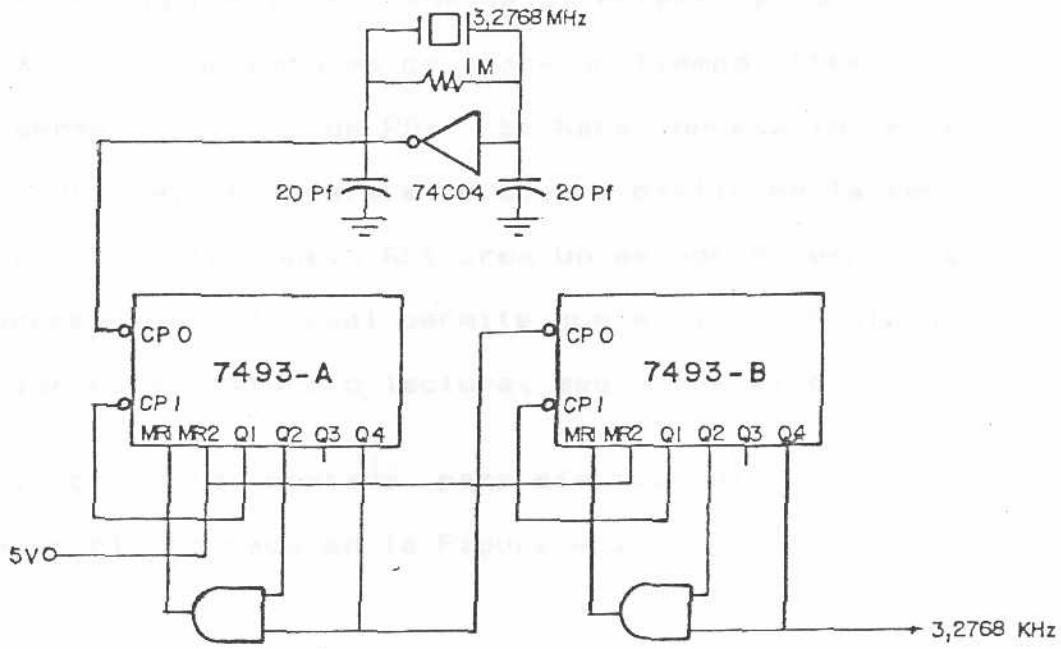


Figura 4.18

4.5.2.- CIRCUITO HABILITADOR.

Debido a que el reloj, por su forma de acceso, se comporta como un bloque más del mapa de memoria y puertos,

hay que habilitarlo de manera que quede dentro del direccionamiento completo del 8085. Además de esto, es necesario hacer compatibles los tiempos de acceso del MM58167 con los del 8085.

Cuando el microprocesador direcciona al MM58167 para obtener de él la hora, éste último le envía una señal RDY al 8085 para indicarle que los datos ya se encuentran disponibles en el bus de datos. Ocurre que la señal RDY que envía al MM58167 no puede ser sensada directamente por el microprocesdor, ya que ésta es generada un tiempo antes de que el 8085 sensa la señal de RDY. Se hace necesario entonces, generar un nuevo RDY para el 8085, a partir de la señal RDY del reloj. Este nuevo RDY crea un estado de espera en el microprocesador, lo cual permite que el mismo prolongue su operación de escritura o lectura, según sea el caso.

El circuito montado para efectuar dicha función de acople es el indicado en la Figura 4.19.

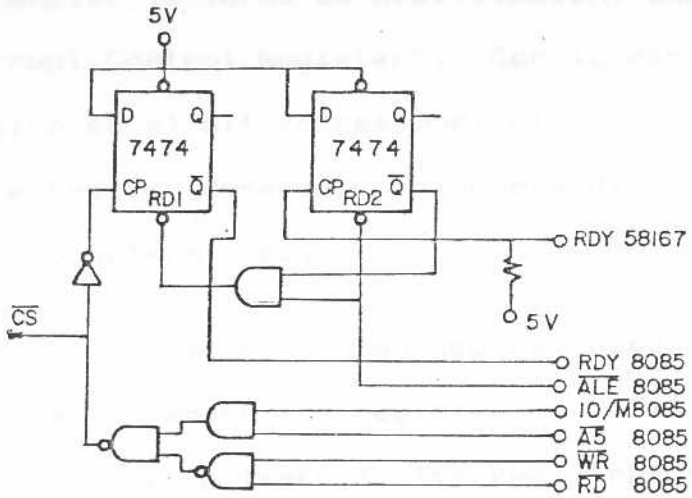


Figura 4.19

Como se observa, el MM58167 es habilitado cuando la línea IO/M está en nivel alto, lo que indica que se direcciona como un puerto de Entrada/Salida; otras señales que intervienen en la habilitación son RD, WR y la dirección A5 negada.

Las direcciones para las operaciones de lectura y escritura de los diferentes registros y comandos del MM58167 son las indicadas en la tabla 4.1 del "mapeo" de memoria.

4.5.3.- FORMATO DEL REGISTRO DE INTERRUPCIONES.

El MM58167 posee una línea especial de salida de interrupción o alarma que depende del estado de cada uno de los registros y contadores. Esta interrupción puede ser habili-

tada de varias formas: Cada segundo, cada minuto, cada hora, etc. Para diferenciar la forma de habilitación, debe programarse el "Interrupt Control Register". Con la escritura de un uno (1) lógico en el bit correspondiente a la habilitación de la interrupción deseada, se genera dicha interrupción en su momento determinado.

Si se desea que la interrupción ocurra cuando el resultado de la comparación entre los registros y contadores sea cero, debe escribirse primero en los registros todos los datos correspondientes al momento en que se quiere dicha alarma o interrupción.

Esta línea de interrupción es sensada por el 8085 para que, una vez recibida, de la orden de inicio de operaciones cada día de trabajo.

4.6.- TECLADO.

Para inicializar el sistema, una serie de datos que deben ser introducidos por un operador. Estos datos corresponden a la *puesta en hora del reloj*, la cual necesita dos datos de ocho bits cada uno (hora y minutos) y el intervalo de tiempo deseado entre las acciones de control, que también necesita dos datos de ocho bits cada uno (minutos y segundos).

El medio más adecuado para introducir datos al sistema

es el teclado. Este, por ser mayormente utilizado para introducir datos relacionados con el tiempo, es un teclado decimal. El diagrama del circuito implementado para todo el conjunto del teclado se muestra en la figura 4.20.

