

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
"CAMPUS ARAGÓN"

"DISEÑO DE UN PROTOTIPO  
GENERADOR DE ENERGÍA  
ELÉCTRICA EN BASE A CELDAS  
SOLARES."

**T E S I S**  
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA  
P R E S E N T A :  
**IVÁN MARTÍN GUZMÁN BAUTISTA**

ASESOR: DAVID MOISÉS TERÁN PÉREZ

SAN JUAN DE ARAGÓN, EDO. DE MÉXICO 1996

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

28  
29



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
CAMPUS ARAGÓN

UNIDAD ACADÉMICA

Ing. RAÚL BARRÓN VERA  
Jefe de la Carrera de Ingeniería  
Mecánica Eléctrica,  
Presente.

En atención a la solicitud de fecha 21 de agosto del año en curso, por la que se comunica que el alumno IVAN MARTÍN GUZMÁN BAUTISTA, de la carrera de Ingeniero Mecánico Electricista, ha concluido su trabajo de investigación intitulado "DISEÑO DE UN PROTOTIPO GENERADOR DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN BASE A CELDAS SOLARES", y como el mismo ha sido revisado y aprobado por usted se autoriza su impresión; así como la iniciación de los trámites correspondientes para la celebración del examen profesional.

\* Sin otro particular, le reitero las seguridades de mi distinguida consideración.

ATENTAMENTE  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITU"  
San Juan de Aragón, Mex., 21 de agosto de 1996.  
EL JEFE DE LA UNIDAD

  
Lic. ALBERTO IBARRA ROSAS

c c p Asesor de Tesis.  
c c p Interesado.

AIR/lla.

*[Firma manuscrita]*

"Un hijo es una pregunta que le hacemos al destino".

A mis padres Eutiquia y Balomero que me enseñaron como hablar y me dieron el apoyo todos estos años para contestar esta y otras preguntas.

Mi sincero agradecimiento al ingeniero David Moisés Terán Pérez por el apoyo como asesor en la realización de este trabajo.

## INDICE

PROLOGO.....	1
INTRODUCCION.....	3
PLAN PROPUESTO.....	6
ANTECEDENTES AL TRABAJO.....	7
NECESIDAD DE LA CONSTRUCCION DE GENERADORES SOLARES DE ELECTRICIDAD.....	9
OBJETIVO GENERAL.....	12
OBJETIVOS PARTICULARES.....	12
<b>CAPITULO I: GENERACION DE ENERGIA ELECTRICA EN BASE A CELDAS SOLARES,</b>	
<b>CONCEPTOS BASICOS.....</b>	<b>13</b>
I.1    Introducción . . . . .	13
I.2    El Sol y la Celda Solar. . . . .	16
I.3    Radiación Directa sobre la Superficie de la Tierra . . . . .	17
I.4    Angulos Solares. . . . .	20
I.5    Radiación Directa Sobre una Superficie Inclinada . . . . .	23
I.6    Fundamentos y Características de las Celdas Solares: . . . . .	24
I.6.1 Efecto Fotovoltaico . . . . .	24
I.6.2 La Celda Solar. . . . .	25
I.6.3 Respuesta Espectral de la Celda Solar de Silicio . . . . .	28
I.6.4 Características Eléctricas de la Celda Solar de Silicio . . . . .	29
I.6.5 Rendimiento del Proceso Fotovoltaico . . . . .	30
<b>CAPITULO II: ELEMENTOS DE DISEÑO.....</b>	
II.1    Características Generales del Prototipo. . . . .	32
II.2    Diagrama a Bloques . . . . .	35
II.3    Paneles de Celdas Solares. . . . .	37
II.4    Acondicionador de las Señales de los Paneles de Celdas Solares . . . . .	38
II.5    Multiplexor de Entrada . . . . .	41
II.6    Muestreo y Retención . . . . .	48
II.7    Convertidor Analógico-Digital. . . . .	53
II.8    Actuador: . . . . .	59
II.8.1 Descripción . . . . .	59
II.8.2 Circuito de Control . . . . .	65
II.8.3 Análisis del Circuito de Excitación del Motor . . . . .	71
II.9    Controlador: . . . . .	75
II.9.1 Descripción . . . . .	75
II.9.2 Dispositivos que Integran al Controlador . . . . .	76
II.9.3 Programación del Microprocesador . . . . .	84
II.9.4 Memorias . . . . .	92
II.10   Interfase. . . . .	93
II.11   Programación Computadora . . . . .	99

CAPITULO III: PRUEBAS Y AJUSTES AL PROTOTIPO.....	128
III.1 Introducción . . . . .	128
III.2 Multiplexaje de Entrada. . . . .	129
III.3 Acondicionamiento de Señal . . . . .	131
III.4 Muestreo y Retención . . . . .	132
III.5 Conversión Analógico-Digital . . . . .	132
III.6 Microprocesador. . . . .	134
III.7 Retenedores de Palabra de Multiplexaje . . . . .	136
III.8 Reloj del Sistema. . . . .	137
III.9 Fuente de Poder. . . . .	138
III.10 Interfase con la Computadora . . . . .	139
III.11 Multiplexaje de Salida . . . . .	139
III.12 Instalación del Programa en la Computadora . . . . .	141
CAPITULO IV: COSTOS DEL PROTOTIPO.....	143
IV.1 Introducción . . . . .	143
IV.2 Análisis de Costos . . . . .	143
CONCLUSIONES.....	148
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	153
APENDICE.....	157

## PROLOGO

Spisil te cristanoetik ya  
yalic te namey tel te ja'  
tatic te c'aalé y ja' me'tic  
te ue.

TE C'AAL SOC TE CH'ULMETIC.

"La gente anteriormente decía que era nuestro Padre Celestial el Sol y era nuestra Madre la Luna". Estas palabras del relato tzotzil "Te C'aal soc te Ch'ulmetic", (El Sol y la Luna) representa lo que significa el Sol y la Luna para la humanidad: Protección, respeto, creencias, fantasías, fuente de energía, conocimientos, etc. La humanidad no se ha puesto a reflexionar con profundidad, pero todo lo que existe en la Tierra ha provenido del Sol y para que exista toda la vida en el planeta necesita de él, inclusive el ser humano por más avanzados conocimientos que tenga sobre la naturaleza.

La humanidad siempre ha buscado la forma de satisfacer sus necesidades de la forma más sencilla posible, en los dos últimos siglos se desarrolló una de las facetas más importantes: El invento de las máquinas eléctricas, actualmente el pilar del desarrollo humano, aunque trajo muchas beneficios la fuente de energía de las máquinas eléctricas no se encuentra en forma natural, es decir se necesita una conversión de energía mecánica en eléctrica para que la maquinaria pueda funcionar. Como existe una inmensa cantidad de máquinas eléctricas, se hace necesario también una gran cantidad de elementos transformadores de energía, estos elementos obtienen la energía primaria de muy diversas fuentes: Caudales de ríos, almacenamiento de aguas en presas, quema de carbón ó elementos derivados del petróleo, radioactividad, etc. La mayoría de los elementos conversores utilizan la combustión de sustancias para liberar energía y como consecuencia se liberan una gran cantidad de elementos contaminantes para la atmósfera y para el propio ser humano. Se observa la necesidad de ir cambiando

las formas de obtener energía eléctrica por otros medios debido a los problemas ambientales que causan. El tema de tesis es una propuesta que se plantea y que es posible llevarla a cabo en el país debido a los recursos naturales con que se cuenta México es un país con grandes zonas que permiten la construcción de centrales solares (que no utilizan la combustión para transformar energía y por consiguiente no hay contaminación) debido a sus características geográficas.

Cabe aclarar que el tema no es nuevo, pero en México existe muy poco conocimiento de él así que este trabajo constituye una aportación al incipiente campo de desarrollo de la transformación no contaminante de cualquier tipo de energía en electricidad.



## INTRODUCCION

La generación de energía eléctrica por medios convencionales (gas, petróleo, carbón, etc.), ocasiona graves problemas, entre ellos están la quema de recursos no renovables, contaminación del medio ambiente con la combustión y eliminación de los desechos, altos costos de producción y mantenimiento.

Con lo que respecta a la generación por medios no convencionales como la nuclear, se tienen los siguientes problemas: Altos costos de producción, utilización de materiales altamente peligrosos para el ecosistema y el ser humano; problemas para desechar los residuos tóxicos radiactivos en el medio ambiente y la constante posibilidad de un accidente del reactor nuclear.

También se cuenta con la generación a través de plantas hidroeléctricas, las cuales no son suficientes para la demanda de energía que requiere el desarrollo del país.

Se están estudiando nuevas formas alternativas de producir electricidad, como son la generación a base de generadores accionados por el viento, iluminación solar y por medio del movimiento de las olas por citar algunos.

De estas formas de generación, México tiene la fortuna de contar con los tres elementos necesarios en buena cantidad.

Al parecer, el sistema que tendrá más desarrollo será el basado en la conversión de energía solar-eléctrica con base en celdas solares ya que en este campo se cuentan con estudios muy avanzados que permitan un rápido desarrollo, gracias a la tecnología espacial que ha hecho de este sistema de conversión el pilar para las comunicaciones por satélite; así se cuenta con las técnicas posibles para una captación (actualmente con un rendimiento bajo que se ha ido incrementando en los últimos años) de energía, su conversión CC/CA e incluso un posible almacenaje de energía, cosa muy difícil en la actualidad debido a la

ineficiencia de los sistemas de almacenamiento masivo.

De los problemas que tienen las grandes ciudades uno en especial es el de la contaminación del aire, se intenta solucionar de diversas maneras: Disminución del tráfico vehicular, plantación de árboles, gasolinas sin plomo, utilización de transporte eléctrico, concientización del ahorro de energía, etc. las cuales presentan los siguientes inconvenientes: En la propuesta de disminución del tráfico vehicular, la gente que depende mucho del automóvil adquirió un segundo vehículo que incrementa el tráfico vehicular y por consiguiente la contaminación; las gasolinas sin plomo tienen un costo más alto; la concientización del ahorro de energía no está muy extendida, por lo cual la gente no sabe acerca de este tema y así no existe un verdadero ahorro.

En cuanto al uso de transporte eléctrico, esta propuesta no es nueva. En México el sistema de transporte colectivo (Metro) tiene más de 25 años, así como los tranvías y después los trolebuses con más de 50 años de existencia. En la actualidad las grandes empresas para distribuir sus productos en determinadas zonas de la ciudad de México ocupan vehículos eléctricos que reparten en el día y en la noche recargan sus baterías conectadas a la red de energía eléctrica.

El STC, tren ligero y vehículos eléctricos funcionan sin parar, esta propuesta sería ideal si la energía eléctrica proporcionada fuera totalmente generada por centrales hidroeléctricas ó geotérmicas, cosa que no sucede en ningún país del mundo, en México las fuentes de generación a gran escala son termoeléctricas, hidroeléctricas, geotermoeléctricas y nucleoeeléctricas, los inconvenientes de las termoeléctricas y nucleoeeléctricas ya se mencionaron anteriormente. Con el uso de vehículos eléctricos se cree solucionar el problema de la contaminación ambiental en la ciudad. Es una solución a medias, ya que en efecto el transporte eléctrico no contamina en la ciudad pero la fuente de energía sí contamina en la zona de generación acarreado así el problema de la

ciudad a otra parte, pero no se deja de contaminar.

Los combustibles fósiles son recursos no renovables que algún día se terminarán y se tendrán que ocupar otras fuentes energéticas que se tienen que desarrollar actualmente para instalarlas en el futuro cuando sean necesarias.

## PLAN PROPLESTO

Un prototipo ó modelo es una representación cuantitativa y cualitativa de un sistema que debe mostrar las relaciones entre diversos factores que son de interés para el análisis que se esté llevando a cabo.

El número de variables que interviene en la operación de un sistema suele ser sumamente grande y es siempre necesario al establecer el modelo, incluir en éste solamente aquellos factores que sean relevantes para el análisis.

El modelado es importante porque permite estudiar el comportamiento de un sistema bajo diversas condiciones de operación, sin necesidad de construir el sistema y someterlo a las condiciones de operación real.

Mi propuesta es la de construir un prototipo con el cual se pueda estudiar el control de la posición de incidencia máxima de la radiación solar para obtener el aprovechamiento máximo de la energía incidente. Se analiza también el desvío permisible que tendría la posición de las celdas solares, con el propósito de saber la desviación máxima que permita una generación satisfactoria.

El prototipo tendrá dos celdas solares por módulo, estas celdas solares simularán un panel convencional de generación.

La idea del diseño es que se puedan controlar hasta 256 paneles, por lo que se puede deducir que en un sistema real se podría generar hasta 2.16 Megawatts pico. En el prototipo debido a su débil generación de energía (0.5 Watts pico) se le debe de alimentar con energía eléctrica, pero en el sistema real éste debe ser autosuficiente.

## ANTECEDENTES AL TRABAJO

El impacto que produce la posibilidad de utilizar la energía solar en forma controlada y para nuestros propios fines, es un hecho que justifica la aparición de este trabajo.

La energía solar adquirió notoriedad gracias a la carrera espacial, ya que desde sus comienzos decidió aprovechar el fenómeno de conversión fotovoltaica para alimentar los satélites en órbita. Desde 1839 se sabía por Becquerel, Físico francés, que la radiación luminosa es capaz de inducir una tensión eléctrica sobre un electrodo inmerso en una solución electrolítica débilmente conductora. Cuatro décadas más tarde, Adams y Day observaron el mismo efecto sobre un sistema constituido exclusivamente por materiales sólidos, concretamente Platino y Selenio. Esto dió lugar a la fabricación de las primeras celdas solares con rendimientos inferiores al uno por ciento, se aplicaron estas celdas en un principio para la construcción de fotómetros.

El fenómeno comenzó a recibir más atención por parte de la comunidad científica en 1905, con un interesante trabajo de Albert Einstein, quien por primera vez explicó de manera apropiada su naturaleza.

Mediado el siglo XX, el desarrollo de la emergente tecnología del Silicio permitía fabricar celdas cuyo rendimiento rondaba el cuatro por ciento. Para entonces la mecánica cuántica ya había establecido las bases teóricas para el entendimiento del fenómeno fotovoltaico, y Czochralski había desarrollado un método para hacer crecer cristales de Silicio con pureza electrónica, única forma de mejorar su rendimiento. Los laboratorios de la Bell Telephone, en Estados Unidos, fueron los primeros en lanzarse a la aventura. En 1955 construyeron un equipo fotovoltaico para alimentar un repetidor telefónico en Georgia con una eficiencia del seis por ciento, funcionó con éxito durante un

año, pero los costos se mostraron prohibitivos incluso para la economía de esta gran empresa.

Donde el aspecto económico no adquirió tanta relevancia era en el programa espacial de los Estados Unidos, en pleno auge por aquella época. Así el satélite Vanguard I, lanzado en 1958, fué el primero en incorporar un sistema fotovoltaico. Su transmisor de radio estuvo operando durante ocho años, alimentado por celdas de Silicio cuyo rendimiento en el espacio -fuera del filtro atmosférico- ascendía al 14 %. El precio por metro cuadrado de panel rondaba por aquel entonces los 12,000 dólares.

Estos logros se deben casi exclusivamente, a los esfuerzos realizados en el desarrollo de nuevos materiales, entre los que el Silicio ha merecido y merece un lugar destacado, aunque no es el único. Actualmente los programas de investigación se centran en tres líneas principales: Silicio mono y policristalino (en el que más atención se ha puesto hasta el momento); silicio amórfico y otros materiales semiconductores.

Dentro del ámbito escolar, la idea nació como un proyecto escolar, constaba de un sensor LDR (Resistencia variable a la luz), una celda solar policristalina, dos motores de cd del tipo paso a paso, el circuito de control, una computadora y un programa, el sistema funcionaba con una celda solar de 6.5 Volts pico, 100 mAmp. pico, el cual fué desarrollado en el año 1994.

Este trabajo es el mejoramiento del proyecto antes citado, involucra diversas áreas de la carrera de Ingeniería Mecánica-Eléctrica.

## NECESIDAD DE LA CONSTRUCCION DE GENERADORES SOLARES DE ELECTRICIDAD

En el planeta vivimos mucha gente, y el uso a gran escala de la energía eléctrica acarrea problemas. Cuando se quema carbón ó hidrocarburos, se está liberando elementos químicos y una energía que tardarán miles de años en acumularse y millones de años en transformarse. La inyección masiva de estos elementos a la biósfera -azúfres, óxidos de Nitrógeno ó dióxidos de Carbono- sobrepasa la capacidad de la naturaleza para volverlos a asimilar.

En los años cincuenta, una nueva tecnología -la fisión atómica- prometía acabar con los inconvenientes de los combustibles fósiles, pero a cambio de otros, algunos incluso más graves. El Uranio es un elemento natural y se encuentra en muchas regiones del globo, aunque en unas proporciones muy bajas. En una central nuclear se manejan unas 500 toneladas de Uranio enriquecido, el equivalente a 750,000 toneladas de tierra con alta concentración de este mineral. Además en el reactor se forman elementos inexistentes en la naturaleza mucho más radioactivos que el Uranio, como el Plutonio, que tiene una vida de miles de años y que produce la muerte con sólo una milésima de miligramo que se ingiera. Durante el funcionamiento de toda central nuclear y de las instalaciones necesarias para preparar y procesar el combustible fisible siempre se escapa a la atmósfera y al agua una pequeña cantidad de sustancias radioactivas, a pesar de las grandes medidas de seguridad que se toman. Estos elementos radioactivos, aún siendo débiles, tienen la mala propiedad de acumularse en los seres vivos, sin que éstos los puedan expulsar ó asimilar. Se van almacenando en los tejidos en proporciones cada vez mayores, hasta llegar al ser humano a través de los alimentos. Muchos accidentes demuestran también, la imposibilidad de garantizar al cien por ciento la seguridad de los reactores, además de otro grave problema: Los residuos radioactivos.

Toda esta problemática asociada al consumo masivo de combustibles fósiles y fisibles debido según las estadísticas a que en este siglo la humanidad ha gastado la misma energía que en toda la historia anterior. Sólo existen dos soluciones para eliminar todos los problemas: Reducir drásticamente el consumo ó pasar a otra forma de obtener energía.

Exceptuando las de origen geotérmico y nuclear, toda la energía que se dispone en la Tierra básicamente procede de una ú otra forma del Sol, incluso la contenida en los combustibles fósiles. El Sol impulsa los vientos y éstos las olas. También evapora el agua que luego forma los ríos. En unión con la Luna, provoca las mareas. Hace crecer las plantas y los árboles, que sirven de leña ó como forraje para alimentar animales de tiro. Y la radiación electromagnética es capaz de arrancar electrones de ciertos materiales como el Silicio y producir una corriente eléctrica. Por lo planteado anteriormente se nota que toda la energía derivada del Sol es mucho más benéfica para la humanidad y para la Tierra a largo y corto plazo, ya que la explotación de sus manifestaciones directas -solar, hidráulica, eólica y maremotriz- no causa problemas de combustión. En cuanto a la leña y demás combustibles derivados de la biomasa -alcoholes, aceites, gases de fermentación- si se tiene cuidado de no quemarlos a mayor ritmo que la tasa de regeneración vegetal, no hay ningún peligro de incrementar el efecto invernadero, pues el Dióxido de Carbono vuelve a reabsorberse en el proceso de la fotosíntesis.

Las ventajas económicas de los sistemas generativos basados en el Sol son muchos: Sólo se requiere de la inversión inicial que se amortiza al paso de los años, no existe la necesidad de comprar combustibles, tampoco surge el dilema de los residuos de la combustión y los gastos de mantenimiento son mínimos debido a que, como en el caso de la energía fotovoltaica, no existe ningún quemador ni sistema parecido que se desgaste con el tiempo: Los recursos de donde se obtiene



la energía son ilimitados a escala humana y no cuestan absolutamente nada, porque no se compran y no existe peligro de toxicidad para el humano ó para el medio ambiente.

Los inconvenientes que han estado disminuyendo en los últimos años es el costo de fabricación de las celdas solares y la baja eficiencia que tienen las mismas, ambas cosas han ido mermando gracias a la ciencia y tecnología que descubren nuevos métodos y materiales para la elaboración e incremento de la eficiencia, así estos inconvenientes podrán ser solucionados en un futuro próximo.

Además aplicando las técnicas de automatización y administración de la calidad, se contará con un mejoramiento en el servicio que proporciona la industria eléctrica, ya que se eliminarían muchos problemas humanos.

## OBJETIVO GENERAL

Diseñar un prototipo que simule la operación y generación de energía eléctrica en base a celdas solares controlado por microcomputador, para el estudio del aprovechamiento máximo de la incidencia solar en paneles rastreadores de dos grados de libertad.

## OBJETIVOS PARTICULARES

Los objetivos particulares son los siguientes:

- Presentar una propuesta para la modernización del sistema eléctrico nacional.
- Mejoramiento de la relación Industria-Entorno natural.
- Diseño del sistema de control del movimiento (rastreo) de los paneles solares, así como los instrumentos de medición.
- Sistema de rastreo con dos grados de libertad para máxima captación de energía.
- Sistema en tiempo real.
- Simplicidad en el diseño para la fácil adquisición de componentes.
- Fácil interconexión con los computadores compatibles via puerto serial, sin necesidad de instalar tarjetas adicionales de adquisición de datos.
- Toma de lecturas de voltajes y corrientes generados con una exactitud menor al 0.5 %

## CAPITULO I

### GENERACION DE ENERGIA ELECTRICA EN BASE A CELDAS SOLARES, CONCEPTOS BASICOS

#### 1.1 INTRODUCCION

La energía eléctrica no está presente en la naturaleza como fuente de energía primaria y, en consecuencia; sólo se puede disponer de ella obteniéndola por transformación de alguna otra forma de energía. Las primeras pilas desarrolladas por el hombre, generaban energía eléctrica a partir de la química de determinados compuestos. Tiempo después, la energía mecánica fue la principal fuente de electricidad que actualmente se explota: Las Centrales Eléctricas en las que la energía térmica liberada por una fuente de energía primaria (maderas, carbón, petróleo, gas, combustible nuclear, etc.) se transforma en electricidad, a través de un proceso sumamente elaborado que exige el uso de turbinas y alternadores, los cuales cubren la etapa final de conversión de energía mecánica en eléctrica.

El hombre ha aprendido recientemente a transformar la energía solar en eléctrica mediante diferentes procedimientos. Algunos de ellos, los llamados heliotérmicos ó fototérmicos operan sobre principios semejantes a los de las Centrales Térmicas y Nucleares convencionales. Otros, sin embargo, los denominados fotovoltaicos, han supuesto una importante simplificación a los procesos energéticos convencionales: convertir energía primaria; la solar, en electricidad de un modo directo, es decir sin transformaciones intermedias en otras formas de energía.

La tecnología fotovoltaica, que como la microelectrónica, está basada en los materiales semiconductores, ha trascendido a los debates económicos. Se ha reconocido que las centrales solares eléctricas se pueden convertir en un

negocio multimillonario de ámbito mundial.

Pero el futuro de la tecnología fotovoltaica no está sólo en la producción de energía solar a gran escala. Las celdas solares jugarán un papel clave en otras importantes aplicaciones: En las comunicaciones; en aparatos y herramientas eléctricas autónomas; en sistemas de seguridad e incluso en la industria automovilística.

Con paneles fotovoltaicos y baterías recargables, es posible disponer de energía eléctrica durante las 24 horas del día y en cualquier parte del mundo, sin la conexión a la red, ni necesidad de quemar combustible. Para electrificar una casa de campo ya no es necesario depender de baterías o del funcionamiento de un generador de gasolina, solamente es necesario un equipo de energía fotovoltaica que alimente silenciosamente y sin necesidad de mantenimiento, el alumbrado, refrigerador, televisor y el teléfono.

La lista de las aplicaciones comerciales de la energía fotovoltaica, que empezó hace años en Japón con la calculadora y el reloj de pulsera; es cada vez más larga, llegando incluso hasta la posibilidad de disponer de un módulo solar para microcomputadoras portátiles.

A pesar de los prometedores proyectos de empresas y gobiernos, la generación fotovoltaica, como fuente universal de energía; todavía se encuentra en un estado similar al del petróleo a finales del siglo pasado. Mientras que en los países industrializados siga habiendo petróleo, gas natural y carbón a buen precio, la energía fotovoltaica sólo podrá conquistar los huecos de los mercados; por ejemplo, la cobertura del pico de la demanda del mediodía o la electrificación de poblaciones apartadas, que no disponen de un suministro energético cómodo. Por ello se ha pensado colocar generadores fotovoltaicos en el espacio exterior, en donde una plataforma de 65 kilómetros cuadrados de arreglos fotovoltaicos podría dar a la Tierra cerca de 10,000 MegaWatts de

energía eléctrica.

La humanidad no podrá permitir la sustitución en masa de las baratas fuentes de energía por el Carbón: tendrá que proteger la atmósfera y cuidar de que las centrales energéticas no desprendan demasiado Dióxido de Carbono, convirtiendo a la Tierra en un gigantesco invernadero. Incluso aunque los físicos nucleares desarrollen en el futuro reactores nuevos y seguros, este tipo de energía, tendrá que enfrentar la oposición pública. Por otra parte, las crecientes exigencias de seguridad y los problemas de los residuos la harán cada vez más cara.

Por eso en el siglo XXI, la energía no será tan barata y abundante como lo es en la segunda mitad de este siglo. Al contrario como en sus primeros tiempos la electricidad en el enchufe, será un recurso caro y escaso. Ni siquiera la fusión nuclear cambiará las cosas. Por el contrario, la energía fotovoltaica será cada vez más barata. En los próximos decenios se irá acercando paulatinamente a los crecientes precios de los generadores de energía convencionales y en el próximo siglo se convertirá sin duda en un serio competidor en el mercado de la energía.

Aparte del abaratamiento, todavía hay que superar una importante barrera técnica: La posibilidad de utilizar la electricidad solar durante las 24 horas del día. Hasta ahora los científicos no han conseguido desarrollar una técnica de almacenamiento para grandes cantidades de energía. Pero no es necesario solucionar este problema para que la energía fotovoltaica alcance su primer éxito de mercado. Las centrales pueden introducir directamente su energía en la red pública, ahorrando así combustibles fósiles, por ejemplo, en las Centrales Térmicas.

## 1.2 EL SOL Y LA CELDA SOLAR

El Sol es la estrella de nuestro sistema planetario alrededor del cual la Tierra gira. Desde el punto de vista astronómico pertenece al tipo de estrellas llamadas "Enanas Amarillas"; tiene una edad aproximada de 4,500 millones de años y una existencia previsible de 5,000 millones de años antes de que se transforme en una "Gigante Roja", fase en la que se producirá la desaparición de la vida en nuestro planeta. El diámetro del Sol es aproximadamente 1.39 millones de kilómetros, y se puede considerar compuesto por diferentes capas concéntricas con temperaturas decrecientes hacia el exterior. La más extensa de las capas se denomina "fotosfera" y está compuesta por gases fuertemente ionizados a una temperatura aproximada de 6000 grados Kelvin, valor que caracteriza la calidad de energía que el Sol irradia en todas direcciones. Las restantes capas exteriores de la estrella son relativamente transparentes a la radiación.

La energía, que de forma continua irradia el Sol, está compuesta por ondas electromagnéticas de longitudes de onda en las zonas ultravioleta, visible e infrarroja del espectro; tal como se muestra en la figura 1. El conocimiento del espectro de emisión del Sol es de suma importancia para un desarrollo óptimo de las aplicaciones solares. En la figura se observa que el máximo de emisión corresponde a una longitud de onda aproximada de 0.5  $\mu$ metros, es decir el color verde.

Para las aplicaciones fotovoltaicas es interesante conocer qué cantidades de energía hay contenidas en el espectro solar por encima o por debajo de una determinada longitud de onda. Aproximadamente el 80% de la energía que envía el Sol corresponde a longitudes de onda de la radiación menores que 1.5  $\mu$ m. La energía de los fotones se mide convencionalmente en eV (electrón-volt). Entre las longitudes de onda,  $\lambda$  (lambda) y la energía de los fotones, existe la relación:

$$hv = 1.2406/\lambda$$

esta cantidad de energía no alcanza la superficie de la Tierra, sino que se distribuye por la acción de diferentes mecanismos como son el albedo o luz reflejada (34%), energía absorbida por la atmósfera (19%) y absorción de la superficie terrestre (19%). Los valores indicados son promedios, ya que la acción de los diferentes medios absorbentes y difusores es una variable que depende de la nubosidad, lugar geográfico, etc. Como consecuencia de la influencia de estos factores, resulta que sólo se puede conocer la energía solar que se recibe en algún lugar del planeta mediante lecturas directas efectuadas durante períodos de tiempo suficientemente largos.

La radiación solar total incidente en la superficie terrestre tiene una componente directa (procedente en línea recta del Sol) y otra difusa (procedente de todo el hemisferio cenital y difundida por la atmósfera). El conocimiento de la contribución relativa de cada una de las componentes es importante en la práctica, ya que ciertos convertidores solares, llamados de concentración dinámica, sólo utilizan la componente directa.

Para aplicaciones en Ingeniería, se puede considerar que el Sol se comporta como un cuerpo negro a una temperatura efectiva de 5,762 °K.

La constante solar  $I_{cs}$  se define como: La cantidad de energía por unidad de tiempo que recibe del Sol una superficie de área unitaria perpendicular a la radiación, en el espacio, y a la distancia media del Sol a la Tierra. El valor normal ó estándar propuesto por Thekaekara y Drummond es de 1353  $\frac{W}{m^2}$

### 1.3 RADIACION SOLAR SOBRE LA SUPERFICIE DE LA TIERRA

No toda la radiación solar extraterrestre que intercepta la Tierra llega a la superficie de la misma, aun en condiciones de cielo despejado.

La atmósfera terrestre está constituida por una masa gaseosa estratificada.

Su altura es indeterminada, y se supone algo menor de la millonésima parte de la masa del planeta, cuyo diámetro es de 12,700 km. La variación vertical de la temperatura permite distinguir distintas regiones: La tropósfera (hasta una altura de 10 a 15 km), en ella la temperatura disminuye con la altura hasta alcanzar de  $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $-90\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; la estratósfera (entre los 20 y los 40 km de altura) se encuentra situada encima de la tropósfera, contiene una capa de ozono y muy baja humedad relativa; su temperatura permanece estable; la ionósfera (de altura superior a los 100 km) tiene capas de temperaturas indeterminadas. Finalmente, la exósfera es la última capa atmosférica.

Hasta los 80 km de altura, aproximadamente, la composición es constante: 78%  $\text{N}_2$ , 21%  $\text{O}_2$ , 0.9% Ar, 0.03%  $\text{CO}_2$ , y restos de otros gases, así como ozono y vapor de agua en la vecindad del suelo. Todo el vapor de agua se encuentra concentrado en la proximidad de la superficie, encontrándose 95% del total entre 0 y 5,000 m de altura. Así, en los primeros 2,000 m se encuentra ya el 50% del total.

Una propiedad importante del ozono es que absorbe casi totalmente las radiaciones ultravioletas de longitud de onda inferior a  $0.35\text{ }\mu\text{m}$ ; por lo tanto, la existencia del gas en la atmósfera impide la llegada de dichos rayos a la superficie terrestre, los cuales, en caso contrario, tendrían una acción destructora sobre los seres vivos.

El vapor de agua absorbe fuertemente la radiación solar en las bandas infrarojas. Más allá de  $2.3\text{ }\mu\text{m}$ , la transmisión en la atmósfera es muy baja debido fundamentalmente a la absorción de la energía por el vapor de agua y el dióxido de Carbono. Dado que la radiación solar extraterrestre más allá de  $2.3\text{ }\mu\text{m}$  es menos del 5% del total del espectro, la energía recibida sobre la superficie terrestre es todavía más pequeña.

Solamente la radiación solar extraterrestre comprendida entre  $0.29\text{ }\mu\text{m}$  y  $2.3$



La radiación solar es transmitida con atenuaciones a la superficie de la Tierra. Esta atenuación se debe a los fenómenos de absorción por  $O_3$ ,  $H_2O$  y  $CO_2$ , así como la dispersión de otros componentes en la atmósfera: Moléculas de aire, polvo, vapor de agua, etc.

Se define la "masa de aire" <sup>1</sup>, como la longitud de la trayectoria a través de la atmósfera que sigue la radiación. Al nivel del mar y cuando la trayectoria es vertical se tiene una masa de aire unitaria, o igual a la unidad. De la figura 2 se deduce que la masa de aire es proporcional a la distancia  $OP = \frac{OO'}{\cos\theta}$ , en donde  $\theta$  es el ángulo cenital. Al nivel del mar para una presión de 1,013.25 mbar y cuando el sol se encuentra en el cenit ( $\theta = 0$ ) se tiene que  $m = 1$ .  
En consecuencia:

$$m = \sec \theta \quad 1.1$$

el complemento del ángulo cenital  $\alpha$  se conoce como altura (angular) del Sol. Así, si la altura del Sol es igual a  $30^\circ$  la masa del aire es igual a 2. El error que se produce al no tener en cuenta la curvatura de la superficie de la Tierra aumenta notablemente para ángulos cenitales superiores a  $70^\circ$ . Para mayor precisión se puede utilizar la siguiente ecuación que sirve para calcular la masa del aire al nivel del mar

$$m = (1.229 + (614 \text{sen} \alpha)^2)^{-0.5} \quad 1.2$$

siendo  $\alpha$  la altura del Sol en grados. Si la presión barométrica del lugar,  $p$ , difiere de la presión atmosférica al nivel del mar  $p_0$ , las ecuaciones 1.1 o 1.2 deben de multiplicarse por el cociente  $p/p_0$ . Así, una masa de aire igual a cero corresponde a la radiación extraterrestre.

Se define como "radiación directa" <sup>2</sup>, aquélla que no experimenta cambios en

1. Manríquez Jose A., "Energía Solar, Fundamentos y Aplicaciones Fototérmicas", Harla, México D.F., 1984, pág. 7.
2. Ob. Cit., pág. 8.

su dirección. Similarmente, la radiación difusa es la que sufre dispersión en la atmósfera y no tiene una dirección única ó preferente. La radiación total es la suma de las componentes vertical de la radiación directa, y la radiación difusa que proviene de la bóveda celeste.

Si  $I_b$  e  $I_o$  son las intensidades de radiación solar directa terrestre y extraterrestre, la transmitancia atmosférica  $\tau_{atm}$  ( $I_b/I_o$ ) puede estimarse para cielo despejado en una atmósfera estándar libre de contaminación como

$$\tau_{atm} = 0.5(e^{-0.65m} + e^{-0.975m}) \quad 1.3$$

para cielo despejado cuando  $m=1$ , entonces  $\tau_{atm} = 0.72$ . La expresión anterior no toma en cuenta la atenuación espectral en la atmósfera.

La radiación difusa que proviene de la bóveda celeste depende de las condiciones atmosféricas y se desvía hacia longitudes de onda más cortas, en comparación con las de radiación directa debido fundamentalmente a la dispersión que los distintos componentes atmosféricos producen en el espectro solar.

#### I.4 ANGULOS SOLARES

Cada día, el Sol, para un observador situado en la Tierra, sigue una trayectoria circular a través del firmamento, alcanzando su punto más alto al mediodía. Esta trayectoria circular aparentemente se mueve hacia puntos más altos en el firmamento a medida que el invierno transcurre y llega el verano, como lo muestra la figura 3. En el diagrama también se observa que el amanecer acontece antes y el atardecer, después, durante el verano.

La posición del Sol en la bóveda celeste depende del lugar en que se encuentra el observador. Así, al mediodía de marzo 21 y septiembre 23 -equinoccios de primavera y otoño- el Sol se encuentra directamente sobre el ecuador.

Dado que los movimientos de la Tierra y el Sol son relativos entre sí, para

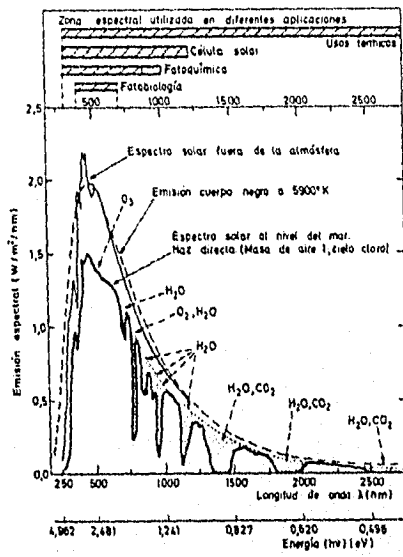


Figura 1

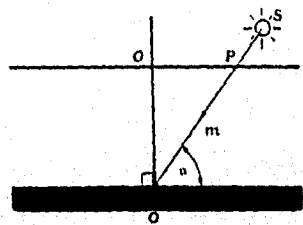


Figura 2

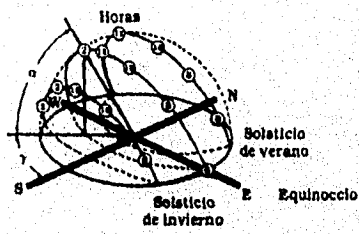


Figura 3

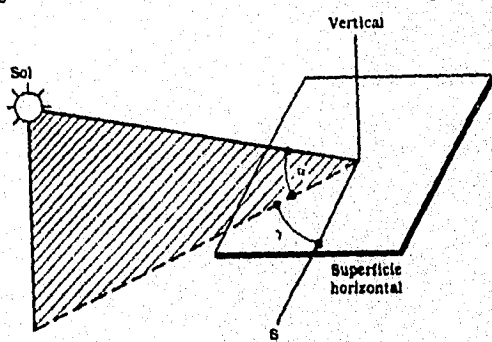


Figura 4

el presente análisis, se supondrá por simplicidad que la Tierra está fija en el espacio y que el Sol describe un movimiento virtual alrededor de ésta, además que el origen del sistema de coordenadas se localiza en el lugar de interés situado en la Tierra. Desde este punto de vista, el Sol está restringido a moverse con dos grados de libertad en la esfera terrestre, así su posición en el firmamento queda descrita mediante dos variables angulares: La altura solar  $\alpha$  y el azimut solar  $\gamma$ . De la figura 4, la primera de estas variables define el ángulo que la visual al Sol forma con el horizonte, en tanto que, la segunda define la desviación que tienen los rayos del Sol con respecto al sur verdadero (se considera medido el azimut con respecto al sur). El cálculo preciso de estas variables depende fundamentalmente de tres parámetros: La latitud del lugar  $\theta$ , la declinación  $\delta$  y el ángulo horario  $w$ .

La latitud queda definida mediante el ángulo que determina el lugar de interés sobre la Tierra, con respecto al plano del ecuador. Este ángulo es positivo cuando se mide hacia el norte del ecuador, y negativo cuando lo es hacia el sur de éste.

La declinación define la posición angular del Sol al mediodía solar, es decir, en el momento en que el Sol está más alto en el firmamento con respecto al plano del ecuador. La declinación es un índice del alejamiento que experimenta el Sol hacia el norte ó hacia el sur del ecuador. Este parámetro, que depende del día del año, puede calcularse con la expresión

$$\delta = 23.45 \text{sen}(360 \cdot (284+n) / 365) \quad 1.4$$

donde  $n$  es el día del año. La tabla 1 en el Apéndice indica los valores correspondientes.

El ángulo horario es igual a cero al mediodía solar y adquiere un valor de  $15^\circ$  de longitud por cada hora, siendo positivo en las mañanas y negativo en las tardes, Así  $w=+30$  a las 10:00 y  $w=-15$  a las 13:00.

Una vez determinados la latitud, la declinación y el ángulo horario, la altura y azimut solares pueden calcularse por medio de las siguientes relaciones trigonométricas:

$$\sin(\alpha) = \cos(\theta)\cos(\delta)\cos(w) + \sin(\theta)\sin(\delta) \quad 1.5$$

$$\sin(\tau) = \cos(\delta)\sin(w)/\cos(\alpha) \quad 1.6$$

Para calcular la longitud del día, es decir, el máximo número de horas de asoleamiento diario se hace  $\alpha=0$  en la ecuación 1.5 obteniendo:

$$\cos(w) = -\tan(\theta)\tan(\delta) \quad 1.7$$

o bien

$$T = 2w / 15 \quad (\text{horas}) \quad 1.8$$

por lo tanto

$$T = (2w / 15) (-\tan(\theta)\tan(\delta)) \quad (\text{horas}) \quad 1.9$$

El tiempo solar difiere del tiempo oficial que indica un reloj exacto.

Ambos están relacionados entre sí por la expresión:

$$\text{Tiempo solar} = \text{tiempo oficial} + E + 4(l_{\text{ref}} - l_{\text{loc}}) \quad 1.10$$

donde E es la ecuación del tiempo dada por la tabla 2 en el Apéndice en minutos,  $l_{\text{ref}}$  es la longitud del meridiano de referencia horaria oficial para la zona en cuestión, y  $l_{\text{loc}}$  es la longitud del meridiano del lugar, en grados oeste.

### 1.5 RADIACION DIRECTA SOBRE UNA SUPERFICIE INCLINADA

Considérese una superficie inclinada, un ángulo "s" respecto a un plano horizontal y que forma un ángulo azimutal  $\tau$  con respecto al sur. En estas circunstancias, como se observa en la figura 5, el ángulo de incidencia  $\theta$  de la radiación directa queda definido como el ángulo entre la normal a la superficie y el haz de radiación. La relación entre  $\theta$  y los otros ángulos está dada por la expresión:

$$\begin{aligned}
\cos(\theta) &= \frac{\sin(\delta)\sin(\varnothing)\cos(s)}{s} - \frac{\sin(\delta)\cos(\varnothing)\sin(s)\cos(\tau)}{s} + \\
&\frac{\cos(\delta)\cos(\varnothing)\cos(s)\cos(w)}{s} + \frac{\cos(\delta)\sin(\varnothing)\sin(s)\cos(\tau)\cos(w)}{s} + \\
&\frac{\cos(\delta)\sin(s)\sin(\tau)\sin(w)}{s} \qquad \qquad \qquad 1.11
\end{aligned}$$

1.6 FUNDAMENTOS Y CARACTERISTICAS DE LAS CELDAS SOLARES

1.6.1 Efecto Fotovoltaico.

Bajo ciertas condiciones, cuando una radiación electromagnética de energía suficiente incide sobre determinados materiales, parte de la energía es absorbida, generándose en el interior del material pares de cargas positivas y negativas. Si la radiación electromagnética es la solar y el material considerado un semiconductor tal como el Silicio (Si), los pares de carga son electrones (e<sup>-</sup>) y huecos (h<sup>+</sup>) que una vez producidos se mueven aleatoriamente en el volumen del sólido. Si no hay ningún condicionante externo ni interno, dicho movimiento conduce a que finalmente los pares de signos opuestos se recombinan produciéndose su mutua neutralización. Por el contrario, si mediante algún procedimiento se ha creado en el interior del material un campo eléctrico local permanente, los pares de diferentes cargas serán separadas por él. Esta separación conduce al establecimiento de una diferencia de potencial entre dos zonas del material que, si son conectadas entre si, mediante un circuito externo al tiempo que la radiación electromagnética incide sobre el material, darán origen a una corriente eléctrica que recorrerá el circuito externo. El fenómeno descrito se llama "EFECTO FOTOVOLTAICO" y como se mencionó anteriormente, fue descubierto por Becquerel en 1839. En el año 1877 se confirmó que dicho fenómeno también se producía en la interfase entre dos sólidos determinados. El efecto fotovoltaico es el fundamento en el que se basan las celdas solares; razón por la cual también se les llama celdas fotovoltaicas. En la figura 6 se representa el mecanismo descrito.

El campo eléctrico interno local se crea siempre que se ponen en contacto un semiconductor tipo n con otro tipo p, es decir allí donde existe una unión p-n.

#### 1.6.2 La celda solar.

Después del Oxígeno, el Silicio es el segundo material más abundante en la corteza terrestre, pues la compone en un 20% asociado a otros minerales, sobre todo en forma de arena. Separarlo de la arena resulta relativamente fácil, y el crecimiento de los cristales está dominado por el método descubierto por Czochralski. Para ello, se utiliza un crisol de cuarzo donde se calienta el Silicio hasta licuarlo. Así cuando una semilla de Silicio monocristalino toca la superficie de la masa líquida, comienza a extraerse hacia arriba muy lento; sometiéndola a un lento giro alrededor de su eje. Los átomos de Silicio fundido al enfriarse ocupan los estados de mínima energía, que corresponden así a un gran monocristal de forma cilíndrica y varios kilos de peso, que hay que cortar cuidadosamente para transformarlo en finas obleas semiconductoras.

Antes, todavía en el crisol, el Silicio monocristalino ó policristalino amorfo ha sido dopado (ensuciado) con impurezas, a fin de obtener obleas semiconductoras; bien del tipo "n" ó del tipo "p". La razón es que si el Silicio se cristaliza en forma de diamante, de modo que cada uno de sus átomos esté rodeado por otros cuatro, con los que comparte electrones estabilizadores. Si en la estructura de este edificio cristalino se introducen pequeñas cantidades de elementos pentavalentes -como el Fósforo, Arsénio ó Antimonio- el electrón sobrante, no compartido, puede ser arrancado fácilmente por la radiación solar, generando una carga eléctrica, de tipo negativo (n). Si por el contrario, el dopaje se realiza con elementos trivalentes -por ejemplo el Boro, Indio ó Galio- siempre faltan electrones para que el material adquiera una configuración

estable y se produzcan huecos que dan lugar a una carga eléctrica de signo positivo (p). Basta un átomo de impureza por cada millón de átomos del cristal para conseguir el tipo de semiconductor deseado.

A partir de estas obleas, mediante uniones p-n, se han venido fabricando la mayoría de los paneles fotovoltaicos. Para aumentar la eficiencia de los fotones solares que penetran en el semiconductor, el campo eléctrico debe ser superficial, de tal forma que la celda es, en este aspecto, semejante a un diodo en el que la unión rectificadora se ha puesto muy próxima a la cara que se enfrenta al Sol. Los contactos eléctricos que se hacen en ambas caras de la oblea son de geometría y características especiales. La cara que no recibe la radiación se recubre en forma continua y total con uno o varios depósitos metálicos, por el contrario la cara expuesta a los rayos solares está recubierta por un electrodo metálico en forma de red compleja (figura 7), ya que dicho electrodo ha de recoger eficientemente los portadores de carga eléctrica generados en el interior de la oblea y, al mismo tiempo, no puede ser tan continuo como para impedir que los rayos solares alcancen al material semiconductor.

La descripción cualitativa final de una celda es como lo muestra la figura 8.

Para que una celda solar expuesta produzca energía eléctrica debe reunir al menos tres características fundamentales:

- Ser capaz de absorber una fracción importante de la radiación solar que recibe para que la generación de pares electrón-hueco sea eficiente.
- Tener un campo eléctrico interno que separe las dos cargas de cada par impidiendo su posterior recombinación.
- Las cargas separadas deben ser capaces de viajar a través de la oblea hasta los electrodos superficiales desde donde pasan al circuito



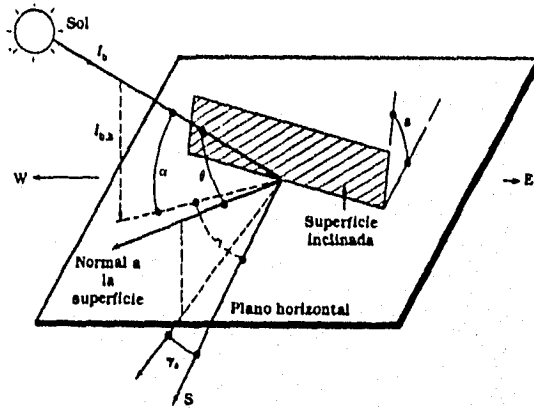


Figura 5

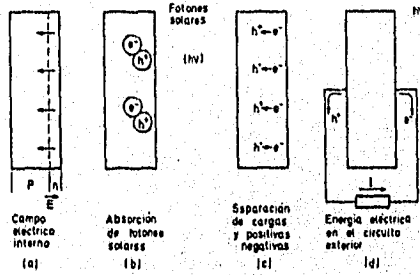
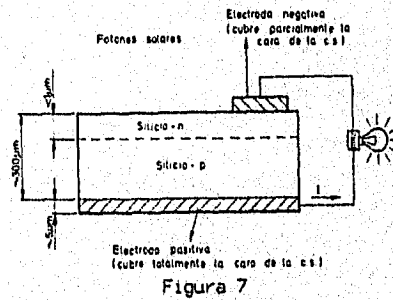


Figura 6



exterior.

Bajo un punto de vista histórico las primeras aplicaciones del efecto fotovoltaico dieron origen a celdas con rendimientos bajos (4%) debido a que los materiales utilizados no eran de la adecuada calidad. Fue en el año de 1954 cuando gracias a la incorporación del Silicio monocristalino como material fotovoltaico, se obtienen celdas reproducibles con rendimiento del 6%. Dichas celdas, basadas en las propiedades fotovoltaicas de las uniones p-n, fueron comercializadas en 1955 y todavía son las de mayor utilización real y práctica.

Las versiones monocristalinas más avanzadas proporcionan rendimientos bastante elevados -entre el 20 y el 22%-, pero los costos de fabricación son altos, pues la necesaria pureza y calidad del material exige consumos considerables de tiempo y energía. El record mundial de eficiencia de una de estas celdas solares monocristalinas, lo tienen la Universidad de Stanford y la Varian Associates Inc. de Palo Alto California. Utilizando una lente para concentrar la luz sobre la superficie de la celda, Stanford logró convertir en electricidad el 28.5% de la energía solar recibida. Por su parte, Varian aplicando una capa de Arseniuro de Galio sobre el Silicio, llegó al 30.6%, una eficacia que ya puede compararse con la de las centrales térmicas y nucleares.

### 1.6.3 Respuesta Espectral de la Celda Solar de Silicio

La energía necesaria para crear un par electrón-hueco en Silicio es de 1.2 eV (anchura de la banda prohibida del semiconductor) y sólo los fotones solares de energía igual ó superior a ese valor (equivalente a una longitud de onda de 1.1  $\mu\text{m}$ ) son absorbidos por el material. El Silicio es transparente a radiaciones de longitudes de onda mayores que la citada, lo cual implica una fracción importante de la radiación solar que se recibe (40%). Por otra parte si los fotones son de elevada energía (correspondientes por ejemplo, a radiaciones

violeta y ultravioleta) son fuertemente absorbidos en la superficie del Silicio y generan pares de carga que se recombinan antes de ser separados por el campo eléctrico existente en la unión p-n.

De acuerdo con estas consideraciones, se comprueba que la respuesta óptica de la celda solar de Silicio (cómo se muestra en la figura 9) se extiende desde longitudes de onda de 0.4 a 1.1  $\mu\text{m}$ , con un máxima alrededor de 0.8 - 0.9  $\mu\text{m}$ .

#### 1.6.4 Características Eléctricas de la Celda Solar de Silicio.

El comportamiento eléctrico de la celda solar se describe adecuadamente mediante características tensión corriente (V-I). La característica V-I de una celda solar en la oscuridad es la típica de un diodo como lo muestra la figura 10. El comportamiento en polarización positiva es reflejado por el cuadrante I de la figura. La polarización negativa da origen a una corriente baja de fuga que va desde la cara n a la p por el interior de la oblea (cuadrante III). Al iluminar la celda bajo condiciones de polarización mencionadas, la curva característica se desplaza como en la figura 10-b. En estas circunstancias sólo se obtiene corriente nula si se polariza la celda con una tensión positiva  $V_{oc}$ , lo cual significa que bajo iluminación, el contacto p se ha hecho positivo y el n negativo, y que entre ambos existe una diferencia de potencial  $V_{oc}$  denominada potencial en circuito abierto.

Quando la tensión de polarización externa es cero la corriente adquiere el valor  $I_{sc}$  (corriente en corto circuito) debido a la iluminación, por lo tanto en el cuadrante IV la celda solar bajo radiación genera energía eléctrica, y de aquí que esta zona se considere exclusivamente la característica V-I de la celda solar.

### 1.6.5 Rendimiento del Proceso Fotovoltaico.

El rendimiento de la operación de una celda solar se define como el cociente entre la energía eléctrica producida y la energía solar interceptada en su superficie. Cuando se optimiza la carga que la celda debe alimentar el rendimiento es máximo y está dado por:

$$\eta = \frac{P}{I} = \frac{I_m * V_m}{I_m * V_{oc}} = \left( \frac{FF * I_{sc} * V_{oc}}{I_m * V_m} \right) / I_m \quad 1.12$$

donde  $I$  es el producto de la insolación por la superficie efectiva de la celda,  $I_m$  es la corriente de corto circuito  $V_m$  es el voltaje en circuito abierto, y  $V_{oc}$  es el voltaje en circuito abierto,  $FF$  es factor de optimización de la carga.

