

46
2ej.



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

FACULTAD DE INGENIERIA

**DISEÑO DE UN MEDIDOR DE POTENCIA
PARA LASERS QUIRURGICOS DE CO2 Y Nd:YAG**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

P R E S E N T A N :

**MARIA DEL PILAR CORTIZO BARAJAS
RAUL ALBERTO FARIAS RODRIGUEZ
JOSE GUADALUPE GOMEZ FUENTES**

ASESOR: ING. VICTOR MANUEL TORRES GODINEZ



MEXICO D.F.

1997

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México



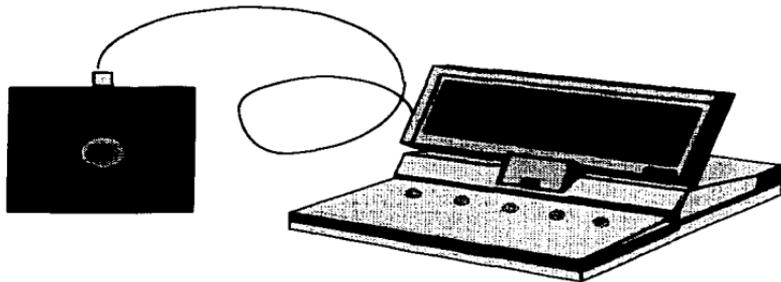
UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

**MEDIDOR DE POTENCIA PARA
LASERS QUIRÚRGICOS DE CO₂
Y Nd:YAG**



A mis padres.

Pilar Cortizo Barajas.

A mis padres y hermanos, que es lo mas valioso que tengo, gracias a su apoyo y comprensión he logrado hacer este trabajo.

A mis hermanos Rosy y Gaspar ya que sus consejos me sirvieron para seguir adelante a pesar de los obstáculos que se presentaron.

José G. Gómez Fuentes.

A Ignacio.

Raúl Alberto Farías R.

Agradecemos a las empresas Sistemas Sintel, Vitalmex I. y a las personas que colaboraron para la realización de este trabajo.

INTRODUCCION.	1.1
CAPÍTULO I	
<u>BASES TEÓRICAS DEL LÁSER</u>	1.1
1.1 DEFINICIÓN.	1.1
1.2 LUZ COHERENTE Y LUZ INCOHERENTE.	1.2
1.2.1 Ondas electromagnéticas.	
1.3 BASES FÍSICAS PARA LA GENERACIÓN DE UN RAYO LÁSER.	1.4
1.4 DIFERENTES TIPOS DE LÁSER.	1.8
1.5 APLICACIONES DE LOS LÁSERS.	1.10
1.6 LÁSERS UTILIZADOS EN CIRUGÍA.	1.12
1.6.1 Longitudes de onda de los láseres más utilizados en cirugía.	1.12
1.6.2 Interacción del láser con el tejido dependiendo de la longitud de onda.	1.13
1.6.2.1 Interacción del láser quirúrgico de CO ₂ con los tejidos.	
1.6.2.2 Interacción del láser quirúrgico de Nd:Yag con los tejidos.	1.15
1.6.2.3 Interacción del láser de argón con los tejidos.	1.15
1.7 GENERALIDADES DE UN EQUIPO LÁSER QUIRÚRGICO.	1.16
1.7.1 Equipos quirúrgicos de láser de CO ₂ .	1.18
1.7.2 Equipos quirúrgicos de láser de Nd :Yag.	1.22
1.7.2.1 Sistemas de entrega del Nd :Yag.	1.25
1.8 USO DE LOS LÁSERS EN MEDICINA.	1.29
1.8.1 Efectos químico-metabólicos de los láseres en medicina.	1.29
1.8.2 Efectos destructivos mecánicos de los láseres en medicina.	1.30
1.8.3 Efectos destructivos térmicos de los láseres en medicina (efecto quirúrgico).	1.30
1.8.3.1 Fases de la destrucción térmica.	1.31
1.8.3.2 Ventajas de la cirugía láser por destrucción térmica.	1.32
1.8.3.3 Desventajas de la cirugía láser por destrucción térmica.	1.33
1.8.3.4 Principales aplicaciones de los equipos de CO ₂ en cirugía.	1.34
1.8.3.5 Principales aplicaciones de los equipos de Nd :Yag en cirugía.	1.35
1.8.3.6 Seguridad en el manejo de láseres quirúrgicos.	1.36
1.8.4 Clases de láser.	1.36

CAPÍTULO II	
SISTEMAS DE MEDICIÓN	2.1
2.1 SISTEMAS DE INSTRUMENTACIÓN.	2.1
2.2 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS.	2.3
2.3 TRANSDUCTORES.	2.3
2.3.1 Clasificación de los transductores.	2.4
2.3.1.2 Transductores capacitivos.	2.6
2.3.1.3 Transductores inductivos.	2.6
2.3.1.4 Transductores potenciométricos.	2.7
2.3.1.5 Celda fotoconductora.	2.7
2.3.1.6 Celda fotovoltaica.	2.8
2.3.1.7 Transductores piezoeléctricos.	2.8
2.3.1.8 Transductores de temperatura.	2.8
2.3.1.7.9 El termómetro de resistencia eléctrica.	2.8
2.3.1.7.10 Termistores.	2.9
2.3.1.7.11 Termopares.	2.10
2.3.2 Selección de un transductor.	2.14
2.4 MEDIOS DE ENTRADA Y SALIDA.	2.15
2.4.1 Dispositivos convertidores.	2.15
2.4.2 Convertidores A/D.	2.16
2.4.3 Teclados.	2.18
2.4.4 Visualizadores.	2.18
CAPÍTULO III	
MEDICIÓN DE POTENCIA Y ENERGÍA DE UN LÁSER	3.1
3.1 DETECTORES.	3.1
3.1.1 Fotodetectores	3.1
3.1.2 Detectores cuánticos.	3.1
3.1.3 Detectores térmicos.	3.2
3.2 MEDIDORES DE POTENCIA Y ENERGÍA LÁSER.	3.2
3.2.1 Entradas ópticas.	3.4
3.2.2 Filtros espectrales.	3.5
3.2.3 Difusores.	3.5
3.2.4 Apertura.	3.5
3.2.5 Detector.	3.6
3.2.6 Fuente de poder.	3.6
3.2.7 Amplificador / Detector de carga.	3.6
3.2.8 Dispositivo de lectura.	3.6
3.3 CASO PARTICULAR.	3.6
3.3.1 Detector utilizado.	3.7

3.3.2 Amplificador de señal.	3.8
3.3.3 Dispositivo de lectura.	3.8

CAPÍTULO IV
DESCRIPCIÓN DEL MC88HC11 **4.1**

4.1 CARACTERÍSTICAS DEL MICROCONTROLADOR MC88HC11.	4.1
4.1.1 Descripción de las Terminales.	4.2
4.1.2 Unidad Central de Procesamiento (UCP) y Registros.	4.3
4.1.3 Memorias Internas.	4.5
4.1.4 Puertos de Entrada/Salida en Paralelo.	4.6
4.1.5 Interfase Periférica Serial Sincrona (SPI).	4.8
4.1.6 Interfase Periférica Serial Asincrona.	4.8
4.1.7 Convertidor Analógico Digital.	4.10
4.1.8 Reloj Principal e Interrupción de Tiempo Real.	4.11
4.2 CONFIGURACIÓN Y MODOS DE OPERACIÓN.	4.14
4.2.1 Configuración del Sistema.	4.14
4.2.2 Los Modos de Operación.	4.15
4.3 MODELO DE PROGRAMACIÓN E INSTRUCCIONES.	4.17
4.3.1 Modos de Direccionamiento.	4.17
4.3.2 Conjunto de Instrucciones.	4.18

CAPÍTULO V
DESARROLLO DEL PROYECTO **5.1**

5.1 METODOLOGÍA DEL DISEÑO.	5.1
5.2 PLANTEAMIENTO DEL MEDIDOR DE POTENCIA.	5.2
5.3 DISEÑO PRELIMINAR Y CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO.	5.3
5.3.1 Tarjeta Principal.	5.3
5.3.2 Pantalla de Despliegue.	5.4
5.3.3 Transductor.	5.4
5.3.4 Amplificación de la Señal del Transductor.	5.5
5.3.5 Fuente de Alimentación.	5.15
5.4 REALIZACIÓN DE LA TARJETA PRINCIPAL.	5.16
5.4.1 Puerto A.	5.17
5.4.2 Puertos B y C.	5.19
5.4.3 Decodificador de Direcciones.	5.19
5.4.4 Puerto E.	5.24
5.4.5 Etapa Amplificadora.	5.24

5.4.6 Etapa de Carga de las Baterías.	5.24
5.4.7 Pantalla.	5.24
5.5 PROGRAMACIÓN	5.28
5.5.1 Descripción del Programa para la Operación del Sistema.	5.28
5.5.1.2 Ciclo normal de operación.	5.28
5.5.2 Rutinas que interactúan con la Pantalla de Cristal Líquido.	5.29
5.5.3 Rutinas que interactúan con el Convertidor Analógico.	5.32
5.5.4 Sección de calibración	5.35
5.6 UNIDAD DE RESPALDO PARA MEMORIA	5.38
5.7 RESULTADOS	5.40
DIAGRAMAS ELECTRONICOS	

CAPÍTULO VI
ESTUDIO COMERCIAL DEL MEDIDOR DE POTENCIA MPL1 **6.1**

6.1 ANTECEDENTES	6.1
6.2 INVESTIGACION DE MERCADO	6.1
6.2.1 Mercado Estadounidense	6.1
6.2.2 Mercado Mexicano	6.2
6.2.2.1 Introducción de medidores de potencia MPL1 en México	6.4
6.2.3 Introducción de equipos medidores de potencia MPL1 en Latinoamérica y EE.UU.	6.4
6.2.4 Costos de material de un equipo medidor de potencia MPL1	6.5
6.2.5 Precio de venta	6.6
6.3 Garantía	6.6
CONCLUSIONES	C.1
BIBLIOGRAFIA	

APÉNDICE A
PROGRAMA DEL SISTEMA **A1-A57**

APÉNDICE B
MANUAL TÉCNICO DE LA PANTALLA AND711AST

APÉNDICE C	
MANUAL DE USUARIO	C.1
C.1 DESCRIPCIÓN GENERAL	C.1
C.2 OPERACIÓN	C.1
C.3 CARGA Y ALIMENTACIÓN	C.1
C.4 DESPLEGADO DE PANTALLA Y BOTONES	C.1
C.5 MANTENIMIENTO	C.5
C.6 PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN	C.6

INTRODUCCIÓN

La tecnología láser en cirugía ha pasado exitosamente la mayoría de los exámenes a que la han sometido sus usuarios, es una técnica cada vez más atractiva para las diversas especialidades. Es por esto que actualmente en México se encuentran ya instalados una gran cantidad de equipos láser quirúrgicos los cuales requieren de un mantenimiento constante. Para realizar este mantenimiento es necesario contar con un medidor de potencia láser.

Este trabajo está orientado hacia el diseño y construcción de un equipo capaz de medir la potencia de los láseres quirúrgicos más utilizados (CO₂ y Nd:YAG) en México.

Los equipos comerciales de medición de potencia con que se cuenta en el país son de importación ya que no existe producción nacional. Por esta razón es importante el desarrollo de una tecnología nacional que permita la fabricación de estos equipos, que reduzca su costo y además se tenga una disponibilidad del producto.

En el presente trabajo se presentan las bases para el desarrollo de un medidor de potencia láser quirúrgico mediante tecnología nacional con la característica de su bajo costo; además de ser competitivo en el aspecto de calidad en relación a los equipos ya existentes.

A lo largo del trabajo se explica la física que rige el funcionamiento de un dispositivo capaz de generar un haz de energía láser, los diferentes tipos de láser, aplicaciones generales y el láser en medicina. Posteriormente se presentan las características de los medios de entrada-salida que requiere un sistema de medición, así como un breve resumen sobre medidores de potencia y energía láser. Se describe la arquitectura y operación del microcontrolador MC68HC11E1 que es el que se utilizó en el proyecto. Se da una explicación del desarrollo del proyecto para conocer las características del equipo. Finalmente se hace un estudio sobre la factibilidad de mercado para dicho equipo con lo que se logra tener una idea más clara en cuanto a costos de un equipo de tecnología nacional comparado con uno de importación. Se incluye un manual de operación para el usuario.

CAPITULO I**BASES TEÓRICAS DEL LÁSER**

Introducción: Ya que el presente trabajo describe el diseño de un medidor de potencia para rayos láser quirúrgicos, es necesario explicar y comprender qué se entiende por rayo láser, es por esto que este capítulo explica de manera breve los fundamentos teóricos para la generación de un rayo láser, partiendo de éstos se mencionan los diferentes tipos de láser que existen, diferenciándose por el medio activo que produce el haz así como de la longitud de onda generada. Posteriormente se enfatiza el tema principal en los tipos de láseres quirúrgicos Nd:YAG y CO₂, la descripción general de estos equipos y los accesorios utilizados, sus efectos en el tejido, sus aplicaciones quirúrgicas y algunas medidas de seguridad en el manejo de éstos.

1.1 DEFINICIÓN

La palabra LÁSER proviene de light amplification by stimulated emission of radiation, esto significa "amplificación de luz por la emisión estimulada de radiación".

En esta expresión, el término luz está siendo usado como energía dentro del espectro electromagnético, independientemente si esta luz sea visible o no.

El término "radiación" se refiere simplemente a la emisión y transmisión de la energía a través del espacio, y no implica necesariamente la radiación ionizante cancerígena comúnmente asociada con rayos X y bombas atómicas, desde luego es posible hacer láseres de longitudes de onda similares a las de los rayos X, sin embargo la mayoría de los láseres utilizados comúnmente operan en longitudes de onda lejana a la zona Ultravioleta del espectro electromagnético. Para éstos láseres cotidianamente utilizados el término radiación significa sólo fotoradiación, o luz.

El término "emisión estimulada", que será explicado con más detalle en secciones posteriores, es básicamente el proceso atómico en el cual una cavidad resonante láser es cargada, "estimulada", con energía de un medio externo antes de que pueda emitir su propia energía.

El término "amplificación" se presta un poco a confusión ya que no existe propiamente un proceso de magnificación en un láser, la amplificación en este caso se refiere sólo a la coordinación de la emisión final de energía hacia una energía eficiente y unificada que le permita al láser transmitirse en ondas energéticas que no se destruyan entre ellas y sean coherentes y colimadas. Con este proceso el efecto concentrado así como su magnitud, aparecerán "amplificadas" sobre lo que sería un método incoherente de transmisión que se dispersará a lo largo de la distancia.

El láser es un proceso de generación de energía y no un aparato, que culmina en la producción de una "luz" de determinada longitud de onda (en términos prácticos, la banda del espectro electromagnético que incluye las radiaciones ultravioletas, luz visible e infrarrojo). Esta luz no se encuentra en la naturaleza normalmente y es de extraordinaria intensidad. Para ejemplificarla, si enfocamos la luz solar con una lupa, podemos obtener una intensidad o densidad de potencial máxima de 300 w/cm², mientras que con los láseres se obtienen intensidades de millones de w/cm². Esto se debe a que la radiación es emitida en ondas electromagnéticas paralelas, de una longitud de onda determinada, que se forman en un sistema atómico molecular apropiado, aprovechando procesos de óptica cuántica basados en los principios de emisión estimulada.

Un equipo láser es un aparato mecánico que hace uso de varios principios físicos, para crear un intenso y angosto haz de luz capaz de proyectarse a través del espacio sin perder su energía. Generalmente

constan de muchos subsistemas complejos incluidos como: los sistemas óptico, mecánico, eléctrico, electrónico, hidráulico, y neumático.

Lo que hace única a luz láser comparada a la luz común es:

- 1) **Coherencia:** coordinación en tiempo y espacio, es decir todos los fotones están en fase.
- 2) **Monocromaticidad:** color puro, una longitud de onda principal.
- 3) **Colimación:** ondas en paralelo, mínima divergencia.

Cuando éstas tres condiciones sean satisfechas, los picos y valles de las ondas estarán alineadas y se sumaran sin cancelarse, se dispondrá de un haz capaz de viajar largas distancias portando una gran cantidad de energía teóricamente sin divergencia ni pérdidas.

1.2 LUZ COHERENTE Y LUZ INCOHERENTE

En general, las fuentes luminosas más comunes; una lámpara, el sol, etc., producen una luz difusa y desenfocada, constituida por una mezcla de distintas longitudes de onda (dentro y fuera del rango visible) en total desorden, esparciéndose hacia todos lados. Este tipo de luz, incoherente, es muy ineficiente en el sentido de transmitir energía, debido a que por encontrarse sus ondas fuera de fase, éstas se van cancelando al transmitirse durante su trayecto.

Por el contrario un rayo láser es luz organizada de manera cuidadosa. En el caso de un láser las ondas se encuentran rigurosamente en fase y por lo tanto se van sumando positivamente en lugar de cancelarse y además corresponden a una misma longitud de onda y están orientadas en la misma dirección. Debido a estas propiedades se dispone de un haz de luz (visible o no) con una divergencia que en muchos casos prácticos es despreciable. Siendo éste portador de energía capaz de perforar o destruir algún material sobre el que se le haga incidir con escasa pérdida de energía durante el recorrido.

FIG. 1.1 LUZ INCOHERENTE

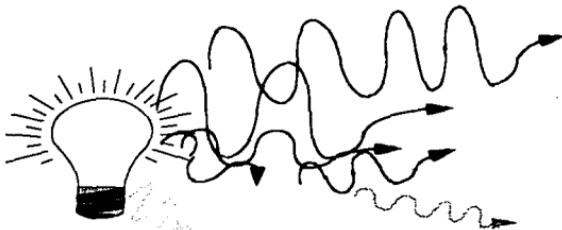


FIG. 1.2 LUZ COHERENTE



1.2.1 ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS

El fenómeno de la luz debe ser explicado en base a dos teorías diferentes, puesto que sólo una de ellas hace imposible demostrar todos los fenómenos en que ésta participa.

La primera de éstas teorías de ondas: la teoría de ondas electromagnéticas (Maxwell, 1886) describe a la luz como una más de las múltiples ondas de origen electromagnético que inundan el espacio, y pueden ser caracterizadas por cuatro variables:

1. Longitud de onda (λ) determinante del color.
2. Frecuencia (F)
3. Velocidad (C) - constante de la luz: 300,000 km/s.
4. Amplitud.

La amplitud no es más que la altura vertical de la onda y entrega información acerca de la energía que ésta porta.

La longitud de onda es la distancia entre dos crestas y es el parámetro utilizado para organizar el gráfico del espectro electromagnético. Cuando se habla de la longitud de onda de un láser, ésta se mide en nanómetros y micrones las relaciones son:

- 1 Nanómetro (nm) = 1×10^{-9} m
 1 Micrón (μm) = 1×10^{-6} m

La luz visible varía entre 385 nm (violeta) a 760 nm (rojo). La frecuencia es la cantidad de ondas que pasan por un punto por segundo, siendo la velocidad de la luz constante. Esto significa que la frecuencia que se expresa en hertz o ciclos por segundo, es inversamente proporcional a la longitud de onda.

$$\text{Longitud de onda } \lambda = c / f$$

Fuera del espectro visible, entre la luz de mayor longitud de onda, se halla toda la zona del infrarrojo (IR) y las ondas de radio; y entre las ondas de menor longitud de onda, portando mayor energía, está el ultravioleta (UVA) y los rayos X (figura 1.3).

La segunda de las teorías que explica la constitución de la luz, fué establecida por Planck en 1900 y Einstein en 1905 y es conocida como Teoría Cuántica de la Radiación. Esta teoría plantea que la luz es discontinua, y se propaga en forma de pequeños paquetes de radiación (cuantos o fotones) cuyo contenido energético es proporcional a su frecuencia.

Hoy en día se aceptan ambos puntos de vista, el ondulatorio y el cuántico; acudiéndose al primero cuando se quiere explicar fenómenos tales como la interferencia y al segundo, en lo relativo a fotoemisión como es en el caso que se estudiará : generación de un rayo láser.

1.3 BASES FÍSICAS PARA LA GENERACIÓN DE UN RAYO LÁSER.

En un átomo los electrones ocupan ciertos niveles definidos de órbitas, a mayor nivel de energía, más alejada la órbita del electrón. Estos electrones no son libres de ocupar niveles intermedios entre las órbitas definidas de ese átomo; así como el nivel energético de un átomo es cambiado, el electrón debe subir o bajar al próximo nivel orbital. Un átomo debe absorber energía para realizar este movimiento hacia arriba y emite energía cuando la transición es hacia abajo. (figura 1.4)

FIG. 1.4 EMISIÓN ESPONTÁNEA

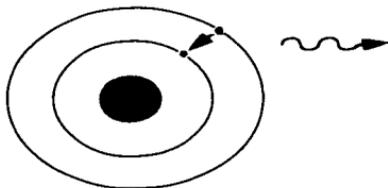


FIG. 1.5 EMISIÓN ESTIMULADA

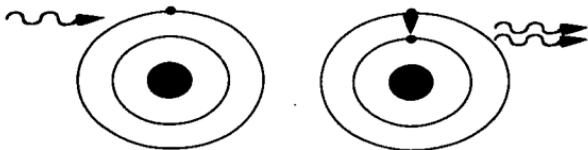
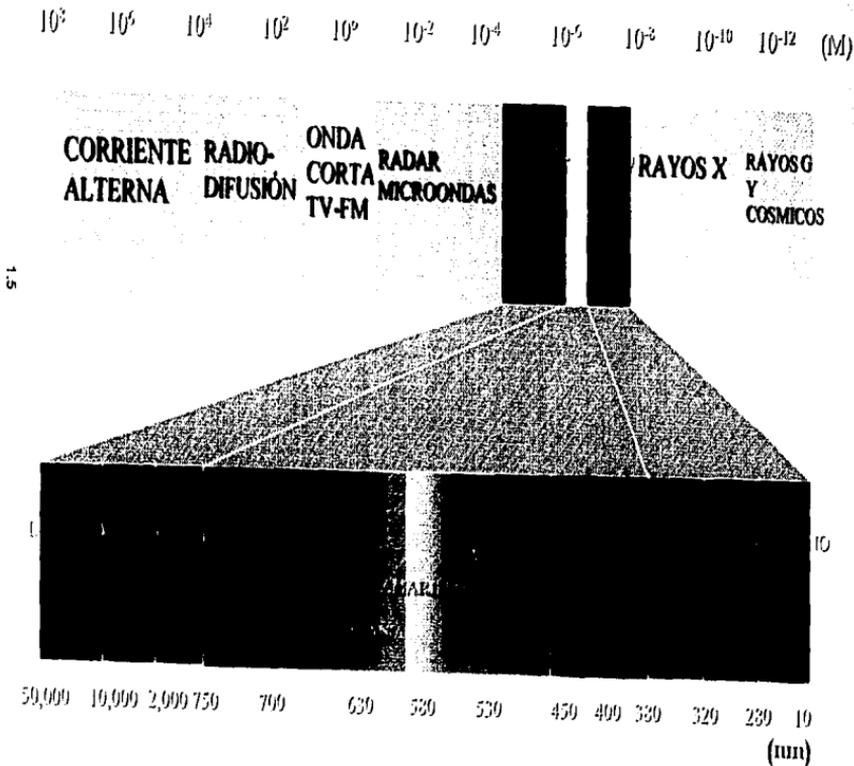


FIG. 1.3 ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO



BASES TEÓRICAS DEL LASER

La esencia del proceso de magnificación de luz se basa en la emisión de fotones estimulada que Einstein predijo en 1917; bajo determinadas circunstancias, un fotón incidente generaría otro nuevo exactamente con la misma energía y, por lo tanto, la misma longitud de onda (figura 1.5) Este proceso de dos por uno es, por supuesto, equivalente a la amplificación y a la alta amplificación, ya que puede reproducirse por sí mismo de forma indefinida. Einstein añadió que en este tipo de emisión los fotones, el viejo y el nuevo, estarán en fase, tendrán la misma polarización y se propagarán en la misma dirección. Su predicción totalmente teórica tuvo lugar 43 años antes de que se construyera el primer haz de láser, cuando no se sabía nada de electrónica, no existían los transistores y las válvulas constituían aún una novedad.

Einstein afirmó que el impacto de un fotón de frecuencia f sobre un átomo con dos niveles de energía de diferentes valores:

$$dE = E_2 - E_1 = hf$$

Donde h es la constante de Planck, podría tener una de estas dos consecuencias:

- La creación de un par electrón-hueco, o
- La emisión de un nuevo fotón.

En la primera consecuencia reconocemos el conocido efecto fotoeléctrico. El electrón se desplaza hacia arriba (en términos de energía) mientras que el fotón es aniquilado. El segundo tipo de consecuencia puede resultar novedoso. En él, el electrón pierde energía, y se crea un nuevo fotón. Se trata de la "emisión estimulada" de fotones auténtica base del efecto láser. Advertimos una vez más que ambos procesos exigen la existencia de una especie de sintonización entre la diferencia de nivel de energía $E_1 - E_2$ del átomo y la frecuencia / energía del fotón. A menos que $f = dE/h$, no ocurre nada.

Las longitudes de onda de luz emitidas por un átomo son función de éste átomo estimulado y no función de las longitudes de onda de luz usadas originalmente para excitar el átomo. La emisión final es determinada por las diferencias orbitales específicas del átomo excitado.

De una importancia fundamental fué la afirmación de Einstein sobre el carácter probabilístico de la reacción:

la probabilidad de que E_1 y/o E_2 se produzca en un material tiene conexión con el número específico de estados activos N_1 (nivel de energía E_1) y N_2 (nivel de energía E_2). El hecho de que estemos acostumbrados a pensar en un electrón en movimiento ascendente en su nivel de energía al incidir un fotón se debe a que en el estado normal (no excitado) de todos los materiales los niveles de energía bajos en los átomos están más concurridos que los altos, de acuerdo con la tendencia general de mínima energía en la naturaleza (figura 1.6). Esto eleva enormemente la probabilidad de que se produzca transiciones ascendentes.

La probabilidad de producir la situación contraria, una transición descendente, se puede aumentar de forma artificial mediante el incremento del número de electrones en el nivel de energía superior. Los átomos en esta condición están excitados. En los materiales fuertemente excitados, el número N_2 puede llegar a ser mayor que N_1 . Esta situación anormal se podría explicar si se compara imaginariamente con una situación en donde el número de ricos sobrepasa al de los pobres, y es conocida como inversión de población (figura 1.7)

FIG. 1.6 DISTRIBUCION NORMAL DE LOS ESTADOS

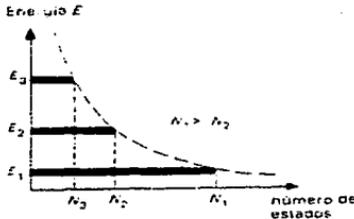
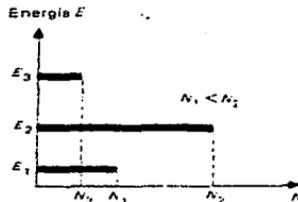


FIG. 1.7 ESQUEMA DE LOS ESTADOS DONDE N_2 ES MAYOR QUE N_1



Este efecto se puede conseguir si el medio es bombardeado rápidamente externamente con una masiva cantidad de fotones, de este modo se puede conseguir la situación en un punto en donde la mayoría de los átomos en el medio absorberían los fotones incidentes y sus electrones estuvieran colocados en órbitas inusualmente altas conteniendo energía potencial.

Los átomos excitados se encuentran en estado metaestable, y por tanto han de estar predispuestos a volver al estado no excitado.

Aquellos que lo hacen sin ser provocados, originan emisiones espontáneas de luz. Se trata del caso, por ejemplo, de los átomos de un LED o un tubo fluorescente. Tales revisiones ocurren al azar. Sin embargo, en condiciones de excitación fuerte, es decir, de población invertida, las inversiones se producen por un fotón incidente. En sintonía con el exceso de energía $dE = E_2 - E_1$ de los electrones ascendidos en virtud de su propia energía, $dE = hf$, el fotón incidente derriba al electrón que al caer en el estado E_1 , pierde instantáneamente su exceso de energía dE en favor del fotón creado, dicho de otra manera como algunos átomos empiezan a emitir sus fotones, sus vecinos son estimulados también para emitir sus fotones exactamente al mismo tiempo, conocido este efecto como emisión estimulada de luz. En poblaciones fuertemente invertidas, la estimulación constituye un mecanismo automantenido y de amplificación a gran escala, pues la reacción dos por uno lleva a las de cuatro por dos y ocho por cuatro, y así sucesivamente hasta que la cuestión del equilibrio en el material haya llegado suficientemente lejos como para obtener electrones E_2 con un pequeño suministro.

Las emisiones estimuladas no se producen al azar: todos los fotones pertenecientes a un grupo de transacciones descendientes ($E_2 - E_1$) están estrictamente escalonados. Para sostener la creación de fotones escalonados es necesario mantener la inversión de población, es decir, mantener una progresiva elevación del nivel E_2 con electrones excitados. Esta operación recibe el nombre de bombeo. El bombeo de láser se puede realizar de forma continua o en "ráfagas" y los medios de bombeo suelen ser muy variados.

Hasta este punto la fuente de luz es monocromática y coherente, pero para crear un rayo paralelo y colimado es necesario que esta luz rebote una y otra vez en una cámara resonante en donde se colocan espejos en los límites del medio activo a 90° respecto a la dirección escogida por donde se va a emitir la propagación de la luz, uno de estos espejos es 100% reflejante y el otro es parcialmente reflejante por donde el rayo sale como una serie de ondas paralelas. Los efectos de estos espejos son los siguientes:

- 1) Origina movimientos del fotón que realizan múltiples pasos en el medio, con lo que se aumentan las probabilidades de colisiones fotón-electrón (realimentación positiva).
- 2) Favorece la producción de luz en la dirección z (coherencia espacial).
- 3) Crea las condiciones necesarias para que se establezcan las ondas existentes entre los espejos al favorecer la generación de longitudes de onda, λ , para las cuales un número entero M de semilongitudes de onda completa, y la distancia d , entre espejo y espejo, se convierten en el elemento definitorio de la periodicidad.

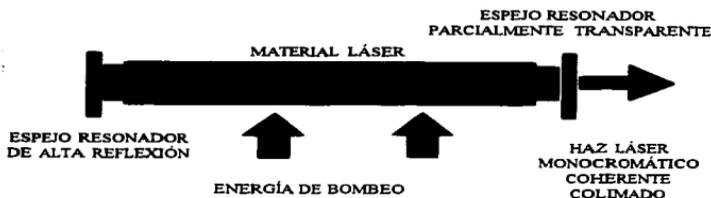
Al crearse una inversión de población en la cámara resonante que contiene el medio activo, súbitamente los fotones resultado de la emisión espontánea empiezan a surgir, hacia todas direcciones dentro de la cámara resonante pero uno de ellos, comúnmente llamado el "suertudo", lo hace en dirección perpendicular a los espejos reflectivos, conforme este fotón va chocando con diferentes átomos y con los espejos anteriores y posteriores se van sumando, hasta que se le permite su salida por el espejo anterior, el cual cabe recordar que es parcialmente reflectivo (véase figura 1.8).

Si un medio láser es preparado conteniendo únicamente un solo elemento puro (todos los átomos idénticos) la luz emitida es por definición limitada a sólo unas pocas longitudes de onda. Es virtualmente imposible obtener una emisión completamente monocromática porque existen varias órbitas potenciales para cualquier elemento y por lo tanto muchas posibles transiciones entre órbitas para un electrón excitado. Pero si un medio láser es correctamente escogido y preparado, la luz emitida puede ser reducida a incluso una longitud de onda predominante.

Un equipo productor de láser tiene cuatro componentes básicos:

- 1) Un medio activo: Argón, Kriptón, CO_2 , Nd:YAG etc.
- 2) Un mecanismo de excitación: electricidad, luz, radiofrecuencia, etc.
- 3) Un mecanismo de retroalimentación: cámara resonante, espejos reflectivos.
- 4) Un mecanismo emisor: lentes, espejos, fibras ópticas, etc.

FIG. 1.8 GENERACIÓN DEL RAYO LÁSER



1.4 DIFERENTES TIPOS DE LÁSER

Existen cuatro tipos básicos del láser, los cuales difieren por el medio en el cual se genera la luz del rayo. El tipo de láser no tiene que ver directamente con el rango de longitudes de onda que pueden crear, se puede dar el caso en que un láser sólido, uno gaseoso, y uno líquido generen la misma

longitud de onda, pero diferirán en potencia, costo de fabricación y mantenimiento y cada uno se utilizará para diferentes fines.

- Medio sólido: a) rubí; b) neodimio yag.
- Medio líquido: a) láseres de tinturas.
- Medio gaseoso: a) CO_2 ; b) argón; c) helio-neón.
- Medio electrónico-semiconductores: a) arseniuro de galio.

• Láseres sólidos

En el medio se les llama a veces láseres de estado sólido sin embargo no tienen que ver con dispositivos semiconductores generalmente llamados así, normalmente están hechos con cristales puros o contaminados pero traslúcidos con una gran resistencia mecánica que presentan poca deformación al momento de estar emitiendo, se fabrican en forma de barras longitudinales de tal forma que sean más fáciles de enfriar, y usualmente son estimulados con bombeo de luz o por medio de otro láser en una cámara resonante. Como ejemplo de éstos láseres existen el láser de rubí, Holmio:YAG, Nd:YAG, Nd:vidrio y Erbio:YAG

En este tipo de láser, los materiales involucrados en producir una cascada de fotones son, como su nombre lo dice, sólidos. Los átomos de emisión de fotones actuales son generalmente un porcentaje mínimo del elemento en la matriz de otros componentes. Por ejemplo, el láser de rubí obtiene sus fotones del cromo, que es solo un pequeño porcentaje de la matriz de óxido de aluminio. La radiación láser YAG resulta del efecto laseante de átomos de neodimio que son un bajo porcentaje de la matriz de ytrio-aluminio-granate.

• Láseres líquidos

Los láseres sólidos tienen la desventaja de sufrir fracturas ocasionales y daños a niveles de alta energía, producidos por el intenso calor generado en el material láser y por la lámpara de bombeo. El láser líquido no es susceptible a este tipo de daño. El cilindro cristalino es reemplazado por una célula transparente, conteniendo un líquido apropiado, como puede ser una solución de óxido de neodimio en oxígeno de selenio, estas células pueden ser hechas tan grandes como sea necesario, hay muy pocos líquidos que son apropiados para esto y generalmente son materiales que son riesgosos en su manejo y desecho. Estos láseres también son estimulados a través de bombes de luz u por algún otro láser en una cámara resonante. Como ejemplo de éstos existen los láseres colorantes.

• Láseres gaseosos

Los láseres gaseosos producen haces de luz por medio de una descarga eléctrica en la cavidad láser. Los láseres gaseosos han ganado popularidad por: la simplicidad del efecto laseante, el amplio rango de longitud de ondas disponible, son menos costosos, algunos, por ejemplo el CO_2 son muy eficientes (aprox. 30%), y estas cuentan con salidas de muy alta potencia en unidades relativamente pequeñas. Una variedad de métodos de bombeo son utilizados donde los átomos o las moléculas del gas laseante son excitados. En algunas mezclas de gases como una de las más populares, Helio-Neon, la descarga eléctrica excita los átomos de helio que transfieren su energía a los átomos de neón que emiten luz roja. Otras mezclas de gases, como el CO_2 , nitrógeno, y argón, son energizados por las moléculas de CO_2 absorbiendo la energía eléctrica y vibrando a un nivel alto de energía.

El láser de helio-neón no puede producir mucha potencia, por lo general solo produce unos cuantos miliwatts, pero este versátil láser puede emitir luz láser continua por miles de horas y tiene gran número de usos.

Otros láseres gaseosos populares son los láser de argón y kriptón que emiten en la región verde y roja del espectro, respectivamente. Mezclados, las emisiones resultantes pueden ser controladas para proveer cuatro longitudes de onda individuales y separadas en el rango visible. Una aplicación muy popular con esta combinación, es en el campo del entretenimiento como: espectáculos de luces, películas, etc.

• Láseres semiconductores

El láser semiconductor es en muchos sentidos la última fuente optoelectrónica. Al proporcionar alta potencia en un pequeño paquete a bajo costo, el diodo láser se ha convertido en la fuente normal de las comunicaciones ópticas y de aplicaciones de alta densidad como el disco óptico.

Un láser semiconductor consiste en una junta plana de dos piezas de material semiconductor, cada una de las cuales ha sido tratado con un tipo de impureza diferente. Cuando una corriente eléctrica pasa por un dispositivo como éste, luz láser emerge de la región de junta. La salida de potencia es limitada, pero su bajo costo, tamaño pequeño y su relativa alta eficiencia hacen estos láseres apropiados para adaptaciones microelectrónicas y sus aplicaciones son ilimitadas en usos de alta tecnología, por ejemplo en comunicaciones por fibra óptica. Estos láseres son similares en construcción a un transistor o un diodo semiconductor. Son generalmente pulsos infrarrojos con potencia del orden de watts y pueden ser producidos con una buena eficiencia, especialmente a bajas temperaturas. El mecanismo de activación puede ser una señal de corriente de televisión, por lo que se producen con estas señales haces láser modulados.

Los materiales semiconductores como el silicón, conducen electricidad mejor que aislantes pero no tan bien como los conductores. Estos materiales semiconductores permiten la construcción de complejos circuitos microelectrónicos controlando cuidadosamente la composición, lo que permite construir estructuras útiles para acomodartas en el uso deseado.

1.5 APLICACIONES DE LOS LÁSERS

Las aplicaciones industriales y comerciales caen en diferentes categorías básicas:

- Materiales de trabajo
- Medición e inspección
- Lectura, escritura y grabado de información
- Comunicaciones
- Holografía
- Espectroscopia
- Sensado remoto
- Cirugía y tratamiento médico

También tiene aplicaciones en diversas investigaciones realizadas por organizaciones gubernamentales e industriales y en universidades.

- Armamento láser
- Fusión nuclear por inducción-láser
- Enriquecimiento de isótopos (particularmente uranio y plutonio)
- Espectroscopia y física atómica
- Medición
- Diagnósticos de plasma

Históricamente, el soporte en la investigación láser ha venido del departamento de defensa u organizaciones cuasimilitares. Sin embargo, la principal justificación para investigación de fusión láser ha sido interés militar en simular los efectos de las armas nucleares. Ahora, la mayoría del programa de investigación militar es para desarrollar armamento láser para usarse contra satélites o para defensa de un ataque nuclear. Los sistemas láser que están ahora en producción y sirven como rastreadores de rango, localizadores de blancos para bombas dirigidas, protectores en ataques aéreos o de bombas atómicas.

Las herramientas de láser pueden seccionar varios materiales desde acero altamente carbonado, aleaciones de titanio, cerámica y caucho reforzado hasta madera, tejidos y cartón. La programación por ordenador de modelos complicados de corte asegura alta flexibilidad, una repetitividad excelente

después de un período en el que no se ha usado y gran productividad. La última surge como resultado de elevadas velocidades de corte y del empleo simultáneo desde múltiples puestos de trabajo. Otras ventajas son: niveles bajos de ruido, polvo, humo y vibración, posibilidad de trabajar a través de un escudo de vidrio, protección ante desfilachamiento (tejidos), facilidad para empezar un corte en medio de una pieza y eliminación de la necesidad de una gran variedad de herramientas para corte.

En materiales blandos (madera, cartón, tela), el mecanismo de corte funciona mediante la vaporización del material, mientras que en los metales se basa en la fusión del material en un punto altamente localizado. El metal erosionado se elimina gracias a una corriente de gas. En algunos casos este gas es oxígeno.

Cuando se trata de perforación de orificios a escala industrial, el láser es muy valioso sobre todo en trabajos con materiales a ambos extremos de la escala de dureza: por una parte los diamantes y los rubíes y por otra polietileno y caucho. En el primer caso, los haces de láser alcanzan mucha más rapidez que los taladros mecánicos con durezas muy elevadas; ya no hacen falta talas de rubíes para los relojes e instrumentos, tintes de fabricación para arrastre de cables o perforado de capas cerámicas para chips de semiconductores. En el segundo caso, resulta más sencilla de obtener una afinación de precisión al no necesitarse contacto mecánico con el material excesivamente blando y desviable.

La soldadura con láser ha encontrado su aplicación en la industria de motores de coches. La mayor parte de los soldadores utilizan un procedimiento de taladro profundo en el que se forma primero un núcleo de metal fundido y en parte vaporizado e ionizado a mitad del espesor del material y a continuación se desplaza a lo largo de la línea de soldadura sin que ni siquiera el vapor abandone el metal. La alta eficacia de este procedimiento se debe sobre todo a un grado extremadamente elevado de localización de cantidades enormes de calor. Se pueden obtener profundidades de soldadura 12 veces mayores que su anchura. La soldadura es muy pura; presenta una buena estructura cristalográfica y por lo tanto es, al menos, igual de resistente que el metal base. Otras industrias (construcción naval, fabricación de tuberías, aeroespacial) utilizan el método que, gracias a los avances recientes, se está extendiendo de forma gradual hacia los metales ligeros y también a las aleaciones, en los que puede soldar placas de media pulgada de espesor. La soldadura con láser alcanza su máximo rendimiento cuando se actúa en lugares de difícil acceso, en los que haces guiados ópticamente consiguen llegar a zonas que serían inalcanzables por otros sistemas. El láser resulta ventajoso cuando hablamos de microsoldadura una interesante combinación de haces de láser de CO_2 y HeNe dispuestos de manera coaxial crea uniones posicionadas de alta precisión en los microchips: el láser visible de HeNe de 1 mW se encarga de la guía mientras que el láser de CO_2 de 20 W realiza la soldadura.

Esta tecnología se utiliza en casos en los que se puede aprovechar la maravillosa facilidad con que el calor de láser puede confinarse con precisión tanto en el tiempo como en el espacio. Por otra parte, es un proceso limpio que no desgasta las herramientas y cuya intensidad es fácilmente controlable. Una acción altamente localizada favorece el ahorro. La aleación de una superficie localizada pertenece también al reino del láser. Se pueden fundir fácilmente pequeñas cantidades de aditivos de aleación sobre la superficie y dispersarse por el cuerpo principal de la pieza en cuestión. El tipo de fuerzas mencionadas en relación con el núcleo en la soldadura del láser favorece la agitación y el rápido enfriamiento que origina una buena microestructura.

Se conocen al menos dos métodos de tratamiento por láser de grandes superficies: revestimiento (por ejemplo, acero con cobalto) y vidriado que se obtiene mediante la aplicación de enfriamiento rápido en el tratamiento de endurecimiento.

En una categoría de estas características se encuentra la purificación, en profundidad de materiales semiconductores. Otros de los usos bien conocidos de los láseres en la industria de semiconductores incluyen disposiciones de resistores, sintonización de cuarzo, perforación de capas de cerámica y trazado y separación.

Es conclusión, la utilización de haces de láser en fabricación es muy variada. Su empleo siempre conduce no sólo a un mayor rendimiento sino también a una calidad superior del producto.

Otras aplicaciones

Otras aplicaciones

La luz coherente que producen los láseres se presta de forma admirable a detectar y medir cualquier tipo de parámetro físico. Entre ellos, destacan la distancia (que puede comprender desde el submicrómetro al multimetro), velocidad (desde micrómetros por segundos hasta kilómetros por segundo), temperatura, presión, frecuencia e intensidad de corriente eléctrica. La vigilancia, ingeniería civil y construcción naval, por otra parte, utilizan el haz de láser (HeNe) de una manera más simple: como si fuera un pedazo de cuerda muy largo, ligero y rectilíneo o una línea de tiza extremadamente larga. El lidar (término acrónimo semejante al radar) se utiliza principalmente para tomar muestras de la atmósfera (ya sean previsiones meteorológicas o estudios sobre la polución). Los rótulos, trazados o grabados (en metal, cerámica, madera) y, por supuesto, la fotocomposición tipográfica y la formación de placas (en industrias de imprenta) constituyen aplicaciones en las que se necesita la creación de puntos precisos mediante láser.

1.6 LÁSERES UTILIZADOS EN CIRUGÍA**1.6.1 Longitudes de onda de los láseres mas utilizados en cirugía**

Basándose en que la energía láser no es más que luz cuidadosamente organizada. Luego, ésta interactuará con la materia del mismo modo que lo haría con luz difusa ordinaria.