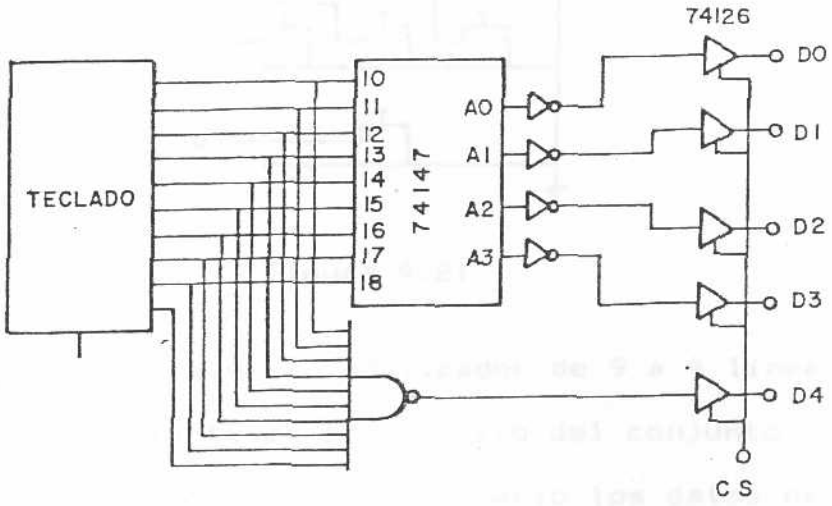


Figura 4.20

Como se observa, está compuesto básicamente por un teclado propiamente dicho, un codificador de 9 a 4 líneas 74LS147, un puerto de entrada de datos 74LS126 y una serie de compuertas AND.

El teclado se compone internamente de la forma mostrada en la figura 4.21, su función es la de conectar mediante pulsadores la línea correspondiente a cada tecla con un punto común, que en este caso es la tierra.

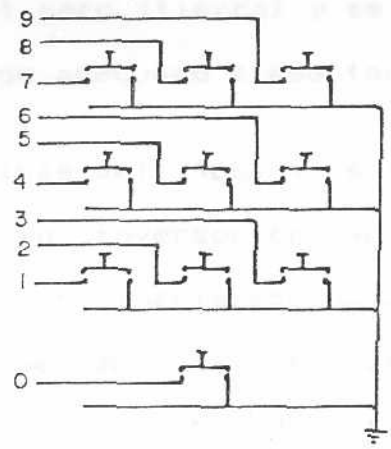


Figura 4.21

Se puede decir que el codificador de 9 a 4 líneas es el elemento más importante en el circuito del conjunto teclado. Su función es la de codificar en binario los datos decimales presentes en sus entradas. En la tabla 4.4 se observa el modo de conversión del 74LS147.

ENTRADA									SALIDA			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	D	C	B	A
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
X	X	X	X	X	X	X	X	0	0	1	1	0
X	X	X	X	X	X	X	0	1	0	1	1	1
X	X	X	X	X	X	0	1	1	1	0	0	0
X	X	X	X	X	0	1	1	1	1	0	0	1
X	X	X	X	0	1	1	1	1	1	0	1	0
X	X	X	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1
X	X	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
X	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0

Al ser pulsada una tecla, se conecta la línea correspondiente a un nivel cero (tierra) y se obtiene en la salida del 74LS147 el código adecuado a esa tecla pulsada.

Como las salidas del 74LS147 son negadas, se hace necesario colocar un inversor en cada una de ellas para obtener la codificación binaria adecuada. Cuando el puerto de entrada 74LS126 se habilita, transmite los datos provenientes del 74LS147 hacia el bus de datos del 8085, para que éste pueda leerlos.

Se observa en la figura 4.20 una compuerta NAND de 10 entradas. La salida de ésta se pone en nivel alto cuando cualquier tecla es pulsada. Su función es indicarle al programa de tratamiento de teclado, a través del bit D5 del bus de datos, que se ha pulsado una tecla y que debe proceder a leer el dato correspondiente a esa tecla. Así mismo, el programa también controla los "rebotes" que puedan producirse en el teclado.

4.6.1.- CIRCUITO HABILITADOR.

El conjunto teclado es un puerto de entrada de datos, por lo que debe habilitarse de forma correcta para que no haya solapamiento de bloques en el mapeo correspondiente. Para ello se tiene el circuito habilitador mostrado en la figura 4.22.

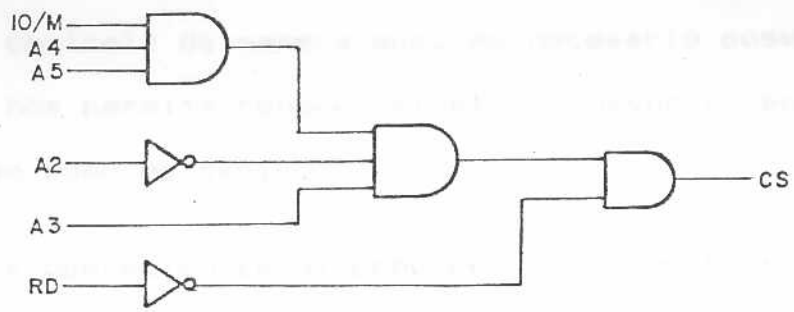


Figura 4.22

En el mismo intervienen las señales IO/M y RD conjuntamente con las direcciones A2, A3, A4 y A5, lo que indica que el puerto es habilitado cuando, durante una operación de lectura, la línea de IO/M está en nivel alto y la parte baja del bus de direcciones tiene los siguientes niveles lógicos:

A7	A6	A5	A4	A3	A2	A1	A0
X	X	1	1	1	0	X	X

4.7.- VISUALIZADORES.

Los visualizadores están muy relacionados con el teclado y desempeñan una función de retroalimentación hacia el operador del sistema. Estos indican si se están introduciendo datos relacionados con la puesta en hora del reloj, o con el intervalo de tiempo deseado entre las acciones de seguimiento. Además, existe un visualizador que indica el funcionamiento del motor, ya que debemos pensar que no

necesariamente el mecanismo seguidor se encuentra próximo a la tarjeta de control; de manera que, es necesario poseer un indicador que nos permita conocer si el mecanismo se encuentra funcionando como es debido.

Para esta operación se dispone de una circuitería muy simple, compuesta básicamente por dos biestables tipo D, como se observa en la figura 4.23.