Los factores que influyen en el rendimiento de una celda son múltiples: pueden ser del tipo interno ó externo (características del material, espesor de la oblea, superficie activa, geometría de los contactos, etc.), y ambientales (temperatura de operación, composición espectral de la radiación, etc.). Algunos de estos factores son de mayor interés práctico que otros, sobre todo desde el punto de vista del usuario.

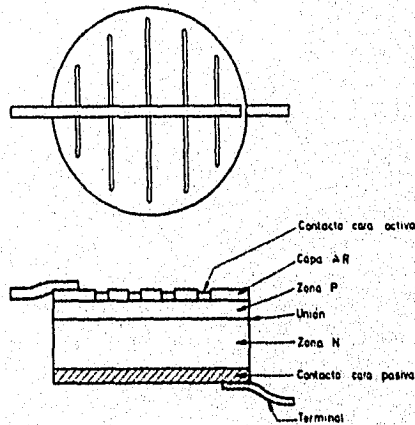


Figura 8

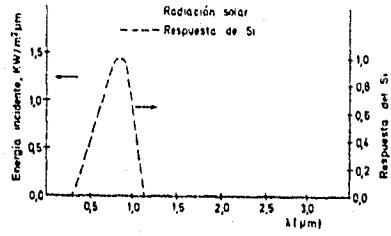


Figura 9

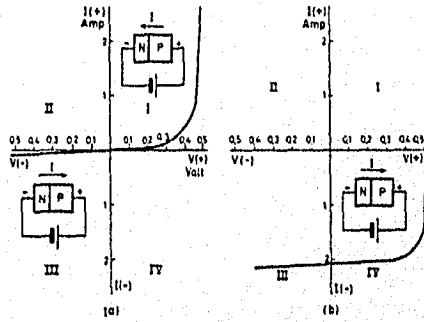


Figura 10

## CAPITULO II

### ELEMENTOS DE DISEÑO

#### II.1. CARACTERISTICAS GENERALES DEL PROTOTIPO

La base del prototipo consiste en aprovechar al máximo la incidencia de los rayos solares utilizando un panel móvil, que esté siempre lo más cercano a la normal de la trayectoria incidente de la luz solar. Para poder realizar esto, una computadora calcula la trayectoria del Sol a lo largo del día.

La computadora, como se mencionó anteriormente, ejecutará el control de los motores para mover a los paneles generadores, además deberá registrar los datos de las variables eléctricas generadas: Voltaje, corriente y potencia suministrada, además de generar los gráficos de potencia.

Una parte muy importante es la conexión de los circuitos electrónicos con la computadora, esta conexión debe ser lo más sencillo posible para evitar gastos que involucren adaptar tarjetas adicionales a la computadora, pero debe ser tal que permita comunicación bidireccional de ambos sistemas (computadora-circuitos de control), esto se puede hacer de dos formas: Comunicación paralela y serie; se prefiere la serie ya que permite una extensión más larga de los cables, además de poder comunicarse vía Modem a distancias muy grandes y no existe la complejidad de tener tantos cables como sucedería con el puerto paralelo, ó con una tarjeta de expansión; un inconveniente es que debido a la longitud de los cables se pueden inducir ruidos que distorsione la información digital y otra desventaja más es la baja velocidad de comunicación de datos (para una transmisión confiable puede ser hasta de 9600 baudios).

En cuanto a estadística, proporcionará la hora y la potencia pico generada, que almacenará en una base de datos y hará un reporte diario sobre estos valores

al finalizar la captación de energía.

Generará gráficos en tiempo real que presentará en pantalla y al final del ciclo de trabajo los presentará impresos.

Debido a que sólo se utiliza una celda solar en el prototipo, desafortunadamente éste no puede ser autosuficiente, por tal motivo se tiene que ocupar energía auxiliar y la carga de prueba es una pequeña resistencia de 1  $\Omega$ .

El sistema empieza a funcionar en el momento del amanecer que calcula la computadora y termina el proceso a la puesta del sol que también calcula la computadora.

Por cuestiones económicas se utiliza solamente un panel solar, pero el diseño está hecho de tal manera que se pueden adaptar hasta 256 paneles.

El sistema va a "seguir" al Sol mediante el movimiento en dos planos, como se muestra en la figura 11.

Se sigue en dos planos para minimizar el error de incidencia de los paneles.

La desviación ó error de incidencia se puede definir como la diferencia entre la incidencia normal y la incidencia real que existe, de la figura 12 se tiene

$$\theta = \text{error de incidencia} \quad 2.1$$

$$I_n = I_r \cos(\theta) \quad 2.2$$

(equivalente normal de la radiación real)

$$I_n/I_r = \cos(\theta) \quad \text{ó}$$
$$I_n/I_r = \text{porcentaje de la radiación real referida a la normal.} \quad 2.3$$

Esta última ecuación expresa las pérdidas de energía por diferencia entre el ángulo ideal de incidencia normal y el ángulo real, tabulando la ecuación 2.3 se obtiene la tabla 3 del Apéndice.

Para valores entre 180 y 360 grados la incidencia directa es nula ya que la

A Incidencia normal a la superficie  
B Incidencia real

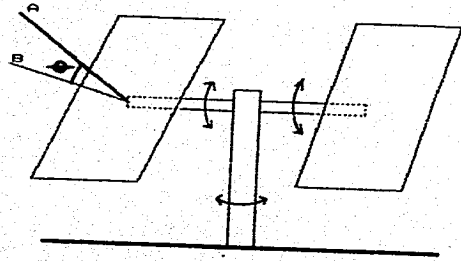


Figure 11

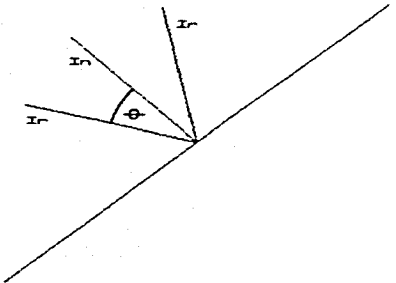


Figure 12

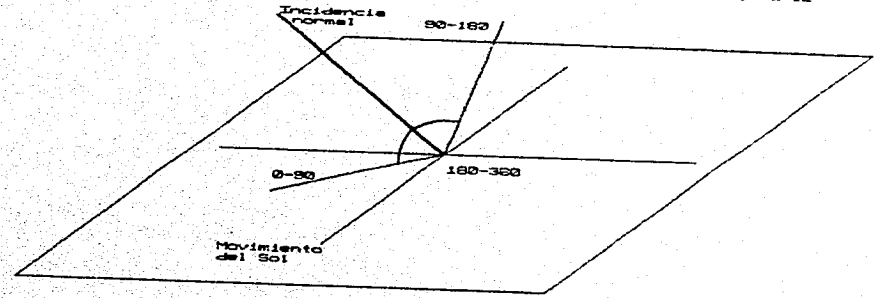


Figure 13



trayectoria de los rayos solares estaría llegando a la parte trasera de los paneles y así solamente existiría la componente difusa de la radiación sobre la superficie de los mismos.

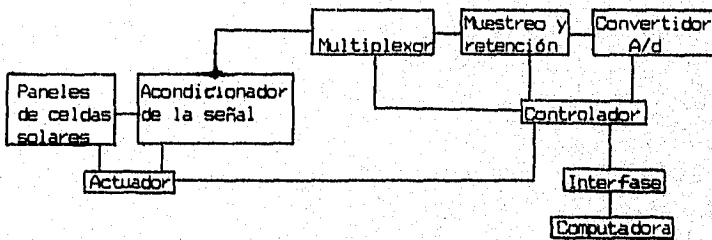
Para valores entre 90 y 180 grados son equivalentes a los de 0 a 90 grados debido a la geometría que resulta de la incidencia visto por arriba, como se observa en la figura 13.

El ángulo  $\theta$  es el mismo que se tiene cuando el Sol está antes de la incidencia normal que cuando se encuentra después en ese mismo ángulo.

De la tabla 3 del Apéndice se observa que hasta con  $8^\circ$  de desviación se obtiene un 99.03% ( $\cos^2(8^\circ)$ ) de captación de energía solar.

El ángulo  $\theta$  se obtiene con la ecuación 1.11 del capítulo 1; esta ecuación es la que da el ángulo de incidencia de la radiación directa definido anteriormente.

## II.2. DIAGRAMA A BLOQUES



El diagrama anterior representa la forma como están interconectados los diferentes elementos, éstos se explican a continuación:

- Acondicionador de la señal: Es la circuitería de soporte para la medición de las variables eléctricas de los paneles, proporciona la energía de excitación, y elementos de calibración.

- Multiplexor: Acepta múltiples entradas analógicas y las conecta secuencialmente al instrumento de medición.
- Muestreo y retención: En este bloque una llave electrónica se cierra para admitir una señal de entrada cada "t" tiempo. En la práctica la duración del muestreo debe ser muy breve en comparación con la constante de tiempo más significativa del sistema. El muestreador convierte una señal continua en un tren de pulsos producido en los instantes de muestreo.
- Convertidor A/D: Convierte el voltaje analógico a su forma digital equivalente. La salida del convertidor A/D se puede desplegar visualmente y está disponible como voltaje en pasos discretos para procesamiento posterior.
- Actuador: Representa aquellos dispositivos encargados de operar directamente sobre la variable ó variables que se desean controlar. Su característica esencial es que sólo obedecen a señales que se les impongan.
- Paneles de celdas solares: Son los encargados de generar la potencia eléctrica, manteniendo su ángulo de incidencia muy cercano al ángulo de incidencia de los rayos solares. Es la planta del sistema, es decir, es el objeto a ser controlado.
- Controlador: Es el encargado de recibir las señales de la computadora y mandarlas a su destino, así como también el envío de los datos obtenidos del sistema a la computadora. Coordina todos los elementos del actuador.
- Interfase: Es la encargada de comunicar a la computadora con el controlador para establecer la transmisión de datos bidireccional.
- Computadora: Es la encargada de procesar la información y tomar decisiones en base a ésta para el máximo aprovechamiento de energía.

### II.3. PANELES DE CELDAS SOLARES

Las celdas aisladas no son los elementos que se utilizan en las aplicaciones prácticas, sino que, con objeto de lograr potencias mayores se acoplan en serie y paralelo para obtener mayores tensiones y corrientes formando lo que se denomina módulo fotovoltaico, que es el elemento que se comercializa para su instalación.

Aunque el número de componentes que intervienen en la construcción de un módulo fotovoltaico suele ser universal, su estructura, diseño, dimensión, materiales utilizados, etc. varían enormemente según el fabricante. Esto también significa que la potencia pico de un módulo fotovoltaico es variable según el modelo, en la actualidad el módulo de más difusión comercial es el de 33 Watts pico compuesto por 36 celdas de 10 cm. de diámetro.

La potencia del panel depende de las características, así como del número de módulos instalados por panel, una configuración establece 256 módulos instalados por panel solar teniendo así una potencia pico aproximada de 8448 W, como el diseño del prototipo es capaz de controlar hasta 256 paneles generadores, si se construyera el sistema real sería capaz la planta de generar 2.16 MWatts pico. El área máxima necesaria (área de incidencia a mediodía) para extender los paneles sin tener en cuenta las estructuras de soporte es la siguiente:

$$\text{Área de la celda solar: } \pi r^2 = \pi * (0.05)^2 = 7.85 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

Número de celdas por módulo: 36      Número de módulos por panel: 256

Número de paneles: 256

$$\text{Área de incidencia: } 7.854 \times 10^{-3} \times 36 \times 256 \times 256 = 18,529 \text{ m}^2$$

ésta es el área equivalente de un cuadrado de 136 metros de lado.

En cuanto al prototipo solamente se emplean dos celdas solares de 0.45 Vp, 0.5 Amp por panel, es decir la potencia máxima generada será de 0.5 Watts por las cuatro celdas de los dos paneles. Esto es debido a que el prototipo sólo se

ocupa para simular la operación, no para generación de potencia utilizable. La conexión de las celdas es en serie teniendo así un voltaje pico de 0.9 V y una corriente pico de 0.5 Amp.

#### II.4. ACONDICIONADOR DE LAS SEÑALES DE LOS PANELES DE CELDAS SOLARES

Como los voltajes generados están dentro de la gama de entrada del convertidor A/D, no se necesita preamplificación previa, lo necesario es la protección para los circuitos multiplexores; esta protección es con el fin de que no se dañe la entrada del mismo en situaciones no esperadas, la protección a estos niveles de voltaje es suficiente con dos diodos y una resistencia en serie a cada entrada del multiplexor como se ve en la figura 14.

La colocación de los diodos y resistencia es por si llegase a ocurrir alguna mala conexión ó otra situación que haga que exista un voltaje mayor al de alimentación del multiplexor ó un voltaje menor que el de referencia. Si existe un voltaje mayor al de alimentación en 0.7 volts (diodos de silicio) ó 0.3 V (diodos de germanio) ó menor en ambos casos, se polarizará directamente ya sea D1 ó D2 (D1 cuando sobrepase, D2 cuando sea menor al de referencia) y así la corriente fluirá hacia la fuente de alimentación, quedando la entrada del multiplexor protegida.

Se mejora la protección con el diodo de germanio, ya que éste sólo necesita 0.3 volts para iniciar la conducción, esta es la recomendación de los fabricantes.

Los diodos D1 y D2 no influyen en el margen de voltajes de 0 - Vcc ya que en cualquier valor D1 y D2 están polarizados inversamente.

Como lo que se va a medir es potencia eléctrica, se tienen que tomar dos lecturas: Voltaje y corriente generados, como se mencionó en el principio de la sección, en los niveles de generación del prototipo (0.9 Vp, 0.5 Amp) no se

necesita amplificación con ganancia mayor que la unidad, para el voltaje; éste se toma directo de la celda y para la corriente se inserta una resistencia de  $1 \Omega$  en la red de la celda solar como lo muestra la figura 15.

La resistencia de  $1 \Omega$  se construye con alambre nicromel de  $0.7 \text{ mm}$  de diámetro, que tiene una resistencia de  $2.82 \Omega/\text{m}$ . Para una resistencia de  $1 \Omega$  se necesitan  $35.46 \text{ cm}$  de alambre. El corte es preciso hasta los milímetros así que los  $0.06 \text{ cm}$  es la incertidumbre con un valor del  $0.17\%$  ( $0.06/35.46$ ), con estos valores se obtiene una resistencia de  $1 \Omega \pm 0.17\%$ . Se requiere de un amplificador diferencial que tome los voltajes que tiene la resistencia al circular la corriente ( $V=RI$ ).

Por simplicidad y para métodos de estudio, se puede simplificar el circuito a la forma que se presenta en la figura 16.

Aquí, la resistencia que toma el valor de la corriente se convierte en la resistencia de carga, desarrollando la ecuación de malla:

$$-V_{G1} - V_{G2} + R \cdot I = 0 \quad 2.4$$

como  $V_{G1} + V_{G2} = V_G = V_{RL}$  e  $I = I_L$ ,

acomodando y sustituyendo:

$$V_{RL} = R \cdot I_L \quad 2.5$$

$I_L = V_{RL}/R$  y como  $R = 1$ , entonces

$$I_L = V_{RL} \quad 2.6$$

Las ecuaciones 2.5 y 2.6 dan los valores de  $V$  e  $I$  para este caso en particular.

El circuito de entrada para el multiplexor es el de la figura 17.

Generalizando el circuito propuesto para la toma de lecturas de paneles a escala natural es el de la figura 18.

En la figura 18 el voltaje máximo en el punto "a" debe ser de 2 volts y la diferencia de potencial entre los puntos "b-c" también debe ser de 2 volts.

La relación R2 a R1 depende del voltaje generado por los paneles:

VGénmáx	R2	R1
2	1 MΩ	0 Ω
20	1 MΩ	9 MΩ
200	100 KΩ	9,9 MΩ
2000	10 KΩ	9,99 MΩ

La potencia entregada por el panel está dada por:

$$P = VG \cdot IL \quad 2.7$$

$$P = \frac{VG^2}{R} \quad 2.8$$

para el caso del prototipo en especial.

La incertidumbre es el valor posible del error de medición. Puede variar con la amplitud, dependiendo de las circunstancias de la medición.

Si se realiza un conjunto de mediciones y si la incertidumbre en cada medición (ó especificación) se expresa con las mismas posibilidades entonces, estas mediciones (ó especificaciones) se usan a fin de calcular el resultado deseado de los experimentos. El resultado R es una función dada de las variables independientes  $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ ; por lo tanto,

$$R = R(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n) \quad 2.9$$

Sea  $w_R$  la incertidumbre en el resultado y  $w_1, w_2, w_3, \dots, w_n$  las incertidumbres de las variables independientes. Si las incertidumbres en las variables independientes tienen las mismas probabilidades, la incertidumbre en el resultado según estas probabilidades, las da Holman como:

$$w_R^2 = \left( \frac{\partial R}{\partial x_1} w_1 \right)^2 + \left( \frac{\partial R}{\partial x_2} w_2 \right)^2 + \left( \frac{\partial R}{\partial x_3} w_3 \right)^2 + \dots + \left( \frac{\partial R}{\partial x_n} w_n \right)^2 \quad 2.10$$

3. Holman Jack P., "Métodos Experimentales Para Ingenieros", McGraw-Hill, México D.F., 1990, pág. 55.

La incertidumbre del voltaje a medir independientemente que no se relaciona con los instrumentos, sino que es del sistema mismo es:

$$V = V_G \pm 0.17\% \text{ (incertidumbre de la resistencia)}$$

$$I = I_L \pm 0.17\%$$

$$\frac{\delta P}{\delta V_G} = I_L \quad \frac{\delta P}{\delta I_L} = V_G$$

$$w_P = \sqrt{(I_L^2 (0.0017 V_G)^2 + V_G^2 (0.0017 I_L)^2)}$$

$$w_P = \sqrt{5.78 \times 10^{-6} I_L V_G^2}$$

$$w_P = 0.0024 I_L V_G \quad \text{ó} \quad w_P / (I_L V_G) = 0.0024 = .024\% \quad 2.11$$

la incertidumbre de medición con la técnica de poner la  $R_L = 1 \Omega$  es de un 0.24%.

## II.5. MULTIPLEXOR DE ENTRADA

Un multiplexor ó selector de datos es un circuito que permite seleccionar cuál de varias líneas de entrada se deben conectar a una sola línea de salida. Matemáticamente un multiplexor tiene  $2^m$  buses de entrada de datos  $x_0, x_1, x_2, \dots, x_{(m-1)}$  y un bus de salida de datos  $Z_0$ . Se pueden multiplexar tanto señales digitales como analógicas. Su diagrama esquemático se representa en la figura 19.

En el caso de la multiplexión analógica, las entradas de origen analógico se conmutan de manera secuencial ó aleatoria al bus por medio del circuito de control y selección de canales.

Se puede utilizar un circuito de muestreo y retención antes del multiplexor. En esta forma todos los canales se muestrean simultáneamente y luego se conmutan al convertidor A/D secuencialmente.

Para la medición de lecturas del sensor y de cada panel solar es necesario

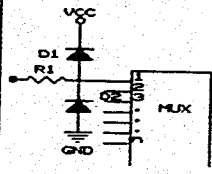


Figura 14

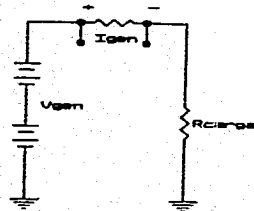


Figura 15

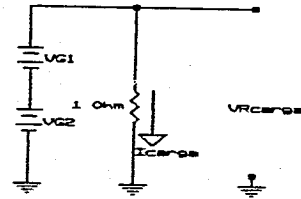


Figura 16

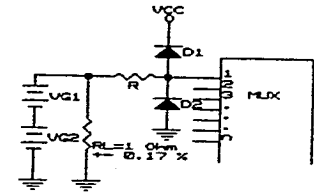


Figura 17

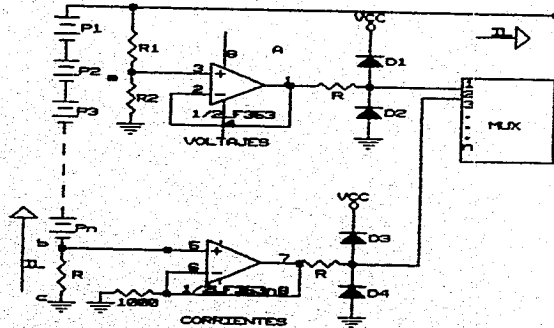


Figura 18

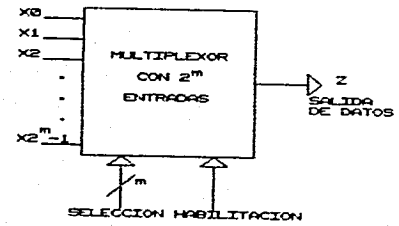


Figura 19



multiplexar todas las señales para su conversión A/D y posterior lectura, el número máximo de variables a medir es 512 (256 voltajes y 256 corrientes).

El número mínimo de entradas es 1 y el máximo 16 en los multiplexores disponibles comercialmente, siendo así, el multiplexado de hasta 512 señales tiene que ocuparse de una multiplexión en cascada como lo muestra la figura 20.

Generalmente los precios de los circuitos integrados no varían en la misma proporción que el número de sus entradas ó salidas, es decir un multiplexor de 2 entradas no cuesta lo doble que el de una entrada, ni mucho menos un multiplexor de 16 entradas cuesta 16 veces más que el de una entrada, así por el número de circuitos integrados y por costos el circuito más apropiado es el multiplexor 16:1 y de este tipo sólo existe el circuito integrado MC14067B de tecnología CMOS.

El CI MC14067B es un multiplexor/demultiplexor analógico que tiene sus interruptores controlados totalmente de forma digital, baja resistencia de encendido y muy baja corriente de fuga, este dispositivo puede ser usado tanto en aplicaciones digitales como analógicas.

La hoja técnica que describe al circuito se encuentra en el Apéndice; se observa que para controlarlo se necesita una palabra de 4 bits más un bit de habilitación, con la palabra de 4 bits se generan hasta 16 combinaciones diferentes y para cada una de éstas es una entrada elegida que se va conmutando a la salida. Su voltaje de alimentación puede estar entre 3 y 18 Volts cd.

Manejando independientemente las señales de voltajes y corrientes, las primeras 256 señales de multiplexión serán de voltaje y los 256 finales serán de corriente.

Para acceder 256 señales se necesita una palabra de control de 8 bits de longitud ( $2^8 = 256$ ), el diagrama para la multiplexión y su control es el representado en la figura 21.

Aquí X0, X1, X2 y X3 seleccionan las diferentes entradas de los 16 multiplexores de la primer etapa. X4, X5, X6 y X7 seleccionan el dato de salida de determinado multiplexor (segunda etapa), así por ejemplo el panel número 0, su palabra de control será: 00000000 donde los primeros cuatro bits (de derecha a izquierda) indican que es el primer dato de entrada de cada uno de los 16 multiplexores de la primer etapa y los cuatro últimos bits indican que es el primer multiplexor de la primer etapa del que se va a tomar la información. Así, para elegir cualquier lectura, sólo es necesario convertir el número de panel a forma binaria y colocarlo en la palabra de control A7-A0. Supóngase que la palabra de control es 01101111, el panel elegido es:

primeros cuatro bits: 1111 = 15

últimos cuatro bits: 0110 = 6

es la entrada número 15 del multiplexor número 6 es decir el voltaje del panel número 111 (15 + 6\*16 entradas).

Al tenerse 512 señales entonces es necesario 2 circuitos de este tipo, pero con una sola palabra de control A7-A0, quedando el circuito de la figura 22.

Los amplificadores LM324A y LM324B son para adaptar las señal antes de multiplexarla por última vez; son amplificadores seguidores de tensión con ganancia unitaria que se ponen con el fin de disminuir el "offset" que se origina con los circuitos acondicionadores de señal.

Tomando el circuito de la figura 23, la ganancia está dada por la ecuación:

$$\frac{V_{sal}}{V_{ent}} = \frac{R_f}{R_i} + 1 \quad 2.12$$

Si  $R_f = 0$  y  $R_i \approx \alpha$

$$\frac{V_{sal}}{V_{ent}} = 1 \quad 2.13$$

para compensar el desbalance el circuito se tiene que modificar como el de la

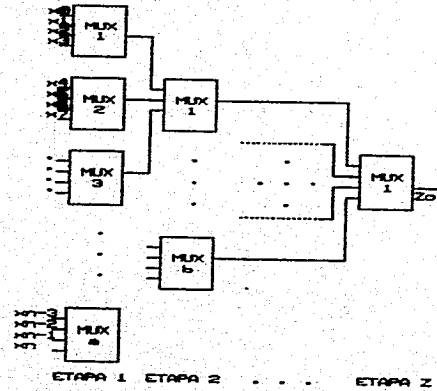


Figura 20

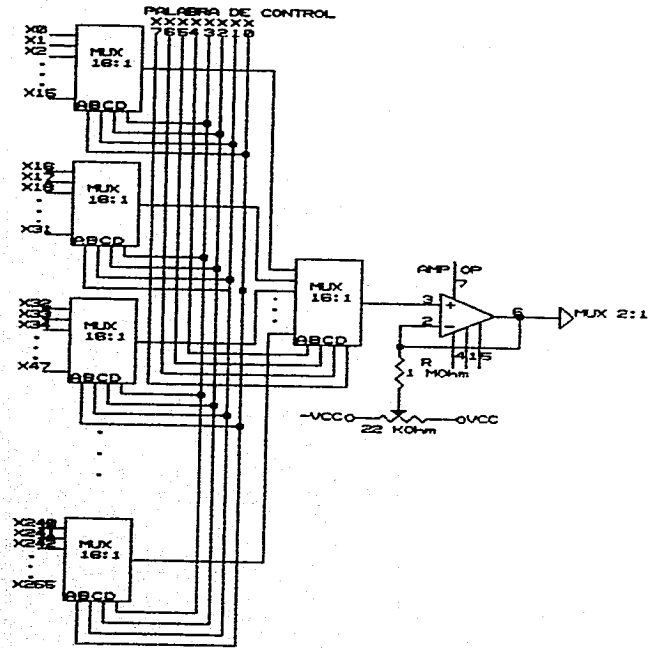


Figura 21

figura 24, así:

$$\frac{V_{sal}}{V_{ent}} = \frac{0}{(1 \times 10^6 + R)} + 1$$

$$\frac{V_{sal}}{V_{ent}} = 1 \quad 2.14$$

donde R es la resistencia vista desde el punto "a" hacia las fuentes de alimentación.

El potenciómetro de 22 k $\Omega$  se utiliza para aplicar un voltaje de polaridad opuesta al de desbalance anulándolo así y teniendo en la salida 0 volts cuando en la entrada existan 0 volts.

Los amplificadores son LM324 de propósito general con una impedancia típica de 2 M $\Omega$ . El circuito integrado LM324 está compuesto por cuatro amplificadores operacionales de bajo consumo de potencia por circuito integrado, que puede ser conectado a una sola fuente de voltaje ó a fuentes simétricas, su hoja técnica se encuentra en el Apéndice.

Como se observa en la figura 22 se emplean 2 amplificadores, uno para señales de voltaje y otro para señales de corriente.

Las dos señales ya acondicionadas pasan a la siguiente etapa de multiplexión, la cual es la que escoge una de las dos señales de entrada.

El propósito es elegir de dos señales de entrada una de salida, para el diseño del circuito se eligió el MC14551B. La hoja técnica se encuentra en el Apéndice, en ella se observa que el circuito integrado tiene cuatro multiplexores gobernados por una señal de control, del integrado se eligió las entradas/salidas X. Al aplicar un nivel lógico "0" se escoge la entrada X0, en ésta, estará conectado el amplificador operacional que recibe las señales de voltaje y cuando se aplique un nivel lógico "1" la entrada X1 es elegida que es el amplificador que recibe las señales de corriente, quedando el multiplexor como lo muestra la figura 25.

Las señales de control para el multiplexor son generadas por el controlador y

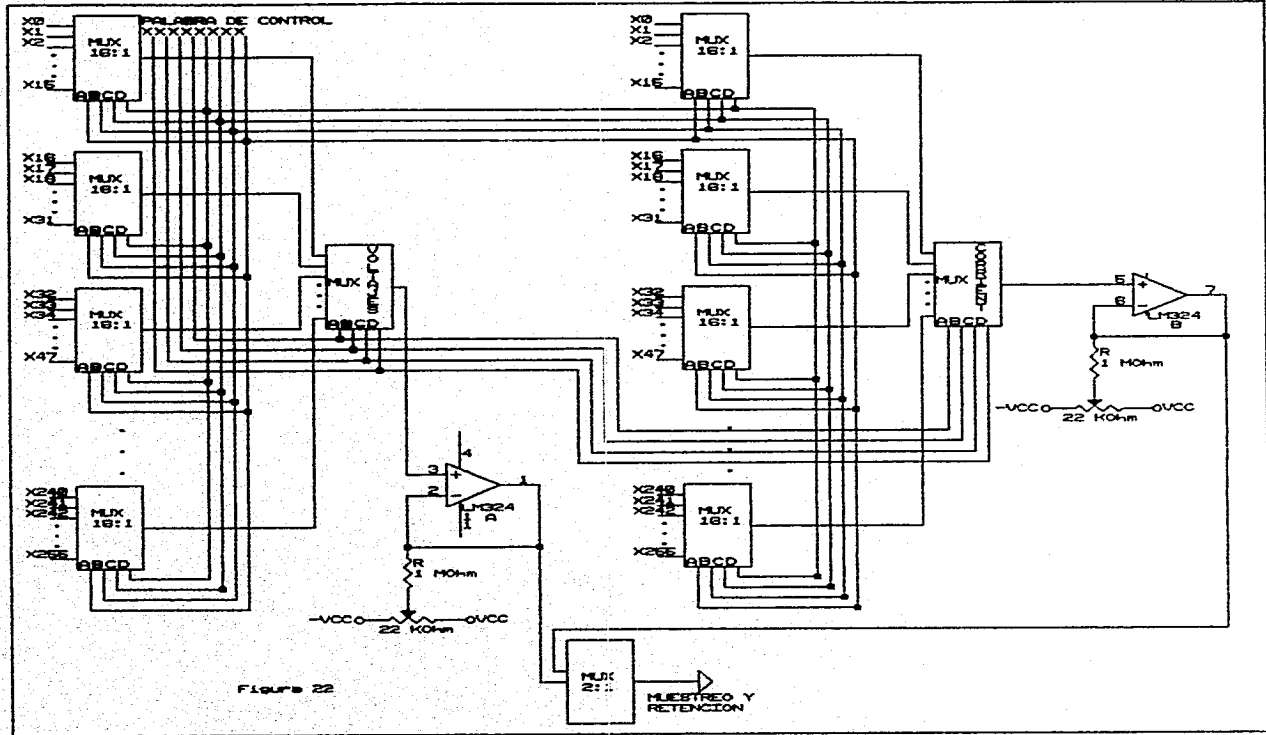


Figure 22

y serán tratadas posteriormente.

## II.6. MUESTREO Y RETENCION

Los circuitos de muestreo y retención se utilizan para muestrear una señal analógica en un instante dado y mantener el valor de la muestra durante tanto tiempo como sea necesario. Los instantes de muestreo y la duración del mantenimiento están determinados por una señal lógica de control, y el intervalo de mantenimiento depende de la aplicación a que se destine el circuito.

La mayoría de los circuitos de muestreo y retención utilizan un capacitor para mantener la tensión de muestra. Un interruptor controlado electrónicamente provee un medio para cargar rápidamente el capacitor hasta la tensión de muestra y luego suprimir la entrada de manera que el capacitor pueda retener la tensión deseada. Un diagrama simplificado se muestra en la figura 26.

$V_a$  es la fuente analógica y  $R_g$  su impedancia interna. Las formas de onda ideales son las de la figura 27. El interruptor está cerrado mientras la lógica de control  $V_c$  esté en nivel alto y suponiendo que la constante de tiempo es muy pequeña, la tensión de entrada seguirá muy estrechamente a la tensión de entrada, y será igual a ella en el instante en que la lógica de control esté a nivel bajo, abriendo el interruptor. Durante el intervalo de mantenimiento, mientras la señal de control está en nivel bajo, el interruptor está abierto, y el capacitor  $C$  mantendrá el último valor de la entrada. Idealmente la salida se mantendrá constante en ese valor durante todo el lapso de retención.

Los interruptores electrónicos y capacitores no son ideales y en ellos ocurren varios efectos apreciables respecto a los ideales. Entre las especificaciones más importantes están la del tiempo de apertura (aperture time) que se define como el máximo retardo entre el instante en que la lógica de control ordena al interruptor que se abra y el instante en que realmente ocurre

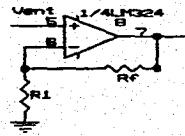


Figure 23

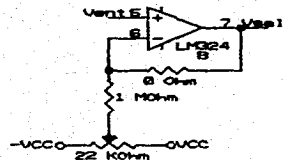


Figure 24

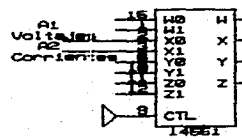


Figure 25

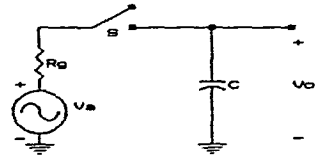


Figure 26

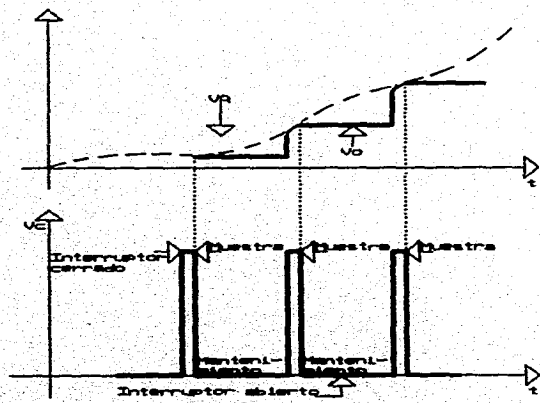


Figure 27

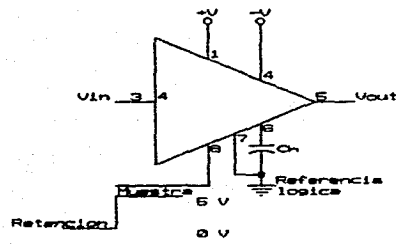


Figure 28

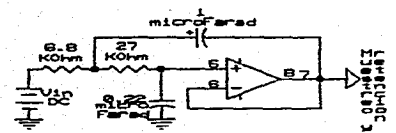


Figure 29

la apertura. El tiempo de adquisición (acquisition time) es el intervalo más corto transcurrido desde que se dá la orden de muestra hasta que se pueda dar la orden de mantenimiento y se obtenga como resultado una tensión de salida que sea aproximadamente la tensión de entrada con la exactitud necesaria.

Los fabricantes también especifican el tiempo de establecimiento (hold settling time), éste es el tiempo que transcurre desde la apertura del interruptor (mantenimiento) hasta que la salida ha alcanzado su valor final, dentro de un porcentaje especificado (usualmente el 0.01% del valor final de la escala). También se especifica el ritmo de decaimiento de la salida (droop rate), éste representa la variación de tensión entre las placas del capacitor durante el tiempo de mantenimiento y es inversamente proporcional a la capacitancia.

El cambio de retención (hold step) se define como la variación de voltaje a la salida del muestreo y retención cuando se cambia del modo de muestra al modo de retención con un voltaje de entrada analógico constante (cd).

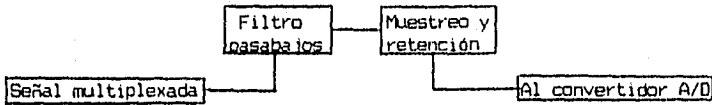
Si se muestrea una señal a un ritmo demasiado lento y se reconstruye a continuación, se puede producir una distorsión debido a la interferencia de colas espectrales (aliasing). Esto consiste en la creación de señales en otras frecuencias con el mismo patrón de muestreo, para evitar la interferencia de colas espectrales, la velocidad de muestreo tiene que ser de más de dos veces la frecuencia más alta que interesa. Además todas las frecuencias superiores se deben de eliminar por filtrado antes del muestreo. La regla de la velocidad de muestreo está dada por el teorema del muestreo.

En el prototipo, las señales a muestrear son continuas, pero el propósito de incluir una etapa de muestreo y retención es para suprimir el ruido y evitar errores de medición debido a señales espúreas que pudieran aparecer en el proceso de conversión A/D; siendo señales continuas, la frecuencia de muestreo



no es crítica.

La estructura de la etapa de muestreo y retención es la siguiente:



el filtro pasabajos elimina todas las señales indeseables que se llegasen a presentar.

Como la frecuencia de muestreo no es crítica, se puede elegir un circuito sencillo de muestreo y retención, el fabricante propone para propósitos generales la serie LF, de los cuales el único disponible en el mercado nacional es el LF398A siendo éste el circuito seleccionado.

El LF398A es un circuito integrado monolítico de muestreo y retención que utiliza tecnología compuesta BI-FET para obtener una exactitud ultra alta en CD con una rápida adquisición de señales y bajo ritmo de decaimiento. Opera como seguidor de voltaje, la exactitud de ganancia en directa típica es del 0.002% y tiene un tiempo de adquisición tan bajo como 6  $\mu$ segundos al 0.01%. La entrada bipolar es usada para obtener bajo voltaje de compensación. El ajuste del voltaje de compensación es realizado en una sola patilla.

Los transistores de efecto de campo (FET) de canal P son combinados con dispositivos bipolares en el amplificador de salida para obtener relaciones de decaimientos tan bajos como 5 mV/min con un capacitor de 1  $\mu$ F, los JFET presentan mucho menor ruido que los dispositivos MOS usados en los primeros diseños y no presentan inestabilidad frente a la temperatura. El diseño global del integrado garantiza que no habrá realimentación de la entrada a la salida en el modo de retención para las señales iguales en magnitud a las fuentes de alimentación.

Características:

- Gama de operación:  $\pm 5$  a  $\pm 18$  V cd.
- Tiempo de adquisición tan bajo como 10  $\mu$ s.
- Entrada lógica compatible con las familias TTL, PMOS, CMOS.
- Cambio de retención típico de 0.5 mV con Ch = 0.01  $\mu$ F.
- Bajo desbalance de entrada.
- Exactitud de ganancia del 0.002%.
- Bajo ruido de salida en modo de mantenimiento.
- Característica de entrada que no cambia durante el modo de mantenimiento.
- Alta relación de rechazo de la fuente de alimentación en muestreo ó mantenimiento
- Amplio ancho de banda

Las especificaciones completas están en las hojas de especificaciones que se encuentran en el Apéndice, refiriéndose a estas hojas, la conexión básica del circuito es la que se presenta en la figura 28.

Tomando los datos de las gráficas del tiempo de adquisición (acquisition time), cambio de retención (hold time) y el ritmo de decaimiento (droop rate) se elaboró la siguiente tabla para determinar el valor de Ch.

Capacitor ( $\mu$ F)	Tiempo de adquisición ( $\mu$ seg)	Cambio de retención (mV)	Decaimiento (dV/dT)@25°C
0.1	300	0.1	$35 \times 10^{-4}$
0.01	25	1.0	$35 \times 10^{-3}$
0.001	6	10.0	$35 \times 10^{-2}$

todos los valores son para una exactitud del 0.01%, se observa que el mejor cambio de retención está en 0.1 mV al igual que el decaimiento con  $35 \times 10^{-4}$  dV/dT, si V está en volts y T en segundos entonces el decaimiento es de 3.5 mV por segundo un nivel bastante aceptable para el conversor A/D.

El fabricante recomienda capacitores con dieléctricos de baja histéresis como los de poliestireno, policarbonato ó teflón, el capacitor de poliester (mylar) debido a su histéresis necesita tiempos de muestreo muy grandes. En el mercado nacional solamente se encuentran disponibles capacitores de poliester, siendo éste el capacitor utilizado a pesar de sus desventajas.

Algunos escritores recomiendan un filtro pasabajos para reducción del ruido ocasionado por el multiplexaje analógico y así mejorar la respuesta del sistema. National Semiconductor recomienda el filtro pasabajos del tipo Chebyshev de ganancia unitaria, segundo orden, que se presenta en la figura 29.

La frecuencia de corte está en 20 Hz, el operacional empleado es el LM324, siendo el mismo que el que se tiene a la salida de la primera multiplexión, como es un amplificador cuádruple sólo se ocupa un circuito integrado para los tres amplificadores.

El circuito de esta etapa finalmente es el de la figura 30. La señal lógica de control será tratada en la sección del controlador.

## II.7. CONVERTIDOR A/D

La información en forma digital se puede procesar, almacenar y presentar con facilidad, en forma indestructible y sin errores, la existencia de dispositivos de bajo costo para el manejo de datos digitales permite muchas oportunidades para la aplicación de técnicas digitales a la medición, manipulación y control de variables del mundo real como voltajes y/o corrientes. Para comunicarse con el mundo digital esas variables se deben de convertir a la forma digital (unos y ceros). A su vez, los datos regresan a menudo a la forma analógica para la presentación ó control de variables del mundo real. Como se mencionó cuando se presentó en el diagrama a bloques del sistema, el convertidor A/D es el circuito encargado de convertir voltajes analógicos a su forma digital

equivalente.

Existen varias formas de realizar la conversión analógico-digital, entre las que destacan las de aproximaciones sucesivas y la de integración, que presentan varias variantes.

La palabra de salida del convertidor A/D puede presentarse en varios códigos: Binario, BCD, Gray, complemento a dos, etc., en el caso del prototipo como se van a efectuar operaciones matemáticas en un computador, es deseable una salida en BCD (decimal codificado en binario), ya que éste facilita la manipulación y transmisión de datos para los fines convenientes.

De entre los diversos fabricantes, National Semiconductor presenta una de los mejores catálogos de convertidores analógicos-digitales (100 diferentes circuitos integrados), los convertidores A/D de salida BCD en el catálogo de 1993 son:

ADC3511    3 1/2 dígitos    (0.000 - 1.999 V)

ADC3711    3 3/4 dígitos    (0.000 - 3.999 V)

de éstos, el circuito disponible en el mercado mexicano es el ADC3511.

El ADC3511 es un convertidor A/D monolítico y construido usando la tecnología CMOS. La técnica de modulación por pulsos es usada y no requiere componentes externos de precisión, además la modulación por pulsos permite usar referencias de voltaje de la misma polaridad que el valor de entrada.

Una sola tensión de alimentación es requerida (5 V). Operando con una fuente aislada se puede hacer la conversión de voltaje tanto negativos como positivos. El signo del voltaje de entrada es determinado automáticamente e indicado en la patilla de signo. Si la fuente de alimentación no es aislada sólo una polaridad de voltaje puede ser procesada.

La velocidad de conversión está determinada por un oscilador interno. La frecuencia del oscilador puede ser dada por una red RC externa. Cuando se usa

una red RC externa una onda cuadrada es necesaria.

El ADC3511 ha sido diseñado para proveer datos en BCD y son destinados para usar con microprocesadores ú otros sistemas digitales. Los dígitos BCD son obtenidos por petición vía dos entradas de selección (D0, D1), las entradas de selección son retenidas por una transición baja-alta en la entrada de habilitación de retención de dígito (digit latch enable -DLE-) y permanecerán enclavadas hasta que DLE presente el mismo estado. Una entrada de inicio de conversión y una salida de conversión completa son incluidas en el integrado, la hoja de especificaciones pueda verse en el Apéndice.

#### Características:

- Operación con una sola fuente de alimentación (5 V).
- Conversión DCD  $\pm 1999$  niveles.
- Salidas direccionables.
- No necesita componentes externos precisos.
- Fácil interconexión con microprocesadores ú otros sistemas digitales.
- Velocidad media de conversión: 200 ms/conversión.
- Compatible con TTL.
- Generación interna de reloj con una red RC ó controlado externamente.

Este convertor facilita la conexión del circuito a la computadora, ya que le entrega a la interfase números en BCD, ésta los convierte en ASCII y los envía a la computadora.

Teoría de operación: El diagrama a bloques se encuentra en la hojas de especificaciones. La representación de la parte analógica está representada en la figura 31. La salida de SW1 se conecta tanto a VREF como a cero volts dependiendo del estado del flip-flop D. Si Q está a un nivel alto,  $V_{OUT} = V_{ref}$  y si Q tiene un nivel bajo  $V_{OUT} = 0$ . Este voltaje es aplicado al filtro pasabajos compuesto por  $R_i$  y  $C_i$ . La salida de este filtro, VFB, es conectada a la entrada

negativa del comparador, donde es comparada con el voltaje analógico de entrada, VIN. La salida del comparador está conectada a la entrada D del flip-flop. La información es transferida de la entrada D a las salidas Q y  $\bar{Q}$  en la transición positiva del reloj. Este lazo forma un oscilador cuyo ciclo activo es relacionado con la entrada de voltaje analógico VIN.

Supóngase que la entrada de voltaje es igual a 0.5 V. Si la salida Q del flip-flop es alta, entonces VOUT tenderá a VREF (2 V) y VFB tenderá a 2V con una constante igual a RIC1. Al mismo tiempo VFB excederá 0.5 V y la salida del comparador irá a 0 V. Al siguiente pulso de reloj la salida Q del flip-flop cambiará a Gnd, causando que VOUT cambie a 0 V. A la vez VFB se descargará hacia 0 V con la constante de tiempo RIC1. Cuando VFB es menor que 0.5 V la salida del comparador irá a un nivel alto. A la siguiente transición de reloj la salida Q del flip-flop irá a un nivel alto y el proceso se repite. Así se tiene en la salida de SW1 un tren de pulsos cuadrado con amplitud positiva VREF y amplitud negativa 0 V.

El valor de continua de este tren de pulsos es

$$V_{OUT} = V_{REF} \frac{t_{ON}}{t_{OUT} + t_{OFF}} = V_{REF} * (\text{ciclo activo}) \quad 2.15$$

El filtro pasabajos dejará pasar un valor DC que es

$$V_{FB} = V_{REF} * (\text{ciclo activo}) \quad 2.16$$

desde el sistema de lazo cerrado se forzará a que VFB iguale a VIN, entonces

$$V_{IN} = V_{FB} = V_{REF} * (\text{ciclo activo}) \quad \text{o} \quad \frac{V_{IN}}{V_{REF}} = \text{ciclo activo} \quad 2.17$$

El ciclo activo es conectado a una compuerta AND con la frecuencia de entrada.

La frecuencia resultante f es igual a:

$$f = (\text{ciclo activo}) * f_{IN} \quad 2.18$$

la frecuencia f es acumulada por el contador 1 por un tiempo determinado por el

contador 2. La cuenta del contador 1 está dada por:

$$\text{cuenta} = \frac{f}{(f_{IN})/N} = \frac{(\text{ciclo activo})(f_{IN})}{f_{IN}/N} = \frac{V_{IN} * N}{V_{REF}} \quad 2.19$$

para el ADC3511  $N=2000$ .

El diagrama de tiempos (véase Apéndice) muestra la operación para el modo de "libre" operación. La "libre" operación es obtenida conectando la entrada Inicio de Conversión (Star Conversion a un nivel lógico "1" (Vcc)). En este modo la entrada analógica es convertida continuamente y las salidas digitales son reemplazadas por datos nuevos a una velocidad igual a  $64512/f_{IN}$ . El pulso a la salida de Conversión Completa (Conversion Complete) indica que la nueva información ha sido transferida del contador interno hacia los retenedores de salida. Esta información permanecerá aquí hasta la siguiente transición de niveles lógicos bajo-alto de la salida Conversión Completa, la salida lógica "1" será mantenida en esta terminal por un tiempo igual a  $64/f_{IN}$ .

La figura 3 de la hoja técnica muestra la operación usando la entrada Inicio de Conversión. Es importante observar que esta entrada y la salida Conversión Completa no influyen en lo absoluto en la actual conversión A/D. Internamente el ADC3511 está siempre haciendo la conversión de voltaje analógico en sus entradas. La entrada de Inicio de Conversión es usada para controlar la transferencia de información del contador interno hacia los retenedores de salida.

Un retenedor (latch) RS en la entrada Inicio de Conversión permite un amplio rango de anchura de pulsos de entrada, la salida Conversión Completa va a un "0" lógico en la transición positiva del pulso de Inicio de Conversión y va a un "1" lógico algún tiempo después cuando la nueva conversión es transferida del contador interno a los retenedores de salida. Desde el pulso de Inicio de Conversión puede ocurrir en cualquier tiempo durante el ciclo de conversión, la

cantidad de tiempo desde el Inicio de Conversión hasta la Conversión Completa varía. El tiempo máximo es  $64512/FIN$  y el tiempo mínimo es  $256/FIN$ .

Para obtener la información a la salida de los retenedores, se tiene la siguiente tabla verdad:

Entradas lógicas			Digito seleccionado
DLE	D1	D0	
L	L	L	Dígito 0 (LSB)
L	L	H	Dígito 1
L	H	L	Dígito 2
L	H	H	Dígito 3
H	X	X	Inhabilitación (ninguno)

Los capacitores de filtro conectados a VFB y VFILTER (pín 11) deberán ser de baja fuga. Como un ejemplo obsérvese que con una corriente de fuga de  $1 \text{ nA}$  causa aproximadamente  $0.1 \text{ mV}$  de error ( $1 \times 10^{-9} \times 100 \times 10^3$ ).

El diagrama de conexiones sugerido por el fabricante es el de la figura 4 de sus especificaciones (Apéndice), los cambios que se realizaron son en la entrada de reloj, la cual en vez de ser generado por el propio convertidor será proporcionado por el reloj del sistema con un divisor de frecuencia, teniendo así una frecuencia de  $614,400 \text{ Hz}$  para una razón de conversión de  $614,400/64512 = 9.52$  conversiones/minuto. También se efectuó un cambio en la resistencia de  $100 \text{ K}\Omega$  que va del SW1 al capacitor de  $0.47 \text{ }\mu\text{F}$ , esta red tiene una constante de tiempo de  $\tau = 100 \times 10^{-3} \times 0.47 = 47 \text{ mseg}$ , a la frecuencia de conversión de  $9.52$  conversiones/seg se tiene un tiempo de conversión de  $1/9.52 = 105 \text{ mseg}$ , la constante de tiempo representa un  $50\%$  del tiempo de conversión; para evitar posibles errores en la conversión se reduce a  $1/4$  del tiempo de conversión, es decir aproximadamente  $26 \text{ mseg}$ . Para este valor, la resistencia debe ser de:

$$\tau = RC \text{ ó } R = \tau/C, \text{ así } R = 26 \times 10^{-3} / 0.47 \times 10^{-6} \text{ y } R \approx 55 \text{ K}\Omega.$$



También la red pasabajas de entradas (Vfilter) se suprime porque ya se tiene el circuito de muestreo y retención, que se conecta a la entrada del convertidor, sólo se deja la resistencia de entrada (100 K $\Omega$ ).

## II.8. ACTUADOR

### II.8.1. Descripción:

El actuador representa aquellas variables que se desean controlar. Su característica esencial es que sólo obedece a señales que se le impongan. En el caso del prototipo la variable a controlar es el ángulo que debe tener el panel respecto a la horizontal para que la incidencia de los rayos solares tienda a ser normal a éste. El giro del sistema se puede realizar de diferentes maneras: Por sistemas eléctricos, mecánicos, neumáticos, hidráulicos, etc. Se escogió un sistema electromecánico que consiste en un motor eléctrico y en engranes reductores de velocidad.