Pensemos en el origen de los colores que poseen los cuerpos, si al observar un objeto iluminado por luz solar (constituida por la suma de las longitudes de onda de todos los colores, incluso invisibles) éste es visto, por ejemplo como azul, esto significa que la materia que constituye el objeto posee la capacidad de absorber todas las longitudes de onda, excepto las cercanas a los 450 nm del azul. Estas últimas son reflejadas, y al incidir en la retina de nuestros ojos nos muestran a aquel objeto de ese color. Si el objeto en observación reflejara todas las longitudes de onda, sería visto de color blanco, y si por el contrario las absorbiese todas, de color negro. Además dependiendo de la longitud de onda y de las características del material, la luz podrá ser transmitida como en el caso de un cuerpo transparente, o difundida como en una barra de acrílico blanco.

El efecto del láser sobre los diferentes tejidos, también dependerá de cómo reaccionen éstos, ante la longitud de onda de la energía aplicada. Es así, como mientras ciertas longitudes de onda son absorbidas con gran afinidad, otras pueden ser reflejadas, transmitidas o dispersadas por el mismo tejido.

Los primeros trabajos con láser fueron realizados por Theodore Maiman en 1960 con un láser de rubí. Una gran variedad de medios láser han sido probados desde ese tiempo, y se ha demostrado que el láser puede ser diseñado para producir con exactitud cualquier longitud de onda deseada.

Algunas de las longitudes de onda utilizadas en medicina se encuentran en la siguiente tabla:

MEDIO	TIPO	LONGITUD DE ONDA
CO ₂	gas	10,600 (nm) IR
Fluoruro de Hidrógeno	gas	2,950 (nm) IR
Er:YAG	sólido	2,940 (nm) IR
ND:YAG	sólido	1,318 (nm) IR
	sólido	1,064 (nm) IR
Arseniuro de Galio	sólido	904 (nm) IR
Rubi	sólido	694 (nm) ROJO
Helio-Neón	gas	632 (nm) ROJO
Tinte sintonizable (DYE)	liquido	630 (nm) ROJO
		577 (nm) AMARILLO
Vapor de oro	gas	585 (nm) AMARILLO
Vapor de cobre	gas	628 (nm) ROJO
ND:YAG de frec. doblada	sólido	578 (nm) AMARILLO
Argón	gas	532 (nm) VERDE
		515 (nm) VERDE
		488 (nm) AZUL

XEF
KF
AF

gas
gas
gas

351 (nm) UVA
248 (nm) UVA
193 (nm) UVA

Es importante notar las longitudes de onda de los láser quirúrgicos más populares usados hoy en día en la cirugía:

En la región del IR lejano se encuentra el láser de CO₂. Aunque su medio está constituido por una mezcla de nitrógeno, helio y dióxido de carbono, es sólo el dióxido de carbono el que actúa como medio láser activo. Los otros componentes solamente facilitan el proceso, absorbiendo energía y luego transfiriendo su excitación al dióxido de carbono a través de múltiples colisiones internas.

Cercano al rojo pero todavía dentro del espectro infrarrojo se encuentra el láser de neodimio :YAG (Nd:YAG), con una longitud de onda predominante de 1,064 nm y una longitud de onda secundaria de 1,318 nm. YAG significa Itrio Aluminio y Granate, la cual es una sustancia sólida de alta cristalinidad, capaz de soportar el esfuerzo de una continua formación de ondas láser.

Muchos medios láser pueden ser usados en conjunto con esta estructura cristalina básica, para crear diferentes longitudes de onda (por ejemplo Er:YAG, Ho:YAG, Holmio:YAG, Nd:YAG; Neodimium:YAG.) En el caso del más frecuentemente utilizado se toman átomos del elemento tierra rara neodimio (Nd) para dopar el cristal como si fueran impurezas. Es por lo tanto, el neodimio el que constituye el medio láser, aunque usualmente se conoce al láser Nd:YAG únicamente como el "YAG".

1.6.2 Interacción del láser con el tejido dependiendo de la longitud de onda

Al igual que la luz común al incidir sobre un objeto, cuando un rayo láser incide un tejido uno de cuatro fenómenos puede ocurrir (FIGURA 1.9)

el rayo puede ser transmitido por el tejido sin que cause ningún efecto, tal y como el cristal transmite la luz ambiental . Puede ser reflejado lejos de la superficie, sin efecto alguno para el tejido , tal y como el color blanco refleja la mayoría de la luz ambiental. Puede ser difundido hacia otros tejidos de manera aleatoria, o bien puede ser absorbido por el tejido donde incide causando efectos directos.

FIG. 1.9 INTERACCIÓN DEL LÁSER CON EL TEJIDO



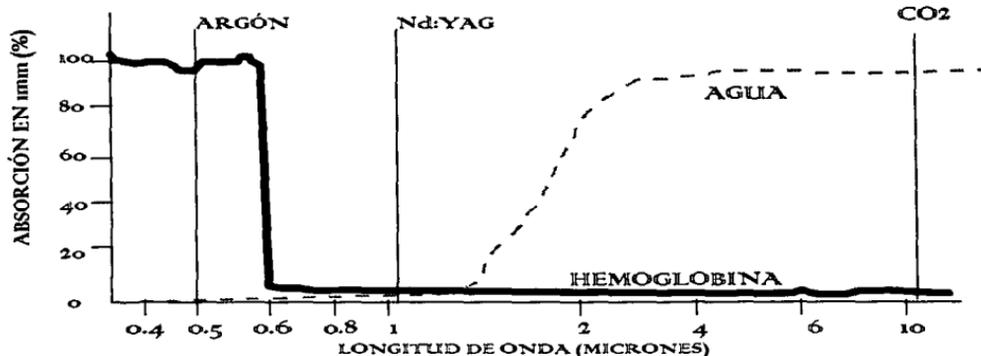
Sólo en el caso que el láser sea absorbido éste afecta el tejido, y es la longitud de onda la que determina como y donde será absorbido por el tejido. Existen ciertos elementos del tejido biológico que han sido investigados de acuerdo con su espectro de absorción: el agua y la hemoglobina.

La mayoría de los tejidos contienen un porcentaje alto de agua, de manera que si una longitud de onda es fuertemente absorbida por el agua será inmediatamente absorbida por el tejido y tendrá una poca penetración y un efecto térmico preciso.

La mayoría de los tejidos contienen un porcentaje alto de agua, de manera que si una longitud de onda es fuertemente absorbida por el agua será inmediatamente absorbida por el tejido y tendrá una poca penetración y un efecto térmico preciso.

En la siguiente figura (1.10) se muestra una comparación de los coeficientes de absorción de los láseres más comunes en la hemoglobina y el agua en función de sus longitudes de onda.

FIG. 1.10 COEFICIENTES DE ABSORCIÓN



1.6.2.1 Interacción del Láser quirúrgico de CO₂ con los tejidos.

Teniendo el láser de CO₂ una longitud de onda de 10,640nm se observa que éste será absorbido por el agua, de la misma manera el láser CO₂ es absorbido por vidrio, plástico y cualquier otro material transparente, como todo el tejido tiene gran contenido de agua el láser de CO₂ es absorbido por todos ellos con un coeficiente de absorción muy alto. Es un hecho que el 98% de un láser CO₂ es absorbido por el primer 0.01mm del tejido (el ancho de sólo algunas células) y el 99.9% del rayo es absorbido por el 0.1mm.

En el caso del CO₂ no hay difusión, no hay penetración profunda, sólo una absorción completa por las células del primer impacto. El resultado es una concentración tan grande de intensidad que causa una inmediata vaporización y ebullición de las células. En los extremos de los bordes de la incisión del láser de CO₂ existe una pequeña capa de carbonización, seguida por delgadas capas de disección y edema.

La vaporización es el mecanismo de acción del láser de CO₂ y ya sea utilizado para cortar o remover capas de tejido lo que hace es vaporizar células, a veces se le ha llamado "el bisturí de luz", ya que puede ser utilizado en lugar del bisturí frío pero aún con más precisión y control.

El cirujano controla la profundidad del corte variando la velocidad del rayo sobre la línea de incisión. Si el rayo se deja en el mismo lugar por un largo tiempo, el láser corta las células más superficiales primero, después la siguiente capa y así sucesivamente hasta llegar a una incisión muy profunda, de este modo se pueden vaporizar selectivamente capas de tejido con una gran precisión.

Nótese que dado que el láser de CO_2 es absorbido totalmente en agua éste no puede utilizarse en medios líquidos (p.e. en la vejiga o en el útero) ya que nunca llegaría al tejido su energía, sin embargo esta desventaja se convierte en ventaja ya que para evitar que el láser de CO_2 incida en tejidos que no se quieren irradiar basta colocarles agua encima o bien gases empapadas de agua, formando así una barrera natural contra éste láser.

1.6.2.2 Interacción del láser quirúrgico de Nd:YAG con los tejidos

Por el contrario el láser Nd:YAG el cual como se observa en la figura 1.10 es mínimamente absorbido por la hemoglobina y por el agua, asimismo tampoco es absorbido de manera importante por vidrio o plástico transparente. El Nd:YAG es a su vez absorbido principalmente por las proteínas de los tejidos opacos, siendo los tejidos oscuros los que muestran absorción preferencial para este tipo de láser.

Como el Nd:YAG no es absorbido totalmente en las primeras capas de células como el CO_2 , el Nd:YAG distribuye su calor sobre una área más grande de tejido de hasta 5 mm. El efecto de éste láser se aplica en una columna más profunda de células y por lo tanto su efecto no se observa tan intenso como el CO_2 que entrega toda su energía a las primeras células en donde se incide.

Es necesario pensar en tres dimensiones cuando se utiliza un Nd:YAG y se deben considerar las estructuras que se hallan bajo la superficie que puedan ser dañadas. Por otra parte el Nd:YAG calienta más despacio y de manera controlada, de este modo el láser puede ser detenido cuando el efecto deseado sea observado, los cirujanos atacando el tejido necesitan matarlo más no vaporizarlo así que el láser se debe detener cuando las células se tornan blanquecinas, éste es el signo visible de que el tejido está irreversiblemente dañado. Con un láser de CO_2 esta etapa es cruzada casi instantáneamente hasta la vaporización y es más difícil de controlar.

Una de las principales ventajas de la longitud de onda del láser de Nd:YAG es la posibilidad de trabajar con fibras ópticas y en cavidades llenas de líquido cómo es el caso de la vejiga. Además que con las fibras de contacto, las cuales se verán más adelante, tenemos un láser que puede coagular y cortar con solo cambiar el tipo de fibra a utilizar.

Existen algunas derivaciones de el láser Nd:YAG que merecen ser mencionadas. El YAG de frecuencia doblada utiliza un cristal de fosfato de potasio para dividir en dos su frecuencia de 1064nm a una de 532 nm en el rango azul-verde propio del láser de argón. Dado que son los efectos de la longitud de onda la que determina el efecto en el tejido y no el método de producción de la longitud de onda los efectos de éste láser son iguales a aquellos del argón. Un nuevo láser ha sido creado el cual filtra la longitud de onda predominante del Nd:YAG de 1064nm y produce sólo la de 1320nm. Esta longitud de onda es absorbida 10 veces mas en el agua que la longitud de onda de 1064nm y tiene mejores propiedades de corte y menos difusión térmica. Desgraciadamente tiene una eficiencia de solo 0.5% en contraste con la de 2% (promedio) del Nd:YAG original, así que sólo se pueden obtener potencias del orden de los 30 W comparados con los 100 W de la longitud de 1064nm.

1.6.2.3 Interacción de el láser de argón con los tejidos.

Aunque los alcances de éste proyecto no cubren las aplicaciones de éste láser vale la pena mencionar las propiedades básicas características de su longitud de onda. Este es un láser con características intermedias entre el Nd:YAG y el CO_2 . Es por mucho el láser más específico en términos de sus propiedades de absorción, su longitud de onda es de 500nm y es absorbido por los pigmentos de la hemoglobina y la melanina, además de poder atravesar el agua. Su profundidad de penetración en el tejido es de 2 mm y sus cualidades de corte y coagulación como se dijo antes están intermedias entre el Nd:YAG y el CO_2 .

absorción por color se ha utilizado en dermatología para tratar manchas de vino de oporto y hemangiomas.

El láser de Argón es una maquina ineficiente y requiere altos volúmenes de agua para enfriarse, para producir un rayo de apenas 20 W. Actualmente el láser Argón ha sido substituido por otros láseres que generan la misma longitud de onda de manera más eficiente.

Como un Nd:YAG coagula mejor y un CO₂ corta mejor son realmente éstos dos últimos los que son utilizados más frecuentemente en las diferentes especialidades quirúrgicas.

1.7 GENERALIDADES DE UN EQUIPO LÁSER QUIRÚRGICO

- La unidad láser

Un equipo láser es un aparato destinado a producir un haz de energía coherente a partir de algún tipo de fuente incoherente de energía, de modo que ésta pueda ser utilizada en aplicaciones especializadas.

Básicamente el láser consiste en un medio láser apropiado , contenido en un tubo resonador, con un espejo en cada extremo y una fuente externa que entrega energía a ese medio (bombeo) para excitarle y provocar que éste libere sus fotones de longitudes de onda específicas.

- La cabeza láser

En esta parte del equipo se encuentra el medio resonador conteniendo el medio láser , la fuente de excitación y un láser guía de apoyo. Estos elementos pueden ser descritos como sigue:

- Fuente de excitación

Es esencial el disponer de una fuente externa para bombear el medio láser con energía. Puesto que es el medio láser el que determina la longitud de onda del haz láser a emitir, la longitud de onda de la fuente de excitación no es relevante, casi cualquier tipo de fuente de energía, tanto coherente como incoherente, puede ser usada para bombear cualquier láser. Se han utilizado varias técnicas para bombear un medio láser , tales como: descargas eléctricas, excitación con un haz de electrones, lámparas de flash y otras.

- Haz guía o apuntador

El Haz de apoyo es una fuente de luz visible usada para apuntar el láser antes de que el haz quirúrgico sea disparado sobre el tejido. En el caso del láser de Argón, debido a que su longitud de onda está dentro del rango visible (verde azulado), éste láser usa una emisión de muy baja potencia de su propia luz para ser utilizado como apuntador. Sin embargo existirán algunos problemas asociados con los láser cuya emisión es invisible al ojo humano, tales como: el CO₂ o el YAG. Por esta razón, estos láseres son acoplados ópticamente a un haz de apoyo visible. Para indicar el lugar donde están enfocados.

Algunos fabricantes usan sencillamente luz blanca, y otros, un segundo rayo láser de helio neón (He-Ne) de 2 a 5 mW como puntero para equipos que producen energía láser invisible. El láser He-Ne emite una longitud de onda roja de 632 nm, la cual no ofrece ningún tipo de riesgos al médico ni al paciente. El rayo de He-Ne es preferido generalmente, ya que por ser un láser en sí mismo, sus propiedades de transmisión son muy similares a las del láser que apoya. Cuando es proyectado coaxialmente con el láser quirúrgico, el rayo de helio-neón puede entregar importante información acerca de la integridad de la fibra o el sistema de entrega que se esté utilizando o del tamaño del punto del rayo sobre el tejido.

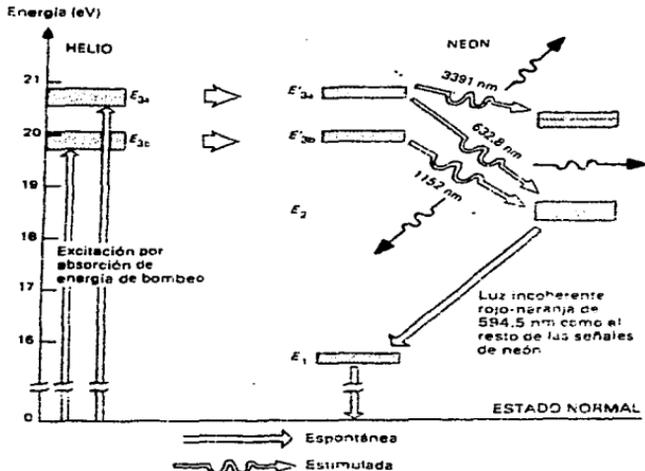
Debido a que la longitud de onda del He-Ne no es idéntica a la del láser quirúrgico, ésta se proyectará ligeramente diferente a lo largo de la fibra óptica o el sistema de entrega utilizado, y el puntero será solamente una aproximación de las características del rayo quirúrgico. Sin embargo, para efectos prácticos ésta aproximación es bastante razonable, y bastante mejor que la aproximación con luz blanca.

• **Generación del láser de He-Ne**

El láser de helio-neón (HeNe) es de los más usados, barato, confiable y fácil de utilizar, éste láser suele tomar la forma de un armazón tubular de entre 30 y 50 mm, de diámetro y de unos 300 a 500 mm de longitud y unido por cable a una fuente de voltaje del tamaño de un pequeño diccionario de bolsillo. La gama de modelos existentes libera 0.5 a 50 mW de agradables haces rojos brillantes.

El funcionamiento de un láser de HeNe se basa en una transmisión de energía de gas a gas: el helio actúa como elemento de bombeo y el neón hace las funciones de láser. De tipo energético, implica un proceso de tres niveles (figura 1.11). La mezcla gaseosa se ioniza por la aplicación de unos 2 kV de c.c. (10 kV en el arranque) a los dos electrodos extremos de láser. Aunque los dos gases quedan ionizados, con muchos electrones en ambos tipos de átomos ahora en el nivel E_3 , puede producirse una transición descendente radiactiva únicamente en el neón.

FIG. 1.11 EL FUNCIONAMIENTO DE UN LÁSER DE HE-NE SE BASA EN UNA TRANSMISIÓN DE ENERGÍA EN TRES NIVELES. EL HELIO REALIZA LA FUNCIÓN DE BOMBEO Y EL NEÓN LA DEL LÁSER.



El estado de un átomo de helio con un electrón E_2 se considera metaestable. El resultado es una mayor probabilidad de encontrar muchos de ellos en un instante determinado de tiempo. Ello, sumado al hecho de que la mezcla contiene diez veces más átomos de helio que de neón, hace bastante probable la colisión entre átomos de helio agitados en el estado anterior y átomos de neón en estado normal. Estas colisiones son las responsables de la transmisión de energía de gas a gas. Denominadas inelásticas, convierten a los átomos de helio en auténticos perdedores y a los átomos de neón en grandes beneficiados; los primeros vuelven a caer al estado E_1 y los segundos alcanzan al estado E_2 . Observamos claramente que los choques originan una inversión de la población en el neón, una de las tres condiciones necesarias para producir los láseres. Las dos condiciones restantes, la estimulación fotónica y la realimentación óptica positiva selectiva, se consiguen de la forma que se expone a continuación. Las transacciones electrónicas radiactivas descendentes $E_3 - E_2$; permitidas en el neón producen emisiones espontáneas cuyos fotones pueden disparar ambos extremos del láser distanciados $d = M\lambda/2$ garantizan una realimentación selectiva.

- Elementos de soporte

A pesar de la simplicidad de los elementos que constituyen la cabeza láser, la mayoría de las máquinas que se encuentran en el mercado son bastante grandes y aparentemente muy complicadas, con una gran cantidad de circuitos, mangueras y cables.

Aparte de la cabeza láser, existen varios elementos de soporte tales como: circuitos de alta tensión sistemas de refrigeración y sistema de salida.

- Circuitos de alta tensión

Normalmente, la razón del gran tamaño de las unidades láser es el espacio físico de la fuente de excitación del tubo láser. Muchos de éstos láser que requieren de alta potencia utilizan energía de 220 V trifásicos, tal como los láser de argón y algunos YAG.

- Sistema de refrigeración

Puesto que cada vez que existe un proceso de transformación de energía poco eficiente, se genera una gran cantidad de calor, en la mayoría de los láseres es necesario un sistema de enfriamiento, utilizando agua o algún otro medio, para disipar el calor generado y prevenir daños en los componentes internos.

Los láser que requieren de una mayor potencia y son más ineficientes, como por ejemplo el láser de argón, necesitan grandes volúmenes de agua fluyendo constantemente para refrigerar. En contraste los láser que requieren menor potencia debido a una más alta eficiencia, pueden ser refrigerados solamente por aire.

- Sistemas de entrega

El elemento final en la unidad láser completa es el sistema de entrega utilizado para llevar el rayo desde la cabeza láser hasta el objetivo. Los atributos prácticos ideales en cualquier sistema de entrega serán la maniobrabilidad y flexibilidad.

Debido a que este trabajo está enfocado principalmente a los dos tipos de rayos láser quirúrgicos más comunes, CO_2 y Nd:YAG, presentaremos una descripción generalizada de estos equipos.

1.7.1 Equipos quirúrgicos de láser de CO_2

• Generación del láser de CO_2

El láser de dióxido de carbono (CO_2) merece una mención especial por más de una razón: cubre un enorme rango de potencia (quirúrgico o industrial); actúa en zonas del espectro infrarrojo que otros láseres no pueden alcanzar y donde las aplicaciones son muy variadas; y es intrínsecamente más eficaz que los láseres de gas atómicos. En realidad, los láseres de CO_2 forman una familia de dispositivos con distintas estructuras internas ("sellada", "flujo axial", "flujo transversal", "guíaonda") y conectadas por un principio

común de funcionamiento. Por tanto, no resulta sorprendente que semejante versatilidad esté acompañada de un gran éxito comercial.

Todos los láseres de CO_2 utilizan una mezcla de dióxido de carbono, nitrógeno y helio como medio activo donde el helio, y no el dióxido de carbono, es el componente más abundante ($\approx 60\%$). Su nombre, que parece injusto para el helio, se deriva de la importancia del dióxido de carbono como emisor de luz. El nitrógeno se encarga de la función de bombeo de dióxido de carbono (para provocar la inversión de población) al mismo tiempo que el helio realiza una depuración (despoblación) del nivel de energía intermedio del mecanismo de láser. Las longitudes de ondas básicas son 9,6 y 10,6 micrones.

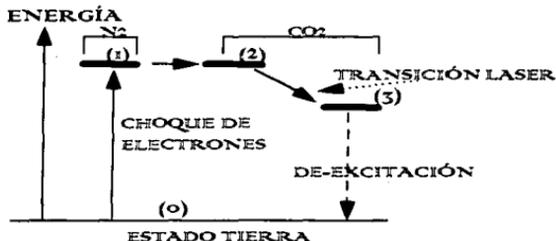
En la fig 1.12 se puede ver una representación simplificada de los niveles energéticos involucrados en la generación de energía láser, a partir de una mezcla gaseosa de CO_2 .

Colisiones entre los electrones, producto de la descarga eléctrica, y las moléculas de nitrógeno, ponen a éstas en un estado en un estado de excitación vibracional (1), cuyo nivel energético se encuentra muy cercano al nivel (2) de las moléculas excitadas de CO_2 . Prácticamente la única forma de disipar esta energía, es a través de su transferencia, desde el nitrógeno hacia el nivel (2) de las moléculas de CO_2 . Esto causa que las moléculas de CO_2 transferidas, sean elevadas desde su estado de energía de tierra (0) hasta el nivel (2). Además, la población del nivel (2) de las moléculas de CO_2 es también ocupada, a través de la colisión directa de electrones y moléculas en estado de tierra. Cuando se ha obtenido la inversión de población, es decir, la mayoría de las moléculas de CO_2 se encuentran en el nivel (2), comienza la producción del láser, mediante las transiciones entre el nivel (2) y (3). Estas transiciones producen una longitud de onda de 10 600 nm. La continua transición hacia el nivel (3) terminaría eliminando la inversión entre los niveles (2) y (3). Esto se evita agregando Helio (He) a la mezcla. El Helio es agregado a la mezcla con dos propósitos: en primer lugar vierte las moléculas de CO_2 desde el nivel (3) al estado de tierra, a través de múltiples colisiones, y además actúa como un disipador de calor que ayuda a enfriar las moléculas de CO_2 .

Se puede apreciar que el proceso descrito es controlado, en forma muy específica, por la activación colisional y la velocidad de desactivación, y no depende exclusivamente de la estimulación. Esto significa que una gran cantidad de parámetros, tales como: composición y presión del gas, temperatura, corriente de la descarga, etc., afectarán el rendimiento de estos aparatos.

Debido a que las moléculas de CO_2 eventualmente se rompen como resultado de la continua excitación, es necesario renovar constantemente el medio láser con gas fresco.

FIG 1.12 NIVELES DE ENERGÍA EN LA GENERACIÓN DE CO_2



- **La cabeza láser de CO₂**

En el caso del los equipos de CO₂ ésta cabeza está constituida en un tubo de vidrio que contiene la mezcla de gas de CO₂, Nitrógeno y Helio, normalmente este reservorio o tubo es alargado en forma de botella, el cual es refrigerado por agua o algún otro líquido.

Existen diferentes tipos de cabeza de láser de CO₂, los primeros equipos tenían un tubo de vidrio al cual constantemente se le introducía a través de un sistema de bombas y válvulas solenoides nuevas dosis de gas proveniente de un tanque cada determinado tiempo, el inconveniente con este tipo de sistemas es que normalmente se le tenían que conectar al láser grandes tanques de gas con la mezcla láser, lo incómodo resultaba al tratar de mover el equipo dentro del quirófano y mover también los tanques de gas. Posteriormente se diseñaron equipos que se basaban en el mismo principio de recargar periódicamente nuevas dosis de gas al tubo o reservorio de vidrio, con la diferencia que tenían una bomba llamada de recirculación la cual hacía que el gas durara más tiempo dentro de la cabeza láser antes de ser desechado al medio ambiente, con esto se lograba que un cilindro con mezcla láser, pequeño y contenido dentro del equipo, durara hasta 2 años comparado con los aproximadamente 2 meses que duraban los grandes tanques externos de los primeros equipos. El otro sistema de cabezas láser de CO₂ se conoce con el nombre de tubo sellado, actualmente el más difundido, el cual como su nombre lo indica es un tubo de vidrio con mezcla de gas láser el cual es sellado en la fábrica a cierta presión. Esta mezcla contiene además gases especiales para regenerar el medio gaseoso, haciéndolo por periodos prolongados de tiempo sin necesidad de rellenado. Estas unidades son las más económicas de mantener, puesto que no requieren de un flujo continuo de gas. Sin embargo conforme pasan los años el gas dentro de la cabeza se degrada y es necesario entonces cambiar este elemento del equipo.

Cualquiera de estos sistemas contienen en cada uno de los extremos del reservorio de vidrio un espejo de zinc-selenio, los cuales están frente a frente y completamente paralelos uno del otro, en algunos de los diferentes modelos que hay en el mercado estos espejos están colocados en bases con tornillos milimétricos para su calibración y ajuste. El espejo posterior es completamente reflectante y el espejo anterior es parcialmente reflectante aproximadamente un 10%, es por este último por donde el rayo láser abandona el medio láser hacia el exterior.

- **Circuitos de alta tensión de un láser de CO₂**

La mayoría de los equipos de CO₂ requieren de una fuente de alto voltaje la cual está conectada directamente a la cabeza del láser por dos electrodos o juegos de ellos llamados ánodo y cátodo, normalmente este tipo de fuente genera alrededor de 25 kV y maneja una corriente de hasta 100mA en sus terminales, dependiendo de la marca y el modelo del equipo estas fuentes de voltaje pueden ser de corriente directa o de radio frecuencia, los últimos modelos contienen sistema de microprocesador (es) para que el control de éstas fuentes de voltaje sea más preciso, la falta de éstos en los primeros equipos de CO₂ provocaban una fuente muy inestable que traía como consecuencia que los láseres tuvieran una fluctuación importante en su potencia de salida.

- **Sistema de refrigeración de láseres de CO₂**

Diseñado como un subsistema dentro del equipo láser, es difícil concebir uno de éstos equipos sin sistema de enfriamiento, debido a que un láser de CO₂ tiene una eficiencia del 15 a 20 % es decir por cada watt que el equipo emite como potencia utilizable por el médico otros 4 watts se dispersan en forma de calor alrededor de las paredes de la cabeza principalmente. La mayoría de estos sistemas comprenden de un circuito cerrado de líquido refrigerante (la mayoría de las veces agua destilada) la cual es continuamente recirculada mediante una bomba hidráulica, y en una parte del circuito, el agua se hace pasar por un intercambiador de calor basado en un radiador con ventilador, normalmente se monitorea la temperatura de la cabeza y por medios de control electrónicos, sean con o sin microprocesador, se puede compensar aumentando la velocidad del ventilador o bien presentando alguna de las múltiples alarmas de seguridad de el equipo, que en este caso es conocida como alarma

de temperatura de la cabeza, la cual a su vez inhibe la generación de láser hasta que ésta se enfríe nuevamente.

• **Láser apuntador de Helio Neón (He-Ne)**

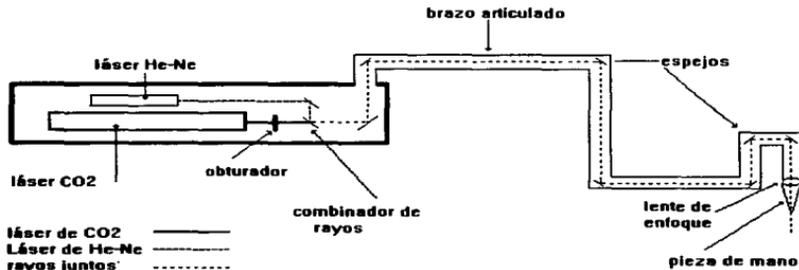
Este sistema como ya se describió anteriormente es el láser guía que nos indica donde se está apuntando el láser de CO₂, ya que éste último debido a su longitud de onda, es invisible al ojo humano, de tal manera que la mayoría de los procedimientos quirúrgicos existentes serían imposibles de realizar si no se tuviera éste láser guía.

Comúnmente la cabeza de este láser de Helio Neón está situada en forma paralela al la cabeza del CO₂ y se refleja con espejos hasta un espejo polarizado llamado comúnmente combinador de rayos el cual por un lado deja pasar íntegramente el láser de CO₂ y por otro lado refleja el He-Ne incidente (fig 1.13). El ajuste realizado para hacer coincidir los dos rayos láser el invisible y el visible toma vital importancia ya que después de este punto ambos láseres se tienen que comportar como uno sólo y deben incidir exactamente en el mismo punto quirúrgico.

• **Sistemas de entrega de láseres de CO₂**

Este sistema no puede ser transmitido a través de fibras ópticas de cuarzo dada su longitud de onda de 10640 nm su energía sería absorbida por éstas y traería como consecuencia el daño inmediato de la fibra óptica. Hasta ahora no se han podido diseñar fibras ópticas para los láseres de CO₂ sin embargo se ha trabajado con fibras de bromuro de talio, pero como este material es considerado tóxico no han sido aprobadas por el gobierno de los EE.UU.

FIGURA 1.13 UBICACIÓN DE LA CABEZA DE UN LÁSER DE CO₂ CON RESPECTO AL HELIO NEON



Por esta razón la transmisión se tiene que realizar a través de un sistema rígido de tubos con uniones articuladas y espejos conocido con el nombre de brazo articulado (figura 1.13). Los espejos del brazo están hechos generalmente de Zinc y Selenio, con una superficie reflectiva para la longitud de onda del CO₂, los espejos normales absorben la energía del CO₂ y se romperían de inmediato. Actualmente estos brazos articulados están hechos de fibra de carbón y comparativamente con sus antecesores son muy ligeros y cómodos.

Una ventaja de la transmisión vía brazo articulado, es que el láser emergerá como un haz colimado por el extremo distal del brazo, y entonces puede ser enfocado a través de un lente con gran precisión en un punto del campo quirúrgico. Existen actualmente una gran cantidad de accesorios que se pueden conectar a este extremo distal del brazo articulado tales como: adaptadores al microscopio, broncoscopios, laparoscopios, rectoscopios, piezas de mano de diferente longitud etc, de tal forma que dependiendo de la especialidad del cirujano y el tipo de cirugía puede escoger el instrumento adecuado haciendo al láser de CO₂ un equipo muy versátil para diferentes especialidades quirúrgicas teniendo como restricción la utilización de medios rígidos para la transmisión del CO₂.

Existe otro método por el cual el láser de CO₂ pueda ser transmitido, y es a través de fibras flexibles, que en realidad son tubos flexibles huecos delgados por los cuales se transmite este láser, normalmente al usar este tipo de medios de transmisión el láser de CO₂ entregado a la salida de la fibra flexible es atenuado de manera importante y en algunas ocasiones el láser guía de He-Ne es absorbido por la fibra.

Existen equipos láser que sustituyen completamente al brazo articulado teniendo una fibra flexible de alta duración como único medio de entrega del láser de CO₂ este tipo de entrega abarata el precio de un equipo de CO₂ y se puede utilizar sobretodo para aplicaciones bucodentales, bucofaringeas y dermatológicas de origen ambulatorio. Existen también fibras flexibles que se pueden colocar al final del brazo articulado explotando así mayores posibilidades de acción en el campo quirúrgico con un sólo equipo.

• Sistemas de apoyo de un láser de CO₂

En el principio de los láseres quirúrgicos de CO₂, éstos estaban controlados en su totalidad por electrónica analógica, siendo esta substituida posteriormente por electrónica digital simple combinada con electrónica analógica y de potencia, actualmente todos estos equipos están basados en microprocesadores o microcontroladores para su manejo y control con una cantidad importante de sensores para emisión de alarmas, autodiagnóstico y control de los diversos proceso que se llevan a cabo para la generación del rayo quirúrgico.

1.7.2 Equipos quirúrgicos de láser Nd:YAG

• Generación del láser Nd:YAG

Este láser está basado en un medio constituido por un cristal de YAG (Yttrium Aluminium Garnet) dopado con impurezas del elemento tierra rara neodimio (Nd³⁺), excitado por medios ópticos. El huésped más común para el neodimium es el YAG que es un cristal con una estructura como de granate y su fórmula química es Y₃Al₅O₁₂ conocida en el campo del láser con el acrónimo de YAG. Todos los láser Nd:YAG requieren de una luz de una fuente externa para subir los átomos de neodimium a un nivel de energía excitado.

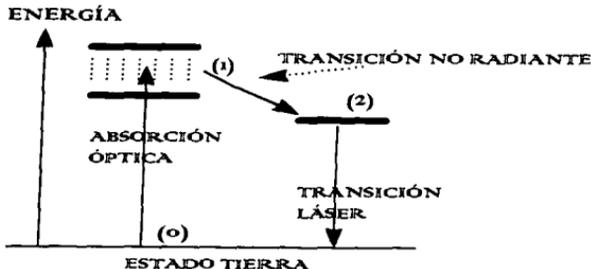
La estructura del nivel de energía, la longitud de onda del láser y otras propiedades de los iones del neodimium son influenciados por el material huésped. El cristal YAG es dopado con un 1% de neodimium por peso, dando una concentración de neodimium del orden de 10²⁰ átomos por centímetro cúbico, considerado lo óptimo para la acción láser.

La gran ventaja del láser Nd:YAG son sus características térmicas que permiten generar un haz continuo de buena calidad, lo que es difícil a una temperatura normal para la mayoría de láseres sólidos.

En un sistema bombeado por medios ópticos, una fuerte transición une al nivel tierra (0) del ión láser con un ancho nivel energético (1) que está situado sobre el nivel láser superior (2). Debido a que este nivel es ancho, se puede absorber una gran cantidad de energía de bombeo, haciendo más eficiente la operación. Los electrones transferidos, con energías dentro de esa banda, rápidamente se establecen en la parte inferior de ella. Allí éstos pueden perder su energía, ya sea realizando una transición radiante de

(1) a (0) o una menos radiante hacia el nivel (2). Normalmente, la transición más radiante ocurre con menos frecuencia que la menos radiante. Es así como rápidamente, los electrones transferidos al nivel (1) por el bombeo óptico, son transferidos al nivel (2). Si el nivel (2) es metaestable, es decir, si no irradia espontáneamente, se puede establecer una inversión de población hasta que la emisión estimulada se haga importante, y de este modo, se produzca una reacción en cadena entre todos los átomos que han alcanzado esta inversión. Indudablemente esta es la transición que nos interesa y la que genera los 1064nm característicos del YAG.

FIG 1.13A NIVELES DE ENERGÍA PARA UN LÁSER SÓLIDO

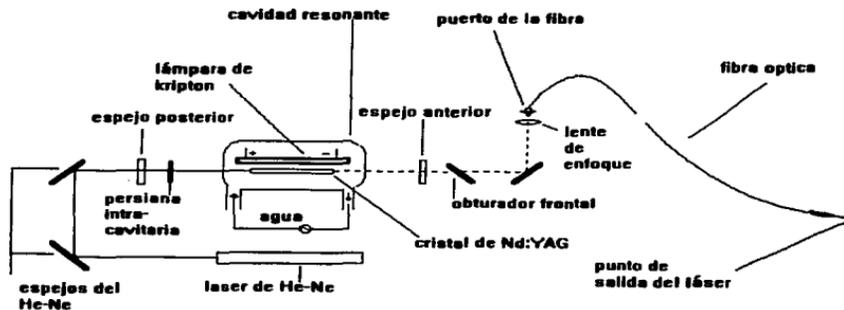


• **La cabeza láser de Nd:YAG**

En el caso de los equipos Nd:YAG la cabeza está constituida por una barra de cristal de Nd:YAG colocada en una cavidad resonante circular o elíptica en donde uno de los focos es la barra de cristal y el otro es una lámpara de arco de kriptón o xenón, éstas se encuentran dispuestas en forma paralela dentro de la cavidad para asegurar una máxima homogeneidad de exposición del Nd:YAG a los rayos de luz de la lámpara. En la parte posterior de la barra de cristal se encuentra el espejo totalmente reflexivo y en la parte anterior el parcialmente reflexivo que es por donde saldrá el láser hacia el campo quirúrgico. La excitación en este caso se realiza sobre la lámpara, la cual será la que estimule vía óptica a la barra de Nd:YAG y produzca un rayo láser de una longitud de onda de 1.064 nm.

La cavidad resonante tiene que ser de una gran reflectividad y en muchos casos ésta está cubierta con oro. Ésta cavidad está constantemente refrigerada con agua ya que la lámpara de kriptón genera mucho calor. En la mayoría de los láseres comerciales de Nd:YAG existe una persiana intracavitaria entre el espejo posterior y la barra de cristal para permitir o no la generación del láser por una manera distinta a prender súbitamente la lámpara, normalmente ésta está continuamente encendida, sólo al ser accionado el pedal de disparo es cuando la persiana intracavitaria se desliza dejando libre el camino para la generación del láser (figura 1.14) .

FIGURA 1.14 COLOCACIÓN DE UNA CABEZA DE Nd:YAG CON RESPECTO AL HELIO NEÓN



• **Circuitos de alta tensión de un láser de Nd:YAG**

En general el sistema de alta tensión de los láseres ND:YAG consiste principalmente de una fuente de D.C. que le provee corriente regulada a las terminales de la lámpara de kriptón en valores de 200 a 320 V con valores de corriente de 9A hasta 40A dependiendo de la potencia de salida requerida por el usuario. Antes que entre la fuente de D.C. la lámpara de kriptón debe ser encendida mediante un voltaje de alrededor de 15KV entregada por una circuitería especial de capacitores, rectificadores y un transformador. Una vez encendida la lámpara está permanece así mientras el equipo esté encendido, pero sólo cuando el usuario oprime el pedal el láser es generado mediante una persiana intracavitaria. El control de potencia es otorgado por el mismo microprocesador en los equipos modernos o por circuitería analógica en el caso de los equipo más antiguos.

• **Sistema de enfriamiento del Nd:YAG**

La eficiencia eléctrica de un láser quirúrgico de Nd:YAG no sobrepasa el 3%, entendiéndose que el resto de la energía utilizada para excitar estas máquinas se pierde en forma de calor, es por esto que el sistema de enfriamiento de un láser de Nd:YAG en ocasiones ocupa un espacio físico dentro del equipo mayor a cualquier otro sistema del mismo. Existen dos tipos de sistemas de enfriamiento principalmente: El más antiguo y aún utilizado por algunos fabricantes es un sistema abierto en donde el láser tiene que estar conectado a una toma de agua externa y a un sistema de desagüe, el agua así es dirigida hacia la cabeza del láser la cual absorbe el calor de ésta y sale, éste tipo de enfriamiento tiene muchos inconvenientes tales como el excesivo gasto de agua que requiere así como el no poder desplazar al equipo de sala o de zona hospitalaria (cabe recordar que algunos procedimientos con láser pueden ser ambulatorios y se realizan en consultorio). El otro tipo de sistema es conocido como un sistema cerrado e incluye una bomba de recirculación que bombea agua hacia la cabeza, un radiador, y un ventilador los cuales constantemente son monitoreados para verificar la temperatura en la cabeza así como la cantidad de agua que contiene el sistema, en sistemas más avanzados la velocidad del ventilador es controlada en situaciones en donde la temperatura aumenta razonablemente. Como en el caso del CO2 los equipos presentan alarmas cuando la temperatura sale de los límites de seguridad.

• Sistemas de apoyo de los láseres de Nd:YAG

Actualmente los láseres quirúrgicos de Nd:YAG están basados en su control en microprocesadores o microcontroladores para su manejo y control con una cantidad importante de sensores para emisión de alarmas, autodiagnóstico y control de los diversos procesos que se llevan a cabo para la generación del rayo quirúrgico. Aunque el control sea realizado por microprocesadores una gran parte de los circuitos de potencia de estos láseres es totalmente analógico. Dentro de un equipo Nd:YAG se encuentran diferentes fuentes de voltaje para alimentar los diversos subsistemas incluidos en el equipo.

Debido a la gran cantidad de corriente consumida por un láser de Nd:YAG (hasta 40 Amperes) normalmente éstos requieren de una instalación eléctrica especial y voltajes de alimentación de 220 o 308 Vac.

Algunas fibras ópticas utilizadas en los láseres ND:YAG requieren un enfriamiento coaxial a gas, para esto los equipos tienen un sistema basado en válvulas solenoides y mangueras en el cual a partir de un tanque de gas (CO_2 u oxido nitroso) conectado externamente al equipo el gas es llevado a una manguera conectora en la fibra óptica cuando el láser es activado mediante el pedal.

1.7.2.1. Sistemas de entrega del Nd:YAG

En el caso de este láser la transmisión desde la cabeza láser hasta el sitio quirúrgico se realiza por medio de fibras ópticas flexibles, generalmente tienen una longitud promedio de 3.5 m, éstas consisten de un centro de cuarzo con un diámetro de 0.4 hasta 1 mm envueltas por una cubierta de teflón, dependiendo del uso final éstas pueden tener una camisa de plástico por la cual fluirá gas (N_2 o CO_2) o agua para fines de enfriamiento para mantener la punta libre de tejido. Este tipo de fibras con enfriamiento se utiliza principalmente para procedimientos de gastroenterología o de broncoendoscopias.

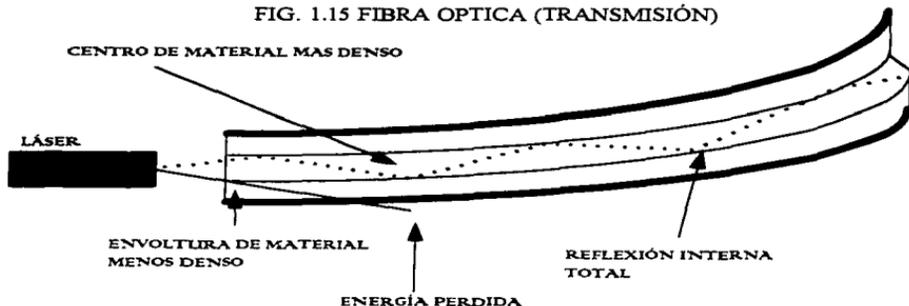
Actualmente se fabrican fibras reusables y desechables. Algunas son hechas para diferentes clientes, por ejemplo, el mercado americano tiende a desechar todos los accesorios que tengan contacto con un paciente además de tener una infraestructura comercial en donde "el cómprese y tirese" está bien aceptada y funciona, a diferencia de países subdesarrollados en donde incluso el material quirúrgico es reutilizado hasta límites insospechados por el fabricante. La diferencia principal entre las fibras desechables y reusables es la calidad del material con las que están hechas entendiéndose que las desechables sólo deben ser utilizadas en una ocasión el cuarzo con el que son fabricadas no es tan puro como en el caso de las reusables..