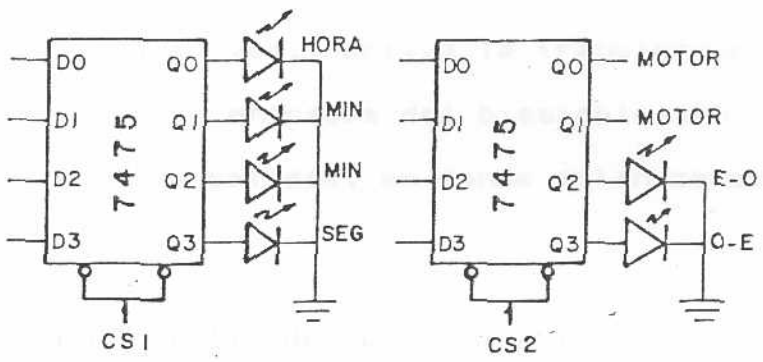


Figura 4.23

Las salidas D0 y D1 del biestable número 2 son utilizadas como puerto de salida del conmutador del motor DC, el cual se explicará más adelante.

Como se observa, cada uno de los "led" indica una función determinada, y los mismos se encienden dependiendo del dato existente en las líneas D0, D1, D2 y D3 del bus de datos, en el momento de la habilitación de este puerto.

Las salidas Q0 y Q1 del primer biestable, indican la

introducción de datos para la puesta en hora del reloj (horas y minutos). Las salidas Q2 y Q3 se refieren a la introducción del mencionado intervalo de tiempo (minutos y segundos).

4.7.1.- CIRCUITO HABILITADOR.

Cada biestable posee una línea de habilitación (CS), la cual debe ser generada durante una operación de escritura.

Esta línea, a su vez, activa la transferencia de los datos que están en las entradas del biestable (D0, D1, D2 y D3) a sus respectivas salidas, en donde están conectados los leds.

El circuito utilizado para la habilitación de ambos biestables es el mostrado en la figura 4.24.

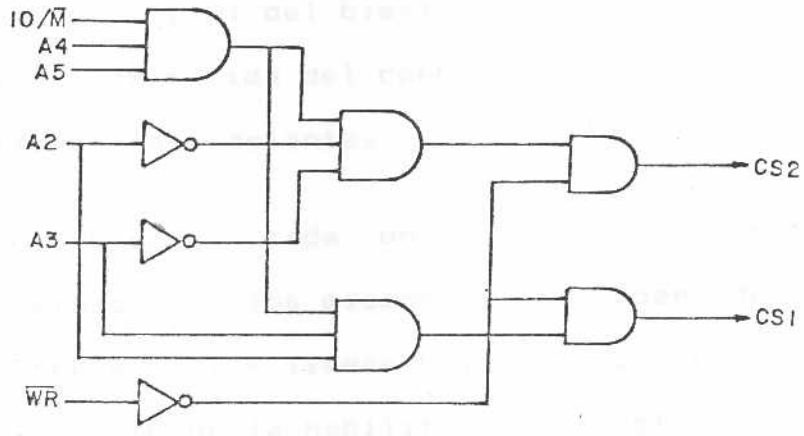


Figura 4.24

necesariamente el mecanismo seguidor se encuentra próximo a la tarjeta de control; de manera que, es necesario poseer un indicador que nos permita conocer si el mecanismo se encuentra funcionando como es debido.

Para esta operación se dispone de una circuitería muy simple, compuesta básicamente por dos biestables tipo D, como se observa en la figura 4.23.

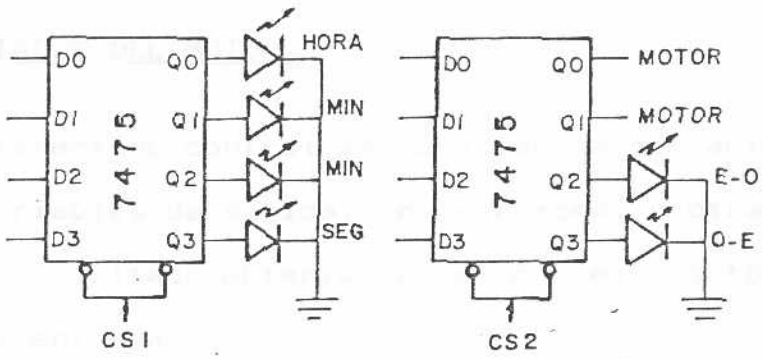


Figura 4.23

Las salidas D0 y D1 del biestable número 2 son utilizadas como puerto de salida del conmutador del motor DC, el cual se explicará más adelante.

Como se observa, cada uno de los "led" indica una función determinada, y los mismos se encienden dependiendo del dato existente en las líneas D0, D1, D2 y D3 del bus de datos, en el momento de la habilitación de este puerto.

Las salidas Q0 y Q1 del primer biestable, indican la

Intervienen en este circuito las señales IO/M, WR y las direcciones A2, A3, A4 y A5. Los puertos son habilitados durante una operación de escritura con la línea IO/M en nivel alto y la parte baja del bus de direcciones (bits menos significativos) en los siguientes niveles:

	A7	A6	A5	A4	A3	A2	A1	A0
CS1	X	X	1	1	1	1	X	X
CS2	X	X	1	1	0	1	X	X

4.8.- CONMUTADOR DEL MOTOR.

Todo sistema de control se caracteriza por actuar sobre una o más variables de salida, de una forma u otra, dependiendo del resultado obtenido en el procesamiento de las variables de entrada.

En nuestro caso, la variable a controlar es un motor de corriente continua, definiendo estados de apagado o encendido, el cual puede tener dos sentidos de giro. Tenemos entonces dos variables binarias para obtener las tres combinaciones posibles. Estas serán denominadas Q0 y Q1 y sus combinaciones son:

Q0	Q1	
0	0	Motor apagado
0	1	Motor Encendido (sentido de giro E-O)
1	0	Motor Encendido (sentido de giro O-E)
1	1	No Válida

Para generar estos estados o combinaciones, se dispone de un registro o puerto de salida, en el cual el microprocesador escribe el dato correspondiente al estado requerido. Los datos escritos permanecerán estables hasta tanto no sean modificados de nuevo. En la figura 4.25 se muestra el registro de salida utilizado para tal fin, formado por un biestable tipo D.

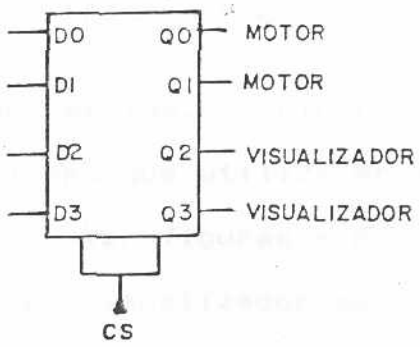


Figura 4.25

4.8.1.- CIRCUITO HABILITADOR.