Sea  $r_1$  la distancia del panel (O) a un punto P, sobre la trayectoria normal a la superficie como se ve en la figura 32, y sea  $r_2$  la distancia del panel a un punto Q sobre la trayectoria de incidencia real de los rayos solares, también sea  $\epsilon$  el ángulo que forman las dos trayectorias entre sí; considerando  $r_1=r_2$  para que  $\epsilon \neq 0$  y tomando como valores unitarios ( $r_1=r_2=1$ , masa de aire=1) la distancia entre P y Q ( $\overline{PQ}$ ), del teorema del coseno se tiene:

$$d^2 = r_1^2 + r_2^2 - 2r_1r_2\cos(\epsilon) \quad 2.20$$

$$d = 1 + 1 - 2\cos(\epsilon) \quad \text{y}$$

$$d = 2 - 2\cos(\epsilon)$$

como se mostró en el inicio del capítulo,  $\epsilon$  debe ser menor ó igual a  $8^\circ$ , así:

$$d_{\max} = 2 - 2\cos(8^\circ) \quad \text{ó}$$

$$d_{\max} = 0.1395 \quad 2.21$$

la distancia entre P y Q está dada por

$$d = \sqrt{(X_2 - X_1)^2 + (Y_2 - Y_1)^2 + (Z_2 - Z_1)^2} \text{ en coordenadas rectangulares} \quad 2.22$$

convirtiendo las coordenadas rectangulares a esféricas:

$\overline{OA}$  = proyección de  $r_1$  sobre el plano X-Y

$\overline{OB}$  = proyección de  $r_2$  sobre el plano X-Y

$$\overline{OA} = r_1 \cdot \cos(\alpha_1) \quad \overline{OB} = r_2 \cdot \cos(\alpha_2)$$

$$\overline{OA} = \cos(\alpha_1) \quad \overline{OB} = \cos(\alpha_2)$$

$$x_1 = \overline{OA} \cdot \cos(\Gamma_1) \quad x_2 = \overline{OB} \cdot \cos(\Gamma_2) \quad y_1 = \overline{OA} \cdot \text{sen}(\Gamma_1) \quad y_2 = \overline{OB} \cdot \text{sen}(\Gamma_2)$$

$$x_1 = \cos(\alpha_1) \cdot \cos(\Gamma_1) \quad x_2 = \cos(\alpha_2) \cdot \cos(\Gamma_2)$$

$$y_1 = \cos(\alpha_1) \cdot \text{sen}(\Gamma_1) \quad y_2 = \cos(\alpha_2) \cdot \text{sen}(\Gamma_2)$$

$$z_1 = r_1 \cdot \text{sen}(\alpha_1) \quad z_2 = r_2 \cdot \text{sen}(\alpha_2)$$

$$z_1 = \text{sen}(\alpha_1) \quad z_2 = \text{sen}(\alpha_2)$$

sustituyendo los términos anteriores en la ecuación 2.22:

$$d = \sqrt{(\cos(\alpha_2) \cdot \cos(\Gamma_2) - \cos(\alpha_1) \cdot \cos(\Gamma_1))^2 + (\cos(\alpha_2) \cdot \text{sen}(\Gamma_2) - \cos(\alpha_1) \cdot \text{sen}(\Gamma_1))^2 + (\text{sen}(\alpha_2) - \text{sen}(\alpha_1))^2}$$

$$d = \sqrt{(\cos(\alpha_2) \cdot \cos(\Gamma_2) - 2\cos(\alpha_2) \cdot \cos(\Gamma_2) \cdot \cos(\alpha_1) \cdot \cos(\Gamma_1) + \cos(\alpha_1) \cdot \cos(\Gamma_1))^2 + (\cos(\alpha_2) \cdot \text{sen}(\Gamma_2) - 2\cos(\alpha_2) \cdot \text{sen}(\Gamma_2) \cdot \cos(\alpha_1) \cdot \text{sen}(\Gamma_1) + \cos(\alpha_1) \cdot \text{sen}(\Gamma_1))^2 + (\text{sen}(\alpha_2) - 2\text{sen}(\alpha_2) \cdot \text{sen}(\alpha_1) + \text{sen}(\alpha_1))^2}$$

$$d = \sqrt{(\cos(\alpha_2) \cdot (\cos(\Gamma_2) + \text{sen}(\Gamma_2) + \cos(\alpha_1) \cdot (\cos(\Gamma_1) + \text{sen}(\Gamma_1))) - 2\cos(\alpha_2) \cdot \cos(\alpha_1) \cdot (\cos(\Gamma_2) \cos(\Gamma_1) + \text{sen}(\Gamma_2) \text{sen}(\Gamma_1))) + \text{sen}(\alpha_2) - 2\text{sen}(\alpha_2) \cdot \text{sen}(\alpha_1) + \text{sen}(\alpha_1))^2}$$

$$d = \sqrt{(\cos(\alpha_2) + \cos(\alpha_1) - 2\cos(\alpha_2) \cdot \cos(\alpha_1) \cdot (\cos(\Gamma_2) \cdot \cos(\Gamma_1) + \text{sen}(\Gamma_2) \text{sen}(\Gamma_1))) + \text{sen}(\alpha_2) - 2\text{sen}(\alpha_2) \cdot \text{sen}(\alpha_1) + \text{sen}(\alpha_1))^2}$$

$$d = \sqrt{(1 + 1 - 2\cos(\alpha_2) \cdot \cos(\alpha_1) \cdot (\cos(\Gamma_2) \cos(\Gamma_1) + \text{sen}(\Gamma_2) \text{sen}(\Gamma_1))) - 2\text{sen}(\alpha_2) \cdot \text{sen}(\alpha_1)}$$

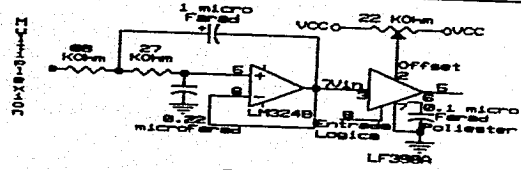


Figure 30

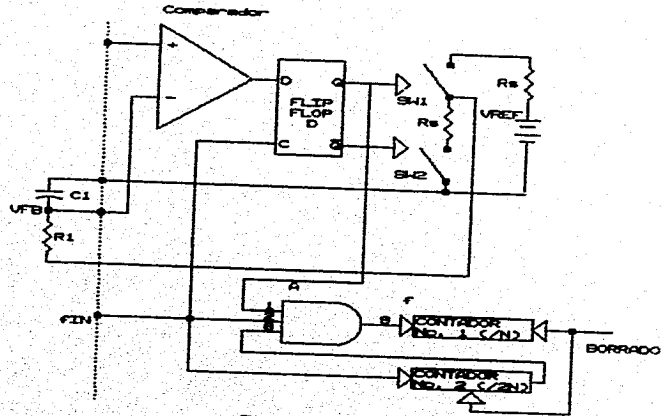


Figure 31

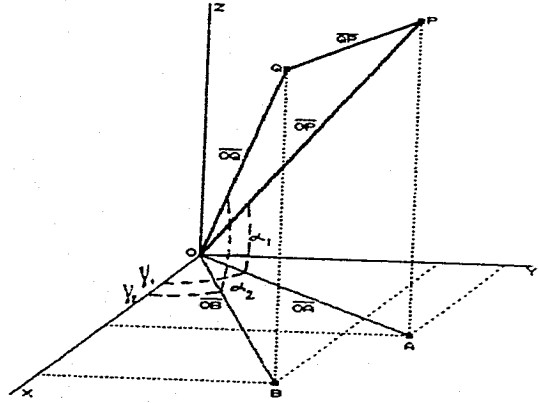


Figure 32

$$d = \sqrt{(2 - 2\cos(\alpha_2) \cdot \cos(\alpha_1)) \cdot \left(\frac{1}{2}(\cos((r_2) + (r_1)) + \cos((r_2) - (r_1))) + \frac{1}{2}(\cos((r_2) - (r_1)) - \cos((r_2) + (r_1)))\right) - 2\sin(\alpha_2) \cdot \sin(\alpha_1)}$$

$$d = \sqrt{(2 - \cos(\alpha_2) \cdot \cos(\alpha_1)) \cdot (\cos((r_2) + (r_1)) + \cos((r_2) - (r_1))) + (\cos((r_2) - (r_1)) - \cos((r_2) + (r_1))) - 2\sin(\alpha_2) \cdot \sin(\alpha_1)}$$

$$d = \sqrt{(2 - \cos(\alpha_2) \cdot \cos(\alpha_1)) \cdot (2\cos((r_2) - (r_1)) - 2\sin(\alpha_2) \cdot \sin(\alpha_1))}$$

$$d = \sqrt{(2 - 2\cos(\alpha_2) \cdot \cos(\alpha_1)) \cdot \cos((r_2) - (r_1)) - 2\sin(\alpha_2) \cdot \sin(\alpha_1)}$$

$$d = \sqrt{(2 - 2(\frac{1}{2}(\cos((\alpha_2) + (\alpha_1)) + \cos((\alpha_2) - (\alpha_1)))) \cdot \cos((r_2) - (r_1)) - 2(\frac{1}{2}(\cos((\alpha_2) - (\alpha_1)) - \cos((\alpha_2) + (\alpha_1))))}$$

$$d = \sqrt{(2 - (\cos((\alpha_2) + (\alpha_1)) + \cos((\alpha_2) - (\alpha_1))) \cdot \cos((r_2) - (r_1)) - \cos((\alpha_2) - (\alpha_1)) + \cos((\alpha_2) + (\alpha_1)))}$$

$$d = \sqrt{(2 - \cos((\alpha_2) + (\alpha_1)) \cdot \cos((r_2) - (r_1)) - \cos((\alpha_2) - (\alpha_1)) \cdot \cos((r_2) - (r_1)) - \cos((\alpha_2) - (\alpha_1)) + \cos((\alpha_2) + (\alpha_1))}$$

$$d = \sqrt{(2 + \cos((\alpha_2) + (\alpha_1)) \cdot (1 - \cos((r_2) - (r_1))) - \cos((\alpha_2) - (\alpha_1)) \cdot (\cos((r_2) - (r_1)) + 1)}$$

Sustituyendo  $\beta\alpha = \alpha_2 - \alpha_1$  y  $\beta r = r_2 - r_1$

$$d = \sqrt{(2 + \cos(\beta\alpha) + 2(\alpha_1)) \cdot (1 - \cos(\beta r)) - \cos(\beta\alpha) \cdot (\cos(\beta r) + 1)} \quad 2.23$$

tabulando esta ecuación se llega a:

$$\beta\alpha_{\text{máx}} = \beta r_{\text{máx}} \approx 5.65^\circ$$

la tabulación se puede ver en la tabla 4 del Apéndice.

Los paneles se mueven en dos planos para esto se requiere de dos sistemas móviles por unidad, un sistema para efectuar el ángulo de elevación y el otro sistema para realizar el ángulo azimutal. La idea propuesta se presenta en la figura 33, donde

M1 y M2 son motores cd de 4.5 Volts de imán permanente.

n1 y n7 son engranes de plástico de 14 dientes.

n2-n3 es un engrane doble de 55 y 14 dientes respectivamente

n6 y n12 son engranes de 55 dientes.

n4-n5, n8-n9, n10-n11 son iguales a n2-n3.

para el eje a se tiene:

$$J1\ddot{\theta}_1 + F\dot{\theta}_1 + T_1 = T_m \quad 2.24$$

donde  $T_m$  es el par desarrollado por el motor,  $T_1$  es el par de carga en el engrane 2 debido al resto de los engranes,  $J_1$  es el momento de inercia y  $F_1$  es la fricción viscosa del tren de engranajes.

Para el eje b:

$$J2\ddot{\theta}_2 + F2\dot{\theta}_2 + T_3 = T_2 \quad 2.25$$

$T_2$  es el par transmitido al engrane n2 y  $T_3$  es el par de carga en el engrane n3.

Para el eje c:

$$J3\ddot{\theta}_3 + F3\dot{\theta}_3 + T_5 = T_4 \quad 2.26$$

$T_4$  es el par transmitido al engrane n4 y  $T_5$  es el par de carga en el engrane n5.

Para el eje d:

$$J4\ddot{\theta}_4 + F4\dot{\theta}_4 + T_L = T_6 \quad 2.27$$

$T_6$  es el par transmitido al engrane n6 y  $T_L$  es el par de carga.

Como el trabajo realizado por el engrane n1 es igual al de n2 entonces

$$T_2 n_1 = T_1 n_2 \quad 2.28$$

$$T_3 n_4 = T_4 n_3 \quad 2.29$$

$$T_6 n_5 = T_5 n_6 \quad 2.30$$

también  $\theta_4 = \theta_3 (n_5/n_6) \quad 2.31$

$$\theta_3 = \theta_2 (n_3/n_4) \quad 2.32$$

$$\theta_2 = \theta_1 (n_1/n_2) \quad 2.33$$

sustituyendo 2.32 y 2.33 en 2.31

$$\theta_4 = \theta_2(n_3/n_4)(n_5/n_6) \text{ ó } \theta_4 = \theta_1 \frac{(n_1 n_3 n_5)}{n_2 n_4 n_6} \quad 2.34$$

eliminando T1, T2, T3, T4 y T5 de 2.24, 2.25, 2.26 y 2.27

$$J_1 \dot{\theta}_1 + F_1 \dot{\theta}_1 + (J_2 + F_2 + T_3)(n_1/n_2) = T_m$$

$$J_1 \dot{\theta}_1 + F_1 \dot{\theta}_1 + [J_2 + F_2 + (J_3 + F_3 + T_5)(n_3/n_4)](n_1/n_2) = T_m$$

$$J_1 \dot{\theta}_1 + F_1 \dot{\theta}_1 + [J_2 + F_2 + (J_3 + F_3 + (J_4 + F_4 + T_L)(n_5/n_6)](n_3/n_4) \cdot (n_1/n_2) = T_m$$

$$J_1 \dot{\theta}_1 + F_1 \dot{\theta}_1 + (n_1/n_2)(J_2 + F_2) + (n_1 n_3 / (n_2 n_4))(J_3 + F_3) + (n_1 n_3 n_5 / (n_2 n_4 n_6))(J_4 + F_4 + T_L) = T_m \quad 2.35$$

eliminando  $\theta_2$ ,  $\theta_3$  y  $\theta_4$

$$J_1 \dot{\theta}_1 + F_1 \dot{\theta}_1 + (n_1/n_2)^2 (J_2 + F_2) + (n_1 n_3 / (n_2 n_4))^2 (J_3 + F_3) + (n_1 n_3 n_5 / (n_2 n_4 n_6))^2 (J_4 + F_4 + T_L) = T_m \quad 2.36$$

reacomodando

$$[J_1 + (n_1/n_2)^2 J_2 + (n_1 n_3 / (n_2 n_4))^2 J_3 + (n_1 n_3 n_5 / (n_2 n_4 n_6))^2 J_4] \dot{\theta}_1 + [F_1 + (n_1/n_2)^2 F_2 + (n_1 n_3 / (n_2 n_4))^2 F_3 + (n_1 n_3 n_5 / (n_2 n_4 n_6))^2 F_4] \dot{\theta}_1 + (n_1 n_3 n_5 / (n_2 n_4 n_6)) T_L = T_m \quad 2.37$$

El momento equivalente de inercia y fricción del tren de engranajes referidos al eje del motor queda dado respectivamente por:

$$J_1 + (n_1/n_2)^2 J_2 + (n_1 n_3 / (n_2 n_4))^2 J_3 + (n_1 n_3 n_5 / (n_2 n_4 n_6))^2 J_4 \quad 2.38$$

$$F_1 + (n_1/n_2)^2 F_2 + (n_1 n_3 / (n_2 n_4))^2 F_3 + (n_1 n_3 n_5 / (n_2 n_4 n_6))^2 F_4 \quad 2.39$$

como  $n_1/n_2 = n_3/n_4 = n_5/n_6 = 14/55$  entonces

$$(n_1/n_2)^2 = 64.79 \times 10^{-3}$$

$$(n_1 n_3 / (n_2 n_4))^2 = 4.198 \times 10^{-3}$$

$$(n_1 n_3 n_5 / (n_2 n_4 n_6))^2 = 272.01 \times 10^{-6}$$

sustituyendo valores en 2.38 y 2.39:

$$\begin{array}{cccc}
 & -3 & & -6 \\
 J1 + 64.79 \times 10^{-3} & J2 + 4.198 \times 10^{-3} & J3 + 272.01 \times 10^{-6} & J4 \\
 & -3 & & -6 \\
 F1 + 64.79 \times 10^{-3} & F2 + 4.198 \times 10^{-3} & F3 + 272.01 \times 10^{-6} & F4
 \end{array}$$

Se observa que los valores de inercia y fricción para los ejes 2, 3 y 4 son despreciables en comparación con el eje 1 (eje de carga para el motor) entonces el motor se comportará como si tuviera solamente el primer eje sin carga, ya que el par equivalente de carga es:

$$\begin{aligned}
 (J_1 + F_1) \omega_1 &= 16.49 \times 10^{-3} \omega_1 \quad \text{TL ó simplificando la ecuación 2.37} \\
 J_1 \omega_1 + F_1 \omega_1 &= T_m \qquad \qquad \qquad 2.40
 \end{aligned}$$

despreciando los valores de inercia, fricción y par de carga debido a sus bajos valores.

El motor gira a 2200 rpm a 4.5 V, en un segundo gira idealmente 36.7 revoluciones (13200°), tabulando para tiempo menores se obtiene la tabla 5 del Apéndice.

De los datos tabulados, los ángulos que se ajustan a que el cuarto eje gire menos de 5.6° son de 10 y 20 mseg. Se prefiere 10 mseg porque hay que considerar la inercia del motor.

### II.8.2. Circuito de Control

El giro de los motores se controla por pulsos de 10 mseg. Como el motor debe girar en ambos sentidos, un circuito con relevadores es el de la figura 34. Cuando R2 y R4 se cierran al mismo tiempo, la corriente circula de arriba hacia abajo girando el motor en un sentido; al mismo tiempo R1 y R3 deben estar abiertos, si se cerraran al mismo tiempo ocasionarían un corto circuito de la fuente. Para el giro inverso R1 y R3 deben cerrarse, R2 y R4 tienen que estar abiertos, así la corriente circula de abajo hacia arriba.

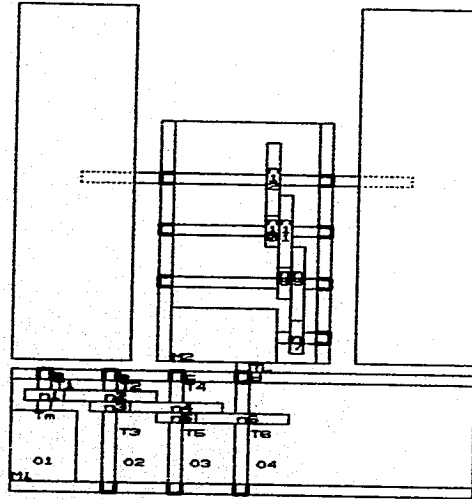


Figure 33



Los relevadores no reaccionan a tiempos menores de 50 msegundos, entonces un circuito equivalente con transistores es el que se muestra en la figura 35.

El funcionamiento es similar al circuito de la figura 34, aquí T2 y T4 deben saturarse mientras T1 y T3 están cortados para que la corriente fluya de arriba hacia abajo, en el giro contrario T1 y T3 deben saturarse mientras T2 y T4 están cortados.

Los diodos de bombeo (paso libre) proveen un camino para disipar la energía almacenada y así evitar dañar los transistores.

Los diodos elegidos son rectificadores comunes 1N4002 y los transistores son de mediana potencia de propósito general BD139 y BD140.

Cada panel solar consta de 2 motores, por lo tanto constará de dos circuitos de potencia independientes, se necesitan las siguientes señales de control:

señales de giro:	2	1ra.: Desactivado: 0 lógico	
		Activada: 1 lógico	GIRO HORARIO
		2da.: Desactivado: 0 lógico	
		Activado: 1 Lógico	GIRO ANTIHORARIO
Señal indicadora de motor:	1 señal:	0 lógico: Motor 1	
		1 lógico: Motor 2.	

Sea x: señal de giro horario

y: señal giro antihorario

z: señal indicadora de motor

Para un panel cualquiera se tiene que:

Motor 1: Giro horario:	$\bar{x}z$	y no importa
Giro antihorario:	$y\bar{z}$	x no importa
Motor 2: Giro horario	xz	y no importa

Giro antihorario    yz            x no importa

el diagrama que representa estas relaciones lógicas es el de la figura 36.

La señal "z" es común a todos los paneles, es decir éstos están conectados a la señal proveniente del controlador en paralelo, la señales "x" y "y" se multiplexan de la señal del controlador; el multiplexaje es igual que las señales de entrada de voltaje y corriente generados, como los multiplexores son bidireccionales, se pueden ocupar como demultiplexor y el circuito de la señal "x" es semejante al del voltaje generado y el de la señal "y" al de la corriente generada, la diferencia estriba en que, observando la figura 22, no existe un multiplexaje de 2:1 ni tampoco circuitos amplificadores acondicionadores de señal, sino que la salida de un retenedor se conecta directamente al multiplexor de la etapa final equivalente de voltajes ó corrientes según sea el caso. Estas señales así moverán solamente un motor de un panel solar.

Los circuitos que manejan a los motores se describieron anteriormente, son circuitos puente en base a transistores, el circuito que proporciona el tiempo de 10 msegundos para activar a los motores son los MC3456 (equivalentes a los LM1555), éste es un integrado que contiene 2 circuitos de tiempo (timer), se necesitan 2 circuitos MC3456 por cada panel solar porque el panel ocupa 4 motores, se necesitan 4 timers y cada circuito tiene 2. La hoja de especificaciones se encuentra en el Apéndice y nos dice que el funcionamiento en modo monoestable (un pulso de "t" tiempo) está dado por la ecuación:

$$t = 1.1RaC \qquad 2.41$$

para  $t = 10$  mseg y tomando a  $C = 100$  nF  $\pm 10\%$  se tiene que

$$Ra = t / (1.1C) = 10 \times 10^{-3} / (1.1 \times 100 \times 10^{-9}) \text{ ó } Ra = 90.9 \text{ K}\Omega$$

valor comercial: 91 k $\Omega$ .

Este valor comercial no se pudo encontrar en el mercado, por lo cual se adquirieron resistencia de 100 k $\Omega \pm 5\%$ , teniéndose un valor nominal para t de:

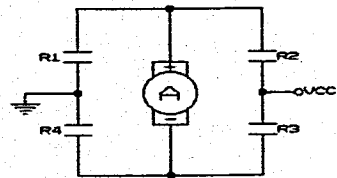


Figure 34

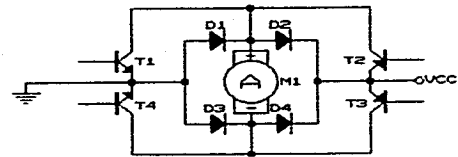


Figure 35

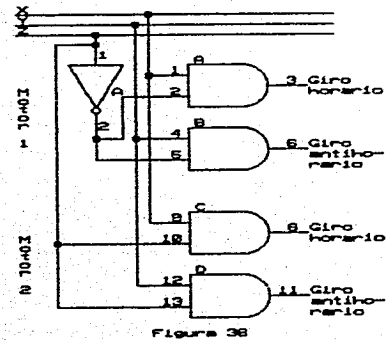


Figure 38

$$t = 1.1(100 \times 10^3 \times 100 \times 10^{-9})$$

$$t = 11 \text{ mseg.}$$

a 11 milisegundos corresponde un giro de  $2.39^\circ$  y comparándolo con los valores iniciales se tiene una diferencia de  $0.22^\circ$ .

Calculando la incertidumbre:

$$\frac{\Delta t}{\Delta R_a} = 1.1C \quad \frac{\Delta t}{\Delta C} = 1.1R_a$$

valor nominal: 11 mseg.

$$\frac{\Delta t}{\Delta R_a} = 1.1(100 \times 10^{-9}) = 110 \times 10^{-9}$$

$$\frac{\Delta t}{\Delta C} = 1.1R_a = 1.1(100 \times 10^3) = 110 \times 10^3$$

$$w_{R_a} = 100 \times 10^3 (0.05) = 5000$$

$$w_C = 100 \times 10^{-9} (0.1) = 10 \times 10^{-9}$$

$$w_R = \sqrt{((110 \times 10^{-9})^2 (5000)^2 + (110 \times 10^3)^2 (10 \times 10^{-9})^2)}$$

$$w_R = 1.22 \text{ mseg (11.2\%)}$$

se tiene un 11.2% de incertidumbre sobre el valor nominal de 11 mseg.

Como el MC3456 se activa con una señal baja, las señales provenientes de las puertas AND tienen que invertirse, esto se soluciona reemplazando a las puertas AND por compuertas NAND, quedando el diagrama de la figura 37. El circuito monoestable es tomado de las hojas de especificaciones (figura 15 de las mismas).

El diagrama de la figura 37 es el circuito de control completo por cada uno de los paneles. La lista de los componentes es la siguiente:

T1, T4, T1', T4': Transistores NPN de uso general mediana potencia BD139,  $\beta_{\min} = 40$

T2, T3, T2', T3': Transistores PNP de uso general mediana potencia BD140,  $\beta_{\min} =$

T5, T6, T7, T8, T5', T6', T7', T8': Transistores de uso general señal pequeña BCS48A,  $\beta_{\min} = 90$

74LS00: 4 compuertas lógicas NAND, TTL-LS

MC3456: 2 Circuitos integrados con 2 multivibradores estables cada uno

R1 a R8: Resistencias 2.2 k $\Omega$   $\pm 5\%$  para polarización de los transistores

D1 a D8: Diodos rectificadores 1N4002

M1, M2: Motores de CD, 4.5 V, imán permanente

### II.8.3. Análisis del circuito de excitación del motor

Tomando como base para el análisis el diagrama de la figura 38 se tiene:

Para T2 y T6 escribiendo la ecuación de la malla de entrada

$$-V_{in} + R_3 I_{B6} + V_{BE6} = 0 \quad 2.42$$

$V_{in}$  es la señal de control proveniente del monoestable MC3456, con  $V_{in} = 0$  V, T6 se encuentra en corte ya que la unión base emisor no tiene ningún voltaje de polarización, el motor no se energiza y no existe ningún movimiento.

Idealmente  $V_{in}$  tendería a  $V_{cc}$ , pero el fabricante presenta una gráfica en la cual garantiza el valor del voltaje de salida (ver Apéndice). Si se toma una corriente de salida en el rango de  $1 \text{ mA} \leq I_{OH} \leq 10 \text{ mA}$ , la gráfica indica que existirá una diferencia de voltaje  $V_{cc} - V_{sal}$  de 1.4 V a 25° C, es decir el voltaje de salida será aproximadamente 3.6 V tendiendo a subir conforme se incrementa la temperatura de operación.

Para no alterar la salida de tensión se escoge una corriente de base de los transistores T6 y T8 de 1 mA cada uno, así la corriente de salida del MC3456 será de 2 mA, de la ecuación 2.42,

$$-3.6 + R_3(1 \times 10^{-3}) + 0.7 = 0 \quad \text{ó} \quad R_3 = 2.9 \text{ k}\Omega$$

Como se mencionó, la  $I_{B6} = 1$  mA, tomando la  $\beta_{\min}$  (90), la corriente de colector

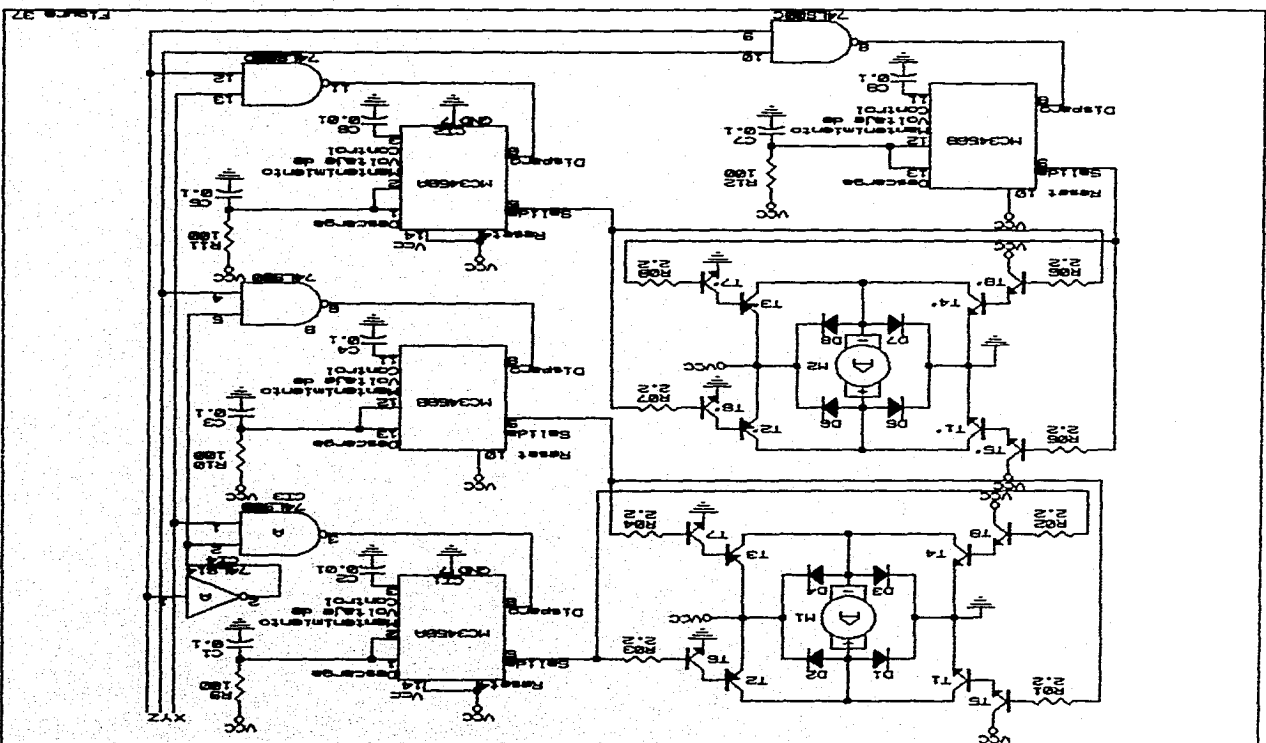


FIGURE 37

$I_{c6}$  es de  $\beta \cdot I_{b6} = 90 \cdot 1 \times 10^{-3} = 90 \text{ mA}$  que es igual a la corriente de base de T2 ( $I_{b2}$ ), la corriente de colector de T2, suponiendo que T4 está saturado es de:  $\beta \cdot I_{c2} = 40 \cdot 90 \times 10^{-3} = 3.6 \text{ Amp.}$ , evidentemente la corriente de colector de T2 está dada por la resistencia que presenta el motor, y que no puede ser de 3.6 Amp., así T2 se encuentra saturado cuando el voltaje de control sea de 3.6 V ó mayor.

Para T4 y T8 se tiene:

$$\text{Ecuación de la malla de entrada: } -V_{in} + R_2 I_{b8} + V_{be8} + V_{be4} = 0 \quad 2.43$$

al igual que en el caso anterior con  $V_{in} = 0 \text{ V}$ , T8 está en corte; con  $I_{b8} = 1 \text{ mA}$  y de la ecuación 2.43:

$$-3.6 + R_2 (1 \times 10^{-3}) + 0.7 + 0.7 = 0 \quad \text{ó} \quad R_2 = 2.2 \text{ k}\Omega$$

Se tomarán los valores de las resistencias con este último valor para no tener diferentes valores y así simplificar.

Al ser  $I_{b8} = 1 \text{ mA}$ , la corriente mínima de colector es de  $\beta \cdot I_{b8} = 90 \cdot 1 \times 10^{-3} = 90 \text{ mA}$ , que es la corriente de base de T4, la corriente de colector de T4 al estar saturado T2 es de  $\beta \cdot I_{b4} = 40 \cdot 10 \times 10^{-3} = 3.6 \text{ Amp.}$ , lo cual no es posible ya que la corriente viene dada por el motor. Así, cuando no existe voltaje de salida del estable, los dos transistores estarán cortados, esto es válido hasta valores de voltaje de 0.7 V (equivalente de extraer 16 mA del MC3456, cifra muy alta para el valor de diseño (que es de 2 mA), y se saturan para valores de voltaje de 3.6 V ó mayor, produciendo así el giro del motor. Estos cuatro transistores equivalen a la mitad del circuito que son lo que permiten el giro en un sentido, para realizar el giro inverso se necesita que la corriente de armadura fluya en sentido contrario, tarea que realiza la parte complementaria del circuito (T1, T3, T5 y T7), como las señales de control son excluyentes sólo llegará una a la vez, evitando así saturar los cuatro transistores al mismo tiempo produciéndose un corto circuito a tierra. Este sistema hará movimientos en el plano azimutal.

El otro sistema funciona de igual manera, ya que es para el movimiento en

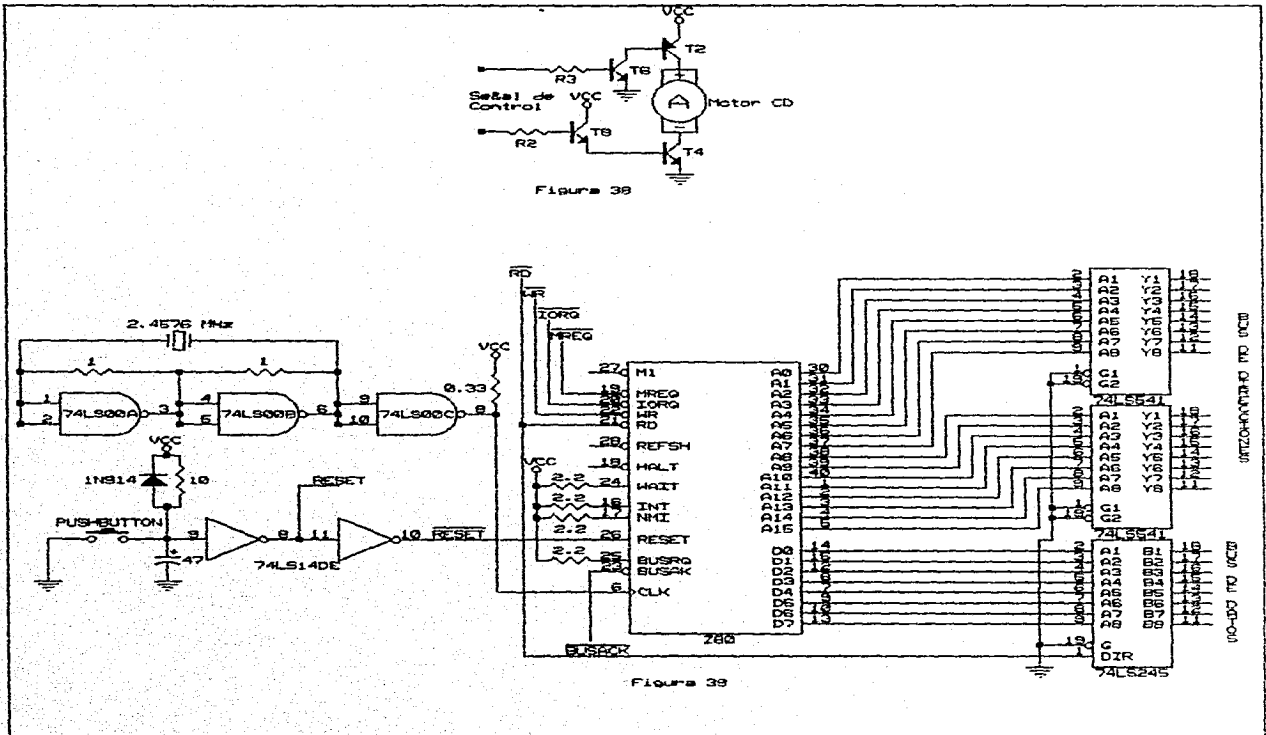


Figura 39

Figura 39



el otro plano (altura solar).

## II.9. CONTROLADOR

### II.9.1. Descripción

Como se definió, el controlador es el encargado de recibir las señales de la computadora y enviarlas a su destino, así como el envío de los datos obtenidos de los paneles a la computadora, genera todas las señales de sincronismo de los elementos.

La inclusión de una computadora digital en un sistema que en lo demás es analógico, produce señales en forma digital (generalmente números binarios) en parte del sistema. El sistema toma la forma de una combinación mixta analógica-digital. La conversión de una señal analógica en la correspondiente señal digital es una aproximación, ya que la señal analógica puede tomar infinita cantidad de valores, mientras la variedad de distintos números que pueden formarse con un juego finito de dígitos, es limitada. Este proceso de aproximación se llama cuantificación.

Los microprocesadores se utilizan ampliamente en muchos sistemas, como por ejemplo semáforos, impresoras, controladores de comunicaciones, instrumentos musicales, cajas registradoras, etc. todos ellos incluyen por lo menos un microprocesador.

Entre los microprocesadores de 8 bits (1 byte) de fácil adquisición se encuentran los de las series 6800 (Motorola), 8080 (Intel) y Z-80 (Zilog), se eligió el microprocesador Z-80 ya que se cuenta con experiencia previa de programación.

Si se ocupa una dirección por cada panel solar, con la capacidad máxima se necesitarían 256 direcciones y 256 circuitos decodificadores, ocasionando un circuito enorme. Se propone el uso de un palabra de datos (en una sola

dirección) para multiplexar los 256 paneles, así cada panel solo recibe su señal como se detalla más adelante.

## II.9.2. Dispositivos que integran al controlador

Mencionado lo que es un controlador, el microprocesador a usar y la forma de enviar las señales a los paneles solares, los dispositivos que componen el controlador son:

Dispositivo/acción	Codificación	Lectura	Escritura	Control
Microprocesador				x
Memoria EPROM		x		
Memoria RAM Estática		x	x	
UART		x	x	
Convertidor A/D		x		
Retenedor para multiplexaje de datos de voltaje y corriente	x			x
Retenedor para multiplexaje de las señales de los motores	x			x
Retenedor de la señal de identificación del motor 1 ó 2	x			x
Señal de activación de muestreo y retención				x

La configuración básica del sistema Z-80 es la que se presenta en la figura 39, se observa en la parte superior izquierda se encuentra el circuito generador de reloj en base a la resonancia del cristal de cuarzo a una frecuencia de 2.4576 MHz, abajo de éste está el circuito de reset que reinicia las funciones del Z80 y de la UART, en el centro esta el microprocesador con sus entradas y salidas de control, las cuales no se ocupan todas en la configuración del

sistema y a la derecha del microprocesador están los buffers de los buses de direcciones y de datos. Para un estudio detallado de las funciones del Z-80 se pueden consultar los libros referentes citados en la bibliografía.

Mapa de memoria: El mapa de memoria aquí propuesto es el indicado para simplificar al máximo los circuitos decodificadores como se observa hay 11 bloques de memoria que se utilizan.

Dirección (Hexadecimal)	Dispositivo
0000-07FFF	Memoria EPROM
1000-17FF	Memoria RAM
2000-2007	UART
2010	Palabra para multiplexar V e I
2020	Palabra para multiplexar señales de giro de motores
2030	Selección de Valores V ó I
2040	Selección de giro de motores
2050-2053	Convertidor A/D
2060	Habilitación de la señal de "conversion complete" del ADC
2070	Habilitación señal de giro de los motores
3000	Habilitación señal de control motor 1 ó 2

Se usa este arreglo que sólo requiere 2 decodificadores para acceder a todos los dispositivos sin ninguna conexión de compuertas lógicas para cada dispositivo. El primer circuito decodificador accesa las direcciones siguientes:

Hexadecimal	Decimal
0000-0FFF	0000-4095
1000-1FFF	4096-8191
2000-2FFF	8192-12287
3000-3FFF	12288-16383

La numeración en hexadecimal es equivalente a la binaria, el número más significativo en hexadecimal equivale a los 4 bits más significativos del bus de direcciones, esto se representa en la figura 40.

El 74LS139 es un circuito integrado que contiene dos decodificadores de dos entradas y 4 salidas cada uno, la tabla verdad de cada decodificador es:

Entradas			Salidas			
$\bar{E}$	A0	A1	$\bar{O}0$	$\bar{O}1$	$\bar{O}2$	$\bar{O}3$
0	X	X	1	1	1	1
1	0	0	0	1	1	1
1	1	0	1	0	1	1
1	0	1	1	1	0	1
1	1	1	1	1	1	0

X = No importa

Las activaciones son a nivel bajo ( $\bar{0}$ ), la señal  $\bar{E}$  a "0" lógico inhabilita las cuatro salidas.

Teniendo las direcciones por dispositivo, hay que acceder a un dispositivo en particular.

Memoria EPROM: Asignada a las direcciones 0000-0FFF (H), el dispositivo más cercano está en la dirección 1000 (H), la salida  $\bar{O}0$  del 74LS139 es la que activará a la memoria, se tiene la capacidad de soportar una memoria de hasta 4096 bytes.

Memoria RAM: La memoria RAM presenta la misma situación que la EPROM, las direcciones del siguiente dispositivo se encuentran a partir de la dirección 2000 (H), la salida  $\bar{O}1$  del 74LS139 accesa hasta 4096 bytes de memoria RAM.

Bloque de direcciones 2000-2FFF (h): La UART necesita sólo 8 posiciones de memoria (asignadas de la 2000 a la 2007 (H)), además otros 7 dispositivos se accesan en el bloque de direcciones 2000-2FFF (H), por lo tanto la salida  $\bar{O}2$  del 74LS139 decodifica a ocho dispositivos a la vez,  $\bar{O}2$  se emplea para la activación de un segundo decodificador del tipo 1 a 8 con las entradas conectadas a los bits del bus de direcciones A4-A6. como lo muestra la figura

41.

La tabla verdad del decodificador es la siguiente:

Entradas						Salidas							
$\bar{E}1$	$\bar{E}2$	$E3$	A0	A1	A2	$\bar{O}0$	$\bar{O}1$	$\bar{O}2$	$\bar{O}3$	$\bar{O}4$	$\bar{O}5$	$\bar{O}6$	$\bar{O}7$
1	X	X	X	X	X	1	1	1	1	1	1	1	1
X	1	X	X	X	X	1	1	1	1	1	1	1	1
X	X	0	X	X	X	1	1	1	1	1	1	1	1
0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
0	0	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1
0	0	1	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1
0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1
0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1
0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1
0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0

La UART será tratada en detalle en la sección de interfase.

Palabra de control para multiplexión de voltajes y corrientes: Para seleccionar 256 señales de voltajes ó 256 de corrientes se necesita una palabra de 8 bits ( $2^8 = 256$ ), para esto se emplea el bus de datos el microprocesador para mandar la información al retenedor de palabra; se ocupó un retenedor de 8 bits 74HC373, la tabla verdad de este dispositivo es la siguiente:

$D_n$	LE	$\bar{OE}$	$O_n$	
1	1	0	1	Quando la señal de control está a nivel
0	1	0	1	alto (LE), la información presente a la
X	0	0	$\bar{O}0$	entrada $D_n$ es transferida a la salida $O_n$
X	X	1	Z	quando es nivel bajo la información es

Z = Alta impedancia cuando es nivel bajo la información es retenida y no importa la señal que esté a la entrada, la salida mantendrá la información, cuando  $\bar{OE}$  está a nivel alto la salida está a alta impedancia (Z).

El circuito se eligió de lógica CMOS porque su salida garantiza un voltaje a nivel alto de 4.9 V con una alimentación de 5 V, este nivel de voltaje es el requerido por los multiplexores analógicos que requieren un voltaje mínimo de 3.5 volts nivel alto; la lógica TTL ofrece un valor mínimo de 2 volts y típico de 3.5, se hicieron pruebas a los circuitos TTL y presentaron valores de 4.1 a

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

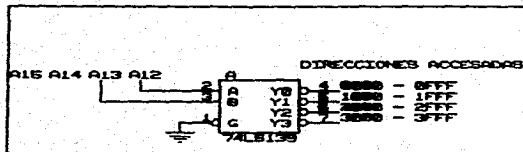


Figura 40

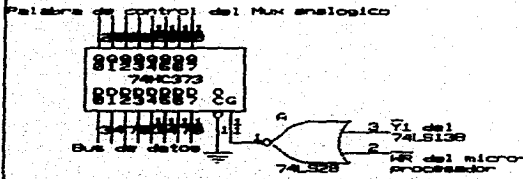


Figura 42

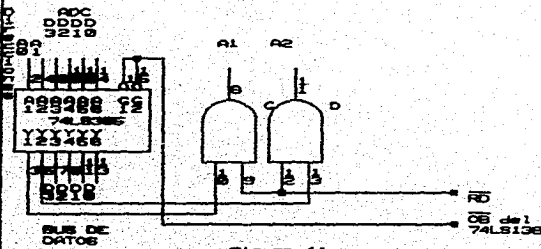


Figura 44

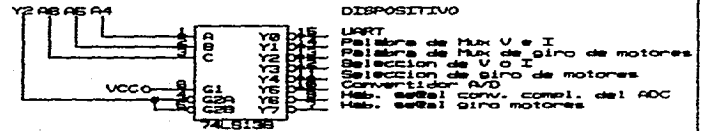


Figura 41

NOTA:  
Las salidas  
son designadas  
como 0x 0 Yx

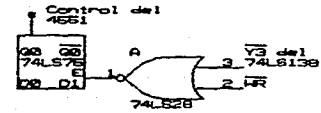


Figura 43

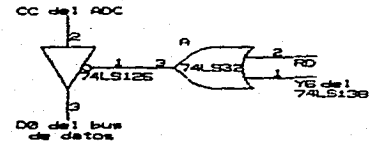


Figura 45

4.4 V, voltaje suficiente para las entradas del 74HC373, el diagrama es el mostrado en la figura 42.

Palabra de control para multiplexión de la señal de giro de los motores: Como el circuito multiplexor de salida para las señales de giro es idéntico al de entrada de voltaje y corrientes, también su circuito de control es semejante, la diferencia está en que la entrada a la compuerta NOR no es  $\bar{O}1$  sino  $\bar{O}2$ .

Selección de valores V ó I: Se realiza con el multiplexor MC14551, como éste integrado no tiene un retenedor de información en su entrada selectora, se tiene que incluir uno, el circuito 74LS75 cumple con esta función; el dato es enviado a través de D0 el bus de datos por el microprocesador, la tabla del 74LS75 es:

Entradas		Salidas		Como la habilitación de retención es igual que el del 74HC373 se ocupa otra compuerta NOR, como lo muestra la figura 43.
D	Hab. Ret.	Q	$\bar{Q}$	
0	1	0	1	
1	1	1	0	
X	0	Q0	Q0	

Selección de giro de motores: Se ocupa la mitad del 74LS75 de igual manera que para la multiplexión de las señales V ó I, pero en vez de  $\bar{O}3$  es  $\bar{O}4$  y  $\bar{Q}0$  va a la habilitación del MC14067 1 y MC14067 2 de la multiplexión de los motores respectivamente.

Señales del convertidor A/D: El convertidor, al igual que todos los dispositivos, ocupa el bus de direcciones para accederlo y el bus de datos para enviar la información al microprocesador, como el ADC no tiene salida de tres estados para conectarlo a los buses, se utilizan "buffers" triestado para su conexión al bus, el CI que se utiliza es el 74LS365 que es un sextuple "buffer" con salida triestado, 2 "buffers" se emplean para las direcciones (entradas) y 4 para los datos (salidas) como lo muestra la figura 44.

Habilitación de la señal de "Conversión Completa" del ADC: Para que el microprocesador "sepa" cuando pueda leer datos del ADC, éste tiene que indicarle

el momento para hacerlo, así el microprocesador espera la señal C.C. (Conversión Completa), que le es enviada a través de D0 de la manera como lo ilustra la figura 45.

El 74LS125 es un circuito integrado que tiene 4 "buffers" triestado que a diferencia del 74LS365 se controla cada "buffer" independientemente, los tres "buffers" restantes se emplean para hacer llegar a la patilla  $\overline{\text{WAIT}}$  del microprocesador la señal de espera para la lectura de la UART, ADC y palabras de control.

Señal de giro de los Motores: Es una palabra de 1 bit; a "0" lógico los circuitos de los motores no efectúan nada. Al estar a "1" lógico activa el circuito correspondiente; se ocupa un retenedor 74LS77, como lo ilustra la figura 46. La diferencia del 74LS77 con el 74LS75 es que el primero no tiene salidas complementarias ( $\overline{Q0}, \overline{Q0}$ ). Este circuito solamente retendrá información cuando ambas entradas de la compuerta NOR estén a "0" lógico.

Señal de identificación de los motores (1 ó 2): Está formada por una palabra de 1 bit común a todos los paneles. A "0" lógico indica el motor uno de cada sistema, a "1" lógico indica el motor 2, se utiliza un retenedor 74LS77 igual que para la señal de giro de los motores como lo ilustra la figura 47. Para activar al retenedor se puede ocupar directamente la salida  $\overline{O3}$  del primer decodificador porque este circuito es el único en el bloque de direcciones 3000-3FFF (H).

Pulso de activación de muestreo y retención: El pulso de muestreo y retención se obtiene utilizando un multivibrador monoestable 74LS221 el cual es disparado por la misma señal que activa al 74LS75 seleccionador de voltaje corriente (fig. 43). Para un tiempo de adquisición de 200  $\mu$ segundos según la fórmula del multivibrador:  $t_w(\text{out}) = C * R * \ln 2$ , tomando  $t_w = 300 \mu\text{seg}$ ,  $R = 1.5 \text{ k}\Omega$ , se obtiene  $C = 288 \text{ nFaradios}$  (0.28  $\mu\text{F}$ ), pero el valor comercial más cercano disponible fue de



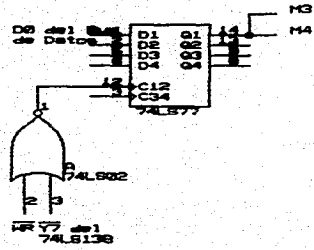


Figura 46

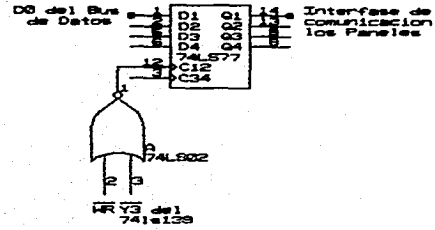


Figura 47

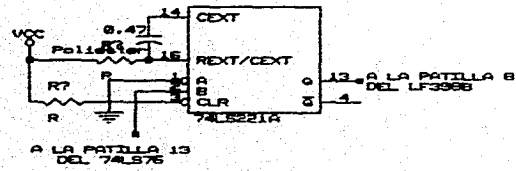


Figura 48

0.47  $\mu$ Faradios, teniendose un tiempo de adquisición de 488  $\mu$ segundos. Este mejora un poco la respuesta de la sección de muestreo y retención, pero la hace un poco más lenta. El diagrama se puede ver en la figura 48.

### II.9.3. Programación del microprocesador Z-80

La función del microprocesador es leer la información que recibe la UART para enviarla a su destino y mandar la información que pida la computadora. Controla la multiplexión de las señales de voltaje y corriente así como las señales de los motores. Toma las lecturas del convertidor A/D y las almacena en memoria para enviarlas después a la computadora, como su función es muy específica no precisa de interrupciones ya que en modo de espera esta consultando continuamente a la UART si existe algún dato enviado por la computadora, al no existir información sigue preguntando indefinidamente hasta que se presente, al llegar la información reconoce el tipo de dato que se se trata (multiplexión, V/I, lectura del ADC ó cambio de condiciones de comunicación), al realizar la tarea recibida vuelve al estado de espera, esto en forma algorítmica se presenta a continuación.

#### ALGORITMO PRINCIPAL

1. INICIO.
2. SE CARGAN LAS CONDICIONES INICIALES DE COMUNICACION DE LA MEMORIA EPROM.
3. ESPERA DE ENVIO DE DATOS DE LA COMPUTADORA.
4. LEE LA INFORMACION Y RECONOCE EL TIPO DE INFORMACION.
  - Si la INFORMACION es para LECTURA DE POTENCIA entonces ir al subalgoritmo 1.
  - Si la INFORMACION es para el MOVIMIENTO DE MOTORES entonces ir al subalgoritmo 2.
  - Si la INFORMACION es para las CONDICIONES DE COMUNICACION entonces ir al subalgoritmo 3.
  - Si la INFORMACION no es para ninguno de los 3 subalgoritmos anteriores

entonces mandar a la computadora información de transmisión errónea y regresar al punto 3 del algoritmo PRINCIPAL.

5. REGRESAR AL PASO 3 DEL ALGORITMO PRINCIPAL.

Subalgoritmo 1: LECTURA DE POTENCIA

1. ENVIA RECONOCIMIENTO DE DATO: "P".
2. ESPERA EL NUMERO DEL PRIMER PANEL A TOMAR LECTURA.
3. ALMACENA ESTE VALOR EN LA MEMORIA Y ESPERA EL NUMERO DEL ULTIMO PANEL A TOMAR LECTURA.
4. ALMACENA EL VALOR, CALCULA EL NUMERO DE LECTURAS A REALIZAR E INICIALIZA LA VARIABLE DE CONTROL DE LAZO DE LECTURA:  
 $n = \text{número del último panel} - \text{número del primer panel} + 1.$   
 $x = 1.$
5. LAZO DE LECTURA:  
Repetir hasta el paso 6 mientras  $x \leq n.$
6. LEE LOS VALORES DE VOLTAJE Y CORRIENTE CORRESPONDIENTES AL PANEL NUMERO  $x$ , Y LOS ALMACENA EN LA MEMORIA RAM.  
 $x = x + 1.$
7. INICIALIZAR VARIABLE DE CONTROL DE LAZO.  
 $x = n.$
8. LAZO DE ENVIO DE DATOS A LA COMPUTADORA.  
Repetir hasta el paso 9 mientras  $x > 0.$
9. LEE LOS VALORES DE VOLTAJE Y CORRIENTE ALMACENADOS EN LA MEMORIA DEL PANEL  $x$  Y LOS ENVIA A LA COMPUTADORA.  
 $x = x - 1.$
10. REGRESAR AL ALGORITMO PRINCIPAL.