La ventaja de la transmisión a través de fibras ópticas recae en la naturaleza flexible de la fibra, debido a esto pueden llegar a áreas del cuerpo que serían imposibles de alcanzar a menos que se utilizaran técnicas de cirugía abierta. Las fibras ópticas son ventajosas incluso cuando se trabaja con endoscopios rígidos ya que permiten la visualización del rayo láser en la punta de la fibra con un mayor ángulo en cavidades estrechas.

Existen algunas desventajas relacionadas con la transmisión por fibras. Las fibras ópticas transmiten el rayo láser por una serie de múltiples reflexiones internas a lo largo de sus paredes internas (fig. 1.15), esto se traduce en pérdidas hasta del 20% de la transmisión dependiendo de la calidad de la fibra.

El láser es enfocado a través de un lente en el extremo proximal de la fibra pero como el láser es transmitido por la fibra a la salida de ésta el láser ya no es tan colimado cuando entró a ella. El grado de divergencia a la salida de una fibra depende de la longitud de la onda, del diámetro de la fibra y de la calidad del pulido de la punta, el promedio es de 10° a 12° grados en la mayoría de las fibras. Aunque esta divergencia aún es bastante menor a la de una fuente de energía de luz incoherente puede constituir una desventaja para trabajos de alta precisión. En algunos casos los fabricantes hacen fibras especiales que contienen un lente a la salida de la fibra para de esta manera hacerla aún más convergente para ciertas aplicaciones que requieren de un punto de láser altamente enfocado, es también posible acoplar el haz de una fibra a un manipulador para microscopio.

FIG. 1.15 FIBRA OPTICA (TRANSMISIÓN)



• **Tipos de fibras utilizados para el láser Nd:YAG**

Existen varios tipos de fibras para ser utilizadas por el láser Nd:YAG. Originalmente sólo existían fibras cuya terminación era totalmente plana y emitían el láser sin contacto hacia el tejido en forma divergente que gradualmente aumenta su área de aplicación y disminuye su densidad de potencia (fig 1.16). Entre un 30 % y un 40 % de la energía del rayo puede perderse por reflexión, y parte del resto puede ser aplicado sobre tejido sano producto del enfoque impreciso y a la dispersión en profundidad del Nd:YAG causando mayor fotocoagulación, pero no vaporización, la profundidad que alcanza este láser aplicado en modo de no contacto en el tejido llega a ser de hasta 5mm. por lo que en algunas aplicaciones esta forma de no contacto se utiliza con muchas precauciones ya que el cirujano no tiene exactamente el control sobre el tejido que esta irradiando, sin embargo este efecto de coagulación profunda se ha venido modificando con el diseño de nuevos sistemas de entrega, uno de ellos fué la punta de zafiro que se fijaba a al final de una fibra plana, el fin de esta punta era crear una región de alta densidad de potencia muy bien definida la cual podía ser aplicada con mucha precisión al tejido. Las pérdidas por reflexión eran disminuidas a menos de un 5 %, además esta punta posibilitaba la transmisión de más del 90 % de la luz láser sin causar fenómenos de adhesión tisular. La punta de zafiro es un cristal artificial con una dureza y resistencia mecánica suficientes para impedir la rotura de la punta, con este accesorio se evitaba la irradiación lateral, presente en fibras sin contacto, produciendo así una reducción substancial en la energía láser requerida para ciertos procedimientos, de esta manera la energía térmica es siempre suficiente aun con baja potencia para lograr incisiones por medio de la vaporización rápida del tejido.

Con el paso de los años se han desarrollado fibras ópticas con puntas moldeadas cuya terminación es literalmente una flecha puntiaguda, un cono etc (fig 1.17 Y 1.18) con propiedades incluso mejores a sus antecesoras las puntas de zafiro. A través de ellas se puede cortar con este láser obteniendo a su vez una hemostasia adecuada y logrando reducir la difusión y penetración al tejido adyacente, logrando con estos avances que el Nd:YAG que al principio se utilizaba únicamente como coagulador pudiera ampliar sus aplicaciones y se pudiera utilizar para cortar o vaporizar tejido en contacto. De acuerdo con las propiedades ópticas y el diseño geométrico de cada punta ésta modela la densidad de potencia para entregar una mejor distribución e intensidad de energía para cada tipo de procedimiento. Seleccionando la fibra con la punta y la potencia adecuadas, no sólo se puede determinar con precisión el tamaño del punto de aplicación y la densidad de potencia, sino que además el volumen y la forma del efecto térmico. Esto no es posible con técnicas de láser sin contacto o con otros métodos térmicos.

Éstas fibras con punta moldeada volvieron obsoletas a las puntas de zafiro, sobretudo por la diferencia de precios entre ellas, sin embargo existen todavía algunos médicos que en la actualidad utilizan las puntas de zafiro en vez de las fibras de punta moldeada.

FIGURA 1.16 FIBRA DE NO CONTACTO CON TEJIDO



FIGURA 1.18 FIBRA CON PUNTA HEMISFÉRICA EN CONTACTO CON TEJIDO

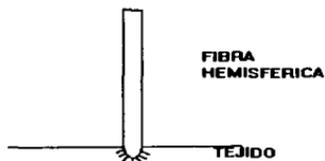


FIGURA 1.17 FIBRA CON PUNTA CÓNICA

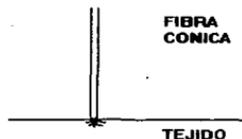


FIGURA 1.19 FIBRA PARA PROSTATECTOMÍA DE DISPARO LATERAL



Existen además en el mercado un sinnúmero de piezas de mano por donde se deslizan las fibras y el médico puede entonces trabajar en un área determinada sujetando la pieza de mano, la cual a su vez sujeta la fibra óptica.

Merecen mención especial dos novedosos tipos de fibras diseñadas primordialmente para urología;

Una de ellas está diseñada de tal modo que dispara lateralmente al tejido en un ángulo cercano a los 90° en relación con la fibra (fig 1.19) esto es conseguido por un espejo que dependiendo del fabricante puede ser de oro, plata, o bien una especie de espejo resultado de hacer un corte especial en una fibra de cuarzo. El objetivo de este disparo lateral es el vaporizar la próstata utilizando un cistoscopio colocado de manera transuretral.

La otra fibra conocida como fibra intersticial tiene una terminación cilíndrica especial de unos dos centímetros de largo por 2 mm de diámetro la cual permite la salida del Nd:YAG a 360° de esta terminación cilíndrica e impide que el láser salga por su extremo distal. El objetivo de utilización quirúrgica de esta fibra es que sea introducida con ayuda de una aguja con canal dentro de un tumor de consistencia circular o bien dentro de una próstata, una vez que el Nd:YAG es emitido en donde se halla la fibra el tejido es vaporizado o bien coagulado de una manera uniforme y controlada.

El desarrollo de fibras ópticas adecuadas para todo tipo de láser y todo tipo de aplicación quirúrgica continúa, sin embargo, la selección de un sistema de entrega se complica por diversos requerimientos. Primero, debe ser capaz de transportar el nivel de potencia generado por el láser, con mínimas pérdidas y mínimo daño. Un segundo requerimiento es que la fibra debe estar construida solamente con materiales que no absorban la longitud de onda a transmitir. La fibra óptica de mejor calidad usada en medicina es la de cuarzo, sin embargo al tener que ser de alta pureza y de tener que cumplir estas características para una mejor transmisión hace que el costo de las fibras se eleve, si consideramos que la mayor parte de las fibras fabricadas están hechas para que sean desechadas después de ser utilizadas en el paciente podemos encontrar una razón por la cual este tipo de cirugía con láser de Nd:YAG no tenga un gran auge en los países latinoamericanos a pesar de que en países como el nuestro estos accesorios desechables son reutilizados continuamente.

1.8 Uso de los Láseres en Medicina

La energía de cualquier longitud de onda aplicada en un tejido biológico puede causar tres diferentes efectos según su potencia; con potencias extremadamente bajas, ésta puede producir efectos químicos y metabólicos en las células sin dañar su contenido, a mayor potencia ésta calentará y eventualmente podrá matar el tejido por daño térmico y a potencias aún mayores, ésta puede hacer explotar el tejido antes de que ocurra algún daño térmico.

En medicina existen tres usos básicos del láser según su nivel de potencia: el primero permite aprovechar los efectos químicos-metabólicos específicos del láser sobre el tejido, los otros dos son utilizados en destrucción quirúrgica de tejido, tanto para destrucción térmica (potencia intermedia) o para destrucción mecánica, no térmica (potencias muy altas).

1.8.1 Efectos químico metabólicos de los láseres en medicina

Muchas aplicaciones aprovechan las características monocromáticas del láser para estimular algunos procesos químicos o metabólicos al interior de la célula.

Es conocido que los tejidos vivos son afectados metabólicamente por la luz de forma específica, considérese por ejemplo, la fotosíntesis o la síntesis de vitamina D. Estos efectos metabólicos solamente son producidos con niveles bajos de energía de cierta longitud de onda, ya que niveles mayores suelen producir daño térmico severo.

Se ha experimentado con diversas longitudes de onda buscando estos efectos químico-metabólicos en los tejidos. Gran interés han recibido, por citar alguno, los láser de helio (632nm) por su capacidad curativa y por la estimulación de producción de colágeno.

Del mismo modo, se ha encontrado que el láser Nd:YAG (1,064 nm) a baja potencia, aumenta la síntesis de colágeno y la curación de los tejidos tratados, contrariamente a lo que ocurre con potencias altas, asimismo se ha encontrado que inhibe a síntesis de DNA en las células sin producir la muerte de éstas. Este efecto puede llegar a ser significativamente importante en aplicaciones tales como la inhibición de réplicas de virus en tejido infectado con virus del papiloma humano.

Se puede también fotosensibilizar los tejidos de interés con la adición de agentes fotosensibilizadores especiales, los cuales puede ser selectivamente administrados para diferentes tipos de tejidos, piénsese, por ejemplo, en la piel que normalmente es sensible a la luz solar , pero lo es mucho más cuando se administra tetraciclina.

Existen algunas aplicaciones extraordinariamente interesantes de ésta técnica en el área de la oncología. Por ejemplo, energía láser de longitud de onda muy específica es usada para activar una droga llamada hematoporfirina derivatada (HpD) luego de que ha sido inyectada en pacientes con cáncer, la droga circula por todos los tejidos del cuerpo, pero es retenida selectivamente por el tejido enfermo posiblemente debido a aberraciones en la célula enferma. Cuando la droga ha sido absorbida, si se bombardea el tejido con luz ultravioleta de 405nm, ésta fluoresce al color rojo salmón (600-700nm) y puede ser usada para detectar el tumor preinvasivo , el cual no habría sido posible de identificar de otro modo. Aún más extraordinario resulta el hecho de que cuando la droga se ha activado con una longitud de onda visible seleccionada, a baja potencia, ésta contamina las células del tumor que la contiene y el tumor muere. Todo esto sin producir quemaduras o hipermemia en el tejido. Desafortunadamente, la droga no es retenida por todos los tumores e inversamente, ésta es absorbida por muchos tejidos sanos tales como la piel , hígado y bazo . Esto causa una severa toxicidad en otros órganos cuando ésta es activada por la longitud de onda apropiada . El problema es especialmente crítico en la piel, y los pacientes pueden sufrir graves quemaduras, si se exponen al sol antes de cuatro semanas posteriores a la terapia.

Existen otros láseres como el Helio Neón (He-Ne) que es utilizado como un láser terapéutico para estimular la circulación sanguínea en la zona del tejido donde se aplica, comúnmente en la piel, éste tipo de láser es también el que se utiliza para aplicaciones de estimulación en puntos de acupuntura, sin embargo se ha demostrado que en algunos casos la estimulación con un láser en estos puntos no reporta mayores beneficios comparados con otros tipos de estimulación como puede ser calorífica, o de corrientes eléctricas.

1.8.2 Efectos destructivos mecánicos de los láseres en medicina

La destrucción de tejido por efectos mecánicos (no térmicos) estará reservada exclusivamente a aquellos láseres capaces de producir concentraciones de energía extraordinariamente altas.

Uno de los láseres capaces de producir el efecto antes mencionado es el láser Excimer (excited dimer), el que está compuesto por un medio de gas como el argón-fluoride o el kriptón-fluoride el cual es excitado por una descarga eléctrica. El láser emite entonces una luz ultravioleta de alta potencia en el rango de 157 a 351 nm, dependiendo de la composición exacta del medio. Con las longitudes de onda más cortas, el daño térmico es minimizado y el tejido es destruido, principalmente por fotodisociación, que es cuando el haz láser rompe los lazos químicos de las moléculas de la célula. Debido a que el daño térmico involucrado es mínimo, los efectos son extraordinariamente precisos y limitados exclusivamente al área cubierta por el láser.

Los láseres Excimer son usados en oftalmología para realizar queratomías radiales y otros procedimientos corneales. Desafortunadamente, el láser excimer encierra todavía algunas desventajas; uno de los defectos de las longitudes de onda asociadas al excimer es que destruyen los enlaces de DNA de las células de la piel, mucho más que la luz UVA del sol sobre las células de la piel. La posible carcinogénesis de algunas de las longitudes menores del excimer están todavía bajo investigación. También es un hecho que sólo las longitudes de onda mayores del excimer (308 a 351nm) pueden transmitirse a través de las fibras ópticas comunes. Otra de las desventajas de éste láser es su excesivo costo, su tamaño y la peligrosidad química de los gases que utiliza para su operación.

Otra técnica para generar ondas de energía extraordinariamente altas es la de los láseres pulsados. Existen láseres que pueden producir altas energías cuando trabajan en forma pulsada. Como regla general, con un pulso de menor duración se puede generar un mayor pico de energía.

Ésta técnica permite aumentar la precisión y disminuir la propagación térmica. Cada pulso, del orden de los microsegundos o milisegundos puede entregar picos de energía tan altos que el daño térmico puede resultar completamente despreciable, y la destrucción tisular ocurre únicamente por efectos mecánicos.

El ejemplo más representativo de este principio es el Nd:YAG oftalmológico o mini-YAG, el cual entrega un haz de muy alta potencia que puede ser entregado en pulsos del orden de una billonésima de segundo ($10 E^{-9}$ seg). Estos pulsos son obtenidos dejando salir la energía solamente durante periodos de tiempo muy pequeños, y durante el intervalo entre pulsos, la energía es almacenada y amplificada dentro de la cavidad del láser, de tal forma que cada pulso tiene una enorme energía cuando alcanza la salida de la cabeza láser.

Debido a que los pulsos generados son sumamente energéticos y muy rápidos, éstos apenas tienen tiempo para operar por destrucción térmica como el común de los láseres quirúrgicos. En lugar de eso rompen el tejido desgarrando los átomos con un efecto de onda de choque. La incisión conseguida es precisa y aguda con un daño mínimo a tejidos adyacentes y sin difusión térmica.

Este mini-YAG es usado en oftalmología en donde se requiere una muy alta precisión, para un procedimiento conocido como capsulotomía.

1.8.3 Efectos destructivos térmicos de los láseres en medicina (efecto quirúrgico)

El aumento de la temperatura en el tejido irradiado no sólo depende de los factores propios del láser: longitud de onda, potencia, tiempo de utilización, etc. sino de las características de los tejidos: densidad, calor, conductividad térmica, etc., lo que hace necesario trabajar experimentalmente en la determinación de perfiles calóricos de diversos tejidos con los diferentes láseres.

Sin importar el tipo de láser quirúrgico que se aplique al tejido los efectos térmicos en éste dependen de un factor principal: la energía total absorbida por unidad de área del tejido mejor conocida como la densidad de energía, la cual está dada por:

$$\text{densidad de energía} = \frac{\text{potencia (Watts)} \times \text{tiempo (seg)}}{\text{área (cm}^2\text{)}} = \frac{\text{Joules}}{\text{cm}^2}$$

Aumentando la intensidad (watts) y disminuyendo el tiempo en proporciones iguales, la energía se mantiene constante. Por ejemplo: 100 watts por segundo producirán 100 Joules, igual que 10 watts por 10 segundos. Sin embargo la acción tisular es completamente distinta a pesar de la misma energía. El factor de cambio es TIEMPO. La difusión de calor a los tejidos adyacentes que rodean al punto de impacto, aumenta con el tiempo, y por lo tanto aumenta también el daño térmico.

Los parámetros en la ecuación pueden ser generalmente controlados por el médico usuario: La potencia se puede variar en el equipo utilizado, el tiempo en cada lugar de aplicación del rayo puede ser programado en el láser o bien el médico aprende a controlar este tiempo ya que el es el que oprime el pedal de disparo, por último el parámetro correspondiente al área se puede observar con el láser guía y obtener una idea aproximada de como actuará el láser quirúrgico y variar ésta al afectar la distancia de incidencia del rayo láser sobre el tejido o bien ajustando los lentes de enfoque del láser, es muy importante para el médico entender que la misma potencia entregada por un láser puede variar enormemente si se aplica con un láser bien enfocado que si este rayo está esparcido en un área mayor, es obvio que para conseguir que el láser consiga vaporizar o cortar el tejido éste se debe aplicar a un área pequeña.

Cabe recordar que un láser quirúrgico nunca es aplicado al tejido de manera colimada, es decir tal y como sale de la cabeza láser, éste se hace pasar invariablemente por un lente de enfoque con lo cual se consigue que se pueda enfocar en punto muy pequeño sobre el tejido o bien se pueda enfocar en el extremo proximal de una fibra para que pueda viajar a través de ella.

1.8.3.1 Fases de la destrucción térmica

En general, los efectos sobre el tejido biológico producto de la absorción térmica, serán relativamente constantes dependiendo de la energía total entregada y la temperatura alcanzada, sin considerar la fuente de energía. El efecto térmico de la energía láser ocurre en fases ya muy bien documentadas:

TEMPERATURA	EFFECTO
37°-55° C	Calentamiento, deshidratación
55°-60° C	Soldadura de tejido
60°-100° C	Emblanquecimiento, desnaturalización proteica
100° C	cocción, vaporización

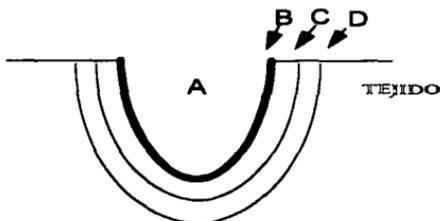
Como se aprecia a temperaturas abajo de 55 °C solo ocurre un engorgimiento ligero del tejido pero no se produce daño permanente, a temperaturas de 55 a 60°C se observa un efecto de soldadura sin producir daño en las células involucradas. Aproximadamente a los 60°C comienza una desnaturalización irreversible de las células proteicas y el tejido se torna blanco, a este respecto piénsese en cierto tejido que por encontrarse fuera del tejido incidido directamente puede no haber sido quemado directamente por el láser, pero si su temperatura alcanzó los 60°C habrá sido desnaturalizado y será desprendido gradualmente al cabo de algunos días o semanas. A la temperatura de 100°C el agua celular comienza a hervir y a evaporarse, Eventualmente la célula en ebullición explota y es completamente vaporizada, el contenido de la célula se observa como humo viniendo de la superficie tisular, carbonización parcial y necrosis severa del tejido puede también ocurrir.

Producto del impacto del láser sobre el tejido se producen zonas concéntricas de tejido dañado (fig 1.20). Estas zonas incluyen un cráter central (a), formado por la vaporización de las células que se encuentran en el área de superconcentración de calor que alcanza en forma instantánea varios cientos de grados, en el punto de impacto. Hacia el interior, aparece una capa de carbonización fina negra-café que está formada simplemente por partículas de carbón o cenizas, residuos de la vaporización de los desechos celulares, que no escaparon en humo, éstas partículas son inofensivas y no es necesario quitarlas del lugar de la incisión. Luego se encuentra una zona de tejido disecado (C) y finalmente, la capa más interna que está constituida por tejido que aunque sufrió calentamiento, no fué desnaturalizado y por lo tanto puede considerarse no dañado.

El daño térmico es proporcional al tiempo de exposición sobre el tejido y no necesariamente a la cantidad de potencia aplicada, por lo tanto el objetivo del cirujano es entregar el máximo de potencia en el menor tiempo posible, reduciéndose de este modo el daño al tejido adyacente. el principio siempre

debe ser: "La potencia óptima a utilizar en determinado procedimiento, siempre es la máxima que el cirujano pueda controlar con seguridad".

FIG. 1.20 LESIÓN LÁSER



1.5.3.2 Ventajas de la cirugía láser por destrucción térmica

El uso de láser en aplicaciones térmicas puede parecer una aplicación bastante tosca para una tecnología tan sofisticada. Podría pensarse además, que es excesivo producir un haz de luz monocromática y coherente para quemar tejido de la misma forma en que lo haría otra fuente de energía de menor costo, por ejemplo un electrobisturí; ya que incluso la longitud de onda es irrelevante en las fases de la destrucción térmica.

Es necesario remarcar que no se garantiza la alta calidad de una cirugía por el hecho de haber utilizado un rayo láser, en primer lugar es deber del cirujano saber cual es el tipo de láser más aconsejable para el procedimiento a realizar, y se debe considerar que existen muchos procedimientos en donde un rayo láser (cualquiera que sea) no tiene ninguna aplicación.

Otro punto importante es el que se conoce como manejo experto, y se refiere a la importancia que representa que un médico tenga experiencia con el rayo láser para el procedimiento a realizar, ya que un manejo inexperto o casual del rayo láser dará los mismos o peores resultados que aquellos realizados con un electrobisturí, criocirugía o bien cirugía con bisturí normal.

Sin embargo, las ventajas de la cirugía láser por destrucción térmica son muchas, como lo son también los beneficios que puede ofrecer un equipo láser cuando es adecuadamente operado por un cirujano entrenado. Sus principales ventajas son las siguientes:

- Los láseres en ocasiones representan una técnica de cirugía sin contacto que deja libre el campo operativo para disponer de una mejor visibilidad, al no requerir contacto la manipulación de tejido se reduce bastante, lo que en casos de tumores cancerosos o lesiones infectadas disminuye la posibilidad de propagar la enfermedad al paciente.
- Los láseres son por naturaleza estériles, libres de patógenos, dado que sólo se maneja un rayo de luz éste no puede estar contaminado, incluso se utiliza en ocasiones para desinfectar heridas contaminadas, ya que dado su alta temperatura en el punto de impacto que genera en contacto con el tejido de inmediato eliminan cualquier bacteria o elemento patológico.
- Por el hecho de ser transmitidos por fibras ópticas o por brazos articulados con accesorios de diámetros reducidos, permiten el acceso no invasivo a órganos internos que no podrían ser alcanzados a menos que se procediera a realizar cirugías abiertas.

- Actualmente en la medicina se está tratando de escoger métodos quirúrgicos que sean lo menos agresivos posibles, de mínima invasión, incluso a petición del paciente las técnicas quirúrgicas cada vez son más amables con él, y normalmente el médico que conoce estas técnicas o que posee los aparatos especiales para estos procedimientos es el que incrementa de manera considerable su consulta y por lo tanto sus ingresos y renombre.
- Gracias a esto los sistemas endoscópicos ha sufrido un avance muy marcado en los últimos años y el uso de láser a través de estos aparatos ha convertido en la modalidad de elección en muchos procedimientos en cavidades, especialmente intra-abdominales, intra-nasales, intra-craneales, intra-torácicas, intra-articulares, intra-intestinales, intra-pulmonares y rectales. Cabe señalar que generalmente estos endoscopios son rígidos en el caso de utilizar el láser de CO₂ y flexibles cuando se usan láseres que se transmiten por fibras flexibles, como el Nd:YAG, estas fibras pueden introducirse además en regiones insospechadas anteriormente.
- La analgesia asociada, uno de los efectos obtenidos con la utilización experta del láser es el mínimo edema e inflamación. Estudios de microscopía electrónica de las terminaciones nerviosas seccionadas con CO₂, muestran una incisión muy aguda de los mismos, comparada con la sección con un bisturí, lo cual produce un menor daño nervioso (microneurisma de amputación). Además la cauterización instantánea de las terminaciones nerviosas puede estar asociada con la reducción del dolor post-operatorio.
- Los Láseres ofrecen un excelente grado de hemostásis durante la cirugía (el Nd:YAG principalmente), y han sido el recurso utilizado en pacientes hemofílicos o en pacientes en donde la reducción de la transfusión sanguínea es vital. De la misma manera que los láseres sellan pequeños vasos, éstos también sellan vasos linfáticos evitando con esto que se puedan propagar metástasis de lesiones malignas, es decir sellan el medio por el cual las células cancerosas de un tumor se pueden propagar y crecer en otros sitios diferentes a los del tumor inicial. El láser de CO₂ sella los pequeños capilares y pequeños vasos sanguíneos, produciendo hemostasia en vasos menores a 0,5 mm mientras que el Nd-YAG, puede sellar vasos de 3 a 4 mm de diámetro.
- La precisión conseguida con los láseres es en ocasiones inimitable (dependiendo de la aplicación puede llegar a ser hasta 10 veces mayor al bisturí frío) así como el control que puede tener el médico sobre la destrucción térmica respetando el tejido adyacente de una manera no conseguida con otro accesorio quirúrgico.

1.8.3.3 Desventajas de la cirugía láser por destrucción térmica

- Las principales desventajas de utilizar esta tecnología están relacionadas con los altos costos que involucran a la adquisición, mantenimiento, consumibles, y accesorios de los láseres, así como a la capacitación que requieren los médicos usuarios, la cual normalmente es ofrecida en diferentes partes del mundo lo que impide que pueda ser accesible a cualquier médico.
- Un equipo quirúrgico de láser es un equipo potencialmente peligroso para el paciente y/o usuarios, por esto la utilización de un láser quirúrgico requiere necesariamente de una cierta etapa de aprendizaje, en algunas aplicaciones esta etapa es muy crítica ya que la aplicación errónea de la energía al paciente puede traer resultados negativos, (es conocido el hecho de médicos atendiendo demandas por iatrogenias causadas por el mal uso del láser) si esta etapa de aprendizaje no se realiza satisfactoriamente el cirujano no podrá aprender las técnicas necesarias para que los resultados sean de satisfactorios a excelentes, y entonces la aplicación del láser comparada con algún otra técnica quirúrgica no será ventajosa y al poco tiempo el mismo cirujano dejará de utilizarla.
- Relacionada a la anterior existe en nuestro país una cierta resistencia al cambio y un cierto temor a las tecnologías nuevas, no es raro hallar en los quirófanos, equipos láseres abandonados por que los médicos locales prefirieron continuar con sus técnicas habituales.
- Necrosis. La necrosis tisular se puede producir por una variedad de efectos inducidos por los láseres, principalmente por las altas temperaturas que éstos generan. Esta necrosis en parte puede ser controlada, conociendo los parámetros de las utilizaciones del láser.

Históricamente es conocido que el láser de CO₂, principalmente, causa mucha carbonización, y por lo tanto mucha necrosis tisular, que como es sabido retrasa y prolonga la recuperación total de una herida, basándose en esto los fabricantes de equipos láser de CO₂ han introducido al mercado diferentes tipos de sistemas para evitar esto. Basándose en el hecho de que el daño de carbonización del tejido

depende más del tiempo de exposición de el láser sobre el tejido que la potencia utilizada (de hecho se sabe que a mayores potencias en tiempos cortos el resultado es más significativo), se descubrió que si el láser estaba menos de 1 mseg en contacto con el tejido, el efecto térmico se reducía en ese punto, así sólo vaporizaba de manera inmediata las células involucradas.

Para lograr que el láser permaneciera menos de 1 ms en cada lugar a tratar se diseñaron equipos que presentaban lo que se conoce actualmente como modulación de tiempo, en los cuales se lograba que los láseres dispararan una gran cantidad de potencia (picos de hasta 500 watts) en pulsos muy pequeños, y con un tiempo entre pulso y pulso, de esta manera se le proveía además de un tiempo corto de descanso al tejido. Este tipo de láseres requiere para su excitación una fuente de voltaje sofisticada que además pueda modularse para lograr los diferentes tipos de pulsos necesarios, esto generalmente acarrea una consecuencia directa: un incremento de precio dado lo sofisticado de las fuentes de voltaje, y además la posibilidad de que al trabajar con potencias más altas y voltajes más altos, los dispositivos electrónicos presenten fallas más frecuentemente que equipos con fuentes normales.

La otra manera para conseguir un tiempo de 1 mseg por cada punto del tejido tratado se conoce como modulación por espacio, y se basa en un aspecto muy sencillo, mover el rayo láser lo suficientemente rápido para que el láser no esté mucho tiempo en contacto con el tejido, sin embargo si es el cirujano el que trata de mover el láser de manera rápida, será muy difícil que consiga precisión en su movimiento, y además el movimiento rápido que lograra el médico siempre estaría cuestionado por la seguridad que debe tener al realizar la cirugía. Este modulador de espacio, conocido en el mercado con el nombre genérico de orbitador o scanner, esta basado en un juego de 2 espejos que se colocan al final del brazo articulado del CO₂, estos espejos giran a gran velocidad debido a un motor en cada uno de ellos controlados por un modulo pequeño a base microprocesador, con esto se logra que el barrido del láser pueda tener diferentes formas, figuras de lissajous, o espirales por ejemplo, las ventajas que se obtienen es la posibilidad de vaporizar una grandes cantidades de tejido de manera muy rápida y sin la acostumbrada carbonización o necrosis asociada al láser de CO₂. Con estos orbitadores es incluso posible realizar una dermoabrasión de epidermis con el fin de eliminar parcialmente las arrugas del rostro sin peligro de dañar la piel del paciente.

1.8.3.4 Principales aplicaciones de los equipos de CO₂ en cirugía.

Especialidad	Procedimiento	Accesorio utilizado	Potencias
Otorrinolaringología			
Laringe	Extirpación de tumores benignos o no, nódulos, pólipos y papilomas.	Adaptador al microscopio	40W
Faringe	Remodelación de la úvula para curar el ronquido. Amigdalectomía	Pieza de mano para procedimientos oro-faríngeos + orbitador láser	30W
Nariz	Vaporización de cometas, vaporización de pólipos, sinequias	Guías de onda nasales	30W
Traquea bronquial	Extirpación de tumores, estenosis	Broncoscopio para láser	30W
Oído	Estapedectomía, tumores locales.	Adaptador al microscopio	10-20W
Boca	Tumores, cirugía lingual, corte de encías.	Pieza de mano con orbitador láser	20-30W
Dermatología/ Cirugía plástica	Verrugas, hongos, tumores, cicatrices, úlceras uñas enterradas, dermoabrasión, trasplante de pelo (agujeros)	Pieza de mano con orbitador láser	30W

Ginecología colposcopia	Displasias (cáncer) en cuello, vulva y vagina, condilomas	Se utiliza un colposcopio que es un microscopio pequeño y un adaptador al microscopio	30-40W
Laparoscopia	Endometriosis, Adherencias, obstrucciones tubáricas, embarazos ectópicos, quistes ováricos.	Laparoscopio especial para láser de CO ₂ , orbitador láser	40W
Ortopedia Artroscopias	Corte de meniscos, corte de sinovia, vaporización de cemento de hueso.	Sistema de guías rígidas para CO ₂	20W
Neurocirugía	Microcirugía para extirpación o vaporización de tumores, tumores en espina dorsal.	Adaptador al microscopio, orbitador láser.	40-80W
Cirugía general/ Proctología	Mamoplastias, úlceras, corte de tumores, corte de hemorroides.	Piezas de mano, orbitador láser, Rectoscopio rígido.	20-55W

1.8.3.5 Principales aplicaciones de los equipos de Nd:YAG en cirugía.

Especialidad	Procedimiento	Accesorio utilizado	Potencias
Urología	Vaporización de la próstata, tumores de vejiga, bloqueos en la uretra, vaporización de condilomas, nefrectomía parcial.	Fibras de disparo lateral, fibras de contacto hemisféricas, fibras de no contacto.	100W
Gastroenterología	Tumores obstructivos, pólipos, úlceras sangrantes, hemorroides.	Fibras con enfriamiento coaxial, fibras hemisféricas.	100W
Neumología	Tumores en traquea y bronquios, obstrucción de traquea.	Fibras con enfriamiento coaxial, fibras hemisféricas.	60-100W
Cirugía torácica	Cortes de metástasis o enfisemas en pulmones	Fibras de contacto	40-60W
Neurocirugía	Neuroendoscopia intraventricular, tumores vasculares, meningiomas, tumores de la glándula pituitaria, discoidectomía percutánea.	Fibras hemisféricas, fibras de no contacto y adaptador al microscopio, aguja para discoidectomía.	40-60W

Ginecología			
Histeroscopia	Ablación del endometrio, miomas y pólipos intrauterinos, malformaciones uterinas.	Fibras hemisféricas o de no contacto, Histeroscopio.	60W
Laparoscopia	Patología de trompas, adherencias, embarazos tubáricos, endometriosis.	Fibras de contacto + laparoscopio y accesorios.	40-60W
Cirugía general			
	Extirpación de la vesícula biliar vía laparoscópica, apendicectomía, hemorroidectomía, resección hepática y pancreática, mastectomías.	Fibras de contacto + accesorios endoscópicos.	40-60W
Otorrinolaringología			
	Corte de tumores, pólipos, cometes y anginas.	Fibras de contacto	40W
Ortopedia			
Atroscopia (rodilla y hombro)	Cortes de meniscos y sinovias	Fibras de contacto	100W

1.8.3.6 Seguridad en el manejo de láseres quirúrgicos

Es necesario discutir con más propiedad algunos conceptos relacionados con los riesgos que involucra el uso de ésta herramienta. Así también, las normas de seguridad que se deben seguir para mantener en un mínimo los casos de daños involuntarios con láser.

En contraste con la imagen letal de láser que muestra generalmente la ciencia ficción, el cuerpo humano es prácticamente invulnerable a daño fatal por efectos de un impacto accidental de un láser quirúrgico, con la sola excepción de estructuras críticas como la aorta, la vena cava, el tallo cerebral, o el lazo atrio-ventricular del corazón. Además no existen riesgos oncogénicos asociados a ningún tipo de láser quirúrgico, no han existido reportes de desarrollo de cáncer por las personas que trabajan continuamente con láseres, de éste modo tampoco existe peligro para una mujer embarazada el contacto con el láser. Este no es el caso cuando se trabaja con longitudes de onda menores a 319nm en la región Ultravioleta como el láser Excimer, ya que estos láseres emiten radiación ionizante que incrementan la posibilidad de carcinogénesis.

Las estadísticas también hablan en favor de lo seguro que resulta el láser, no más de 200 pacientes con Laño Indeseado de 60,000 casos tratados en el transcurso de 25 años.

Sin embargo, aún cuando el uso de láser en medicina no constituye en sí un peligro, se debe estar preparado para prevenir cualquier posible riesgo, especialmente debido al uso negligente de esta herramienta.

Principales riesgos: El mayor riesgo en el uso de láser quirúrgico, es la posible ignición de sustancias inflamables o explosivas, producto del calor generado sobre material irradiado. El accidente más serio se refiere a quemaduras en el tracto respiratorio cuando el láser penetra y enciende un tubo endotraqueal (procedimientos de otorrinolaringología), el que normalmente contiene una alta concentración de oxígeno. Estos accidentes producen a veces una inhibición momentánea o permanente de la respiración y pueden ser fatales. Los mismos pueden ser absolutamente prevenibles.

Peligros a los que se expone el personal: Aparte de quemaduras superficiales de piel, producto del impacto directo o reflejado de láser, existe un riesgo bastante mayor al que está expuesto el personal

que trabaja cerca de un equipo láser (doctores, pacientes, enfermeras y técnicos); éste es la posibilidad de que incida sobre sus ojos, en forma directa o reflejada.

• Protección ocular

Por su forma de aplicación, especialmente a mano alzada, el CO₂ es el láser que ofrece mayores posibilidades de impacto involuntario sobre el personal. La longitud de onda del láser de CO₂ (10,600nm) que al incidir sobre la córnea, será absorbida totalmente en la superficie de ésta, pudiendo causar un daño irreparable en la visión del afectado. Es cierto que aquellos láseres que atraviesan fácilmente el agua como son el ND:YAG o el ARGÓN al incidir directamente sobre un ojo, atraviesan fácilmente el humor vítreo en él, y se concentran en la retina, sin embargo estos láseres pierden rápidamente su densidad de potencia al divergir en demasía una vez que logran salir de la fibra óptica utilizada para su transmisión por lo que para que ocurriera un accidente con estos equipos se tendría que estar trabajando con los ojos muy cerca del final de la fibra. Para prevenir esta clase de riesgos tanto con láser de CO₂, ND:YAG o ARGÓN, todo el personal que trabaje dentro de un radio de 4 metros del equipo láser, deberá usar lentes de seguridad apropiados para proteger del láser de la longitud de onda utilizada.

En el caso del CO₂, puesto que su longitud de onda es absorbida por el vidrio, puede servir como protección los lentes correctivos normales, sin embargo los lentes de seguridad poseen además aletas laterales.

Es una buena práctica exigir que todo el personal dentro de la sala en que se ocupa el láser, utilice lentes de protección aunque quien se encuentre distante de el láser estará seguro (4 metros aprox). La divergencia del haz enfocado, más allá de su punto de foco es tal, que la potencia disminuye a niveles inofensivos. Es obvio que el personal técnico que se encarga del mantenimiento de los láseres debe observar las mismas medidas de seguridad cuando se trabaje con el equipo.

Generalmente se encontrará que los equipos láser de CO₂ y ND:YAG, al ser invisibles al ojo humano, utilizan como haz apuntador un láser de helio neón de 5mWatts, el cual emite una luz roja de 633 nm. Ante esta longitud de onda, las estructuras anteriores del ojo humano son casi transparentes, y la mayoría de la potencia irradiada es absorbida por la retina y la coroides. El ojo puede soportar sin riesgos hasta 1 W/cm² durante 10 segundos la longitud de onda del He-Ne (helio-neón). En el punto de foco del He-Ne, la densidad de potencia puede exceder los 5 W/cm² (5 mW enfocados en un punto de 0.5 mm de diámetro, por lo que puede resultar peligroso observar directamente el haz de este láser (láser clase II))

Dependiendo del diámetro del haz He-Ne a la entrada del lente de enfoque final, el diámetro de éste a 10 distancias focales puede ser o no suficientemente grande para reducir la densidad de potencia a niveles seguros. Debido a que los lentes de seguridad, opacos para la longitud de onda del CO₂ o ND:YAG, son totalmente transparentes para los 633 nm He-Ne, ya que este láser se coloca precisamente para situar al láser invisible, éstos no protegerán el ojo de la longitud de onda del He-Ne. La regla de seguridad cuando se usa con He-Ne es evitar cualquier contacto con la luz roja visible del haz y los ojos.

Riesgo de ignición: El láser de CO₂ involucra un serio riesgo de fuego cuando se utilizan ropas o cobertores secos cercanos a la zona quirúrgica. Este peligro se evita humedeciendo con agua esterilizada o alguna solución salina normal todos los elementos que involucran riesgo de inflamación cercanos al campo quirúrgico.

Riesgos en el paciente: Es importante tomar también algunas precauciones para evitar que el paciente pueda sufrir alguna clase de daño físico involuntario, producto del manejo descuidado del láser. Existen dos formas a través de las cuales el paciente puede recibir el impacto del láser en zonas de su cuerpo no destinadas a cirugía. En primer lugar, y menos serio, está el riesgo de que el haz láser se refleje en alguna de las piezas de instrumental utilizado. Normalmente este tipo de situaciones no involucran gran peligro, por cuanto el cirujano se encuentra observando lo ocurrido y muy rápidamente se dará cuenta de que el láser está incidiendo sobre un blanco indeseado. Estos riesgos se pueden evitar usando instrumentos con un pulido antirreflejante, o un baño químico ennegrecedor.

Más serio es el daño producido inadvertidamente cuando el paciente, o algún asistente, activa el pedal por descuido, y la salida del equipo se encuentra apuntando algo distinto del objetivo. Esto puede ser

muy peligroso si el equipo apunta a los ojos de alguien o a algún objeto inflamable, cabe mencionar, que un descuido de esta naturaleza en alguna cirugía delicada, por ejemplo, en neurocirugía puede tener consecuencias fatales o desastrosas para el paciente.

Estos accidentes son prevenibles si el cirujano establece un procedimiento con la persona responsable de manejar los controles del equipo. Normalmente ésta persona es la enfermera circulante que no se encuentra estéril, y debe estar entrenada para activar el láser rutinariamente sólo cuando el cirujano vaya a disparar y desactivarlo cuando no lo hace.

Riesgo de choque eléctrico: Las unidades láser contienen una fuente de alto voltaje que genera la corriente para producir el láser, en ocasiones los paneles internos contienen suficiente voltaje para electrocutar a un hombre, es por esto que éstos equipos sólo pueden ser revisados por personal entrenado para prevenir accidentes. Incluso en los manuales de los láser siempre se recomienda al personal técnico a no abrir, o reparar los equipos si no existe un ayudante cerca. El sentido común se debe aplicar en el sentido de que se debe evitar mojar el equipo para evitar un corto circuito interno.

Riesgo de inhalación de humo: El peligro por la inhalación de humo proveniente de tejido vaporizado han sido catalogados de contener químicos que pueden ser mutagénicos o que al menos puedan irritar la mucosa pulmonar y conducir a una bronquitis crónica. Algunos reportes han indicado la posibilidad de que células cancerosas se eleven con el humo durante la vaporización de tumores cancerosos. Es por esto que se aconseja la utilización de buenos aspiradores de humo para reducir estos riesgos.

Riesgos de contaminación: En la mayoría de los procedimientos los accesorios ya sean desechables o reusables normalmente se contaminan con residuos del paciente con el que fueron utilizados, estos accesorios deberán desecharse en el caso de que sean desechables o bien ser meticulosamente lavados y esterilizados antes de ser utilizados otra vez en otro paciente, gran parte de las infecciones hospitalarias obedecen a una limpieza deficiente antes de ser enviados a esterilizar.

Riesgos químicos: Algunos de los materiales utilizados para fabricar los láser pueden ser tóxicos, tal es el caso del medio activo utilizado en el Excimer o ciertas sustancias utilizadas como líquido de refrigeración (fluorinert) en algunos láser de CO₂. Pero estos medios sólo escapan en ocasiones anormales. Es responsabilidad del usuario saber que procedimientos llevar a cabo en el caso de un imprevisto.

1.1.4 CLASE DE LÁSER

De acuerdo con el potencial peligro que representan para los ojos, los láser han sido clasificados en cuatro grupos por el "Bureau of Radiological Health of the Food and Drug Administration" (oficina de salud radiológica de la administración de alimentos y drogas) de los EE.UU. .

La clase I corresponde a aquellos sistemas completamente cerrados y que no requieren precauciones de seguridad .

En la clase II se encuentran aquellos equipos que generan sólo potencias muy bajas (menores a 1 mW), y tampoco requieren de medidas especiales de seguridad.

En la clase III incluye a todos aquellos aparatos que son peligrosos sólo si se mira directamente su luz (como es el caso del láser de He-Ne de 2 a 5 mW que usan los equipos quirúrgicos de CO₂ y ND:YAG) Es recomendable el uso de anteojos de seguridad para esta longitud de onda, aunque no imprescindible.

En la clase IV se encuentran todos los equipos láser médicos, que son aquellos que aunque sean reflejados difusamente, son peligrosos para algún observador. Estos láser requieren el uso permanente de anteojos de seguridad para proteger de la longitud de onda utilizada.

CAPITULO II**SISTEMAS DE MEDICIÓN**

Introducción. Un sistema de medición electrónico consiste en un conjunto de componentes, los cuales tienen por objetivo el realizar una medición para después manipular, procesar y desplegar un resultado. Un sistema de medición consiste habitualmente de tres elementos principales: un dispositivo de entrada, p.e. un transductor, un acondicionador de la señal p.e. un procesador, y un dispositivo de salida. En sistemas de medición eléctricos y electrónicos el dispositivo de entrada recibe la variable la cual se desea medir, y posteriormente se entrega al acondicionador de señal una forma eléctrica proporcional a ella. En este paso la señal es amplificada, filtrada, digitalizada o procesada para que sea compatible al dispositivo de salida. El dispositivo de salida puede ser cualquier tipo de pantalla, un CRT (tubo de rayos catódicos), un dispositivo de plumilla gráfica, un grabador de cinta magnética, o bien un sistema completo de proceso digital de información el cual permita la total manipulación del resultado.

Este capítulo se concentrará en los componentes de un sistema de medición, se describen los diferentes tipos de transductores, enfatizando los transductores de temperatura ya que el tipo de transductor utilizado en el presente proyecto entra en este grupo: se muestran los convertidores ADC y DAC y finalmente se describen medios de entrada-salida como son teclados y visualizadores.