Este registro, o puerto de salida, posee una línea de habilitación (CS), la cual debe ser generada durante una operación de escritura. Esta operación, a su vez, transfiere los datos que están en la entrada del biestable (líneas D0 y D1 del bus de datos del 8085) a sus respectivas salidas (Q0 y Q1). El circuito utilizado para generar esta señal de habilitación es el mostrado en la figura 4.26.

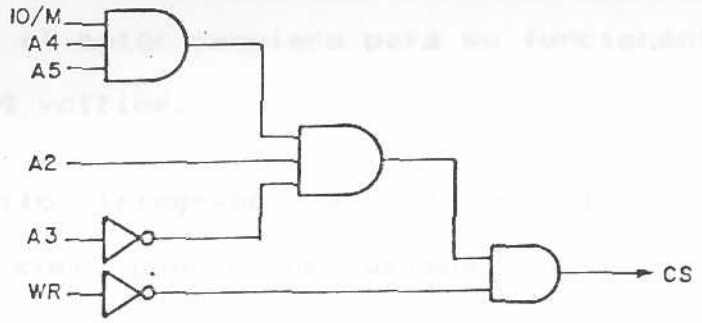


Figura 4.26

Este puerto de salida, incluyendo su circuito de habilitación, es el mismo que utiliza en forma compartida el circuito visualizados (Ver figuras 4.23 y 4.24). La única diferencia es que en el visualizador se utiliza la salida Q2 de este registro, mientras que para el control del motor son empleadas las salidas Q0 y Q1.

4.8.2.- INTERFASE MOTOR-PUERTO DE SALIDA.

Ya hemos descrito el puerto de salida que genera los estados requeridos para la conmutación adecuada del motor DC de 24 voltios. A continuación describiremos el circuito de interfase con el motor, llamado también "Driver".

El "Driver", o circuito manejador del motor, se encuentra ubicado entre éste último y el puerto de salida; su existencia viene justificada por las siguientes razones:

- El puerto maneja señales lógicas cuyo valor máximo es 5

voltios cuando se encuentra en estado lógico 1, por el contrario, el motor requiere para su funcionamiento una señal de 24 voltios.

- El circuito integrado 7475 (biestables tipo D), utilizado como puerto de salida, no es capaz de suministrar la potencia necesaria al relé que activa el motor, por lo que necesita de un circuito amplificador.

El circuito de interfase para conmutar el motor es el mostrado en la figura 4.27.

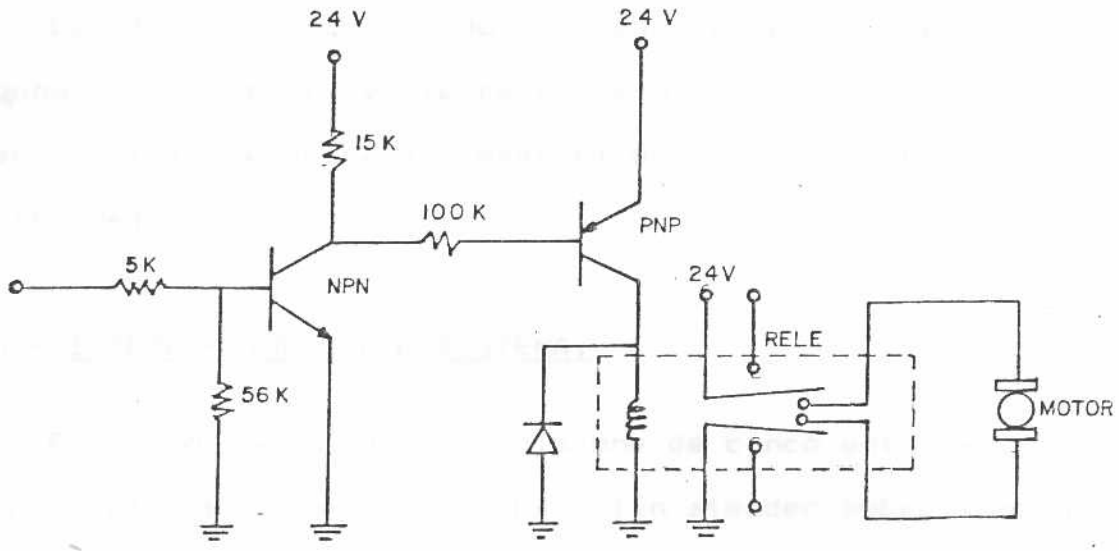


Figura 4.27

Está compuesto básicamente por dos transistores y un relé. Obviamente, este circuito se encuentra duplicado para permitir el doble sentido de giro de motor, siendo la única

diferencia entre ellos la polaridad del relé asociado.

El principio de funcionamiento es el siguiente: Para conmutar el motor, el 7475 presentará 5 voltios en su salida Q0 (ó Q1). Esto garantiza el paso de corriente hacia la base del transistor 1 (2N3904), que origina que éste último entre el estado de saturación (conducción). En este punto, por la base del segundo transistor (2N3906) pasará la corriente necesaria para llevarlo también a saturación, siendo por último la corriente que pasa a través del colector del 2N3906 la que activará la bobina del relé.

La finalidad del diodo colocado entre el colector del segundo transistor y tierra es absorber la fuerza contra-electromotriz generada al cesar el paso de corriente por la bobina del relé.

4.9.- INTERRUPCIONES DEL SISTEMA.

El microprocesador 8085 dispone de cinco entradas para interrupciones, las cuales permiten atender subrutinas que manejen la causa de la interrupción, para así tomar las acciones de control establecidas para dicha causa.

Las interrupciones utilizadas son las RST 5.5, RST 6.5 y RST 7.5. Las dos primeras son generadas por dos interruptores mecánicos que se encuentran ubicados cada uno en un extremo de la trayectoria que describe el panel solar dia-

riamente (Ver figura 4.28). Cuando se genera la RST 6.5 (derecha), el sistema reconoce que han culminado las acciones de seguimiento y acciona el motor para llevar el colector a la posición de inicio. Al generarse la interrupción RST 5.5 (izquierda, se le indica al sistema que la posición de inicio ya ha sido alcanzada, por lo que debe apagar el motor.

Figura 4.28

Por último, el pin de interrupción RST 7.5 se encuentra conectao directamente al Reloj de Tiempo Real MM58167, el cual genera una señal de "alarma" al cumplirse una hora

programada. En nuestro caso, esta hora corresponde a la de inicio de operaciones de seguimiento diario.

CAPITULO V

CAPITULO V

5.1.- OPERACION GENERAL DEL SISTEMA.

En esta sección describiremos, de una manera general, el funcionamiento del equipo de control, éste dispone de una serie de programas almacenados en la memoria ROM (ver Anexo 1), que permiten el cumplimiento de todas sus operaciones, las cuales comprenden: Acciones de seguimiento, regreso del colector a la posición de inicio y entrada de datos.