Subalgoritmo 2: MOVIMIENTO DE MOTORES

1. ENVIA RECONOCIMIENTO DE DATO: "M".
2. ESPERA EL NUMERO DEL PRIMER PANEL A MOVER.
3. ALMACENA ESTE VALOR EN LA MEMORIA Y ESPERA EL NUMERO DEL ULTIMO PANEL A MOVER.
4. ALMACENA EL VALOR Y CALCULA EL NUMERO DE MOVIMIENTOS:  
 $n = \text{número del último panel} - \text{número del primer panel} + 1.$

5. ENVIA PETICION DE GIRO A LA COMPUTADORA: "G" Y ESPERA RESPUESTA.
6. RECONOCE TIPO DE GIRO: HORARIO ó ANTIHORARIO, LO CODIFICA, ENVIA PETICION DE SERIE DE MOTORES (1, 2) "M" Y ESPERA RESPUESTA.
7. RECONOCE SERIE DE MOTORES, LA CODIFICA E INICIALIZA LA VARIABLE DE CONTROL DEL LAZO DE MOVIMIENTO DE MOTORES.  
 $x = n$
8. LAZO DE MOVIMIENTO DE MOTORES.  
 Repetir hasta el paso 9 mientras  $x > 0$ .
9. ACCESA AL MOTOR ELEGIDO Y LE ENVIA UN PULSO DE ACTIVACION.  
 $x = x - 1$ .
10. REGRESAR AL ALGORITMO PRINCIPAL.

Subalgoritmo 3:                   CONDICIONES DE COMUNICACION

1. ENVIA RECONOCIMIENTO DE DATO: "C".
2. ESPERA LA INFORMACION SOBRE LAS INSTRUCCIONES A REALIZAR.
3. RECONOCE EL TIPO DE INSTRUCCIONES A EJECUTAR:  
     Si la INSTRUCCION es referente a la velocidad de transmisión Entonces  
         va al paso 4 del subalgoritmo 3.  
     Si la INSTRUCCION es referente al cambio del protocolo de transmisión,  
         entonces va al paso 4 del subalgoritmo 3.
4. ENVIA RECONOCIMIENTO DE DATO: "V" Y ESPERA PRIMER BYTE QUE CONTIENE LA INFORMACION SOBRE LA VELOCIDAD DE TRANSMISION.
5. ALMACENA EL BYTE RECIBIDO Y ESPERA EL SEGUNDO BYTE.
6. ALMACENA EL SEGUNDO BYTE RECIBIDO, LEE EL PROTOCOLO DE COMUNICACION DE LA UART Y LO ALMACENA EN LA MEMORIA.
9. ESCRIBE LOS BYTES DE COMUNICACIONES EN LA UART, LEE EL PROTOCOLO DE COMUNICACION DE LA MEMORIA Y TAMBIEN LO ESCRIBE EN LA UART.
10. REGRESAR AL ALGORITMO PRINCIPAL.
11. ENVIA RECONOCIMIENTO DE DATO: "L" Y ESPERA BYTE DE INFORMACION.
12. ESCRIBE EL BYTE RECIBIDO EN LA UART.
13. REGRESAR AL ALGORITMO PRINCIPAL.

El programa en lenguaje ensamblador para el Z-80 es el siguiente:

CONDICIONES INICIALES DE COMUNICACION CON LA UART

0100	21 03 20	LD HL,2003h	;ACCESO A LA UART 8250 PARA ESTABLECER
0103	36 80	LD (HL),80h	;MODOS DE COMUNICACION.
0105	21 00 20	LD HL,2000h	;
0108	36 80	LD (HL), 80h	;PRIMER BYTE DEL DIVISOR DE FRECUENCIA.
010A	23	INC HL	;
010B	36 00	LD (HL),00h	;SEGUNDO BYTE DEL DIVISOR.
010D	21 03 20	LD HL,2003h	;DESABILITA DLAB Y ESTABLECE MODOS DE
0110	36 03	LD (HL),03h	;COMUNICACION: 8 BITS, 1 BIT DE PARO, NO
			;HAY BIT DE PARIDAD.
0112	23	INC HL	;ACCESO AL MCR
0113	36 03	LD (HL),03h	;HABILITA RTS Y DTR.
0115	C3 20 01	JP 0120h	;VA A ESPERAR DATOS.

ESPERA DE DATOS

0120	3A 05 20	DATO:LD A,(2005h)	;CARGA BYTE LSR DEL 8250.
0123	CB 47	BIT 0,A	;REVISAS SI EXISTE ALGUN DATO RECIBIDO.
0125	CA 20 01	JPZ DATO	;SI NO HAY DATO SIGUE ESPERANDO.
0128	3A 00 20	LD A,(2000h)	;LEE EL DATO RECIBIDO EN ASCII.
012B	4F	LD C,A	;ALMACENA EL VALOR EN EL REGISTRO C.
012C	C3 30 01	JP 0130h	;VA A RECONOCER EL DATO RECIBIDO.

RECONOCIMIENTO DE DATOS

0130	79	LD A,C	;TOMA EL VALOR PARA INICIAR COMPARACION.
0131	06 50	LD B,50h	;PRIMER INTENTO COMPARA PARA VER SI EL
0133	90	SUB B	;DATO ES (P)OTENCIA, P = 50h.
0134	CA 50 01	JPZ POTENCIA	;POTENCIA = 0150h.
0137	74	LD A,C	;SEGUNDO INTENTO, COMPARA PARA VER SI EL
0138	06 40	LD B,40h	;DATO ES DE (M)OTORES.
013A	90	SUB B	;M = 40h.
013B	CA 2A 02	JPZ MOTORES	;MOTORES = 0224h.
013E	79	LD A,C	;TERCER INTENTO, COMPARA PARA VER SI EL
013F	06 43	LD B,43h	;DATO ES DE (C)OMUNICACIONES.
0141	90	SUB B	;C = 43h.
0142	CA 00 03	JPZ COM	;COM = 0300h.
0145	3E 45	LD A,45h	;DATO RECIBIDO ERRONEO, SE LE INDICA A
0147	32 00 20	LD (2000h),A	;LA COMPUTADORA CON E = 45h Y SE REGRESA
014A	C3 20 01	JP 0120h	;A ESPERAR NUEVO DATO.

LECTURA DE PANELES QUE SE LES VA A HACER MEDICIONES

0150	3E 50	POTE:LD A,50h	;ENVIAS RECONOCIMIENTO DE DATO CORRECTO A
0152	32 00 20	LD (2000h),A	;A LA COMPUTADORA: P = 50h.
0155	0E FF	LD C,FFh	;BUCLE DE RETARDO PARA ESPERAR PRIMER
0157	0D	LAZOO:DEC C	;DATO.
0158	C2 57 01	JPNZ LAZOO	;LAZOO = 0157h.
015B	3A 05 20	LD A,(2005h)	;ROUTINA DE ESPERA DE LA PRIMER CELDA.

```

015E   CB 47          BIT 0,A          ;
0160   CA 5B 01     JPZ 015Bh        ;
0163   3A 00 20     LD A,(2000h)     ;PANEL INICIAL A TOMAR LECTURA.
0166   32 00 19     LD (1900h),A    ;ALMACENA LA INFORMACION.
0169   0E 80         LD C,80h        ;BUCLE DE RETARDO PARA ESPERA DEL PANEL
016B   0D           LAZ01:DEC C    ;FINAL.
016C   C2 6B 01     JPNZ LAZ01      ;
016F   3A 05 20     LD A,(2005h)    ;RUTINA DE ESPERA DEL PANEL FINAL.
0172   CB 47          BIT 0,A          ;
0174   CA 6F 01     JPZ 016Fh       ;
0177   3A 00 20     LD A,(2000h)    ;CARGA PANEL FINAL DE LECTURA Y ALMACENA
017A   32 01 19     LD (1901h),A    ;EL VALOR.
017D   3A 00 19     LD A,(1900h)    ;CARGA VALOR INICIAL.
0180   47           LD B,A          ;
0181   3A 01 19     LD A,(1901h)    ;CARGA VALOR FINAL.
0184   90           SUB B           ;CALCULA NUMERO DE LECTURAS A REALIZAR.
0185   3C           INC A           ;
0186   32 02 19     LD (1902h),A    ;ALMACENA VALOR
0189   C3 90 01     JP 0190h        ;SE VA A LA SUBROUTINA DE LECTURA.

```

SUBROUTINA DE LECTURA DE V e I

```

0190   3A 02 19     LD A,(1902h)    ;CARGA NUMERO DE VECES A REALIZAR LA
0193   4F           LD C,A          ;SUBROUTINA.
0194   21 50 20     LD HL,2050h    ;CARGA DIRECCIONES DEL ADC Y DE LA
0197   11 00 10     LD DE,1000h    ;MEMORIA.
019A   3A 00 19     LD A,(1900h)    ;INDICA PANEL A TOMAR LECTURA Y LO
019D   32 10 20     LD (2010h),A   ;ACCESA.
01A0   3E 00         LD A,00h       ;CARGA ACUMULADOR CON INDICADOR DE V E
01A2   32 30 20     LD (2030h),A   ;INDICA QUE LA LECTURA ES DE VOLTATE.
01A5   3E 00         LD A,00h       ;
01A7   32 03 19     LD (1903h),A   ;
01AA   3A 60 20     LD A,(2060h),A ;ESPERA PRIMER CC1
01AD   CB 47          BIT 0,A          ;
01AF   CA AA 01     JPZ 01AAh       ;
01B2   06 80         LD B,80h       ;ESPERA QUE PASE CC1
01B4   05           L1:DEC B        ;
01B5   C2 B4 01     JPNZ 01B4h     ;
01B8   3A 60 20     LD A,(2060h)   ;ESPERA SEGUNDO CC
01BB   CB 47          BIT 0,A          ;
01BD   CA 8B 01     JPZ 01BBh       ;
01D0   06 04         LD B,04h       ;LLEGO CC2 Y SE LEEN DATOS DEL ADC Y SE
01C2   7E           LD A,(HL)      ;ALMACENAN EN MEMORIA.
01C3   12           LD (DE),A      ;
01C4   23           INC HL        ;DIRECCIONA LA PROXIMA POSICION DEL ADC
01C5   13           INC DE        ;Y DE LA MEMORIA.
01C6   05           DEC B         ;
01C7   C2 C2 01     JNZ 01C2h      ;
01CA   3A 03 19     LD A,(1903h)   ;SI ES CORRIENTE SE VA LA SIGUIENTE
01CD   CB 47          BIT 0,A          ;LECTURA DEL PROXIMO PANEL
01CF   C2 E2 01     JPNZ OTRA      ;OTRA = 01E2h
01D2   3E 01         LD A,01h       ;

```

```

01D4 32 30 20 LD (2030h),A ;
01D7 3E 01 LD A,01h ;
01D9 32 03 19 LD (1903h),A ;
01DC 21 50 20 LD HL,2050h ;
01DF C3 AA 01 JP 01AAh ;
01E2 0D OTRA:DEC C ;SIGUIENTE PANEL
01E3 CA F3 01 JPZ ENVID ;ENVID = 01F3h. SI SE COMPLETA LA
;LECTURA DE DATOS SE VA A LA SUBROUTINA
;DE ENVIO DE DATOS A LA COMPUTADORA.
;SIGUIENTE PANEL A TOMAR LECTURA.

01E6 3A 00 19 LD A,(1900h)
01E9 3C INC A
01EA 32 00 19 LD (1900h),A
01ED 21 50 20 LD HL,2050h
01F0 C3 9A 01 JP 019Ah

```

#### SUBROUTINA DE ENVIO DE DATOS A LA COMPUTADORA

```

01F3 3A 02 19 LD A,(1902h) CARGA n A C
01F6 4F LD C,A ;
01F7 1B DEC DE ;ULTIMO DATO LEIDO (ES CORRIENTE)
01F8 06 08 LD B,08h ;RUTINA DE V Y DE I, SE ENVIAN OCHO
01FA 1A LD A,(DE) ;BYTES A LA PC. CONVIERTE EL BCD DEL ADC
01FB C6 30 ADD A,30h ;EN ASCII.
01FD 32 00 20 LD (2000h),A ;CARGA EL DATO EN LA UART.
0200 3A 05 20 LD A,(2005h) ;ESPERA QUE SE TRANSMITA EL DATO.
0203 CB 6F BIT 5,A ;
0205 CA 00 02 JPZ 0200h ;
0208 1B DEC DE ;
0209 05 DEC B ;
0204 CA 10 02 JPZ OTRO ;OTRO = 0210h
020D C3 FA 01 JP 01FAh ;
0210 06 FF OTRO:LD B,FFh ;BUCLE DE ESPERA DE TRANSMISION DE DATOS.
0212 05 DEC B ;
0213 C2 12 02 JPNZ 0212h ;ESPERA SEÑAL DE DATOS RECIBIDOS.
0216 3A 05 20 LD A,(2005h) ;
0219 CB 47 BIT 0,A ;
021B CA 16 02 JPZ 0216h ;
021E 3A 00 20 LD A,(2000h) ;
0221 0D DEC C ;SIGUIENTE TRANSMISION.
0222 CA 20 01 JPZ 0120h ;SI SE ACABA LA TRANSMISION VA A ESPERA.
0225 C3 FB 01 JP 01FBh ;SIGUIENTE TRANSMISION.

```

#### RUTINA DEL MOVIMIENTO DE LOS MOTORES

```

022A 3E 40 LD A,40h ;ENVIO RECONOCIMIENTO DE DATO CORRECTO A
022C 32 00 20 LD (2000h),A ;LA COMPUTADORA: M = 40h.
022F 0E FF LD C,FFh ;
0231 0D LAZ02:DEC C ;
0232 C2 31 02 JPNZ LAZ02 ;
0235 3A 05 20 LD A,(2005h) ;RUTINA DE ESPERA PRIMER PANEL.
0238 CB 47 BIT 0,A ;

```

023A	CA 35 02	JPZ 0235 h	;
023D	3A 00 20	LD A, (2000h)	; PANEL INICIAL A MOVER.
0240	32 00 19	LD (1900h),A	; ALMACENA EL VALOR.
0243	0E 80	LD C,80h	; BUCLE DE RETARDO PARA ESPERA DEL
0245	0D	LAZ02:DEC C	; SEGUNDO DATO.
0246	C2 45 02	LPNZ LAZ02	;
0249	3A 05 20	LD A, (2005h)	; RUTINA DE ESPERA DEL PANEL FINAL.
024C	CB 47	BIT 0,A	;
024E	CA 49 02	JPZ 0249h	;
0251	3A 00 20	LD A, (2000h)	; CARGA VALOR FINAL.
0254	32 01 19	LD (1901h),A	; ALMACENA VALOR FINAL.
0257	3A 00 19	LD A, (1900h)	; CARGA PRIMER VALOR.
025A	47	LD B,A	;
025B	3A 01 19	LD A, (1901h)	; CARGA VALOR FINAL.
025E	90	SUB B	; CALCULA NUMERO DE PANELES A MOVER.
025F	3C	INC A	;
0260	32 02 19	LD (1902h),A	; ALMACENA ESTE VALOR.

SUBROUTINA DEL MOVIMIENTO

0263	3E 47	LD A,47h	; ENVIA PETICION DE (G)IRO.
0265	32 00 20	LD (2000h),A	;
0268	0E FF	LD C,FFh	;
026A	0D	LAZ0002:DEC C	;
026B	C2 6A 02	JPNZ LAZ0002	;
026E	3A 05 20	LD A, (2005h)	; ESPERA DATO DEL GIRO.
0271	CB 47	BIT 0,A	;
0273	CA 6E 02	JPZ 026Eh	;
0276	3A 00 20	LD A, (2000h)	;
0279	47	LD B,A	; RECONOCE DATO SI ES ANTIHORARIO.
027A	3E 41	LD A,41h	;
027C	90	SUB B	;
027D	CA 85 02	JPZ 0285h	; SI ES CERO ES GIRO ANTIHORARIO.
0280	3E 00	LD A,00h	; CARGA GIRO HORARIO.
0282	C3 87 02	JP 0287h	;
0285	3E 01	LD A,01h	; CARGA GIRO ANTIHORARIO.
0287	32 40 20	LD (2040h),A	; GUARDA EL VALOR.
028A	3F 53	LD A,53h	; PREGUNTA CUAL DE LOS DOS MOTORES VA A
028C	32 00 20	LD (2000h),A	; MOVER, S = 53h.
028F	06 FF	LD B,FFh	; ESPERA RESPUESTA.
0291	05	L:DEC B	;
0292	C2 91 02	JPNZ L	;
0295	3A 05 20	LD A, (2005h)	; ESPERA VALOR.
0298	CB 47	BIT 0,A	;
029A	CA 95 02	JPZ (0295h)	;
029D	3A 00 20	LD A, (2000h)	; CARGA DATO DE LA UART.
02A0	06 53	LD B,53h	; SI S = 73h ENTONCES ES 1, SI NO ES 0,
02A2	90	SUB B	; (2000h) = 0 ENTONCES S = 53h, (2000) =
02A3	CA AB 02	JPZ 02ABh	; 1 ENTONCES S = 73h.
02A6	3E 01	LD A,01h	; SERIE 1 DE MOTORES.
02AB	C3 AD 02	JP 02ADh	;
02AB	3E 00	LD A,00h	; SERIE 0.



02AD	32 00 20	LD (3000h),A	;
02B0	3A 02 19	LD A, (1902h)	;NUMERO DE VECES A REALIZARSE.
02B3	4F	LD C,A	;
02B4	3A 00 19	LD A, (1900h)	;INDICA PANEL MOVER.
02B7	32 20 20	LD (2020h),A	;LD ACCESA.
02BA	3E 01	LD A,01h	;PULSO DE ACTIVACION.
02BC	32 70 20	LD (2070h),A	;
02BF	3E 00	LD A,00h	;
02C1	32 70 20	LD (2070h),A	;FIN DEL PULSO.
02C4	0D	DEC C	;SIGUIENTE PANEL.
02C5	CA 20 01	JPZ 0120h	;SI ES CERO SE ACABA LA RUTINA Y SE ;REGRESA A ESPERAR NUEVA INFORMACION.
02C8	3A 00 19	LD A, (1900h)	;SIGUIENTE PANEL.
02CB	3C	INC A	;
02CC	32 00 19	LD (1900h),A	;
02CF	C3 B4 02	JP 02B4h	;

#### RUTINA DE MODOS DE COMUNICACION

0300	3E 43	LD A,43h	;ENVIA RECONOCIMIENTO DE DATO CORRECTO A
0302	32 00 20	LD (2000h),A	;LA COMPUTADORA: C = 43h.
0305	0E FF	LD C,FFh	;
0307	0D	LAZ03:DEC C	;
0308	C2 07 03	JPNZ LAZ03	;
030B	3A 05 20	LD A, (2005h)	;ESPERA PRIMER DATO.
030E	CB 47	BIT 0,A	;
0310	CA 0B 03	JPZ 030Bh	;
0313	3A 00 20	LD A, (2000h)	;PRIMER DATO EN ASCII, LD ALMACENA.
0316	32 00 19	LD (1900h),A	;
0319	3A 00 19	LD A, (1900h)	;IDENTIFICA SI ES V ó L (VELOCIDAD ó
031C	06 4C	LD B,4C	;LSR). L = 4Ch
031E	90	SUB B	;
031F	CA 70 03	JPZ LSR	;LSR = 0370h
0322	3E 56	LD A,56h	;ES V, ENTONCES SE MANDA VALOR A LA
0324	32 00 20	LD (2000h),A	;COMPUTADORA INDICANDO QUE ES V.
0327	0E FF	LD C,FFh	;
0329	0D	LAZ04:DEC C	;
032A	C2 29 03	JPNZ LAZ04	;
032D	3A 05 20	LD A, (2005h)	;ESPERA PRIMER BYTE DE BAJOS EN FORMATO
0330	BD 47		;BINARIO.
0332	CA 2D 03	JPZ 032Dh	;
0335	3A 00 20	LD A, (2000h)	;LD CARGA.
0338	32 00 19	LD (1900h),A	;LD GUARDA.
033B	0E FF	LD C,FFh	;
033D	0D	LAZ05:DEC C	;
033E	C2 3D 03	JPNZ LAZ05	;
0341	3A 05 20	LD A, (2005h)	;ESPERA SEGUNDO BYTE DE LA VELOCIDAD
0344	CB 47	BIT 0,A	; (MSB).
0346	CA 41 03	JPZ 0341h	;
0349	3A 00 20	LD A, (2000h)	;LD CARGA.
034C	32 01 19	LD (1901h),A	;LD GUARDA.
034F	3A 03 20	LD A, (2003h)	;GUARDA CONDICIONES DE COMUNICACION.

0352	47	LD B,A	;ALMACENA CONDICIONES DE COMUNICACION.
0353	3E 80	LD A,80h	;HABILITA DLAB.
0355	32 03 20	LD (2003h),A	;
0358	3A 00 19	LD A,(1900h)	;CARGA LSB.
035B	32 00 20	LD (2000h),A	;
035E	3A 01 19	LD A,(1901h)	;CARGA MSB.
0361	32 01 20	LD (2001h),A	;
0364	7B	LD A,B	;CARGA CONDICIONES DE COMUNICACION.
0365	32 03 20	LD (2003h),A	;
0368	C3 20 01	JP 0120h	;SE REGRESA A LA ESPERA DE DATOS.
0370	3E 4C	LSR:LD A,4Ch	;SE LE AVISA A LA COMPUTADORA QUE ES L.
0372	32 00 20	LD (2000h),A	;
0375	0E FF	LD C,FFh	;
0377	0D	LAZOS:DEC C	;
0378	C2 77 03	JPNZ LAZOS	;
037B	3A 05 20	LD A,(2005h)	;CONDICIONES DE COMUNICACION.
037E	CB 47	BIT 0,A	;ESPERA BYTE DE DATO.
0380	CA 7B 04	JPZ 037Bh	;
0383	3A 00 20	LD A,(2000h)	;LO LEE.
0386	32 03 20	LD (2003h),A	;LO GRABA.
0389	C3 20 01	JP 0120h	;SE REGRESA A LA ESPERA DE DATOS.

#### II.9.4. Memorias

La memoria EPROM donde está grabado el programa es la 2716 de 2048 bytes, suficiente para albergar al programa que ocupa un espacio de 651 bytes.

La memoria RAM que se dispondrá es de:

paneles (max): 256  
lecturas: x 2  
total memoria: 2048 bytes.

Con dos memorias estáticas 6116 de 2048 bytes se tiene capacidad de sobra para las lecturas de los paneles y de la información que almacena el microprocesador.

La conexión de las memorias es como se indica en la figura 49.

Señal WAIT: De los dispositivos que maneja el microprocesador, el único que presenta un apreciable retardo del tiempo de acceso es el ADC, que tiene un tiempo de acceso de 5 useg, para solucionar esto se instala un contador binario de 4 bits a una frecuencia de 1.22 MHz, éste al llegar al séptimo conteo ya

lleva un tiempo de  $1.22 \times 10^{-8} * 8 = 6.51 \mu\text{seg}$  tiempo mayor que el de acceso del ADC, el circuito es el representado en la figura 50.

La UART también tiene una salida que indica que el dispositivo ha sido seleccionado, la UART no presenta problemas de tiempo de acceso, sin embargo también se conecta a la patilla WAIT del microprocesador para que estén perfectamente sincronizados, siendo finalmente el circuito de la patilla WAIT el de la figura 51.

#### 11.10. INTERFASE

El término "interfase" sirve para especificar la frontera ó punto de contacto entre dos partes de un sistema. En sistemas digitales usualmente con él se hace referencia al conjunto de puntos de conexión de señales que el sistema ó cualquiera de sus componentes presenta al exterior. Interconectar significa enlazar dos ó más componentes ó sistemas a través de sus respectivos puntos de interfase, de forma tal que entre ellos puedan transferirse información. En un sistema con microprocesadores hay principalmente dos tipos de interfase: La interfase del microprocesador que corresponde al bus del sistema y las interfases presentadas por los dispositivos de E/S del sistema. Para conectar un dispositivo de E/S a un microprocesador, normalmente entre el dispositivo y el bus del sistema, se incluye un circuito de interfase de E/S. Este circuito sirve para acoplar los formatos de las señales y las características de temporización de la interfase del microprocesador con los de la interfase del dispositivo de E/S. La tarea global de enlazar un microprocesador y dispositivos de E/S se denomina interconexión de una interfase.

4. Hayes John P., "Diseño de Sistema Digitales y Microprocesadores", McGraw-Hill, México D.F., págs. 623-624.

Un protocolo de comunicaciones establece reglas concernientes a las conexiones mecánicas, características de las señales eléctricas y características funcionales de las señales que debe cumplir un sistema.

El objetivo primordial es que dos equipos de distinta procedencia sea capaces de seguir el estándar y sean totalmente compatibles para transmitirse información.

Las especificaciones RS-232-C son aplicables a comunicaciones binarias en forma serial entre un DCE y un DTE ("Data Communication Equipment" ó equipo de comunicacion de datos y "Data Terminal Equipment" ó equipo receptor de datos) en que la velocidad de transmisión esté en el rango de 0 a 20,000 bits por segundo. El límite del RS-232-C se establece en 19.2 kbits/seg.

La distancia máxima del cable para conectar con interfase RS-232-C es de 50 pies (15.24 metros), pero puede ser extendido bajo determinadas condiciones ambientales y de construcción.

La EIA ("Electronics Industry Association" Asociación de la Industria Electrónica de los Estados Unidos) establece específicamente que la RS-232-C no es aplicable cuando es requerido un aislamiento eléctrico entre los equipos a ser conectados.

Una ventaja del RS-232-C es que no se limita a los 50 pies su extensión para conectarse, sino que puede prolongarse a distancias muy grandes con el solo hecho de que exista una línea telefónica, es decir la RS-232-C ha sido pensada también para comunicaciones vía red telefónica.

Las siguientes características eléctricas son dadas en base a la figura 52.

1. Una señal en cualquier patilla (pin) del conector RS-232-C tiene un estado asociado con ella. Puede ser alguno de los siguientes:

MARCA/ESPACIO  
ENCENDIDO/APAGADO

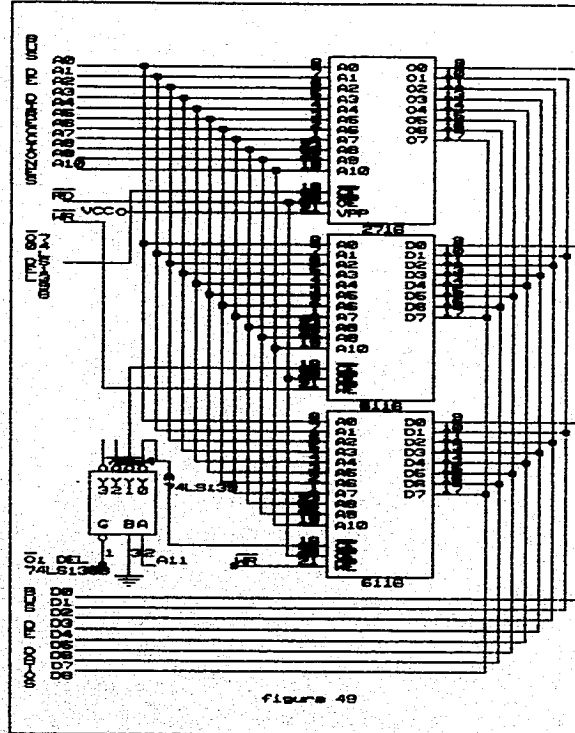


Figure 49

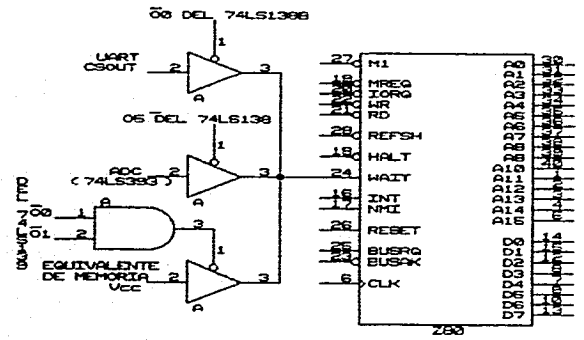


Figure 51

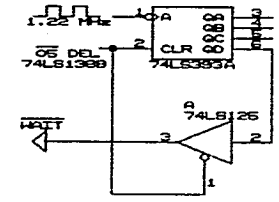


Figure 50

Nivel Lógico 0/1

2. Para representar un "1" lógico ó "marca" el controlador debe aplicar un voltaje entre -5 y -15 V. Para representar un "0" lógico ó "espacio" debe estar entre +5 y + 15 V.
3. La capacitancia paralela CL de el lado terminal de un circuito RS-232-C no debe ser mayor de 2500 pF incluida la capacitancia del cable. Esta regla contribuye significativamente a la longitud del cable de conexión.
4. El voltaje en circuito abierto ó sin carga  $V_o$  no debe de exceder 25 V.
5. El controlador de un RS-232-C debe ser capaz de soportar un cortocircuito de una conexión, con cualquier otra conexión sin que exista daños para ambas partes.

Características mecánicas de la interfase: La asignación de patillas para el estándar RS-232-C está dado en la siguiente tabla:

Pin	Circuito	Descripción
1	AA	Tierra de protección.
2	BA	Transmisión de datos.
3	BB	Recepción de datos.
4	CA	Peticion de envío.
5	CB	Borrar para enviar.
6	CC	Datos preparados.
7	AB	Tierra de referencia.
8	CF	Detección de portadora.
9/10	—	Reservado para prueba de datos.
11	—	Sin asignación.
12	SCF	Detector secundario de portadora.
13	SCB	Borrado para envío secundario.
14	SBA	Transmisión de datos secundarios.
15	DB	Transmisión de sincronismo.
16	SBB	Recepción de datos secundarios.
17	DD	Recepción de sincronismo.
18	—	Sin asignación.
19	SCA	Peticion de envío secundario.
20	CD	Terminal de datos lista.
21	CG	Detección de la calidad de la señal.
22	CE	Indicador de llamada.
23	CH/CI	Selección de velocidad.
24	DA	Transmisión de sincronismo.
25	—	Sin asignación.

El conector DB25 es el más usado en las interfase del RS-232-C y es compatible con el ISO 2113 (de la Organización Internacional de Estandarización), el conector se puede observar en la figura 53.

Los circuitos presentados en la tabla anterior están divididos en cinco categorías:

Referencia (A)

Circuitos de datos (B)

Circuitos de control (C)

Circuitos de sincronismo (D)

Circuitos de canal secundario (S)

Circuito AA: Este conductor debe estar conectado a la carcasa de la máquina ó equipo conectado (tierra de protección al usuario).

Circuito AB: Tierra de referencia. Este conductor provee el punto de referencia eléctrica para la conexión de los diversos equipos, es un circuito que es absolutamente requerido.

Circuito BA: Transmisión de datos. Las señales de este circuito son transmitidas del DTE al DCE. El DTE mantiene el circuito de transmisión de datos a "1" lógico en todo el tiempo en que no hay transmisión.

Circuito BB: Recepción de datos. Las señales en estos circuitos son transmitidas del DCE al DTE. El circuito mantiene un "1" lógico durante intervalos entre la transmisión de datos y en cualquier momento en que no existe transmisión de datos.

Circuito CA: Petición de envío. Este circuito transmite la petición para transmitir del DTE al DCE.

Circuito CB: Borrar para enviar. Esta es una señal de control que es transmitida del DCE al DTE e indica que el DCE está listo para recibir datos de el DTE en el circuito de transmisión de datos.

Los siguientes circuitos sólo son requeridos si la interfase se realiza a través de líneas telefónicas:

Circuito CC: Datos preparados.

Circuito CD: Terminal de datos lista.

Circuito CE Indicador de llamada.

Circuito CF: Recepción de sincronismo.

La forma en que el prototipo va a conectarse a la computadora es por el puerto serial (RS-232-C), el prototipo debe incluir la parte de interfase adecuada; para lograrlo se incorpora una UART ("Universal Asynchronous Receiver/Transmitter" ó Transmisor-Receptor Asíncrono Universal), es un circuito capaz de realizar el intercambio de información entre dos sistemas vía serie.

La UART elegida es la INS8250 de National Semiconductor, la cual por software determina su configuración vía un bus de 8 bits de salida tres estados.

El diseño de la UART permite la conversión de serie a paralelo de la información recibida de un dispositivo de comunicaciones ó de un MODEM y la conversión paralelo-serie de los datos recibidos del propio sistema. La UPC puede leer el estado de la UART. La información del estado reportada incluye el tipo y condición de la transferencia de operación, así como las condiciones de error (paridad, sobrerango, interrupción de la transmisión, etc).

La UART incluye un generador de baudios que es capaz de dividir la frecuencia de referencia por divisores de 1 hasta <sup>16</sup>(2<sup>-1</sup>) para producir la velocidad de transmisión.

Entre las características más sobresalientes de la UART están:

- Fácil interconexión con los microprocesadores más comunes.
- Adiciona ó elimina los bits de control de comunicación asíncrona (inicio, parada y paridad) de envío ó recepción de datos.



- Retiene y corre registros eliminando la necesidad de una sincronización precisa entre la UPC y los datos seriales.
- Control independiente de la transmisión, recepción, estado de comunicación y establecimiento de interrupciones.
- Entrada de reloj independiente.
- Funciones de control para MODEM (CTS, RTS, DSR, DTR, RI y DCD).
- Características de interfase totalmente programables:
  - Carácteres de 5, 6, 7 ó 8 bit.
  - Generación y detección de paridad par, impar ó no paridad.
  - Generación de 1, 1 1/2 ó 2 bits de paro.
  - Detección de falso bit de arranque.
  - Capacidad de reportar completamente las condiciones de comunicación.
  - Salida del bus de tres estados con capacidad para soportar dispositivos TTL para datos bidireccionales y control del bus.
  - Generación y detección de interrupción de comunicaciones.
  - Capacidad de diagnóstico interno:
    - \* Control realimentado para aislamiento por falla en el enlace de comunicaciones.
    - \* Simulación de interrupción, paridad, sobrerango y error de bit de detección.
  - Control de las interrupciones del sistema totalmente priorizadas

La descripción detallada de las patillas se puede encontrar en las hojas de especificaciones (Apéndice). El circuito básico propuesto por el fabricante y adaptado para el prototipo es el mostrado en la figura 54.

#### II.12. PROGRAMACION COMPUTADORA

La programación de la computadora se puede realizar con una gran variedad

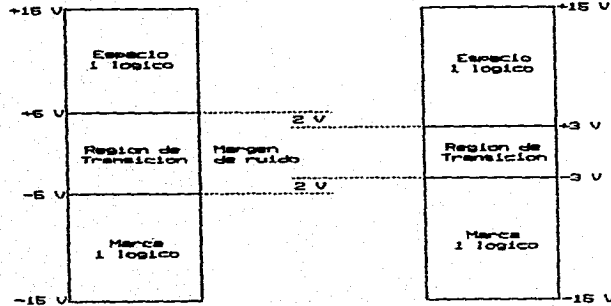


Figura 52

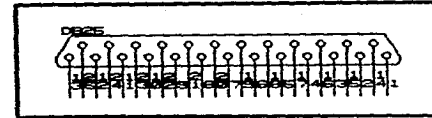


Figura 53

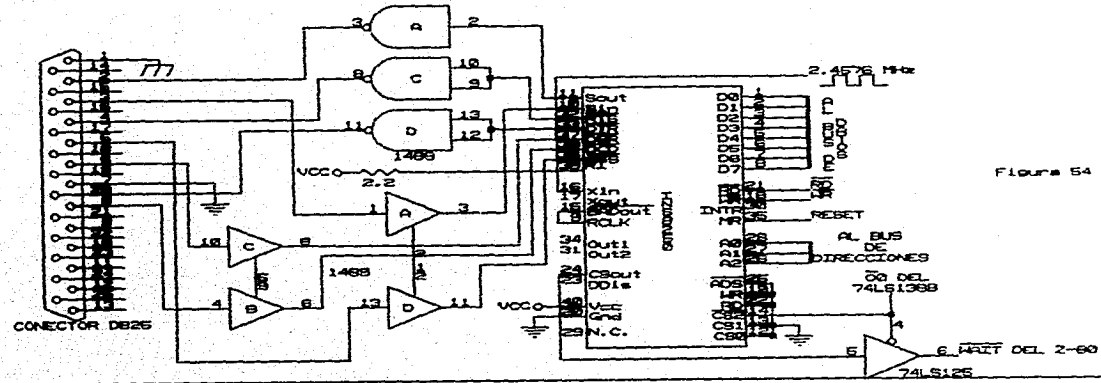


Figura 54

de lenguajes de programación de alto nivel ó en lenguaje ensamblador, como el prototipo diseñado sólo es para fines de estudio, se utiliza un lenguaje sencillo, para programar las rutinas: GW-BASIC, con este lenguaje se puede realizar de manera sencilla comunicación por puerto serial, gráficos, rutinas de cálculo repetitivas, manipular archivos de datos y sobre todo un fácil entendimiento de la estructura del programa. Para programar las rutinas se tienen que revisar algunos conceptos básicos.

- Método de bisección. Se utiliza para la búsqueda de información en los archivos de datos, con este método se vuelve sumamente rápida la búsqueda de información. Consiste en tener un registro inicial  $r_i$ , un registro final  $r_f$  y un registro a buscar  $r_x$ , se genera el primer registro  $r_a$  que es el inicial para empezar la búsqueda con la expresión:

$$r_a = (r_i + r_f) / 2 \quad 2.44$$

$r_a$  tiene que ser un número entero; se extrae el dato del registro  $r_a$  ( $d_a$ ) y si concuerda con el valor buscado termina la búsqueda; si no concuerda con la información del registro  $r_x$  ( $d_x$ ), dependiendo del valor que tenga con respecto a  $r_x$  se ocupará una de las dos condiciones siguientes:

- |                   |                   |      |
|-------------------|-------------------|------|
| 1. Si $d_a > d_x$ | 2. Si $d_a < d_x$ | 2.45 |
|-------------------|-------------------|------|

entonces  $r_i = r_i$

entonces  $r_i = r_a$

y  $r_f = r_a$

y  $r_f = r_f$

y se vuelve a emplear 2.44 en ambos casos hasta que  $d_a = d_x$ .

Para verlo de forma más clara, supóngase que se tiene un archivo con 1,000,000 de registros, si se buscara secuencialmente el registro número 759,531 se necesitaría ejecutar el mismo número de veces una rutina para encontrarlo, en cambio con el método de bisección se tiene:

	Tipo de condición
ra = (1 + 1,000,000)/2	= 500,000 (2)
ra = (500,000 + 1,000,000)/2	= 750,000 (2)
ra = (750,000 + 1,000,000)/2	= 875,000 (1)
ra = (750,000 + 875,000)/2	= 812,500 (1)
ra = (750,000 + 812,500)/2	= 781,250 (1)
ra = (750,000 + 781,250)/2	= 765,625 (1)
ra = (750,000 + 765,625)/2	= 757,812 (2)
ra = (757,812 + 765,625)/2	= 761,718 (1)
ra = (757,812 + 761,718)/2	= 759,765 (1)
ra = (757,812 + 759,765)/2	= 758,788 (2)
ra = (758,788 + 759,765)/2	= 759,276 (2)
ra = (759,276 + 759,765)/2	= 759,520 (2)
ra = (759,520 + 759,765)/2	= 759,642 (1)
ra = (759,520 + 759,642)/2	= 759,581 (1)
ra = (759,520 + 759,581)/2	= 759,550 (1)
ra = (759,520 + 759,550)/2	= 759,535 (1)
ra = (759,520 + 759,535)/2	= 759,527 (2)
ra = (759,527 + 759,531)/2	= 759,531 = dato buscado

Número de iteraciones: 18

El número máximo de iteraciones depende del tamaño del archivo, relacionado con potencias de 2 es:

$$(\text{número de registros})/2^n < 1 \quad 2.46$$

donde n hace cumplir que el cociente sea lo más cerca posible a 1, pero menor a él. Volviendo al ejemplo, n vale para este caso 20.

En función de logaritmos el máximo número de iteraciones es:

$$\text{Entero}(\log_2 n) \quad 2.47$$

donde n es el tamaño del archivo (número de registros).

Para hacer aún más rápida la búsqueda de datos, se emplean 5 archivos para almacenar información: PP, HORA, DIA, MES, y AÑO, todos con la extensión .TES. El primero (PP.TES) es el archivo donde se almacenan los valores de voltaje y corriente obtenidos de los paneles. El archivo HORA.TES almacena la información de la hora de captura de los datos, así como el registro inicial y final de almacenamiento a esa hora. El archivo DIA.TES contiene el número de día en que se está haciendo la lectura, así como los registros inicial y final del archivo HORA.TES correspondientes a ese día. El archivo MES.TES tiene la información

correspondiente al número de mes que se está haciendo la lectura así como los registros inicial y final de ese mes correspondientes al archivo DIA.TES. Por último el archivo AÑO.TES guarda el año que se realiza la lectura y los registros inicial y final de cada año para el archivo MES.TES. Los bytes asignados por registro son:

Archivo:	PP	HORA	DIA	MES	AÑO
Bytes:	4 (V)	4 (Hora)	2 (Dia)	2 (Mes)	4 (Año)
	4 (I)	4 (RIPP)	4 (RIHORA)	4 (RIDIA)	4 (RIMES)
		4 (RFPP)	4 (RFHORA)	4 (RFDIA)	4 (RFMES)
Total por Archivo	8	12	10	10	12

Se asignan 4 bytes porque es el espacio requerido para almacenar un valor de precisión sencilla, los 2 primeros bytes de los archivos HORA, DIA, MES y AÑO son para almacenamiento de caracteres.

- Duración del día: De la ecuación 1.5 haciendo la altura solar  $\alpha = 0$  se obtiene la ecuación 1.7 como sigue:

$$0 = \cos(\theta)\cos(\delta)\cos(w) + \sin(\theta)\sin(\delta) \Rightarrow -\cos(\theta)\cos(\delta)\cos(w) = \sin(\theta)\sin(\delta) \Rightarrow$$

$$\cos(w) = -(\sin(\theta)\sin(\delta))/(\cos(\theta)\cos(\delta)) \quad \text{ó} \quad \cos(w) = -\text{tg}(\theta)\text{tg}(\delta) \quad 1.7$$

Para obtener las ecuaciones 1.8 y 1.9 se hace

$$w = \arccos(-\text{tg}(\theta)\text{tg}(\delta)) \quad 2.48$$

éste es el ángulo horario que hay a la salida y puesta del Sol tomando como referencia el mediodía solar ( $w=0$ ).

Para obtener la duración del día se observa que  $w$  ocurre dos veces al día y como  $w$  se incrementa  $15^\circ$  por hora entonces

$$T_d = 2w/(15^\circ/\text{hora}) \quad \text{escrita de otro modo:} \quad 1.8$$

$$T_d = 2*\arccos(-\text{tg}(\theta)\text{tg}(\delta))/15 \quad 1.9$$

- Cálculo de la hora del amanecer: Se obtiene de la ecuación 2.48 a  $w$ . Al ser  $w$  expresada en grados se tiene que convertir a unidades de tiempo. Como tiempo =

$w/15$  y el Amanecer =  $12 - w$ , así se tiene que

$$\begin{aligned} \text{Amanecer} &= 12 - w/15 \text{ (Unidades de tiempo)} \quad \text{ó} \\ &= 12 - \cos^{-1}(\text{tg}(\theta) * \text{tg}(\delta)) / 15 \end{aligned} \quad 2.49$$

Con la ecuación 2.49 se obtiene al amanecer en tiempo solar, en función de la latitud y de la declinación solar, para convertirlo a tiempo oficial (el que marca un reloj), de la ecuación 1.10

$$\text{tiempo oficial} = \text{tiempo solar} - (E + 4(l_{\text{ref}} - l_{\text{loc}})) / 60$$

dividiendo a E y a  $4(l_{\text{ref}} - l_{\text{loc}})$  entre 60 porque están dados en minutos y el tiempo solar está expresado en horas.

sustituyendo 2.49 en 1.10

$$\text{Amanecer} = 12 - \cos^{-1}(\text{tg}(\theta) * \text{tg}(\delta)) / 15 - (E + 4(l_{\text{ref}} - l_{\text{loc}})) / 60 \quad 2.50$$

- Cálculo de la hora de puesta del Sol:

$$\text{Hora de puesta del Sol} = \text{Amanecer} + \text{Tiempo de Duración} \quad 2.51$$

- Cálculo de los grados de la Altura Solar y el Azimut:

$$\text{Altura Solar: } 180^\circ \text{ (Bóveda celeste)} \quad 2.52$$

$$\text{Azimut: } |\text{Grados Azimut al amanecer}| + |\text{Grados Azimut a la puesta del Sol}| \quad 2.53$$

- Cálculo de las trayectorias de la Altura Solar y del Azimut: Se calcularán los ángulos azimutales y de altura solar cada diez minutos con las ecuaciones 1.5 y 1.6. La variable  $w$  es el ángulo horario, representa en grados al tiempo solar relacionados como  $w = 15 * \text{tiempo solar}$  2.54

de la ecuación 1.10 y tomando en cuenta el amanecer y puesta del Sol

$$w = 15^\circ (12 - (\text{tiempo oficial} + (E + 4(l_{\text{ref}} - l_{\text{loc}})) / 60)) \quad 2.55$$

El número 12 indica el medio día solar y la resta del tiempo solar cumple la condición de que  $w$  es positivo por las mañanas y negativo por las tardes.

Aplicando las ecuaciones 1.5, 1.6 y 2.55 se obtienen los ángulos azimutal y de altura solar cada 10 minutos (3/18 en forma decimal). Se inicia con la hora

del amanecer dado por la ecuación 2.50 y termina a la hora de la puesta del Sol dada por la ecuación 2.51. Se almacena en los vectores TIEMPO, ALFA, GAMMA. El tamaño de los vectores (dimensión) es tiempo de duración/(3/18) ó

$$18 * \text{tiempo de duración} / 3 \qquad 2.56$$

al tenerse los ángulos de altura solar y de azimut cada 10 minutos, se calcula ahora el tiempo entre pasos en cada plano.

- Conversión de ALFA y GAMMA: Como las ecuaciones están expresadas con referencia al sur, éstas sólo dan valores de 0 a 90 grados que combinados con la duración del día dan la posición del Sol en un tiempo determinado. Para poder mover los paneles hacia el oriente, poniente, norte ó sur se tiene que ampliar los grados de Azimut y de Altura Solar.

Criterios de conversión:

Para el Azimut:

- A. Si la duración del día es mayor a 12 y la primer diferencia entre el elemento del vector GAMMA a ser convertido y el elemento anterior es mayor a cero y el mediodía es mayor que la hora a la que se evaluó el elemento a convertir, entonces

$$\text{GAMMA}(x) = 180 - \text{GAMMA}(x) \qquad 2.57$$

- B. Si la duración del día es mayor a 12 y la primer diferencia entre el elemento del vector GAMMA a ser convertido y el elemento anterior es mayor a cero y el mediodía es menor que la hora a la que se evaluó el elemento a convertir, entonces

$$\text{GAMMA}(x) = -180 - \text{GAMMA}(x) \qquad 2.58$$

- C. Si no se cumple ninguna de las dos condiciones anteriores entonces el elemento del vector no se altera.

Para la Altura Solar:

- A. Si el mediodía es mayor ó igual a la hora en que se evaluó el elemento

del vector ALFA y la primer diferencia entre el elemento y el anterior es mayor a cero entonces el elemento del vector no se altera.

B. Si el mediodía es menor que la hora y la primer diferencia entre el elemento y el anterior del vector ALFA es menor a cero entonces

$$ALFA(x) = 180 - ALFA(x) \quad 2.59$$

C. Si no se cumple ninguna de las dos condiciones anteriores, el elemento no se altera.

Se calculan los pasos a efectuar en la Altura Solar y el Azimut a lo largo del día:

$$\text{Pasos en Altura Solar: ENTERO}(180/2.39) \quad 2.60$$

$$\text{Pasos en azimut: ENTERO}(\left(|\text{Grados Azimut al amanecer}| + |\text{Grados Azimut a la puesta del Sol}|\right)/2.39) \quad 2.61$$

La posición inicial de los paneles es mirando hacia el sur, al inicio del día se tienen que mover hacia la posición del azimut al amanecer, el número de pasos necesarios para realizar esto es:

$$\text{PASOS INICIO} = \text{grados del acimut al amanecer}/2.39 \quad 2.62$$

esto se realiza en dirección antihorario visto desde arriba.

En la Altura Solar se orientan en posición horizontal (0°).

Finalmente para calcular el tiempo en el cual se tiene que dar el paso, se necesitan los vectores TIEMPO, ALFA Y GAMMA para interpolar tomando ALFA y GAMMA respectivamente como variables independientes y TIEMPO como la independiente.