2.1 SISTEMAS DE INSTRUMENTACIÓN

Los sistemas de instrumentación pueden clasificarse principalmente de dos maneras: analógicos y digitales. Un sistema analógico se puede definir como una función continua, como una gráfica de voltaje contra tiempo, o desplazamiento contra presión. Los sistemas digitales manejan la información en forma numérica, una cantidad digital puede consistir en un número de pulsos discretos y discontinuos cuya relación de tiempo contiene información referente a la magnitud o naturaleza de la cantidad.

Un sistema de adquisición de datos analógico consta de alguno o todos los siguientes elementos:

- Transductores, para la transformación de parámetros físicos en señales eléctricas.
- Acondicionadores de señales, para la amplificación, modificación o selección de ciertas partes de estas señales.
- Dispositivos de presentación visual, para monitoreo continuo de las señales de entrada. Estos dispositivos pueden incluir algún osciloscopio de varios o de un canal, osciloscopio con memoria, panel de medidores, desplegados numéricos, etc.
- Instrumentos de registro de gráficas, para obtener un registro permanente de los datos de entrada. Estos pueden incluir registradores de tinta y plumilla para proporcionar registros continuos en cortes de papel, sistemas de registro óptico como los registradores de galvanómetro de espejo y los registradores ultravioleta.
- Instrumentación de cinta magnética para guardar los datos de entrada, conservar su forma eléctrica original y reproducirlos posteriormente para un análisis más detallado.

Un sistema de adquisición de datos digital puede incluir algunos o todos los elementos que se muestran en la siguiente figura:

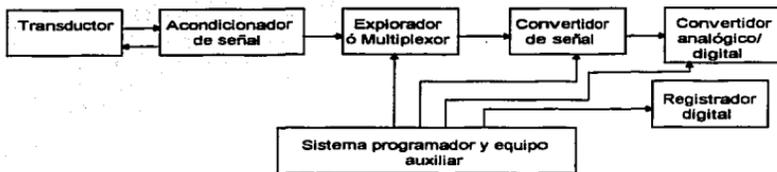


FIG. 2.1 ELEMENTOS DE UN SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS DIGITAL

Las operaciones esenciales dentro de un sistema digital incluyen: manipulación de señales analógicas, medición, conversión y manejo de datos digitales, y programación y control interno. La función de cada elemento del sistema de la figura anterior se describe a continuación:

- **Transductor.** Transforma parámetros físicos en señales eléctricas aceptables para el sistema de adquisición. Algunos parámetros son la temperatura, presión, aceleración, desplazamiento, luz; también es factible medir directamente cantidades eléctricas con voltaje, frecuencia, o resistencia.
- **Acondicionador de señal.** Por lo general incluye la circuitería de soporte para el transductor. Esta circuitería puede proporcionar la energía de excitación, circuito de equilibrio y elementos de calibración.
- **Explorador o multiplexor.** Acepta múltiples entradas analógicas y las conecta secuencialmente a un instrumento de medición.
- **Convertidor de señal.** Transforma la señal analógica en una forma aceptable para el convertidor analógico-digital. Un ejemplo de este dispositivo es un amplificador de voltajes de bajo nivel generados por temporeas.
- **Convertidor analógico digital (A/D).** Convierte el voltaje analógico a su forma digital equivalente. La salida del convertidor A/D se puede desplegar visualmente y estar disponible como voltaje en pasos discretos para procesamiento posterior.
- **Equipo auxiliar.** Esta sección contiene instrumentos para funciones de programación de sistemas y procesamiento digital de datos. Las funciones auxiliares incluyen linealización y comparación de límites. Estas funciones pueden ser ejecutadas por instrumentos individuales o mediante una computadora digital.
- **Registrador digital.** Registra información digital en cinta de papel perforado, cinta magnética, disquetes de computadora o en archivos especiales. El registrador digital puede ir luego de una unidad de acoplamiento que transforma la información digital en la forma apropiada para la entrada del registrador digital seleccionado.

Los sistemas de adquisición de datos se utilizan en un gran número de aplicaciones, en una variedad de áreas industriales y científicas, como la industria biomédica, aeroespacial y telemetría. El tipo de sistema de adquisición de datos, analógico o digital, depende del uso de los datos registrados. En general los sistemas de datos analógicos se utilizan cuando se requiere un amplio ancho de banda o cuando se puede tolerar poca exactitud. Los sistemas digitales se aplican cuando el proceso físico que en estudio varía poco (ancho de banda angosto) y cuando se necesita una exactitud alta y bajo costo por canal. Los sistemas digitales varían en complejidad desde sistemas de un solo canal para medición y registro de voltajes de CD hasta sistemas automáticos de múltiples canales, los cuales miden un gran número de parámetros de entrada, los comparan con respecto a condiciones o límites preestablecidos y llevan a cabo cálculos y toman decisiones sobre la señal de entrada. Los sistemas digitales en general son más complejos que los analógicos en términos de volumen y complejidad de los datos de entrada que pueden manejar.

Al enfrentarse al diseño de un prototipo en donde se tenga por objeto el medir una variable física, el ingeniero debe tener en cuenta diferentes términos relacionados con el problema, a continuación trataremos de explicar el significado de algunos de estos términos.

2.2 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS:

- La sensibilidad de un instrumento en cualquier valor indicado, es la relación entre el movimiento del índice o indicador y la variación en la magnitud medida que lo produce. Por consiguiente un instrumento muy sensible produce un gran movimiento del índice para un pequeño cambio en la cantidad medida. Tal instrumento, tiende a producir un desplazamiento del índice con mucho exceso, con las consiguientes oscilaciones, las cuales pueden reducirse fácilmente incrementando la relación de amortiguación, pero incrementándose así el tiempo de adaptación. Por lo tanto, en la práctica se requiere un ajuste óptimo para obtener una sensibilidad elevada del instrumento aunado a pocas oscilaciones y un tiempo de adaptación razonablemente corto.
- Legibilidad de un instrumento. Este término indica la facilidad con la cual puede leerse la escala de un instrumento.
- Discriminación es la menor diferencia entre dos indicaciones que se puede detectar en la escala del instrumento. Tanto la legibilidad como la discriminación dependen de la longitud de la escala, espaciamiento de las graduaciones, tamaño del indicador, y los efectos de paralaje.
- Precisión de un instrumento, es un valor que indica la capacidad de repetir una misma lectura sucesivamente, cuando la variable que se está midiendo se mantiene constante. El error de precisión, se presenta siempre y cuando se lleven a cabo medidas sucesivas de una misma cantidad física que permanezca invariable, dando diferentes valores numéricos. Algunos manuales de instrumentos especifican al error de precisión simplemente como precisión, es decir con el mismo significado.
- Exactitud, es la característica de un instrumento de medición, que permite obtener una lectura de cierta cantidad física, lo más cercana al valor real o patrón. El error de exactitud se presenta cuando el valor promedio de las lecturas sucesivas de una misma cantidad o variable, se desvía de la lectura considerada como correcta, y esa desviación se mantiene sin importar el número de lecturas sucesivas que se hagan.
- La resolución es el cambio más pequeño en el valor medido al cual responde el instrumento.

2.3 TRANSDUCTORES

Generalmente al diseñar un dispositivo de medición se encuentra con que la variable física a medir no es una variable eléctrica, por esta razón para poder manipular una variable en términos electrónicos de medida, control y despliegue, la variable no eléctrica se debe convertir en una señal eléctrica por medio de dispositivos llamados transductores.

Se entiende por transductor el dispositivo que proporciona una salida útil como respuesta de un mesurando específico. Entendiéndose por mesurando la variable física, propiedad o condición que va a ser medida. Una segunda definición derivada de la anterior, establece que la salida es la magnitud eléctrica producida por un transductor la cual es función del mesurando empleado. La segunda de estas dos últimas definiciones se aplica específicamente a los transductores eléctricos, si no apareciera la palabra eléctrica sería aplicable dicha definición a transductores de otro tipo de salida.

La definición de transductor de acuerdo a la Sociedad de Instrumentación de América (AIS), es la de un dispositivo que entrega una señal eléctrica como respuesta a una variable o fenómeno medido.

Debido a que el transductor varía su respuesta al modificarse las condiciones del mesurando, su comportamiento puede ser modelado matemáticamente mediante una relación teórica entre la entrada, que en este caso es el mesurando y la salida, dicha relación se conoce con el nombre de función de transferencia.

Es común encontrar que a los transductores se les llama de otra manera dependiendo de la disciplina técnica en donde se utilice. En los procesos industriales son denominados usualmente transmisores (p.e. transmisor de presión, transmisor de temperatura). En algunos casos se denominan sensores (sensores de presión, sensores de fuerza). En otros campos, sobre todo en el área de los dispositivos electroópticos se denominan detectores. En algún momento la palabra célula se utilizó comúnmente para ciertos transductores, así como la de la palabra galga. Aquellos transductores que tienen configuraciones capaces de ser inmersas en un fluido son denominados frecuentemente como sondas. Aún se utilizan muchas indicaciones de transductores utilizando la terminación metro p.e., acelerómetro por transductor de aceleración, caudalímetro por transductor de caudal, etc. debido a esta diversidad de nombres y términos que producen confusión entre los usuarios y fabricantes. La Instrument Society of America realizó un esfuerzo orientado a producir un estándar utilizable para la nomenclatura y terminología de los transductores, inicialmente para beneficiar a la industria aeroespacial, y posteriormente para facilitar las comunicaciones relativas a los transductores en todas las industrias y ciencias, se generó un estándar Nacional Americano el ISA S37.1 Electrical Transducer Nomenclature and Terminology que fue publicado en 1969.

2.3.1 Clasificación de los transductores

Los transductores se pueden clasificar de acuerdo a su aplicación, método de conversión de energía, naturaleza de la señal de salida etc. Sin embargo todas estas clasificaciones generalmente se superponen.

A continuación se muestra una clasificación de transductores de acuerdo a los principios eléctricos que involucran. Los primeros son los transductores pasivos que son los que requieren de potencia externa para funcionar, en estos la variación es cuantificable en su manera de variar algún parámetro eléctrico, tal como la resistencia, capacitancia etc. que es medible por la manera de variar el voltaje o la corriente aplicadas al transductor. Los segundos son los transductores activos, los cuales producen una FEM o una corriente analógica cuando son estimulados por alguna fuente de energía externa que a su vez esta relacionada con la variable física que queremos medir. La siguiente tabla trata de presentar los transductores mas comunes disponibles en el mercado y utilizados en la mayoría de los sistemas de medición comunes.

TRANSDUCTORES PASIVOS

Principio físico y clase de transductor	Principio de operación y principio del dispositivo	Aplicación típica
<p align="center">Resistivos</p> <p>Galga extensiométrica</p>	<p>La resistencia de un elemento ó semiconductor cambia según la elongación ó compresión debida a esfuerzos aplicados extensivamente.</p> <p>El posicionamiento de un cursor por medio de una fuerza externa varía la resistencia en un potenciómetro o en un circuito puente.</p>	<p>fuerza, por, desplazamiento</p>
<p>Dispositivo potenciométrico</p>	<p>La resistencia de un elemento de metal puro con un coeficiente de temperatura de resistencia positivo grande varía con la temperatura.</p>	<p>Presión, desplazamiento</p>
<p>Termómetro de resistencia</p>	<p>La resistencia de un elemento caliente varía empujándolo con flujo de gas.</p>	<p>Temperatura, calor radiante</p>
<p>Método de elemento caliente</p>	<p>La resistencia de un elemento caliente varía empujándolo con flujo de gas.</p>	<p>Flujo de gas, Presión de gas</p>
<p>Termistor</p>	<p>La resistencia de ciertos óxidos de metal con coeficiente de temperatura de resistencia negativo cambia con la temperatura.</p>	<p>Temperatura</p>

Higrómetro de resistencia	La resistencia de una cinta conductiva se altera con el contenido de humedad.	Humedad relativa
Celda fotoconductiva	La resistencia de una celda como un elemento del circuito se modifica con la luz incidente.	Actuador fotosensible
Capacitivos		
Medidor de presión de capacitancia variable	Una fuerza aplicada externamente varía la distancia entre dos placas paralelas.	Desplazamiento, Presión
Micrófono de capacitor	La presión del sonido altera la capacitancia entre una placa fija y otra móvil.	Voz, música y ruido
Medidor dieléctrico	La capacitancia varía por cambios en el dieléctrico.	Nivel de líquidos
Inductivos		
Transductor de circuito magnético	Los cambios del circuito magnético modifican la autoinductancia ó inductancias mutuas de una bobina excitada por c.a.	Presión, desplazamiento
Transformador diferencial	El voltaje diferencial de dos devanados secundarios de un transformador varía al mover el núcleo magnético por medio de un fuerza aplicada desde el exterior.	Presión, desplazamiento, fuerza, posición
Medidor de magnetostiración	Las propiedades magnéticas cambian por presión y esfuerzos.	Fuerza, presión, sonido
Detector de reluctancia	La reluctancia de un circuito magnético varía al cambiar la posición del núcleo de hierro de una bobina.	Presión, Desplazamiento, Vibración, Posición
Voltaje y corriente		
Detector de efecto Hall	Se genera una diferencia de potencial a través de una placa semiconductor (germanio) cuando un flujo magnético interactúa con una corriente aplicada.	Flujo magnético, corriente, desplazamiento
Tubo fotomultiplicador	La emisión de electrones secundarios es debida a la radiación incidente sobre un cátodo fotosensible.	Luz y radiación, reledores fotosensibles
Cámara de ionización	Se induce un flujo de electrones mediante la ionización de un gas debido a radiación radiactiva.	Cuento de partículas, radiación
Celda fotoconsléiva	Hay una emisión de electrones debidas a la radiación incidente en una superficie fotosensitiva.	Luz y Radiación

TRANSDUCTORES ACTIVOS

Principio físico y efecto de transductor	Principio de operación y naturaleza del estímulo	Aplicación típica
Celda fotovoltaica	Se genera voltaje en un dispositivo de unión semiconductor cuando la energía radiante estimula la celda.	Medidor de luz, celda solar
Detector piezoeléctrico	Se genera una FEM cuando una fuerza externa se aplica a ciertos materiales cristalinos como el cuarzo.	Sonido, vibración, cambios de presión, aceleración
Generador de bobina móvil	El movimiento de una bobina en un campo magnético genera un voltaje.	Velocidad, vibración
Termopar y termopila	Se genera una FEM por la unión de dos metales diferentes ó semiconductores cuando la unión se calienta.	Temperatura, flujo de calor, radiación

TABLA 2.1 CLASIFICACION DE TRANSDUCTORES

A continuación se describen brevemente algunos tipos de transductores mas comunes y posteriormente los transductores de temperatura que son los que tienen una especial importancia para los fines de este trabajo.

2.3.1.1 Transductores capacitivos

Los elementos de transducción capacitiva convierten un cambio de la magnitud a medir en un cambio de capacitancia.

Dado que un condensador consiste básicamente en dos electrodos separados por un dieléctrico, el cambio de capacidad puede ocasionarse por el movimiento de uno de los electrodos, acercándose o alejándose del otro electrodo o mediante cambios en el dieléctrico situado entre los dos electrodos fijos.

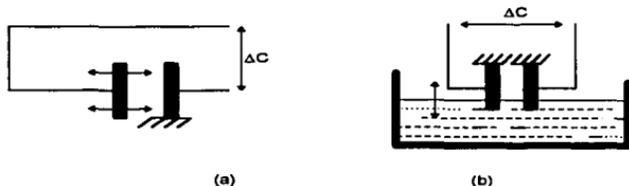


FIG. 2.2 TRANSDUCCIÓN CAPACITIVA a) ARMADURAS MÓVILES, DIELECTRICO CONSTANTE, b) ARMADURAS FIJAS DIELECTRICO VARIABLE

2.3.1.2 Transductores inductivos

Los elementos de transducción inductiva convierten un cambio de la magnitud en un cambio de la autoinductancia de un devanado único.

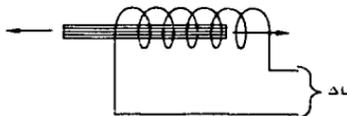


FIG. 2.3. TRANSDUCCIÓN INDUCTIVA

Los cambios de inductancia pueden efectuarse mediante el movimiento de un núcleo ferromagnético interior al devanado o mediante cambios de flujo introducidos externamente en un devanado con un núcleo fijo.

Los elementos de transducción electromagnética convierten un cambio de la magnitud a medir en una fuerza electromotriz inducida en un conductor debido a un cambio en el flujo magnético en ausencia de excitación.

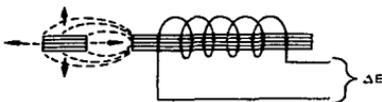


FIG. 2.4 TRANSDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA

2.3.1.3 Transductores potenciométricos

Estos elementos convierten un cambio en la magnitud a medir en un cambio en la relación de tensiones, mediante el cambio en la posición de un contacto móvil (cursor) sobre un elemento resistivo en cuyos bordes se ha aplicado un voltaje. La relación dada por la posición del cursor es básicamente una relación de resistencias.

Los elementos de transducción por galgas extensiométricas convierten un cambio en la magnitud a medir en un cambio de resistencia debido a una deformación, en dos o cuatro brazos de un puente de wheatstone. Este principio de transducción es una versión especial de transducción resistiva; sin embargo, se compone de dos o cuatro transductores de esfuerzo resistivos (galgas extensiométricas) conectados a un circuito en puente de Wheatstone al que se le aplica una tensión de excitación, de manera que la salida es un cambio de tensión.

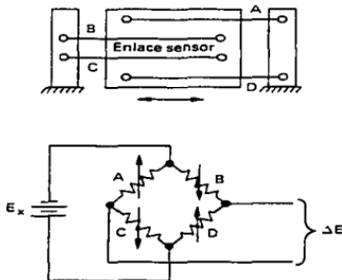


FIG. 2.5. TRANSDUCCIÓN POR GALGA EXTENSIMÉTRICA.

Las flechas dirigidas hacia arriba en la figura 3.5 indican aumentos de resistencia y las flechas dirigidas hacia abajo indican disminución de resistencia en los brazos del puente cuando se está afectando simultáneamente (en un puente de cuatro elementos activos) a las sondas en un cambio de la magnitud a medir debido a la colocación y conexión de los elementos resistivos individuales; en el ejemplo ilustrado las direcciones indicadas de variación de resistencias ocurren cuando el enlace sensor se mueve a la izquierda.

2.3.1.4 Celda fotoconductorora

Los elementos de transducción fotoconductorora convierten un cambio en la magnitud a medir en un cambio en la resistencia o conductancia de un material semiconductor debido a un cambio en la cantidad de iluminación incidente sobre el mismo.

2.3.1.5 Celda fotovoltaica

Los elementos de transducción fotovoltaica convierten un cambio en la magnitud a medir en un cambio en la tensión generada cuando la iluminación incidente sobre la unión entre ciertos materiales distintos cambia. Este dispositivo cae dentro de los transductores activos.



FIG. 2.6. TRANSDUCCIÓN FOTOVOLTAICA.

2.3.1.6 Transductores piezoeléctricos

Los elementos de transducción piezoeléctrica convierten un cambio en la magnitud a medir en un cambio en la carga electrostática Q o tensión E generada por ciertos materiales cuando se encuentran sometidos a un esfuerzo mecánico. El esfuerzo se desarrolla mecánicamente, mediante fuerzas de tensión o compresión, o por fuerzas de cortadura ejercidas directamente sobre el material (cristal) por un elemento sensor o por un elemento de enlace mecánico ligado al elemento sensor. Este transductor pertenece a los transductores activos.

2.3.1.7 Transductores de temperatura

La medición de temperatura por métodos eléctricos resulta ser muy conveniente, ya que estos métodos permiten obtener una señal que fácilmente puede detectarse, amplificarse o utilizarse para métodos de control. Existe una gran gama de transductores de temperatura la cual va desde termistores hasta termopares los cuales serán explicados a continuación:

2.3.1.7.1 El termómetro de resistencia eléctrica. Este dispositivo es muy exacto para la medición de temperaturas, consiste en esencia en un elemento resistivo que se expone a la temperatura por medir. De esta manera, el cambio en la resistencia eléctrica del material constituirá una indicación en la variación de la temperatura.

Casi todos los conductores metálicos tienen un coeficiente de temperatura positivo de resistencia, de tal forma que su resistencia aumenta con el incremento de temperatura. Algunos materiales, como el carbón y el germanio, tienen un coeficiente de temperatura negativo de resistencia lo cual significa que la resistencia decrece con un incremento de la temperatura.

El elemento sensor de un termómetro de resistencia se selecciona de acuerdo a la aplicación necesaria. La siguiente tabla resume las características de los tres materiales mas usados en este tipo de termómetros:

TABLA 2.2 ELEMENTOS DE LOS TERMÓMETROS DE RESISTENCIA

Tipo	Rango de temperatura	Precisión	Ventajas	Desventajas
Platino	-300°F a 1500°F	±1°F	Amplio rango de operación Alta estabilidad Alta exactitud	Respuesta en tiempo baja (15s) No es tan lineal como los termómetros de cobre
Cobre	-325°F a 250°F	±0.5°F	Alta exactitud en el rango de temp. Alta estabilidad	Rango de temperatura limitado a (250°F)
Níquel	32°F A 150°F	±0.5°F	Larga vida Alta sensibilidad Alto coeficiente de temperatura	Mas no lineal que el cobre Rango de temperatura limitado a (150°F)

El alambre de platino se usa para la mayoría del trabajo de laboratorio y para mediciones industriales de alta exactitud. Los de cobre y níquel son menos costosos y más fáciles de manipular que los elementos con alambre de platino, y se usan a menudo en aplicaciones industriales de bajo rango.

2.3.1.7.2 Termistores: Este es un dispositivo semiconductor que tiene un coeficiente negativo de resistencia por temperatura, en contraste con el coeficiente positivo que muestran la mayoría de los metales. Además la variación de la resistencia con la temperatura varía de manera exponencial. Para un termistor que posee la siguiente ecuación:

$$R = R_0 \exp B \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right)$$

donde R_0 es la resistencia a la temperatura de referencia T_0 y B es una constante determinada experimentalmente. El valor numérico de B esta comprendido generalmente, entre 3500 y 4600°K, dependiendo del material del termistor y la temperatura. El termistor es un dispositivo extremadamente sensible y por medio de una calibración adecuada se pueden obtener precisiones del orden de 0.01°C, esta alta sensibilidad a los cambios de temperatura hace al termistor extremadamente conveniente para la medición, control y compensación precisa de la temperatura en circuitos eléctricos, esto último gracias a su coeficiente negativo de temperatura.

Los termistores están compuestos de una mezcla sintética de óxidos de metales, tales como manganeso, níquel, cobalto, cobre, hierro y uranio. Su rango de resistencia está entre 0.5 a 75 ohms y están disponibles en una amplia variedad de formas y tamaños.

Tres características hacen a los termistores extremadamente útiles en las aplicaciones de medición y control:

- a) Característica resistencia-temperatura.
- b) Característica voltaje-corriente
- c) Característica corriente-tiempo

Ejemplos de estas curvas se muestran en la figura siguiente:

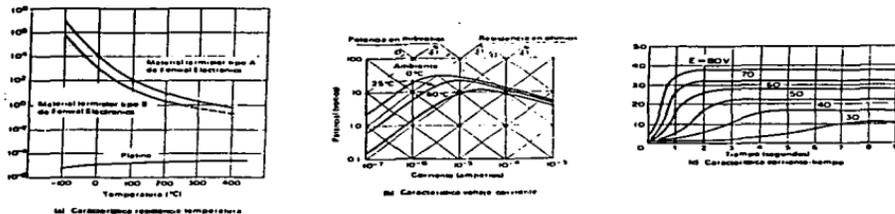


FIG. 2.7 CURVAS CARACTERÍSTICAS DE LOS TERMISTORES

La característica resistencia-temperatura de la figura 2.7a) muestra que el termistor tiene un coeficiente de variación de la resistencia con la temperatura negativo y muy alto, haciéndolo un transductor de temperatura ideal. La variación de la resistencia contra la temperatura de dos materiales industriales se compara a las características del platino (usado ampliamente en los termómetros de resistencia) Entre las temperaturas de -100°C y 400°C, la resistencia del material termistor tipo A cambia de 10^7 a 1 Ohm, mientras que la resistencia de platino varía mucho menos sobre el mismo rango de temperatura.

La característica voltaje-corriente de la figura 2.7b) nos muestra que la caída de voltaje a través de un termistor aumenta con el incremento de la corriente hasta alcanzar un valor pico mas allá del cual la caída de voltaje decrece con el incremento de la corriente. En esta porción de la curva el termistor exhibe una característica de resistencia negativa. Si se aplica un pequeño voltaje al termistor, la pequeña corriente resultante no produce suficiente calor para elevar la temperatura del termistor por encima de la del ambiente. Bajo estas condiciones, se sigue la ley de Ohm y la corriente es proporcional al voltaje aplicado. Grandes corrientes para grandes voltajes aplicados producen suficiente calor para elevar la temperatura del termistor por encima del ambiente y entonces su resistencia decrece. Como resultado se toma mas corriente y la resistencia decrecerá aún más. La corriente se continúa incrementando hasta cuando la disipación de calor del termistor es igual a la potencia suministrada a él. Por consiguiente, bajo condiciones ambientales fijas, la resistencia de un termistor es función de la potencia disipada dentro de el mismo, siempre y cuando haya suficiente potencia disponible para elevar su temperatura sobre la del ambiente. Es por esto que bajo tales condiciones de operación, la temperatura del termistor se puede elevar 100°C o 200°C y su resistencia puede bajar hasta un milésimo de su valor de baja corriente.

Esta característica de auto calentamiento suministra un nuevo campo de utilización de los termistores. En la fase de auto calentamiento el termistor es sensible a cualquier clase de cambio en proporción a la cual el calor se disipa. Si la proporción de remoción del calor es fija, el termistor es sensible a la entrada de potencia y se puede usar para el control de voltaje o nivel de potencia.

La curva característica corriente-tiempo de la figura 2.7c) indica el tiempo de retardo para alcanzar la máxima corriente como una función del voltaje aplicado. Cuando el efecto de auto calentamiento que se acaba de describir ocurre en un termistor, se requiere cierto tiempo para que el termistor se caliente y la corriente alcance su máximo valor de estado estable. Este tiempo aunque fijo para unos ciertos parámetros del circuito del termistor, se puede variar fácilmente cambiando el voltaje aplicado o la resistencia en serie con el circuito. Este efecto tiempo-corriente suministra un medio simple y exacto de lograr tiempos de retardo desde los milisegundos hasta muchos minutos.

2.3.1.7.3 Termopares. el efecto mas común para medir temperatura por efectos eléctricos es el que utiliza el termopar. Cuando se juntan dos metales diferentes, se produce una fuerza electromotriz entre los puntos de contacto la cual es principalmente función de la temperatura de la junta. Este fenómeno se conoce como efecto Seebeck. Si los dos materiales se conectan a un circuito externo de manera que circule corriente, la FEM puede alterarse ligeramente debido a un fenómeno conocido como efecto Peltier. Además si existe un gradiente de temperatura en uno o ambos materiales, la FEM puede tener otra ligera alteración debida al fenómeno conocido como efecto Thomson. Por lo tanto, en el circuito termoelectrico se presentan tres fems.: La FEM de Seebeck, causada por la unión de los dos materiales metálicos diferentes, la FEM de Peltier ocasionada por el flujo de corriente en el circuito, y la FEM de Thomson que se debe a la existencia de gradientes de temperatura en el material. La FEM de Seebeck es de vital importancia, ya que depende de la temperatura de la junta. Si se mide cuidadosamente la FEM generada en la junta de dos metales diferentes como función de la temperatura, posteriormente dicha junta nos puede servir para la medición del potencial, ya que cuando se conectan los metales al circuito medidor se generará otra FEM en las uniones de éstos con los alambres que sirven de conexión al circuito medidor. Esta FEM dependerá de la temperatura de la última junta y, por lo tanto, se debe tener en cuenta este potencial adicional. Para el análisis de circuitos termoelectricos se tienen dos leyes generales:

1.-Si se coloca un tercer metal en un circuito termoelectrico como el mostrado en la figura 2.8, la FEM neta del circuito no se verá alterada siempre y cuando las nuevas conexiones se mantengan a la misma temperatura. Este postulado se puede demostrar con la ayuda de la segunda ley de la termodinámica y se conoce como la ley de los metales intermedios.

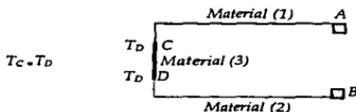


FIG. 2.8 INFLUENCIA DE UN TERCER METAL EN UN CIRCUITO TERMOELÉCTRICO, LEY DE LOS METALES INTERMEDIOS.

2.-Considérese los arreglos mostrados en la figura 2.9 .Los circuitos de termopares están contruidos con los mismos materiales, pero operan entre dos límites de temperatura diferentes. El circuito de la figura 2.9a genera una FEM de E_1 entre las temperaturas T_1 y T_2 ; el circuito de la figura 2.9b proporciona una FEM de E_2 entre las temperaturas T_2 y T_3 . La ley de temperaturas intermedias establece que el mismo circuito generará una FEM de $E_3 = E_1 + E_2$ cuando opere entre las temperaturas T_1 y T_3 como se observa en la fig. 2.9c.

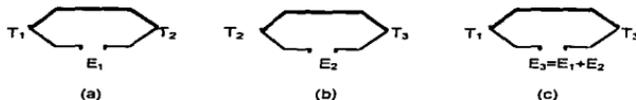


FIG. 2.9 LEY DE TEMPERATURAS INTERMEDIAS.

Se puede observar que todos los circuitos de termopares involucran cuando menos dos juntas. Si se conoce la temperatura de una de ellas, entonces la temperatura de la otra se puede calcular fácilmente conociendo las

propiedades termoelectricas de los materiales. A la temperatura conocida se le denomina temperatura de referencia. Es muy común expresar la FEM obtenida en términos del potencial generado, manteniendo la junta de referencia a 0°C.

El voltaje generado por un solo termopar se expresa generalmente como:

$$E = AT + 1/2BT^2 + 1/3CT^3$$

donde T es la temperatura en 0°C y E está basada en una temperatura de referencia de 0°C. Las constantes A, B, y C dependen de los materiales de la junta.

La sensibilidad, o potencia termoelectrica de un termopar, está dada por:

$$S = \frac{dE}{dT} = A + BT + CT^2$$

La siguiente tabla presenta los valores aproximados de la sensibilidad de varios materiales, teniendo como segundo elemento al platino.

TABLA 2.3 (la junta de referencia se mantuvo a una temperatura de 0°C) mV 0°C-1

BISMUTO	-72	PLATA	6.5
CONSTANTAN	-35	COBRE	6.6
NIQUEL	-15	ORO	6.5
POTASIO	-9	TUNGSTENO	7.5
SODIO	-2	CADMIO	7.5
PLATINO	0	HIERRO	18.5
MERCURIO	0.6	NICROMO	25
CARBÓN	3	ANTRACENO	47
ALUMINIO	3.5	GERMANIO	300
PLOMO	4	SALICIO	440
TANTALIO	4.5	TELURIO	500
RODIO	6	SELENIO	900

Ya que el voltaje de salida de los termopares es del orden de milivolts, puede medirse con un milivóltmetro de corriente directa que utilice un galvanómetro D'Arsonval. Como éste vóltmetro es básicamente un aparato detector de corriente, la lectura dependerá de la FEM generada y de la resistencia eléctrica del circuito, incluyendo la de los alambres conectores. Debido a lo anterior se debe calibrar el sistema como un todo. Para trabajos de laboratorio muy precisos, se utilizan normalmente potenciómetros de microvolts. Estos instrumentos pueden discriminar potenciales del orden de 1 uv. Cuando se utiliza un potenciómetro en equilibrio para medir el potencial generado por un termopar, la resistencia de los alambres conectores no tiene efecto en la medición ya que como se vio anteriormente, en equilibrio el flujo de corriente en el circuito es cero.

Cuando se requiere tener un circuito más sensible generalmente se conectan varios termopares en serie como se muestra la figura 2.10

A los arreglos de este tipo se les conoce como *termopilas*, y para el caso de, por ejemplo, tener tres juntas el voltaje de salida que se obtiene es el triple del correspondiente a un solo termopar, esto solamente en el caso de que las temperaturas de las juntas frías y calientes se mantengan uniformes. La utilidad de un arreglo en termopila reside en que se puede obtener una FEM relativamente grande en la medición de pequeñas diferencias de temperatura entre las juntas. De esta manera, dicha FEM se puede detectar con un instrumento

relativamente barato, mientras que en otro caso se tendría que utilizar un medidor que discriminara potenciales del orden de microvolts.

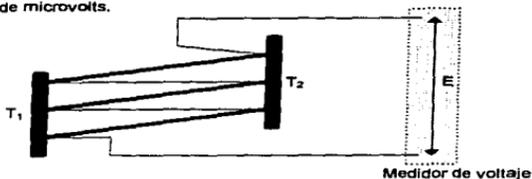


FIG. 2.10 CONEXIÓN EN TERMOPILA

Cuando se utiliza una termopila es importante asegurarse de que todas las juntas estén aisladas eléctricamente entre sí. Hemos visto que un termopar típico mide la diferencia de temperatura entre la junta a la temperatura desconocida y la junta de referencia por lo tanto, un circuito de este tipo puede utilizarse en forma satisfactoria para medir temperaturas diferenciales. Para pequeñas diferencias, la termopila presenta ventajas sobre los termopares simples. Consideremos ahora el circuito de termopares en serie mostrado a continuación:

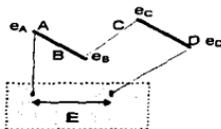


FIG. 2.11 CONEXIÓN DE TERMOPILES EN SERIE

Aquí se tienen cuatro juntas conectadas en serie y mantenidas a diferentes temperaturas. Debido a que es un número par de juntas no es necesario instalar una junta de referencia, ya que los bornes del potenciómetro están conectados a alambres del mismo material. Si consideramos que la corriente fluye del borne positivo al negativo, y además suponemos que la junta A produce una caída de potencial en esta dirección, entonces las juntas B y D producirán una caída de potencial en sentido opuesto, mientras que la junta C generará una caída en la misma dirección que la junta A. por lo tanto la FEM total medida en las terminales del medidor de voltaje será:

$$E = e_A - e_B + e_C - e_D$$

De esta manera, si la temperatura en todas las juntas es la misma, la lectura será cero, mientras que en otras condiciones medirá otro valor. Se puede notar que la FEM generada por este circuito serie no es una indicación de alguna temperatura en particular, ni representa el promedio de las temperaturas de las juntas.

En la siguiente figura se puede apreciar un arreglo de termopares en paralelo.

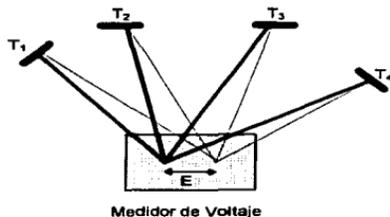


FIG. 2.12 ARREGLO DE TERMOPARES EN PARALELO

Este arreglo puede utilizarse para medir la temperatura promedio de una serie de puntos. Cada una de las cuatro juntas puede estar a una temperatura diferente y por lo tanto, generar una FEM diferente. De esta manera, el potencial detectado por el medidor de voltaje será el promedio de los potenciales de las cuatro juntas, aunque puede haber un error en la lectura debido a que existirá un pequeño flujo de corriente en los cables conectores, como resultado de la diferencia de potencial entre las juntas. Por lo tanto en este caso especial la lectura obtenida dependerá en cierta forma de la resistencia eléctrica de los alambres conectores.

Una forma más adecuada para obtener promedios de temperatura se logra con el circuito de termopila mostrado en la fig. 2.10. En este caso cada una de las juntas *calientes* se pueden mantener a diferente temperatura, mientras que todas las juntas *frías* se deben mantener a una misma temperatura de referencia. La FEM promedio está dada entonces por:

$$E_{prom} = E/n$$

donde n es el número de juntas y E es la lectura total dada por la termopila.

2.3.2 Selección de un transductor

La importancia en la selección del transductor apropiado radica en que en base a esto se puede empezar a contar con los resultados exactos aún antes de haber terminado el diseño. Cuando se va a seleccionar un transductor se debe de considerar a todos los elementos posibles, que en un momento dado pueden influir en las características que debe tener dicho transductor para el uso que se le va a dar.

Existen muchos factores que se deben tomar en cuenta, los más importantes son los relacionados con la medición que se va a realizar, los que involucren a los sistemas de control que se vayan a emplear, y además los factores que tienen que ver con la disponibilidad de equipos comerciales.

Las siguientes son consideraciones generales que es conveniente tener en cuenta cuando se va a realizar la selección de un transductor.

Respecto a la medición:

- Variable física que se pretende medir.
- Variaciones que puede tener la variable en el momento de la medición.

- El rango y la exactitud con que se requieren las mediciones.
- Localización final del transductor y condiciones ambientales en torno a él.

Respecto a la capacidad de los sistemas utilizados:

- Sistemas de procesamiento, transmisión y desplegado de datos.
- Exactitud y respuesta en frecuencia de los sistemas antes mencionados.
- El voltaje de excitación, si lo requiere, para el transductor.
- La salida del transductor deberá ser condicionada hacia el sistema.
- ¿Cuál es la carga que el sistema de transmisión o procesamiento le presta al transductor?
- En caso de que se requiera filtrar la señal del transductor, adecuar al sistema de transmisión y procesamiento de datos para realizarlo.
- Verificar la posibilidad de detectar y compensar errores.

En cuanto a la disponibilidad de los transductores:

- Considerar si el transductor que cumple con nuestras necesidades está disponible comercialmente.
- ¿Cuántos fabricantes producen un transductor similar al requerido?
- Si no existe un transductor directamente adecuado a nuestras necesidades se investigará si basta una modificación a alguno existente para su adaptación a nuestro diseño.
- Es el transductor costeable de acuerdo con las necesidades.
- Considerar tiempo de entrega, instalación y puesta en operación del transductor.

2.4 MEDIOS DE ENTRADA Y SALIDA

2.4.1 Dispositivos convertidores

Cuando requerimos cierta compatibilidad en la información que manejamos dentro de nuestro sistema requerimos en ocasiones de convertidores de señales. Los convertidores de señales analógicas a digitales (ADC) y de señales digitales a analógicas (DAC), nos son útiles desde el momento en que al utilizar un transductor nos damos cuenta que transforma la variable física en una señal eléctrica continua, por lo que si la información que estamos manejando en nuestro sistema es puramente digital se requerirá de un convertidor A/D para procesar estas señales, y asimismo requeriremos en ocasiones de un convertidor D/A para manejar la información después del procesamiento.

Es de suma importancia considerar las características que los convertidores ofrecen, ya que éstas deben ser compatibles con el proceso que se tenga. Existen algunos parámetros que caracterizan a los convertidores A/D y D/A por medio de los cuales se puede seleccionar al convertidor más apropiado para las necesidades de algún proceso, como los siguientes:

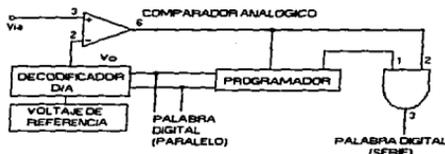
- Resolución. Es el número de bits que se manejan.
- Tiempo requerido para obtener la palabra digital en el caso de los convertidores A/D, y para el caso de los convertidores D/A es el tiempo que se tarda el sistema en codificar la palabra digital.
- Tiempo de apertura. Para los convertidores A/D es el tiempo que tardará el dispositivo en obtener la palabra digital menos el tiempo de muestreo de retén (sample and hold).
- Tiempo de asentamiento (settling time). Tiempo en que la salida del convertidor tarda en estabilizarse.
- No liberalidad. Nos dá el rango en el cual la respuesta se sale de la liberalidad, generalmente este parámetro se proporciona como un porcentaje de la escala completa del dispositivo (% x FSR (Full Scale Range)).

- **Error de cuantización.** Este parámetro es sólo para convertidores A/D , y es el error que se presenta al digitalizar una señal analógica. Al muestrear una señal, el valor más pequeño de voltaje muestreado será el nivel de cuantización, a éste se le asignará un código digital. Si la señal muestreada presenta variaciones de voltaje más pequeñas que el nivel de cuantización se tendrá un error en la digitalización.
- Voltaje de referencia.
- Rangos de temperatura.
- Números de canales de entrada. Entradas analógicas que pueden ser convertidas en un A/D.
- Liberalidad. Indica qué tanta diferencia se presenta en los niveles de voltaje, idealmente éstos deben ser iguales (para convertidores A/D).
- Tiempo de conversión. Tiempo total en el que lleva a cabo la conversión.
- Velocidad de conversión de palabras. En convertidores A/D es el número de palabras digitales obtenidas por unidad de tiempo. En convertidores D/A es el número de palabras codificadas por unidad de tiempo.
- Características de entrada y salida. Corrientes, voltajes, e Impedancias.
- Tiempo de adquisición. Para convertidores A/D es el tiempo que hay desde que se empieza a muestrear hasta que se estabiliza la salida .
- Error de offset. Es el valor que entrega el convertidor cuando se tienen cero volts.

2.4.2 Convertidores A/D

Una manera de clasificar a los convertidores A/D es en cuanto si son de malla abierta o de malla cerrada (retroalimentados). En los convertidores de malla abierta una comparación directa es realizada entre el voltaje de entrada y un voltaje de referencia, el resultado de la comparación es la generación de una palabra digital equivalente a la señal de entrada. En los convertidores de malla cerrada la señal de entrada produce una palabra digital la cual a su vez va a generar un voltaje que se va a comparar con el voltaje de entrada, cuando estos voltajes llegan a ser iguales finaliza el proceso de conversión. A continuación comentaremos los sistemas de conversión A/D más comunes.

- **Convertidor A/D de aproximaciones sucesivas.** Este sistema usa un dispositivo programable, el cual envía una palabra digital a un convertidor D/A interno, la señal que se obtiene de éste es comparada con la señal de entrada, si son diferentes, la palabra digital se incrementa en un bit, y se vuelven a comparar las señales sucesivamente hasta que las dos sean iguales.



- **Convertidor A/D de comparadores en paralelo.** Este sistema es el más rápido de todos los convertidores. Está formado por un grupo de comparadores y un codificador. La señal de entrada es alimentada a todos los

comparadores. Cada comparador se alimenta con una señal de referencia a través de una red resistiva de tal manera que la señal de referencia para el primer comparador es mayor que la señal para el último comparador. Las señales entregadas por los comparadores se introducen a un codificador, el cual produce la palabra digital .

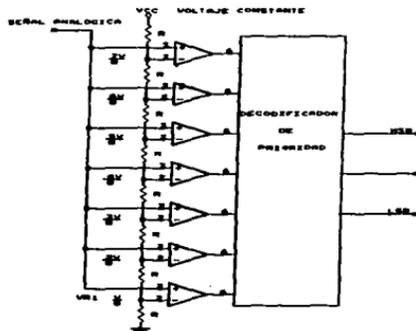


FIG. 2.14 CONVERTIDOR A/D DE COMPARADORES EN PARALELO.

- **Convertidor A/D con contador.** Este convertidor es del tipo retroalimentado. La señal de entrada llega al comparador, al igual que la otra señal que proviene de un convertidor D/A . La señal que envía el convertidor D/A es proporcional a una palabra digital que es generada por un contador. El contador se mantiene en funcionamiento hasta que las señales de entrada y la proveniente del convertidor D/A son iguales, y es en ese momento cuando la conversión ha finalizado.

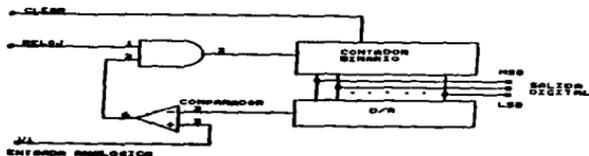


FIG. 2.15 CONVERTIDOR A/D CON CONTADOR

- **Convertidor D/A .** En general la mayoría de los convertidores basan su proceso de conversión en darle a cierto valor a cada uno de los bits, así el bit más significativo (MSB) tendrá el mayor valor y el menos

significativo (LSB) el menor. Lo anterior se logra alimentando la palabra digital a una red resistiva, la cual está excitada por un voltaje de referencia. Cada bit se conecta a la red por medio de interruptores controlados. El voltaje analógico que se obtiene es el resultado de la suma de las tensiones producidas por el valor de cada bit en la red. Una red muy utilizada es la llamada R-2R, la cual está formada por un grupo de resistencias de valor R y 2R formando un arreglo especial.