Las acciones de seguimiento comprenden una serie de actividades de rutina que emplea el sistema para posicionar correctamente el panel solar, de modo que los rayos solares incidan perpendicularmente sobre el mismo, cualquiera que sea la posición del Sol. Para lograr esto, el sistema posee una rutina de seguimiento incremental, provocando un movimiento angular constante del panel solar cada cierto intervalo de tiempo T_s, describiendo de este modo un desplazamiento angular equivalente al recorrido por el Sol durante su trayectoria.

La ocurrencia de la acción de seguimiento una vez transcurrido el intervalo de tiempo T_s, se encuentra sujeta al nivel de luz existente, el cual es sensado por la fotoresistencia y comparado contra un nivel de referencia.

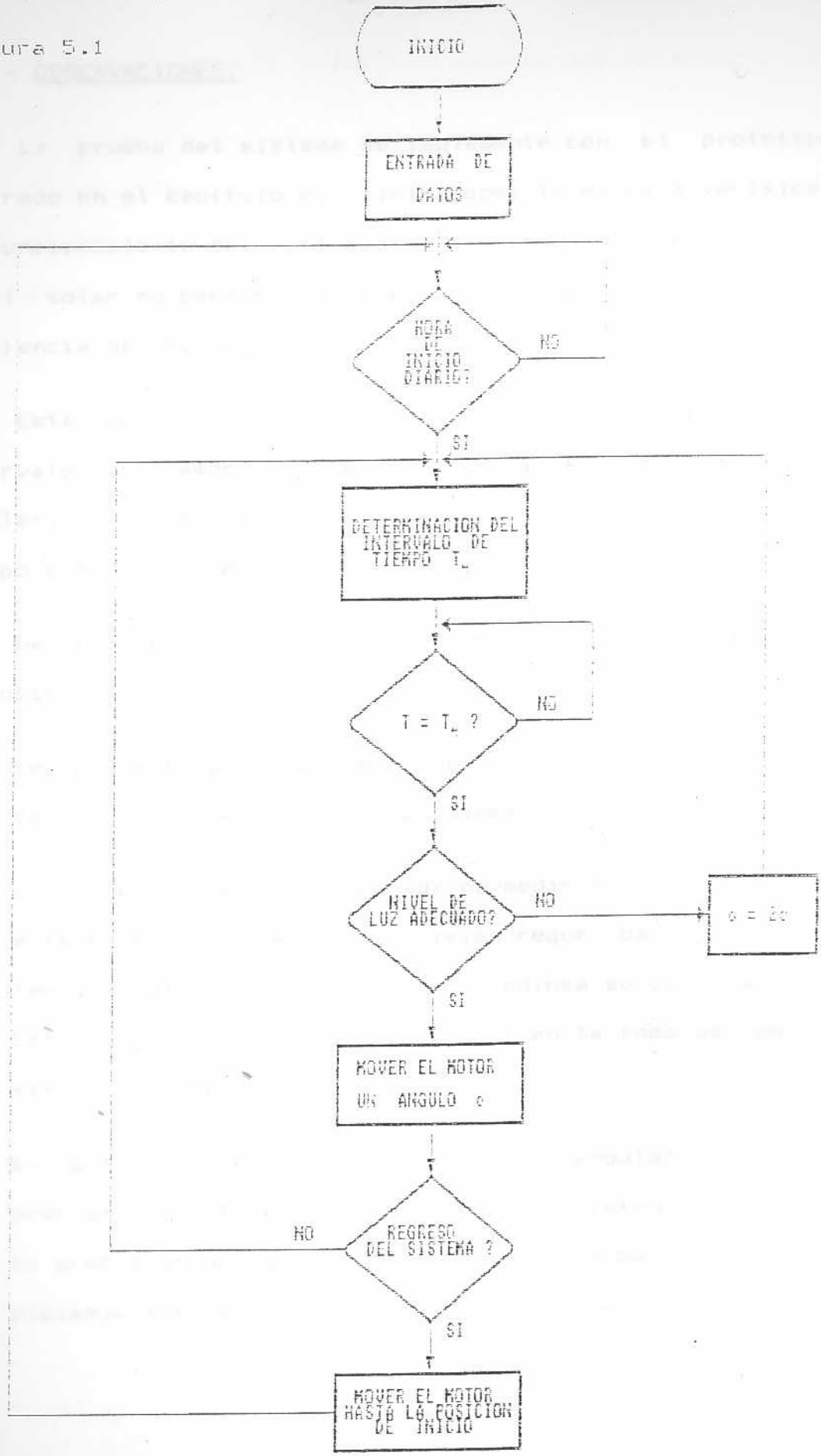
Esto es así, debido a que ciertas condiciones ambientales, como pueden ser lluvia o nubosidad, no ameritan un gasto de energía en mover el motor, ya que no se va a obtener un incremento en la recepción de la misma al ejecutar la acción de seguimiento. O sea, podemos decir que no es "rentable" accionar el motor. El sistema permite como máximo una decisión de "no seguimiento" cada vez, o sea, si una condición ambiental poco favorable hace que el sistema decida no tomar acciones de seguimiento, y esta condición permanece hasta el próximo intervalo T_M, el sistema moverá el panel solar un ángulo equivalente al doble del que corresponde a cada intervalo.

En la figura 5.1, se muestra un diagrama de flujo que describe, de una forma detallada, la secuencia de operaciones del equipo desde el inicio de las operaciones de seguimiento diario.

La entrada de datos permite introducir, a través de un teclado, la información necesaria para la puesta en hora del reloj (hora real).

Una vez introducida la hora, el sistema posiciona el panel hasta laposición de inicio, si es que no se encuentra ya en dicha posición, y esperará al día siguiente para comenzar las operaciones de seguimiento. Por esta razón, se recomienda hacer la instalación del mismo en últimas horas de la tarde.

Figura 5.1


INICIO
ENTRADA DE DATOS
HORA DE INICIO DIARIO?
NO
SI
DETERMINACION DEL INTERVALO DE TIEMPO T_
T = T_ ?
NO
SI
NIVEL DE LUZ ADECUADO?
NO
SI
MOVER EL MOTOR UN ANGULO o
REGRESO DEL SISTEMA ?
NO
SI
MOVER EL MOTOR HASTA LA POSICION DE INICIO

5.2.- OBSERVACIONES.

La prueba del sistema se implementó con el prototipo mostrado en el capítulo 2, limitándose la misma a verificar el funcionamiento del controlador, ya que la ausencia de un panel solar no permitió determinar las cualidades de mayor eficiencia del sistema.