Procedimiento: Se necesitan cuatro vectores llamados PALFA, PGAMMA, TALFA y TGAMMA, los dos primeros contendrán desde el amanecer hasta la puesta del sol, los ángulos de trayectoria en incremento de 2.39°:

$$\begin{aligned} PALFA(1) &= ALFA(1) & PGAMMA(1) &= GAMMA(1) \\ PALFA(x) &= PALFA(x-1) + 2.39 & PGAMMA(x) &= PGAMMA(x-1) + 2.39 \end{aligned} \quad 2.63$$



Los otros dos vectores contendrán el tiempo al cual corresponde el valor que tiene el mismo número de elemento de PALFA ó PGAMMA ya sea el caso. Este tiempo se obtiene empleando la interpolación lineal con la siguiente rutina:

Para el tiempo de la Altura Solar:

```
A = 1
Para LAZO=1 hasta PASOS DE ALTURA SOLAR
Si PALFA(LAZO)>ALFA(A) Entonces A = A + 1 y se vuelve a comparar
Si PALFA(LAZO)=ALFA(A) Entonces
TALFA(LAZO) = (TIEMPO(A) - TIEMPO(A-1))(PALFA(LAZO) - ALFA(A))/(ALFA(A) -
ALFA(A-1)) + TIEMPO(A)
Siguiendo LAZO
```

Para el tiempo del Acimut:

```
A = 1
Para LAZO=1 hasta PASOS DE ACIMUT
Si PGAMMA(LAZO)<GAMMA(A) Entonces A = A + 1 y se vuelve a comparar
Si PGAMMA(LAZO)>=GAMMA(A) Entonces
TGAMMA(LAZO) = (TIEMPO(A) - TIEMPO(A-1))(PGAMMA(LAZO) - GAMMA(A))/(GAMMA(A) -
GAMMA(A-1)) + TIEMPO(A)
Siguiendo LAZO
```

Habiendo explicado lo necesario para los cálculos de las variables, se presenta a continuación los algoritmos del programa

#### ALGORITMO PRINCIPAL

1. BORRAR TODAS LAS VARIABLES EXISTENTES, LA PANTALLA Y DESACTIVAR LAS TECLAS DE FUNCION.
2. ACTIVAR FUNCION DE RELOJ EN PANTALLA Y CALCULAR EL NUMERO DE DIA DEL AÑO:  
M = número del mes.  
Leer secuencialmente M-1 veces las siguientes datos, sumarlos entre sí y almacenar el resultado en la variable DIA:  
31,28,31,30,31,30,31,31,30,31,30,31
3. OBTENER LOS VALORES LOCALES DE LA LATITUD, LONGITUD, LUGAR Y PAIS, ASI COMO LA LONGITUD DE REFERENCIA DEL ARCHIVO BASE.TES
4. OBTENER EL VALOR DE E DEL ARCHIVO ECTIEMPO.TES CORRESPONDIENTE AL NUMERO DE DIA.
5. CALCULAR LA DECLINACION DEL SOL QUE CORRESPONDE AL NUMERO DE DIA:  
DECLINACION = 23.35\*sen(360\*(284+DIA)/365)
6. CALCULAR LA DURACION DEL DIA, EL AMANECER, LA PUESTA DEL SOL, LA TRAYECTORIA

EN GRADOS DE LA ALTURA SOLAR (GRADOSAS) Y DEL AZIMUT (GRADOSAC) ASI COMO LA HORA DEL MEDIODIA:

DURACION =  $(2/15) * \arccos(-\text{tg}(\text{LATITUD}) * \text{tg}(\text{DECLINACION}))$   
AMANECER =  $12 - (\arccos(-\text{tg}(\text{LATITUD}) * \text{tg}(\text{DECLINACION}))) / 15 - (E + 4 * (\text{LONGREF} - \text{LONGLOC})) / 60$   
PUESTASOL = AMANECER DURACION  
GRADOSAS = 180  
GRADOSAC =  $|\text{AZIMUTAMANECER}| + |\text{AZIMUTPUESTASOL}|$   
MEDIODIA = DURACION/2 + AMANECER

7. DIMENSIONAR VECTORES: TIEMPO, ALFA, GAMMA, AALFA y GGAMMA, DONDE:  
AR = Tamaño del arreglo =  $\text{Entero}(18 * \text{DURACION} / 3) + 1$   
TIEMPO: Vector que contiene la hora a la que se evalúan los vectores ALFA, GAMMA, AALFA Y GGAMMA.  
ALFA: Vector que contiene el recorrido del Sol en el plano de la Altura Solar, calculado como:  
$$\text{ALFA} = \arcsen(\cos(\text{LATITUD}) * \cos(\text{DECLINACION}) * \cos(W) + \text{sen}(\text{LATITUD}) * \text{SEN}(\text{DECLINACION}))$$
  
GAMMA: Vector que contiene el recorrido del Sol en el plano del azimut, calculado como:  
$$\text{GAMMA} = \arcsen(\cos(\text{DECLINACION}) * \text{sen}(W) / \cos(\text{ALFA}))$$
  
AALFA: Vector que almacena la conversión de grados de ALFA  
GGAMMA: Vector que almacena la conversión de grados de GAMMA  
$$W = 15 * (12 - (\text{HORA} + (E + 4 * (\text{LONGREF} - \text{LONGLOC}))) / 60)$$
  
HORA: Tiempo en el que se evalúan la variables (hora oficial).
8. CALCULAR LOS VECTORES ALFA Y GAMMA DESDE EL AMANECER HASTA LA PUESTA DEL SOL EN INTERVALOS DE 10 MINUTOS Y GUARDAR LA HORA A LA QUE SE CALCULO EN EL VECTOR TIEMPO.
9. CALCULAR LA CONVERSION DE GRADOS Y ALMACENAR EN LOS VECTORES AALFA Y GGAMMA. INICIALIZAR LA VARIABLES DE CONTROL DE LAZO:  
LAZO = 1
10. REPETIR EL PASO 10 MIENTRAS LAZO <= AR  
Si DURACION > 12 y  $\text{GAMMA}(\text{LAZO}) - \text{GAMMA}(\text{LAZO} - 1) \geq 0$  y  $\text{MEDIODIA} > \text{TIEMPO}(\text{LAZO})$   
entonces  $\text{GGAMMA}(\text{LAZO}) = 180 - \text{GAMMA}(\text{LAZO})$   
Si DURACION > 12 y  $\text{GAMMA}(\text{LAZO}) - \text{GAMMA}(\text{LAZO} - 1) \geq 0$  y  $\text{MEDIODIA} < \text{TIEMPO}(\text{LAZO})$   
entonces  $\text{GGAMMA}(\text{LAZO}) = -180 - \text{GAMMA}(\text{LAZO})$   
Si no se cumplen alguna de las dos condiciones anteriores entonces  
 $\text{GGAMMA}(\text{LAZO}) = \text{GAMMA}(\text{LAZO})$   
Si  $\text{MEDIODIA} < \text{TIEMPO}(\text{LAZO})$  y  $\text{ALFA}(\text{LAZO}) - \text{ALFA}(\text{LAZO} - 1) < 0$  entonces  
 $\text{AALFA}(\text{LAZO}) = 180 - \text{ALFA}(\text{LAZO})$   
Si no se cumple lo anterior entonces  $\text{AALFA}(\text{LAZO}) = \text{ALFA}(\text{LAZO})$   
LAZO = LAZO + 1
11. TRANSFERIR LA INFORMACION DE LOS VECTORES AALFA Y GGAMMA A LOS VECTORES ALFA Y GAMMA RESPECTIVAMENTE Y BORRAR LOS VECTORES AALFA Y GGAMMA
12. CALCULAR EL NUMERO DE PASOS QUE SE HARAN EN LA ALTURA SOLAR (PASOSAS) Y EN EL AZIMUT (PASOSAC) Y LOS PASOS PARA LLEVAR LOS PANELES DEL SUR A LA POSICION DEL AMANECER (PASACINI)  
 $\text{PASOSAS} = \text{Entero}(180 / 2.39)$

PASOSAC = Entero((|amanecer| + |puestasol|)/2.39)  
 PASOCINI = Entero(|amanecer|/2.39)

13. DIMENSIONAR VECTORES PALFA, TALFA DEL TAMAÑO PASOSAS Y PGAMMA, TGAMMA DEL TAMAÑO PASOSAC, DONDE:  
 PALFA, PGAMMA: Grados recorridos en un tiempo determinado.  
 TALFA, TGAMMA: hora a la cual se tiene que dar un paso.
14. CALCULAR LA HORA DE EFECTUAR CADA PASO EN LA ALTURA SOLAR Y EL AZIMUT E INICIALIZAR VARIABLES DE CONTROL DEL LAZO DE CALCULO  
 PALFA(1) = ALFA(1)  
 PGAMMA(1) = GAMMA(1)  
 LAZO = 2
15. REPETIR EL PASO 15 MIENTRAS LAZO <= PASOSAS  
 PALFA(LAZO) = PALFA(LAZO-1) + 2.39  
 LAZO = LAZO + 1
16. INICIALIZAR LA VARIABLE DE CONTROL DEL LAZO DE CALCULO DEL VECTOR PGAMMA  
 LAZO = 2
17. REPETIR EL PASO 17 MIENTRAS LAZO <= PASOSAC  
 PGAMMA(LAZO) = PGAMMA(LAZO-1) - 2.39  
 LAZO = LAZO + 1
18. INICIALIZAR LAS VARIABLES DE CONTROL DEL LAZO DE CALCULO DEL VECTOR TALFA  
 LAZO = 1  
 A = 1
19. REPETIR EL PASO 19 MIENTRAS LAZO <= PASOSAC  
 Si PALFA(LAZO) > ALFA(A) entonces A = A + 1 y vuelve a comparar PALFA(LAZO) CON ALFA(A)  
 Si PALFA(LAZO) <= ALFA(A) entonces interpolar por aproximación lineal:  

$$TALFA(LAZO) = (TIEMPO(A) - TIEMPO(A-1)) * (PALFA(LAZO) - ALFA(A)) / (ALFA(A) - ALFA(A-1)) + TIEMPO(A)$$
 LAZO = LAZO + 1
20. INICIALIZAR LAS VARIABLES DE CONTROL DEL LAZO DE CALCULO DEL VECTOR TGAMMA  
 LAZO = 1  
 A = 1
21. REPETIR EL PASO 21 MIENTRAS LAZO <= PASOSAC  
 Si PGAMMA(LAZO) < GAMMA(A) entonces A = A + 1 y vuelve a comparar PGAMMA(LAZO) con GAMMA(A)  
 Si PGAMMA(LAZO) >= GAMMA(A) entonces interpolar por aproximación lineal:  

$$TGAMMA(LAZO) = (TIEMPO(A) - TIEMPO(A-1)) * (PGAMMA(LAZO) - GAMMA(A)) / (GAMMA(A) - GAMMA(A-1)) + TIEMPO(A)$$
 LAZO = LAZO + 1
22. ALMACENAR LOS VECTORES TALFA Y TGAMMA EN EL ARCHIVO TIEMPO.TES, ASI COMO PASOSAS, PASOSAC Y EL NUMERO DE PASO A DAR EN CADA PLANO (INICIAL: 2)  
 Se toma el número de paso a dar como el número 2 porque el primer paso que se efectúa es el correspondiente de llevar los paneles del sur

hasta la posición del amanecer.

23. IMPRIMIR EN PANTALLA EL AMANECER, ALTURA SOLAR A LA HORA DEL AMANECER (GAMMA(1)) Y EL ANGULO DEL AZIMUT AL AMANECER.
24. BORRAR PANTALLA Y TODAS LAS VARIABLES EXISTENTES
25. ABRIR ARCHIVO BASE.TES PARA OBTENER EL NUMERO DE PANELES (PTES)
26. MOVER LOS PANELES AL ANGULO AZIMUTAL DEL AMANECER
27. DIMENSIONAR LOS VECTORES VOLTAJES Y CORRIENTES DE ACUERDO CON PTES
28. ACTIVAR LA TECLA "F1" PARA FUNCIONAMIENTO DEL MENU DE INTERRUPCIONES
29. OBTENER DEL ARCHIVO "TIEMPO.TES" LA HORA A LA CUAL DAR EL PASO EN ALTURA SOLAR Y EN AZIMUT
30. OBTENER LA HORA ACTUAL DEL DIA
31. COMPARAR LAS HORAS DE EJECUCION DE PASO DE ALTURA SOLAR Y AZIMUT, ASI COMO TAMBIEN LA DE LECTURA DE LOS PANELES:  
Si la hora de dar el paso en ALTURA SOLAR  $\geq$  Hora del día entonces ir al paso 32  
Si la hora de dar el paso en AZIMUT  $\geq$  Hora del día entonces ir al paso 34  
Si la hora del día  $>$  la última hora de lectura de los paneles + 10 minutos entonces ir al paso 36  
Si el paso a realizar en la ALTURA SOLAR  $>$  Número de pasos del día y el paso a realizar en AZIMUT  $>$  Número de pasos a dar en el día, entonces ir al paso 37
32. SI EL PASO A REALIZAR  $>$  NUMERO DE PASOS DEL DIA ENTONCES IR AL PASO 30
33. DESACTIVAR LA TECLA "F1" Y EJECUTAR MOVIMIENTO Y ACTUALIZAR EL NUMERO DE PASO A REALIZAR EN ALTURA SOLAR EN EL ARCHIVO "TIEMPO.TES":  
Número del próximo paso a dar = paso dado +1  
Activar "F1"  
Ir al paso 31
34. SI EL PASO A REALIZAR  $>$  NUMERO DE PASOS DEL DIA ENTONCES IR AL PASO 30
35. DESACTIVAR "F1", EJECUTAR MOVIMIENTO Y ACTUALIZAR EL NUMERO DE PASO A REALIZAR EN ALTURA SOLAR EN EL ARCHIVO "TIEMPO.TES":  
Número del próximo paso a dar = paso dado +1  
Activar "F1"  
Ir al paso 31
36. DESACTIVAR "F1", LEER DATOS, GRABARLO EN LOS ARCHIVOS "PP.TES", "HORA.TES", "DIA.TES", "MES.TES" Y "AÑO.TES"  
Activar "F1" e ir al paso 31
37. RUTINA DE FINALIZACION (FINAL DEL DIA)  
Lectura de datos y grabación en los archivos "PP.TES", "HORA.TES",

"DIA.TES" y "ANO.TES"  
Orientar los paneles hacia el sur

### 38. FIN DEL PROGRAMA

#### Subalgoritmo 1: INTERRUPCIONES

##### 1. DESACTIVAR "F1" Y ACTIVAR LAS TECLAS DESDE "F2" HASTA "F8"

F2: Pausa al programa  
F3: Movimiento manual de paneles  
F4: Lectura manual de potencia de paneles  
F5: Gráficas  
F6: Impresión de datos  
F7: Regresar al programa principal  
F8: Finalización manual del programa

Si se pulsa F2 ir al subalgoritmo de PAUSA  
Si se pulsa F3 ir al subalgoritmo de MOVIMIENTO MANUAL DE PANELES  
Si se pulsa F4 ir al subalgoritmo de LECTURA MANUAL DE PANELES  
Si se pulsa F5 ir al subalgoritmo de GRAFICAS  
Si se pulsa F6 ir al subalgoritmo de IMPRESION DE DATOS  
Si se pulsa F7 ir al subalgoritmo de REGRESO AL ALGORITMO PRINCIPAL  
Si se pulsa F8 ir al subalgoritmo de FINALIZACION MANUAL DEL PROGRAMA  
Si no se pulsa ninguna de las anteriores esperar hasta que se pulse alguna

Al pulsarse cualquier tecla de "F2" hasta "F8" se desactivarán todas  
Al regresar al algoritmo principal se activara "F1"

#### Subalgoritmo 2: PAUSA

1. IMPRIMIR EN PANTALLA QUE SE ESTA EJECUTANDO LA SUBROUTINA DE PAUSA
2. INDICAR QUE PARA REGRESAR A LA RUTINA PRINCIPAL SE PULSE LA TECLA "C"
3. VERIFICAR SI SE HA PULSADO "C"  
Si se pulsa "C" ir al algoritmo principal  
Si no se pulsa entonces imprimir en pantalla el tiempo que se ha estado en pausa
4. IR AL PASO 3

#### Subalgoritmo 3: MOVIMIENTO MANUAL DE PANELES

1. IMPRIMIR EN PANTALLA QUE SE ESTA EJECUTANDO LA SUBROUTINA DEL MOVIMIENTO MANUAL DE PANELES

2. IMPRIMIR EN PANTALLA EL NUMERO DE PANELES INSTALADOS ACTUALMENTE
3. CAPTURAR EL NUMERO DE PASOS A EFECTUAR EN AZIMUT Y ALTURA SOLAR, ASI COMO EL PANEL INICIAL Y FINAL A MOVER Y TAMBIEN EL TIPO DE GIRO (HORARIO-ANTIHORARIO)
4. EJECUTAR MOVIMIENTO
5. IMPRIMIR QUE LA ACCION FUE REALIZADA
6. IR AL ALGORITMO PRINCIPAL

Subalgoritmo 4: LECTURA MANUAL DE PANELES

1. IMPRIMIR EN PANTALLA QUE SE ESTA EJECUTANDO LA SUBROUTINA DE LA LECTURA MANUAL DE PANELES
2. IMPRIMIR EN PANTALLA EL NUMERO DE PANELES INSTALADOS ACTUALMENTE
3. CAPTURAR EL PANEL INICIAL Y FINAL A TOMAR LECTURA
4. REALIZAR LECTURAS
5. CAPTURAR LA OPCION DE IMPRESION: PANTALLA O PAPEL Y EJECUTARLA
6. IR AL ALGORITMO PRINCIPAL

Subalgoritmo 5: GRAFICAS

1. IMPRIMIR EN PANTALLA QUE SE ESTA EJECUTANDO LA SUBROUTINA DE GRAFICAS
2. CAPTURAR EL DIA QUE SE QUIERE GRAFICAR
3. SE BUSCA LA FECHA EN LA BASE DE DATOS
4. SI NO SE ENCUENTRA ENTONCES IMPRIMIR EN PANTALLA QUE NO EXISTE Y REGRESAR AL ALGORITMO PRINCIPAL
5. RECUPERAR TODA LA INFORMACION DE LA BASE DE DATOS REFERENTE A ESE DIA
6. GRAFICAR EN PANTALLA LOS DATOS
7. CAPTURAR LA OPCION DE IMPRIMIR EN PAPEL
8. SI SE PIDIO COPIA IMPRESA REALIZARLA
9. IR AL ALGORITMO PRINCIPAL

Subalgoritmo 6:

IMPRESION DE DATOS

1. IMPRIMIR EN PANTALLA QUE SE ESTA EJECUTANDO LA SUBROUTINA DE IMPRESION DE DATOS
2. CAPTURAR EL DIA QUE SE QUIERE LA INFORMACION
3. SE BUSCA LA FECHA EN LA BASE DE DATOS
4. SI NO SE ENCUENTRA INFORMACION ENTONCES IMPRIMIR EN PANTALLA QUE NO EXISTE Y REGRESAR AL ALGORITMO PRINCIPAL
5. RECUPERAR TODA LA INFORMACION DE LA BASE DE DATOS REFERENTE A ESE DIA
6. MANDAR LA INFORMACION A LA IMPRESORA
7. IR AL ALGORITMO PRINCIPAL

Subalgoritmo 7:

REGRESO A LA RUTINA PRINCIPAL

1. IR AL ALGORITMO PRINCIPAL

Subalgoritmo 8:

FINALIZACION MANUAL DEL PROGRAMA

1. CAPTURAR SI SE QUIERE FINALIZAR EL PROGRAMA
2. SI NO SE DESEA FINALIZAR, ENTONCES REGRESAR AL ALGORITMO PRINCIPAL
3. SI SE DESEA, ENTONCES IR AL PASO 37 DEL ALGORITMO PRINCIPAL

El programa que desarrolla el algoritmo es el siguiente:

```
10 'INICIO
20 KEY OFF:FOR LAZO = 1 TO 10: KEY LAZO, "": NEXT
30 CLEAR:CLS:G=3.141592/180:R=G^-1:GOSUB 920
40 TIMER ON
50 ON TIMER(60) GOSUB 920
60 M=VAL(MID$(DATE$,1,2))
70 RESTORE 80: FOR LAZO=1 TO (M-1): READ A:DIA=DIA+A:NEXT LAZO: DIA=DIA+VAL(MID$(DATE$,4,2)):PRINT "DIA:";LOCATE 1,25:PRINT DIA:GOTO 90
80 DATA 31,28,31,30,31,30,31,31,30,31,30,31
90 OPEN "R",R1,"BASE.TES",52:FIELD R1,4 AS A#,4 AS B#,4 AS C#,20 AS D#,20 AS E#:
  GET R1,1:LATITUD=CVS(A#):LONGITUDL=CVS(B#):LONGITUDR=CVS(C#):LUGAR#=D#:PAIS#=E#:CLOSE
100 PRINT "PAIS:";PAIS#: LOCATE 2,25: PRINT " LUGAR:";LUGAR#: PRINT "LATITUD:";
```

```

LOCATE 3,25:PRINT LATITUD:LOCATE 3,35
110 IF LATITUD >=0 THEN PRINT "NORTE":GOTO 130
120 PRINT "SUR"
130 PRINT "LONGITUD DE LA ZONA:";LOCATE 4,25:PRINT LONGITUD:LOCATE 4,35
140 IF LONGITUD<=0 THEN PRINT "OESTE":GOTO 160
150 PRINT "ESTE"
160 PRINT "LONGITUD DE REFERENCIA:";LOCATE 5,25:PRINT LONGITUD:LOCATE 5,35
170 IF LONGITUD<=0 THEN PRINT "OESTE":GOTO 190
180 PRINT "ESTE"
190 OPEN "R",R1,"ECTIEMPO.TES",4:FIELD R1,4 AS A#:GET R1,DIA:E=CVS(A#):CLOSE
200 PRINT "E:";LOCATE 6,25:PRINT E
210 DECLINACION= 23.45*SIN(G*360*(284+DIA)/365)
220 PRINT "DELTA:";LOCATE 7,25:PRINT DECLINACION
230 DEF FNACS(X)=1.570796-ATN(X/SQR(1-X^2)):DEF FNASN(Y)=ATN(Y/SQR(1-Y^2))
240 B =-TAN(LATITUD*G)*TAN(DECLINACION*G): A=FNACS(B): A=R*A/15: DURACION = 2*A:
AMANEDECER = 12-A-(E+4*(LONGITUD-LONGITUDL))/60: PUESTASOL=AMANEDECER+DURACION:
IT=3/18:MEDIODIA=DURACION/2+AMANEDECER:ARREGLO=INT(18*DURACION/3)+1:L=1
250 DIM TIEMPO(ARREGLO) , ALFA(ARREGLO) , GAMMA(ARREGLO) , AALFA(ARREGLO) ,
GGAMMA(ARREGLO)
260 PRINT "CALCULANDO ANGULOS"
270 FOR LAZO=AMANEDECER TO PUESTASOL STEP IT
280 W = 15 * (12- (LAZO + (E+4*(LONGITUD-LONGITUDL))/60)) : B = COS(LATITUD*G)*
COS(DECLINACION*G)*COS(W*G)+SIN(LATITUD*G)*SIN(DECLINACION*G) : A=FNASN(B) :
ALFA(L)=A#:B=COS(DECLINACION*G)*SIN(W*G)/COS(ALFA(L)*G):A=FNASN(B):GAMMA(L)
=A#:TIEMPO(L)=LAZO
290 LOCATE 8,25:PRINT ALFA(L):LOCATE 8,35:PRINT GAMMA(L):L=L+1:NEXT LAZO
300 PRINT "CALCULANDO LA CONVERSION"
310 FOR LAZO=1 TO ARREGLO
320 IF DURACION>12 AND (GAMMA(LAZO)-GAMMA(LAZO-1))>=0 AND MEDIODIA>TIEMPO(LAZO)
THEN GGAMMA(LAZO)=180-GAMMA(LAZO):GOTO 350
330 IF DURACION>12 AND (GAMMA(LAZO)-GAMMA(LAZO-1))>=0 AND MEDIODIA<TIEMPO(LAZO)
THEN GGAMMA(LAZO)=-180-GAMMA(LAZO):GOTO 350
340 GGAMMA(LAZO)=GAMMA(LAZO)
350 IF MEDIODIA<TIEMPO(LAZO) AND (ALFA(LAZO)-ALFA(LAZO-1))<0 THEN AALFA(LAZO)=
180-ALFA(LAZO):GOTO 370
360 AALFA(LAZO)=ALFA(LAZO)
370 LOCATE 9,25:PRINT AALFA(LAZO):LOCATE 9,35:PRINT GGAMMA(LAZO):NEXT LAZO
380 FOR LAZO=1 TO ARREGLO: ALFA(LAZO)=AALFA(LAZO):GAMMA(LAZO)=GGAMMA(LAZO):NEXT:
ERASE AALFA,GGAMMA
390 PASOSAS=INT(180/2.39):PASOSAC=INT((ABS(GAMMA(1))+ABS(GAMMA(ARREGLO)))/2.39):
PASASINI=INT(ABS(GAMMA(1))/2.39)
400 DIM PALFA(PASOSAS) , TALFA(PASOSAS) , PGAMMA(PASOSAC) , TGAMMA(PASOSAC)
410 PRINT "CALCULANDO LA HORA A LA QUE SE TIENE QUE EFECTUAR LOS PASOS DE ALTURA
Y AZIMUT"
420 PALFA(1)=ALFA(1):PGAMMA(1)=GAMMA(1)
430 FOR LAZO=2 TO PASOSAS:PALFA(LAZO)=PALFA(LAZO-1)+2.39:NEXT
440 FOR LAZO=2 TO PASOSAC:PGAMMA(LAZO)=PGAMMA(LAZO-1)-2.39:NEXT
450 L=1
460 FOR LAZO=1 TO PASOSAS
470 IF PALFA(LAZO)>XALFA(L) THEN L=L+1:GOTO 470
480 TALFA(LAZO)=((TIEMPO(L)-TIEMPO(L-1))*(PALFA(LAZO)-ALFA(L))/(ALFA(L)-ALFA(L-1)
))+TIEMPO(L)
490 LOCATE 11,25:PRINT TALFA(LAZO):NEXT

```



```

500 L=1
510 FOR LAZO=1 TO PASOSAC
520 IF PGAMMA(LAZO)<GAMMA(L) THEN L=L+1:GOTO 520
530 TGAMMA(LAZO) = ((TIEMPO(L)-TIEMPO(L-1))*(PGAMMA(LAZO)-GAMMA(L))/(GAMMA(L) -
GAMMA(L-1)))+TIEMPO(L)
540 LOCATE 11,35:PRINT TGAMMA(LAZO):NEXT
550 PRINT "ALMACENANDO LOS DATOS DE LA HORA EN EL ARCHIVO TIEMPO.TES"
560 KILL "TIEMPO.TES"
570 OPEN "R",R1,"TIEMPO.TES",4
580 FIELD R1,4 AS A#
590 FOR LAZO=1 TO PASOSAS
600 LSET A#=MKS$(TALFA(LAZO))
610 PUT R1,LAZO
620 NEXT LAZO
630 A=PASOSAS+1;B=PASOSAS+PASOSAC;C=1
640 FOR LAZO=A TO B
650 LSET A#=MKS$(TGAMMA(C))
660 PUT R1,LAZO
670 C=C+1:NEXT LAZO
680 LSET A#=MKS$(PASOSAS)
690 PUT R1,B+1
700 LSET A#=MKS$(PASOSAC)
710 PUT R1,B+2
720 LSET A#=MKS$(2)
730 PUT R1,B+3
740 LSET A#=MKS$(2)
750 PUT R1,B+4
760 CLOSE:HORA=INT(AMANECEER):MINUTOS=INT((AMANECEER+HORA)*60):SEGUNDOS=(AMANECEER-
HORA-MINUTOS/60)*3600
770 PRINT "AMANECEER CALCULADO:" : LOCATE 13,25: PRINT HORA;CHR$(248);MINUTOS""";
SEGUNDOS""""
780 PRINT "ALTURA SOLAR CALCULADA:";LOCATE 14,25:PRINT ALFA(1)
790 PRINT "AZIMUT CALCULADO:";LOCATE 15,25:PRINT GAMMA(1)
800 PRINT "PASOS DE AZIMUT:";LOCATE 16,25:PRINT PASACINI
810 PRINT "MOVIENDO LOS PANELES A LA POSICION DEL AMANECEER"
820 OPEN "R",R1,"BASE.TES",52:FIELD R1,4 AS A#:GET R1,2:PANI=CVS(A#):CLOSE
830 TG=2:PANI=1:PASOA=PASACINI:PASOS=0:BANDERA=0:GOSUB 1360:GOSUB 4680
840 '
850 CLEAR:CLS:GOSUB 920:LECTURA=TIMER
860 TIMER ON
870 ON TIMER(60) GOSUB 920
880 GOSUB 1300: DIM VOLTAJE (PTES), CORRIENTE (PTES)
890 LOCATE 6, 20: PRINT "F1 ACTIVACION MENU": KEY(1) ON
900 ON KEY(1) GOSUB 950:GOTO 4420
910 '
920 'SUBROUTINA DE PONER LA HORA EN PANTALLA
930 LINDR=CSRLIN : COLUOR=POS(0):LOCATE 1,73:PRINT MID$(TIME$,1,5):LOCATE LINDR,
COLUOR:RETURN
940 '
950 'MENU DE INTERRUPCIONES
960 KEY(1) OFF: FOR K = 2 TO 8: KEY(K) ON: NEXT
970 LOCATE 5, 20: PRINT "MENU DE EJECUCION"
980 LOCATE 6, 20: PRINT "F1 ACTIVACION MENU (DESACTIVADO ACTUALMENTE)"

```

```

990 LOCATE 7, 20: PRINT "F2 PAUSA"
1000 LOCATE 8, 20: PRINT "F3 MOVIMIENTO MANUAL DE PANELES"
1010 LOCATE 9, 20: PRINT "F4 LECTURA MANUAL DE POTENCIA DE LOS PANELES"
1020 LOCATE 10, 20: PRINT "F5 GRAFICAS"
1030 LOCATE 11, 20: PRINT "F6 IMPRESION DE DATOS"
1040 LOCATE 12, 20: PRINT "F7 REGRESO AL PROGRAMA"
1050 LOCATE 13, 20: PRINT "FB FINALIZACION MANUAL DEL PROGRAMA"
1060 ON KEY(2) GOSUB 3050
1070 ON KEY(3) GOSUB 3190
1080 ON KEY(4) GOSUB 3440
1090 ON KEY(5) GOSUB 3660
1100 ON KEY(6) GOSUB 4170
1110 ON KEY(7) GOSUB 4390
1120 ON KEY(8) GOSUB 4940
1130 IF FLAG=1 THEN GOTO 1140 ELSE 1150
1140 FLAG=0:GOSUB 1300:PANF=PTES:PANI=1:ERASE VOLTAJE,CORRIENTE:DIM VOLTAJE(PTES
),CORRIENTE(PTES)
1150 RETURN
1160 '
1170 'DESACTIVACION DE LAS TECLAS DE FUNCION
1180 FOR K = 1 TO 10: KEY(K) OFF: NEXT: RETURN
1190 '
1200 'ACTIVACION DE F1 Y REGRESO A LA RUTINA NORMAL
1210 KEY(1) ON : CLS:GOSUB 920:LOCATE 6,20:PRINT "F1 ACTIVACION MENU":KEY(1) ON:
FLAG=1:RETURN
1220 '
1230 'ESCRITURA DE DATOS EN EL ARCHIVO BASE.TES REFERENTE A LOS PANELES Y
PROTODLOS DE COMUNICACION
1240 OPEN "R", R1, "BASE.TES", 52
1250 FIELD R1, 4 AS AA$, 1 AS BB$, 4 AS CC$, 1 AS DD$, 1 AS EE$, 1 AS FF$, 2 AS GG$, 8
AS HH$, 8 AS II$, 8 AS JJ$, 2 AS KK$, 2 AS LL$
1260 LSET AA$=YK$(PTES) : LSET BB$=B$ :LSET CC$=C$:LSET DD$=D$:LSET EE$=E$:LSET
FF$=F$:LSET GG$=G$:LSET HH$=H$:LSET II$=I$:LSET JJ$=J$:LSET KK$=K$:LSET LL$
=L$
1270 PUT R1, 2
1280 CLOSE : RETURN
1290 '
1300 'LECTURA DE DATOS DEL ARCHIVO BASE.TES REFERENTE A LOS PANELES Y PROTODLOS
DE COMUNICACION
1310 OPEN "R", R1, "BASE.TES", 52
1320 FIELD R1, 4 AS AA$, 1 AS BB$, 4 AS CC$, 1 AS DD$, 1 AS EE$, 1 AS FF$, 2 AS GG$, 8
AS HH$, 8 AS II$, 8 AS JJ$, 2 AS KK$, 2 AS LL$
1330 GET R1, 2
1340 PTES=CVS(AA$) : B$=BB$:C$=CC$:D$=DD$:E$=EE$:F$=FF$:G$=GG$:H$=HH$:I$=II$:J$=
JJ$:K$=KK$:L$=LL$:CLOSE:RETURN
1350 '
1360 'SUBROUTINA DE COMUNICACION CON EL PROTOTIPO PARA MOVIMIENTO DE MOTORES
1370 OPEN "COM1:1200,N,8,1,RS,CS0,DS0,DD0" FOR RANDOM AS R1
1380 RE = LOC(1): IF RE = 0 THEN GOTO 1400
1390 A$ = INPUT$(RE, R1)
1400 'ENVIA SEÑAL DE MOTORES
1410 A$ = "M": PRINT R1, A$
1420 'ESPERA RECONOCIMIENTO DE DATO

```

```

1430 RE = LOC(1): IF RE < 1 THEN GOTO 1430 ELSE 1440
1440 B$ = INPUT$(RE, R1)
1450 IF B$ <> A$ THEN GOTO 1400
1460 'ENVIA NUMEROS DE PANELES A REALIZAR MOVIMIENTO
1470 A$ = CHR$(PANI - 1): PRINT R1, A$
1480 A$ = CHR$(PANF - 1): PRINT R1, A$
1490 'ESPERA PETICION DE GIRO
1500 RE = LOC(1): IF RE < 1 THEN GOTO 1500 ELSE 1510
1510 B$ = INPUT$(RE, R1)
1520 ON TG GOTO 1530, 1550
1530 'GIRO HORARIO
1540 A$ = "H": PRINT R1, A$: GOTO 1570
1550 'GIRO ANTIHORARIO
1560 A$ = "A": PRINT R1, A$
1570 'ESPERA PETICION DE SERIE DE MOTORES
1580 RE = LOC(1): IF RE < 1 THEN GOTO 1580 ELSE 1590
1590 B$ = INPUT$(RE, R1)
1600 IF BANDERA = 1 OR PASOA <= 0 THEN GOTO 1660
1610 'MOVIMIENTO DE MOTORES SERIE O (ACIMUT)
1620 A$ = "S": PRINT R1, A$: BANDERA = 1
1630 'ESPERA 1 SEGUNDO PARA QUE SE EFECTUE EL MOVIMIENTO
1640 IP = TIMER
1650 IF TIMER > (IP + 1) THEN GOTO 1380 ELSE 1650
1660 'MOVIMIENTO DE MOTORES SERIE I (ALTURA SOLAR)
1670 IF PASOS <= 0 THEN GOTO 1720
1680 A$ = "s": PRINT R1, A$: BANDERA = 0
1690 'ESPERA 1 SEGUNDO PARA QUE SE EFECTUE EL MOVIMIENTO
1700 IP = TIMER
1710 IF TIMER > (IP + 1) THEN GOTO 1720 ELSE 1710
1720 PASOS = PASOS - 1: PASOA = PASOA - 1
1730 IF PASOS <= 0 AND PASOA <= 0 THEN GOTO 1740 ELSE 1380
1740 BANDERA = 0: CLOSE : RETURN
1750 '
1760 'SUBROUTINA DE LECTURA DE POTENCIA DE LOS PANELES
1770 OPEN "COM1:1200,N,B,1,RS,CSO,DSO,CDO" FOR RANDOM AS R1
1780 RE = LOC(1): IF RE = 0 THEN GOTO 1800
1790 B$ = INPUT$(RE, R1)
1800 A$ = "P": PRINT R1, A$
1810 'ESPERA RECONOCIMIENTO DE DATO
1820 RE = LOC(1)
1830 IF RE <= 1 THEN GOTO 1820
1840 B$ = INPUT$(RE, R1)
1850 IF B$ <> A$ THEN GOTO 1780
1860 A$ = CHR$(PANI - 1): PRINT R1, A$
1870 A$ = CHR$(PANF - 1): PRINT R1, A$
1880 FOR LAZO = PANI TO PANF
1890 'ESPERA LLEGADA DE B BYTES
1900 RE = LOC(1)
1910 IF RE >= B THEN GOTO 1920 ELSE 1900
1920 B$ = INPUT$(RE, R1)
1930 A$ = "T": PRINT R1, A$
1940 FOR LAZO2 = 4 TO 1 STEP -1: I$ = I$ + MID$(B$, LAZO2, 1): NEXT LAZO2
1950 FOR LAZO2 = B TO 5 STEP -1: V$ = V$ + MID$(B$, LAZO2, 1): NEXT LAZO2

```

```

1960 VOLTAJE(LAZO) = VAL(V$); CORRIENTE(LAZO) = VAL(I$); I$ = ""; V$ = ""
1970 NEXT LAZO
1980 '
1990 'SUBROUTINA DE IMPRESION EN PANTALLA
2000 CLS : GOSUB 920
2010 LOCATE 1,1 : PRINT "PANEL"; TAB(9); "VOLTAJE";TAB(19);"CORRIENTE"; TAB(29);
    "POTENCIA";CM=1;R=1
2020 FOR LAZO = PANI TO PANF
2030 RM = RM + 1
2040 IF RM > 23 THEN GOTO 2050 ELSE 2060
2050 RM = 1: CM = 40: BANDERA = 1
2060 LOCATE RM,CM;PRINT LAZO;TAB(RM+9);VOLTAJE(LAZO);TAB(RM+19);CORRIENTE(LAZO);
    TAB(RM+29);VOLTAJE(LAZO)*CORRIENTE(LAZO)
2070 IF BANDERA >= 1 AND CM = 40 THEN GOTO 2080 ELSE 2120
2080 LOCATE 22, 1: PRINT "PULSE C PARA CONTINUAR"
2090 PAUSA$ = INKEY$
2100 IF PAUSA$ = "C" OR PAUSA$ = "c" THEN GOTO 2110 ELSE 2090
2110 CLS : RM = 0: CM = 1: BANDERA = 0
2120 NEXT LAZO
2130 LOCATE 22, 1: PRINT "FIN DE IMPRESION PULSE C PARA CONTINUAR"
2140 PAUSA$ = INKEY$
2150 IF PAUSA$ = "C" OR PAUSA$ = "c" THEN GOTO 2160 ELSE 2140
2160 BANDERA = 0: RETURN
2170 '
2180 'IMPRESION EN PAPEL. PRIMERO EL TITULO
2190 ON ERROR GOTO 2440
2200 CLS : GOSUB 920: PRINT "REALIZANDO IMPRESION"
2210 PRINT "PREPARE LA IMPRESORA Y PULSE I"
2220 PAUSA$ = INKEY$
2230 IF PAUSA$ = "I" OR PAUSA$ = "i" THEN GOTO 2240 ELSE 2220
2240 LPRINT "FECHA"; TAB(16);"HORA"; TAB(26);"PANEL";TAB(35);"VOLTAJE"; TAB(45);
    "CORRIENTE";TAB(57);"POTENCIA";TAB(68);"POT. TOTAL"
2250 RETURN
2260 '
2270 'IMPRESION EN PAPEL. CONTINUA CON LA FECHA
2280 LPRINT D$; : RETURN
2290 '
2300 'IMPRESION EN PAPEL. CONTINUA LA HORA
2310 LPRINT TAB(16); HO$; : RETURN
2320 '
2330 'IMPRESION EN PAPEL. CONTINUAN LOS DATOS
2340 FOR LAZO = PANI TO PANF
2350 P=VOLTAJE(LAZO)*CORRIENTE(LAZO);PT=PT+P
2360 LPRINT TAB(27);LAZO;TAB(36);VOLTAJE(LAZO);TAB(47);CORRIENTE(LAZO);TAB(58);P
2370 NEXT LAZO
2380 RETURN
2390 '
2400 'IMPRESION EN PAPEL. CONTINUA LA POTENCIA TOTAL
2410 LPRINT TAB(70);PT;P=0;PT=0
2420 ON ERROR GOTO 0: RETURN
2430 '
2440 ' LOCATE 2,1:PRINT "NO SE PUEDE IMPRIMIR, REGRESO AL MENU PRINCIPAL"
2450 P = 0: PT = 0: RESUME 2460

```

```

2460 ON ERROR GOTO 0
2470 RETURN
2480 '
2490 'SUBROUTINA DE BUSQUEDA DE DATOS
2500 'SE BUSCA DATO DEL AÑO SI EXISTE EN EL ARCHIVO AÑO.TES
2510 OPEN "R",R1,"AÑO.TES",12:FIELD R1,4 AS A$,4 AS B$,4 AS C$
2520 GET R1, 1: A=VAL(A$):Z=VAL(MID$(Z$,7,4))
2530 IF Z<A THEN 2880 ELSE 2570
2540 LOCATE 5,10:PRINT "LA FECHA SOLICITADA NO EXISTE EN LA BASE DE DATOS";:IF=
TIMER
2550 IF TIMER<(IP+3) THEN 2560 ELSE 2550
2560 CLOSE:RETURN
2570 IF Z = A THEN GOTO 2650
2580 'BUSQUEDA DEL AÑO POR BISECCION
2590 R = LOF(1) / 10: X = 1: GOTO 2610
2600 R = INT((X + Y) / 2)
2610 GET R1,R:A=VAL(A$)
2620 IF A > Z THEN Y = R: GOTO 2600
2630 IF A < Z THEN X = R: GOTO 2600
2640 IF A = Z THEN GOTO 2650
2650 RI=CVS(B$):RF=CVS(C$):CLOSE
2660 'SE BUSCA DATO DEL MES SI EXISTE EN EL ARCHIVO MES.TES
2670 OPEN "R",R1,"MES.TES",10:FIELD R1,2 AS A$,4 AS B$,4 AS C$
2680 GET R1,RI:A=VAL(A$):Z=VAL(MID$(Z$, 1, 2))
2690 IF Z<A THEN 2540
2700 IF Z=A GOTO 2780
2710 'BUSQUEDA DEL MES POR BISECCION
2720 X=RI:R=RF:GOTO 2740
2730 R=INT((X + Y)/2)
2740 GET R1,R:A=VAL(A$)
2750 IF A > Z THEN Y = R: GOTO 2730
2760 IF A < Z THEN X = R: GOTO 2730
2770 IF A = Z THEN GOTO 2780
2780 RI = CVS(B$): RF = CVS(C$): CLOSE
2790 'SE BUSCA DATO DEL DIA SI EXISTE EN EL ARCHIVO DIA.TES"
2800 OPEN "R",R1,"DIA.TES",10:FIELD R1,2 AS A$,4 AS B$,4 AS C$
2810 GET R1, RI: A = VAL(A$): Z = VAL(MID$(Z$, 4, 2))
2820 IF Z < A THEN 2540
2830 IF Z = A THEN 2910
2840 'BUSQUEDA DEL DIA POR BISECCION
2850 X=RI:R=RF:GOTO 2870
2860 R=INT((X+Y)/2)
2870 GET R1, R: A = VAL(A$)
2880 IF A > Z THEN Y = R: GOTO 2860
2890 IF A < Z THEN X = R: GOTO 2860
2900 IF A = Z THEN GOTO 2910
2910 RIH = CVS(B$): RPH = CVS(C$): CLOSE
2920 'SE BUSCAN DATOS DE LA HORA EN EL ARCHIVO HORA.TES PARA OBTENER LOS DATOS
DEL ARCHIVO PP.TES
2930 OPEN "R",R1,"HORA.TES",12:FIELD R1,4 AS A$,4 AS B$,4 AS C$
2940 GET R1, RIH: RI = CVS(B$): RF = CVS(C$): NP = RF - RI + 1: CLOSE
2950 LOCATE 5, 10:PRINT "NUMERO DE PANELES INSTALADOS EL DIA ";Z$;"":NP
2960 LOCATE 6, 50:INPUT "PANEL INICIAL A PROCESAR";PI

```

```

2970 IF PI<1 OR PI>NP THEN 2980 ELSE 2990
2980 LOCATE 7,10:PRINT"ANEL NO VALIDO":LOCATE 6,34:PRINT "           ":"GOTO 2960
2990 LOCATE 7, 10: INPUT "ANEL FINAL A PROCESAR"; PF
3000 IF PF < 1 OR PF > NP THEN GOTO 3010 ELSE 3020
3010 LOCATE 8,10:PRINT"ANEL NO VALIDO";LOCATE 7,34:PRINT "           ":"GOTO 2990
3020 IF PI > PF THEN GOTO 3030 ELSE 3040
3030 SWAP PI, PF
3040 RETURN
3050 'SUBROUTINA DE PAUSA
3060 GOSUB 1170 :CLS:GOSUB 920 : TP=TIMER:LOCATE 4,10:PRINT "PAUSA":LOCATE 5,10:
PRINT "PULSE C PARA CONTINUAR" : LOCATE 6, 10 : PRINT "TIEMPO DE PAUSA
TRANSCURRIDO:";
3070 PAUSA$ = INKEY$: LOCATE 6, 40: PRINT USING "AAAAA..A"; TIMER - TP
3080 IF PAUSA$ = "c" OR PAUSA$ = "C" THEN GOTO 1200 ELSE 3070
3090 '
3100 'SUBROUTINA DEL MOVIMIENTO MANUAL DE PANELES
3110 GOSUB 1170: CLS : GOSUB 920
3120 LOCATE 4, 10: PRINT "MOVIMIENTO MANUAL DE PANELES"
3130 LOCATE 5, 10: PRINT "NUMERO DE PANELES:"; PTES
3140 LOCATE 6, 10: INPUT "NUMERO DE PASOS A EFECTUAR EN EL PLANO ACIMUTAL"; PASDA
3150 IF PASDA<0 THEN 3160 ELSE 3170
3160 LOCATE 7,10:PRINT "EL NUMERO DE PASOS DEBE SER MAYOR DE 0":LOCATE6,59:PRINT
"           ":"GOTO 3140
3170 LOCATE 7,10:INPUT "NUMERO DE PASOS A EFECTUAR EN LA ALTURA SOLAR";PASOS
3180 IF PASOS < 0 THEN 3190 ELSE 3200
3190 LOCATE 8,10 : PRINT "EL NUMERO DE PASOS DEBE SER MAYOR DE 0" : LOCATE 7,51:
PRINT "           ":"GOTO 3170
3200 LOCATE 8,43:PRINT "           ":"LOCATE 8,10:INPUT "NUMERO DE PANEL INICIAL A
MOVER"; PANI
3210 IF PANI < 1 OR PANI > PTES THEN GOTO 3220 ELSE 3230
3220 LOCATE 9,10:PRINT "EL NUMERO DE PANEL ESTA INCORRECTO":LOCATE 9,45 : PRINT
"           ":"GOTO 3200
3230 LOCATE 9,40 : PRINT "           ":"LOCATE 9,10:INPUT "NUMERO DE PANEL FINAL A
MOVER"; PANF
3240 IF PANF < 1 OR PANF > PTES THEN GOTO 3250 ELSE 3260
3250 LOCATE 10, 10: PRINT "EL NUMERO DE PANEL ESTA INCORRECTO": GOTO 3230
3260 LOCATE 10, 10: INPUT "TIPO DE GIRO: 1.HORARIO 2. ANTIHORARIO"; TG
3270 IF TG < 1 OR TG > 2 THEN GOTO 3280 ELSE 3290
3280 LOCATE 11,10 : PRINT "SOLO PUEDE SER 1 O 2":LOCATE 10,50:PRINT "           ":"
GOTO 3260
3290 IF PANI > PANF THEN GOTO 3300 ELSE 3310
3300 SWAP PANI, PANF
3310 GOSUB 1360: LOCATE 15, 29: PRINT "MOVIMIENTOS EFECTUADOS"
3320 IP = TIMER
3330 IF TIMER >= (IP + 2) THEN GOTO 1200 ELSE 3330
3340 '
3350 'SUBROUTINA DE LECTURA DE POTENCIA DE X PANELES
3360 GOSUB 1170: CLS : GOSUB 920: HD$ = MID$(TIME$, 1, 5)
3370 LOCATE 4, 10: PRINT "LECTURA DE POTENCIA DE X PANELES"
3380 LOCATE 5, 10: PRINT "NUMERO DE PANELES:"; PTES
3390 LOCATE 6, 10: INPUT "NUMERO DE PANEL INICIAL A TOMAR LECTURA"; PANI
3400 IF PANI < 1 OR PANI > PTES THEN GOTO 3410 ELSE 3420
3410 LOCATE 7,10 : PRINT "EL NUMERO DE PANEL ESTA INCORRECTO":LOCATE 6,51: PRINT

```

```

"          ":GOTO 3390
3420 LOCATE 7, 10: INPUT "NUMERO DE PANEL FINAL A TOMAR LECTURA"; PANF
3430 IF PANF < 1 OR PANF > PTES THEN GOTO 3440 ELSE 3450
3440 LOCATE 8,10 : PRINT "EL NUMERO DE PANEL ESTA INCORRECTO":LOCATE 7,48: PRINT
"          ":GOTO 3420
3450 IF PANI > PANF THEN GOTO 3460 ELSE 3470
3460 SWAP PANI, PANF
3470 LOCATE 8, 10: INPUT "IMPRIMIR EN: 1.PANTALLA 2. IMPRESORA"; IM
3480 IF IM < 1 OR IM > 2 THEN GOTO 3490 ELSE 3500
3490 LOCATE 9, 10: PRINT "SOLO PUEDE SER 1-2": LOCATE 8, 48: PRINT "          ":
GOTO 3470
3500 GOSUB 1760
3510 ON IM GOTO 3520, 3540
3520 'IMPRESION EN PANTALLA
3530 GOSUB 1990: GOTO 1200
3540 'IMPRESION EN PAPEL
3550 D$=DATE$:GOSUB 2180:GOSUB 2270:GOSUB 2300:GOSUB 2330:GOSUB 2400:GOTO 1200
3560 '
3570 'SUBROUTINA DE GRAFICAS DEL SISTEMA
3580 GOSUB 1170:CLS:GOSUB 920:Z$=""
3590 LOCATE 4, 10:INPUT "DIA QUE SE DESEA GRAFICAR (MM-DD-AAAA)";Z$
3600 GOSUB 2490
3610 IF Z$A THEN GOTO 1200
3620 'OBTENCION DE DATOS DEL ARCHIVO PP.TES
3630 OPEN "R",R1,"HORA.TES",12:FIELD R1,4 AS A$,4 AS B$,4 AS C$
3640 OPEN "R",R2,"PP.TES",8:FIELD R2,4 AS V$,4 AS I$
3650 SCREEN 2:X1=10:Y1=180
3660 FOR L1=RIH TO RFH
3670 GET R1,L1:RI=CVS(B$):RF=CVS(C$)
3680 FOR L2=(RI+PI-1) TO (RI+PF-1)
3690 IF L2 > RF THEN GOTO 3710
3700 GET R2, L2: V = CVS(V$): I = CVS(I$): P = V * I
3710 NEXT L2
3720 X2=10+INT(((634-10)/11)*CVS(A$):Y2=180-(160*P/7)
3730 LINE (X1,Y1)-(X2,Y2):X1=X2:Y1=Y2:P=0
3740 NEXT L1:CLOSE
3750 LINE (10,180)-(10,20):LINE (10,180)-(634,180)
3760 FOR L1=8 TO 18:X1=INT(624*(L1-7)/11)+10:LINE (X1,185)-(X1,180):NEXT L1
3770 FOR L1=1 TO 7:Y1=INT(180-(160*L1/7)):LINE (5,Y1)-(10,Y1):NEXT L1
3780 LOCATE 1, 1:PRINT "PARA UNA COPIA IMPRESA PULSE P. PARA CONTINUAR C"
3790 PAUSA$=INKEY$
3800 IF PAUSA$="P" OR PAUSA$="p" THEN 3820 ELSE 3810
3810 IF PAUSA$="C" OR PAUSA$="c" THEN 1200 ELSE 3790
3820 'IMPRESION EN PAPEL
3830 B$ = STRING$(54,32):LOCATE 1, 1:PRINT B$:DIM W%(101)
3840 LOCATE 1, 1: PRINT "CALIDAD DE IMPRESION: M:MEDIA F:FINAL"
3850 PAUSA$ = INKEY$
3860 IF PAUSA$="M" OR PAUSA$="m" THEN N%=3:M%=32:O%=4:A$="Y":GOTO 3900
3870 IF PAUSA$="F" OR PAUSA$="f" THEN N%=6:M%=64:O%=8:A$="Z":GOTO 3900
3880 GOTO 3850
3890 ON ERROR GOTO 3930
3900 TIMER STOP
3910 LOCATE 1, 1:PRINT B$:LOCATE 1,60:PRINT Z$

```

```

3920 GOTO 3970
3930 LOCATE 1,1:PRINT "PREPARE LA IMPRESORA Y PULSE ENTER"
3940 PAUSA#=INKEY#
3950 IF PAUSA#="" THEN 3960 ELSE 3940
3960 RESUME 3910
3970 P#=CHR$(27):WIDTH "LPT1:",255:LPRINT P#;CHR$(64);P#;"C";CHR$(0);CHR$(11);P#
; "1";P#;"s";"1";P#;"B";X1%=0:X2%≠7
3980 FOR L%=0 TO 4:LPRINT CHR$(10):NEXT L%
3990 FOR L%=1 TO 80:LPRINT P#;A#;CHR$(M%);CHR$(N%);
4000 GET (X1%,0)-(X2%,199),W%
4010 FOR LL%=101 TO 2 STEP -1:I%=W%(LL%) AND 255;J%=(W%(LL%)-I%)/256 AND 255
4020 FOR LM%=1 TO O%:LPRINT CHR$(J%);:NEXT LM%:FOR LM%=1 TO O%:LPRINT CHR$(I%);:
NEXT LM%
4030 NEXT LL%: LPRINT : X1% = X2% + 1: X2% = X2% + 8
4040 NEXT L%: LPRINT CHR$(12); P#; CHR$(64); : ERASE W%
4050 ON ERROR GOTO 0
4060 TIMER ON: GOTO 1200
4070 '
4080 'SUBROUTINA DE IMPRESION DE DATOS
4090 GOSUB 1170:CLS:GOSUB 920:Z#=""
4100 LOCATE 4, 10: INPUT "DIA QUE SE QUIERE IMPRIMIR (MM-DD-AAAA)"; Z#
4110 GOSUB 2490
4120 IF Z#A THEN 1200
4130 'OBTENCION DE DATOS DEL ARCHIVO PP.TES
4140 OPEN "R",R1,"HORA.TES",12:FIELD R1,4 AS A#,4 AS B#,4 AS C#
4150 OPEN "R",R2,"PP.TES",B:FIELD R2,4 AS V#,4 AS I#
4160 GOSUB 2180 : D#=Z# : GOSUB 2270 : ERASE VOLTAJE,CORRIENTE :DIM VOLTAJE(PF),
CORRIENTE(PF)
4170 FOR L1 = RIH TO RFH
4180 GET R1,L1 : RI=CVS(B#):RF=CVS(C#):A=CVS(A#):H0#=STR((INT(60*A))+":")+STR((A-
INT(60*A))*60):GOSUB 2300
4190 FOR L2 = (RI + PI - 1) TO (RI + PF - 1)
4200 IF L2>RF THEN GOTO 4220
4210 GET R1,L2:VOLTAJE(L2-RI+1)=CVS(V#):CORRIENTE(L2-RI+1)=CVS(I#)
4220 NEXT L2
4230 GOSUB 2330
4240 NEXT L1
4250 GOSUB 2400
4260 PRINT "FINALIZACION IMPRESORA"
4270 IP = TIMER
4280 IF IP > (TIMER + 3) THEN GOTO 1200 ELSE 4280
4290 '
4300 'RUTINA DE REGRESO AL PROGRAMA
4310 GOSUB 1170:GOTO 1200
4320 '
4330 'RUTINA PRINCIPAL
4340 GOSUB 4350:GOTO 4400 '
4350 OPEN "R",R1,"TIEMPO.TES",4:FIELD R1,4 AS A#:U=LOF(1)/4
4360 FOR LAZO=0 TO 3:GET R1,(U-LAZO):STATUS(LAZO)=CVS(A#):NEXT LAZO
4370 GET R1,STATUS(0):TGAMMA=CVS(A#):GET R1,STATUS(1):TALFA=CVS(A#)
4380 CLOSE
4390 GOSUB 1300:ERASE VOLTAJE,CORRIENTE:DIM VOLTAJE(PTES),CORRIENTE (PTES):PANF=
PTES:RETURN

```



```

4400 A$=TIME$:HC=VAL (MID$(A$,1,2))+VAL (MID$(A$,4,2))/60+VAL (MID$(A$,7,2))/3600
4410 *VERIFICANDO TIEMPOS, PRIMERO ALFA
4420 IF STATUS(1)>=STATUS(3) AND STATUS(0)>=STATUS(2) THEN 4850
4430 IF STATUS(1)>STATUS(3) THEN 4490
4440 IF TALFA<HC THEN 4490
4450 *SE DA EL PASO Y SE ACTUALIZA "TIEMPO.TES"
4460 KEY (1) OFF:PANI=1:TG=1:PASOS=1:PASOA=0:BANDERA=0:GOSUB 1360
4470 OPEN "R",R1,"TIEMPO.TES",4:FIELD R1,4 AS A$
4480 STATUS(1)=STATUS(1)+1:LSET A$=MKS$(STATUS(1)):PUT R1,(U-1):GET R1,STATUS(1)
:TALFA=CVS(A$):CLOSE:KEY (1) ON:GOTO 4400
4490 *SIGUE GAMMA
4500 IF STATUS(0)>=STATUS(2) THEN 4560
4510 IF TGAMMA<HC THEN 4560
4520 *SE DA EL PASO Y SE ACTUALIZA "TIEMPO.TES"
4530 KEY (1) OFF:PANI=1:TG=1:PASOS=0:PASOA=1:BANDERA=0:GOSUB 1360
4540 OPEN "R",R1,"TIEMPO.TES",4:FIELD R1,4 AS A$
4550 STATUS(0)=STATUS(0)+1 : LSET A$=MKS$(STATUS(0)) : PUT R1,U:GET R1,STATUS(0) :
TGAMMA=CVS(A$):CLOSE:KEY (1) ON:GOTO 4400
4560 *LECTURA DE PANELES
4570 IF TIMER>LECTURA+600 THEN GOSUB 4590
4580 KEY (1) ON:GOTO 4400
4590 KEY (1) OFF :LECTURA=TIMER:CLS:GOSUB 920:PRINT "LECTURA DE DATOS":A$=TIME$:
PRINT "HORA DE LECTURA":A$ : HORA=VAL (MID$(A$,1,2))+VAL (MID$(A$,4,2)):GOSUB
1760
4600 PRINT "ALMACENANDO INFORMACION"
4610 OPEN "R",R1,"PP.TES",8:FIELD R1,4 AS A$,4 AS B$:RIPP=LDF(1)/8
4620 FOR LAZO=PANI TO PANF : LSET A$=MKS$(VOLTAJE(LAZO)):LSET B$=MKS$(CORRIENTE (
LAZO)):PUT R1,(RIPP+LAZO):NEXT LAZO
4630 RIPP=RIPP+1:RFP=LDF(1)/8:CLOSE
4640 OPEN "R",R1,"HORA.TES",12:FIELD R1,4 AS A$,4 AS B$,4 AS C$:RIHORA=(LDF(1)/
12)+1
4650 LSET A$=MKS$(HORA):LSET B$=MKS$(RIPP):LSET C$=MKS$(RFP):PUT R1,RIHORA
4660 RFHORA=LDF(1)/12:CLOSE
4670 OPEN "R",R1,"DIA.TES",10:FIELD R1,2 AS A$,4 AS B$,4 AS C$:RIDIA=LDF(1)/10
4680 GET R1,RIDIA
4690 IF A$=MID$(DATE$,4,2) THEN 4710
4700 LSET C$=MKS$(RFHORA):PUT R1,RIDIA
4710 RFDIA=LDF(1)/10:CLOSE
4720 OPEN "R",R1,"MES.TES",10:FIELD R1,2 AS A$,4 AS B$,4 AS C$:RIMES=LDF(1)/10
4730 GET R1,RIMES
4740 IF A$=MID$(DATE$,1,2) THEN 4760
4750 LSET A$=MID$(DATE$,1,2) : LSET B$=MKS$(RIDIA):LSET C$=MKS$(RFDIA): PUT R1,(
RIMES+1):GOTO 4770
4760 LSET C$=MKS$(RFDIA):PUT R1,RIMES
4770 RFMES=LDF(1)/10:CLOSE
4780 OPEN "R",R1,"AÑO.TES",12:FIELD R1,4 AS A$,4 AS B$,4 AS C$:RIAD=LDF(1)/10
4790 GET R1,RIAD
4800 IF A$=MID$(DATE$,7,2) THEN GOTO 4820
4810 LSET A$=MID$(DATE$,7,2) : LSET B$=MKS$(RIMES):LSET C$=MKS$(RFMES): PUT R1,(
RIAD+1):GOTO 4830
4820 LSET C$=MKS$(RFMES):PUT R1,RIAD
4830 CLOSE
4840 RETURN

```

```

4850 'RUTINA DE FINAL DEL DIA
4860 CLS :GOSUB 920:PRINT "FINAL DEL DIA, SE LEE LA POTENCIA FINAL Y SE ORIENTAN
LOS PANELES AL SUR"
4870 IP=TIMER
4880 IF TIMER>=IP+3 THEN 4890 ELSE 4880
4890 GOSUB 4590
4900 PRINT "ORIENTANDO LOS PANELES HACIA EL SUR"
4910 PANI=1:BANDERA=0
4920 IF STATUS(0)<STATUS(2) THEN TG=1:PASOA=INT(STATUS(2)/2)-STATUS(0)
4930 IF STATUS(0)>=STATUS(2) THEN TG=0:PASOA=STATUS(0)-INT(STATUS(2)/2)
4940 PASOS=0:GOSUB 1360:TG=0:PASOA=0:PASOS=STATUS(1):GOSUB 1360
4950 PRINT "TOMA DE LECTURA Y ORIENTACION AL SUR REALIZADOS, FIN DEL DIA"
4960 END

```

Este programa trabaja con varios archivos a la vez, como se mencionó en el algoritmo principal, se buscan los valores de la latitud, longitud local, longitud de referencia, lugar y país en el archivo BASE.TES; así como el valor de E en el archivo ECTIEMPO.TES. También la base de datos está conformada por los archivos PP.TES, HORA.TES, DIA.TES, MES.TES y AÑO.TES, en total son 7 archivos donde se guarda la información necesaria del prototipo.