2.4.3 Teclados. Cada vez que se implementa el diseño de un sistema electrónico se tiene que considerar como van a ser suministrados ciertos datos en caso de así requerirlo, la manera más usual de introducir estos datos es por medio de un teclado en donde el sistema de control de teclado o bien el mismo sistema de control del equipo lee las señales provenientes del teclado y actúa según los datos que se introduzcan; por lo tanto el diseñador de sistemas con teclados debe tener un buen entendimiento del uso de las técnicas de interface con base a la programación y al circuito electrónico empleado.

Existen varios tipos de configuraciones de teclados en el mercado, el más sencillo de ellos con base en controladores, es aquel en el que cada tecla está asignada a una línea de entrada del puerto de un cierto microprocesador o microcontrolador, haciendo muy rápida la lectura del teclado, además de requerir poca programación en software, la desventaja que ofrece es tener limitado el número de teclas a la cantidad de líneas de entrada del puerto, esta última situación limita este tipo de teclados a aplicaciones pequeñas.

Otro tipo de teclado más eficiente y constantemente utilizado es aquel llamado de arreglo matricial, en este tipo de configuración las teclas se mapean por columnas y renglones. Este tipo requiere de una programación más complicada para realizar la búsqueda en la matriz del teclado pero permite el uso más eficiente de las líneas de entrada y salida del puerto del microcontrolador. Esta búsqueda se realiza generalmente haciendo una especie de barrido produciendo un pulso de salida en cada columna y leyendo todos los renglones para determinar por medio de coordenadas cual tecla fué la que se presionó de la columna que produjo el pulso.

La definición de "Roll-over" en un teclado se refiere al número de teclas que pueden ser presionadas al mismo tiempo, y que pueden ser reconocidas individualmente. Si por ejemplo, se considera un teclado con n teclas y se diseña que todas ellas puedan ser presionadas y además sea posible reconocer individualmente cada una de ellas se dice que el teclado tiene un roll-over de n teclas. Generalmente en este tipo de solución para un teclado aumenta su costo directamente con el número de roll-over.

Existen otro tipo de teclados en donde gracias a una interacción visual con una pantalla que despliega mensajes, cada tecla o botón colocado alrededor de la pantalla posee un valor diferente dependiendo a lo que esté desplegado en ese momento en la misma, en este caso el desarrollo del software se incrementa demasiado pero los resultados que se obtienen se pueden aplicar para sistemas de mayor calidad.

2.4.4 Visualizadores

El visualizador electrónico más sencillo y utilizado para diversas aplicaciones es el diodo emisor de luz (LED), dado su bajo voltaje de operación y consumo de potencia son compatibles con los circuitos electrónicos de control de manera que su interfaz resulta muy simple. En el caso de muchos visualizadores el LED es el elemento básico, sin embargo comentaremos aquí algunos de los tipos más comunes.

Tipos de visualizadores. Comúnmente los visualizadores transmiten niveles mucho más elevados que los LEDs ya que pueden mostrar estados adicionales además de los estados de encendido ó apagado. Cada posición de un visualizador digital puede indicar los números del 0 al 9 y cada posición de un visualizador alfanumérico puede mostrar números y letras (en algunos casos el alfabeto completo además de símbolos especiales). Estos pueden ser hechos con cualquiera de las tecnologías siguientes:

- **Fluorescentes al vacío.** Los visualizadores basados en esta tecnología constan esencialmente de tubos al vacío con ánodos recubiertos de fósforo. Cuando circula una corriente por los filamentos, éstos liberan electrones que bombardean los ánodos ocasionando que emitan luz.

- **Plasma de CC.** El principio de operación de éstos visualizadores está basado en la ionización del gas neón contenido en un recipiente sellado. Cuando se aplica un voltaje elevado de CC entre las terminales del ánodo y cátodo, el gas empieza a ionizarse emitiendo una intensa luz de color naranja.
- **Cristal líquido.** Comúnmente abreviados en Inglés como LCD (Liquid Crystal Display), éstos visualizadores utilizan compuestos de fluidos orgánicos cuyas propiedades de transmisión de luz puedan ser alteradas al aplicar un campo eléctrico. Los visualizadores LCD se construyen en forma de sandwich con dos hojas de vidrio cuyas superficies interiores están cubiertas con un fluido de cristal líquido conductor configurado en patrones de segmentos o puntos. Pequeños voltajes aplicados a uno o más segmentos (o puntos) alteran la estructura molecular del líquido. En ausencia de voltaje, el fluido es transparente a la luz, pero al aplicarse un voltaje, el fluido absorbe la luz y la forma del segmento (o punto) aparece ante la vista del observador en contraste con los alrededores. De lo anterior puede deducirse que los visualizadores de cristal líquido difieren de las otras tecnologías en que no emiten luz por sí mismos. En cambio permiten el paso o absorben toda la luz que incida sobre ellos proveniente de una fuente externa, que usualmente es la luz ambiental. Su principio de operación explica por que este tipo de visualizadores no pueden verse en la oscuridad (a menos que se tenga otro medio de iluminación) asimismo su visibilidad mejora conforme aumenta el nivel de iluminación ambiental.

Características de visualizadores de cristal líquido. Comparadas con otros visualizadores, los de cristal líquido tienen las siguientes características:

1. Requiere potencia baja (1 a 10 microwatts/cm²)
 2. Operación de bajo voltaje (1.5 a 8V)
 3. Buena visibilidad en ambientes brillosos (entre más luz es mejor, ya que el visualizador de cristal líquido es un dispositivo pasivo).
 4. Fácil de ver
 5. Flexibilidad en patrones de despliegue
- **Incandescentes.** Los visualizadores de tecnología incandescente están contruidos a partir de filamentos individuales de tungsteno (un filamento por cada segmento del visualizador), sellados en una especie de recipiente de vidrio. La aplicación de una corriente a un filamento ocasiona su calentamiento e iluminación mediante la emisión de luz blanca compuesta por varios colores. Por lo tanto, es posible situar filtros de colores frente a los filamentos para obtener un color específico.
 - **Visualizadores de matriz de puntos.** El mayor número de elementos independientes en una en un visualizador de matriz de puntos, en comparación con los visualizadores de segmentos, permite obtener una mayor gama de caracteres diferentes. Además, estos caracteres pueden tener mejor aspecto debido a sus formas redondeadas que se parecen más a los tipos usuales de imprenta. En este tipo de visualizadores hay que usar necesariamente circuitos de manejo multiplexados para generar los caracteres por exploración de renglones o de columnas; se puede diseñar un circuito propio o escoger un visualizador que ya lleve incorporado el circuito de manejo.
 - **Visualizadores interactivos.** Son sistemas que permiten escribir o leer, indistintamente, en ellos. Estos visualizadores constan de un sistema completo compuesto además de varios visualizadores LED y sus circuitos de manejo correspondientes, de un controlador que es un microprocesador "esclavo" con su propia memoria local (ROM y RAM), su decodificador de puntos/segmentos y el circuito de interfaz para un sistema de cómputo central. Los fabricantes ofrecen visualizadores interactivos con conexión serie o paralelo a un procesador central en un sistema de cómputo y también hay versiones para conexión directa a buses de datos TTL o para conexión a interfaces de comunicación tipo RS-232C.

Los visualizadores interactivos simplifican el trabajo del diseño proporcionando un medio de almacenamiento temporal que acelera el proceso de actualizar la información del visualizador y libera al procesador central de las tareas de sincronización y renovación. Además, los visualizadores interactivos

devuelven líneas de control hacia el sistema central que le permiten modificar el brillo o recuperar información del propio visualizador (a través de la misma interfaz usada para la comunicación con el sistema central en dirección del visualizador).

Requerimientos de hardware/software. Los requerimientos varían de un fabricante a otro, pero en general se deben cuidar los siguientes puntos:

1. Las conexiones a los buses de datos y de control del procesador central y la sincronización de las señales en esas líneas.
2. Las conexiones con otros circuitos de control del sistema central.
3. Los formatos de las palabras de datos y de comandos que deben intercambiar el visualizador y el sistema central.

CAPITULO III

MEDICIÓN DE POTENCIA Y ENERGÍA DE UN LÁSER

Introducción. En este capítulo se describen diferentes métodos y procedimientos para la medición de energía y potencia de un láser, así como los diferentes sensores y transductores que se utilizan para tal función.

También se presentará el método que se empleó para la construcción del medidor de potencia referido en este documento.

Existen diferentes medios para llevar a cabo una lectura de energía y potencia de un láser, así como sensores y transductores para cada uno de ellos, aquí nos enfocaremos a los más comúnmente utilizados en el área.

3.1 DETECTORES

3.1.1 Fotodetectores Un fotodetector es un dispositivo capaz de dar una respuesta eléctrica o térmica que se utiliza para la medición de radiación electromagnética incidente.

Los componentes básicos en un sistema fotométrico o radiométrico de un láser son: el láser, un sensor o detector (por ejemplo, una celda solar o un fotodiodo) y un dispositivo de despliegue (por ejemplo, un osciloscopio o una pantalla).

La fuente óptica en observación puede ser transitoria, de corta duración, un evento no recurrente, o una acción repetitiva. Una de las principales consideraciones que deben tomarse en cuenta para construir un sistema de medición láser, es seleccionar un detector apropiado que cumpla con ciertos requerimientos. Algunas de las características más importantes que deben considerarse en la selección de un fotodetector son: respuesta espectral, sensibilidad, ruido, tiempo de respuesta, linealidad, y eficiencia cuántica.

Un efecto fotoeléctrico ocurrirá cuando luz incida en combinaciones especiales de materiales. Puede ser generado un voltaje, un cambio de resistencia, o pueden ser expulsados electrones de la superficie del material. Mientras esté presente la luz, continúa la condición; cesa cuando la iluminación es interrumpida.

Los fotodetectores pueden ser divididos en dos grandes categorías: detectores cuánticos y detectores térmicos.

3.1.2 Detectores cuánticos, responden directamente a los fotones incidentes. Son paquetes sin carga ó cuantos de energía electromagnética que dependen de la frecuencia de la longitud de onda de la radiación electromagnética. Los detectores cuánticos pueden ser de los siguientes tipos:

a. Fotoconductorivos, donde la conductividad del fotosensor cambia como una función de la radiación incidente. Existirá una relación lineal o no lineal entre la energía incidente y el cambio de resistencia. En esta categoría están los fotoconductores grandes como son los fotoresistores, que pueden ser no-contaminados o contaminados como son los fotodiodos.

b. Fotoemisivos, donde los fotones incidentes liberan electrones de la superficie del detector. Este fenómeno generalmente ocurre en un fotodiodo de vacío, en fototubos bipolares o fotomultiplicadores.

c. Fotovoltáicos, en el que el voltaje es autogenerado cuando la energía radiante incide en la superficie del dispositivo donde ninguna fuente de poder externa es usada. Un ejemplo de este tipo de dispositivos es una celda solar usada en satélites y naves espaciales para convertir la radiación solar en potencia eléctrica utilizable.

3.1.3 Detectores Térmicos son en los que la radiación absorbida es transformada en calor y el detector responde al cambio de temperatura. Ejemplos de este tipo son los termopares y termistores.

Cada tipo de detector responderá diferente a los mismos estímulos, pero en general, todos los detectores tienen características en común para una base de comparación, las cuales serán descritas a continuación.

La sensibilidad es dada como un rango de la corriente de la señal, medida en amperes y generada por el detector de la radiación incidente medida en watts, en la entrada del detector. Si la señal de salida es representada como voltaje, será dado como un rango de voltaje por watt de radiación incidente. La sensibilidad es esencialmente una medida de la efectividad del dispositivo para convertir radiación electromagnética a corriente eléctrica o voltaje. La sensibilidad varía con cambios en la longitud de onda, voltaje de polarización, y temperatura.

Si una fuente constante de energía radiante es instantáneamente encendida e irradiada a un fotodetector, tomará un tiempo finito a la corriente para aparecer a la salida del dispositivo, o para que la corriente alcance un valor de estado estable. Si la misma fuente es apagada instantáneamente, tomará nuevamente un tiempo finito a la corriente para seguir el cambio y caer nuevamente a su nivel cero inicial. El término "tiempo de respuesta" normalmente se refiere al tiempo que toma a la fotocorriente generada por el detector, alcanzar el valor que es el 63.2% del valor final alcanzado después de un periodo de tiempo prolongado.

Los fotodetectores son caracterizados por una respuesta de fotocorriente que es lineal con la radiación incidente en un rango amplio. Cualquier variación en la sensibilidad con la radiación incidente representa una variación en la linealidad del detector. Debe referirse a la linealidad en términos de máximo porcentaje de desviación de una línea recta sobre un rango de entradas de niveles de radiación.

La eficiencia cuántica se define como el rango de eventos contables generados por los fotones incidentes por el número de fotones incidentes; por lo general se expresa como un porcentaje y es otra forma de medir la efectividad de la energía radiante para producir corriente eléctrica en un detector.

El ruido puede ser definido como una señal indeseable y puede ser dividido en dos categorías: ruido inducido externamente como puede ser el ruido inducido por las líneas de 60 hertz y ruido generado internamente, el cual es inherente al ruido generado internamente por todos los dispositivos electrónicos dentro de un sistema.

3.2 MEDIDORES DE POTENCIA Y ENERGÍA LÁSER

En cualquier aplicación específica del láser, el usuario generalmente estará interesado con la energía ó la potencia de salida. La salida de un láser pulsado está caracterizada por su energía, medida en joules. Los joules emitidos por un láser pulsado en una longitud de pulso, determina su potencia pico promedio medida en watts o joules/sec.

Dos sistemas de unidades son comúnmente utilizados para describir la fuerza y el efecto de la radiación óptica. El sistema radiométrico es derivado de física básica y depende de mediciones de energía y potencia independientes de la óptica del ojo. El sistema fotométrico está relacionado a la respuesta del ojo humano a diferentes longitudes de onda. Las unidades fotométricas se utilizan en situaciones donde una salida láser será directamente observada con el ojo, como en un display láser.

La energía está definida como la habilidad para realizar un trabajo. Un joule es una unidad de energía que expresa cuanto trabajo puede ser realizado por una fuente de energía (como un láser o un capacitor cargado). La potencia es el rango con el que el trabajo es hecho, ésta se expresa en watts o joules por segundo. Muchos medidores de potencia y de energía láser utilizan éstas unidades para la base de la medición.

MEDICIÓN DE POTENCIA Y ENERGÍA DE UN LÁSER

Adicionalmente a la energía total y a la potencia de salida del láser, son comunes los términos de densidad de energía y densidad de potencia. El concepto densidad indica que tanta área cubre la energía o la potencia. La densidad de energía normalmente se expresa en joules/cm² y densidad de potencia en watts/cm².

La densidad de energía o densidad de potencia son calculadas dividiendo la energía o potencia total del haz por el área transversal del haz.

Los métodos más comunes en medición de potencia y energía de salida de un láser están basados en la observación de los efectos de un haz interceptado en un dispositivo o material que es cambiado por la radiación incidente. El tipo de cambio puede ser:

- Calor, como en un calorímetro.
- Efectos cuánticos o fotoeléctricos, como en fotodetectores.
- Efectos fotoquímicos, como ocurre cuando películas fotográficas son expuestas a radiaciones ópticas.

Un calorímetro normalmente consiste en un blanco que recibe, absorbe y contiene la radiación incidente, y un sensor térmico que indica que tanto aumento de temperatura ha ocurrido. Debe preverse la pérdida de calor al ambiente por corrientes o contacto con materiales térmicamente conductivos.

La salida del calorímetro es una función de :

- La energía absorbida
- La masa del material absorbente
- El calor específico del material absorbente
- La sensibilidad del sensor térmico
- Pérdidas varias que limitan el aumento de temperatura de la tarjeta (estas pérdidas son reflexión parcial de energía, vaporización del material, pérdidas por convección, pérdidas por radiación).

Los métodos más comunes del sentido de temperatura consisten en termopares, termistores y bolómetros de resistencia de alambre. Los termopares liberan voltaje como una función de temperatura por una unión de metal-metal, pueden ser calibrados con mucha precisión pero son relativamente insensibles, por lo que debe tenerse cuidado en medir con exactitud el voltaje de salida del termopar. Frecuentemente, los calorímetros de láser utilizan conexiones series de termopares para incrementar su sensibilidad, estas series de termopares son llamados termopilas cuya descripción se realiza más extensamente en el capítulo II.

Los termistores son dispositivos semiconductores que se caracterizan por ser una resistencia sensible a la temperatura. Los termistores son más sensibles que los termopares pero menos exactos y propensos a cambiar con el tiempo.

Los calorímetros usados para medir energía son construidos para que las pérdidas por calor al ambiente (durante el tiempo que es realizada la medición) sea pequeña comparada con la energía que fue absorbida. Los calorímetros usados para medir potencia, son construidos para que el calor absorbido sea transferido al ambiente en un rango conocido. Los medidores de potencia para láseres de alta potencia, son construidos con ventiladores o con enfriamiento de agua para manejar su transferencia al ambiente.

Algunas veces los calorímetros contienen una resistencia de alambre en contacto directo con el material absorbente de manera que una cantidad conocida de energía puede ser introducida de alguna fuente eléctrica controlada.

Los calorímetros son generalmente insensibles a la longitud de onda de la radiación incidente, por su naturaleza térmica o fotoeléctrica, son utilizados en el rango del espectro ultravioleta al infrarrojo.

MEDICIÓN DE POTENCIA Y ENERGÍA DE UN LÁSER

Cualquier dispositivo que tenga sensibilidad fotoeléctrica a la radiación electromagnética de una longitud de onda dada, puede ser usado como un dispositivo de medición de potencia o energía para esa longitud de onda. En contraste con los calorímetros, que responden a un amplio espectro óptico, la mayoría de los fotodetectores son sensibles a la longitud de onda, y los dispositivos de medición que utilizan estos detectores deben ser corregidos a la longitud de onda de la fuente que sea medida.

Los medidores de potencia comúnmente utilizados usan fotodiodos de silicón, fotomultiplicadores y fotoceldas de sulfato de cadmio. Las limitantes de los medidores de potencia son esencialmente las mismas que para el fotodetector utilizado en el medidor. Los instrumentos que miden radiación en el ultravioleta, no son idealmente aplicables para mediciones en el infrarrojo.

El diagrama de bloques de un típico medidor de construcción modular de potencia/energía se presenta en la fig. 3.1 En el diagrama se muestra que un número de accesorios son generalmente usados con el fotodetector para conjuntar un instrumento de medición de potencia con la versatilidad de manejar una variedad de fuentes ópticas. Los parámetros variables tan ampliamente de las fuentes de luz a medir son los siguientes:

1. Longitudes de onda que varían de 200nm a 10,000nm
2. Niveles de potencia que varían de 10^{-12} W a 10^3 W en onda continua, o arriba de 10^{-6} W pico
3. Niveles de energía de 10^{-6} J a 10^3 J
4. Amplitudes de pulso de 10^{-9} segundos, a 10^{-1} segundos, y fuentes CW (continuous wave) de onda continua.

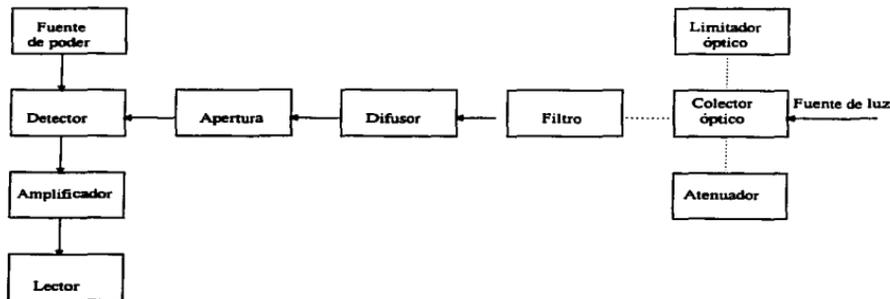


FIG. 3.1 DIAGRAMA A BLOQUES DE UN ARREGLO MEDIDOR DE POTENCIA/ENERGÍA

3.2.1 Entradas ópticas

Los accesorios a la entrada del medidor de potencia funcionan para (a) acumular más energía, particularmente en situaciones donde la divergencia de la radiación incidente es grande; (b) reducir la intensidad de la radiación incidente por una cantidad exactamente conocida, en situaciones donde la

MEDICIÓN DE POTENCIA Y ENERGÍA DE UN LÁSER

Intensidad es tan alta que puede dañar al instrumento, y (c) limitar el campo de vista del instrumento, en situaciones donde la radiación ambiental es tan fuerte como la radiación de la fuente a ser medida.

Correcciones en la calibración del instrumento deben ser hechas cuando cualquier accesorio de estos sea usado.

Si un lente concentrador de energía es usado, la relación entre la potencia actual recibida por el detector (o energía) y el indicador de potencia recibido por el detector es dado por:

$$\text{Potencia actual} = \text{Potencia Indicada} \times \frac{(\text{Diámetro de apertura de entrada del detector})^2}{(\text{diámetro del lente})^2}$$

toda la radiación concentrada en los lentes debe entrar por la apertura del detector. Cuando son necesarias mediciones más precisas, debe hacerse una corrección para las pérdidas por transmisión y reflexión de los lentes a las longitudes de onda de interés.

Si es utilizado un atenuador, la relación entre la potencia indicada y la potencia actual será:

$$\text{Potencia actual} = \frac{\text{Potencia Indicada}}{\text{transmisión del atenuador}}$$

Debe tenerse cuidado al utilizar atenuadores para reducir la alta potencia pico de los dispositivos, especialmente los láseres Q-switched. Es posible que el recubrimiento del atenuador sea vaporizado y que la salida láser no atenuada dañe el medidor de potencia. En atenuadores de divisor de rayo, el usuario debe tener en cuenta que la porción reflejada de la energía láser debe ser tratada con el mismo cuidado que la salida láser; puede causar casi el mismo daño. Los divisores de rayo también son sensibles a la polarización, y siempre es deseable calibrar la atenuación permitida por la reflexión de los divisores de rayo para la fuente dada en la medición. Esto puede ser hecho más fácilmente con dos detectores en un nivel óptico láser de salida. Los atenuadores del tipo de absorción pueden ser utilizados a niveles bajos de potencia. Estos filtros son sensibles a las longitudes de onda, deben hacerse las correcciones necesarias si son usados fuera de la región visible.

3.2.2 Filtros Espectrales

Se debe incluir un filtro especial para limitar la radiación ambiental o aplanar la respuesta espectral del detector. Si se usa un filtro especial, las características espectrales de la fuente y del filtro deben ser conocidas y efectuar las correcciones necesarias.

3.2.3 Difusores

Es conveniente iluminar la totalidad del área sensible del fotodetector por dos razones:

1. Se evita daño o no-linealidad causada por enfocar demasiada energía en un punto pequeño.
2. Por lo general, las superficies fotosensitivas presentan variaciones en la sensibilidad que son minimizadas al iluminar una área amplia.

El difusor tiene la propiedad de distribuir la energía incidente absorbiendo o reflejando muy poco de ella. Los difusores son hechos comúnmente de vidrios de ópalo o tierra y de vidrios blanquecinos que tienen un umbral de daño muy alto. El difusor también minimiza la posibilidad de una mala alineación del medidor de potencia.

3.2.4 Apertura

La apertura se refiere principalmente al diámetro de entrada del medidor, una apertura de un diámetro variable puesta enfrente del detector permite la medición de un amplio rango de niveles de potencia y energía con el mismo detector. Si el diámetro de la apertura es exactamente conocido, la atenuación resultante de una apertura limitada, puede ser calculada fácilmente y la potencia real calculada de la potencia indicada.

3.2.5 Detector

El detector puede ser un dispositivo fotoeléctrico o calorimétrico. Varios tipos de detectores están disponibles para las diferentes longitudes de onda y las diferentes intensidades de la fuente. Un fotodetector puede medir tanto potencia como energía; por ejemplo, considerando una cabeza detectora de fotodiodo de silicio polarizada en Inversa. El fotodiodo tiene una sensibilidad a la radiación monocromática de 0.400mA/mW a 800nm y un tiempo de respuesta máxima de 5 nseg. Para medir potencia onda continua, solo necesitamos medir con exactitud la corriente a través del diodo cuando la fuente incide en la superficie del detector. Entonces:

$$\text{Potencia (mW)} = \frac{\text{fotocorriente (mA)}}{0.400 \text{ (mA/mW)}}$$

Para estimar la energía del pulso, la corriente resultante del pulso (del fotodiodo) debe cargar el capacitor a un valor conocido. Esta carga está en relación con la energía del pulso dada por:

$$E = \frac{CV}{0.400 \text{ mA/mW}}$$

donde: E es energía en joules
C es capacitancia en farads
V es voltaje del capacitor en volts

En la práctica, esta técnica es más complicada. El voltaje en el capacitor debe ser leído cuando ha alcanzado su valor máximo pero antes que el capacitor haya empezado a descargarse. Un circuito especial, que tenga una impedancia muy alta (cientos de megohms) en serie con el capacitor, mantiene la carga en el capacitor, y evita que se descargue mientras está siendo medido el voltaje.

3.2.6 Fuente de Poder

La fuente de poder suministra el voltaje al fotodiodo. Si se usa un fotomultiplicador, es necesaria una fuente de DC altamente regulada por la extrema sensibilidad de la ganancia de corriente al voltaje del diodo. En el caso de utilizar un transductor totalmente activo como lo es una termopila, es obvio que no existe una fuente de voltaje aplicada directamente al sensor, sólo a la etapa amplificadora y a la del dispositivo de lectura de información.

3.2.7 Amplificador/ Detector de carga

Estos subsistemas convierten la fotocorriente del fotodiodo en voltaje. En algunos casos, un resistor de precisión puede ser un dispositivo de conversión adecuado. Si es necesaria la linealidad en un rango amplio de condiciones de entrada, será conveniente utilizar un amplificador operacional como la carga del fotodetector. Como el detector está operando con una impedancia muy baja, se mejora la linealidad. El valor del resistor de carga es seleccionado en base al voltaje de salida y consideraciones de tiempo de respuesta máximo.

En el caso de los transductores activos la etapa amplificadora es un tanto diferente ya que basta trabajar directamente el voltaje y amplificarlo.

3.2.8 Dispositivo de Lectura

El subsistema final en un esquema de medición básico es un galvanómetro o grabador para monitorear la fotocorriente ó el fotovoltaje amplificados. En algunos sistemas, más complejos, es una lectura digital. Pueden ser incluidas varias escalas, con lo que diferentes intensidades pueden ser medidas con solo rotar un switch. También es común incluir un ajuste para nulificar la radiación ambiental.

3.3 CASO PARTICULAR

Para el diseño del medidor de potencia expuesto en este trabajo se consideraron las siguientes variables propias de los dos láseres a medir por el sistema CO₂ y Nd:YAG:

1. Longitudes de onda de 1.064 y 10.640 nm
2. Niveles de potencia de 0 a 100 watts, sobre este punto se estudió que los láseres quirúrgicos empiezan a realizar su acción sobre el tejido a partir de los 5 o 6 watts, por lo que no es muy necesario tener una gran resolución en niveles muy bajos de potencia, en cuanto a la potencia máxima sabemos que no existen en México láseres con potencia mayor a 100 watts.
3. Niveles de energía, los láseres CO₂ y Nd:YAG quirúrgicos no son láseres pulsados, aunque pueden transmitir su potencia en forma pulsada las mediciones de éstos se realiza en forma continua y su transmisión se mide en Watts, sólo aquellos láseres que no pueden emitir la luz en forma continua sino en pulsos de duración muy corta requieren ser medidos en términos de energía. Por lo tanto éste medidor no se diseñó para medir energía.

Una vez que se conocen los parámetros que se deben medir se procede a adecuar los diversos elementos que conforman el sistema.

3.3.1 Detector utilizado

Este tipo de láseres quirúrgicos conocidos como de potencias medias son comúnmente medidos con sensores térmicos (termopilas) ya que éstos ofrecen una mayor linealidad y soportan mejor el trato rudo de un equipo destinado a realizar mediciones en el campo y no en un laboratorio que aquel que pudiera ofrecer un fotodiodo. Este tipo de detectores térmicos son aquellos en los que la radiación absorbida es transformada en calor y el detector responde al cambio de temperatura.

El detector utilizado en este sistema es un disco calórico de aluminio con una termopila colocada en la parte posterior del disco, la termopila consta de 28 termopares conectados de manera circular, el disco tiene colocada además en el centro de la parte posterior una resistencia de alambre de 50 ohms para efectos de calibración del medidor. Algunas de las propiedades más importantes de este disco calórico se hallan a continuación:

Rango espectral	0.25-20 micrones
Potencia máxima en onda continua	150 watts
Máxima densidad de potencia aceptable	200w/cm ²
Tiempo de respuesta	1.2 seg.
Linealidad con respecto a potencia	+/- 1%
Variación de la salida de acuerdo a tamaño y posición del rayo láser	+/- 2%
Diámetro de absorción	18 mm
Área activa	2.5 cm ²
Diámetro total del disco	6.6 cm
Sensibilidad (aproximada)	0.3 mV/W

Existe una gran variedad de sensores o transductores en el mercado internacional, el utilizado es el que respondía mejor a nuestros requerimientos de uso, la marca de este transductor es OPHIR y su planta se encuentra en Jerusalem, Israel.

Los difusores, lentes auxiliares, atenuadores y filtros espectrales, normalmente colocados en la apertura del medidor, no se requieren en el caso de que se midan únicamente láseres de CO₂ y Nd:YAG quirúrgicos, un difusor sólo se requeriría si un láser de CO₂ enfocado a través de un lente se apunta hacia el medidor, pero esto no es necesario ya que el remover el lente de enfoque de un láser de CO₂ es muy sencillo y las personas encargadas de reparar o revisar un láser de CO₂ saben que éste tiene que ser disparado sin lente de enfoque. En el caso de medir un Nd:YAG éste siempre se mide saliendo

de la cavidad resonante (antes de pasar por un lente) o bien a través de un fibra óptica con lo que se asegura que no existe una gran densidad de potencia que pusiera en peligro al transductor.

La luz ambiental genera ruido a niveles de micro o milliwatts, en el caso de láseres de menor potencia para otras aplicaciones si es importante colocar un filtro espectral, el cual es innecesario en este caso.

En el caso que se requiera medir un láser industrial, por ejemplo, de potencias mayores a 150 watts entonces se pueden instalar atenuadores con un filtro limitador con un rango de atenuación conocido y entonces multiplicar la lectura de la pantalla por el valor que ha sido atenuado el rayo láser.

En general en el caso práctico presentado en este trabajo de medir láseres quirúrgicos solamente, no se requiere colocar ninguno de estos aditamentos en la apertura del disco calorímetro.

3.3.2 Amplificador de señal

Como ya se ha mencionado anteriormente el voltaje obtenido de la termopila es de 0.3 mV/V aproximadamente, éste valor tiene que ser amplificado antes de entrar a la etapa del ADC ya que es muy pequeño, esto se consigue con una etapa de un amplificador no inversor, un amplificador derivador (para apresurar la respuesta del medidor) y un amplificador diferenciador, toda esta etapa preamplificadora tiene una ganancia de 10. Una vez preamplificada y adelantada en el tiempo la señal de la termopila, ésta se conecta a la entrada de 8 diferentes amplificadores no inversores, cada uno con un rango de amplificación diferente y las salidas de los cuales están conectadas cada una a una diferente entrada de los ADC's del HC11, la explicación detallada de esta etapa se presenta en el capítulo V.

3.3.3 Dispositivo de lectura

En el caso de éste medidor de potencia el dispositivo de lectura en todo un sistema controlado con un microcontrolador HC11 y una pantalla de matriz de puntos de cristal líquido cuyo diseño y explicación se realizará en el capítulo V.

CAPÍTULO IV

DESCRIPCIÓN DEL MC68HC11

Introducción. En la presente sección se dará una descripción de la arquitectura y operación del microcontrolador MC68HC11 de Motorola, el cual se destaca por ser un avanzado circuito de alta escala de integración (LSI) que combina en una misma pastilla un microprocesador, memorias, puertos, un convertidor analógico-digital (A/D) y otros circuitos electrónicos sofisticados. El microcontrolador (MCU) está fabricado con tecnología HCMOS, su manejo de información es de 8 bits, maneja una velocidad de 2 MHz en su bus interno y opera a bajas frecuencias de CD. Tiene un bajo consumo de potencia y la capacidad de su memoria interna es de 512 bytes en EEPROM y 512 bytes en RAM.

Cuenta con un sistema de automonitoreo para protección de errores, un sistema guardián (COP) para protección de la memoria, un sistema monitor de reloj, el cual manda una señal de restablecimiento en caso de que el reloj se pierda o su señal sea muy baja, y una detección de códigos ilegales. Dos sistemas de paro WAIT y STOP, para conservar la potencia disipada, lo que lo hace viable para la utilización en sistemas con baterías portátiles.

El MCU puede operar en modo expandido o en modo individual, dependiendo de la capacidad de memoria externa que se requiera, los puertos tendrán diferente uso dependiendo del modo en que se esté operando.

4.1 CARACTERÍSTICAS DEL MICROCONTROLADOR MC68HC11

Las características que puede presentar el MCU pueden ser básicamente de dos tipos; del tipo de su composición electrónica (Hardware) y de sus capacidades de instrucciones de ejecutar por programación (software). Las características correspondientes a la programación se describirán más adelante en el inciso referente a el conjunto de instrucciones.

En la figura 4.1 se muestra un diagrama de bloques de los elementos que componen a el MCU68HC11 los cuales serán explicados a continuación, así como sus características en el manejo de señales e información.

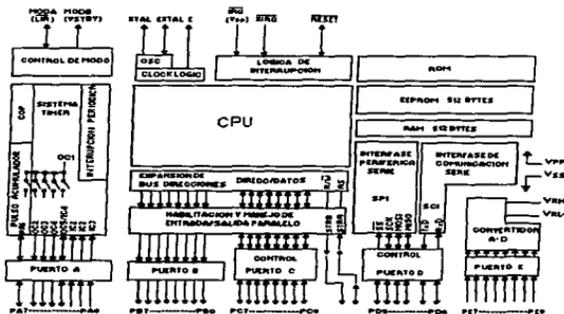


FIG. 4.1 DIAGRAMA DE BLOQUES DEL MC68HC11

4.1.1 DESCRIPCIÓN DE LAS TERMINALES

A continuación se presenta la descripción de las señales y los modos de operación. Cuando el microcontrolador se encuentra en modo extendido, 18 pines cambian de función para soportar un bus multiplexado de dirección/datos.

Fuente de poder (Vdd) y Tierra (Vss)

Vdd es la entrada positiva de la fuente y Vss es la entrada de tierra. Se recomienda colocar un capacitor de Bypass de 0.1 microfarads entre estas dos entradas para evitar interferencias en la fuente.

Restablecimiento (RESET)

Esta señal de control es utilizada como una entrada para inicializar el microcontrolador en un estado de comienzo conocido y como una salida open-drain para indicar que una falla interna ha sido detectada.

Controlador de Cristal y Entrada externa de reloj (EXTAL y XTAL)

Estas dos señales proveen la interfase ya sea para un cristal o un reloj CMOS compatible para controlar el circuito generador de reloj interno. La frecuencia aplicada a estos pines debe ser cuatro veces mayor que la deseada para el reloj. A el cristal oscilador de cuarzo se le conectan capacitores y resistencias como se muestra en la figura 4.2.

Generalmente $R1 = 1$ a 10 Mohm
 $C1$ y $C2 = 5$ - 25 picofarads

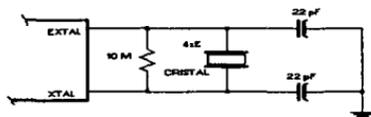


FIG. 4.2 CONEXIONES DEL CRISTAL

Salida de reloj (E)

Esta es una conexión de salida para el generador interno de reloj que puede ser utilizado como una referencia de tiempo.

Interrupciones XIRQ y IRQ

Estas son las interrupciones que tiene el microcontrolador, ambas son programables y una es exterior y otra interior.

Entradas de referencia del puerto A/D (VRL y VRH)

Proveen el voltaje de referencia para el convertidor analógico-digital, en estos pines se pueden conectar voltajes fijos o variables, como en el caso que se necesiten tener lecturas de diferentes escalas de medición.

Puerto A

Está compuesto por tres pines de entrada, cuatro de salida y un pin configurable como entrada o salida. Cualquier pin del puerto A que no sea utilizado para su función de tiempo, puede ser utilizado como entrada-salida de propósito general.

Puerto D

Este puerto consta de seis pines bidireccionales de entrada-salida de propósito general, pero también puede ser utilizado como el puerto de comunicación serial.

Puertos B y C

Estos puertos son de 8 pines de entrada-salida de propósito general, en modo individual y modo expandido se utilizan uno como puerto de datos y el otro de datos y direcciones.

Puerto E

Está compuesto por 8 pines de entrada de propósito general y/o entradas analógicas A/D. VREFH y VREFL son los voltajes de referencia para el convertidor A/D.

A continuación se dará una descripción de los elementos que conforman el MC68HC11.

4.1.2 UNIDAD CENTRAL DE PROCESAMIENTO (UCP) Y REGISTROS

La unidad central de procesamiento es la responsable de ejecutar todas las instrucciones de su secuencia programada. El MC68HC11 contiene más de 256 instrucciones, usa un mapa de código de operación en algunas de las instrucciones que están especificadas con un byte de selección de página antes del byte del código a ejecutar.

Su arquitectura permite especificar a todos los periféricos y dispositivos de entrada/salida como localidades de memoria en un mapa de memoria de 64 Kbytes. Por lo tanto no hay instrucciones especiales para diferenciar la entrada/salida para aquellas que son usadas para memoria. Esta arquitectura es llamada "mapa de memoria", lo cual no incrementa el tiempo de ejecución al acceder un operando desde una localidad de memoria externa.

ACUMULADORES (A, B y D)

Los acumuladores A y B son acumuladores de propósito general de 8 bits que contienen operandos y resultados de cálculos aritméticos o manipulación de datos. Algunas instrucciones utilizan estos dos acumuladores de 8 bits como un acumulador doble de 16 bits (acumulador D).

La mayoría de las operaciones utiliza el acumulador A ó B de manera intercambiable, sin embargo hay notables excepciones. Las instrucciones ABX y ABY adicionan el contenido de B a los registros X ó Y, esto no es válido para A. Las instrucciones TAP y TPA transfieren datos entre A y CCR, sin embargo no hay una instrucción equivalente para B. El ajuste decimal después de haber realizado operaciones aritméticas es diferente entre A y B, mientras que las instrucciones de suma, resta y comparación involucran a ambos operandos (A y B) únicamente en una dirección.

REGISTROS ÍNDICE (X y Y)

Los registros X y Y son registros de 16 bits usados para el modo de dirección indexado a los cuales es agregado un offset de 8 bits que se incluye en una parte de la instrucción. En otros casos, las instrucciones involucran el registro Y tomando un byte extra del código objeto y un ciclo extra de ejecución comparada a la instrucción usada en el registro X. Las instrucciones de intercambio XGDY y XGDY, ofrecen un camino simple para cargar un valor índice en un acumulador doble, esto permite una capacidad aritmética más poderosa que la de los mismos registros índice. El direccionamiento requiere

de menos bytes de código objeto que la correspondiente instrucción usando direccionamiento extendido, y quizá su uso más importante es la disponibilidad de instrucciones de manipulación de bits.

APUNTAADOR DE PILA (STACK POINTER SP)

La UCP automáticamente soporta a la pila que puede ser localizada en cualquiera de los 64 Kbytes del espacio de direcciones. Normalmente el Apuntador de pila es inicializado por una de las primeras instrucciones en un programa de aplicación. Cada vez que un byte es colocado sobre la pila, el SP automáticamente se decrementa, y cada vez que un byte es extraído de la pila, el SP automáticamente se incrementa. El SP es usado para llamadas de subrutinas, interrupciones y para almacenamiento temporal de datos.

Cuando una subrutina es llamada y se realiza el salto, la dirección de la siguiente instrucción después del salto es automáticamente colocada en la pila. Cuando la subrutina es finalizada, el SP proporciona la dirección donde continúa la ejecución del programa.

Siempre que una interrupción ocurre, la instrucción termina y la dirección próxima es almacenada en la pila, todos los registros de la UCP son almacenados en la pila y la ejecución continúa en la dirección especificada por el vector para la interrupción solicitada y que posea la más alta prioridad. Después de completar una rutina de interrupción, una instrucción de retorno es ejecutada y los registros salvados son sacados en orden inverso para continuar.

Otro uso común de la pila es el almacenamiento temporal de datos. Un ejemplo podría ser que una subrutina utilizara el acumulador A. El usuario podría colocar el acumulador A sobre la pila cuando se ejecute la subrutina y sacarlo justamente antes de abandonar esta subrutina. Es un método simple para asegurar los registros que se utilizarán con el mismo valor al retornar de una subrutina.

CONTADOR DE PROGRAMA (PC)

El PC es un registro de 16 bits que contiene la dirección de la siguiente instrucción a ser ejecutada.

REGISTRO DE CONDICIÓN (CCR)

Este registro de 8 bits contiene cinco indicadores de estado, dos bits de interrupción mascarable y un bit de paro. Estos bits de estado reflejan el resultado de la última instrucción ejecutada en la UCP, por lo que es el registro de mayor uso. Los bits de las banderas son los siguientes:

- Acarreo/temporal (C): es 1 si existió acarreo durante la última operación.
- Sobreflujo(V): es 1 si existió sobreflujo aritmético en la última operación.
- Cero (Z): es 1 si la última operación aritmética, lógica o de manipulación de datos es cero.
- Negativo (N): es 1 si la última operación aritmética, de manipulación de datos ó lógica es negativa.
- Bandera de medio acarreo (M): es 1 cuando existe acarreo entre los bits 3 y 4 de la unidad
- lógico aritmética para una instrucción ADD, ABA y ADC.
- Máscara de interrupción (Y): el bit 1 es fijado por hardware (reset o XIRQ) y es limpiada por programa (TAP ó RTI).
- Deshabilitación de paro (S): el bit S se fija cuando la instrucción de paro fue deshabilitada.

La bandera de medio acarreo es usada en operaciones BCD. Los bits de estado N,Z,V y C permiten realizar saltos en función de las operaciones previas.

4.1.3 MEMORIAS INTERNAS

El MC68HC11 incluye dentro del mismo integrado tres tipos de memorias: una memoria de acceso aleatorio (RAM), una de solo lectura (ROM) y otra ROM programable y una borrrable eléctricamente (EEPROM). La memoria RAM es una memoria estática de escritura y lectura para el almacenamiento de información y variables temporales.

Memoria ROM

El principal uso de la memoria interna ROM es el de conservar las instrucciones del propio MCU. Las instrucciones son programadas en el microcontrolador durante el proceso de fabricación y no pueden ser cambiadas. El MCU tiene dos memorias ROM internas de forma separada. La más grande de éstas es la memoria del usuario la cual está disponible para la grabación de los programas de usuario, la otra memoria interna ROM es de 192 bytes y es llamada memoria de inicialización o arranque. Esta última memoria solo se llega a emplear cuando se trabaja el microcontrolador en su modo de operación de inicialización.

El programa interno en la ROM puede ser habilitado por medio del bit de control basado en la EEPROM del registro de control de la configuración (CONFIG). Cuando el programa de la ROM es deshabilitado, es espacio de la memoria de los 64 Kbytes de direccionamiento es empleado al máximo y debe ser empleada una memoria externa para las instrucciones del programa.

Memoria RAM

Esta memoria interna de 512 bytes puede ser mapeada al principio de cualquier bloque de 4 Kbytes en el espacio de direccionamiento de 64 Kbytes. De inicio, la memoria interna RAM está ubicada en las primeras 256 localidades (\$0000 - \$00FF) de los 64 Kbytes del mapa de memoria. En muchos casos es buena esa ubicación para la memoria interna RAM. Las primeras 256 localidades en memoria son accesibles utilizando el modo de direccionamiento directo, el cual asume que el byte superior de la dirección de 16 bits es \$00.

La posición de la RAM en el espacio de direcciones de 64 K es controlado por el registro de RAM y mapeo de I/O (registro INIT) vía software, lo que permite posicionar la RAM y/o los registros de I/O en cualquier página de 4K en el mapa de memoria de 64 K.