Esta prueba se llevó a cabo con la asignación de un intervalo de tiempo, entre correcciones de posicionamiento angular, de 30 minutos. La misma se realizó en un lapso de tiempo comprendido entre las 8:00 AM y las 6:00 PM.

De los resultados obtenidos se produjeron las siguientes observaciones:

- Se presentaron inconvenientes en la introducción de datos al sistema debido a problemas de "rebote".

- La fotoresistencia encargada de medir el nivel de luz existente no posee la precisión requerida por el sistema, resultando extremadamente tediosa su calibración. Esta circunstancia provocó errores en la toma de decisión del sistema para mover el motor.

- El potenciómetro de posicionamiento angular presentó problemas similares a los de la fotoresistencia, o sea, su precisión no es suficientemente buena para los desplazamientos angulares con que trabaja el sistema,

generando errores de desplazamiento que alcanzaron los 4°.

- El sistema incurre en un tiempo muy elevado para mover el panel hasta la posición de inicio, lo cual se traduce en un mayor consumo de energía.

- A nivel de circuitería, se observó la posibilidad de reformulación del diseño elaborado, minimizando asi el número de componentes empleados en el sistema.

5.3.- CONCLUSIONES.

Obviando las observaciones planteadas, el sistema propuesto resulta ser un equipo práctico y eficaz para el seguimiento de la trayectoria del Sol, y por ende, para el correcto posicionamiento del panel solar. Este realiza la acción de control en forma proporcional al error producido, logrando así que éste último se reduzca al mínimo.

Cabe destacar que la minimización del error depende directamente del intervalo T_M utilizado. Mientras menor sea el intervalo de tiempo entre las acciones de seguimiento, menor será el error producido. Ahora bien, debemos tomar en cuenta que el objetivo del mecanismo no es minimizar este error, sino maximizar la cantidad de energía solar que pueda captar el colector. Emplear intervalos de tiempo cortos entre acciones de seguimiento, se traduce en un mayor consumo de energía por parte del sistema, de manera que es mayor la energía entregada por el mismo, que la ganada como consecuencia de un correcto posicionamiento.

En cuanto al uso del microprocesador en el sistema, debemos destacar que, además de ser un elemento clave para el cumplimiento de todas las actividades del sistema controlador, da cabida a futuras expansiones o mejoras del sistema actual. Las posiciones de memoria que quedaron libres en la ROM y en la RAM, permiten agregar nuevos programas para aumentar el número de variables a controlar por el sistema,

aumentando así la envergadura del proyecto y permitiendo una mayor generalidad en la aplicación del mismo al campo de la energía solar.

5.4.- RECOMENDACIONES.

La finalidad de esta sección es dar algunas breves ideas en relación a posibles mejoras o expansiones del sistema. Estas son:

1.- Los circuitos habilitadores de las memorias y puertos pueden sustituirse por un decodificador INTEL 8205, minimizando así la circuitería.

2.- Elaborar un circuito para contrarrestar el efecto de "rebote" que se origina en el teclado; éste se puede implementar con biestables tipo D.

3.- Utilizar una fotoresistencia y un potenciómetro de mayor precisión o, en su defecto, emplear circuitos transductores que contemplen en su diseño estas deficiencias.

4.- Durante la mayor parte del tiempo, el microprocesador se encuentra en un programa de rutina de lectura de hora, verificando si se ha cumplido el intervalo de tiempo T_M. Este tiempo puede ser aprovechado en otras operaciones, utilizando la capacidad de interrupciones del Reloj de Tiempo Real para la determinación de dicho intervalo.

5.- Con pequeños cambios en el hardware, y la ampliación del software existente, puede aumentarse el número de

variables externas que controla el sistema, tales como: temperatura, intensidad solar, humedad del ambiente, etc.

6.- Existe posibilidad de comunicación entre el sistema controlador y un computador personal (PC) para transferencia de información. La utilización de un PC permite el uso de lenguajes de programación de alto nivel, así como otras facilidades entre las que se cuentan: disponibilidad de una pantalla para generar gráficos, posibilidad de almacenar grandes cantidades de información (unidad de disco, cinta, etc.); uso de una impresora para generar informes de las acciones de seguimiento, etc.

Todas estas posibilidades permiten convertir al sistema en un pequeño laboratorio de ingeniería solar, además de seguir cumpliendo simultáneamente con el objetivo para el que fue inicialmente diseñado.

7.- Se requiere una nueva caja reductora, con una mayor relación de reducción, para lograr una mayor precisión en el posicionamiento del panel. De la misma manera, es necesario colocar un engranaje especial con muy poca reducción, para ser utilizado en el regreso del panel a su posición de inicio, ya que actualmente se emplea mucho tiempo en dicha operación. Este mecanismo se puede implementar con un embrague electromagnético, que

permita el acople del mencionado engranaje únicamente cuando se realiza el retorno del panel hasta la posición de inicio.

BIBLIOGRAFIA

1.- KREITH, FRANK - KREIDER, JAN F.
"Principles of Solar Engineering"
2da. Edición - Editorial Mc Gram Hill

2.- GIL PADILLA, ANTONIO J
"Electrónica General. Dispositivos y Sistemas Digitales"
1ra. Edición - Editorial Mc Graw Hill

3.- TOCCI, RONALD J.
"Sistemas Digitales. Principios y Aplicaciones"
3ra. Edición - Editorial Prentice Hall

4.- ANGULO USATEGUI, JOSE MARIA
"Microprocesadores, Arquitectura, Programación y Desarrollo de Sistemas"
1ra. Edición - Editorial Paraninfo

5.- BOYLESTAD, ROBERT - NASHELSKY LOUIS
"Electrónica. Teoría de Circuitos"
4ta. Edición - Editorial Prentice Hall

6.- ASFAHL, C. RAY
"Robots and Manufacturing Automation"
1ra. Edición - Editorial John Wiley & Sons

7.- INTEL CORPORATION

"Component Data CAtalog"

Edición Año 1988

ANEXOS

ANEXO 1

SISTEMA OPERATIVO

DIRECCION	ETIQUETA	CODIGO	NEMONICO	COMENTARIO
0000		C3CF02	JMP IDENT	DIRECCION DEL PROG
0003		------		ENTRADA DE DATOS
0004		------		
0005		------		
0006		------		
0007		------		
0008		------	RST 1	
0009		------		
000A		------		
000B		------		
000C		------		
000D		------		
000E		------		
000F		------		
0010		------	RST 2	
0011		------		
0012		------		
0013		------		
0014		------		
0015		------		
0016		------		
0017		------		
0018		------	RST 3	
0019		------		
001A		------		