Los archivos de la base de datos los va creando el programa principal al momento de estar leyendo la información, pero los archivos BASE.TES y ECTIEMPO.TES tienen que ser instalados por separado para evitar alterar la información que contiene para no cometer errores de cálculo.

Así pues, se necesita un programa de instalación que genere los dos archivos antes mencionados. El programa es el siguiente:

```

10 ' PROGRAMA PARA GENERAR LOS ARCHIVOS BASE.TES Y ECTIEMPO.TES NECESARIOS PARA
LA OPERACION DEL PROGRAMA PRINCIPAL DEL PROTOTIPO GENERADOR DE ENERGIA ELEC-
TRICA
20 CLEAR:CLS
30 CLS:CLEAR:LOCATE 1,25:PRINT "MENU DE CREACION DE ARCHIVOS:"
40 LOCATE 2,25:COLOR 23:PRINT "1";:COLOR 7:PRINT ". LATITUD, LONGITUDES, LUGAR Y
PAIS"
50 LOCATE 3,25:COLOR 23:PRINT "2";:COLOR 7:PRINT ". INSTALACION DE ECTIEMPO.TES"
60 B$=INKEY$
70 IF B$="1" OR B$="2" THEN GOTO 80 ELSE 60
80 LOCATE 4,1: PRINT "ESTE PROGRAMA GENERA DOS ARCHIVOS QUE SERAN RESIDENTES EN
LA COMPUTADORA, SE LES ASIGNARON LOS NOMBRES BASE.TES Y ECTIEMPO.TES. SI SE
TIENEN ARCHIVOS LLAMADOS DE LA MISMA MANERA SE BORRARAN, CONTINUAR? ";
90 COLOR 22:PRINT "S";:COLOR 7:PRINT "I-";:COLOR 22:PRINT "N";:COLOR 7:PRINT "O"
100 A$=INKEY$

```

```

110 IF A$="S" OR A$="s" OR A$="N" OR A$="n" THEN GOTO 120 ELSE 100
120 IF A$="N" OR A$="n" THEN GOTO 1000
130 ON VAL(B$) GOTO 140,B70
140 ' EL ARCHIVO BASE. TES CONTIENE LA INFORMACION DE LA LATITUD, LONGITUD, LONGI-
    TUD DE REFERENCIA, LUGAR Y PAIS DE INSTALACION
150 'EL ARCHIVO ECTIEMPO.TES CONTIENE EL VALOR DE E PARA CADA DIA DEL AÑO.
160 'CAPTURA DE DATOS NECESARIOS PARA EL ARCHIVO BASE.TES
170 CLS:COLOR 2:PRINT "CAPTURA DE DATOS PARA EL ARCHIVO BASE.TES"
180 COLOR 3:PRINT "CAPTURA DE LATITUD (x,', '')"
190 COLOR 7:LOCATE 3,1:PRINT "LATITUD DE LA ZONA:GRADOS ";:COLOR 18:PRINT "(0'-
    90°)";:COLOR 7:INPUT GRADOS
200 IF GRADOS<0 OR GRADOS>90 THEN GOTO 190
210 IF GRADOS=90 THEN GOTO 270
220 LOCATE 4,1:PRINT"MINUTOS ";:COLOR 19:PRINT "(0'-60')";:COLOR 7:INPUT MINUTOS
230 IF MINUTOS<0 OR MINUTOS>60 THEN GOTO 220
240 IF MINUTOS=60 THEN GOTO 270
250 LOCATE 5,1: PRINT "SEGUNDOS";:COLOR 20:PRINT "(0''-60'')";:COLOR 7:INPUT
    SEGUNDOS
260 IF SEGUNDOS<0 OR SEGUNDOS>60 THEN GOTO 250
270 LOCATE 6,1 : COLOR 21:PRINT "N";:COLOR 7:PRINT "ORTE-";:COLOR 21:PRINT "S";:
    COLOR 7:PRINT "UR?"
280 A$=INKEY$
290 IF A$="N" OR A$="n" OR A$="S" OR A$="s" THEN GOTO 300 ELSE 280
300 LATITUD=GRADOS+MINUTOS/60+SEGUNDOS/3600:GRADOS=0:MINUTOS=0:SEGUNDOS=0
310 IF A$="S" OR A$="s" THEN LATITUD=-LATITUD
320 PRINT "LA LATITUD CAPTURADA ES: ";LATITUD
330 PRINT"CORRECTA ";:COLOR 22:PRINT "S";:COLOR 7:PRINT "I-";:COLOR 22:PRINT "N"
    ;:COLOR 7:PRINT "0?"
340 A$=INKEY$
350 IF A$="N" OR A$="n" OR A$="S" OR A$="s" THEN 360 ELSE 340
360 IF A$="N" OR A$="n" THEN 20
370 COLOR 4:LOCATE 9,1:PRINT "CAPTURA DE LONGITUD (',', '')"
380 COLOR 7:LOCATE 10,1:PRINT "LONGITUD DE LA ZONA:GRADOS ";:COLOR 23:PRINT "(0'
    -180°)";:COLOR 7:INPUT GRADOS
390 IF GRADOS<0 OR GRADOS>180 THEN GOTO 380
400 IF GRADOS=180 THEN 460
410 LOCATE 11,1:PRINT"MINUTOS";:COLOR 24:PRINT "(0'-60')";:COLOR 7:INPUT MINUTOS
420 IF MINUTOS<0 OR MINUTOS>60 THEN 410
430 IF MINUTOS=60 THEN GOTO 460
440 LOCATE 12,1 : PRINT "SEGUNDOS"; : COLOR 18:PRINT "(0''-60'')";:COLOR 7:INPUT
    SEGUNDOS
450 IF SEGUNDOS<0 OR SEGUNDOS>60 THEN 440
460 COLOR 19: PRINT "E";:COLOR 7:PRINT "STE-";:COLOR 19:PRINT "O";:COLOR 7:PRINT
    "ESTE"
470 A$=INKEY$
480 IF A$="E" OR A$="e" OR A$="O" OR A$="o" THEN GOTO 490 ELSE 470
490 LONGITUDL=GRADOS+MINUTOS/60+SEGUNDOS/3600:GRADOS=0:MINUTOS=0:SEGUNDOS=0
500 IF A$="E" OR A$="e" THEN LONGITUDL=-LONGITUDL
510 PRINT "LA LONGITUD DE LA ZONA CAPTURADA ES: "LONGITUDL
520 PRINT"CORRECTA ";:COLOR 20:PRINT "S";:COLOR 7:PRINT "I-";:COLOR 20:PRINT "N"
    ;:COLOR 7:PRINT "0";
530 A$=INKEY$
540 IF A$="S" OR A$="s" OR A$="N" OR A$="n" THEN 550 ELSE 530

```

```

550 IF A$="N" OR A$="n" THEN 370 ELSE 560
560 'CAPTURA DE LA LONGITUD DE REFERENCIA
570 LOCATE 16,1:COLOR 5:PRINT "CAPTURA DE LA LONGITUD DE REFERENCIA"
580 LOCATE 17,1:COLOR 7:PRINT "LONGITUD DE REFERENCIA:GRADOS ";:COLOR 21:PRINT "
(0°-180°)";:COLOR 7:INPUT LONGITUDR
590 IF LONGITUDR<0 OR LONGITUDR>180 THEN 580 ELSE 600
600 COLOR 22 ; LOCATE 18,1:PRINT "E";:COLOR 7:PRINT "STE-";:COLOR 22:PRINT "0";:
COLOR 7:PRINT "ESTE"
610 A$=INKEY$
620 IF A$="E" OR A$="e" OR A$="o" OR A$="O" THEN 630 ELSE 610
630 IF A$="E" OR A$="e" THEN LONGITUDR=-LONGITUDR
640 LOCATE 19,1:PRINT "LA LONGITUD DE REFERENCIA CAPTURADA ES:"LONGITUDR
650 LOCATE 20,1:PRINT "CORRECTA ";:COLOR 23:PRINT "S";:COLOR 7:PRINT "I-";:COLOR
23:PRINT "N";:COLOR 7:PRINT "O"
660 A$=INKEY$
670 IF A$="S" OR A$="s" OR A$="N" OR A$="n" THEN GOTO 680 ELSE 660
680 IF A$="N" OR A$="n" THEN CLS:GOTO 570
690 'CAPTURA DEL LUGAR Y PAIS DE INSTALACION
700 CLS:COLOR 6:PRINT "CAPTURA DEL LUGAR Y PAIS DE INSTALACION
710 COLOR 7:INPUT "LUGAR DE INSTALACION (Máximo 20 letras)";LUGAR$
720 LOCATE 3,1:INPUT "PAIS (Máximo 20 letras)";PAIS$
730 PRINT "EL LUGAR Y PAIS CAPTURADOS SON: "LUGAR$ Y "PAIS$
740 PRINT "CORRECTOS? ";:COLOR 24:PRINT "S";:COLOR 7:PRINT "I-";:COLOR 24 :PRINT
"N";:COLOR 7:PRINT "O"
750 A$=INKEY$
760 IF A$="S" OR A$="s" OR A$="N" OR A$="n" THEN GOTO 770 ELSE 750
770 IF A$="N" OR A$="n" THEN 700
780 'ESCRIBIR LOS DATOS EN EL PRIMER REGISTRO DEL ARCHIVO BASE.TES
790 PRINT "SI EXISTE UN ARCHIVO LLAMADO BASE.TES SE BORRARA DEL DISCO, CONTINUAR
";:COLOR 18:PRINT "S";:COLOR 7:PRINT "I-";:COLOR 18:PRINT "N";:COLOR 7:PRINT
"O"
800 A$=INKEY$
810 IF A$="S" OR A$="s" OR A$="N" OR A$="n" THEN GOTO 820 ELSE 800
820 IF A$="N" OR A$="n" THEN GOTO 1000
830 PRINT "GENERANDO BASE.TES Y ALMACENANDO LOS DATOS CAPTURADOS"
840 OPEN "R",R1,"BASE.TES",1:CLOSE:KILL "BASE.TES"
850 OPEN "R",R1,"BASE.TES",52:FIELD R1,4 AS A$,4 AS B$,4 AS C$,20 AS D$,20 AS E$
860 LSET A$=MK$(LATITUD) :LSET B$=MK$(LONGITUDL):C$=MK$(LONGITUDR) :LSET D$=
LUGAR$:LSET E$=PAIS$:PUT R1,1:CLOSE:GOTO 970
870 ' INSTALACION DE E, LOS VALORES SE OBTENIERON INTERPOLANDO LOS DATOS DE LA
TABLA 2.2 DEL LIBRO "ENERGIA SOLAR, FUNDAMENTOS Y APLICACIONES" DE JOSE A.
MANRIQUEZ, ED. HARLA, MEXICO D.F., 1984
880 'LOS DATOS SE TIENEN EN UN ARCHIVO QUE TIENE QUE ESTAR EN EL MISMO DISCO CON
ESTE PROGRAMA, SE ABRE EL ARCHIVO Y SE COPIA LA INFORMACION AL DISCO DURO DE
LA COMPUTADORA QUE CONTENDRA AL PROGRAMA
890 CLS:COLOR 2:PRINT "INSTALACION DEL ARCHIVO ECTIEMPO.TES
900 COLOR 7:PRINT "SI EXISTE UN ARCHIVO LLAMADO IGUAL SE BORRARA, CONTINUAR "; ;
COLOR 19:PRINT "S";:COLOR 7:PRINT "I-";:COLOR 19:PRINT "N";:COLOR 7:PRINT "O
";
910 A$=INKEY$
920 IF A$="S" OR A$="s" OR A$="N" OR A$="n" THEN GOTO 930 ELSE 910
930 IF A$="N" OR A$="n" THEN GOTO 1000
940 PRINT "GENERANDO ECTIEMPO.TES"+DIM Z(365)

```

```

950 OPEN "R",R1,"A:ECTIEMPO.TES",4 : FIELD R1,4 AS A#:Z=LOF(1)/4:FOR Y=1 TO 365:
    GET R1,Y:Z(Y)=CVS(A#):LOCATE 4,1:PRINT Y;:LOCATE 4,10:PRINT Z(Y);:NEXT:CLOSE
960 OPEN "R" , R1,"C:ECTIEMPO.TES",4 : CLOSE:KILL "C:ECTIEMPO.TES": OPEN "R",R1,
    "C:ECTIEMPO.TES",4 : FIELD R1,4 AS A#:FOR Y=1 TO 365:LSET A#= MKS$(Z(Y)):PUT
    R1,Y:LOCATE 5,1:PRINT Y;:LOCATE 5,10:PRINT Z(Y):NEXT:CLOSE
970 LOCATE 10,1:PRINT "INSTALACION EFECTUADA":A=TIMER
980 IF TIMER>A+3 THEN GOTO 990 ELSE 980
990 END
1000 PRINT "TERMINACION DEL PROGRAMA PARA EVITAR BORRAR ARCHIVOS SEMEJANTES DEL
    DISCO":END

```

Este programa instala en el disco duro de la computadora los dos archivos
 BASE.TES y ECTIEMPO.TES, el programa deberá estar en un disco flexible apropiado
 a la unidad A; en este disco debe tener además del programa INSTALAR, el archivo
 de datos ECTIEMPO.TES que es copiado al disco duro. Este programa se elaboró con
 una hoja de cálculo electrónica y sus valores son los de la tabla 2 del
 apéndice.

## CAPITULO III

### PRUEBAS Y AJUSTES AL PROTOTIPO

#### III.1. INTRODUCCION

Para que un proyecto funcione realmente, no basta con el sólo diseño teórico. Por lo general, existen variables que no se contemplan en el diseño, ya sea por omisión involuntaria, porque se presentan espontáneamente ó porque su omisión no afecta el diseño general. Un ejemplo específico en el diseño de este modelo, es el nublado. El nublado se le puede considerar como una variable aleatoria es decir un fenómeno que no se pueda predecir; respecto a él, lo más que se puede saber es el promedio de aparición que tiene en un intervalo de tiempo (ó la probabilidad de que se presente), pero no se puede saber a priori, si en determinado momento se presentará y tampoco cuanto durará, en este caso la computadora hará que los paneles vayan girando de acuerdo a la posición calculada del Sol; pero la eficiencia del sistema será muy baja ya que la radiación solar directa tendrá magnitudes menores teniendo la radiación difusa la mayor parte de aportación de energía y el diseño del movimiento de los paneles está pensado en base a la optimización de la captación de la radiación directa, no de la difusa.

El ejemplo planteado es útil para observar hasta qué punto es eficiente el diseño, porque además de la base teórica también es necesario un buen conocimiento de la zona en donde se va a instalar, elegida previamente según los estudios de la radiación promedio diario. Esto quiere decir que es un trabajo interdisciplinario en el que tienen que actuar varias personas especialistas de diversas áreas y que no puede ser trabajo de un solo hombre.

Como el prototipo pretende simular a un dispositivo real, entonces sus

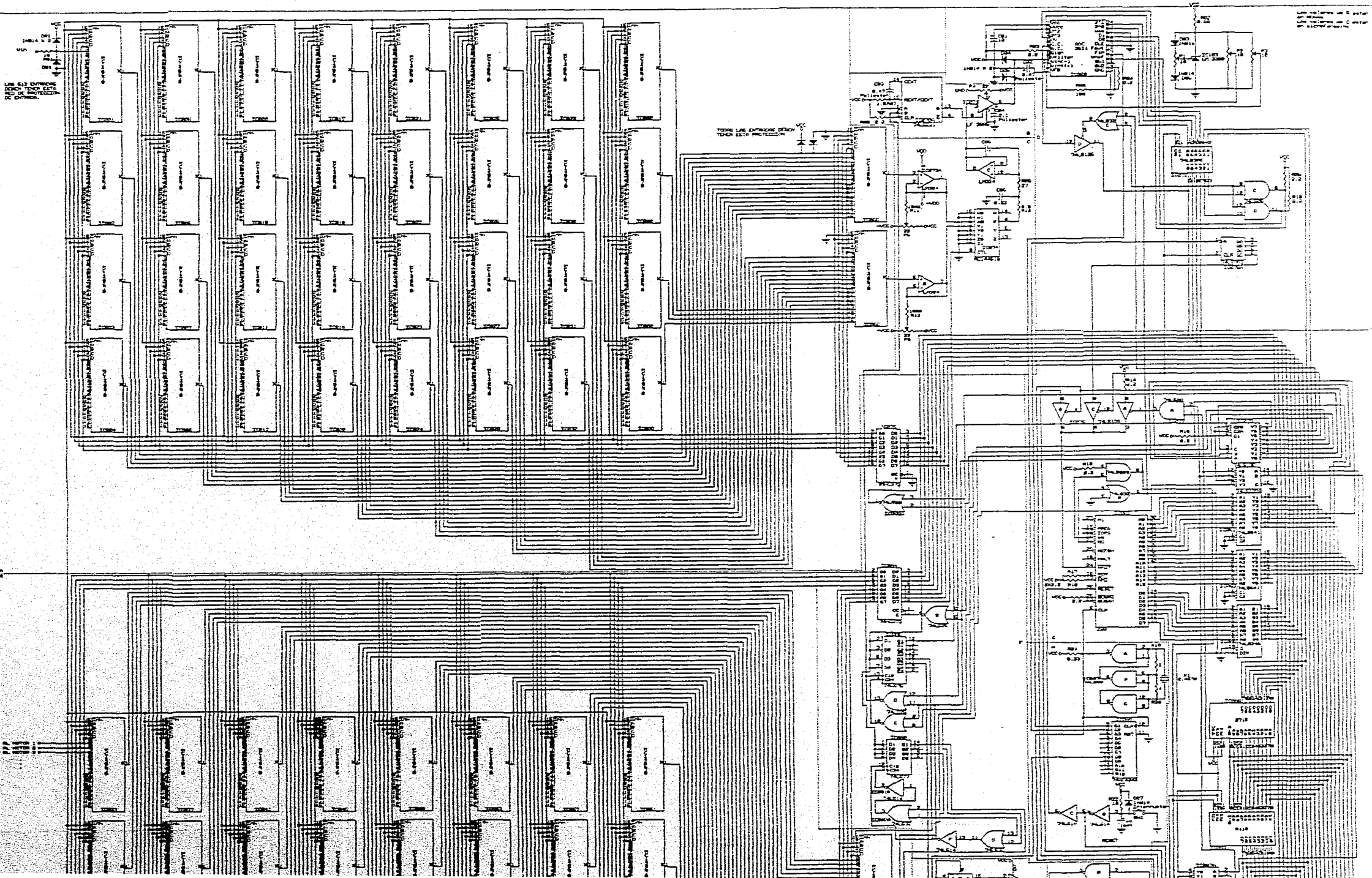
características de operación deben ser iguales que el dispositivo para que exista la menor diferencia posible, un dispositivo a escala natural soporta altas temperaturas, cambios bruscos de las mismas, lugares secos ó húmedos, fuertes vientos, etc. se tiene que tener instalaciones, estructuras y circuitos de control confiables para que funcione perfectamente durante un largo período de tiempo (alta confiabilidad).

Este capítulo hace énfasis en las pruebas y ajustes electrónicos a los circuitos, ya que las instalaciones y las estructuras caen fuera del tema de tesis.

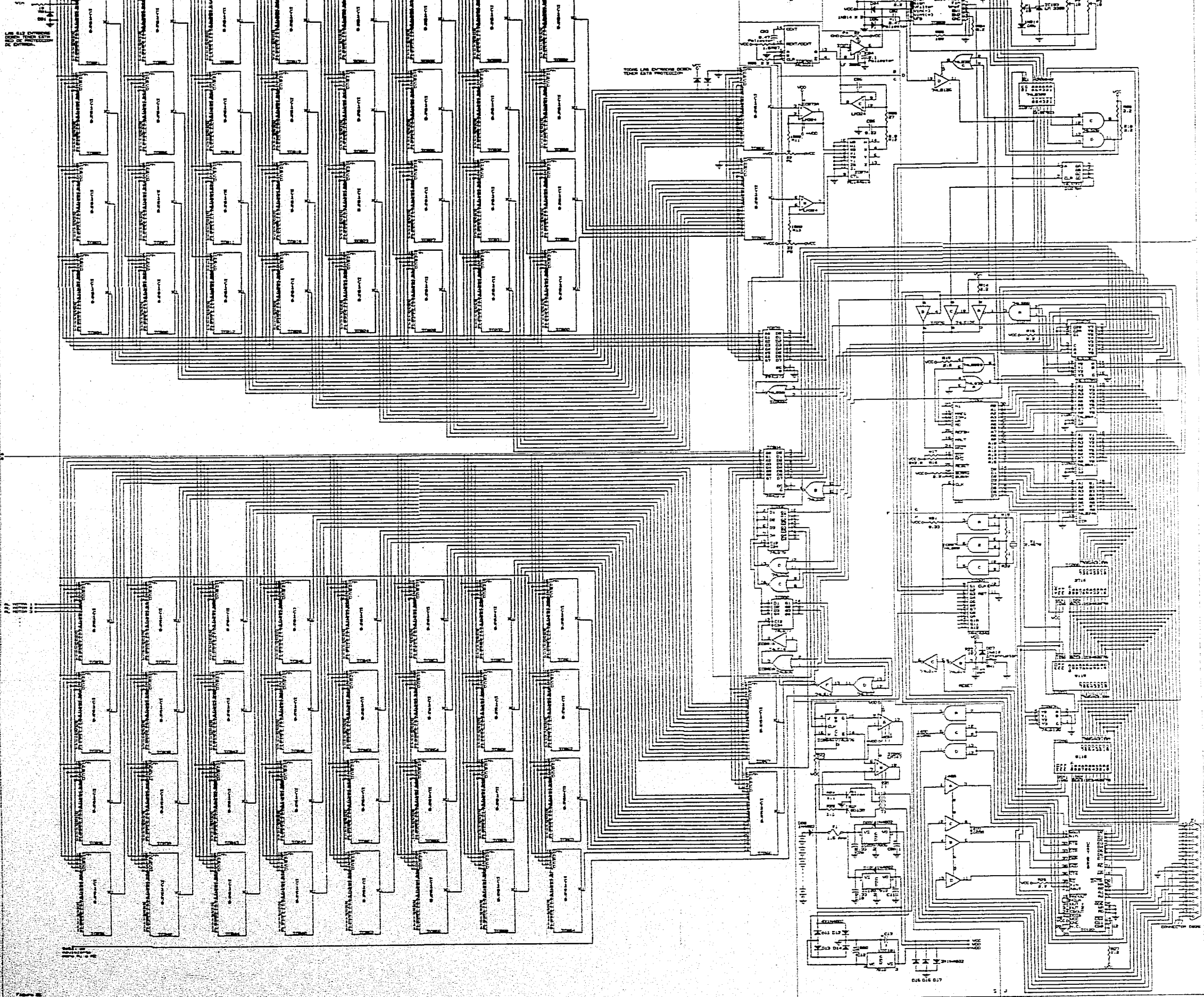
Los ajustes que se requieren son mínimos, ya que al estar controlado por un microprocesador, no existen una gran cantidad de componentes analógicos, salvo por las entradas y referencias de voltaje para el convertidor analógico-digital. En las siguientes descripciones se hace referencia a los bloques de la figura 55.

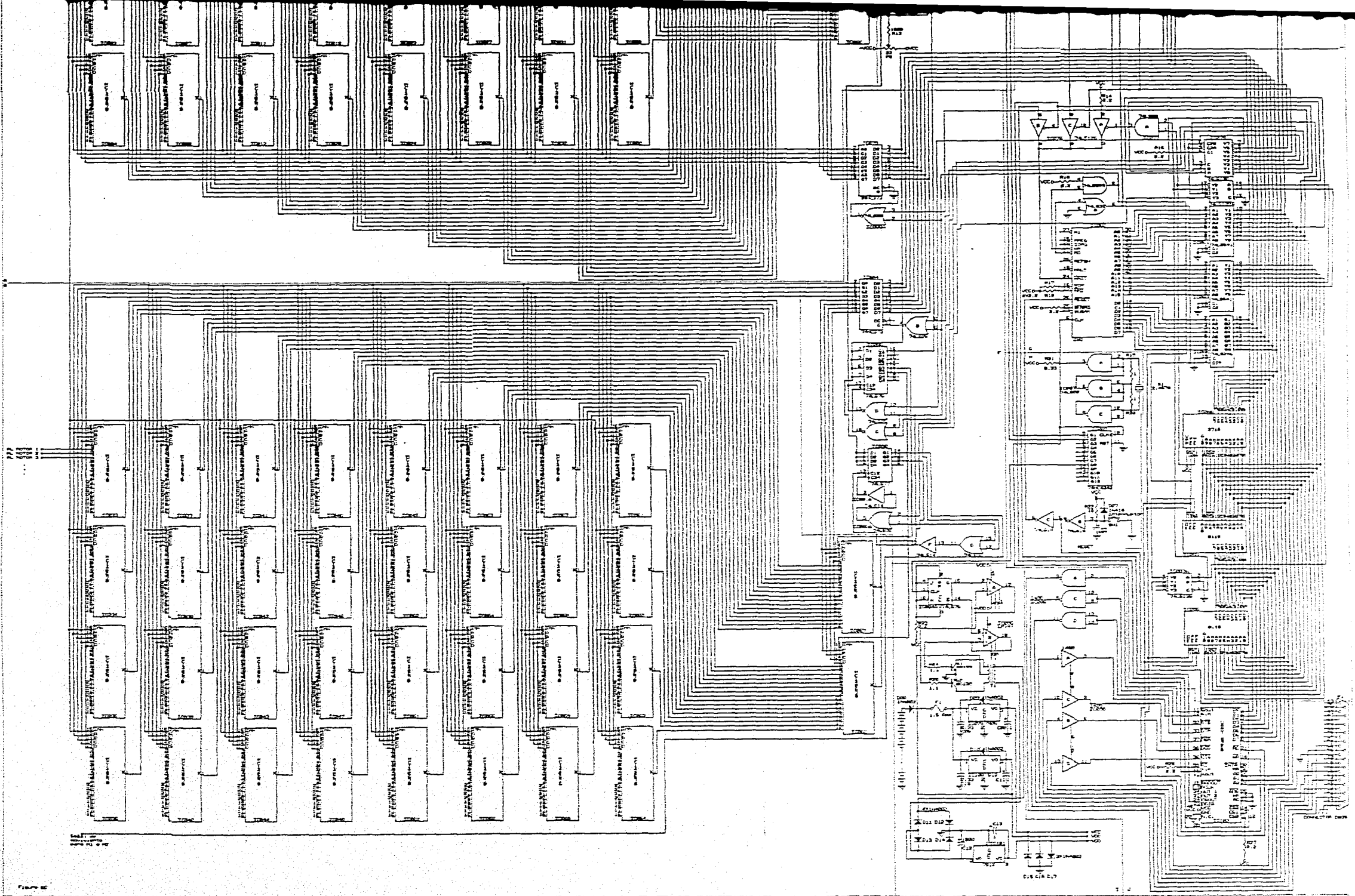
### III.2. MULTIPLEXAJE DE ENTRADA

Esta parte corresponde a los multiplexores de entrada (bloque A), dependiendo del número de entradas será el número de circuitos integrados, llegando a ser hasta 34 circuitos (512 señales/16 entradas por circuito + 2 multiplexores voltaje/corriente), para probar esta parte es necesario que cada una de las entradas se conecten a tierra para medir con un multímetro el voltaje multiplexado de salida, si con alguna entrada conectada a tierra existe un voltaje diferente a cero mayor a 0.2 volts, hay que revisar los diodos de esa entrada y los de la salida del multiplexor, es cuestión que no estén quemados, si se encuentran bien, entonces hay que revisar la alimentación que llegue adecuadamente y si esto está bien, entonces el circuito multiplexor está dañado y tendrá que ser sustituido, ya sea porque se quemó la entrada de voltaje ó









alguna de control,

También hay que revisar la correcta conexión de las terminales de control con el circuito 74HC373 para que no exista un mal multiplexado, no hay ajustes que hacer en esta sección ya que no existe ningún elemento calibrador ó referencia de voltaje. La terminal de habilitación de cada multiplexor debe estar conectada a referencia. Por último, es de suma importancia la polaridad que adquieren los diodos al estar en la red de protección de cada entrada del multiplexor, si por error estuvieran mal conectados, la señal a medir sería errónea y en el peor de los casos podría existir un cortocircuito de la fuente de alimentación, por lo tanto es importante observar que estén bien polarizados como lo indica la figura 55. Por último hay que tener cuidado en la manipulación de los multiplexores ya que son elementos CMOS.

### III.3. ACONDICIONAMIENTO DE SEÑAL

La sección de acondicionamiento de señal (bloque C) contiene los dos amplificadores operacionales que reciben las señales de voltaje-corriente independientes entre sí, y la salida de los mismos está conectada a un multiplexor 2:1 con el cual se elige la señal a procesar. La salida del multiplexor antes de entrar a la sección de muestreo y retención pasa por un filtro pasabajos "Chebyshev". Los ajustes por hacer son en los amplificadores que reciben la señal de la etapa de multiplexión (bloque A), como se observa en el bloque C cada amplificador tiene un potenciómetro, éste se tiene que ajustar de tal manera que, cuando en la entrada del amplificador exista un voltaje igual al de referencia (0 V), en la salida tiene que existir el mismo voltaje, las mediciones se hacen con un multímetro digital. El ajuste es independiente para cada amplificador; en cuanto al multiplexor voltaje-corriente se deben aterrizar todas las entradas que no se utilicen y que la señal de control provenga de la

terminal 16 del 74LS75. Por lo que corresponde al filtro pasabajas, revisar la polaridad correcta del capacitor para evitar quemarlo; en un osciloscopio se debe de observar en la salida, que al aplicar una señal CC en los multiplexores se tiene ganancia unitaria y a 20 Hz una atenuación de 3 dB.

#### III.4. MUESTREO Y RETENCION

El bloque B es el correspondiente a la etapa de muestreo y retención. Se tienen dos componentes: Un multivibrador monoestable TTL y el circuito integrado de retención. El monoestable 74LS221 está compensado contra variaciones de voltaje y de temperatura, así que en lo que hay que poner atención es en el armado. También se debe de revisar que la señal proveniente de la compuerta NOR llegue correctamente al multivibrador. El ajuste a realizar al LF398B (muestreador) es el de "offset", se tiene que graduar el potenciómetro de forma tal que cuando en la entrada haya 0 volts, en la salida también existan 0 volts, para realizar esto se aterriza cualquier entrada de un multiplexor y se accesa esa señal para que llegue a este bloque; en cuanto sea retenida hay que ajustar el potenciómetro para tener en la salida 0 volts. Al no encontrarse en el mercado nacional capacitores de teflón se instala uno de poliéster, este capacitor es crítico por lo tanto no debe ser sustituido por otro de material distinto. El capacitor del multivibrador también es de poliéster, la resistencia debe ser de precisión con una tolerancia del 1% por lo menos.

#### III.5. CONVERSION ANALOGICO-DIGITAL

El bloque D corresponde a la sección del convertidor analógico-digital, consta del circuito integrado ADC3511 (convertor A/D), la referencia de voltaje, los "buffers" correspondientes al bus de datos y direcciones, el circuito de la

señal C.C que envía el convertidor A/D al microprocesador y un contador que permite la correcta interfase convertidor A/D-microprocesador. El convertidor A/D debe manejarse con precaución ya que es de tecnología CMOS, y como es un circuito costoso debe instalarse al final del proceso de ensamble para no manipularlo demasiado. El capacitor debe ser de poliester a falta de teflón, las resistencias no son críticas y la red de protección de entrada es a base de diodos. El capacitor de 10  $\mu$ Faradios es para filtrar ruidos existentes en la alimentación que puedan causar lecturas erróneas. El circuito de referencia de voltaje está hecho con el circuito integrado LM336B con características muy superiores a un diodo zener. El primer potenciómetro de izquierda a derecha sirve para introducir la referencia de voltaje al convertidor A/D, éste necesita una referencia de 2.00 volts y el LM336B proporciona 2.5 volts, El potenciómetro debe ser multivoltas para que se tenga una buena precisión en el voltaje aplicado al convertidor, el ajuste es igualmente con un multímetro conectado entre la terminal VREF del convertidor y tierra, moviendo el potenciómetro hasta leer 2.00 Volts. La función del segundo potenciómetro es compensar el offset del convertidor, esto es cuando en la entrada del convertidor exista 0 volts, el microprocesador deberá leer el número 0000 y enviarlo a la computadora, si tiene una lectura distinta pero el voltaje de entrada es 0, el potenciómetro debe de ajustarse de tal manera que se lea 0000. La señal CC le indica al microprocesador que los dígitos de los voltajes ya están listos para su lectura. El convertidor A/D tiene la terminal CC conectada a la entrada de un "buffer" triestado 74LS125 el cual tiene la salida conectada a D0 del bus de datos del sistema, se tiene que revisar con un osciloscopio que la señal de activación del "buffer" llegue correctamente de la compuerta NOR activada por las señales  $\overline{RD}$  y Y6 del 74LS138. Si las señales llegan pero no hay pulso en el "buffer" la compuerta NOR está averiada, si no llegan la señal de lectura entonces es causa

del microprocesador que posiblemente esté averiado ó esté mal conectado, si la señal Y6 no llega puede ser porque el 74LS138 esté dañado ó esté mal armado; en ambos casos se debe revisar primero la correcta conexión de los circuitos y si está bien entonces cambiarlos. El "buffer" 74LS365 tiene doble función: conectar al convertidor A/D al bus de datos y al de direcciones, por aquí entran la información del dígito a leer y sale la magnitud del mismo. La señal a revisar que llegue es Y5 del 74LS138, si llega pero no se da alguna lectura y el contador 74LS393 funciona y existen las señales de lectura y escritura en las compuertas AND quiere decir que el circuito no sirve. Las compuertas AND sirven para sincronizar la petición de dígito con la señal  $\overline{RD}$  del microprocesador, no debe causar problema alguno, al igual que el 74LS365 si todas las señales e integrados asociados a él funcionan pero no hay lectura, las compuertas se tienen que cambiar. La función del contador 74LS393 es como se describió anteriormente: La de informar al microprocesador cuando se ha tenido el acceso a la información después de un cierto tiempo de haberla pedido (tiempo de acceso), funciona a una frecuencia de 1.2288 MHz y al octavo pulso (6.51  $\mu$ seg) el microprocesador sabe que la información en el bus de datos es la correcta, la revisión aquí es que llegue la frecuencia de conteo correcta y de que se obtenga un pulso cada 6.51  $\mu$ seg, al no existir lo primero la falla es el reloj del sistema, con respecto a lo segundo el circuito está dañado.

### III.6. MICROPROCESADOR

El bloque G es el correspondiente al microprocesador y memorias del sistema (RAM y EPROM). La recomendación que se hizo con el convertidor A/D de instalarlo al último, también es aplicable aquí. Como primer prueba deba ser que la señal del reloj (2.4576 MHz), al no existir señal revisar el reloj; si existe debe tener un buen nivel de voltaje (4.75 V<sub>min</sub>, 5 V<sub>máx</sub>), la segunda prueba es la de las

señales de lectura y escritura, existen dos por cada una de ellas, las dos primeras son las que se obtienen del microprocesador y las otras dos son la que se obtienen de las compuertas AND y OR que funcionan como buffers. Si no existen las señales de salida del microprocesador y no existen cortos entre las terminales y tierra, se debe a que está deteriorado, si existen las señales pero no salen de las compuertas, lo dañado son los integrados de las mismas. A continuación revisar los "buffers" de datos y direcciones que funcionen correctamente, si el buffer de direcciones no cambia de sentido al momento de intercambio de datos, pero si llega la señal de lectura ( $\overline{RD}$ ) a la terminal 1 del 74LS254 entonces el circuito habrá que reemplazarlo; respecto al bus de direcciones con un osciloscopio se revisa para cada terminal de las 14 utilizadas que se tengan las mismas señales a la entrada que a la salida de los circuitos 74LS541. Las siguientes señales a revisar son las de activación de los circuitos integrados 74LS138 y 74LS139 que son generadas, la primera por el "buffer" de direcciones y la segunda por el mismo 74LS138, así como también que cada señal de estos decodificadores lleguen correctamente a su destino. La memoria EPROM al haber sido correctamente grabada, si no funciona el circuito al encenderse pero existen las señales de lectura y escritura significa que la memoria se dañó. En cuanto a las RAM la prueba que tienen es en el momento de empezar a calcular el número de veces a efectuar una rutina de movimiento o lectura, porque no funcionará el sistema ya que el microprocesador guarda en memoria el número de veces a realizar la rutina, y al leer esta información si no se encuentra nada quiere decir que las memorias RAM están dañadas y habrá que cambiarlas. Por supuesto, también hay que revisar el armado del circuito ya que se pudo haber presentado alguna mala conexión ya sea del circuito de acceso (74LS139A) ó de las señales de lectura/escritura. La última señal a revisar es la entrada  $\overline{WAIT}$  del microprocesador, a excepción de cuando hay comunicación

microprocesador-convertidor A/D, esta señal debe de estar a "1" lógico, si no está a "1" lógico los "buffers" 74LS125 están dañados; Cuando está la comunicación antes mencionada, existen pulsos que le van indicando al microprocesador cuando tomar el valor correcto, si no existen estos pulsos como se mencionó en la sección del convertidor A/D, el contador está dañado.

### III.7. RETENEDORES DE PALABRAS DE MULTIPLEXION

El bloque a describir es el F. Está comprendido por dos circuitos integrados retenedores (latch) de 8 bits 74HC373, y 2 circuitos integrados retenedores de 4 bit (74LS75 y 74LS77) así como las compuertas lógicas que los activan. Como los multiplexores de entrada y salida no pueden almacenar su palabra de control, ésta función la realizan los circuitos 74HC373, la entrada de ambos está conectada al bus de datos del sistema y la salida de cada uno va a los multiplexores de entrada ó salida (bloque A y E), los retenedores de 8 bits son de tecnología CMOS, así que deben de manipularse con precaución, revisar su correcta conexión al bus de datos y a los multiplexores. Si el sistema toma lecturas, pero solamente del panel 1 cuando se pide de varios paneles y sus circuito decodificadores funcionan correctamente, entonces el retenedor está dañado, en cuanto a los multiplexores de los motores al pedirse movimiento de varios y sólo se mueve uno es lo mismo. La función del 74LS75 es la de almacenar un "0" o un "1" lógico en la primera posición el bit de voltaje-corriente, si es "0" es voltaje, "1" es corriente; si se pide leer corriente y solamente toma voltajes el integrado no sirve. La tercer posición almacena el bit del tipo de giro del motor, a "0" lógico giro horario, a "1" lógico giro antihorario, igualmente si se pide giro antihorario y solo realiza horario entonces el circuito está dañado. El 74LS77 en la primera posición almacena el motor a mover: Azimutal o altura solar, a "0" lógico se tiene que mover el motor



de altura solar, a "1" lógico el de azimut, si se pide mover el azimut y se mueve el de altura solar el circuito está quemado, en la tercera posición almacena el pulso de activación de los motores, si se manda mover cualquier motor y no se realiza la acción, entonces el responsable es el circuito. Por supuesto se debe de revisar el correcto funcionamiento de las compuertas NOR y de los "buffers" para una buena operación de este bloque.

### III.8. RELOJ DEL SISTEMA

El reloj del sistema está ubicado en el bloque H, consiste en un circuito resonante en base a un cristal de cuarzo, un contador que funciona como divisor sucesivo entre 2 y el circuito de reestablecimiento. El circuito resonante está formado por un integrado 74LS00, un cristal de cuarzo y dos resistencias, a su salida se debe tener una señal cuadrada con un mínimo de 4.75 V pico a pico y un máximo de 5 V pico. Si no se tiene la señal cuadrada se revisa el circuito desmontando primero el cristal para probar el circuito integrado, si el circuito con las resistencias funciona correctamente entonces la parte dañada es el cristal. El circuito divisor por 2 es un contador CMOS 74HC4040 cuyo fin es proporcionar diferentes frecuencias que utiliza el sistema (1.22 Mhz para la señal WAIT del convertidor A/D, 614 KHz para el funcionamiento del mismo y 9.6 KHz para la fuente de alimentación), si no proporciona estas frecuencias al momento de iniciar el sistema, el contador está dañado, las terminales donde se tiene que tomar la lectura son la 9, 7 y 13. Al pulsar el botón del circuito de reestablecimiento, el sistema borra los registros de la UART y reinicializa al microprocesador. Esta parte no debe tener problemas de funcionamiento, en caso de tenerlas, podrían ser debido al capacitor que puede presentar fugas y por tanto inestabilidad.

### III.9. FUENTE DE PODER

La fuente de poder es el bloque I, consta de un número determinado de celdas solares, elementos de protección, reguladores positivos de voltaje, un inversor de polaridad y un regulador negativo de voltaje. El número de celdas solares que alimenten al sistema dependerá de las características de los paneles solares, los elementos de protección de entrada son un diodo rectificador de uso común para evitar polaridades inversas y un fusible de acción semirápida de 1.5 Amp. Los reguladores positivos son de la serie 7805 y 7812 a 1 Amp de capacidad de salida con sus respectivos filtros y diodos de protección, para la polaridad negativa que necesitan los amplificadores operacionales, se hace conmutar dos transistores de corte a saturación y viceversa mediante un flip-flop que está cambiando de estado constantemente a una velocidad de 9600 Hz, la carga de los transistores es un transformador de relación 1:2 que a su salida tiene un rectificador con el cual se obtiene un voltaje negativo no regulado, el regulador sirve para estabilizar el voltaje y finalmente se tienen las polaridades necesarias: +5 V, +12V, 0 V y -12 V. En caso de presentarse alguna falla es inmediata su detección, el primer elemento a revisar es el fusible, después el diodo de protección, a continuación si la falla es en el suministro de voltajes positivos, los reguladores positivos de tensión con sus capacitores y diodos de protección, en caso de falla en el voltaje negativo, revisar que se reciba adecuadamente la frecuencia de reloj, el correcto basculamiento del flip-flop, que los transistores no se encuentren quemados, y que el transformador en su devanado no tenga interrupciones ni cortocircuitos, por último está el regulador de voltaje negativo con los capacitores de filtro y su diodo de protección. El último punto a revisar son los tres diodos de salida de la fuente que no estén quemados y bien conectados.

### III.10. INTERFASE CON LA COMPUTADORA

El bloque J contiene los elementos que forman parte del sistema que se comunica con la computadora, está formado por la UART, los circuitos de interfase (elevadores y reductores de voltaje) y el conector DB-25. Se debe revisar que la UART esté correctamente conectada al bus de datos y de direcciones, así como al reloj. Con el programa desarrollado para el microprocesador en el capítulo II, en la terminal 15 (BADOUT) se debe tener una frecuencia de 19.2 KHz medible con un osciloscopio, además se debe ver el tren de pulsos de entrada al sistema en la terminal 10 (SIN), así como también el tren de pulsos de salida en la terminal 11 (SOUT), si no existen datos de entrada lo primero que hay que revisar es la continuidad del cable con el conector DB25, a continuación el correcto funcionamiento del circuito 1487, así como el voltaje de alimentación que debe tener (5 V), si todo esto está correcto entonces habrá que revisar la tarjeta del puerto serial de la computadora, si alguno de los dispositivos mencionados anteriormente presentan alguna falla hay que sustituirlo. En cuanto al tren de pulsos de salida si no se obtiene, se debe revisar que llegue correctamente la frecuencia de reloj, la alimentación de este bloque, el correcto funcionamiento del bus de datos y direcciones así como también la señales de control del microprocesador ( $\overline{RD}$ ); en cuanto a las señales de control se debe observar que  $\overline{CTS}$ ,  $\overline{DCD}$  y  $\overline{DSR}$  estén a nivel bajo y que el circuito 1487 reduzca correctamente el nivel de tensión, también que el circuito 1488 esté bien polarizado ( $\pm 12$  Volts) y que por supuesto exista el mismo nivel de referencia entre la computadora y el prototipo.

### III.11. MULTIPLEXAJE DE SALIDA

El último bloque que constituye al prototipo es el bloque de salida, al igual que el bloque de entrada, dependiendo del número de paneles instalados

será el número de circuitos integrados multiplexores, llegando a ser hasta 34 circuitos. La prueba es muy sencilla, ya conectado cada motor a su respectiva salida se empieza a mandar información para que realicen movimientos, si no se realiza movimiento alguno se debe revisar la continuidad de las pistas que unen los multiplexores con el bloque F, así como el voltaje de alimentación. Si se efectúan movimientos parciales, es decir, no todos los paneles a los que se mandó la orden respondieron; hay que revisar los multiplexores que controlen dicha área; como se mencionó en el bloque A, también hay que revisar la correcta conexión de las terminales de control con el circuito 74HC373 para que no exista un mal multiplexado.

Un bloque que no está contemplado en la figura 55 es la sección de los motores que mueven a los paneles (figura 37), esta parte se puede probar por separado de la interfase conectando sus entradas (X, Y, y Z) a un generador de señales ó bien a un multivibrador monoestable, al ir aplicando las señales de movimiento se debe efectuar tal acción; si esto no se realiza, la primera parte a revisar es la correcta alimentación del circuito (4.75 Volts mínimo), a continuación los circuitos NAND y NOR que generan la señal de pulso correspondiente a la tabla descrita en el capítulo II y que llegue a la terminal de disparo de cada MC3456, si se genera la señal entonces revisar que la salida de los circuitos MC3456 presenten un pulso de aproximadamente 10 a 12 mseg que es el que satura a los transistores, si se encuentra correcto entonces revisar el estado de los transistores T5, T6, T7, T8 (ó sus equivalentes en el otro motor si fuera el caso) y de las resistencias que no se encuentren quemados y saturen ó corten correctamente, a continuación los transistores T1, T2, T3, T4 (ó los equivalentes) que también saturen y corten correctamente, los voltajes de saturación para los transistores debe estar entre 0.1 y 0.25 V para ambos casos,

el voltaje de corte es el voltaje de alimentación (Vcc), también se debe revisar los diodos de bombeo que no se hayan estropeado y por último la correcta conexión de los motores, así como la continuidad de su devanado de armadura.