7	6	5	4	3	2	1	0	INIT \$103D
RAM3	RAM2	RAM1	RAM0	REG3	REG2	REG1	REG0	

RAM3-RAM0: posiciona a la RAM en el mapa de memoria. Los cuatro dígitos especifican el dígito hexadecimal de la dirección de la RAM. Si todos son 0 la posición será \$0000-\$00FF, si todos son 1 sería \$F000-\$F0FF.

REG3-REG0: da posición al bloque de registros de 64bytes. Inicialmente el REG0 tiene un valor de 1 y reg3-reg1 de 0 para la posición inicial de \$1000-\$103F.

Existen varios propósitos para la función de RAM en espera. En sistemas operados por baterías, la función RAM en espera proporciona una forma de conservar la limitada potencia de una batería durante tiempos en los cuales el MCU permanece inactivo, lo cual incrementa el tiempo efectivo que el sistema puede funcionar sin recargar o cambiar la batería.

Memoria EEPROM

El empleo de esta memoria interna es similar al que se le puede dar a la memoria ROM pero a diferencia de ésta, la memoria EEPROM puede ser borrada o reprogramada por medio de un control de software.

El registro PROG controla la programación y el borrado de la memoria EEPROM interna y puede ser leído o sobre escrito en cualquier momento, pero las secuencias de programación y borrado son estrictamente controladas por la lógica para prevenir cambios accidentales en los datos de la EEPROM. A continuación se detallan cada uno de los bits de este registro.

7	6	5	4	3	2	1	0	\$103B
ODD	EVEN	BYTE	ROW	ERASE	EELAT	EEPGM	PROG	

ODD: programa los renglones impares en la mitad de la matriz de la EEPROM.

EVEN: programa los renglones pares en la mitad de la matriz de la EEPROM.

BYTE: modo de borrado de la EEPROM.

ROW: modo de borrado de la EEPROM.

ERASE: 1 modo de borrado, 0 modo normal de lectura.

EELAT: controla el latch de la EEPROM.

EEPGM: activa el voltaje (Vpp) de programación de la EEPROM.

Aún cuando algunos MCU permiten el mapeo de su memoria EEPROM, cuando esta es fija se encuentra en las localidades de \$B600 a \$B7FF.

4.1.4 PUERTOS DE ENTRADAS/SALIDAS EN PARALELO

El MCU tiene un total de 40 patas de entrada/salida (I/O). Todas estas patas son compartidas entre usos de I/O de propósito general y alguna función de periféricos internos del MCU. El sistema cuenta con un total de 5 puertos: A, B, C, D y E.

Algunas de las funciones compartidas del puerto A incluyen I/O de propósito general, el sistema principal de temporización y el sistema de acumulador de pulsos. El puerto A tiene tres patas de dirección fija de salida, cuatro de dirección fija de entrada y una bidireccional. El puerto A directamente lee desde y escribe sobre el registro PORTA. Los datos significativos pueden ser leídos desde el puerto A aún cuando sus patas estén configuradas para una función de temporizador alterado o acumulador de pulso. Los datos escritos sobre el puerto A no afectan directamente las patas del puerto configurado para una función de salida de temporizador alterado, ya que el dato es mantenido en un latch interno.

Las patas de los puertos B y C, la señal A (STRA) y la señal B (STRB), deben considerarse juntas debido a que sus funciones dependen básicamente del modo de operación del MCU. Cuando el microcontrolador está operando en modo simple estas 18 patas son usadas como I/O de propósito general y para el subsistema de sujeción de entradas-salidas. Cuando el microcontrolador está operando en modo expandido, estas patas son usadas para el multiplexaje del bus de datos/direcciones. Las funciones de I/O de sujeción y propósito general, las cuales se pierden en el modo expandido, pueden ser recuperadas con el uso de dispositivos externos.

El puerto B es un puerto de propósito general de 8 bits de dirección fija de salida. Escrituras sobre el registro del puerto B (PORTB), genera datos que son sostenidos y manejados hacia la salida por medio de las patas del puerto B. Lecturas sobre el registro PORTB regresa el último dato que fue escrito sobre el puerto B. Cuando el subsistema de sujeción de I/O está operando en modo de generación simple, una escritura al registro PORTB automáticamente genera un pulso en la salida de la pata STRB.

El puerto C es un puerto bidireccional de I/O de 8 bits de propósito general. La dirección principal del flujo de datos en cada pata del puerto C es controlada independientemente por el bit correspondiente en el registro de control de dirección de datos para el puerto C (DDRC). Además de las funciones normales

de I/O del puerto C, hay un latch paralelo independiente de 8 bits que capta los datos por el puerto siempre que un flanco alto sea detectado en la pata de entrada del STRA. Las lecturas sobre PORTCL, entregan el valor corriente desde las patas del puerto C. Escrituras sobre los registros PORTC o PORTCL provocan una escritura de los datos a ser manejados hacia afuera por las patas del puerto C. El puerto C puede configurarse como una OR alambrada por medio de la puesta del bit de control de OR alambrada (CWOM) en el registro PIOC. Siempre que el subsistema de sujeción de I/O sea configurado por un modo completo de sujeción, el puerto C es empleado para entrada o salida de datos paralelos. La pata STRA al momento de detectar un pulso provoca que el dato en el puerto C sea almacenado.

El puerto D es un puerto de datos bidireccionales de 6 bits de propósito general. Dos patas del puerto D son usadas de manera alterna por el subsistema de interfase de comunicación serial (SCI). Las cuatro patas restantes son usadas de manera alterna por el subsistema de interfase periférica serial sincrónica (PSI). La dirección principal del flujo de datos de cada pata del puerto D es seleccionada por su bit correspondiente en el registro de dirección de datos para el puerto D (DDR D). El puerto D puede ser configurado para una operación OR alambrada.

El puerto E es de 8 bits de dirección fija de entrada. Alternativamente las patas del puerto E funcionan como canal de entrada del convertidor analógico-digital (A/D). Los buffers de entrada del puerto E están diseñados especialmente, por lo cual no toman una excesiva corriente de la fuente de poder cuando sus entradas están siendo manejadas por niveles intermedios.

La figura 4.3 muestra todos los registros y bits de control concernientes a las I/O tratadas. Los registros son mostrados en el orden en que ellos aparecen en el mapa de memoria del microcontrolador. Estos bits de control son utilizados para habilitar otros dispositivos periféricos internos que utilizan las patas de I/O. Las posiciones de los bits etiquetadas con ceros, indican bits que no han sido implantados y que su lectura siempre será cero.

								PORTA	\$1000
								PIOC	\$1002
Bit 7	-	-	-	-	-	-	Bit 0		
STAF	STAI	SWOM	HNDS	OIN	PLS	EGA	INVB		
								PORTC	\$1003
Bit 7	-	-	-	-	-	-	Bit 0		
								PORTB	\$1004
Bit 7	-	-	-	-	-	-	Bit 0		
								PORTCL	\$1005
Bit 7	-	-	-	-	-	-	Bit 0		
								DDRC	\$1007
0	0	Bit 5	-	-	-	-	Bit 0		
								PORTD	\$1008
0	0	Bit 5	-	-	-	-	Bit 0		
								DDRD	\$1009
Bit 7	-	-	-	-	-	-	Bit 0		
								PORTE	\$100A
DDR7	PAEN	PAMOD	PEEDGE	0	0	RTR1	RTR0		
								FACTL	\$1028
								PCR	\$1028
SPIE	SPE	DWON	MSTR	CPOL	CPHA	SPR1	SPR0		

FIG. 4.3 REGISTROS I/O PARALELOS Y SUS BITS DE CONTROL

4.1.5 INTERFASE PERIFÉRICA SERIAL SÍNCRONA (PSI)

La interfase periférica serial síncrona es uno de los dos subsistemas de comunicación serial independiente que se incluye en el microcontrolador. Como su nombre lo indica, el PSI es usado principalmente para permitir la comunicación del MCU con los dispositivos periféricos. El PSI también es capaz de efectuar comunicaciones interprocesador en un sistema maestro múltiple. La flexibilidad del PSI le permite trabajar con distintos tipos de dispositivos periféricos de diversos fabricantes. El subsistema puede configurarse como maestro o como esclavo. La velocidad de transmisión para el caso de configuración maestro alcanza 1 Mbit/s y para el caso de configuración esclavo la velocidad es de 2 Mbit/s.

Durante una transferencia los datos son simultáneamente transmitidos y recibidos. Una línea de reloj serial sincroniza el muestreo y el turno de la información sobre las dos líneas de datos seriales. Una línea de selección de esclavo permite la selección individual de un dispositivo esclavo; los dispositivos esclavos que no se han seleccionado no van a interferir con las actividades de bus del PSI. En un dispositivo maestro PSI, la línea de selección de esclavo puede ser usada opcionalmente para indicar la contención de un bus maestro múltiple.

Cuando una transferencia PSI ocurre, un caracter de 8 bits es tomado hacia afuera a través de una pata de datos mientras que otro caracter de 8 bits es tomado hacia adentro por una de las patas de datos.

El registro de control del PSI (SPCR) y el registro de estado (SPSR), son registros usados para configurar y operar el sistema PSI. Otros registros que influyen en las actividades del PSI es el registro de control de dirección del puerto D (DDRD). A continuación se describen los dos primeros registros.

SPCR \$1028

SPIE	SPE	DWON	MSTR	CPOL	CPHA	SPR1	SPR0
------	-----	------	------	------	------	------	------

SPIE: habilitación de interrupción del PSI. 0 interrupción deshabilitada.

SPE: habilitación del PSI. 0 deshabilita el sistema, 1 lo habilita.

DWON: selección de OR alamburada en el puerto D.

MSTR: modo de selección de maestro/esclavo. 0 configura al PSI como esclavo, 1 como maestro.

CPOL: selecciona la polaridad del reloj. 0 selecciona reloj en nivel alto, 1 en nivel bajo.

CPHA: selecciona la fase del reloj.

SPR1, SPR0: selecciona la velocidad de bit del PSI.

SPSR \$1029

SPF	WCOL	-	MODF	-	-	-	-
-----	------	---	------	---	---	---	---

SPF: bandera de transferencia completa de PSI.

WCOL: bandera de error de colisión en escritura.

MODF: bandera de falla de modo de configuración.

4.1.6 INTERFASE PERIFÉRICA SERIAL ASÍNCRONA (SCI)

El transmisor receptor universal asincrónico (UART) es un tipo de sistema de interfase de comunicación serial asincrónica, el cual es el otro subsistema independiente en el microcontrolador. El subsistema PSI de I/O proporciona una alta velocidad de comunicación síncrona con unidades periféricas u otros microcontroladores, comúnmente en el mismo circuito impreso que el MCU. El subsistema SCI puede ser conectado a una terminal (CRT), a una computadora personal ó a una red de comunicación serial. El SCI es un subsistema asincrónico tipo UART full duplex, que emplea el formato de comunicación estándar de no retorno a cero (NRZ, un bit de comienzo, 8 ó 9 bits de datos y otro bit de paro). Tanto el

transmisor como el receptor tiene una unidad doble de almacenamiento de datos, lo que permite manejar con facilidad caracteres una tras otro, aún cuando la UCP se retrase en la respuesta de cada caracter individual. Se requiere de sistemas externos para hacer la transferencia de los niveles usados en RS232 ó RS422 (típicamente +-12V) a los niveles lógicos de 0 a 5V manejados por el microcontrolador.

El transmisor del SCI

El transmisor del SCI utiliza un reloj interno de generación de velocidad de bit para enviar los datos por la pata TxD de forma serial. Una transmisión normal se inicia cuando se habilita el transmisor (poniendo en 1 la bandera TE del registro de control SCR2) y escribiendo los datos a ser transmitidos en el registro SCDR. Debido al almacén temporal de datos doble que posee, un nuevo caracter puede ser escrito en el transmisor siempre que la bandera TDRE esté en 1.

El corazón del transmisor es el registro de corrimiento serial. Comúnmente este registro toma el dato del almacén de transmisión de solo lectura. Los datos entran en el almacén temporal de transmisión cuando el software escribe sobre el registro de datos del SCI.

El receptor del SCI

Los datos recibidos por el SCI vienen de la pata RxD y maneja el bloque de recuperación de datos, el cual es en sí un registro de corrimiento de alta velocidad operando a 16 veces la velocidad de bit. El corazón del receptor es el registro de corrimiento de recepción.

El receptor del sistema SCI es el responsable de la sincronización de la cadena de datos serial y de la recepción de los datos, debido a que la cadena de datos no contiene reloj, la recuperación de los datos depende del dispositivo de transmisión y de que la velocidad de operación del receptor le sea muy cercana. El sistema SCI puede tolerar una cantidad moderada de ruido en el sistema sin perder nada de información. Las funciones de recepción del SCI son, en cierta medida, más complicadas que las de transmisión debido a la naturaleza asincrónica de los datos seriales ingresados.

Básicamente el sistema SCI está configurado y controlado por cinco registros (BAUD, SCRR1, SCRR2, SCSR y SCDR), además del registro del puerto D (DDRD) por la configuración que se asigna al puerto por medio de este último registro. El registro BAUD es usado para seleccionar la velocidad de operación del SCI. El registro SCRR1 incluye tres bits asociados con la operación del formato de datos opcional de 9 bits. En el caso del registro SCSR contiene dos banderas de estado de transmisión de datos de solo escritura y el RDR es un registro de recepción de datos de solo lectura. El registro SCRR2 es el registro de control principal para el sistema SCI por lo que a continuación se detalla.

7	6	5	4	3	2	1	0	SCRR2 \$102D
TIE	TCIE	RIE	ILIE	TE	RE	RWU	SBK	

TIE: habilitación de interrupción de transmisión, 0 deshabilita la interrupción, 1 una interrupción SCI es requerida cuando TDRE está en 1.

CIE: habilitación de interrupción de transmisión completa. 0 deshabilitación.

RIE: habilitación de interrupción de recepción, 0 deshabilita las interrupciones RDRF y OR, 1 interrupción de SCI requerida cuando RDRF u OR están en 1.

ILIE: habilitación de interrupción de línea desocupada, 0 deshabilitación de interrupción IDLE, 1 si IDLE está en 1 una interrupción del SCI es requerida.

TE: habilita transmisión, 0 deshabilitación de transmisión, 1 habilitación de transmisión.

RE: habilita recepción, 0 deshabilita recepción, 1 habilita recepción.

RWU: característica wake up en el receptor, 0 operación del receptor normal, 1 pone al receptor en modo standby inhibiendo las interrupciones hasta que una condición de hardware es dada.

4.1.7 CONVERTIDOR ANALÓGICO DIGITAL

El sistema de conversión analógico digital del MCU utiliza la técnica de redistribución de cargas capacitivas para la conversión. Es un convertidor de aproximaciones sucesivas de 8 canales con una precisión de $\pm 1/2$ del bit menos significativo para todo el rango de temperatura. Debido al uso de la técnica de redistribución de cargas, no es necesario el uso de circuitos externos de muestreo y retención.

El convertidor A/D es radiométrico. Un voltaje de entrada igual a V_{RL} lo convierte a \$00 y un voltaje de entrada igual a V_{RH} lo convierte a \$FF (escala completa) sin indicación de sobreflujo. Para conversiones radiométricas, la fuente de cada entrada analógica debe ser V_{RH} como la fuente de voltaje y estar referenciada a V_{RL} .

Un multiplexor permite al convertidor A/D seleccionar una de las dieciséis señales analógicas. Ocho de estos canales corresponden a las líneas de entrada del puerto E, cuatro son puntos de referencia interna o funciones de prueba, y cuatro canales están reservados para uso futuro.

Registro de control/estado del A/D

Todos los bits de este registro excepto el 7 pueden ser leídos y escritos, por lo que es un indicador de estado de solo lectura, y el bit 6 el cual siempre se lee un cero. Solamente el bit 7 se borra con el reset, no así de los otros que no los afecta.

7	6	5	4	3	2	1	0	ADCTL \$1030
CCF	-	SCAN	MULT	CD	CC	CB	CA	
0	0	U	U	U	U	U	U	RESET

CCF: Bandera de conversión completa. Se habilita sólo cuando todos los registros de resultados contienen resultados válidos de conversiones. Cada vez que se escribe el registro ADCTL, este bit se borra automáticamente, y se inicia una nueva secuencia de conversión inmediatamente. En el modo de exploración continuo, las conversiones continúan una tras la otra, y los registros son actualizados con datos actuales aún y cuando el bit CCF permanezca establecido.

Bit 6: No está implementado siempre es cero.

SCAN: Control de exploración continua. Cuando este bit es cero, las cuatro conversiones solicitadas se ejecutan, una a la vez, para llenar los 4 registros de resultados. Cuando este bit es uno, las conversiones continúan una tras la otra con los registros de resultados actualizados tan pronto se produce un nuevo dato.

MULT: Cuando este bit es cero, el sistema A/D está configurado para efectuar cuatro conversiones consecutivas en un canal especificado por los cuatro bits de selección de canal (CD-CA del registro ADCTL). Cuando este bit es uno, el sistema A/D está configurado para efectuar conversiones en cada canal en el grupo de cuatro canales especificados por los bits de selección de canal CD y CC. En este modo de canal múltiple, cada canal es asociado con un registro de resultado específico.

Selección de canal CD, CC, CA.

Estos cuatro bits de selección de canal, son usados para especificar el canal o los canales que serán operados en una operación de conversión A/D. La tabla 4.1 muestra la relación entre los bits CD-CA y el canal o canales a estar en operación. Cuando el modo de canal múltiples es seleccionado (MULT = 1), la selección de CB y CA no tiene efecto y el grupo de 4 canales afectados son seleccionados por CD y CC.

CD	CC	CB	CA	Señal canal de	Resultado en ADRx al MUA.T=1
0	0	0	0	PE0	ADR1
0	0	0	1	PE1	ADR2
0	0	1	0	PE2	ADR3
0	0	1	1	PE3	ADR4
0	1	0	0	PE4	ADR1
0	1	0	1	PE5	ADR2
0	1	1	0	PE6	ADR3
0	1	1	1	PE7	ADR4
1	0	0	0	Reservado	ADR1
1	0	0	1	Reservado	ADR2
1	0	1	0	Reservado	ADR3
1	0	1	1	Reservado	ADR4
1	1	0	0	VH	ADR1
1	1	0	1	VL	ADR2
1	1	1	0	½ HV	ADR3
1	1	1	1	Reservado	ADR4

TABLA 4.1 ASIGNACIÓN DE CANALES PARA EL A/D

Registros de resultados (ADR4-ADR1) para el A/D

El registro de resultados en el A/D está compuesto por registros de sólo lectura y son usados para retener un resultado de conversión de 8 bits. Después de que éstos han sido llenados con datos válidos de una secuencia de conversión, el estado del registro Ccf es establecido para indicar que los resultados son válidos. Son entonces calculados resultados de conversión nuevos en la lógica del A/D y son transferidos dentro de los registros de resultados en una parte del ciclo de reloj en donde lecturas no se efectúan. Sin embargo, no ocurre interferencia alguna entre lecturas de software y actualizaciones de resultados.

4.1.8 RELOJ PRINCIPAL E INTERRUPCIÓN DE TIEMPO REAL

En esta sección se describirá el reloj principal del sistema del MC88HC11. Todas las principales divisiones del reloj en el MCU están enlazadas y se derivan del oscilador a los generadores de baud-rate, lo cual ayuda y a su vez enlaza el contador de reloj al resto del sistema.

Descripción General

Este sistema de reloj está basado en un contador de 16 bits de carrera libre con un preescalador programable de cuatro etapas. Una función de sobreflujo del reloj permite por medio de software extender la capacidad de reloj del sistema más allá de los 16 bits del contador. Tres funciones independientes de captura de entrada para grabar automáticamente el tiempo para cuando una transición seleccionada es detectada en una terminal de entrada respectiva del reloj. Cinco funciones de comparación de salida están incluidas para generar señales de salida o para detectar retrasos de tiempo en software.

Un circuito de interrupción periódica programable llamado interrupción en tiempo real (RTI) se deriva del contador del reloj principal de 16 bits. Por medio de software selecciona uno de los cuatro valores para el RTI el cual es más comúnmente usado para marcar el paso en las ejecuciones de rutinas de software.

La función COP (Computer Operating Property) está poco relacionada con el reloj principal, porque la entrada de reloj para el COP está derivada de un conjunto de contadores de carrera libre.

El subsistema de reloj involucra más registros y bits de control que cualquier otro subsistema en el MCU. Cada una de las tres funciones de captura de entrada tiene su propio registro de captura de 16 bits y cada una de las cinco funciones de comparación de salida tiene su propio registro de comparación de 16 bits. Todas las funciones de reloj, incluyendo el sobreflujo para el reloj y el RTI tienen sus controles de interrupción propios y vectores de interrupción por separado. Bits de control adicionales permiten por medio de software el control de los flancos de disparo de cada función de captura de entrada y las acciones automáticas que resultan de las funciones de comparación de salida.

Concepto de captura de entrada

La función de captura de entrada es un elemento fundamental de la arquitectura del reloj del MCU. Para el MCU, el tiempo físico está representado por la cuenta en el contador de carrera libre de 16 bits. Este contador es el elemento central en el sistema de reloj principal. Las funciones de captura de entrada, usadas para grabar el tiempo en el cual ocurre un evento externo, son realizadas por el almacenamiento de los contenidos del contador de carrera libre cuando un flanco seleccionado es detectado en una terminal de entrada de reloj.

El tiempo para el cual ocurrió el evento en el registro de captura; por lo tanto, aunque puede tomar un tiempo indeterminado para responder al evento, el software puede informar cuando se llevó a cabo el evento. Por medio de los registros de los tiempos para los flancos sucesivos o señales de entrada, el software puede determinar el periodo y/o el ancho de pulso de la señal. Para medir su periodo se requiere, cuando menos, que dos flancos sucesivos de la misma polaridad sean capturados. Para la medición del ancho de un pulso, se requiere sean capturados dos flancos de polaridad alterna.

Otro importante uso de las funciones de captura de entrada es la de establecer una referencia de tiempo. Para este caso, una función de captura de entrada es usada junto con una función de comparación de entrada para realizar la tarea. Por ejemplo, si el usuario desea activar una señal de salida cierto número de ciclos de reloj después de que se detectó un evento de entrada (un flanco), la función de captura de entrada deberá ser usada para grabar el tiempo al cual ocurrió el flanco. La cantidad en número del retraso deseado, deberá ser sumado al tiempo capturado y entonces será guardado en un registro de comparación de salida. Debido a que ambas señales de (captura de entrada y comparación de salida) están referenciadas al contador de 16 bits, el retraso puede ser controlado por la resolución del contador de carrera libre independientemente del software.

Concepto de comparación de entrada

La función de comparación de entrada es también un elemento fundamental de la arquitectura del sistema de reloj del MCU; para éste, el tiempo físico es representado por la cuenta de un contador de 16 bits de carrera libre. Este contador es el elemento central en el sistema de reloj principal.

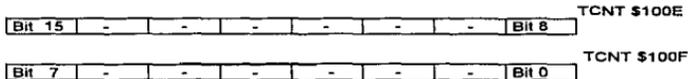
Las funciones de comparación de salida son usadas para programar una acción que ocurre a un tiempo especificado. Para cada una de las funciones de comparación de salida hay un registro de comparación de 16 bits por separado y también un comparador dedicado de 16 bits. El valor del registro de comparación es comparado con el valor del contador de carrera libre en cada ciclo de bus. Cuando el valor del registro de comparación iguala al valor del contador, se genera una salida la cual establece una bandera de estado de comparación de salida e inicializa las acciones automáticas para esa función de comparación de salida. Acciones automáticas opcionales pueden ser iniciadas por una comparación de salida tales como requerimientos de interrupción por hardware y cambios de estado en las terminales de salida asociadas al reloj.

Una de las aplicaciones más sencillas de la función de comparación de salida es la de producir un pulso de duración especificada. Primero un valor correspondiente al flanco de entrada del pulso es escrito en el registro de comparación de salida. La comparación de salida se configura para establecer automáticamente la correspondiente salida baja o alta dependiendo de la polaridad del pulso a ser producido. Después de que ocurre esta comparación, la comparación de salida es reprogramada para automáticamente regresar la terminal de salida a su estado de nivel inactivo para la próxima comparación. Un valor que corresponde al ancho del pulso se suma al valor original del registro de comparación de salida. Debido a que los cambios de estado de las terminales ocurren automáticamente a valores específicos del contador, el ancho del pulso puede ser controlado con precisión a la resolución del contador.

Contador de carrera libre y el preescalador

Este contador comienza su cuenta a partir de \$0000, después del reset al MCU y continúa contando ascendientemente continuamente. Cuando alcanza la cuenta máxima de \$FFFF, el contador regresa a la cuenta a partir de \$0000, establece una bandera de sobreflujo y continúa en cuenta ascendente. Mientras el MCU trabaje en modo normal, no hay medio alguno para reinicializar, cambiar o interrumpir el conteo del contador. El contador puede ser leído a cualquier tiempo para conocer que tiempo se lleva. Todas las actividades del reloj principal del sistema están referenciadas a este contador; por lo tanto, todas las funciones de reloj están relacionadas unas con otras.

El registro de conteo TCNT del reloj se lee usando una instrucción de lectura de doble byte como load D (LDD) o load X(LDX). La mitad baja del contador es leída usando una instrucción de lectura de un byte, el valor que regresa es sencillamente el valor de los 8 bits de menor orden del contador de reloj principal. Cuando el byte más significativo del registro TCNT es leído, se inhibe el buffer de byte de menor orden del registro TCNT, esto por un ciclo de bus.



El preescalador

El preescalador programable permite al usuario seleccionar una de 4 opciones de reloj para manejar el contador del reloj principal de 16 bits. Esta selección permite al usuario un intercambio entre la resolución de reloj y el rango del mismo. Las razones a escoger dan un rango de 500 nanosegundos a 8 microsegundos en la resolución y 32.77ms a 524.3 ms entre sobreflujos, (para E de 2 MHz). El rango del cronómetro es importante porque el software requerido para funciones de tiempo es más complejo si los sobreflujos del timer deben ser considerados.

Acumulador de pulsos

Este sistema está basado en un contador de 8 bits y puede ser configurado para operar como un simple contador de eventos o para acumulación de tiempo. A diferencia del reloj principal el contador acumulador de pulsos de 8 bits puede ser leído o escrito en cualquier momento (en el contador de 16 bits del reloj principal no se puede escribir). Los bits de control le permiten al usuario configurar y controlar el subsistema del acumulador de pulsos. Dos interrupciones enmascarables están asociadas con el sistema, cada una teniendo sus propios controles y vector de interrupciones.

La terminal 7 de E/S del puerto A (PA/PAL/OC1) asociada al acumulador de pulsos puede ser configurada para operar como un reloj o como una señal de puerta para habilitar un reloj E dividido entre 64 que alimenta al contador de 8 bits.

Descripción General

El acumulador de pulsos es un sistema reloj/contador, que puede ser configurado para operar en cualquiera de dos modos básicos.

En el modo de conteo de eventos, en este modo el contador de 8 bits está amarrado a los flancos activos de entrada de la terminal PAI incrementándose por cada uno. Para el modo de acumulación de tiempo, el contador de 8 bits está amarrado al reloj E dividido entre 64 y sujeto al estado de la terminal PAI.

La tabla 4.2 resume los periodos de tiempo importantes para el acumulador de pulsos (cuando opera en el modo de acumulación de tiempo) para varias velocidades de cristal. Las fórmulas en la parte inferior de la tabla pueden ser usadas para diferentes frecuencias de cristal de las mostradas en la tabla.

E	Frecuencia de Cristal	Periodo E	Una cuenta (Resolución)	Subregistro (Range)
2.1 MHz	2 ²³ Hz	477ns	30.52micros	7.81ms
2 MHz	8 MHz	500ns	32 micros	8.19ms
1 MHz	4 MHz	1 micros	64 micros	16.38ms
Fórmula:			64 (E)	16 384 (E)

TABLA 4.2 PERIODOS DE TIEMPO DEL ACUMULADOR DE PULSOS CONTRA VELOCIDADES DEL CRISTAL

4.2 CONFIGURACIÓN Y MODOS DE OPERACIÓN

En esta sección se tratan los mecanismos que permiten al MC68HC11 conformar una amplia variedad de aplicaciones. Estos mecanismos incluyen circuitería de modo de selección, un registro de configuración no-volátil basado en memoria del tipo EEPROM y un bit de registro de control protegido. La mayoría de los bits de control del MCU son accedidos vía software en cualquier tiempo. Muy pocas funciones del MCU son influenciadas por el modo de operación. Por ejemplo, todas las funciones de los temporizadores, del convertidor analógico-digital y las funciones de entrada/salida (I/O) serial trabajan de la misma manera en los modos de operación expandido como en el modo simple.

4.2.1 CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA

Existen dos modos de operación para el MCU: el modo simple y el modo expandido. Cada modo tiene una variación normal y una variación especial. Estas cuatro variaciones de modo se seleccionan por los niveles de voltaje aplicados a las patas de modo A (MODA) y de modo B (MODB) durante el restablecimiento del MCU. La variación especial del modo simple es llamado modo especial de arranque; la variación especial de modo expandido es llamado modo especial de prueba. El modo especial de arranque permite que los programas sean descargados a través de la interfase de comunicaciones serial interna (SCI) dentro de la memoria RAM par que sean ejecutados. El modo de operación de arranque es un modo especial de usuario, no un modo de prueba de fábrica, pocas ocasiones es empleado por el usuario, excepto para emulación, desarrollo u otras circunstancias especiales. En los modos especiales de operación del MCU, algunas funciones especiales de prueba se vuelven más accesibles.

Configuración por hardware

El mecanismo de selección de modo por hardware comienza con los niveles lógicos aplicados a las patas correspondientes a MODA y MODB cuando el MCU está en el modo de restablecimiento. Los niveles capturados determinan el estado lógico de los bits de control de modo especial (SMOD) y de selección del modo A (MODA) en el registro de interrupción de la más alta prioridad. Ciertamente estos dos bits controlan los circuitos lógicos involucrados en la selección de modo por hardware. La tabla 4.3 presenta la operación de las patas de modo y los bits de control de modo.

Entradas		Descripción del modo	Bits de control en HPPRO			
MODB	MODA		RBOOT	SMOD	MDA	IRV
1	0	Modo normal simple	0	0	0	0
1	1	Modo normal expandido	0	0	1	0
0	0	Modo especial de arranque	1	1	0	1
0	1	Modo especial de prueba	0	1	1	1

TABLA 4.3 CONFIGURACIÓN DE LOS MODOS DE OPERACIÓN DEL MC68HC11

Registro CONFIG basado en EEPROM

El registro de configuración (CONFIG) no volátil, permite una flexibilidad adicional en el MCU, que de otra manera podría proporcionarse por una estructura más compleja de selección de modo por hardware. Las funciones controladas por este registro son características que deben ser conocidas inherentemente por el sistema del MCU. Los bits de control accedidos por software ordinariamente no podrían regular de una manera estos controles.

La programación y borrado de este registro de configuración emplea la misma lógica empleada para la programación y borrado de la matriz de memoria interna EEPROM. Durante cualquier restablecimiento del sistema el contenido del byte de EEPROM son transferidos al registro estático en funcionamiento sobre el bus de datos. Debido a este mecanismo, los cambios de la localidad del CONFIG de EEPROM no son visibles y no altera la operación del MCU mientras pasa el subsecuente restablecimiento.

El registro CONFIG es un registro de control poco común usado para habilitar o deshabilitar las memorias internas ROM, EEPROM, el sistema de vigilancia de operación adecuada y, opcionalmente, la característica de seguridad de la EEPROM en el MCU. A diferencia de cualquier otro registro, el CONFIG mantiene su información aún cuando el MCU se encuentra sin alimentación de energía.

Bits de registro de control protegidos

En el MC68HC11, algunos registros y bits de control están protegidos contra escritura excepto bajo circunstancias especiales. El mecanismo de protección incluye la habilidad de escribir estos bits solo dentro de los primeros 64 ciclos de bus, después de cada restablecimiento y/o la habilidad de escribirlos solamente una vez después de cada restablecimiento. Estos bits controlan la configuración básica del MCU en donde una escritura accidental podría causar serios problemas de sistema.

4.2.2 LOS MODOS DE OPERACIÓN

Al principio de esta sección se mencionó de los dos modos de operación que posee el microcontrolador y sus dos variantes. A continuación se dará una explicación más detallada.

Modo de operación normal del MCU

El vector de restablecimiento es buscado desde la dirección \$FFFE, FFFF y la ejecución del programa comienza desde la dirección indicada por este vector. En el modo normal simple la memoria interna programable de 8 Kbytes es habilitada en este espacio de memoria de modo que el vector de restablecimiento es buscado desde esta memoria ROM interna. En modo normal expandido la memoria ROM interna puede o no estar habilitada, dependiendo del bit ROMON en el registro CONFIG. Si la memoria interna está activa, el vector se busca desde dentro de esta ROM, de lo contrario desde una memoria externa con dirección \$FFFE, FFFF.

Modo normal simple

Debido a que este modo simple no requiere ninguna función externa de dirección o de bus de datos, el puerto B, el puerto C, la señal A (STRA) y la señal B (STRB) pueden ser empleados como entradas/salidas (I/O) paralelo de propósito general. En este modo, todo el software necesario para controlar al MCU está contenido en las memorias internas. El bit de control ROMON en el registro CONFIG deberá ser sobre manejado para forzar a la memoria ROM de 8 Kbytes a activarse.

Modo normal expandido

Este modo de operación permite que, memorias externas y dispositivos periféricos, sean accedidos por un bus de datos/direcciones multiplexados. Por la multiplexación de los 8 bits de dirección de menor orden así como datos en las patas del puerto C, solamente 18 patas son necesarias para proporcionar un bus de datos de 8 bits, un bus de direcciones de 16 bits y dos líneas de control de bus, a través de los puertos C y B.

Modos de operación especial del MCU

En las variaciones de modo especial, los vectores de restablecimiento e interrupción están localizados en \$BFC0-\$BFFF, y el software tiene acceso a las características especiales de prueba. Una de estas características especiales de prueba (la deshabilitación del bit de control de restablecimiento (DISR) en el registro de control TEST1) deshabilita temporalmente el COP y funciones de restablecimiento de reloj del monitor. Todas las funciones especiales y privilegios están tanto en el modo especial de prueba y modo de arranque.

Modo especial de prueba

Este modo de operación fué originalmente propuesto para las pruebas internas de producción de Motorola, sin embargo, existen pocos casos en donde el usuario puede utilizar este modo de operación. Estos casos especiales incluyen la programación del registro CONFIG, la programación de calibración de datos dentro de la EEPROM y desarrollo de situaciones como emulación. Debido a que este modo de operación permite sobrescribir en los bits de control, es posible el anular el restablecimiento para verificar el contenido del registro de CONFIG para luego regresar al modo normal y habilitar de nueva cuenta las protecciones.

Modo especial de arranque

Cuando el MCU es puesto en modo especial de arranque, una pequeña memoria ROM interna es habilitada en las direcciones \$BF40-\$BFFF. El vector de restablecimiento es buscado en esta ROM de arranque, y el MCU procede a ejecutar el inicio de programa desde esta ROM. El programa en esta ROM

inicializa el sistema de la SCI interna, verifica la opción de seguridad y acepta un programa de 256 bytes a través del SCI y luego se salta a la carga del sistema en la dirección \$0000 en la memoria interna RAM.

4.3 MODELO DE PROGRAMACIÓN E INSTRUCCIONES

Además de ejecutar todas las instrucciones de los microprocesadores M6800 y M6801, el conjunto de instrucciones del microcontrolador incluye 91 nuevos códigos de operación. La figura 4.5 muestra los siete registros de UCP disponibles al programador. Los dos acumuladores de 8 bits (A y B) pueden ser usados por algunas instrucciones como un solo acumulador de 16 bits llamado registro D, el cual permite ejecutar un grupo de instrucciones de 16 bits aún cuando el microcontrolador es de 8 bits.

El grupo más grande de instrucciones adicionales involucran al nuevo registro de índice Y. También fueron sumadas 12 instrucciones de manipulación de bit que pueden operar cualquier localidad de memoria o registro.

7	A	0	7	B	0	Acumuladores de 8bits A y B ó Acumulador doble de 16bits D
15	D				0	
15	IX				0	Registro indexado X
15	IY				0	Registro indexado Y
15	SP				0	Apuntador de pila
15	PC				0	Contador de programa

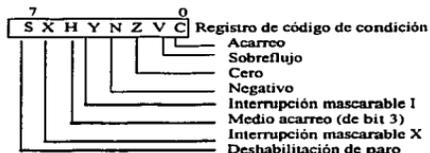


FIG. 4.5 MODELO DE PROGRAMACIÓN DEL MC68HC11

4.3.1 MODOS DE DIRECCIONAMIENTO

La CPU cuenta con seis modos de direccionamiento para el acceso a la memoria. Estos modos son los siguientes: acceso inmediato, indirecto, extendido, indexado, inherente y relativo.

Direccionamiento inmediato (MM)

El dato actual está contenido en el byte inmediatamente después de la instrucción. Este tipo de operación requiere de dos a cuatro bytes. La dirección efectiva de la instrucción está especificada por el carácter # y los puntos implícitos del byte siguiente al código de operación. Ejemplo: LDAA #SAA en el acumulador A se tendrá el número hexadecimal AA pero convertido en su correspondiente valor binario.

Direccionamiento directo (DIR)

En el modo de direccionamiento directo, el byte menos significativo de la dirección efectiva de la instrucción aparece en byte siguiente al código de operación. El byte más significativo de la instrucción se asume que es \$00 y no se incluye en la instrucción. Este hecho limita para operandos el uso del direccionamiento directo sólo al área de memoria de \$0000 a \$00FF. Ejemplo: ADDA \$32 el valor que se encuentra en la dirección \$0032 será sumado al acumulador A.

Direccionamiento extendido (EXT)

En el modo de direccionamiento extendido, la dirección efectiva de la instrucción aparece explícita en los dos bytes siguientes al código de operación. Sin embargo la mayoría de las instrucciones usadas para este tipo de direccionamiento emplean tres bytes: uno para el código de operación y dos para la dirección. Ejemplo: ADDA \$2354 el dato que se encuentra en la localidad \$2354 será sumado al valor que tenga el acumulador A.

Direccionamiento indexado (INDEX, INDY)

En el modo de direccionamiento indexado, los registros X o Y, son usados para calcular la dirección efectiva. Para este caso la dirección efectiva es variable y depende del contenido actual de los registros X o Y a los que se les suma un desplazamiento de 8 bits, el cual está contenido en la instrucción. Ejemplo: con el acumulador D igual con cero, le será sumado un dato el cual está ubicado en la localidad del registro X y el resultado de la suma del desplazamiento, para este caso \$02.

ADD 4, X

Direccionamiento Relativo (REL)

El direccionamiento relativo es un modo de direccionamiento especializado que se aplica a las instrucciones de salto llamados saltos relativos. Este tipo de direccionamiento genera dos bytes de código de máquina, uno para el código de operación y el otro es un número en complemento a dos el cual representa un desplazamiento desde alguna dirección. El rango de este desplazamiento está comprendido de -128 a +127 bytes. Ejemplo: BEQ \$03 si el resultado de la operación anterior es cero, dará un salto tres localidades de memoria adelante y continuará con la siguiente instrucción de esa localidad.

Direccionamiento inherente (INH)

En este modo de direccionamiento, todo lo que se necesita para que la instrucción sea ejecutada es conocido por el CPU. Los operandos (si existen) son registros del CPU y no necesitan ser traídos de la memoria. Ejemplo: ABA la operación que se efectuó fue la suma entre los acumuladores A y B y el resultado se almacena en el acumulador A.

4.3.2 CONJUNTO DE INSTRUCCIONES

En esta sección se explicarán las capacidades y organización del conjunto de instrucciones del MCU, para lo cual se dividirán en grupos funcionales de instrucciones. Por esto, algunas instrucciones podrán aparecer en más de un grupo funcional. Para poder expandir el número de instrucciones usadas en el MC68HC11, se ha adicionado un mecanismo de pre-byte, las instrucciones que no requieren del pre-byte están en la página 1 del mapa de códigos de operación. Las instrucciones que lo requieren se hayan en las páginas 2, 3 y 4. Un código de pre-byte se aplica solo al código de operación inmediato. Esto es, se asume que todas las instrucciones son de un solo byte, a menos que el primer byte de la instrucción pertenezca a uno de los tres códigos de pre-byte, que son \$18 para la página 2, \$1 para la página 3 y \$CD para la página 4.

Instrucciones de acumulador y memoria

La mayoría de las instrucciones usan dos operandos, uno de ellos es un acumulador o registro de índice y el segundo comúnmente se obtiene de la memoria por un modo de direccionamiento. Estas instrucciones de memoria acumulador se pueden dividir en seis subgrupos:

1. Cargas, almacenamientos y transferencias.
2. Operaciones aritméticas.
3. Multiplicación y división.
4. Operaciones lógicas.
5. Prueba de datos y manipulación de bit.
6. Rotaciones y corrimientos.

Cargas, almacenamientos y transferencias

Todas las actividades del MCU involucran al menos una transferencia desde la memoria o dispositivos periféricos a la UCP o viceversa. Las instrucciones de carga, almacenamiento o transferencia se resumen en la tabla 4.4 indicando también sus posibles modos de direccionamiento.

Borra el byte de memoria	CLR			X	X	X	
Borra acumulador A	CLRA						X
Borra acumulador B	CLRB						X
Carga acumulador A	LDA	X	X	X	X	X	
Carga acumulador B	LDAB	X	X	X	X	X	
Carga doble acumulador C	LDD	X	X	X	X	X	
Sacar A de la pila	PULA						X
Sacar B de la pila	PSLB						X
Pone A en la pila	PSHA						X
Pone B en la pila	PSHB						X
Almacena acumulador A	STAA	X	X	X	X	X	
Almacena acumulador B	STAB	X	X	X	X	X	
Almacena acumulador D	STD	X	X	X	X	X	
Transfiere A hacia B	TAB						X
Transfiere A hacia CCR	TAP						X
Transfiere B hacia A	TBA						X
Transfiere CCR hacia A	TPA						X
Intercambia D con X	XGDX						X
Intercambia D con Y	EGDY						X

TABLA 4.4 INSTRUCCIONES DE CARGA, ALMACENAMIENTO Y TRANSFERENCIA

Operaciones aritméticas

Este grupo de instrucciones puede ejecutar operaciones aritméticas sobre una variedad de operandos. Puede realizar operaciones directas de 8 ó 16 bits y fácilmente puede extenderse para operandos multipalabra. También ejecutar directamente operaciones de complemento a dos, así como binarias. Las instrucciones de comparación realizan una substracción dentro de la UCP para actualizar los bits de código de condición sin alterar ningún operando. La tabla 4.5 presenta este tipo de instrucciones.

Suma acumuladores	ABA							X
Suma acumulador B a X	ABX							X
Suma acumulador B a Y	ABY							X
Suma c/acarreo a A	ADCA	X	X	X	X	X		
Suma c/acarreo a B	ADCB	X	X	X	X	X		
Suma memoria a A	ADDA	X	X	X	X	X		
Suma memoria a B	ADDB	X	X	X	X	X		
Suma memoria a D (16bits)	ADD	X	X	X	X	X		
Compara A con B	CBA							X
Compara A con memoria	CMPA	X	X	X	X	X		
Compara B con memoria	CMPB	X	X	X	X	X		
Compara D con memoria(16bits)	CPD	X	X	X	X	X		
Ajuste decimal de A (BCD)	DAA							X
Decrementa el byte de memoria	DEC			X	X	X		
Decrementa acumulador A	DECA							X
Decrementa acumulador B	DECB							X
Incrementa byte de memoria	INC			X	X	X		
Incrementa acumulador A	INCA							X
Incrementa acumulador B	INCB							X
Complementa a 2 byte de mem.	NEG			X	X	X		
Complementa a 2 acumulador A	NEGA							X
Complementa a 2 acumulador B	NEGB							X
Sustra c/acarreo de A	SBCA	X	X	X	X	X		
Sustra c/acarreo de B	SBCB	X	X	X	X	X		
Sustra memoria de A	SUBA	X	X	X	X	X		
Sustra memoria de B	SUBB	X	X	X	X	X		
Sustra memoria de D (16bits)	SUBD	X	X	X	X	X		
Prueba para cero o menor	TST			X	X	X		
Prueba para cero o menor de A	TSTA							X
Prueba para cero o menor de B	TSTB							X

TABLA 4.5 INSTRUCCIONES DE OPERACIONES ARITMETICAS

Multiplicación y división

Una operación de multiplicación y dos de división son proporcionadas. Una multiplicación de 8 bits da un resultado de 16 bits. La división integral de 16 bits por 16 bits nos da un resultado de 16 bits. La división de fracciones (FDIV) divide un numerador de 16 bits entre un largo denominador de 16 bits, produciendo un resultado de 16 bits (una fracción binaria entre 0 y 0.99998). La tabla 4.6 presenta estos operandos.