DIRECCION	ETIQUETA	CODIGO	NEMONICO	COMENTARIO
001B		------		
001C		------		
001D		------		
001E		------		
001F		------		
0020		------	RST 4	
0021		------		
0022		------		
0023		------		
0024		------	TRAP	
0025		------		
0026		------		
0027		------		
0028		------	RST 5	
0029		------		
002A		------		
002B		------		
002C		C37702	RST 5.5	"ACTIVA EL MOTOR"
002F		------		
0030		------	RST 6	
0031		------		
0032		------		
0033		------		
0034		C36202	RST 6.5	"PARA EL MOTOR"
0037		------		

DIRECCION	ETIQUETA	CODIGO	NEMONICO	COMENTARIO
0038		------	RST 7	
0039		------		
003A		------		
003B		60	DATO	NIVEL REF. DE LUZ
003C		C38202	RST 7.5	"ALARMA DIARIA"
		SUB-RUTINA "SENSAR EL POTENCIOMETRO"		
003F	LPAN	D321	OUT 21	SENSA CANAL 2
0041		115020	LXI D	DEL CONVERSOR
0044		CD9A00	CALL RETARDO	
0047		DB21	IN 21	
0049		C9	RET	
		SUB-RUTINA "LECTURA DE HORA"		
004A	LDHO	DB02	IN 02	
004C		47	MOV B,A	SEGUNDOS LEIDOS
004D		DB03	IN 03	
004F		4F	MOV C,A	MINUTOS LEIDOS
0050		DB04	IN 04	
0052		57	MOV D,A	HORAS LEIDAS
0053		C9	RET	

SUB-RUTINA "DE MULTIPLICACION"

0054	MULTI	0600	MVI B
0056		1E09	MVI E
0058	MULTO	79	MOV A,C
0059		1F	RAR
005A		4F	MOV C,A
005B		1D	INR E
005C		CA6900	JZ DONE
005F		78	MOV A,B
0060		D26400	JNC MULTI
0063		82	ADD D
0064	DONE	1F	RAR
0065		47	MOV B,A
0066		C35800	JMP MULTO
0069	END	C9	RET

SUB-RUTINA "RETARDO"

006A	RETD	1B	DCX D
006B		7A	MOV A,D
006C		B3	ORA E
006D		C26A00	JNZ RETD
0070		C9	RET

SUB-RUTINA "SENSADO DEL FOTORESISTOR"

0071	SCFR	1B	OUT 20

0073		115000	LXI D	
0076		CD6A00	CALL RETD	
0079		DB20	IN 20	LEER FOTORESISTOR
007B		320008	STA	GUARDA EL RESULT.
007E		C9	RET	EN MEMORIA

SUB-RUTINA "TECLADO"

007F	TECLA	0601	MVI B	
0081	ESPE	DB38	IN 38	
0083		E610	ANI 10	ESPERA UNA TECLA
0085		CAD600	JZ ESPE	PULSADA
0088		110020	LXI D	
008B		CA6A00	CALL RETD	
008E		DB38	IN 38	VERIFICA SI SE
0090		E610	ANI 10	PULSO UNA TECLA
0092		CAD600	JZ ESPE	
0095		DB38	IN 38	RECIBE DATO DEL
0097		E60F	ANI 0F	TECLADO
0099		57	MOV D,A	
009A		3E00	MVI A,00	
009C		B8	CMP B	COMPARA SI SE
009D		CA0601	JZ MOVE	RECIBIO LA PRIMERA
0100		7A	MOV A,D	
0101		07	RLC	
0102		07	RLC	
0103		07	RLC	

0104		07	RLC	
0105		4F	MOV C,A	
0106		05	DRC B	
0107	ESPE1	DB38	IN 38	
0109		E610	ANI 10	ESPERA TECLA DEJE
010B		C20701	JNZ ESPE1	DE SER PULSADA
010E		C38100	JMP ESPE	SALTA A RECIBIR
0113	MOVE	7A	MOV A,D	SEGUNDA PARTE
0114		B1	ADD C	
0115		C9	RET	

PROGRAMA DE SEGUIMIENTO

0116		30	SIM	HABILITACION DE
0117		FB	EI	RST 6.5
0118		21	LXI H,	
0119	LAB1	CD4A00	CALL LDHO	LLAMA SUB-RUTINA
011C		7E	MOV A,M	DE LECTURA DE HORA
011D		BA	CMP D	COMPARA CON REFE-
011E		C21901	JNZ LAB1	RENCIA
0120		23	INX H	
0121		CD7100	CALL SCFR	LLAMA SUB-RUTINA
0123		3A0800	LDA 0800	SENSADO FOTORESIS
0126		FE1C	CPI 1C	COMPARA CON NIVEL
0128		D23101	JNC LAB 2	DE REFERENCIA
012A		7B	MOV A,E	
012B		FE01	CPI 01	DETERMINA NUMERO

012D		CA3101	JZ LAB2	DE RECHAZOS
012E		1E01	MVI E,01	
0130		C31901	JMP LAB1	
0131	LAB2	3E02	MVI A,02	
0133		D334	OUT 34	MUEVE MOTOR EN
0135	LAB3	CD6A00	CALL RETD	SENTIDO E - O
0138		7B	MOV A,E	
0139		C23F01	JNZ LAB4	
013A		1E00	MVI E,00	
013C		C33501	JMP LAB3	
013F	LAB4	3E00	MVI A,00	
0141		D334	OUT 34	DETIENE EL MOTOR
0143		C31901	JMP LAB1	REGRESA A LECTURA
				DE HORA

TABLA DE DATOS

0146	1C	
0147	2B	
0148	3A	
0149	48	CORRESPONDE A
014A	57	LOS CODIGOS DE
014B	66	REFERENCIA
014C	76	
014D	85	
014E	94	
014F	A4	

```
0150                B3
0151                C3
```

TRATAMIENTO DE LA INTERRUPCION RST 6.5

```
0152                3E00        MVI A,00
0154                D334        PUT 34
0156                11FFFF      LXI D
0159                CD6A00      CALL RETD
015C                3E01        MVI A,01
015E                D334        OUT 34
0160                3E0E        MVI A,0E
0162                30          SIM
0163                FB          EI              HABILITACION DE LA
0164      ALT01     C37402      JMP ALT01       RST 5.5
```

TRATAMIENTO DE LA INTERRUPCION RST 5.5

```
0167      PDM       3E00        MVI A,00
0169                D334        OUT 34          DETIENE EL MOTOR
016B                3E0B        MVI A,0B
016D                30          SIM
016E                FB          EI              HABILITACION DE LA
016F      ALT02     C37F02      JMP ALT02       RST 5.5
```