Muchos de los circuitos pueden presentar daño si se les manipula con la mano, tal es el caso del convertidor A/D, la UART, el microprocesador, los retenedores de 8 bits, las memorias RAM y la EPROM; así como todos los multiplexores de entrada y salida que tiene el prototipo, una recomendación es que estos circuitos se instalen al final del proceso de ensamble como se mencionó anteriormente y al momento de manipularlos, que el operario use una pulsera antiestática.

También en el diseño de las tarjetas impresas se deben de revisar cuidadosamente la continuidad de las pistas, el correcto soldado de los componentes, la polaridad de los capacitores y la polarización de los diodos debido a que por una de estas causas tan sencillas posiblemente el sistema no funcione.

### III.12. INSTALACION DEL PROGRAMA EN LA COMPUTADORA

La computadora necesaria para correr el programa no es de gran capacidad pudiendo ser desde una computadora muy sencilla como la 80286, depende de los recursos con que se cuente, así como el tamaño del disco duro que se quiera utilizar para almacenar los datos; entre los pocos requerimientos que se necesitan es una impresora de matriz de puntos y un disco duro instalado en la máquina. Se eligió una impresora de matriz de puntos porque no es necesario una impresión de buena calidad, ya que la información es técnica, no tanto artística. Entre mayor sea la capacidad del disco duro mayor será el tiempo que pueda almacenar información como se observa en la tabla 6. De la instalación del

programa en la computadora que va a efectuar el control del sistema se empezó a hablar en la parte final del capítulo II. Se mencionó que era necesario un programa para instalar los dos archivos que necesita el programa principal y que los demás archivos necesarios los va creando automáticamente el programa principal. La instalación es muy sencilla, en un disco flexible se deben tener los archivos ya compilados INSTALAR.EXE y CONTROL.EXE, así como el archivo de datos ECTIEMPO.TES generado con la hoja de cálculo. En primer lugar hay que copiar el archivo CONTROL.EXE al disco duro con el comando del sistema operativo COPY A:CONTROL.EXE C:CONTROL.EXE, donde A y C son las unidades de disco fuente y destino. A continuación se corre el programa A:INSTALAR.EXE, el cual va capturando los datos necesarios para el cálculo de trayectorias y ubicación del lugar (latitud, longitud local, de referencia, lugar y país) para generar el archivo BASE.TES en la unidad C y copiar ECTIEMPO.TES a la misma unidad. Después de haber instalado el programa principal y los archivos de datos, la computadora puede empezar a manejar el sistema al momento de correr el programa, para correrlo es necesario estar en la unidad C de la computadora: C> y escribir CONTROL.EXE ó simplemente CONTROL para que el sistema inicie su funcionamiento.

## CAPITULO IV

### COSTOS DEL PROTOTIPO

#### IV.1. INTRODUCCION

Enfatizar la Calidad puede ser un apoyo que identifique y elimine las causas de los errores y el retrabajo, reduciendo costos. Por otro lado un esfuerzo mal dirigido por alcanzar la Calidad puede ser causas de problemas tanto con los costos como con la programación al diseñar características innecesarias para un producto, al especificar tolerancias irreales. Un énfasis<sup>4</sup> exagerado en los costos puede tener un impacto mortal sobre la calidad.

#### IV.2. ANALISIS DE COSTOS

Los costos de cualquier actividad son fundamentales en la vida actual, ya que con ellos se determina el futuro de algún proyecto, servicio, investigación, etc., por lo tanto decidí dedicar un capítulo especialmente para cubrir los costos que representa la construcción del prototipo ya que con lo desarrollado más adelante se abarca también una fase muy importante en el diseño del sistema.

Los costos aquí representados son en su mayoría sobre el diseño de la parte electrónica del prototipo.

La lista de componentes con sus respectivos precios se presenta en la tabla 7. Los precios fueron tomados en enero de 1976, la tabla está dividida en dos partes, parte A: Sistema de interfase (figura 55), que incluye resistencias en  $K\Omega$  ( $R_{xx}$ ), potenciómetros multivoltas en  $K\Omega$  ( $P_x$ ), capacitores en  $\mu$ Faradios ( $C_{xx}$ ), diodos ( $D_{xx}$ ), transistores ( $T_x$ ), circuitos integrados ( $IC_{xxx}$ ) y varios

4. Juran J. M., Gryna F.M., "Análisis y Planeación de la Calidad", McGraw-Hill, pág. 10

(cristal resonador Xx, interruptor SW1, transformador Tx, fusible Fx y conector DB25 Kx). Parte b: Sistema de control de interfase (figura 37) formado por capacitores (Cx), circuitos integrados (CIx), diodos (Dx), Motores (Mx), resistencias (Rxx), transistores (Tx y 'Tx).

En cuanto a las celdas solares, el costo de la misma del tipo monocristalino varía mucho en el mercado, el mejor precio de la celda solar que proporciona 0.2255 Watt pico cotizada para venta al menudeo fue de 17.80 pesos, hay que aclarar que es una celda solar monocristalina, ya que la policristalina es más barata, a expensas de tener una eficiencia más baja, el prototipo utiliza dos celdas solares por panel, es decir tendría un costo de 35.6 pesos por unidad, más los costos de engranes, flechas y estructura de soporte. Los engranes pueden ser de uso general (plástico) con un costo promedio de 3 por unidad, al ocuparse 4 ejes por plano de movimiento y ser dos planos entonces se utilizan 8 engranes por panel (24.00 pesos), las flechas se elaboran con varillas de acero del diámetro adecuado a los engranes, el costo promedio para una varilla de 0.5 mm de diámetro es de 1 peso aproximadamente utilizándose 2 varillas por panel (2.00 pesos), en cuanto a la estructura el precio no se puede determinar con facilidad, ya que dependerá del material con que se construya (aluminio, hierro, madera, plástico, etc.).

Resumiendo se tiene lo siguiente:

Costo de la Interfase del Sistema: 772.38

Costo por Control del Sistema: 102.55

Costo de Celdas Solares, Flechas  
y engranes: 61.60

Costo global del prototipo con un panel solar: 936.53

Se hace la aclaración que no están incluidos los costos de las estructuras de soporte para las celdas solares y motores así como el de fabricación y

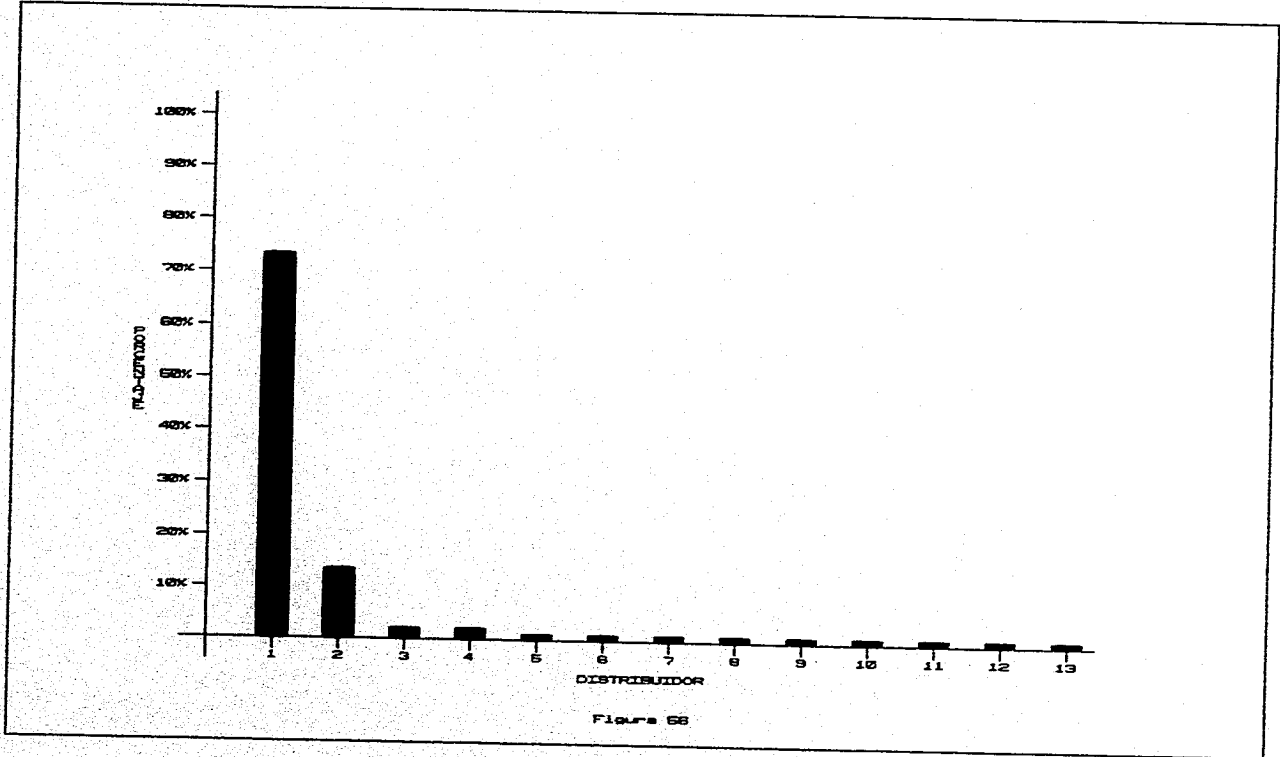


ensamble de las tarjetas impresas. El costo de las estructuras no se incluyó ya que se necesita un diseño para obtener especificaciones, cosa que está fuera del alcance de esta tesis. En cuanto al costo de las tarjetas impresas, el proceso de construcción puede desarrollarse de dos formas distintas que dependerán de la planeación del proyecto: La primer forma es mandar a maquilar las tarjetas, la segunda forma es que el equipo que esté realizando el proyecto haga tal actividad comprando los elementos necesarios para su realización (programas de computadora; emulsiones, fijadores, bastidores, tintas, y todos los elementos necesarios para la serigrafía; cajas contenedoras de las tarjetas, capacitación de los elementos de equipo para que sean capaces de llevarlo a cabo etc.). La decisión debe tomarse en base a un análisis costo-beneficio que dé el resultado óptimo, es decir posiblemente se cuente con una gran capital de inversión, siendo así lo mejor es optar por la compra de todos los elementos necesarios para la construcción, ya que así se estarán disminuyendo los proveedores y reduciendo tiempos de entrega, errores de manufactura, costos en caso de altos niveles de producción, etc. además de estar los elementos del equipo más especializados debido a la capacitación que se les imparta. Si no se tiene un gran presupuesto la mejor opción es la de mandar a maquilar, ya que así se ahorra los costos de elementos de fabricación, pero pueden haber problemas ya que al tener un proceso de producción con un proveedor más, se tiene una mayor posibilidad de tener retrasos ó fallos.

Los costos aumentan conforme se vayan instalando más celdas, por cada celda que se instale el costo se eleva 102.55 pesos (costo de los materiales electrónicos) más el costo de la estructura. El incremento del costo puede disminuir después de cierto número de paneles ya que el distribuidor al tener un mayor volumen de venta ofrecerá precios más bajos, el volumen está determinado por el distribuidor.

Es interesante observar que los costos de construcción a escala natural difieren bastante respecto a los del prototipo, ya que los costos de la parte electrónica del prototipo el costo del simulador de un panel (2 celdas solares) representa el 6.57%, el costo de un panel real de 256 módulos fotovoltaicos es de 1,536,000 pesos (6,000 pesos/módulo \* 256 módulos) sin incluir flechas y engranes, esto representa casi el 100% de los costos.

En el proceso de recopilación de los precios de componentes de la tabla 7, se tuvo que acudir a 13 distribuidores que proporcionaran los precios, esto es debido a que aunque se trate de una misma área de actividad, es tan amplia que prácticamente resultará imposible que un sólo distribuidor tuviera todos los elementos de todas las compañías fabricantes de componentes electrónicos. Si se le da un seguimiento estadístico al proceso de recopilación de precios, se observa que se ajusta al principio de Pareto. Éste dice que unos cuantos de los contribuyentes a cualquier proceso de producción son responsables de la mayor parte de él. Es decir de todos los proveedores consultados solamente 2 ó 3 son los que proporcionaron casi todos los precios de componentes, como se observa en la tabla 8 y en la figura 56. Se deduce que la mayor parte de suministros serán por parte del proveedor 1.



## CONCLUSIONES

Ante la apertura de las fronteras del país debido al Tratado de Libre Comercio con Estados Unidos y Canadá, y el próximo tratado con la Unión Europea, surge la necesidad de profundizar en el desarrollo de la investigación científica y tecnológica nacional, al existir un libre comercio con los países más poderosos del mundo, México no debe quedarse rezagado porque tendríamos una mayor dependencia de la tecnología extranjera para subsistir. En lo que se refiere al área de nuevas formas de conversión de electricidad, Estados Unidos y España están a la vanguardia mundial en tanto que nuestro país posee una muy pequeña área de investigación en las universidades e institutos de educación superior.

Las reservas de petróleo se estima que no durarán más allá de 75 años, las plantas hidroeléctricas no serán suficientes para proveer la energía necesaria cuando esto pase; la prevención ahorra muchos problemas y este momento es el adecuado para que el país invierta en estudios de nueva formas de conversión de energía ya que si no lo hiciera, entonces tendría que comprar la tecnología necesaria para sustituir los procesos obsoletos teniendo como consecuencia un pago muy alto hacia compañías extranjeras, cosa que si se propone se puede evitar.

El presente trabajo es una modesta propuesta para el amplio campo de investigación de conversión de energía solar, se enfocó principalmente al estudio de los ángulos de incidencia solar y al diseño de un sistema de interfase computadora-paneles solares. Como menciona en el prólogo, la idea no es nueva, pero no deja de ser un tema a estudiar e investigar, ya que si existen sistemas que realizan la conversión de energía, su mejoramiento y perfeccionamiento las irán haciendo paulatinamente más eficaces y baratas.

Una de las metas que se pensaron fué que este trabajo sea un aporte tecnológico totalmente nacional, es decir que fuera planeado y desarrollado con las facilidades y prestaciones que existen en el país, que como se sabe no son muy grandes.

El equipo humano al que está pensado este diseño se enfoca a profesores e investigadores de universidades ó institutos nacionales que sus trabajos se enfocan al desarrollo de proyectos. El equipo necesario no es muy sofisticado y se encuentra en cualquier plantel antes citado, entre los materiales de trabajo principales están: Computadoras con disco duro e impresoras, paquetes de computación orientados al cálculo y diseño de circuitos electrónicos y sus correspondientes tarjetas de soporte, osciloscopios, multímetros, generadores de señal, fuentes de alimentación, estaciones de soldadura, manuales técnicos, laboratorios, etc; es por este motivo que no se incluyó en los costos todos estos elementos ya que al suponer que el equipo de trabajo posee estos elementos, incluirlos sería duplicar costos.

La construcción del prototipo no es muy compleja ya que los elementos necesarios son de fácil adquisición (uno de los objetivos mencionados al principio) y por lo tanto no hay riesgo de faltantes.

Por supuesto que se pudo hacer un diseño con otras especificaciones como por ejemplo una tarjeta de adquisición de datos con convertidores analógicos/digitales "flash" en la tarjeta ó un convertidor por panel, también se pudo proponer realizar el programa principal con un lenguaje más avanzado, pero otra de las metas era la simplicidad para realizar un sistema que sirviera al personal de las universidades e institutos enseñar a los alumnos los principios de la conversión fotovoltaica -antes de intentar correr se debe saber caminar-, con el propósito de iniciar a la gente en un área muy poco desarrollada y con un amplio futuro. También puede servir para pruebas en campo:

Tomar lecturas de la magnitud de la radiación solar, simular el comportamiento de una planta en un lugar determinado, como base para sistemas más complejos que tengan mayores prestaciones y potencia de generación, etc.

El objetivo principal se cumplió, ya que el diseño fué elaborado y analizado en el capítulo II y cumple con las características que se deseaban (control por microcomputador y se hizo el análisis del ángulo de máxima incidencia solar en paneles solares rastreadores de dos grados de libertad).

El primer objetivo particular se cubrió con el desarrollo del sistema, ya que éste es una propuesta que es viable aunque si fuera a escala natural de un costo elevado.

El segundo apartado fue el de la relación hombre entorno, al desarrollar un prototipo que no tiene elementos de combustión interna que contaminen nuestro entorno, evitamos la intoxicación del habitat y por consiguiente mejoramos la relación hombre entorno.

El tercer objetivo era el diseño del sistema de control de movimiento de los paneles solares, el sistema de control abarca desde los circuitos que reciben las señales hasta los motores que efectúan el movimiento, el diseño se centró en la parte electrónica dejando la parte mecánica a un segundo plano proponiendo sólo un sistema de movimiento por engranes de lazo abierto para fines de estudio de los pulsos de motor.

El cuarto objetivo referente al sistema de rastreo con dos grados de libertad para máxima captación de energía, al realizar el estudio del movimiento en el capítulo II se tomó en cuenta los movimientos azimutal y de altura solar cumpliendo así con los dos grados de libertad esperados.

El objetivo número 5 planteaba un sistema en tiempo real, objetivo que resulta difícil de alcanzar ya que se necesitan bastantes elementos para lograrlo; el prototipo realiza la lectura de las variables eléctricas cada 10

minutos ó cuando el usuario las solicite. El tiempo de 10 minutos fue debido a la transmisión de datos y principalmente al tiempo de conversión A/D que puede ser reducido con otro convertidor pero a expensas de reducir la resolución en las lecturas tomadas.

El sexto objetivo proponía una simplicidad en el diseño debido a que en el país no se encuentran fácilmente circuitos integrados complejos y/o reciente desarrollo (por ejemplo los convertidores A/D flash) y componentes discretos de precisión (capacitores de teflón), el inconveniente de buscar esta simplicidad es que se pierde exactitud de las lecturas tomadas y rapidez de sistema, pero la ventaja reside que los costos se reducen permitiendo el acceso a un mayor número de personas para construirlo.

El siguiente objetivo proponía una fácil interconexión con computadoras compatibles sin la necesidad de instalar tarjetas adicionales de adquisición de datos; la idea de utilizar el puerto serial reside en que casi todas las microcomputadoras que se venden actualmente poseen por lo menos un puerto serial y uno paralelo, el paralelo se destina a la impresora y el serial muchas veces queda sin utilizarse ó tiene más de uno, aprovechando esta situación se desarrolló la interfase de puerto serial que permite conectar al prototipo con cualquier computadora compatible haciendo al sistema más sencillo de utilizar, un inconveniente es que si ocurriera una falla de alimentación en el prototipo la computadora podría quedar dañada ya que no cuenta con aislamiento eléctrico el puerto serial.

El último objetivo planteaba una toma de lecturas con una exactitud menor al 0.5%, el elemento crítico del sistema que es el que debe tener esta exactitud es el convertidor A/D, el ADC3511 tiene una no linealidad máxima del 0.05%, un error de "offset" máximo de 3 mV sobre una entrada de 0 Volts en una escala de 0.000 a 1.999 V (0.15%), es decir si en un momento dado el convertidor

presentara sus dos peores parámetros al mismo tiempo tendría apenas un error del 0.2%. El circuito de muestreo y retención tiene un error de ganancia del 0.02%, los amplificadores operacionales al ser seguidores de tensión no presentan alguna pérdida de señal y los multiplexores el parámetro a controlar es la corriente que circula por ellos al encenderse, suponiendo una impedancia de entrada de 1 m $\Omega$  de los operacionales más 1 M $\Omega$  de la resistencia de ajuste de "offset" al tener un voltaje a medir de 2 Volts circulará una corriente aproximada de 1  $\mu$ Amp, y el multiplexor MC14067 presenta una resistencia máxima de encendido de 1300  $\Omega$ , esto produce una caída de voltaje de 1.3 mV y al ser dos multiplexores en serie la pérdida es de 2.6 mV (0.13% a plena escala), el multiplexor MC14551 (última etapa de multiplexión) presenta una resistencia máxima de encendido de 1200  $\Omega$ , a éste multiplexor llega el 99.87% de la señal original (100-0.13%) la salida del amplificador va al filtro pasabajos y suponiendo también una impedancia de entrada de 1 m $\Omega$  hay una corriente aproximada de 1.997  $\mu$ Amp ( $2 \times 0.9987V / 1M\Omega$ ) que provoca una caída de voltaje máxima de 2.397 mV ( $2.397mV / (2 \times 0.9987) = 0.12\%$ ), a la entrada del circuito de muestreo y retención llega el 99.75% del voltaje original ( $(2 - (2.6 + 2.397) \times 10^{-3}) / 2$ ) es decir hay un error máximo del 0.25% en el peor de los casos, a la salida del circuito el peor valor de salida será de  $(99.75\% \times (100 - 0.02\%)) = 99.73\%$  del valor de entrada, este valor es el que se aplica al convertidor analógico/digital que como se mencionó tiene un error de 0.2% y es muy poco probable que se presente físicamente esta combinación de eventos que dan la máxima desviación de los valores medidos, cosa que aumenta la exactitud del sistema.

Por último, los componentes se pueden conseguir fácilmente en el mercado nacional.



## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

### APUNTES DE CLASE

- E.N.E.P. ARAGON, U.N.A.M.: "Control Analógico", Edo. de México, 1993.  
E.N.E.P. ARAGON, U.N.A.M.: "Física Experimental", Edo. de México, 1990.

### DICCIONARIOS

- Biblioteca de Electrónica/Informática: "Diccionario de Electrónica Informática, nuevas tecnologías", Orbis Marcombo, Barcelona, España 1986.  
Biblioteca de Electrónica/Informática: "Energía Solar Fotovoltaica, Nuevas Tecnologías", Orbis Marcombo, Barcelona, España 1986.  
Williams Edwin B.: "Diccionario Inglés-Español, Español-Inglés", Bantam Books, New York, U.S.A., 1981.

### LIBROS

- Ayres Frank Jr.: "Cálculo Diferencial e Integral", Shaum McGraw-Hill, México, D.F., marzo 1987.  
Baena Guillermina, Montero Sergio: "Tesis en 30 Días, Lineamientos Prácticos y Científicos", Editores Mexicanos Unidos, México D.F., 1993.  
Bartee Thomas C.: "Fundamentos de Computadores Digitales", McGraw-Hill, Bogotá, Colombia 1981.  
Chapman Stephen J.: "Máquinas Eléctricas", McGraw-Hill, México, D.F., octubre 1991.  
Ciarcia Steve: "Construya una Microcomputadora Basado en el Z-80. Guía de Diseño y Funcionamiento", McGraw-Hill, México, D.F., 1988.  
Cooper William D., Helfrick Albert D.: "Instrumentación Electrónica Moderna y Técnicas de Medición", Prentice Hall, México, D.F., febrero 1993.  
Dorf Richard C.: "Sistemas Modernos de Control. Teoría y Práctica", Addison-Wesley Iberoamericana, Wilmington, Delaware, U.S.A., 1989.  
Duran J. M., Gryna F. M.: "Análisis y Planeación de la Calidad. Del Desarrollo del Producto al Uso", McGraw-Hill, México, D.F., Noviembre 1994.  
Edminister Joseph A.: "Circuitos Eléctricos", Shaum McGraw-Hill, México, D.F., enero 1990.  
Enriquez Harper Gilberto: "Análisis Moderno de Sistemas Eléctricos de Potencia", Limusa, México, D.F., 1981.  
Garza Tomás: "Elementos de Cálculo de Probabilidades", Biblioteca de ciencias U.N.A.M., México D.F. 1983.  
Gerez Victor, Grijalva Manuel: "El Enfoque de Sistemas", Limusa, México, D.F., 1991.  
Gottfried Byron S.: "Programación Basic", Shaum McGraw-Hill, México, D.F., agosto 1989.  
Hayes John P.: "Diseño de Sistemas Digitales y Microprocesadores", McGraw-Hill, México, D.F., 1990.  
Holman Jack P., Gajda W. J., Jr.: "Métodos Experimentales para Ingenieros", McGraw-Hill, México, D.F., junio 1990.  
Juran J.M., Gryna F.M.: "Análisis y Planeación de la Calidad", McGraw-Hill, México, D.F., noviembre 1994.

- Luthe Rodolfo, Olivera Antonio, Schutz Fernando: "Métodos Numéricos", Limusa, México, D.F., 1990.
- Kindle Joseph H.: "Geometría Analítica", Shaum McGraw-Hill, México, D.F., octubre 1974.
- Maloney Timothy J.: "Electrónica Industrial, Dispositivos y Sistemas", Prentice Hall, México, D.F., 1983.
- Malvino Albert Paul: "Principios de Electrónica", McGraw-Hill, México, D.F., junio 1990.
- Manriquez Jose A.: "Energía Solar, Fundamentos y Aplicaciones Fototérmicas", Harla, México, D.F., 1984.
- McKelvey John P, Grotch Howard: "Física Para Ciencias e Ingeniería", Harla, México, D.F., 1981.
- Miller Irwin R., Freund John E., Johnson Richard: "Probabilidad y Estadística para Ingenieros", Prentice Hall, México, D.F., 1992.
- Nichols Elizabeth A., Nichols Joseph C., Musgan Heith R.: "Data Communication for Microcomputers with practical Applications and Experiments"
- Nichols Elizabeth A., Nichols Joseph C., Rony Peter R.: "Programación del Microprocesador Z-80", Marcombo Boixerau Editores, Barcelona, España, 1984.
- Nichols Joseph C., Nichols Elizabeth A., Rony Peter R.: "Microprocesador Z-80, Programación e Interfaces", Publicaciones Marcombo S.A., México, D.F., 1984.
- Ogata Katsuhiko: "Ingeniería de Control Moderna", Prentice Hall, México, D.F., 1992.
- Dillero Barutone Anibal: "Control por Computadora, Descripción Interna y Diseño Óptimo", Alfa-Omega Marcombo, México, D.F., 1992.
- Ramshaw Raymond: "Electrónica de Potencia", Marcombo Boixerau Editores, Barcelona, España, 1982.
- Resnick Robert, Halliday David: "Física parte 1", C.E.C.S.A., S.A. de C.V., México, D.F., junio 1989.
- Sedra A., Smith K.C.: "Dispositivos Electrónicos y Amplificación de Señales", McGraw-Hill, México, D.F., septiembre 1990.
- Schilling Donald L., Belove Charles: "Circuitos Electrónicos, Discretos e Integrados", Alfa-Omega Marcombo, México, D.F., 1991.
- Stevenson William D.: "Análisis de Sistemas Eléctricos de Potencia", McGraw-Hill, México, D.F., febrero 1992.
- Swokowski Earl W.: "Cálculo con Geometría Analítica", Grupo Editorial Iberoamérica, México, D.F., 1982.
- Thompson Philip D., O'Brien Robert: "Fenómenos Atmosféricos, Colección Científica de LIFE en Español", Time-Life, México D.F., 1970.
- Tokheim Roger Lq: "Principios Digitales", Shaum McGraw-Hill, México, D.F., agosto 1990.
- Tremblay Jean-Paul, Bunt Richard B.: "Introducción a la Ciencia de las Computadoras, Enfoque Algorítmico", McGraw-Hill, México D.F., mayo 1989.
- Van Der Merwe Carel: "Física General", Shaum McGraw-Hill, México, D.F., septiembre 1985.

#### MANUALES

- Casio: "Computadora Personal FX-880P, Manual del Usuario", Japón.
- Gutierrez Rodriguez Beatriz, Villegas Mendoza Carlos, Gonzales Maxinez David: "Electrónica de Potencia, Manual de Prácticas", Cuadernos de la E.N.E.P. ARAGON-U.N.A.M., Edo. de México, junio 1992.

Intel: "Memory", Illinois U.S.A., 1990.

Kaufman Milton, Seidman Arthur H.: "Manual Para Ingenieros y Técnicos en Electrónica. Diagramas, Curvas, Tablas y Gráficas", McGraw-Hill, México, D.F., 1992.

Motorola: "CMOS Logic Data", Phoenix Arizona, U.S.A., 1991.

Motorola: "Linear Interface ICss. Device Data Vols. 1 & 2", Phoenix, Arizona, U.S.A., 1993.

Motorola: "Small-Signal Transistors, FETs and Diodes", Phoenix, Arizona, U.S.A., 1989.

Motorola, Logic Integrated Circuits Division: "Fast and LS TT Data", Phoenix, Arizona, U.S.A., 1992.

Motorola, Logic Integrated Circuits Division: "Hig Speed CMOS Data", Phoenix, Arizona, U.S.A., 1993.

National Semiconductor: "Data Adquisition Databook", Santa Clara, California, U.S.A., 1993.

National Semiconductor: "Data Communication, Local Area Network, Uarts Handbook", Santa Clara California, U.S.A., 1990.

National Semiconductor: "Memory Databook", Santa Clara, California, U.S.A., 1994.

National Semiconductor: "Operational Amplifiers Databook", Santa Clara California, U.S.A., 1993.

Panasonic: "Operating Instructions, Impact Dot Matrix Printer", Japón, 1989.

Printaform: "Gw Basic 3.2", México, D.F., 1988.

Star Micronics CD., LTD: "NX-1001 multi-font DOT MATRIX PRINTER", Japón, 1990.

Thomson Consumer Electronics Inc.: "TCE SK series, Reliable and Replacement Semiconductors", Deptford, N.J., U.S.A., 1989.

#### REVISTAS

Braga Newton C.: Saber Electrónica, Número Extraordinario, Circuitos e Informaciones Vol. 2, Televisión S.A. de C.V., México, D.F., 1992.

Braga Newton C., Vallejo H. D.: "Transmisión de Datos (Patrones RS232, RS422, RS423, y RS485)", Saber Electrónica, Televisión S.A. de C.V., México, D.F., julio 1994.

Castaño Laura: "El Gigante de la Mancha. En Toledo Funciona la Central Solar más Moderna del Mundo", Muy Interesante, Provenex S.A. de C.V., México, D.F., junio 1995.

Contreras Ifigor: "El Rayo que no Cesa, Energía Fotovoltaica Para Todos", Muy Interesante, Provenex S.A. de C.V., México, D.F., febrero 1991.

Intermex, S.A.: "¿Porqué Trabajan Tanto los Japoneses?", Muy Interesante, México, D.F., octubre 1984.

Parra R. Leopoldo, Orozco M. Javier: "¿Qué Son y Cómo Funcionan las Celdas Solares", Electrónica Práctica Resistor, Samra S.A. de C.V., México, D.F., octubre 1994.

Provenex, S.A. de C.V.: "Al Sol que más Calienta, la Energía Solar ya es Competitiva", Muy Interesante Edición Especial La Energía, México, D.F., 1993.

Samra S.A. de C.V.: "Casi Todo Sobre Capacitores, primera parte", Electrónica Hoy, Revista Profesional de Electrónica y Comunicaciones, México, D.F., junio 1993.

Samra S.A. de C.V.: "Casi Todo Sobre Capacitores, segunda parte", Electrónica Hoy, Revista Profesional de Electrónica y Comunicaciones, México, D.F.,

julio 1993.  
Samra S.A. de C.V.: "Conmutador para Impresora", Electrónica Práctica Resistor, México, D.F., Abril 1993.  
Samra S.A. de C.V.: "Células Solares", Electrónica Práctica Resistor, México, D.F., junio 1994.  
Samra S.A. de C.V.: "Heliostato", Electrónica Práctica Resistor, México, D.F., Enero 1995.  
Silva Tozette Selio Carlos: "Microprogramador RAM Experimental", Saber Electrónica, Televisión S.A. de C.V., México D.F., febrero 1992.  
Televisión S.A. de C.V.: "Convertidores A/D", Saber Electrónica, México, D.F., noviembre 1990.  
Vidal Juan Ramón: "Carreras a la Parilla. Los Coches Solares Superan los 90 Km. por Hora", Muy Interesante, Provenex S.A. de C.V., México, D.F., junio 1990.

## APENDICE

### TABLAS:

Número	Contenido	Hoja
1	Ángulos de declinación diaria del Sol ( $\delta$ )	158
2	Valores diarios de la ecuación del tiempo (E)	159
3	Tabulación de la función $\cos(\theta)$	160
4	Cálculo de incrementos de $\alpha$ y $\Gamma$ para obtener la distancia máxima entre el ángulo de incidencia real y la normal del panel solar	161
5	Relación de ángulos que recorren el eje del motor y las flechas de los engranes	162
6	Espacio necesario en disco duro para los diferentes archivos del prototipo	163
7	Costo de componentes	164
8	Cálculo del porcentaje de suministro de los proveedores	166

### COMPONENTES:

Nombre:	Página
ADC3511	167
INS8250	170
LF398A	173
LM324	174
MC3456	175
MC14067	176
MC14551	177

TABLA 1

DIA	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1	-23.0	-17.5	-7.9	4.4	15.2	22.2	23.0	17.7	7.3	-4.6	-15.7	-22.2
2	-22.9	-17.2	-7.5	4.8	15.5	22.3	23.0	17.4	7.0	-5.0	-16.0	-22.4
3	-22.8	-17.0	-7.2	5.2	15.8	22.4	22.9	17.1	6.6	-5.4	-16.3	-22.5
4	-22.7	-16.7	-6.8	5.6	16.1	22.5	22.8	16.8	6.2	-5.8	-16.5	-22.6
5	-22.6	-16.4	-6.4	6.0	16.4	22.6	22.7	16.5	5.8	-6.2	-16.8	-22.7
6	-22.5	-16.1	-6.0	6.4	16.7	22.7	22.6	16.3	5.4	-6.6	-17.1	-22.8
7	-22.4	-15.8	-5.6	6.8	17.0	22.8	22.5	16.0	5.0	-7.0	-17.4	-22.9
8	-22.3	-15.5	-5.2	7.2	17.2	22.9	22.4	15.7	4.6	-7.3	-17.7	-23.0
9	-22.2	-15.2	-4.8	7.5	17.5	23.0	22.2	15.4	4.2	-7.7	-17.9	-23.0
10	-22.0	-14.9	-4.4	7.9	17.8	23.1	22.1	15.1	3.8	-8.1	-18.2	-23.1
11	-21.9	-14.6	-4.0	8.3	18.0	23.2	22.0	14.7	3.4	-8.5	-18.4	-23.2
12	-21.8	-14.3	-3.6	8.7	18.3	23.2	21.8	14.4	3.0	-8.9	-18.7	-23.2
13	-21.6	-13.9	-3.2	9.0	18.5	23.3	21.7	14.1	2.6	-9.2	-18.9	-23.3
14	-21.4	-13.6	-2.8	9.4	18.8	23.3	21.5	13.8	2.2	-9.6	-19.1	-23.3
15	-21.3	-13.3	-2.4	9.8	19.0	23.4	21.4	13.5	1.8	-10.0	-19.4	-23.4
16	-21.1	-13.0	-2.0	10.1	19.3	23.4	21.2	13.1	1.4	-10.3	-19.6	-23.4
17	-20.9	-12.6	-1.6	10.5	19.5	23.4	21.0	12.8	1.0	-10.7	-19.8	-23.4
18	-20.7	-12.3	-1.2	10.9	19.7	23.4	20.8	12.4	0.6	-11.0	-20.0	-23.4
19	-20.5	-11.9	-0.8	11.2	19.9	23.4	20.6	12.1	0.2	-11.4	-20.2	-23.4
20	-20.3	-11.6	-0.4	11.6	20.1	23.4	20.4	11.8	-0.2	-11.8	-20.4	-23.4
21	-20.1	-11.2	0.0	11.9	20.3	23.4	20.2	11.4	-0.6	-12.1	-20.6	-23.4
22	-19.9	-10.9	0.4	12.3	20.5	23.4	20.0	11.0	-1.0	-12.4	-20.8	-23.4
23	-19.7	-10.5	0.8	12.6	20.7	23.4	19.8	10.7	-1.4	-12.8	-21.0	-23.4
24	-19.5	-10.1	1.2	13.0	20.9	23.4	19.6	10.3	-1.8	-13.1	-21.2	-23.4
25	-19.3	-9.8	1.6	13.3	21.1	23.4	19.4	10.0	-2.2	-13.5	-21.4	-23.4
26	-19.0	-9.4	2.0	13.6	21.3	23.3	19.1	9.6	-2.6	-13.8	-21.5	-23.3
27	-18.8	-9.0	2.4	13.9	21.4	23.3	18.9	9.2	-3.0	-14.1	-21.7	-23.3
28	-18.5	-8.7	2.8	14.3	21.6	23.2	18.7	8.9	-3.4	-14.4	-21.8	-23.2
29	-18.3	-8.3	3.2	14.6	21.8	23.2	18.4	8.5	-3.8	-14.7	-22.0	-23.2
30	-18.0	-	3.6	14.9	21.9	23.1	18.2	8.1	-4.2	-15.1	-22.1	-23.1
31	-17.8	-	4.0	-	22.0	-	17.9	7.7	-	-15.4	-	-23.0

TABLA 2

DIA	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	JuI	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1	-3.4	-13.6	-12.8	-4.0	3.0	2.2	-3.4	-6.1	0.5	10.1	16.4	11.1
2	-3.5	-13.7	-12.5	-3.7	3.0	2.1	-3.5	-6.0	0.7	10.4	16.4	10.7
3	-3.6	-13.8	-12.3	-3.4	3.1	1.9	-3.7	-6.0	0.9	10.7	16.4	10.3
4	-3.7	-13.9	-12.1	-3.2	3.2	1.7	-3.9	-5.9	1.2	11.0	16.3	9.9
5	-3.8	-14.0	-11.8	-2.9	3.3	1.6	-4.0	-5.8	1.4	11.3	16.3	9.5
6	-3.9	-14.1	-11.6	-2.7	3.4	1.4	-4.2	-5.8	1.6	11.6	16.3	9.1
7	-4.0	-14.2	-11.4	-2.4	3.5	1.2	-4.4	-5.7	1.9	12.0	16.3	8.7
8	-4.1	-14.4	-11.2	-2.1	3.5	1.1	-4.6	-5.6	2.1	12.3	16.3	8.3
9	-4.8	-14.3	-10.9	-1.8	3.5	1.0	-4.7	-5.5	2.4	12.5	16.1	7.9
10	-5.5	-14.3	-10.6	-1.5	3.6	0.8	-4.8	-5.3	2.7	12.8	16.0	7.4
11	-6.3	-14.3	-10.4	-1.1	3.6	0.7	-4.9	-5.2	3.1	13.1	15.9	7.0
12	-7.0	-14.4	-10.1	-0.8	3.6	0.6	-5.1	-5.1	3.4	13.3	15.8	6.5
13	-7.7	-14.4	-9.8	-0.5	3.6	0.5	-5.2	-4.9	3.7	13.6	15.7	6.1
14	-8.5	-14.4	-9.5	-0.1	3.6	0.4	-5.3	-4.8	4.0	13.9	15.5	5.6
15	-9.2	-14.5	-9.3	0.2	3.7	0.2	-5.5	-4.6	4.3	14.1	15.4	5.2
16	-9.5	-14.3	-9.0	0.4	3.6	0.0	-5.5	-4.4	4.7	14.4	15.2	4.7
17	-9.8	-14.3	-8.6	0.5	3.6	-0.3	-5.6	-4.2	5.1	14.6	15.0	4.3
18	-10.1	-14.2	-8.3	0.7	3.5	-0.6	-5.7	-4.0	5.4	14.9	14.8	3.8
19	-10.5	-14.1	-8.0	0.9	3.5	-0.8	-5.8	-3.8	5.8	15.1	14.5	3.3
20	-10.8	-14.0	-7.7	1.0	3.4	-1.1	-5.9	-3.6	6.2	15.4	14.3	2.8
21	-11.1	-14.0	-7.4	1.2	3.4	-1.4	-5.9	-3.4	6.5	15.6	14.1	2.4
22	-11.5	-13.9	-7.1	1.4	3.3	-1.6	-6.0	-3.2	6.9	15.9	13.9	1.9
23	-11.6	-13.7	-6.8	1.6	3.2	-1.8	-6.1	-2.9	7.3	16.0	13.6	1.8
24	-11.9	-13.6	-6.5	1.7	3.1	-2.0	-6.1	-2.7	7.6	16.0	13.3	1.8
25	-12.1	-13.4	-6.2	1.9	3.0	-2.2	-6.1	-2.4	8.0	16.1	13.0	1.7
26	-12.4	-13.2	-5.8	2.1	2.9	-2.4	-6.1	-2.1	8.3	16.1	12.7	1.7
27	-12.6	-13.0	-5.5	2.2	2.8	-2.6	-6.1	-1.9	8.7	16.2	12.4	1.6
28	-12.9	-12.9	-5.2	2.4	2.7	-2.8	-6.2	-1.6	9.0	16.2	12.1	1.5
29	-13.1	-	-4.9	2.6	2.6	-3.0	-6.2	-1.4	9.4	16.3	11.8	1.5
30	-13.3	-	-4.5	2.8	2.5	-3.2	-6.2	-0.8	9.7	16.3	11.4	-0.1
31	-13.4	-	-4.3	-	2.3	-	-6.1	-0.2	-	16.4	-	-1.7

TABELA 3

TETA	COS(TETA)
0	1.0000
1	0.9998
2	0.9994
3	0.9986
4	0.9976
5	0.9962
6	0.9945
7	0.9925
8	0.9903
9	0.9877
10	0.9848
20	0.9397
30	0.8660
40	0.7660
50	0.6428
60	0.5000
70	0.3420
80	0.1736
90	0.0000



TABLA 4

0 DECIMALES				2 DECIMALES							
ALFA	INC.	ALFA	INC.	GAMMA	DISTANCIA	ALFA	INC.	ALFA	INC.	GAMMA	DISTANCIA
0	0	0	0	0.0000	0.00	0.00	5.50	5.50	5.50	0.1355	
0	0	2	0	0.0349	0.00	5.50	5.50	5.55	5.50	0.1362	
0	0	4	0	0.0698	0.00	5.50	5.50	5.60	5.50	0.1368	
0	0	6	0	0.1047	0.00	5.50	5.50	5.65	5.50	0.1374	
0	0	8	0	0.1395	0.00	5.50	5.50	5.70	5.50	0.1380	
0	2	0	0	0.0349	0.00	5.50	5.50	5.75	5.50	0.1387	
0	2	2	0	0.0494	0.00	5.50	5.50	5.80	5.50	0.1393	
0	2	4	0	0.0780	0.00	5.50	5.50	5.85	5.50	0.1399	
0	2	6	0	0.1103	0.00	5.55	5.55	5.50	5.50	0.1362	
0	2	8	0	0.1438	0.00	5.55	5.55	5.55	5.55	0.1368	
0	4	0	0	0.0698	0.00	5.55	5.55	5.60	5.55	0.1374	
0	4	2	0	0.0780	0.00	5.55	5.55	5.65	5.55	0.1380	
0	4	4	0	0.0987	0.00	5.55	5.55	5.70	5.55	0.1386	
0	4	6	0	0.1257	0.00	5.55	5.55	5.75	5.55	0.1393	
0	4	8	0	0.1558	0.00	5.55	5.55	5.80	5.55	0.1399	
0	6	0	0	0.1047	0.00	5.60	5.60	5.50	5.50	0.1368	
0	6	2	0	0.1103	0.00	5.60	5.60	5.55	5.55	0.1374	
0	6	4	0	0.1257	0.00	5.60	5.60	5.60	5.60	0.1380	
0	6	6	0	0.1478	0.00	5.60	5.60	5.65	5.65	0.1386	
0	8	0	0	0.1395	0.00	5.60	5.60	5.70	5.60	0.1392	
					0.00	5.60	5.60	5.75	5.60	0.1399	
					0.00	5.65	5.65	5.50	5.50	0.1374	
					0.00	5.65	5.65	5.55	5.55	0.1380	
					0.00	5.65	5.65	5.60	5.60	0.1386	
					0.00	5.65	5.65	5.65	5.65	0.1392	
					0.00	5.65	5.65	5.70	5.70	0.1398	
					0.00	5.70	5.70	5.50	5.50	0.1380	
					0.00	5.70	5.70	5.55	5.55	0.1386	
					0.00	5.70	5.70	5.60	5.60	0.1392	
					0.00	5.70	5.70	5.65	5.65	0.1398	

1 DECIMAL					
ALFA	INC.	ALFA	INC.	GAMMA	DISTANCIA
0.0	5.0	5.0	5.0	0.1233	
0.0	5.0	5.5	5.5	0.1295	
0.0	5.0	6.0	6.0	0.1361	
0.0	5.0	6.5	6.5	0.1429	
0.0	5.5	5.0	5.0	0.1295	
0.0	5.5	5.5	5.5	0.1355	
0.0	5.5	6.0	6.0	0.1418	
0.0	6.0	5.0	5.0	0.1361	
0.0	6.0	5.5	5.5	0.1418	

TABLE 5

t (msec)	revs.	teta1	teta2	teta3	teta4
1000	36.67	13200	3360.0	855.27	217.71
900	33.00	11880	3024.0	769.75	195.94
800	29.33	10560	2688.0	684.22	174.16
700	25.67	9240	2352.0	598.69	152.39
600	22.00	7920	2016.0	513.16	130.62
500	18.33	6600	1680.0	427.64	108.85
400	14.67	5280	1344.0	342.11	87.08
300	11.00	3960	1008.0	256.58	65.31
200	7.33	2640	672.0	171.05	43.54
100	3.67	1320	336.0	85.53	21.77
50	1.83	660	168.0	42.76	10.89
40	1.47	528	134.4	34.21	8.71
30	1.10	396	100.8	25.66	6.53
20	0.73	264	67.2	17.11	4.35
10	0.37	132	33.6	8.55	2.18
0	0.00	0	0.0	0.00	0.00

TABLA 6

CAPACIDAD MAXIMA: 256 PANELES  
 LECTURAS PROMEDIO POR DIA (DIA PROM.=12 HORAS): 72  
 DIAS POR AÑO (PROM.): 365

PARA PP. TES:  
 SON 8 BYTES POR PANEL POR LECTURA  
 BYTES PP:  $8 \times 256 \times 72 \times \text{DIAS} =$  147456 POR DIA

PARA HORA:  
 SON 12 BYTES POR LECTURA  
 BYTES HORA:  $12 \times 72 \times \text{DIAS} =$  864 POR DIA

PARA DIA:  
 SON 10 BYTES POR DIA  
 BYTES DIA:  $10 \times \text{DIAS} =$  10 POR DIA

PARA MES:  
 SON 10 BYTES POR MES  
 BYTES MES:  $10 \times \text{MES} =$  10 POR MES

PARA AÑO:  
 SON 12 BYTES POR AÑO  
 BYTES AÑO:  $12 \times \text{AÑO} =$  12 POR AÑO

DIAS	AÑOS	ESPACIO NECESARIO EN DISCO PARA LOS ARCHIVOS (BYTES):					
(FRACCION)	PP.TS	HORA.TES	DIA.TES	MES.TES	AÑO.TES	TOTAL	
1	0.003	147456	864	10	10	12	148352
2	0.005	294912	1728	20	10	12	296682
4	0.011	589824	3456	40	10	12	593342
8	0.022	1.2E+06	6912	80	10	12	1186662
16	0.044	2.4E+06	13824	160	10	12	2373302
32	0.088	4.7E+06	27648	320	20	12	4746592
64	0.175	9.4E+06	55296	640	30	12	9493162
128	0.351	1.9E+07	110592	1280	50	12	18986302
256	0.701	3.8E+07	221184	2560	90	12	37972582
365	1.000	5.4E+07	315360	3650	130	12	54140592
730	2.000	1.1E+08	630720	7300	250	24	1.1E+08
1460	4.000	2.2E+08	1261440	14600	490	48	2.2E+08
2920	8.000	4.3E+08	2522880	29200	980	96	4.3E+08
5840	16.000	8.6E+08	5045760	58400	1950	192	8.7E+08
11680	32.000	1.7E+09	1.0E+07	116800	3900	384	1.7E+09

TABLA 7A  
SISTEMA DE INTERFASE

RESISTENCIAS			POTENCIOMETROS		
Número	Valor (KOhms)	Costo Unitario (Pesos)	Número	Valor (KOhms)	Costo Unitario (Pesos)
R01	10.00	0.250	P01	10.00	11.40
R02	0.68	0.250	P02	10.00	11.40
R03	2.20	0.069	P03	10.00	11.40
R04	0.20	0.250	P04	22.00	20.10
R05	100.00	0.250	P05	22.00	20.10
R06	2.20	0.069	P06	22.00	20.10
R07	1.50	0.250	COSTO TOTAL POTENCIOMETROS: 94.50		
R08	27.00	0.200	Todos los potenciómetros son de 10 vueltas		
R09	2.20	0.069			
R10	2.20	0.069			
R11	1000.00	0.100			
R12	6.80	0.200			
R13	1000.00	0.100			
R14	2.20	0.069			
R15	2.20	0.069			
R16	2.20	0.069			
R17	2.20	0.069			
R18	2.20	0.069			
R19	1.00	0.250			
R20	1.00	0.250			
R21	0.33	0.250			
R22	10.00	0.250			
R23	2.2	0.069			
R24	1.1	0.250			
R25	1.1	0.250			
R26	2.2	0.069			
R27	2.2	0.069			
COSTO TOTAL RESISTENCIAS: 4.18					
Todas las resistencias son a 1/4 Watt y 5 % de tolerancia					

CAPACITORES		
Número	Valor (uFarads)	Costo Unitario (Pesos)
C01	10.00	2.00
C02	0.47	2.00
C03	0.47	2.00
C04	0.10	2.00
C05	1.00	2.50
C06	0.22	2.00
C07	0.47	0.50
C08	0.33	0.50
C09	1.00	2.50
C10	0.33	0.50
C11	1.00	2.50
C12	1000.00	2.80
C13	1.00	2.50
COSTO TOTAL CAPACITORES: 24.30		
C01, C05, C08-C13 electrolíticos ±5%		
C02, C03, C04, C07 Poliéster ±5%		
C06 Cerámico ±5%		

DIODOS		
Número	Nombre	Costo Unitario (Pesos)
D01	1N914	0.25
D01	1N914	0.25
D02	1N914	0.25
D03	1N914	0.25
D04	1N914	0.25
D05	1N914	0.25
D06	1N914	0.25
D07	1N914	0.25
D08	1N4002	0.20
D09	1N4002	0.20
D10	1N4002	0.20
D11	1N4002	0.20
D12	1N4002	0.20
D13	1N4002	0.20
D14	1N4002	0.20
D15	1N4002	0.20
COSTO TOTAL DIODOS:		3.60

TRANSISTORES		
Número	Nombre	Costo Unitario (Pesos)
T01	BD139	4.20
T02	BD139	4.20
COSTO TOTAL TRANSISTORES: 8.40		

VARIOS		
Número	Nombre	Costo Unitario (Pesos)
F01	FLUSIBLE	0.70
K01	CON. DB25	2.50
SW01	INTERRUPT	6.50
T01	TRANSFORM	34.10
X01	CRISTAL	35.80
COSTO TOTAL VARIOS:		79.60

**TABLA 7A (Cont.)**  
**SISTEMA DE INTERFASE**  
**CIRCUITOS INTEGRADOS**  
 Número Nombre Costo Unitario  
 (Pesos)

IC001~		***
IC068	MC14067B	20.30
IC069	ADC3511	119.20
IC070	74LS221	4.00
IC071	LF398N	38.50
IC072	74LS365	4.60
IC073	LM324	3.40
IC074	MC14551B	22.00
IC075	74LS393	6.70
IC076	74LS125	4.40
IC077	74LS08	3.10
IC078	74HC373	6.50
IC079	74LS138	4.00
IC080	74LS28	3.50
IC081	74LS541	11.00
IC082	Z80A-CPU	20.10
IC083	74LS541	11.00
IC084	74HC373	6.50
IC085	74LS245	5.00
IC086	74LS75	4.30
IC087	74LS00	3.00
IC088	2716	32.40
IC089	74HC4040	6.60
IC090	74LS77	6.90
IC091	74LS14	3.60
IC092	74LS32	3.10
IC093	2116	16.00
IC094	74LS76	5.00
IC095	LM747	3.40
IC096	MC1488	9.40
IC097	74LS139	4.30
IC098	MC1489	4.60
IC099	7805	5.70
IC100	7812	5.20
IC101	7912	8.50
IC102	8250	69.30
IC103	LM336/2.5	11.80

**COSTO TOTAL CIRCUITOS INTEGRADOS: 557.80**

\*\*\* La cantidad minima de multiplexores es 4

**TABLA 7B**  
**SISTEMA DE CONTROL DE LOS PANELES**  
 Número Nombre Costo Unitario  
 o Valor (Pesos)

C1	0.10	2.00
C2	0.01	2.00
C3	0.10	2.00
C4	0.01	2.00
C5	0.10	2.00
C6	0.01	2.00
C7	0.10	2.00
C8	0.01	2.00
C11	MC3456A	6.20
C12	MC3456A	6.20
C13	74LS00	3.00
C14	74LS14	3.60
D1	1N4002	0.20
D2	1N4002	0.20
D3	1N4002	0.20
D4	1N4002	0.20
D5	1N4002	0.20
D6	1N4002	0.20
D7	1N4002	0.20
DB	1N4002	0.20
M1	Motor 5V	12.00
M2	Motor 5V	12.00
R01	2.20	0.069
R02	2.20	0.069
R03	2.20	0.069
R04	2.20	0.069
R05	2.20	0.069
R06	2.20	0.069
R07	2.20	0.069
R08	2.20	0.069
R09	100.00	0.25
R10	100.00	0.25
R11	100.00	0.25
R12	100.00	0.25
T1	BD139	4.20
T2	BD140	4.20
T3	BD140	4.20
T4	BD139	4.20
T5	BCS48	0.85
T6	BCS48	0.85
T7	BCS48	0.85
T8	BCS48	0.85
T1'	BD139	4.20
T2'	BD140	4.20
T3'	BD140	4.20
T4'	BD139	4.20
T5'	BCS48	0.85
T6'	BCS48	0.85
T7'	BCS48	0.85
T8'	BCS48	0.85

**COSTO TDOTAL: 102.55**

Los capacitores son de poliester  
Las resistencias a 5%, 1/4 Watt

TABLA B

PROVEEDOR (Número)	NUMERO DE ELEMENTOS		PORCENTAJE	PORCENTAJE ACUMULADO
1	1 1 20 31 2 1 3 8 1 4 1	73	73.74%	73.74%
2	1 3 5 4	13	13.13%	86.87%
3	1 1	2	2.02%	88.89%
4	1 1	2	2.02%	90.91%
5	1	1	1.01%	91.92%
6	1	1	1.01%	92.93%
7	1	1	1.01%	93.94%
8	1	1	1.01%	94.95%
9	1	1	1.01%	95.96%
10	1	1	1.01%	96.97%
11	1	1	1.01%	97.98%
12	1	1	1.01%	98.99%
13	1	1	1.01%	100.00%



## ADC3511 3½-Digit Microprocessor Compatible A/D Converter

## ADC3711 3¼-Digit Microprocessor Compatible A/D Converter

### General Description

The ADC3511 and ADC3711 (MM74C937, MM74C938-1) monolithic A/D converter circuits are manufactured using standard complementary MOS (CMOS) technology. A pulse modulation analog-to-digital conversion technique is used and requires no external precision components. In addition, this technique allows the use of a reference voltage that is the same polarity as the input voltage.