Multiplica (AxB-D)	MUL	X
División fraccional (D/X-X; r-D)	FDIV	X
División integral (D/X-X; r-D)	IDIV	X

TABLA 4.6 INSTRUCCIONES DE MULTIPLICACION Y DIVISION

Operaciones lógicas

Este grupo de instrucciones se emplea para realizar las operaciones de lógica booleana AND, OR, OR exclusiva y complemento a uno. El resumen de este conjunto de instrucciones se presenta en la tabla 4.7.

AND A con memoria	ANDA	X	X	X	X	X	
AND B con memoria	ANDB	X	X	X	X	X	
Prueba BIT(s) A con memoria	BITA	X	X	X	X	X	
Prueba BIT(s) B con memoria	BITB	X	X	X	X	X	
Complemento a uno Byte de memoria	COM	X	X	X	X	X	
Complemento a uno A	COMA						X
Complemento a uno B	COMB						X
XOR A con memoria	EORA	X	X	X	X	X	
XOR B con memoria	EORB	X	X	X	X	X	
OR A con memoria	ORAA	X	X	X	X	X	
OR B con memoria	ORAB	X	X	X	X	X	

TABLA 4.7 INSTRUCCIONES DE OPERACIONES LOGICAS

Prueba de datos y manipulación de bit

Estas instrucciones se utilizan para trabajar con operandos tan pequeños como un bit, pero también pueden operar sobre cualquier localidad de 8 bits en el espacio de memoria de 64 Kbytes. La instrucción de prueba de bit (BITA o BITB) ejecuta instrucciones de AND dentro de la UCP para actualizar los bits del registro de código de condición sin alterar ningún operando. La tabla 4.8 presenta este conjunto de instrucciones.

Prueba BIT(s) A con memoria	BITA	X	X	X	X	X	X
Prueba BIT(s) B con memoria	BITB	X	X	X	X	X	X
Borra BIT(s) en memoria	BCLR		X	X	X	X	X
Pone BIT(s) en memoria	BSET		X	X	X	X	X
Salto si borran BIT(s)	BRCLR		X			X	X
Salto si ponen BIT(s)	BRSET		X			X	X

TABLA 4.8 INSTRUCCIONES DE PRUEBA DE DATO Y MANIPULACION DE BIT

Corrimientos y rotaciones

Todas las funciones de corrimiento y rotación en el MCU involucran el bit de acarreo en el registro CCR además de un operando de 8 ó 16 bits en la instrucción, el cual permite extenderse fácilmente a operaciones multipalabra. La instrucción de corrimiento derecho (ASR) mantiene el valor original del bit más significativo del operando, con lo cual se facilita la manipulación de números (signados) en complemento a dos. Estas instrucciones se presentan en la tabla 4.9.

Corrimiento aritmético izquierda memoria	ASL		X	X	X	
Corrimiento aritmético izquierda A	ASLA					X
Corrimiento aritmético izquierda B	ASLB					X
Corrimiento aritmético izquierda D	ASLD					X
Corrimiento aritmético derecha memoria	ASR		X	X	X	
Corrimiento aritmético derecha A	ASRA					X
Corrimiento aritmético derecha B	ASRB					X
(Corrimiento lógico izquierda memoria)	(LSL)		X	X	X	
(Corrimiento lógico izquierda A)	(LSLA)					X
(Corrimiento lógico izquierda B)	(LSLB)					X
(Corrimiento lógico izquierda D)	(LSLD)					X
Corrimiento lógico derecha memoria	LSR		X	X	X	
Corrimiento lógico derecha A	LSRA					X
Corrimiento lógico derecha B	LSRB					X
Corrimiento lógico derecha D	LSRD					X
Rotación izquierda memoria	ROL		X	X	X	
Rotación izquierda A	ROLA					X
Rotación izquierda B	ROLB					X
Rotación derecha memoria	ROR		X	X	X	
Rotación derecha A	RORA					X
Rotación derecha B	RORB					X

TABLA 4.9 INSTRUCCIONES DE CORRIMIENTOS Y ROTACIONES

Instrucciones de registro de código de condición

Estas instrucciones permiten manipular los bits en el registro CCR. Inicialmente parecería que son instrucciones de puesta y borrado para cada uno de los 8 bits del CCR, sin embargo, estas instrucciones solo se presentan para tres de los 8 bits (C, Y y V). La tabla 4.10 resume estas instrucciones.

Borra bit de acarreo	CLC	X
Borra bit de interrupción mascarable	CLI	X
Borra bit de sobreflujo	CLV	X
Pone bit de acarreo	SEC	X
Pone bit de interrupción mascarable	SEI	X
Pone bit de sobreflujo	SEV	X
Transfiere A a CCR	TAP	X
Transfiere CCR a A	TPA	X

TABLA 4.10 INSTRUCCIONES DE REGISTRO DE CODIGO DE CONDICION

Instrucciones de pila y registro índice

El apuntador de pila siempre apunta a la siguiente localidad libre en la pila, a reserva de casos exclusivos. La razón común para transferir un valor desde el apuntador de pila al de un registro índice es el de permitir al direccionamiento indexado acceder la información que fue formalmente empujada sobre la pila. En estos casos, la dirección apuntada por el apuntador de pila no es en sí un valor, porque nada ha sido almacenado en esa localidad. Esto explica porque el valor en el apuntador de pila se incrementa

durante la transferencia hacia un registro índice. La tabla 4.11 resume todas las instrucciones de pila y de registro índice.

Suma acumulador B a X	ABX						X
Suma acumulador B a Y	ABY						X
Compara X con mem(16bits)	CPX	X	X	X	X	X	
Compara Y con mem(16bits)	CPY	X	X	X	X	X	
Decrementa apuntador de pila	DES						X
Decrementa registro índice X	DEY						X
Decrementa registro índice Y	DEY						X
Incrementa apuntador de pila	INS						X
Incrementa registro índice X	INX						X
Incrementa registro índice Y	INY						X
Carga el registro índice X	LDX	X	X	X	X	X	
Carga el registro índice Y	LDY	X	X	X	X	X	
Carga el apuntador de pila	LDS	X	X	X	X	X	
Saca X de la pila	PULX						X
Saca Y de la pila	PULY						X
Pon X en la pila	PSHX						X
Pon Y en la pila	PSHY						X
Almacena registro índice X	STX	X	X	X	X	X	
Almacena registro índice Y	STY	X	X	X	X	X	
Almacena apuntador de pila	STS	X	X	X	X	X	
Transfiere apuntador de pila a X	TSX						X
Transfiere apuntador de pila a Y	TSY						X
Transfiere X al apuntador de pila	TXS						X
Transfiere Y al apuntador de pila	TVS						X
Intercambia D con X	XGDX						X
Intercambia D con y	XGDY						X

TABLA 4.11 INSTRUCCIONES DE PILA Y REGISTRO ÍNDICE

Instrucciones de control de programa

Este grupo de instrucciones, se utiliza más para controlar el flujo del programa que para datos manipulados, se ha dividido en cinco grupos:

1. Saltos relativos.
2. Saltos absolutos.
3. Llamada de subrutina y retornos.
4. Interrupciones.
5. Varios.

Instrucciones de salto absoluto. Estas instrucciones permiten pasar el control a cualquier dirección de los 64 Kbytes del mapa de memoria. Tabla 4.12.

Salto	JMP	X	X	X	X	

TABLA 4.12 INSTRUCCIONES DE SALTO ABSOLUTO

DESCRIPCIÓN DEL MC88HC11

Saltos relativos. Estas instrucciones permiten a la UCP tomar decisiones basadas en los bits del registro de condición. El limitado rango de saltos (localidades de -128 +127) son más que suficiente. Todos los bloques de decisión en un diagrama de flujo deberán corresponder a la instrucción condicional de salto relativo que se resume en la tabla 4.13.

Salto si borra acarreo	BCC	X				C = 0 ?
Salto si pone acarreo	BCS	X				C = 1 ?
Salto si es igual a cero	BEQ	X				Z = 1 ?
Salto si igual o mayor que	BGE	X				≥ Signado
Salto si mayor que	BGT	X				> Signado
Salto si mayor	BHI	X				> Sin signo
Salto si mayor o igual (como BCC)	BHS	X				≥ Sin signo
Salto si igual o menor que	BLE	X				≤ Signado
Salto si menor (como BCS)	BLO	X				< Sin signo
Salto si menor o similar	BLS	X				< Sin signo
Salto si menor que	BLT	X				< Signado
Salto si no es	BMI	X				N = 1 ?
Salto si diferente	BNE	X				Z = ?
Salto si no	BPL	X				N = 0 ?
Salto si borran bits en byte de mem.	BRCLR		X	X	X	Manipulación de bit
Salto nunca	BRN	X				NOP 3 ciclos
Salto si ponen bits en byte de mem.	BRSET		X	X	X	Manipulación de bit
Salto si borran sobreflujo	BVC	X				V = 0 ?
Salto si ponen sobreflujo	BVS	X				V = 1 ?

TABLA 4.13 INSTRUCCIONES DE SALTOS RELATIVOS

Instrucciones de subrutina y de retornos. Estas instrucciones permiten una fácil manera de dividir las tareas de programación en bloques más manejables llamados subrutinas. La UCP automatiza el proceso de recordar la dirección del programa principal dónde el procesador debe regresar al terminar la subrutina. Tabla 4.14.

Salto a subrutina	BSR	X						
Salto absoluto a subrutina	JSR		X	X	X	X		
Regreso de subrutina	RTS							X

TABLA 4.14 INSTRUCCIONES DE SUBROUTINA Y DE RETORNOS

Instrucciones de interrupciones. Estas instrucciones se refieren a las operaciones de interrupción de la UCP. Tabla 4.15.

Regreso de interrupción	RTI	X
Interrupción por software	SWI	X
Espera por interrupción	WAI	X

TABLA 4.15 INSTRUCCIONES DE INTERRUPCION

Instrucciones varias. La instrucción NOP puede ofrecer retrasos de tiempos, la de STOP va a detener por completo el reloj de la UCP y la de TEST es una instrucción que solo se usa en la fabricación del microcontrolador. Tabla 4.16.

No operación (retraso de dos ciclos)	NOP	X
Para de reloj	STOP	X
Prueba	TEST	X

TABLA 4.16 INSTRUCCIONES VARIAS

CAPITULO V

DESARROLLO DEL PROYECTO

Introducción. En el presente capítulo se hace planteamiento de las especificaciones que requiere el sistema, se describe el diseño preliminar y la construcción del prototipo. Se presentan las características y el desarrollo de cada una de las partes que conforman al sistema. La parte de hardware de electrónica analógica corresponde al proceso de amplificación y filtrado de la señal proveniente del sensor, así como el acoplamiento para su procesamiento por parte del hardware digital, el cual corresponde a la parte del sistema que se encarga de los procesos de señal y control de cada una de las partes que integran el sistema, conversiones analógico-digitales, cálculo de variables y despliegue de resultados en pantalla, además de otros procesos como almacenamiento de datos y calibración del sistema. Por último se presenta una descripción del software que corresponde al programa en código máquina del microcontrolador MC68HC11E1 que realizará todos los procesos de cálculo, despliegue, control, calibración, etc.

5.1 METODOLOGÍA DE DISEÑO

El objetivo de un diseño de sistemas es definir una estructura que tenga un comportamiento específico y satisfaga algunas restricciones de costo, funcionalidad y posibilidad de realización. Cuando se diseña un sistema de un tamaño grande, el proceso de diseño se debe descomponer en varias partes de diseño independientes y especializadas. Estas tareas se distinguen por los tipos de componentes y los niveles de complejidad con que se conforman.

El primer paso es especificar el comportamiento global del sistema y la estructura del mismo. Posteriormente se propone la arquitectura del sistema. Este paso cubre los subsistemas de hardware, software y la interrelación entre ambos. Una vez que se esboza una arquitectura determinada, se da comienzo a la parte detallada del diseño.

Las etapas de diseño se pueden resumir de la siguiente forma:

Planteamiento; En esta etapa se deben obtener las especificaciones sobre el comportamiento deseado del sistema, así como la estimación de los costos globales del sistema y la planificación del trabajo, así como el objetivo del sistema.

Diseño preliminar; Aquí se debe definir y documentar el diseño global o arquitectura del sistema. Especificar los diferentes componentes que se van a utilizar y las diferentes tecnologías y procedimientos que se involucran en el diseño.

Diseño detallado; Aquí se definen las estructuras de hardware y software del sistema: diagrama a bloques, diagrama electrónico inicial y diagramas de flujo.

Construcción del prototipo; construcción física del modelo con el que se va a trabajar, y diseño del programa (software), que lo haga funcionar.

Depuración; Se comprueba el funcionamiento del prototipo o modelo diseñado y se compara el funcionamiento real del mismo con los objetivos planteados y las especificaciones teóricas deseadas. Se modifican las diferentes partes del sistema ya sea hardware o software hasta llegar a obtener resultados que puedan ser considerados satisfactorios.

Documentación del sistema; Se completa la información final del sistema, incluyendo diagramas, programación, y manuales necesarios para su uso y mantenimiento del sistema.

Para determinar las primeras especificaciones del sistema se consideraron las restricciones en el proceso de diseño como son los plazos de tiempo y presupuesto, además de definir el comportamiento deseado del mismo. Esta etapa requiere una interacción entre el diseñador y el posible usuario del sistema para definir correctamente los alcances y las limitaciones del proyecto, de esta manera se diseña de una manera justa y adecuada a las necesidades del posible usuario.

5.2 PLANTEAMIENTO DEL MEDIDOR DE POTENCIA

En nuestro caso el sistema en mente deberá:

- Ser diseñado para el caso práctico de la realización de servicios correctivos o preventivos de equipos láser de CO₂ y Nd:YAG quirúrgicos instalados en diferentes hospitales de la República Mexicana. La utilización de este medidor de potencia para mediciones en láser a nivel investigación científica, de diseño o fabricación es posible pero no es su primordial objetivo.
- Medir la potencia de un láser quirúrgico de CO₂ o Nd:YAG de hasta 100 watts con un exactitud del 5%. el límite superior de medición de 100 watts fué investigado y se encontró que no existen equipos instalados con una potencia mayor a ésta, dado que no cuentan con alguna aplicación especial en el campo de la medicina, las aplicaciones que requieren mayor potencia son los tratamientos gastroenterológicos a través de endoscopios flexibles en donde el láser Nd:YAG se utiliza hasta 80 watts. Es sabido también que existen muchos médicos americanos que utilizan el láser de CO₂ con potencias superiores a 100 watts (neuroclujanos y cirujanos plásticos principalmente), pero es bien cierto que estos niveles de potencia se traducen en equipos más sofisticados, grandes y por lo tanto costosos, que normalmente en México es extraño encontrar, por lo que usualmente la escuela "Mexicana" de médicos usuarios de los láseres, está restringida a utilizar equipos menos potentes y más baratos.
- Desplegar en tiempo real la potencia emitida por un equipo láser, de tal forma que pueda ser observada a una distancia aproximada de 1.5 A 3 metros. Para investigar esta distancia se presenciaron procedimientos rutinarios de servicio correctivo y preventivo de diversos láseres quirúrgicos, y se observó que dado el tamaño de los equipos y otros factores, generalmente no es posible tener cerca el medidor de potencia del ingeniero de servicio.
- Tener la opción de retener y desplegar el valor más alto de potencia registrada durante el disparo de un láser, esto es debido a que existen circunstancias en donde el ingeniero de servicio no puede observar la pantalla del medidor de potencia por tener que tener toda su atención visual en el proceso de calibración o de ajuste del equipo. La atención que el ingeniero de servicio presta al movimiento de sus manos al momento de calibrar se vuelve de suma importancia por dos razones principalmente: La primera por el alto voltaje que manejan los equipos láser quirúrgicos (algunos hasta 20kv) y la cercanía que se tiene de cables de alto voltaje de puntos de ajuste; es un hecho que los fabricantes recomiendan por precaución no ajustar un láser si no hay al menos dos personas trabajando en él, dicha recomendación generalmente no se cumple en la vida real. La segunda se debe a que los ajustes de los espejos internos de la cavidad resonante del láser y de las válvulas de la bomba de vacío (en algunos equipos de láser de CO₂) suelen ser muy sensibles, por lo que se tiene que observar exactamente que tanto se mueven cada uno de los tornillos o válvulas.
- Ser un equipo portátil.- El sistema a diseñar debe ser lo más ligero y pequeño posible ya que se debe transportar junto con otras herramientas necesarias (multímetro, llaves, desarmadores, etc.), para la revisión de un equipo láser, al hospital en donde se halla el mismo. Normalmente los equipos láser son equipos muy grandes y pesados por lo que el traslado a un centro de revisión ocasiona muchos gastos y dificultades.

- Ser capaz de almacenar los siguientes datos de una serie de equipos:
 - Hospital, marca, tipo de láser, modelo y/o no. de serie,
 - Potencia máxima entregada la última ocasión que se le hizo una revisión, esto principalmente para observar la degradación de algunos equipos de CO2 de tubo sellado que generalmente tienen un periodo de vida de cinco años antes de tener que cambiárseles la cabeza láser.
 - Un resumen de las fallas y reparaciones que ha sufrido dicho equipo, así como las fechas correspondientes.

En el diseño de un prototipo todas las etapas son importantes pero se distinguen dos partes fundamentales. En la etapa de diseño preliminar o de la arquitectura se especifican la mayoría de los elementos de hardware y software del sistema, así como la tecnología de componentes a ser utilizada, tal como familias de circuitos integrados y lenguajes de programación. El resultado es un conjunto de diagramas de bloques, organigramas y otros documentos de descripción de diseño del sistema a nivel del microprocesador.

En la segunda etapa o diseño detallado, se describe la estructura completa de todos los subsistemas definidos en el paso anterior. Esto da lugar a un conjunto de información de diseño, incluyendo diagramas y listado de programas.

El proceso de depurado comienza con la construcción de un modelo de prueba del diseño realizado. El prototipo se hace funcionar y su comportamiento se analiza y compara con el comportamiento deseado. En este momento si el prototipo no satisface las características necesarias para el sistema, se procede a realizar las correcciones necesarias en el diseño del sistema hasta que los errores sean corregidos. Estos cambios se incorporan en el prototipo el cual debe estar pensado de forma que las modificaciones que en él se realicen puedan llevarse a cabo de una manera sencilla y relativamente rápida. El proceso de prueba y corrección de errores continúa hasta que no se detecte ningún error adicional y las características del prototipo sean satisfactorias. Posteriormente se realiza la etapa consistente en la documentación del sistema.

5.3 DISEÑO PRELIMINAR Y CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO

5.3.1 Tarjeta principal

En lo que conforma el hardware de nuestro sistema se utilizó inicialmente un modulo de evaluación (M68HC11EVBU) para el microcontrolador MC68HC11E9 el costo de esta tarjeta es de aproximadamente 100 dólares. Algunas de las características de esta tarjeta son las siguientes:

- Se pueden diseñar y evaluar sistemas basados en la familia de los microcontroladores MC68HC11 :A8, E9, E1, 711E9, y 811E2
- Capacidad de cargarle programas (formato *.S19 de MOTOROLA) a través de una computadora personal, vía comunicación RS-232.
- Circuitería para evaluar, revisar, ensamblar y desensamblar programas en línea, desde la pantalla de la PC, gracias a un programa residente en ROM interna del Microcontrolador MC68HC11E9, dicho programa es llamado BUFFALO (Bit User Fast Friendly Aid to Logical Operations)
- Reloj de tiempo real con RAM y circuitería de interfase serial (no usado en nuestra aplicación)
- Puerto de comunicación serie de entrada/salida RS-232C.
- Espacio en la tarjeta para la colocación de circuitería adicional mediante alambrado en wire wrap.

- Configuración de diferentes modos de operación

Se decidió utilizar este modulo de evaluación por que era una tarjeta en la cual ya se había invertido anteriormente y la programación con el HC11 era familiar para los integrantes del proyecto, además se coincidió que este microcontrolador contenía las características que buscábamos en lo que respecta a convertidor analógico-digital, a velocidad de reloj, y a la memoria interna. Esta elección permitía un ahorro de tiempo al no tener que realizar la parte básica del sistema, y poder concentrar los esfuerzos en la etapa del manejo de la pantalla, a la parte proveniente del transductor, a la amplificación analógica y además la facilidad de poder cambiarse el programa desde un computador personal mediante el puerto serie que posee esta tarjeta las veces que fuera necesario utilizando lenguaje ensamblador, evitándose así el programar y grabar en UVEPROM cada vez que se le hiciera una modificación al programa o programas del sistema.

5.3.2 Pantalla de Despliegue

Dado que era primordial obtener una lectura clara y grande de los datos obtenidos se recurrió a utilizar una pantalla de matriz de puntos la cual ofrecía además de poder diseñar el tamaño adecuado para los números que requeríamos, la posibilidad de poder realizar gráficas o caracteres especiales en ella, esta decisión incrementó la complejidad de la programación si la comparamos con la programación requerida si se utiliza una pantalla normal de caracteres alfanuméricos.

La pantalla utilizada en el proyecto es de la marca AND modelo AND711AST de la cual se encuentran las hojas de especificaciones en el apéndice B de este trabajo. El costo aproximado de ésta es de 200 dólares. Entre sus principales características se encuentran:

- Área activa de 132.0 x 39.0 mm lo que nos permitió la realización de números visibles a distancias mayores a 2 metros.
- 240x64 puntos utilizados principalmente para la realización de dos diferentes tamaños de números y de una aguja emuladora de un medidor analógico.
- Bus de 8 bits en paralelo para la escritura/lectura de datos a través de microprocesador ó microcontrolador.
- Controlador (CPU T6963C) y RAM interna de 8k bytes integrados en la misma tarjeta.
- Compacta para su fácil integración en el sistema.
- 128 caracteres "internos" en ROM y 128 "externos" más que se podían utilizar en la RAM de la pantalla. Esta característica la utilizamos para desplegar caracteres comunes como letras y números pequeños y los caracteres externos para realizar los números grandes y otros caracteres especiales.
- Excelente posibilidad de lectura y un rango de contraste adecuado.

La pantalla cuenta con palabras de control y procedimientos de comunicación los cuales requirieron de varios programas de prueba y tiempo para que se conocieran las diversas funciones de ésta antes de poder empezar a trabajar con el programa principal del sistema.

Los diversos procedimientos de comunicación entre HC11 y pantalla LCD se colocaron en subrutinas en el programa para tener así una programación más estructurada y resumida.

5.3.3 Transductor

Las características de la termopila (sensor-transductor) utilizada están descritas en el capítulo III. Se escogió éste ya que cumplía con las necesidades del proyecto mejor que ningún otro, la principal característica para decidir por uno u otro transductor es el rango máximo de potencia que puede sensar.

El transductor además de requerir un disipador de calor de un tamaño considerable, se observó que para protegerlo más debía llevar una especie de sistema de enfriamiento, se consideró en la posible elaboración de un sistema que contuviera una bomba pequeña de agua, un sistema de intercambio de

calor (un radiador), un ventilador pequeño, todo esto recirculando agua en la espalda del transductor, sin embargo resultaba un tanto complicado implementar todo esto en un sistema pequeño y portátil, las dimensiones crecían demasiado con respecto a lo que se tenía planeado, además al consultar al fabricante de la termopila (OPHIR, Israel), éste comentó que para la cantidad de potencia que iba a incidir sobre el transductor que no era muy alta (si se compara con láseres industriales por ejemplo), no era necesario un tipo de enfriamiento tan complejo como sería uno con líquido refrigerante, simplemente había que cuidar los parámetros de construcción de la termopila como son su umbral de daño que es de 2 kW/cm^2 , y su temperatura máxima antes de presentar daños que es de 55°C . Se optó entonces por colocar un disipador en el equipo y por consejo de OPHIR, se le instaló también como protección extra un ventilador de 9 cm de diámetro.

Al principio se pensó el integrar físicamente este transductor con su ventilador a lo que vendría a ser el gabinete del equipo, sin embargo tras algunas pruebas de campo que se realizaron se observó que era difícil colocar el transductor de manera que le disparara el láser y a la vez le diera un buen ángulo de visión al Ingeniero de servicio. Además se corría el riesgo de disparar erróneamente al gabinete principal por lo que se decidió que lo mejor era que el transductor fuera externo al sistema electrónico.

• DESCRIPCIÓN DE CADA ETAPA DEL SISTEMA

5.3.4 Amplificación de la señal del transductor

A la salida del transductor se le acopló una etapa amplificadora para así poder acceder la información analógica a los convertidores ADC del HC11, el rango de voltaje de respuesta obtenido de la termopila es de aproximadamente 0.3mV/W , éste valor tiene que ser amplificado antes de entrar a la etapa del ADC ya que es muy pequeño, esto se consiguió con una etapa preamplificadora mediante un amplificador no inversor, la salida de éste se aplica a un amplificador derivador el cual nos da a la salida, una aproximación de la variación de la respuesta de la termopila, ya preamplificada esta señal, junto con la señal preamplificada, son conectadas a un amplificador diferencial, con ganancia ajustable, el cual acelera la respuesta lenta de la termopila, la característica de esta aceleración, corresponde a una constante de tiempo, para cada termopila, este dato se encuentra en las de especificaciones de este dispositivo (ver capítulo III página 3.7).

Preamplificación: Se lleva a cabo mediante un amplificador no inversor A1, el cual se presenta en la figura 5.1, la salida del transductor (Termopila), se conecta a través de cable coaxial de 75ohms de impedancia característica, a la entrada no inversora de A1, por medio de las resistencias R1 y R2, dado que la corriente de entrada es muy pequeña, el voltaje de entrada de la termopila V_T es prácticamente el mismo que a la entrada no inversora:

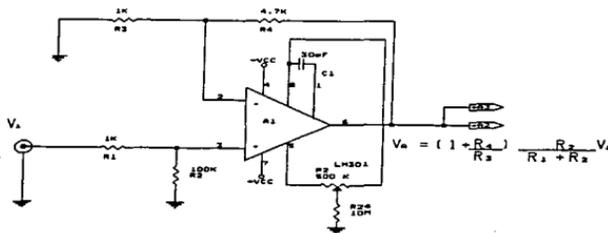


FIG. 5.1

La ganancia del amplificador A1, esta dada por la siguiente relación:

$$\frac{V_A}{V_i} = A_v = (1 + R_4/R_3) (R_2 / (R_1 + R_2))$$

Cálculo de la ganancia para el amplificador A1:

$$R_4 = 4.7k \quad R_3 = 1k \text{ ohm} \quad R_2 = 100k \quad R_1 = 1k$$

$$\frac{V_A}{V_i} = A_v = (1 + 4.7k/1k) (100k / 101k) = 5.64 \quad \text{es decir: } V_A = 5.64V_i$$

Etapas de aceleración de respuesta: La salida del amplificador A1, es aplicada a un segundo amplificador con configuración de amplificador derivador, esta configuración se muestra en la figura 5.2.a, a esta configuración también se le conoce como un filtro paso altas de primer orden; la constante de tiempo esta dada por el producto de C2 y R6 lo cual se explica mas adelante.

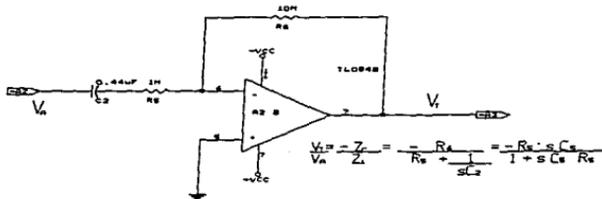


FIG. 5.2a

Para eliminar ruido de alta frecuencia, en esta configuración se recomienda colocar un capacitor cerámico de realimentación de un valor entre 10 y 40 nF, dicho ruido se presentó al estar trabajando con dicho amplificador y fuentes de alimentación conectadas a la línea, se tuvo que insertar un capacitor, en paralelo con R6, con lo cual nos quedó una etapa correspondiente a un filtro de paso Banda, el cual se muestra en la figura 5.2.b

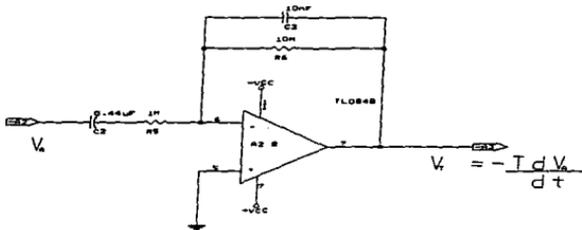


FIG. 5.2b

Por lo tanto el voltaje a la salida del amplificador diferencial:

$$V_s = \frac{P_1}{2.2k} (V_T + T \frac{dV_A}{dt})$$

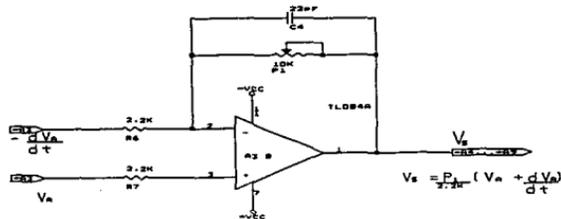


FIG. 5.4

Del amplificador A1, tenemos ya una ganancia de 5.64 sobre la señal de entrada V_i , variando el valor del potenciómetro P_1 , se tiene una ganancia variable de modo que a la salida de A3, se tenga una ganancia de 10 sobre la señal original V_i , el diagrama completo de la etapa preamplificadora y aceleración de respuesta, se muestra en la figura 5.5.

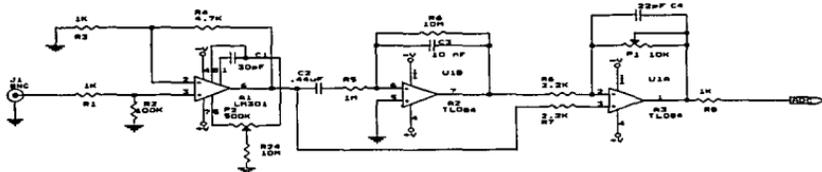


FIG. 5.5

La ganancia total de los tres amplificadores se ajusta mediante P_1 , para que a la salida se tengan valores de 10 veces el valor de la entrada.

El amplificador derivador junto con el amplificador diferencial es un circuito de corrección de la lenta respuesta térmica que presenta el transductor a la radiación incidente, el primero nos proporciona a la salida, un voltaje proporcional a la variación del voltaje de entrada V_A . El amplificador diferencial se encarga de acelerar la respuesta térmica de la termopila, ésta etapa funciona sumándole a la señal

La relación de entrada vs salida para este circuito, se detalla a continuación:

La ganancia de lazo esta dada por la expresión:

$$\frac{V_T}{V_A} = A_v = - \frac{Z_f}{Z_i} = - \frac{R_6 \frac{1}{sC_3}}{R_5 + \frac{1}{sC_2}} = - \frac{R_6}{1 + sC_2 R_5} = - \frac{sC_2 R_6}{(1 + sC_2 R_5)(1 + sC_3 R_6)}$$

Cálculo de las frecuencias de corte:

$$C_2 = 0.44 \text{ uf} \quad R_5 = 10 \text{ M ohm} \quad W_B = \text{Frecuencia angular de corte baja.}$$

$$C_3 = 10 \text{ nf} \quad R_6 = 1 \text{ M ohm} \quad W_A = \text{Frecuencia angular de corte alta.}$$

$$W_B = \frac{1}{C_2 R_5} = \frac{1}{(0.44 \times 10^{-6} \times 10^7)} = 2.272 \text{ rad/s}, \quad f_B = \frac{W_B}{2\pi} = 0.36 \text{ Hz}$$

$$W_A = \frac{1}{C_3 R_6} = \frac{1}{(10 \times 10^{-9} \times 10^6)} = 100 \text{ rad/s}, \quad f_A = \frac{W_A}{2\pi} = 15.92 \text{ Hz}$$

Dado que la señal de entrada es una señal de directa, el amplificador A2 que es un filtro de Paso Banda, y la frecuencia de corte baja f_B es prácticamente cero, siempre opera en la banda de paso y la ganancia de lazo, expresada en decibeles, esta dada por la siguiente relación:

$$|X|_{dB} = 20 \text{ Log } X \quad \text{por lo tanto:}$$

$$|A_v|_{dB} = 20 \text{ Log } sR_6 C_2 - [20 \text{ Log } \sqrt{1 + sR_5 C_3} + 20 \text{ Log } \sqrt{1 + sR_5 C_2}]$$

Como las frecuencias de la señal de entrada provenientes de A1, están comprendidas en la banda de paso, el amplificador A1, opera en dicha banda de paso, teniendo la máxima ganancia, la cual esta dada por el primer término de la expresión anterior:

$$A_v|_{dB} = 20 \text{ Log } sR_6 C_2$$

$$\text{Es decir: } A_v = -sR_6 C_2, \quad \text{y como } \frac{V_T}{V_A} = A_v$$

$$V_T = -sR_6 C_2 V_A = -R_6 C_2 \frac{dV_A}{dt} = -T \frac{dV_A}{dt}$$

Esta expresión define a un amplificador derivador, tal y como se necesita para la siguiente etapa que constituye la parte final de la etapa de aceleración de respuesta, mediante la suma de la señal de entrada, con la derivada de la misma señal.

$T = R_6 C_2$, definen la constante de tiempo para la termopila:

$$R_6 = 10 \text{ Mohm, y } C_2 = 0.44 \text{ uf}$$

$$T = 0.44 \times 10^{-6} \times 10^7 = 4.4$$

La relación de entrada vs salida para este circuito, se detalla a continuación:

La ganancia de lazo está dada por la expresión:

$$\frac{V_T}{V_A} = A_v = -Z_T = -\frac{R_6 \frac{1}{sC_3}}{R_6 + \frac{1}{sC_3}} = -\frac{R_6}{1 + sC_3R_6} = -\frac{sC_2R_6}{(1 + sC_3R_6)(1 + sC_2R_5)}$$

Cálculo de las frecuencias de corte:

$C_2 = 0.44 \mu\text{f}$ $R_6 = 10 \text{ M}\Omega$ $\omega_B =$ Frecuencia angular de corte baja.
 $C_3 = 10 \text{ nF}$ $R_5 = 1 \text{ M}\Omega$ $\omega_A =$ Frecuencia angular de corte alta.

$$\omega_B = \frac{1}{C_2R_6} = \frac{1}{(0.44 \times 10^{-6}) \times (10 \times 10^6)} = 0.22 \text{ rad/s} \quad , \quad f_B = \frac{\omega_B}{2\pi} = 0.036 \text{ Hz}$$

$$\omega_A = \frac{1}{C_3R_5} = \frac{1}{(10 \times 10^{-9}) \times (1 \times 10^6)} = 100 \text{ rad/s} \quad , \quad f_A = \frac{\omega_A}{2\pi} = 15.92 \text{ Hz}$$

Dado que la señal de entrada es una señal de directa, el amplificador A2 que es un filtro de Paso Banda, y la frecuencia de corte baja f_B es prácticamente cero, siempre opera en la banda de paso y la ganancia de lazo, expresada en decibelios, está dada por la siguiente relación:

$$|X|_{dB} = 20 \text{ Log } X \quad \text{por lo tanto:}$$

$$|A_v|_{dB} = 20 \text{ Log } sR_6C_2 - [20 \text{ Log } \sqrt{1+sR_6C_3} + 20 \text{ Log } \sqrt{1+sR_5C_2}]$$

Como las frecuencias de la señal de entrada provenientes de A1, están comprendidas en la banda de paso, el amplificador A1, opera en dicha banda de paso, teniendo la máxima ganancia, la cual está dada por el primer término de la expresión anterior:

$$A_v|_{dB} = 20 \text{ Log } sR_6C_2$$

Es decir: $A_v = -sR_6C_2$, y como $\frac{V_T}{V_A} = A_v$

$$V_T = -sR_6C_2 V_A = -R_6C_2 \frac{dV_A}{dt} = -T \frac{dV_A}{dt}$$

Esta expresión define a un amplificador derivador, tal y como se necesita para la siguiente etapa que constituye la parte final de la etapa de aceleración de respuesta, mediante la suma de la señal de entrada, con la derivada de la misma señal.

$T = R_6C_2$, definen la constante de tiempo para la termopila:

$R_6 = 10 \text{ Mohm}$, y $C_2 = 0.44 \mu\text{f}$

$T = 0.44 \times 10^{-6} \times 10 \times 10^6 = 4.4$

El fabricante recomienda una constante de tiempo de 2, para obtener una respuesta aceptable de la termopila, sin embargo el valor de 4.4 proporciona la mejor aceleración de respuesta en las pruebas realizadas.

- **Etapa sumadora:** Esta etapa consta de un amplificador diferencial A3, el cual amplifica la diferencia de voltaje que se presenta entre las dos terminales de entrada, el amplificador diferencial básico se muestra en la figura 5.3. Este amplificador diferencial puede medir y amplificar pequeñas señales que se presentan entre las terminales de entrada. Este amplificador se compone de cuatro resistencias y un amplificador operacional, el análisis de este circuito se presenta a continuación:

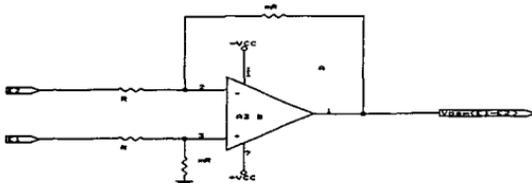


FIG 5.3

Como se observa en la figura 5.3, hay dos terminales de entrada denominadas entrada (-) y entrada (+) correspondientes a la terminal más cercana del amplificador operacional. Si E1 se reemplaza por un cortocircuito, E2 ve un amplificador inversor con una ganancia de $-m$, por lo tanto, el voltaje de salida debido a E2 es $-mE2$. Ahora, si se pone a tierra E2, E1 se divide entre R y mR , por lo que el voltaje en la terminal de entrada (+) es $E1m/(1+m)$, y la ganancia del amplificador no inversor es $(1+m)$, por lo tanto, el voltaje de salida debido a E1, es el voltaje dividido, $E1m/(1+m)$, multiplicado por la ganancia $(1+m)$, lo que da $mE1$.

Cuando los voltajes E1 y E2 están presentes, en las entradas (+) y (-) respectivamente, el voltaje de salida está dado por:

$$V_o = mE1 - mE2 = m(E1 - E2)$$

Es decir que en un amplificador diferencial, el voltaje de salida es proporcional a la diferencia de voltajes aplicada a las terminales de entrada (+) y (-), el multiplicador m se denomina ganancia diferencial y se establece por la relación entre las resistencias de entrada y la resistencia de realimentación.

Para la implementación de nuestro amplificador diferencial, se cambió la resistencia de realimentación por un potenciómetro P1 de 10 k ohm para así tener una ganancia diferencial m variable, este circuito se muestra en la figura 5.4 el circuito final, también se eliminó la resistencia de conexión a tierra en la terminal de entrada (+) ya que no fue necesaria; por otro lado, se instaló un capacitor de 22 pF (se recomienda para esta configuración un capacitor entre 10 y 40 nF) en paralelo con el potenciómetro P1 para la eliminación de ruidos.

En este caso, E1 equivale a V_A proveniente de A1 y E2 corresponde a $V_T = -T \frac{dV_A}{dt}$
 m estará dada por la relación $P1/2.2k$

amplificada linealmente VA la derivada en el tiempo de la misma señal de entrada, multiplicada por una constante de tiempo. En el campo se necesita que la respuesta del medidor sea lo más rápido posible ya que existen ajustes en los equipos láser en donde se debe observar de inmediato la variación causada por el ajuste realizado.

- **Etapas para la determinación de diferentes rangos de amplificación.** La señal preamplificada, se debe conectar a la entrada del convertidor analógico digital, pero éste solo permite valores de 0 a 5 volts, los cuales están dados por voltajes de referencia V_H y V_L y las lecturas que normalmente son medidas, comprenden rangos promedio de 5 a 20, 30 a 50 y 60 a 90 watts, además de que cuando son valores muy pequeños, por ejemplo para 5 watts, el voltaje que entrega la termopila es del orden de 1.5 mV, y para 100 watts el voltaje es de apenas 0.03 Volts, por lo tanto, el sistema debe contar con varias etapas amplificadoras, que operen para diferentes rangos de lecturas, es obvio que cuando se presenten valores pequeños, como 5 watts, la amplificación debe ser mayor que cuando se presenten valores grandes, por ejemplo de 100 watts, así la etapa final de amplificación debe de elevar el valor del voltaje del sensor, de tal manera que se obtenga la amplificación mas adecuada, y que a la vez no sobrepase los 5 Volts permitidos por el convertidor analógico-digital. Así a la salida del amplificador A3 se conectaron 6 amplificadores en configuración no inversora, con ganancia diferente cada uno.

La ganancia de cada uno, determina el rango de operación, así cuando la señal sea bastante pequeña, será captada por el amplificador de más alta ganancia, mientras que cuando la señal sea más grande, será captada por el amplificador de ganancia más pequeña.

Veamos primero como definir los rangos de operación para así determinar las características de cada amplificador:

Como ya se sabe, el sensor de potencia (Termopila), presenta una sensibilidad de aproximadamente 0.3mV por cada watt, con una ganancia de amplificación de 1000, se tendría una relación de 0.3 Volt por cada watt, pero solamente aceptaríamos un valor de unos 16 watts, antes de que se sobrepase el voltaje V_H de 5 Volts:

Es decir: como el voltaje máximo permitido de 5 Volt, y una sensibilidad amplificada a 0.3 Volt por cada watt, se tiene que:

$$I.- \quad \text{Lectura} = \frac{5V}{0.3 \text{ V/watt}} = 16 \text{ watts}$$

Sería el máximo valor que se podría leer con una etapa amplificadora con estos parámetros.

II.- Ahora bien si dicha etapa en vez de tener ganancia de 1000, presenta una ganancia de 500, la sensibilidad amplificada será de:

$$0.3mV/watt \times 500 = 0.15 \text{ V/watt}$$

Y la lectura máxima que se podrá leer será:

$$\text{Lectura} = \frac{5V}{0.15 \text{ V/watt}} = 33 \text{ watts}$$

III.- Si la ganancia es de 333 se tiene:

$$\text{Sensibilidad} = 0.3mV/watt \times 330 = 0.099 \text{ V/watt}$$

$$\text{Lectura} = \frac{5V}{0.099 \text{ V/watt}} = 50 \text{ watts}$$

IV.- Si la ganancia es de 270 se tiene:

$$\text{Sensibilidad} = 0.3\text{mV/watt} \times 270 = 0.081 \text{ V/watt}$$

$$\text{Lectura} = \frac{5\text{V}}{0.081 \text{ V/watt}} = 60 \text{ watts}$$

V.- Si la ganancia es de 200 se tiene:

$$\text{Sensibilidad} = 0.3\text{mV/watt} \times 200 = 0.06 \text{ V/watt}$$

$$\text{Lectura} = \frac{5\text{V}}{0.06 \text{ V/watt}} = 83 \text{ watts}$$

VI.- Si la ganancia es de 150 se tiene:

$$\text{Sensibilidad} = 0.3\text{mV/watt} \times 150 = 0.045 \text{ V/watt}$$

$$\text{Lectura} = \frac{5\text{V}}{0.045 \text{ V/watt}} = 110 \text{ watts}$$

Así cada etapa dará un valor de amplificación proporcional a la señal de entrada, la configuración de esta etapa se muestra en la figura 5.6, donde se ha agregado un diodo zener de 5.7 volts a la salida, como medio de protección, ya que las etapas de ganancia alta siguen amplificando la señal, aun cuando no se monitorean, éstas presentarían voltajes superiores a 5 Volts y que podrían dañar el canal de entrada del Convertidor Analógico Digital. Aunque el diodo zener que se utiliza, tiene un voltaje zener de 5.7 Volt, el máximo valor que se reguló en las terminales no fue de mas de 5.5 volts.