TRATAMIENTO DE LA INTERRUPCION RST 7.5

```
0172      ALD1      3E01        MVI A,01
0174                D305        OUT 05          PROGRAMACION DE
```

0176		D306	OUT 06	LOS REGISTROS DEL
0178		D307	OUT 07	RELOJ
017A		DB10	IN 10	
017C		3E01	MVI A,01	
017E		D311	OUT 11	
0180		31FF0A	LXI SP	
0183		3E0D	MVI A,0D	
0185		30	SIM	
0186		FB	EI	HABILITACION DE LA
0187		C3D501	JMP LDH	RST 5.5

PROGRAMA "PUESTA EN HORA DEL RELOJ"

018A	PEH	3A0908	LDA	
018D		D308	OUT 34	
018F		3A0808	LDA	
0192		D304	OUT 34	
0194		3E01	MVI A,01	
0196		D305	OUT 05	PROGRAMACION DE
0198		D306	OUT 06	DE LOS CONTADORES
019A		D307	OUT 07	DEL RELOJ
019C		D315	OUT 15	
019E		DB 10	IN 10	
01A0		3E00	MVI A,00	LECTURA REG.STATUS
01A2		D308	OUT 08	PROGRAMACION DEL
01A4		D309	OUT 09	REGISTRO SEGUNDOS
01A6		D30A	OUT 0A	

```
01A8                3E30      MVI A,30     MINUTOS DE ALARMA
01AA                D30B      OUT 0B       DIARIA
01AC                3E08      MVI A,08     HORAS DE ALARMA
01AE                D30C      OUT 0C       DIARIA
01B0                3E02      MVI A,02
01B2                D30D      OUT 0D       PROG.REG.DIA/SEMANA
01B4                D30E      OUT 0E       PRO.REG.DIA/MES
01B6                3E01      MVI A,01
01B8                D30F      OUT 0F       PROG.REG. MES
01BA                D311      OUT 11
01BC                C30901    JMP IEX
```

PROGRAMA "ENTRADA DE DATOS-IDENTIFICACION"

```
01BF      IDENT     31FF0A    LXI SP
01C2                3E00      MVI A,00
01C4                D33C      OUT 3C       RESET DE LOS REG.
01C6                D334      OUT 34       DE SALIDAS
01C8                2E00      MVI L
01CA      REGRE     0601      MVI B        IDEN.TEC.INTERVALO
01CC                0E02      MVI C        IDEN.TEC.HORA
01CE                1E04      MVI D        IDEN.TEC.RUN
01D0      UNO       DB38      IN 38
01D2                E610      ANI 10
01D4                CAD001    JZ UNO       ESPERA UNA TECLA
01D6                D5        PUSH D       PULSADA
01D9                110020    LXI D
```

```
01DA            CD6A00    CALL RETD
01DD            D1        POP D
01E0            DB38      IN 38          SE VERIFICA SI SE
01E1            E610      ANI 10         PULSO UNA TECLA
01E3            CAD001    JZ UNO
01E5            DB38      IN 38
01E8            E60F      ANI 0F         RECIBE DATO DE LA
01EA            67        MOV H,A        TECLA PULSADA
01EC            B8        CMP B
01EE            CA0402    JZ FACT        SALTAR SI LA TECLA
01F1            7C        MOV A,H        CORRESPONDE  A IN-
01F2            B9        CMP C          TERVALO (REG.B).
01F3            CA3502    JZ TIME        SALTAR SI EL DATO
01F6            7C        MOV A,H        CORRESPONDE A HORA
01F7            BB        CMP D          (REG.C).
01F8            CA6602    JZ RUN         SALTAR SI EL DATO
01FA      DOS   DB38      IN 38          CORRESPONDE A RUN
01FC            E610      ANI 10         (REG.D).
01FE            CAFA01    JNZ DOS        CONT.SI NO PULSA
0201            C3D001    JMP UNO        SENSA NUEVAMENTE
```

PROGRAMA "IDENTIFICACION DE INTERVALO" (DATO)

```
0204      FACT  DB38      IN 38
0206            E610      ANI 10
0208            C20402    JNZ FACT       ESPERA TEC PULSADA
020B            3E01      MVI A,01
020D            D33C      OUT 3C         ENCIENDE LED MIN.
```

020F		CD7F00	CALL TECLA	
0213		320408	STA	DIR.DE MIN. EN RAM
0216	ETP1	DB38	IN 38	
0218		E610	ANI 10	
021A		C21602	JNZ ETP1	ESPERA DEJE DE SER
021D		3E02	MVI AM02	PULSADA LA TECLA
021F		D33C	OUT 3C	ENCIENDE LED SEG.
0221		CD7F00	CALL TECLA	
0224		320308	STA	DIR.DE SEG.EN RAM
0227	ETP2	DB38	IN 38	
0229		E610	ANI 10	ESPERA DEJE DE SER
022B		C22702	JNZ ETP2	PULSADA LA TECLA.
022E		3E00	MVI A,00	
0230		D33C	OUT 3C	APAGAR LOS LEDS
0232		C3CA01	JMP REGRE	

PROGRAMA "IDENTIFICACION DE HORA" (DATO)

0235	TIME	DB38	IN 38	
0237		E610	ANI 10	
0239		C23502	JNZ TIME	ESPERA DEJE DE SER
023C		2C	INR L	PULSADA UNA TECLA
023D		3E04	MVI A,04	
023F		D33C	OUT 3C	ENCIENDE LED HORA
0241		CD7F00	CALL TECLA	
0244		320808	STA	DIR.HORAS EN RAM
0247	ETP3	DB38	IN 38	

```
0249                E610      ANI 10
024B                C24702    JNZ ETP3
024E                3E08      MVI A,08
0250                D33C      OUT 3C          ENCIENDE LED MIN.
0252                CD7F00    CALL TECLA
0255                320908    STA             DIR.MINUTOS EN RAM
0258        ETP4    DB38      IN 38
025A                E610      ANI 10
025C                C25802    JNZ ETP4
025F                3E00      MVI A,00
0261                D33C      OUT 3C          APAGAR LOS LEDS
0263                C3CA01    JMP REGRE
```

PROGRAMA "IDENTIFICACION DE RUN" (DATO)

```
0266        RUN     3E00      MVI A,00
0268                BD        CMP L
0269                CA1601    JZ SEG
026C                C38A01    JMP PEH         SALTA A PUESTA EN
                                                HORA
```

ANEXO 2

DIAGRAMA CIRCUITAL DEL EQUIPO