One 5V (TTL) power supply is required. Operating with an isolated supply allows the conversion of positive as well as negative voltages. The sign of the input voltage is automatically determined and indicated on the sign pin. If the power supply is not isolated, only one polarity of voltage may be converted.

The conversion rate is set by an internal oscillator. The frequency of the oscillator can be set by an external RC network or the oscillator can be driven from an external frequency source. When using the external RC network, a square wave output is available.

The ADC3511 and ADC3711 have been designed to provide addressed BCD data and are intended for use with microprocessors and other digital systems. BCD digits are selected on-chip via 2 Digit Select (DS, DS) inputs. Digit Select inputs are latched by a low-to-high transition on the Digit Latch Enable (DLE) input and will remain latched as long as DLE remains high. A start conversion input and a

conversion complete output are included on both the ADC3511 and the ADC3711.

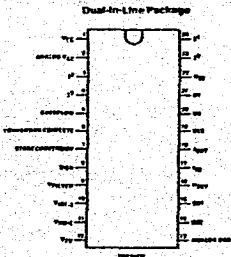
### Features

- Operates from single 5V supply
- ADC3511 converts 0 to ± 1999 counts
- ADC3711 converts 0 to ± 3999 counts
- Addressed BCD outputs
- No external precision components necessary
- Easily interfaced to microprocessors or other digital systems
- Medium speed—200 ms/conversion
- TTL compatible
- Internal clock set with RC network or driven externally
- Overflow indicated by hex "EEEE" output reading as well as an overflow output
- ADC3511 equivalent to MM74C937
- ADC3711 equivalent to MM74C938-1

### Applications

- Low cost analog-to-digital converter
- Eliminates analog multiplexing by using monolithic A/D converters
- Convert analog transducers (temperature, pressure, displacement, etc.) to digital transducers

### Connection Diagram



Order Number ADC3511CCN  
or ADC3711CCN  
NS Package N2NA

### Applications Information

#### PRINCIPLE OF OPERATION

The schematic for the analog loop is shown in Figure 1. The signal of SW1 is either at  $V_{REF}$  or zero volts, depending on the state of the D flip flop. If Q is at a high level,  $V_{IN} = V_{REF}$  and if Q is at a low level  $V_{IN} = 0V$ . This voltage is then applied to the low pass filter comprised of R1 and C1. The output of the filter,  $V_{IN}$ , is connected to the non-inverting input of the comparator, where it is compared to an analog input voltage,  $V_{AN}$ . The output of the comparator is connected to the D input of the D flip flop. Information is transferred from the D input to the Q and  $\bar{Q}$  outputs on the positive edge of clock. This loop forms an oscillator whose duty cycle is precisely related to the analog input level,  $V_{AN}$ .

An example will demonstrate this relationship. Assume the reference voltage is equal to 0.500V. If the Q output of the D flip flop is high then  $V_{IN}$  will equal  $V_{REF}$  (2.000V) and  $V_{IN}$  will rise toward 2V with a time constant equal to R1C1. At the time  $V_{IN}$  will exceed 0.500V and the comparator output will switch to 0V. At the next clock rising edge the Q output of the D flip flop will switch to ground, causing  $V_{IN}$  to switch to 0V. At this time,  $V_{IN}$  will start discharging toward 0V with a time constant R1C1. When  $V_{IN}$  is less than 0.5V the comparator output will switch high. On the next edge of the next clock the Q output of the D flip flop will switch high and the process will repeat. There exists at the signal of SW1 a square wave pulse train with positive amplitude  $V_{REF}$  and negative amplitude 0V.

The DC value of this pulse train is

$$V_{OUT} = V_{REF} \frac{t_{ON}}{t_{ON} + t_{OFF}} = V_{REF} (\text{duty cycle})$$

The lowpass filter will pass the DC value and then

$$V_{IN} = V_{REF} (\text{duty cycle})$$

Since the closed loop system will always force  $V_{IN}$  to equal  $V_{AN}$ , we can then say that

$$V_{AN} = V_{REF} (\text{duty cycle})$$

or

$$\frac{V_{AN}}{V_{REF}} = (\text{duty cycle})$$

The duty cycle is logically AND'ed with the input frequency  $f_{IN}$ . The resultant frequency  $f$  equals

$$f = (\text{duty cycle}) \times (f_{IN})$$

Frequency  $f$  is accumulated by counter no. 1 for a time determined by counter no. 2. The count contained in counter no. 1 is then:

$$\text{COUNT} = \frac{f}{(f_{CLK})/N} = \frac{(\text{duty cycle}) \times (f_{IN})}{(f_{CLK})/N}$$

$$= \frac{V_{AN}}{V_{REF}} \times N$$

For the ADC3511  $N = 2000$

For the ADC3711  $N = 4000$

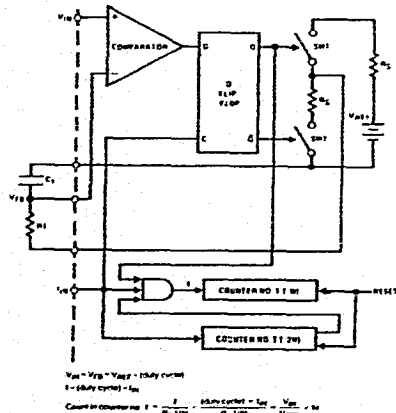


FIGURE 1. Analog Loop Schematic Pulse Modulation A/D Converter

NSC  
12/81  
12/81  
12/81

## Applications Information (Continued)

### GENERAL INFORMATION

The timing diagram, shown in Figure 2, gives operation for free running mode. Free running operation is obtained by connecting the Start Conversion input to logic "1" (V<sub>CC</sub>) to provide the analog input to continuously converted and the digit latches are updated at a rate equal to  $64,512 \times 1/f_{clk}$  for the ADC2511, or  $129,024$  for the ADC3711.

The rising edge of the Conversion Complete output indicates that new information has been transferred from the internal counter to the digit latches. This information will remain in the digit latches until the next low-to-high transition of the Conversion Complete output. A logic "1" will be maintained on the Conversion Complete output for a time equal to  $64 \times 1/f_{clk}$  on the ADC2511, or  $128 \times 1/f_{clk}$  on the ADC3711.

Figure 3 gives the operation using the Start Conversion input. It is important to note that the Start Conversion input and Conversion Complete output do not influence the actual analog-to-digital conversion in any way. Internally the ADC2511 and ADC3711 are always continuously converting the analog voltage present at their inputs. The Start Conversion input is used to control the transfer of information from the internal counter to the digit latches.

An RS latch on the Start Conversion input allows a broad range of input pulse widths to be used on this signal. As shown in Figure 3, the Conversion Complete output goes to a logic "0" on the rising edge of the Start Conversion pulse and goes to a logic "1" some time later when the new conversion is transferred from the internal counter to the display latches. When the Start Conversion pulse can occur at any time during the conversion cycle, the amount of time from Start Conversion to Conversion Complete will vary. The maximum time is  $64,512 \times 1/f_{clk}$  ( $129,024 \times 1/f_{clk}$  for the ADC3711) and the minimum time is  $256 \times 1/f_{clk}$  ( $512 \times 1/f_{clk}$  for the ADC3711).

### SYSTEM DESIGN CONSIDERATIONS

The ADC2511 and ADC3711 have reduced the problem of high resolution, high accuracy analog-to-digital conversion to nearly the level of simplicity, economy, and compactness usually associated with digital logic circuitry. However, they are truly high precision analog devices, and require the same kind of design considerations given to all analog circuits. While great care has been taken in the design of the ADC2511 and ADC3711 to make their application as easy as possible, in order to attain them to their full performance, potential, good grounding, power supply distribution, and regulation techniques should be exercised.

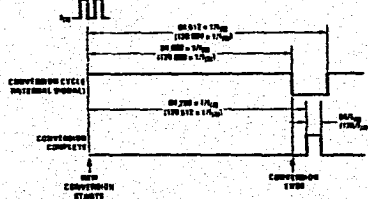


FIGURE 2. Conversion Cycle Timing Diagram for Free Running Operation (Times Shown in Parentheses are for the ADC3711)

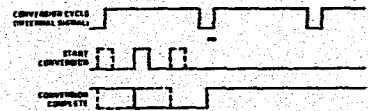


FIGURE 3. Conversion Cycle Timing Diagram Operating with Start Conversion Input

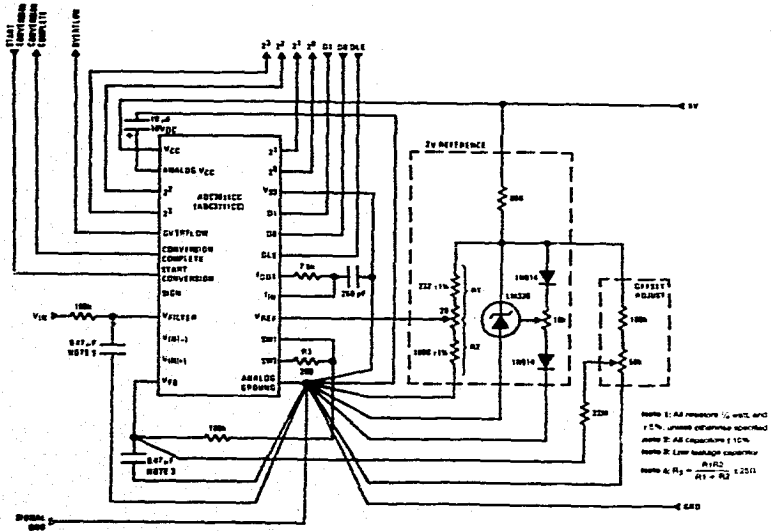
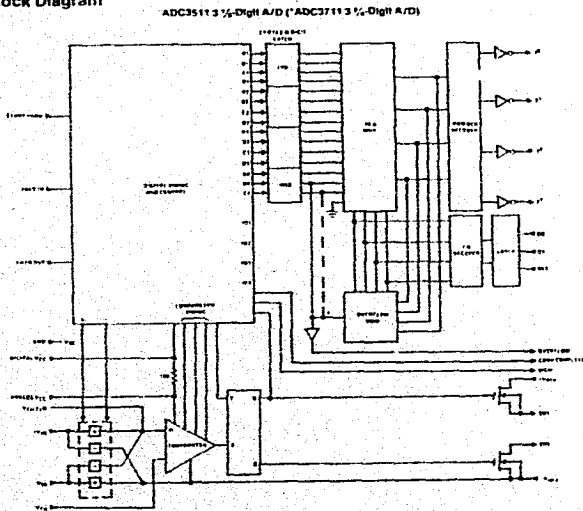


FIGURE 4. 3 1/2-Digit A/D; +1000 Counts, +2.000 Volts Full Scale (3 1/2-Digit A/D; +3000 Counts, +2.000 Volts Full Scale)

NOTE 1: All resistors 1/2 watt and 1% unless otherwise specified.  
NOTE 2: All capacitors 10%  
NOTE 3: Low leakage capacitor  
NOTE 4: R<sub>1</sub> = 100k  
R<sub>2</sub> = 100k



## Block Diagram



## Truth Table

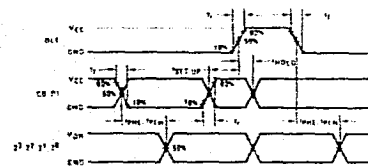
DIGIT SELECT INPUTS			SELECTED DIGIT
DLE	D1	D0	
L	L	L	Digit 0 (LSB)
L	L	H	Digit 1
L	H	L	Digit 2
L	H	H	Digit 3 (MSB)
H	X	X	Unchanged

- 1: Low logic level  
 0: High logic level  
 X: Input is high-impedance

The value of the Selected Digit is presented on the D1, D0, and D1 pins in D format.

- Note 1: If the value of a digit changes while it is selected, its change will be reflected at the output.  
 Note 2: An overflow condition will be indicated by a high level on Pin CS (MSB output pin 5) and E (A/D logic).  
 Note 3: The sign of the input voltage, when the device is converted in the binary mode as indicated by the MSB output pin 5, is a high level and a low level for a low level respectively.

## Timing Diagrams



## Typical Applications

Figure 4 shows the ADC3511 and ADC3711 connected to convert 0 to +2.000 volts full scale operating from a non-regulated power supply. (Note that the ADC3511 converts 0 to +1000 counts full scale, while the ADC3711 converts 0 to +3999 counts full scale.) In this configuration the SIGN output (pin 8) should be ignored. Higher voltages can, of course, be converted by placing fixed dividers at the inputs, while lower voltages can be converted by placing fixed dividers in the feedback loop, as shown in Figure 6.

Figures 5 and 6 show systems operating with isolated supplies that will convert both polarities of inputs. CS (pin 5) common mode noise can become a problem in these config-

urations, so shielded transformers have been shown in the figures. The necessity for, and the type of shielding needed depends on the performance requirements, and the actual applications.

The filter capacitors connected to VREF (pin 12) and VREF (pin 11) should be of a low leakage variety. In the examples shown every 1.0 nA of leakage will cause approximately 0.1 mV error (1.0 nA / 100 kΩ = 0.1 mV). If the currents in both capacitors are nearly equal, however, little error will result since the source impedances driving both capacitors are approximately matched.



## INS8250, INS8250-b Universal Asynchronous Receiver/Transmitter

### General Description

Each of these parts function as a serial data input/output interface in a microcomputer system. The system software determines the functional configuration of the UART via a TRI-STATE® 8-bit bidirectional data bus.

The UART performs serial-to-parallel conversion on data characters received from a peripheral device or a MODEM, and parallel-to-serial conversion on data characters received from the CPU. The CPU can read the complete status of the UART. Status information reported includes the type and condition of the transfer operations being performed by the UART, as well as any error conditions (parity, overrun, framing, or break interrupt).

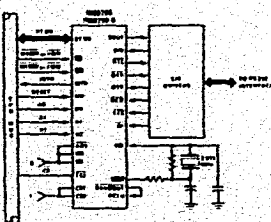
The UART includes a programmable baud rate generator that is capable of dividing the timing reference clock input by divisors of 1 to  $(2^{16} - 1)$ , and producing a  $16 \times$  clock for driving the internal transmitter logic. Provisions are also included to use this  $16 \times$  clock to drive the receiver logic. The UART includes a complete MODEM control capability and a processor-interrupt system. Interrupts can be programmed to the user's requirements minimizing the computing required to handle the communications link.

National's INS8250 universal asynchronous receiver/transmitter (UART) is the unanimous choice of almost every PC and add-on manufacturer in the world. The INS8250 is a programmable communications chip available in a standard 40-pin dual in-line and a 44-pin PCC package. The chip is fabricated using N-channel silicon gate technology.

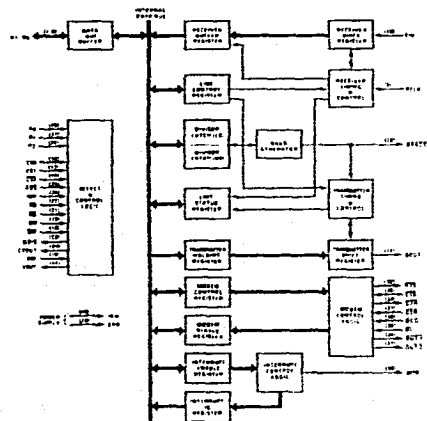
### Features

- Easily interfaces to most popular microcomputers.
- Adds or deletes standard synchronous serial data format bits (start, stop, and parity) to or from serial data stream.
- Holding and shift registers eliminate the need for precise synchronization between the CPU and the serial data.
- Independently controlled transmit, receive, line status, and data set interrupts.
- Programmable baud generator allows division of any input clock by 1 to  $(2^{16} - 1)$  and generates the internal  $16 \times$  clock.
- Independent receiver clock input.
- MODEM control functions (CTS, RTS, DSR, DTR, RI, and DCD).
- Fully programmable serial interface characteristics:
  - 5-, 6-, 7-, or 8-bit characters
  - Even, odd, or no-parity bit generation and detection
  - 1-, 1½-, or 2-stop bit generation
  - Baud generation (DC to 56k baud)
- False start bit detection.
- Complete status reporting capabilities.
- TRI-STATE TTL drive capabilities for bidirectional data bus and control bus.
- Line break generation and detection.
- Internal diagnostic capabilities:
  - Loopback controls for communications link fault location
  - Break, parity, overrun, framing error simulation.
- Fully prioritized interrupt system controls.

### Connection Diagram



### Block Diagram



Note: Applicable pin and numbers are included within parentheses.

### Pin Descriptions

The following describes the function of all UART pins. Some of these descriptions reference internal circuits in the following descriptions, a low represents a logic 0 (0V nominal) and a high represents a logic 1 (1.2-4V nominal).

#### INPUT SIGNALS

**Chip Select (CS0, CS1, CS2), Pins 12-14:** When CS0 and CS1 are high and CS2 is low, the chip is selected. This enables communication between the UART and the CPU. The positive edge of an active Address Strobe signal latches as the decoded chip select signal; competing chip selection, if ADS is always low, valid chip selects should stabilize according to the t<sub>CSW</sub> parameter.

**Read (RD, RD), Pins 22 and 21:** When RD is high or RD is low while the chip is selected, the CPU can read status information or data from the selected UART register.

Note: Only an active RD or RD input is required to transfer data from the UART during a read operation. Therefore, to sense the RD input permanently low or the RD input permanently high when it is not used.

**Write (WR, WR), Pins 19 and 18:** When WR is high or WR is low while the chip is selected, the CPU can write control words or data into the selected UART register.

Note: Only an active WR or WR input is required to transfer data to the UART during a write operation. Therefore, to sense the WR input permanently low or the WR input permanently high when it is not used.

**Address Strobe (ADS), Pin 25:** The positive edge of an active Address Strobe (ADS) signal latches the Register Select (A0, A1, A2) and Chip Select (CS0, CS1, CS2) signals.

Note: An active ADS pulse is required when the Register Select (A0, A1, A2) signals are not stable by the duration of a read or write operation. It is not required for the RDS input permanently low.

**Register Select (A0, A1, A2), Pins 26-28:** Address signals connected to these 3 inputs select a UART register for the CPU to read from or write to during data transfer. A table of registers and their addresses is shown below. Note that the table of the Drive 1-E80N Access Bus (DIAB), which is the most significant bit of the Line Control Register, affects the selection of certain UART registers. The DIAB must be set high by the system software to access the Baud Generator Control Registers.

## Pin Descriptions (Continued)

DLAB	A <sub>7</sub>	A <sub>6</sub>	A <sub>5</sub>	Register
0	0	0	0	Receiver Buffer (read), Transmitter Holder Register (write)
0	0	0	1	Interrupt Enable
X	0	1	0	Interrupt Identification (read only)
X	0	1	1	Line Control
X	1	0	0	MODEM Control
X	1	0	1	Line Status
X	1	1	0	Divisor Latch (least significant byte)
1	0	0	0	Divisor Latch (most significant byte)

Register Addresses

**Master Reset (MR), Pin 25:** When this input is high, it clears all the registers (except the Receiver Buffer, Transmitter Holding, and Divisor Latches), and the control logic of the UART. The status of various output signals (SOUT, INTR, OUT 1, OUT 2, RTS, DTR) are affected by an active MR input. (Refer to Table 1.)

**Receiver Clock (RCLK), Pin 8:** This input is the 16 × baud rate clock for the receiver section of the chip.

**Serial Input (SIN), Pin 19:** Serial data input from the communications link (peripheral device, MODEM, or data swt).

**Clear to Send (CTS), Pin 36:** When low, this indicates that the MODEM or data swt is ready to exchange data. The CTS signal is a MODEM status input whose conditions can be tested by the CPU reading bit 4 (CTS) of the MODEM Status Register. Bit 4 is the complement of the CTS signal. Bit 0 (DC15) of the MODEM Status Register indicates whether the CTS input has changed state since the previous reading of the MODEM Status Register. CTS has no effect on the Transmitter.

*Note:* Whenever the CTS bit of the MODEM Status Register changes state, an interrupt is generated if the MODEM Status Interrupt is enabled.

**Data Set Ready (DSR), Pin 37:** When low, this indicates that the MODEM or data swt is ready to establish the communications link with the UART. The DSR signal is a MODEM status input whose condition can be tested by the CPU reading bit 5 (DSR) of the MODEM Status Register. Bit 5 is the complement of the DSR signal. Bit 1 (DDSR) of the MODEM Status Register indicates whether the DSR input has changed state since the previous reading of the MODEM Status Register.

*Note:* Whenever the DSR bit of the MODEM Status Register changes state, an interrupt is generated if the MODEM Status Interrupt is enabled.

**Data Carrier Detect (DCD), Pin 38:** When low, indicates that the data carrier has been detected by the MODEM or data swt. The DCD signal is a MODEM status input whose condition can be tested by the CPU reading bit 7 (DCD) of the MODEM Status Register. Bit 7 is the complement of the DCD signal. Bit 3 (DDCD) of the MODEM Status Register indicates whether the DCD input has changed state

since the previous reading of the MODEM Status Register. DCD has no effect on the receiver.

*Note:* Whenever the DCD bit of the MODEM Status Register changes state, an interrupt is generated if the MODEM Status Interrupt is enabled.

**Ring Indicator (RI), Pin 39:** When low, this indicates that a telephone ringing signal has been received by the MODEM or data swt. The RI signal is a MODEM status input whose condition can be tested by the CPU reading bit 6 (RI) of the MODEM Status Register. Bit 6 is the complement of the RI signal. Bit 2 (ERR) of the MODEM Status Register indicates whether the RI input signal has changed from a low to a high state since the previous reading of the MODEM Status Register.

*Note:* Whenever the RI bit of the MODEM Status Register changes from a high to a low state, an interrupt is generated if the MODEM Status Interrupt is enabled.

Vcc, Pin 40: 5 V supply.

Vgnd, Pin 20: Ground (0V) reference.

### OUTPUT SIGNALS

**Data Terminal Ready (DTR), Pin 33:** When low, this informs the MODEM or data swt that the UART is ready to establish a communications link. The DTR output signal can be set to an active low by programming bit 0 (DTR) of the MODEM Control Register to a high level. A Master Reset operation sets this signal to its inactive (high) state.

**Request to Send (RTS), Pin 32:** When low, this informs the MODEM or data swt that the UART is ready to exchange data. The RTS output signal can be set to an active low by programming bit 1 (RTS) of the MODEM Control Register. A Master Reset operation sets this signal to its inactive (high) state.

**Output 1 (OUT 1), Pin 34:** This user-designated output can be set to an active low by programming bit 2 (OUT 1) of the MODEM Control Register to a high level. A Master Reset operation sets this signal to its inactive (high) state. In the CMOS parts this will achieve TTL levels.

**Output 2 (OUT 2), Pin 31:** This user-designated output can be set to an active low by programming bit 3 (OUT 2) of the MODEM Control Register to a high level. A Master Reset operation sets this signal to its inactive (high) state. In the CMOS parts this will achieve TTL levels.

**Chip Select Out (CSOUT), Pin 24:** When high, it indicates that the chip has been selected by active, CS0, CS1, and CS2 inputs. No data transfer can be initiated until the CSOUT signal is a logic 1. CSOUT goes low when the UART is deselected.

**Driver Disable (DDIS), Pin 23:** This goes low whenever the CPU is reading data from the UART. It can disable or control the direction of a data bus transceiver between the CPU and the UART (see Typical Interface for a High Capacity Data Bus).

**Send Out (SAUDDOUT), Pin 18:** This is the 18 × clock signal from the transmitter section of the UART. The clock rate is equal to the main reference oscillator frequency divided by the specified divisor in the Baud Generator Divisor Latches. The SAUDDOUT may also be used for the receiver section by tying this output to the RCLK input of the chip.

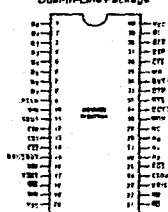
## Pin Descriptions (Continued)

**Interrupt (INTR), Pin 30:** This goes high whenever any one of the following interrupt types has an active-high condition and is enabled via the IER: Receiver Line Status, Received Data Available, Transmitter Holding Register Empty, and MODEM Status. The INTR signal is reset low upon the appropriate interrupt service or a Master Reset operation.

**Serial Output (SOUT), Pin 11:** This is the composite serial data output to the communications link (peripheral, MODEM or data swt). The SOUT signal is set to the Marking (logic 1) state upon a Master Reset operation or when the transmitter is idle.

### Connection Diagrams

#### Dual-In-Line Package



Top View =

Order Number: IN5255GN, IN5255N B or IN5255DA\*  
See NS Package Number N40A

TABLE 1. UART Reset Functions

Register/Signal	Reset Control	Reset State
Interrupt Enable Register	Master Reset	0000 0000 (Logic 1)
Interrupt Identification Register	Master Reset	0000 0001
Line Control Register	Master Reset	0000 0000
MODEM Control Register	Master Reset	0000 0000
Line Status Register	Master Reset	0110 0000
MODEM Status Register	Master Reset	XXXX 0000 (Logic 2)
SOUT	Master Reset	High
INTR (RCVR Err)	Read LSR/MR	Low
INTR (RCVR Data Ready)	Read RBR/MR	Low
INTR (THRE)	Read IR/Write THR/MR	Low
INTR (MODEM Status Changes)	Read MSR/MR	Low
OUT 2	Master Reset	High
RTS	Master Reset	High
DTR	Master Reset	High
OUT 1	Master Reset	High

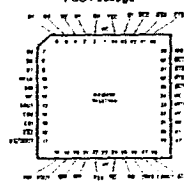
Note 1: Unformatted CTS are permanently low.  
Note 2: Bit 7 is set low when by the input signals.

### INPUT/OUTPUT SIGNALS

**Data (D<sub>7</sub>-D<sub>0</sub>) Bus, Pins 1-8:** This bus is comprised of eight TRI-STATE input/output lines. The bus provides bidirectional communications between the UART and the CPU. Data, control words, and status information are transferred via the D<sub>7</sub>-D<sub>0</sub> Data Bus.

**External Clock Input/Output (Ext. XOUT), Pins 16 and 17:** These two pins connect the main timing reference (crystal or signal clock) to the UART. When a crystal oscillator or a clock signal is provided, it drives the UART via XIN (see typical oscillator network illustration).

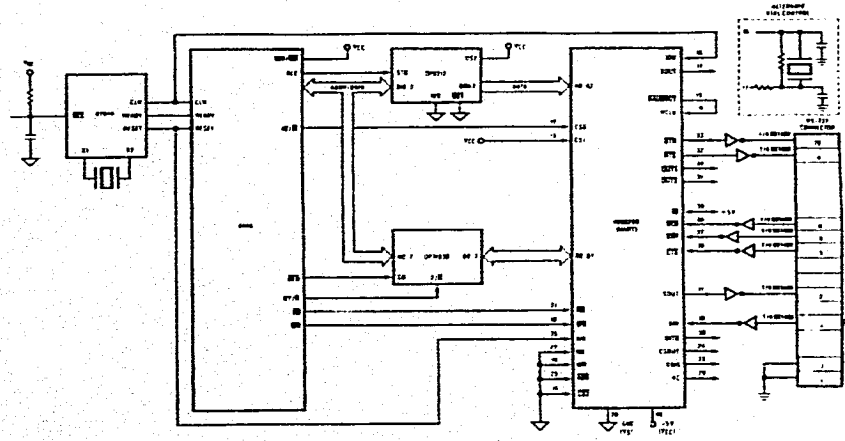
#### PCC Package



Top View =

Order Number: IN5255V-B  
See NS Package Number V44A

Basic Connections of an IN58250 to an 8088 CPU





## LF198/LF298/LF398, LF198A/LF398A Monolithic Sample-and-Hold Circuits

### General Description

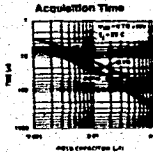
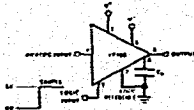
The LF198/LF298/LF398 are monolithic sample-and-hold circuits which utilize BIFET technology to obtain ultra-high dc accuracy with fast acquisition of signal and low droop rate. Operating as a unity gain follower, dc gain accuracy is 0.002% typical and acquisition time is as low as 8  $\mu$ s to 0.01%. A bipolar input stage is used to achieve low offset voltage and wide bandwidth. Input offset adjust is accomplished with a single pin, and does not degrade input offset drift. The wide bandwidth allows the LF198 to be included within the feedback loop of 1 MHz op amps without having stability problems. Input impedance of 10<sup>10</sup> allows high source impedances to be used without degrading accuracy. P channel junction FET's are combined with bipolar devices in the output amplifier to give droop rates as low as 5 mV/min with a 1  $\mu$ F hold capacitor. The JFET's have much lower noise than MOS devices used in previous designs and do not exhibit high temperature instabilities. The overall design guarantees no feed-through from input to output in the hold mode, even for input signals equal to the supply voltages.

### Features

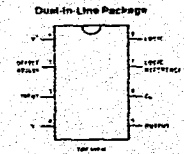
- Operates from  $\pm 5$ V to  $\pm 18$ V supplies
- Less than 10  $\mu$ s acquisition time
- TTL, PMOS, CMOS compatible logic input
- 0.5 mV typical hold step at  $C_H = 0.01 \mu$ F
- Low input offset
- 0.002% gain accuracy
- Low output noise in hold mode
- Input characteristics do not change during hold mode
- High supply rejection ratio in sample or hold
- Wide bandwidth

Logic inputs on the LF198 are fully differential with low input current, allowing direct connection to TTL, PMOS, and CMOS. Differential threshold is 1.4V. The LF198 will operate from  $\pm 5$ V to  $\pm 18$ V supplies. An "A" version is available with tightened electrical specifications.

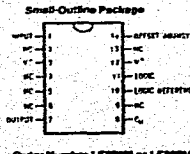
### Typical Connection and Performance Curve



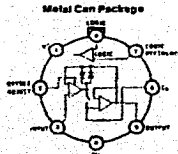
### Connection Diagrams



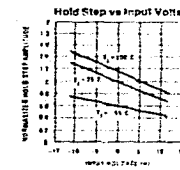
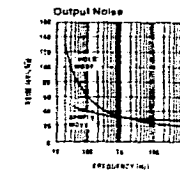
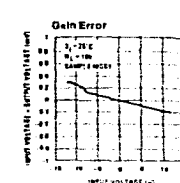
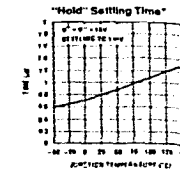
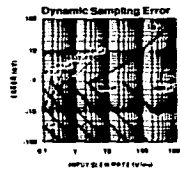
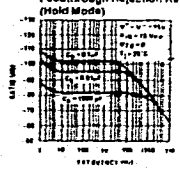
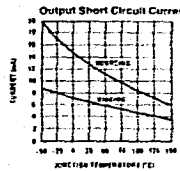
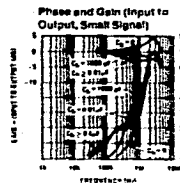
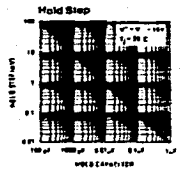
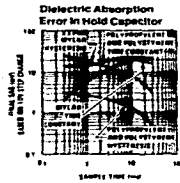
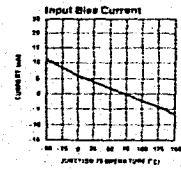
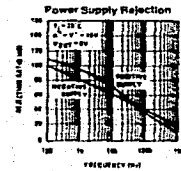
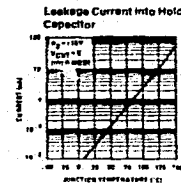
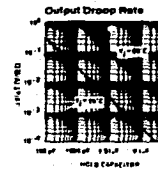
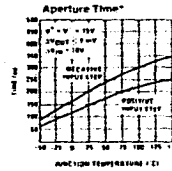
Order Number LF388N or LF388AN  
See NS Package Number N08E



Order Number LF288H or LF288AN  
See NS Package Number B14A



Order Number LF188H, LF288H,  
LF388H, LF188AN or LF388AN  
See NS Package Number M88C



## LM124/LM224/LM324, LM2902 Low Power Quad Operational Amplifiers

### General Description

The LM124 series consists of four independent, high gain, internally frequency compensated operational amplifiers which were designed specifically to operate from a single power supply over a wide range of voltages. Operation from split power supplies is also possible and the low power supply current drain is independent of the magnitude of the power supply voltage.

Application areas include transducer amplifiers, DC gain blocks and all the conventional op amp circuits which now can be more easily implemented in single power supply systems. For example, the LM124 series can be directly operated off of the standard +5 V<sub>CC</sub> power supply voltage which is used in digital systems and will easily provide the required interface electronics without requiring the additional +15 V<sub>CC</sub> power supplies.

### Unique Characteristics

- In the linear mode the input common-mode voltage range includes ground and the output voltage can also swing to ground, even though operated from only a single power supply voltage
- The unity gain cross frequency is temperature compensated
- The input bias current is also temperature compensated

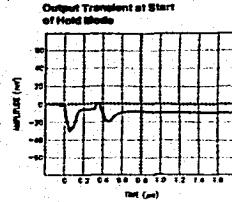
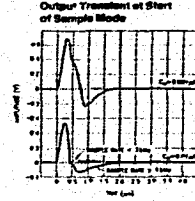
### Advantages

- Eliminates need for dual supplies
- Four internally compensated op amps in a single package
- Allows directly sensing near GND and V<sub>OUT</sub> also goes to GND
- Compatible with all forms of logic
- Power drain suitable for battery operation

### Features

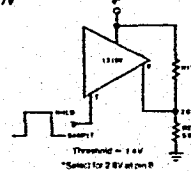
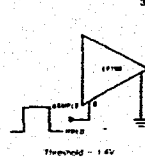
- Internally frequency compensated for unity gain
- Large DC voltage gain 100 dB
- Wide bandwidth (unity gain) 1 MHz (temperature compensated)
- Wide power supply range:
  - Single supply 3 V<sub>CC</sub> to 32 V<sub>CC</sub>
  - or dual supplies ±1.5 V<sub>CC</sub> to ±16 V<sub>CC</sub>
- Very low supply current drain (700 μA) especially in dependent of supply voltage
- Low input biasing current 45 nA<sub>CC</sub> (temperature compensated)
- Low input offset voltage and offset current 2 mV<sub>CC</sub>; 5 nA<sub>CC</sub>
- Input common-mode voltage range includes ground
- Differential input voltage range equal to the power supply voltage
- Large output voltage swing 0 V<sub>CC</sub> to V<sub>CC</sub> - 1.5 V<sub>CC</sub>

### Typical Performance Characteristics (Continued)

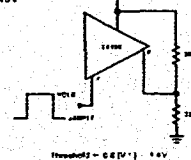
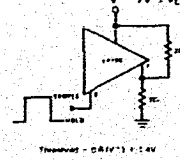


### Logic Input Configurations

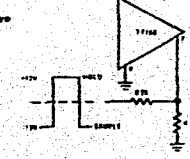
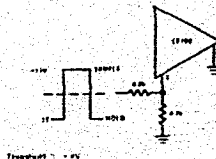
TTL & CMOS  
3V < V<sub>Logic</sub> (Hi State) < 7V



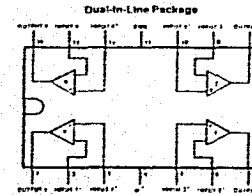
CMOS  
7V < V<sub>Logic</sub> (Hi State) < 15V



Op Amp Drive



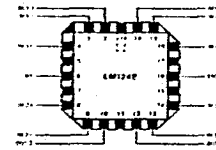
### Connection Diagram



Top View

Order Number LM124J, LM124AJ, LM124J/883™, LM124AJ/883™, LM224J, LM224AJ, LM324J, LM324AJ, LM324M, LM324AM, LM2902M, LM324M, LM324AM or LM2902M  
See NS Package Number J14A, M14A or N14A

\*LM124A available per J14B100, J14B05  
\*\*LM224A available per J14B100, J14B05



Order Number LM124AE/883 or LM124E/883  
See NS Package Number E20A



Order Number LM124AW/883 or LM124W/883  
See NS Package Number W14B

**MC3456**

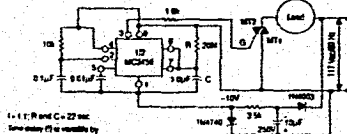
**Dual Timing Circuit**

The MC3456 dual timing circuit is a highly stable controller capable of producing accurate time delays, or oscillation. Additional terminals are provided for triggering or resetting if desired. In the time delay mode of operation, the time precisely controlled by one external resistor and capacitor per timer. For oscillation as an oscillator, the free running frequency and the duty cycle are both precisely controlled with two external resistors and one capacitor per timer. The circuit may be triggered and reset on falling waveforms, and the output structure a source or sink up to 200 mA, or drive MTTL circuits.

- Direct Replacement for NE556/SE556 Timers
- Timing From Microseconds Through Hours
- Operates in Both Astable and Monostable Modes
- Adjustable Duty Cycle
- High Current Output Can Source or Sink 200 mA
- Output Can Drive MTTL
- Temperature Stability of 0.005% per °C
- Normally "On" or Normally "Off" Output
- Dual Version of the Popular MC1455 Timer

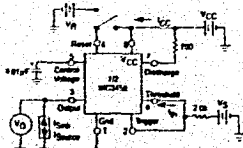
1  
7  
1

**22 Second Solid State Time Delay Relay Circuit**



1.  $R = 10k$  and  $C = 22\mu F$   
Note: See Fig 3 for details by measuring R and C per Figure 1E

**Figure 3. General Test Circuit**



Note: Careful for measuring DC parameters (to set output and measure parameters)  
When  $V_{in} = 5V$ ,  $V_{cc} = 5V$ ,  $V_{O} = 0V$   
When  $V_{in} = 5V$ ,  $V_{cc} = 5V$ ,  $V_{O} = 5V$   
When  $V_{in}$  is low, Pin 7 sinks current. To test for Reset, set  $V_{in}$  high, load the output voltage, and test for current flowing into Pin 7. When Reset is not in use, it should be tied to  $V_{cc}$ .

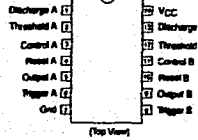
**DUAL TIMING CIRCUIT**

SILICON MONOLITHIC INTEGRATED CIRCUIT

L SUFFIX  
CERAMIC PACKAGE  
CASE 632



**PIN CONNECTIONS**



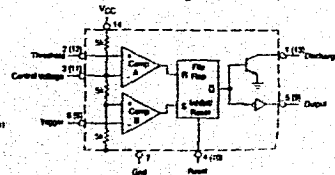
P SUFFIX  
PLASTIC PACKAGE  
CASE 648

D SUFFIX  
PLASTIC PACKAGE  
CASE 751  
(SO-14)

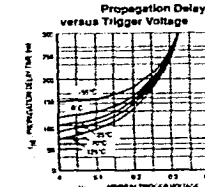
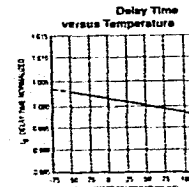
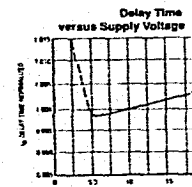
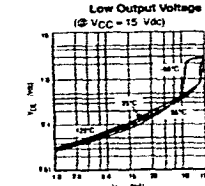
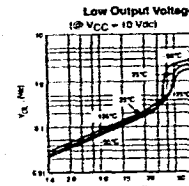
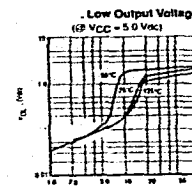
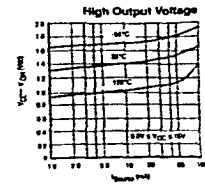
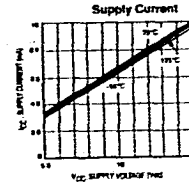
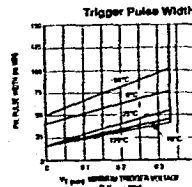
**ORDERING INFORMATION**

Device	Temperature Range	Package
MC3456L	0° to +70°C	Ceramic DIP
MC3456P		Plastic DIP
NE556D		SO-14

**Block Diagram (1/2 Shown)**

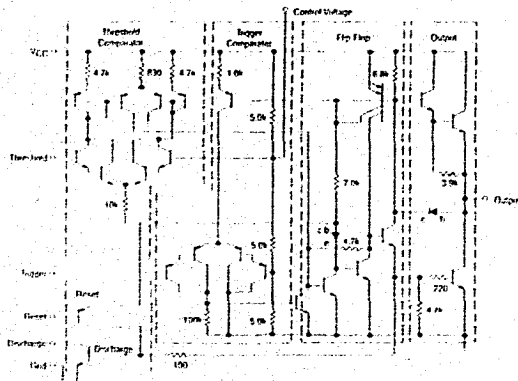


**MC3456**



### MC3456

1/2 Representative Circuit Schematic



#### GENERAL OPERATION

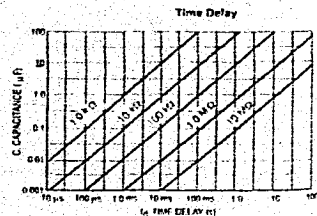
The MC3456 is a dual timing circuit which uses as its timing element an external resistor-capacitor network. It can be used in either the monostable (one shot) and astable modes with frequency and duty cycle controlled by the capacitor and resistor values. While the timing is dependent upon the external passive components, the monolithic circuit provides the charging circuit, voltage comparison and other functions needed for a complete timing circuit. Internal to the integrated circuit are two comparators, one for the input signal and the other for capacitor voltage; also a flip-flop and digital output are included. The comparator reference voltages are always a fixed ratio of the supply voltage thus providing output timing independent of supply voltage.

#### Monostable Mode

In the monostable mode, a capacitor and a single resistor are used for the timing network. Both the threshold terminal and the discharge transistor terminal are connected together in this mode, refer to circuit Figure 15. When the input voltage to the trigger comparator falls below 1/3 V<sub>CC</sub> the comparator output triggers the flip-flop so that its output sets low. This turns the capacitor discharge transistor "off" and drives the digital output in the high state. This condition allows the capacitor to charge at an exponential rate which is set by the RC time constant. When the capacitor voltage reaches 2/3 V<sub>CC</sub> the threshold comparator resets the flip-flop. This action discharges the timing capacitor and returns the digital output to the low state. Once the flip-flop has been triggered by an input signal, it cannot be retriggered until the present timing

period has been completed. The time that the output is high is given by the equation:  $t = 1.1 RA C$ . Various combinations of R and C and their associated times are shown in Figure 14. The trigger pulse width must be less than the timing period.

A reset pin is provided to discharge the capacitor that interrupting the timing cycle. As long as the reset pin is low, the capacitor discharge transistor is turned "on" and prevents the capacitor from charging. While the reset voltage is applied the digital output will remain the same. The reset circuit is tied to the supply voltage when not in use.



### MC14067B MC14097B

#### ANALOG MULTIPLEXERS/DEMULPLEXERS

The MC14067 and MC14097 multiplexers/demultiplexers are digitally controlled analog switches featuring low ON resistance and very low leakage current. These devices can be used in either digital or analog applications.

The MC14067 is a 16 channel multiplexers/demultiplexers with an enable and four timing control inputs A, B, C, and D. These control inputs select 1 of 16 channels by turning ON the appropriate analog switch, see MC14067 truth table.

The MC14097 is a differential 8 channel multiplexers/demultiplexers with an enable and three timing control inputs A, B, and C. These control inputs select 1 of 8 pairs of channels by turning ON the appropriate analog switches, see MC14097 truth table.

- Low OFF Leakage Current
- Matched Channel Resistance
- Low Quiescent Power Consumption
- Low Crosstalk Between Channels
- Wide Operating Voltage Range 3 to 18 V
- Low Noise
- Pin for Pin Replacement for CD4067B and CD4097B



16 CHANNEL  
MULTIPLEXER



8 CHANNEL  
MULTIPLEXER



8 CHANNEL  
DIFF. MULTIPLEXER

#### ORDERING INFORMATION

MC14067B-100  
MC14097B-100  
MC14067B-100  
MC14097B-100

© Motorola Inc., 1984

#### MC14067B

16 Channel Analog  
Multiplexer/Demultiplexer

Control 1	1	16
Control 2	2	16
Control 3	3	16
Control 4	4	16
Control 5	5	16
Control 6	6	16
Control 7	7	16
Control 8	8	16
Control 9	9	16
Control 10	10	16
Control 11	11	16
Control 12	12	16
Control 13	13	16
Control 14	14	16
Control 15	15	16
Control 16	16	16
Control 17	17	16
Control 18	18	16
Control 19	19	16
Control 20	20	16

Common  
Output

#### MC14097B

8 Channel Analog  
Multiplexer/Demultiplexer

Control 1	1	8
Control 2	2	8
Control 3	3	8
Control 4	4	8
Control 5	5	8
Control 6	6	8
Control 7	7	8
Control 8	8	8
Control 9	9	8
Control 10	10	8
Control 11	11	8
Control 12	12	8
Control 13	13	8
Control 14	14	8
Control 15	15	8
Control 16	16	8
Control 17	17	8
Control 18	18	8
Control 19	19	8
Control 20	20	8

Common  
Output



MC14067B-MC14097B

MAXIMUM RATINGS\* (Voltages Referenced to V<sub>EE</sub>)

Symbol	Parameter	Value	Unit
V <sub>DD</sub>	DC Supply Voltage (Referenced to V <sub>EE</sub> )	-0.5 to +18.0	V
V <sub>OH</sub> , V <sub>OL</sub>	Input or Output Voltage (DC or Transient)	-0.5 to V <sub>DD</sub> + 0.5	V
I <sub>OH</sub> , I <sub>OL</sub>	Input Current (DC or Transient), per Control Pin	+10	mA
I <sub>CH</sub>	Switch Through Current	+125	mA
P <sub>D</sub>	Power Dissipation, per Package†	500	mW
T <sub>STG</sub>	Storage Temperature	-65 to +150	°C
T <sub>J</sub>	Lead Temperature (Solder Reflowing)	260	°C

This device contains protection circuitry to prevent repeat damage due to high static voltages or electric fields. However, precautions must be taken to avoid operation at any voltage higher than maximum rated voltage to the high-impedance control. For proper operation, V<sub>OH</sub> and V<sub>OL</sub> should be constrained to the range V<sub>OH</sub> = (V<sub>OH</sub> or V<sub>OL</sub>) = V<sub>DD</sub>.

Unused inputs must always be tied to an appropriate logic voltage level (e.g., either V<sub>OH</sub> or V<sub>DD</sub>). Unused outputs must be left open.

\*Maximum Ratings are those values beyond which damage to the device may occur.  
†Temperature Derating Factor: P and DDV Packages - 7.0 mW/°C From 65°C to 150°C  
Control L Package - 12 mW/°C From 100°C to 150°C

MC14067 TRUTH TABLE

Control Inputs				Selected Channel
A	B	C	D	Out
X	X	X	X	None
0	0	0	0	Y0
1	0	0	0	Y1
0	1	0	0	Y2
1	1	0	0	Y3
0	0	1	0	Y4
1	0	1	0	Y5
0	1	1	0	Y6
1	1	1	0	Y7
0	0	0	1	Y8
1	0	0	1	Y9
0	1	0	1	Y10
1	1	0	1	Y11
0	0	1	1	Y12
1	0	1	1	Y13
0	1	1	1	Y14
1	1	1	1	Y15

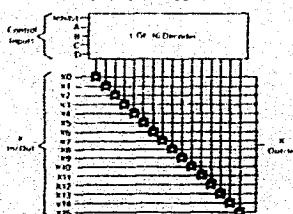
MC14097 TRUTH TABLE

Control Inputs				Selected Channel
A	B	C	D	Out
X	X	X	X	None
0	0	0	0	Y0
1	0	0	0	Y1
0	1	0	0	Y2
1	1	0	0	Y3
0	0	1	0	Y4
1	0	1	0	Y5
0	1	1	0	Y6
1	1	1	0	Y7
0	0	0	1	Y8
1	0	0	1	Y9
0	1	0	1	Y10
1	1	0	1	Y11

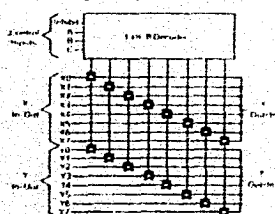
X = Don't Care

177

MC14067 FUNCTIONAL DIAGRAM



MC14097 FUNCTIONAL DIAGRAM



MC14551B

QUAD 2-CHANNEL ANALOG MULTIPLEXER/DEMULTEPLEXER

The MC14551B is a digitally-controlled analog switch. This device implements a SPST solid state switch with low ON-resistance and very low OFF-leakage current. Control of analog signals up to the complete supply voltage range can be achieved.

- Trips Diode Protection on All Control Inputs
- Supply Voltage Range = 3.0 Vdc to 18 Vdc
- Analog Voltage Range (V<sub>OH</sub> - V<sub>EE</sub>) = 3.0 to 18 V. Note: V<sub>EE</sub> must be = V<sub>SS</sub>.
- Improved Transfer Characteristics
- Low Noise - 12 mV<sub>rms</sub> (CIN = 1.0 pF) typical
- For Low P<sub>OH</sub>, Use The MC4053, MC4052, or MC4053 High-Speed CMOS Devices
- Switch Function is Break Before Make



L SUFFIX CERAMIC CASE 640



P SUFFIX PLASTIC CASE 648



D SUFFIX SOIC CASE 751B

ORDERING INFORMATION

MC14551BCL Plastic  
MC14551BDC Ceramic  
MC14551BDD SOIC

TA 55 to 175°C for all packages

MAXIMUM RATINGS\*

Symbol	Parameter	Value	Unit
V <sub>DD</sub>	DC Supply Voltage (Referenced to V <sub>EE</sub> )	0 to +18.0	V
V <sub>OH</sub> , V <sub>OL</sub>	Input or Output Voltage (DC or Transient) (Referenced to V <sub>EE</sub> for Control Input & V <sub>EE</sub> for Switch I/O)	0.5 to V <sub>DD</sub> + 0.5	V
I <sub>OH</sub> , I <sub>OL</sub>	Input Current (DC or Transient), per Control Pin	+10	mA
I <sub>CH</sub>	Switch Through Current	+125	mA
P <sub>D</sub>	Power Dissipation, per Package†	500	mW
T <sub>STG</sub>	Storage Temperature	-65 to +150	°C
T <sub>J</sub>	Lead Temperature (Solder Reflowing)	260	°C

\*Maximum Ratings are those values beyond which damage to the device may occur.  
†Temperature Derating Factor: P and DDV Packages - 7.0 mW/°C From 65°C to 150°C  
Control L Package - 12 mW/°C From 100°C to 150°C