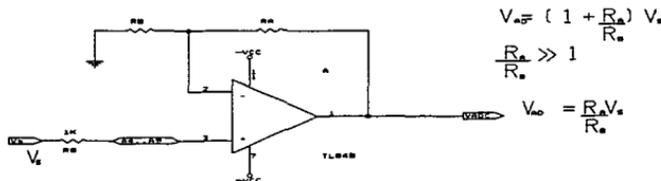


FIG. 5.6

El voltaje de salida V_E , esta dado por la relación:

$$A_v = \frac{V_E}{V_s} = \left(1 + \frac{R_A/R_B}\right)$$

Si la relación de las resistencias es $R_A/R_B \gg 1$, se puede considerar:

$$A_v = \frac{V_E}{V_S} = R_A/R_B$$

Para que se tenga una ganancia total de 1000, por ejemplo, como ya se tiene una ganancia de 10 en la sección de preamplificación y aceleración de la respuesta, entonces la ganancia de la etapa final debe ser de 100, así la ganancia total estará dada por el producto $A_P \times A_T$, donde A_P es la ganancia de preamplificación con valor de 10.

$$A_v = 10 \times R_A/R_B$$

Así, si se desean ganancias de: 1000, 500, 330, 270, 200 y 150, fijamos el valor de R_B en 10 kohm:

$$R_A = \frac{A_v \times 10 E03}{10}$$

I.- Si $A_v = 1000$

$$R_A = \frac{1000 \times 10 E03}{10} = 1 E06 = 1 \text{ M ohm}$$

II.- Si $A_v = 500$

$$R_A = \frac{500 \times 10 E03}{10} = 500 E03 = 500 \text{ k ohm}$$

III.- Si $A_v = 330$

$$R_A = \frac{330 \times 10 E03}{10} = 330 E03 = 330 \text{ k ohm}$$

IV.- Si $A_v = 270$

$$R_A = \frac{270 \times 10 E03}{10} = 270 E03 = 270 \text{ k ohm}$$

V.- Si $A_v = 200$

$$R_A = \frac{200 \times 10 E03}{10} = 200 E03 = 200 \text{ k ohm}$$

VI.- Si $A_v = 150$

$$R_A = \frac{150 \times 10 E03}{10} = 150 E03 = 150 \text{ k ohm}$$

Como se observa, se escogieron estos valores de ganancia, ya que proporcionan valores comerciales de resistencias, y abarcan los rangos más apropiados para la amplificación de la señal.

Cada una de las salidas de los amplificadores se conecta a un canal del Convertidor Analógico Digital del HC11, los procesos de selección y procesamiento de cada canal se explicarán más adelante en la sección del ADC. La figura 5.7, nos muestra un diagrama a bloques de toda la parte analógica correspondiente a la amplificación de la señal del sensor (Termopila). En la figura 5.8 se muestra el diagrama electrónico completo de esta misma sección.

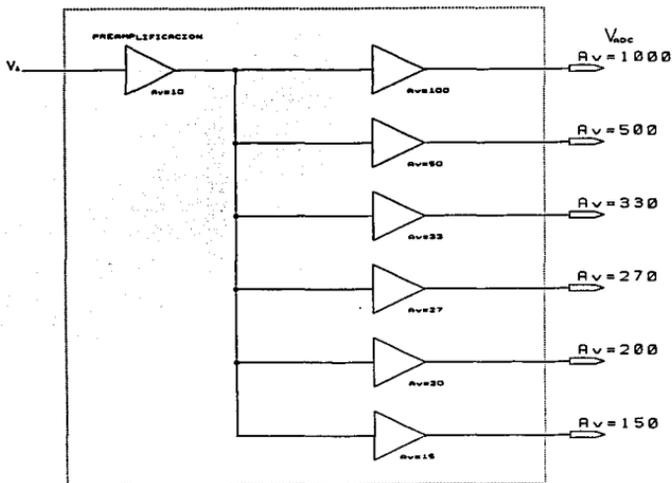


FIG. 5.7

Una vez preamplificada y adelantada en el tiempo la señal de la termopila, la señal resultante se conecta a la entrada de 6 diferentes amplificadores no inversores, cada uno representa un rango de amplificación diferente y las salidas de los cuales están conectadas cada una, a una diferente entrada de los canales del ADC del HC11. Estas entradas a los diferentes canales del ADC están dispuestas así para formar junto con el HC11 un sistema de autorango el cual está diseñado de tal forma que el programa empieza a leer el ADC del canal de rango más pequeño digamos ADC1, pero en cuanto éste se satura es decir presenta escala completa en su lectura, el programa inmediatamente lee el canal siguiente del ADC, si éste no está saturado despliega el valor de este segundo canal del ADC, si se encuentra también saturado lee el siguiente canal y así sucesivamente hasta llegar al canal del ADC que no esté saturado, empezando desde el primer ADC cada vez que va a realizar una escritura en pantalla. Cada una de las etapas amplificadoras hacia los ADC's están diseñadas para amplificar la señal de acuerdo a un rango específico, como ya se mencionó anteriormente.

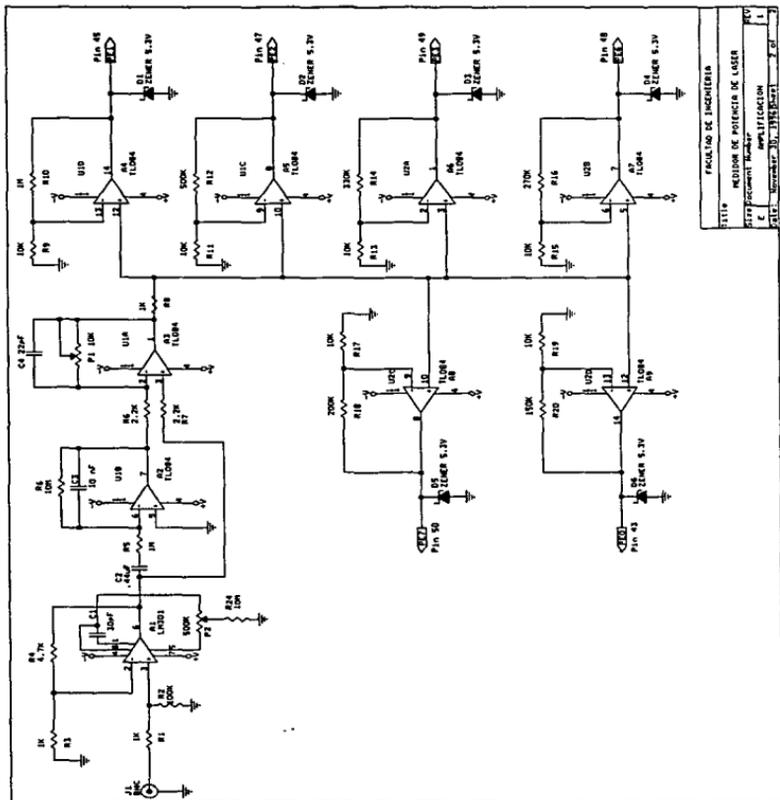
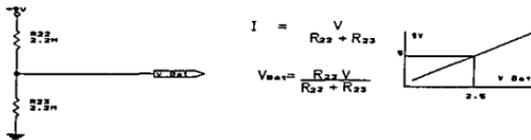


FIG. 5.8

Las baterías se van descargando mientras el equipo está encendido, por lo que fué necesario tener un monitoreo de su estado, esto se llevó a cabo mediante un divisor resistivo en la fuente positiva ya que es la fuente que se descarga más rápido porque además de tener la carga positiva de los amplificadores, tiene que suministrar los 5V regulados para la circuitería digital. Un simple divisor resistivo soluciona el problema, las resistencias R22 y R23 dividen los 9V, de tal manera que cuando se tiene la máxima carga, el voltaje BAT, presenta un valor cercano a 4.5V; a medida que el voltaje positivo baja, el voltaje VBAT, también se decrementa. Esta señal de voltaje es conectada a un canal del convertidor analógico digital, mediante rutinas especiales de software, es procesado para que cuando la batería positiva disminuya su voltaje por debajo de los 8V, el equipo despliegue un mensaje de BATERÍA BAJA, lo que indicará al usuario que es necesario conectar el equipo a el cargador de baterías. En la figura 5.11 se muestra este divisor y su comportamiento de VBAT según el voltaje de la batería positiva.



$$I = \frac{V}{R_{22} + R_{23}}$$

$$V_{BAT} = \frac{R_{23} V}{R_{22} + R_{23}}$$

FIG. 5.11

$$V_{BAT} = +V_c \frac{R_{23}}{R_{22} + R_{23}}$$

$$V_c = 9 \text{ V}$$

$$R_{22} = 2.2 \text{ Mohm}$$

$$R_{23} = 2.2 \text{ Mohm}$$

$$V_{BAT} = +V_c \frac{2.2}{(2.2+2.2)} = +V_c (0.5) = +\frac{1}{2} V_c$$

5.4 REALIZACIÓN DE LA TARJETA PRINCIPAL.

El sistema de prueba estaba formado por algunos circuitos alambrados en protoboards, tarjetas aisladas y la tarjeta evaluadora M68HC11EVBU, por otro lado, la programación también estaba casi completa. Todo esto se conjuntó en una sola tarjeta final la cual incluía la parte analógica y digital del sistema, así también se grabó el programa en una UVEPROM substituyendo el procedimiento de transmitirlo de la PC a RAM del sistema de la tarjeta EVBU.

Durante todo el desarrollo del sistema constantemente se estuvo trabajando el Hardware y el Software de manera conjunta, ante cualquier cambio realizado a la parte electrónica se documentaba éste de inmediato tanto en el programa de software, como en los diagramas electrónicos, el programa de diseño ORCAD fue muy útil para este proceso.

Asimismo se tenían diferentes programas del prototipo dependiendo de lo que se estuviera diseñando específicamente en ese momento, y periódicamente se conjuntaban en uno más grande que contemplaba un aspecto más general del sistema.

La tarjeta final se compone básicamente del microcontrolador MC68HC11E1, éste se alambrió de tal manera que quedara en modo de operación expandido. En la tarjeta se colocaron además un Latch

74573 para el manejo de datos y direcciones, un 74138 (decodificador de 3x8) para decodificar memoria y periféricos, un circuito 7400 de compuertas NAND de dos entradas para el manejo de las señales *R/W*' y *E*, que son las del bus de control, hacia las memorias y pantalla, y un circuito 7421 que son compuertas AND de 4 entradas para complementar la decodificación de memorias y periféricos. La parte relacionada con la memoria, se utilizó una memoria estática RAM de 32kB y una UVPPROM de 64kb, en la cual se almacenó el programa en código máquina para el Microcontrolador HC11.

En la figura 5.12 se muestra el diagrama a bloques general del sistema:

DESCRIPCIÓN DE CADA BLOQUE DEL SISTEMA

En esta sección solamente se describirán los bloques correspondientes a la parte digital y procesamiento de datos, ya que la parte analógica y fuente de alimentación, ya han sido explicadas en la sección anterior.

UNIDAD CENTRAL DE PROCESAMIENTO.

La unidad central de procesamiento, corresponde al Microcontrolador utilizado, como ya se mencionó anteriormente se utilizó un microcontrolador MC68HC11E1 de MOTOROLA, este microcontrolador lleva a cabo todas las operaciones del sistema, controla las unidades de entrada, que corresponden al teclado, y las señales del Convertidor Analógico Digital, y las señales de salida, que corresponden a la Pantalla de Cristal Líquido, y el señalizador auditivo. Todas estas funciones se realizan por medio de los puertos de entrada y salida que el HC11 tiene integrados. A continuación se explica como están conectados cada uno de los puertos así como las tareas que realizan.

5.4.1 Puerto A

La señal (PA5) del microcontrolador se conecta directamente a un circuito de activación de un buzzer para la señalización auditiva a el usuario, al presionar los botones y otras funciones específicas, existe una rutina especial para llevar a cabo esta función..

Otra línea del puerto A (PA4) es usada como una señal de control (C/D, Control Data) para la pantalla de cristal líquido, esta señal se conecta directamente a la entrada de C/D de la pantalla, se activa directamente desde el programa cuando se mandan datos ó palabras de control a la pantalla.

Las señales PA0, PA1, PA2 y PA3 están conectados a través de un cable plano a 5 botones normalmente abiertos los cuales corresponden al teclado del equipo, estos botones se colocaron directamente debajo de la pantalla en la parte frontal de la carátula del sistema, cada botón tiene diferente función dependiendo de la sección en que se encuentre el equipo, un menú en la parte inferior de la pantalla, siempre indica al usuario la función de cada uno de estos botones.

Cada señal de entrada está conectada a Vcc por medio de una resistencia de 100 kohm, dando un nivel alto en cada una de las entradas. Cuando se oprime un botón, éste conecta la señal de entrada a tierra y se tiene un nivel bajo. Inicialmente solo se tenían cuatro botones, posteriormente surgió la necesidad de un quinto botón, como ya no había más señales de entrada disponibles, se hizo una combinación de las señales PA0 y PA1 mediante dos diodos; cuando el quinto botón es activado, ambas señales PA0 y PA1, son conectadas a tierra y presentan un nivel bajo. Siguiendo este criterio, se podrían agregar más botones al equipo en caso de ser necesario.

La figura 5.13 nos muestra como están conectadas cada una de las señales de este puerto A del microcontrolador.

Para la señal auditiva, se utilizó un buzzer piezoeléctrico, mediante un circuito driver, en base a un transistor NPN de propósito general BC547 el cual es activado por medio de la señal PA0 conectada mediante un diodo de señal, que evita regresos, una resistencia limitadora de corriente de 1 Kohm y una de 10 kohm mantiene un voltaje nulo en la base del transistor cuando hay ausencia de señal por parte de la línea PA0. Un nivel alto en esta señal, pone en corte al transistor y este conecta el buzzer a Vcc, emite un sonido de frecuencia constante, mediante software es posible controlar la duración del mismo, en la figura 5.13 se muestra las conexiones del buzzer.

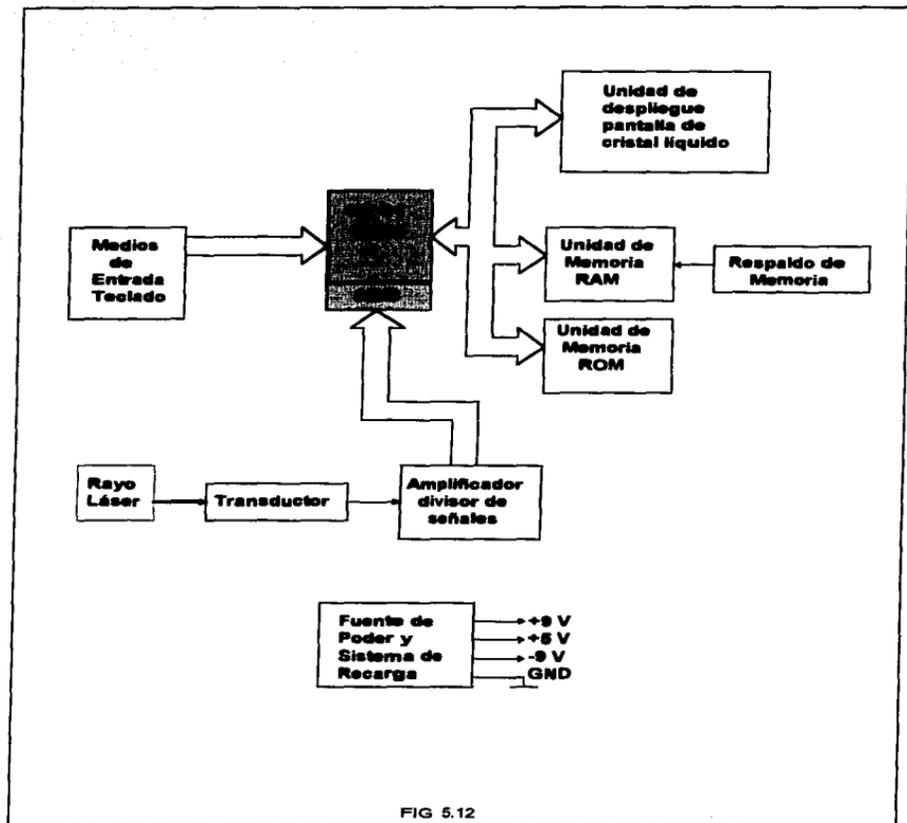


FIG 5.12

ocupar espacios libres en el mapa, además de que dicho microcontrolador, tiene secciones específicas en el mapa de memoria, para ubicar memoria externa, tanto RAM como ROM las cuales deben ser respetadas. En la figura 5.14 se muestra el mapa de memoria para el microcontrolador MC68HC11E1 así como las localidades donde se ubicó cada una de las memorias externas, tanto RAM como ROM.

Se colocó una memoria RAM estática de 32 Kbytes, de la serie KM62256A de SAMSUNG, aunque se puede utilizar cualquier equivalente de ésta. Como se observa en la fig. 5.14, la RAM está ubicada de la localidad 2000H a la localidad A000H. En lo que respecta a la ROM, ésta comprende todo el mapa de memoria, ya que se utilizó una UVPROM de la serie 27C512, de 64kBytes, la cual representa una ventaja, ya que se pueden ubicar los códigos máquina en cualquiera de las secciones destinadas a la memoria externa, y lo único que resta es realizar la habilitación de la misma en las secciones deseadas (tarea que realiza el decodificador de direcciones), así la sección utilizada comprende de la localidad C000H hasta la FFFFH, lo cual nos proporciona un espacio de 4000H (16 Kbytes), suficiente para la programación en código máquina.

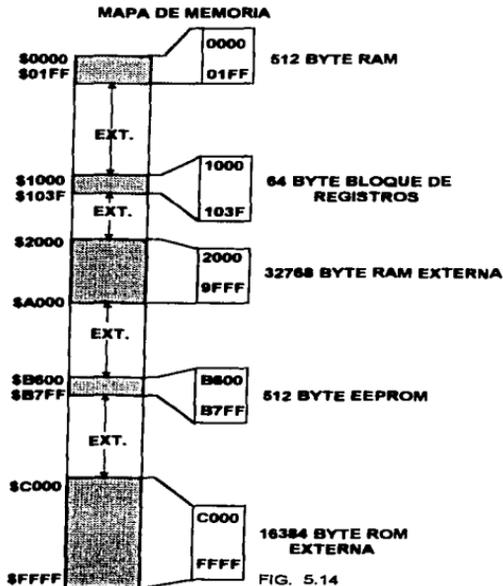


FIG. 5.14

Para realizar el decodificador de memoria, primero debemos explicar que un decodificador de memoria es un circuito lógico que únicamente habilitará a las memorias externas, en las direcciones de la localidad que les corresponden, en nuestro caso tenemos RAM, ROM y la pantalla LCD, que también es un dispositivo de lectura y escritura externo al microcontrolador, en base a la figura 5.14, las direcciones correspondientes a cada uno de estos dispositivos es la siguiente :

2000H a 9FFFH	Lectura y escritura en RAM
A000H	Lectura y escritura en la Pantalla LCD
C000H a FFFFH	Lectura y ejecución del programa almacenado en ROM.

Para lograr este objetivo, se utiliza un decodificador 3x8, de la serie 74HC138, u otro equivalente, la selección la determinan las tres líneas de dirección más altas A13, A14 y A15, que son las que nos dan los valores 2000H en adelante. La selección la determinará el número que representa la unidad más alta en las direcciones, es decir, de 2 a F **2000H**+ **FFFFH**.

La tabla de verdad para el decodificador 74HC138 se muestra a continuación, junto con el procedimiento de selección de localidades para cada memoria, tanto RAM como ROM:

A15	A14	A13	A12	A11	A10	A9	A8	A7	A6	A5	A4	A3	A2	A1	A0
0	0	0	X	X	X	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0	0	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1
0	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1
0	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1
0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	X	X	X	X	X	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
X	1	X	X	X	X	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

La selección de la RAM comprende:

2 a 9, en binario tenemos:	A15	A14	A13	A12 (No importa)	
0	0	1	0	0	2000-2FFF
0	0	1	1	1	3000-3FFF
0	1	0	0	0	4000-4FFF
0	1	0	1	1	5000-5FFF
0	1	1	0	0	6000-6FFF
0	1	1	1	1	7000-7FFF
1	0	0	0	0	8000-8FFF
1	0	0	1	1	9000-9FFF

Como se observa, tenemos que dicha RAM necesita de cuatro combinaciones de A15, A14 y A13 para poder direccionarla, por lo que las salidas Y1, Y2, Y3 y Y4 del decodificador 74HC138, deben habilitar dicha memoria. Una compuerta AND de cuatro entradas, permite esta selección, ya que cuando una sola

de estas líneas de selección sea nula, la salida de la compuerta será nula también, y como ésta se conecta al la señal de enable de la RAM, será habilitada en dichas localidades tal y como se necesita. Siguiendo el mismo principio, para la selección de la ROM, tenemos a continuación el procedimiento similar:

La selección de la ROM, comprende:

	A15	A14	A13	A12 (No importa)	
C a F, en binario tenemos:	1	1	0	0	C000-CFFF
	1	1	0	1	D000-DFFF
	1	1	1	0	E000-EFFF
	1	1	1	1	F000-FFFF

Como se observa, tenemos que dicha ROM necesita de dos combinaciones de A15, A14 y A13 para poder direccionarla, por lo que las salidas Y6 y Y7 del decodificador 74HC138, deben habilitar dicha memoria. Una compuerta AND de cuatro entradas permite esta selección, aunque solo se ocuparán dos entradas, las dos restantes se conectan a Vcc, para tenerlas siempre en nivel alto, si una sola de las dos líneas de selección es nula, la salida de la compuerta será nula también, y como ésta se conecta al la señal de enable de la ROM, será habilitada en dichas localidades tal y como se necesita.

Además de las memorias externas, este decodificador permite interactuar con la pantalla LCD, ya que dicha pantalla también presenta una señal de enable, y el manejo de la misma se lleva a cabo mediante lectura y escritura de datos, se destinó la selección de Lectura y Escritura, mediante la dirección **A000h**. Mediante un procedimiento similar, se tiene la decodificación de la pantalla:

La selección de la PANTALLA LCD, comprende:

	A15	A14	A13	A12 (No importa)	
A a A, en binario tenemos:	1	0	1	0	A000-AFFF

Como se observa, tenemos que dicha Pantalla necesita solamente de una combinación de A15, A14 y A13 para poder direccionarla, por lo que la salida Y5 del decodificador 74HC138, debe habilitar dicha pantalla. Esta línea se conecta directamente a la señal de enable de la pantalla, cualquier dato que se desea escribir o leer de la pantalla, será en la dirección **A000h**.

En la figura 5.15, se muestra la sección direccionamiento de memoria externa y pantalla LCD, para este proyecto.

5.4.4 Puerto E

De este puerto correspondiente al puerto del ADC se utilizaron 7 canales, a 6 ellos se le conectó una etapa amplificadora como ya se mencionó en la descripción de la parte analógica, estas etapas determinan un rango diferente de operación, el séptimo canal (PE4) es destinado al monitoreo del voltaje de las baterías, como también ya se mencionó, los voltajes de referencia de este puerto VRL y VRH, se fijaron en 0 V (tierra) y 5V (Vcc). VRL=0 se logra conectando directamente este pin a tierra, para VRH=5 Volt, se debe tener más cuidado, la forma más recomendable, es a base de una resistencia conectada a Vcc, en serie con un capacitor a tierra, el valor de la resistencia utilizada es de 1 Kohm, y 0.1 uF para el capacitor. En la figura 5.16, se muestra el arreglo correspondiente.

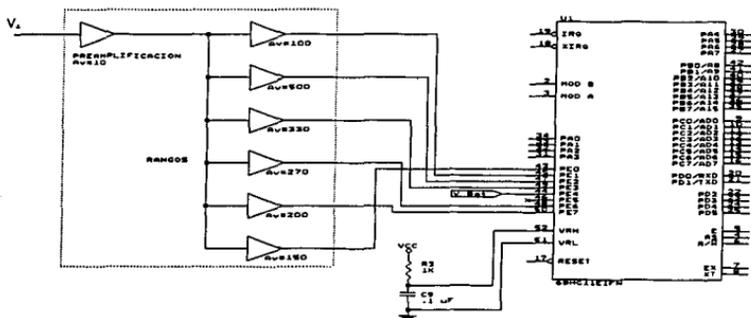


FIG. 5.16

5.4.5 Etapa amplificadora

Los circuitos que conforman esta etapa analógica son un circuito integrado LM301 y dos circuitos integrados TL064, la descripción y funcionamiento de esta parte, ya se ha explicado en la sección 5.3.4 el diagrama esquemático de esta sección, con todos los elementos capacitivos y resistivos descritos se presenta en los diagramas del anexo 1 al final de este capítulo.

5.4.6 Etapa de carga de las baterías

Esta compuesta principalmente por el circuito LM317 el cual alimenta a las 2 pilas recargables de 9 volt y a su vez se utiliza un circuito LM7805 para regular el voltaje de 5 volts, la descripción de esta etapa, se presenta en la sección 5.3.5, el diagrama esquemático se presenta también en el anexo 1.

5.4.7 Pantalla

La pantalla de cristal líquido no está directamente colocada sobre la tarjeta, ya que la pantalla por sí misma contiene su propia tarjeta, ésta sólo se fijó en la parte de la carátula del sistema y se conectó a través de un cable plano a la tarjeta principal del equipo. Este cable plano constituye el bus de comunicación con el HC11, y comprende tanto señales de datos, control y operación de la pantalla, ya se

han explicado dichas señales en secciones anteriores, por lo que solamente resta hablar de aditamentos que necesita dicha pantalla:

- **Bus de Datos.-** Comprende las líneas D0-D7, para el intercambio de información entre el microcontrolador y pantalla.
- **Bus de Control.-** Comprende las señales de control RD, WR', CE' y CD' necesarias para la operación de la pantalla.
- **Señal de Reset.-** Esta señal de RESET, debe presentar un nivel bajo durante 2 mseg. después de que se ha suministrado voltaje de 5V a la pantalla, para tal efecto, la misma señal de RESET que se utiliza en el HC11, es aplicada a la pantalla. El circuito de reset se explica mas adelante, ya que pertenece al microcontrolador.
- **Voltaje de Polarización.-** La mayoría de las pantallas de cristal liquido necesitan un voltaje de polarización del cuarzo, elemento principal del cristal liquido algunas pantalla se polarizan con voltajes positivos y otras con voltajes negativos. Según las hojas de especificaciones, este voltaje debe ser negativo, para la pantalla AND711AST, que es la que se utilizó en el proyecto. Para la regulación de dicho voltaje, se utiliza un arreglo con un transistor PNP, el BC557 de propósito general, un potenciómetro de 10K y una resistencia de 10K, conectados a la fuente negativa de -9 Volt, así este arreglo permite tener el control de contraste para la pantalla, ya que dependiendo del ángulo de visión, el contraste necesita ser nivelado de tal manera que se tenga la mejor visualización de la información que nos proporciona dicha pantalla.

En la figura 5.17 se muestra el diagrama de conexiones realizado para la pantalla AND711-AST

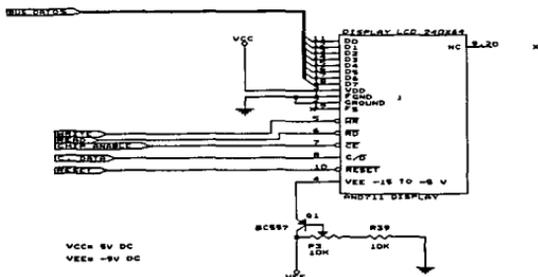


FIG. 5.17

Cristal externo para frecuencia de trabajo.

El Microcontrolador MC68HC11E1, al igual que cualquier otro microprocesador o microcontrolador, necesita de un oscilador externo, que nos define la frecuencia de operación ó procesamiento, para tal efecto, se deben colocar osciladores cuyas frecuencias sean compatibles con las recomendadas por MOTOROLA; un parámetro importante, es la determinación de la frecuencia de trabajo que tendrá el CPU, la cual depende del cristal externo. Para saber cual es la frecuencia de trabajo del CPU, basta dividir la frecuencia del cristal entre 4. En la siguiente tabla se presentan varias opciones recomendadas para seleccionar el cristal más adecuado.

CRISTAL SELECCIONADO		5.000 MHz	5.0 MHz	4.0 MHz
CPU Clock	(E)	1.250 MHz	2.0 MHz	1.0 MHz
Time Cycle	(1/E)	800 ns	500 ns	1000 ns

El cristal seleccionado, es un cristal de cuarzo, a 8MHz, según la tabla, se observa que el ciclo del CPU es de 2MHz, para este valor.

El cristal se debe conectar entre los pines 7 y 8 (EXTAL y XTAL respectivamente), además de que se le agrega una resistencia en paralelo a las terminales, y un capacitor a tierra, en cada una de las mismas. El valor que se escogió para dicha resistencia es de 10 Mohm, y para los capacitores, se escogieron de 33 pf. La figura 5.19 nos muestra la conexión del cristal.

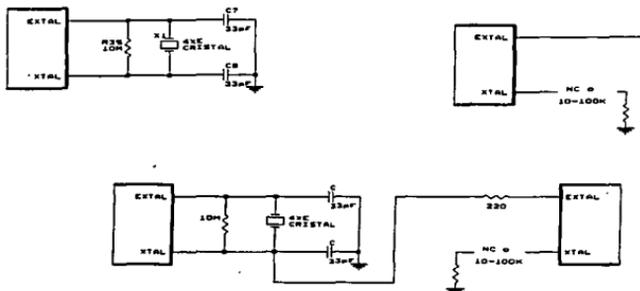


FIG. 5.19

5.5 PROGRAMACIÓN

Como se comentó anteriormente, el programa para el microcontrolador HC11 se realizó con la ayuda de un programa ensamblador para HC11 para PC (AS11.EXE), cada programa se probaba directamente con el prototipo, transmitiéndose éste programa con ayuda del software de comunicaciones PROCOMM para computadoras personales hacia la tarjeta del sistema a través de un puerto serie.

La tarjeta EVBU de MOTOROLA contiene en la ROM del microcontrolador un programa llamado BUFFALO, que funciona como el sistema operativo de la tarjeta. De este programa, se utilizaron algunas de las subrutinas que lo conforman, para ciertas pruebas, y desarrollo de rutinas con funciones similares, sin embargo, casi la totalidad de la programación se realizó de manera exclusiva para nuestra aplicación. El orden que se llevó para el diseño del programa fué desde lo más básico, como es el manejo completo de los diferentes subsistemas que contiene el HC11, pasando por el manejo y aprendizaje de otros subsistemas externos a él como fue la pantalla LCD Gráfica de matriz de puntos, a la cual se dedicó una buena parte del programa principal, y para la cual se realizaron varios programas de pruebas a fin de verificar su funcionalidad, operación, desciframiento del modo de operación, efectividad, conveniencia y para escoger diferentes opciones que ésta presenta. La mayoría de estas secciones de programas no se incluyen en el programa principal ya que solo funcionaron momentáneamente para los fines anteriormente descritos.

En el apéndice A se incluye el programa completo del sistema, en código máquina.

5.5.1 Descripción del programa para la operación del sistema

El programa consiste en una serie de rutinas y ciclos de operación que se ejecutan, dependiendo de las funciones que realiza el sistema. Dichos procedimientos se detallan a continuación:

5.5.1.1 Ciclo normal de operación: Este ciclo es donde inicia el sistema cuando es conectado, en este ciclo, se toman lecturas de los canales del ADC del HC11, y se establece el rango adecuado para la lectura válida, una vez que se tiene la lectura, ésta es procesada para que se despliegue el valor correspondiente en la pantalla LCD, y con números grandes, una barra gráfica en la parte inferior de la pantalla, ayuda al usuario, para conocer las condiciones de lectura. Un menú con dos opciones RETEN Y MENU, permiten al usuario habilitar/deshabilitar al sistema en modo lectura y retención automática, y cambio de pantalla, mediante dos botones activos, uno para cada opción respectivamente. Un indicador del tipo de láser a medir, muestra al usuario para que tipo de láser está configurado el sistema.

El modo lectura y retención automática, sirve para despliegue de la máxima lectura registrada por el sistema. Cuando éste está deshabilitado, la lectura desplegada, se muestra de acuerdo a la variación real de la potencia incidente en el transductor.

El botón de MENU, permite al usuario cambiar al siguiente menú, en el cual se tiene la posibilidad de:

- Habilitar/deshabilitar la retención automática,
- Cambiar el tipo de láser usado CO₂ ó Nd:YAG,
- Cambio a modo de aguja indicadora,
- Moverse al siguiente MENU,
- SALIR de éste menú, al ciclo inicial de operación.

En este segundo menú, se lleva a cabo otro ciclo de operaciones en las que se toman lecturas de los canales del ADC del HC11, y se procesa la lectura para ser desplegada con números un poco más pequeños que en el ciclo normal, y la posibilidad, de seleccionar las operaciones siguientes:

- a.- Habilitar/deshabilitar la retención automática, ya descrita en el ciclo normal,
- b.- Cambiar los parámetros necesarios para el proceso de la lectura, ya que son diferentes factores de conversión, para cada láser, tanto para CO₂ como Nd:YAG. Una vez que se ha seleccionado una de las dos opciones, ésta permanece hasta que se desee cambiar, o cuando se apague el sistema, la configuración por default que tiene el equipo es para CO₂.

- c.- Cambio a modo de aguja indicadora, cuando se selecciona esta opción, el programa procesará la información de la lectura en forma diferente, en este caso, el dato no se representa por medio de números, sino en una escala gráfica, donde una aguja, también gráfica, nos indicará la lectura, en esta etapa. También está habilitada la opción de retención automática y la opción de salir o regresar al menú anterior. Esta opción, pretende simular a un galvanómetro, que para ciertos ajustes es muy útil.
- d.- SIGUIENTE MENU, esta operación coloca o cambia a otro ciclo de operaciones, que se detallan más adelante.
- e.- SALIR, hará que el sistema regrese al ciclo normal de operación.

El cambio al SIGUIENTE MENU, permite al usuario cambiar a otro ciclo de operaciones, en el cual se despliega también la lectura en números iguales que el ciclo anterior, y además éste permite al usuario realizar las siguientes operaciones: **Consultar base de datos (Memorias), Guardar Datos, Limpiar Base de Datos (Memorias), Ayuda y Salir**

- a.- **Consultar base de datos(Memorias).**- el sistema realiza un despliegue de cada uno de los datos que tiene en memoria, estos datos son desplegados en forma normal, y en una presentación ya estructurada, una serie de opciones son habilitadas en este ciclo, que permiten eliminar datos, y revisar cada uno de éstos, también está habilitada la opción para regreso al ciclo anterior.
- b.- **Guardar Datos.**- Es un ciclo de operaciones meramente de edición, en el cual el programa permite alimentar una pantalla debidamente estructurada, con información específica de los equipos atendidos, la cual posteriormente es almacenada en memoria. Este ciclo permite editar y corregir la información, conforme ésta se va generando al final, el programa permite la opción de salvar en memoria, o desechar.
- c.- **Limpiar Base de Datos (Memorias).**- Esta sección, al ser ejecutada, borra todos los datos que se tienen en memoria, quedando disponibles todas las localidades para empezar a almacenar datos nuevamente.
- d.- **Ayuda .**- Esta sección del programa realiza el despliegue de un resumen de operación y manejo del equipo, éste despliegue se hace en letra normal, y un menú permite el desplazamiento por renglones o páginas.
- e.- **SALIR,** hará que el sistema regrese al ciclo normal de operación.

Para llevar a cabo estos ciclos y operaciones, el programa se basa en la mayor parte en una serie de rutinas de las cuales a continuación se definen la función que llevan acabo:

5.5.2 RUTINAS QUE INTERACTUAN CON LA PANTALLA DE CRISTAL LIQUIDO

STATS: Esta rutina proporciona los datos de control necesarios para leer el estatus de la pantalla LCD, ya que cuando ésta está realizando operaciones internas, no está en condiciones de recibir información, cuando el estatus nos proporciona condiciones de OK, es cuando se le pueden enviar datos o comandos a la pantalla, es por eso que es necesario verificar constantemente el estatus siempre que se desee interactuar con la pantalla

WRDATA: cuando se llama a esta rutina, se escribe un dato en la pantalla LCD, este dato debe estar ya contenido en el segundo acumulador B del HC11, junto con la señal PA4, y las señales de R/W, manda el valor de "B" a través del bus de datos y éste es depositado en la pantalla LCD. Con estas condiciones de control, la pantalla identifica dicho valor como un dato preliminar.

WRCOMAND: cuando se llama a esta rutina, se escribe un dato en la pantalla LCD, este dato debe estar ya contenido en el segundo acumulador B del HC11, junto con la señal PA4, y las señales de R/W, manda el valor de "B" a través del bus de datos y éste es depositado en la pantalla LCD. Con

estas condiciones de control, la pantalla identifica dicho valor como un comando, una vez que lo tiene, la pantalla ejecutará dicho comando internamente.

WRCARAC: Esta rutina es una combinación de WRDATA y WRCOMAND, la función que lleva a cabo, es la escritura de un carácter previamente almacenado, su código ascií en el segundo acumulador "B" del HC11, ya que cuando en la pantalla se desea escribir un carácter, se tiene que enviar como datos, el código de carácter, y posteriormente el comando de escritura.

INICLCD: Esta rutina, define el modo de operación de la pantalla LCD, si se trabaja con texto o gráficas, las direcciones de cada modo, y las especificaciones del cursor. Esta rutina solo se debe ejecutar al inicio de la operación o cuando se quiera cambiar los modos de operación de la misma.

TXCLEAR: Esta rutina realiza un borrado de la sección de memoria de la pantalla LCD que se encarga del despliegue, es decir, hace un borrado o clear-screen como comúnmente se conoce, trabaja junto con más rutinas como WRDATA, WRCOMAND Y WRCARAC.

DIGITO: Esta rutina ejecuta un proceso complejo, trabaja junto con la rutina BIGCAR, lo que realizan es el despliegue de un patrón de caracteres previamente definidos, que forman un número o un símbolo en la pantalla LCD, de aproximadamente 3x2 cm.

DIGITOP: Esta rutina ejecuta un proceso complejo, trabaja junto con la rutina BIGCARP, lo que realiza es el despliegue de un patrón de caracteres previamente definidos, que forman un número o un símbolo en la pantalla LCD, de aproximadamente 1.7x.9 cm.

OUTLH/OUTRH: Son dos rutinas, que implementan una sola, éstas no sirven para desplegar valores de código hexadecimal en la pantalla de LCD, por ejemplo, si se enviara a desplegar el código 21H, la pantalla nos despliega el carácter "A", pero con estas rutinas la pantalla nos despliega los caracteres "2" y "1" seguidos, que equivale a su código hexadecimal.

EXTCAR: Esta rutina se corre al inicio de la operación, y es la responsable de programar a la pantalla LCD con 128 caracteres especiales, que sirven para el manejo de gráficos y figuras en dicha pantalla.

BIGCAR: Esta rutina se encarga de procesar un número, para generar un carácter grande en la Pantalla LCD de aproximadamente 3x2 cm, dicho carácter es el que nos representa el número o letra de entrada.

BIGCARP: Esta rutina se encarga de procesar un número, para generar un carácter grande en la Pantalla LCD de aproximadamente 1.7x.9 cm, dicho carácter es el que nos representa el número o letra de entrada.

LCDSTRG: Esta rutina, en combinación con BIGCAR, permite que dada una cadena alfanumérica, y una dirección específica de la pantalla LCD, se despliegue dicha cadena en la dirección específica de la pantalla.

CHICAR: Esta rutina se encarga de hacer el despliegue total de la lectura tomada, en números de 1.7x.9 cm, en una zona específica de la pantalla, trabaja junto con las rutinas BIGCARP Y DIGITOP.

AVLETRA: Cuando se está en modo de guardar datos de la lectura tomada y del equipo, esta rutina lleva a cabo el control del avance de las letras que se irán capturando, para hacer un barrido al alfabeto, respetando los límites especificados para cada campo.

RTLLETRA: Cuando se está en modo de guardar datos de la lectura tomada y del equipo, esta rutina lleva a cabo el control del retroceso de las letras que se irán capturando para hacer un barrido al alfabeto, respetando los límites especificados para cada campo.

ENTER: Cuando se está en modo de guardar datos de la lectura tomada y del equipo, esta rutina lleva a cabo el control de la tecla ENTER, la cual cambia al siguiente campo, ya que en cada campo son condiciones diferentes para la captura de datos.

DELAY: Esta rutina únicamente es una especie de retardo que se necesita en algunas secciones del programa, como por ejemplo para que el sonido del BUZZER dure lo suficiente para que sea escuchado, o retardos de despliegues en la pantalla.

LIBRE: Cuando se está en modo de guardar datos de la lectura tomada del equipo, esta rutina lleva a cabo el control de la verificación de las localidades de memoria que se encuentran libres, y así poder guardar los datos, en localidades vacías.

BEEP: Esta rutina, controla por tiempo constante, el sonido del buzzer, la activación se hace a través de una línea de salida del puerto A del HC11.

RENGLON: Esta rutina es para despliegue de renglones de 40 caracteres en la pantalla LCD, solamente es usada en la sección donde se tiene disponible la AYUDA, ya que aquí se nos presenta un resumen de la operación del equipo, y podemos ver renglón por renglón, o por páginas de 8 renglones.

CURSOR: Esta rutina es la que define las características del cursor para la pantalla LCD y también lo activa para ser desplegado, al llamar a esta rutina, el cursor se presenta en la posición ya predefinida.

CUROFF: Esta rutina apaga o desactiva el cursor, al llamarla, el cursor de la pantalla LCD desaparece.

HEXDEC: Esta rutina convierte un número hexadecimal a una cadena ascii, de la representación decimal, la cadena ascii se define por las variables L1, L2 y L3. En cada una tenemos las unidades, decenas y centenas respectivamente.

MEMVACIA: Esta rutina prepara un banco de datos en blanco, cuando se está en la sección de guardar y consulta, en este banco, los datos se colocan momentáneamente, antes de ser desplegados en la pantalla.

LIMPMEM: Esta rutina se encarga de borrar todos los datos que están almacenados en memoria, y así todas las memorias quedan en estado libre, para poder ser ocupadas con más datos.

HDECIM: Esta rutina convierte un número hexadecimal en un número decimal, el resultado se coloca en dos variables definidas por las localidades de memoria: DECIH Y DECIL. En donde tenemos las decenas y unidades respectivamente.

INSERAGU

Al presenciar y estudiar algunas de las rutinas de servicio a equipos láser, se observó que existían algunas situaciones en donde la presencia de una aguja indicando variaciones pequeñas eran muy importantes, tal es el caso cuando a un láser de CO₂ se le cambian espejos de la cavidad resonante o bien cuando se está tratando de conseguir la potencia máxima de una cabeza láser de CO₂, en estos procedimientos lo que se hace es mover mediante tornillos de precisión, la ubicación de la base del espejo en relación con el resto de la cabeza del láser. Normalmente estos tornillos vienen en grupos de 3 o de 4 y el movimiento conjunto de ellos da como resultado una adecuada alineación del espejo y por lo tanto una potencia de salida óptima y máxima. Cada tornillo se mueve muy despacio hacia afuera o hacia adentro a la vez que se está disparando el láser en el medidor de potencia externo, un movimiento de la aguja del medidor analógico hacia abajo, es indicación que el movimiento de ese tornillo es erróneo, por lo que de inmediato se corrige y se gira en sentido opuesto hasta que ya no se consigue más potencia, este método se hace paulatina y ordenadamente un tornillo después de otro hasta que se consigue la máxima potencia posible. Lo que en realidad sucede con este tipo de ajustes es colocar a los dos espejos de la cavidad resonante exactamente en paralelo uno con otro, y a la vez de manera

perpendicular al tubo láser, además las áreas de los espejos se deben traslapar exactamente una con otra.

Al realizar este procedimiento con el medidor con despliegue numérico, es difícil visualizar si los números iban en aumento o en descenso, por lo que requería aún más atención y un movimiento más lento de los ajustes por parte de la persona que los realizaba. Ante esta situación se diseñó dentro del medidor digital una subrutina llamada AGUJA la cual consiste en la simulación de una aguja analógica en la pantalla de LCD, diseñada principalmente para este tipo de ajuste fino y delicado. Esta aguja se presenta en ventanas de 10 watts de ancho en donde a los bordes de la ventana se desplegarán los valores inferior y superior, en números, de la localización actual de la potencia, al centro se despliega el valor numérico de la potencia registrada en ese momento y además la aguja se va desplazando conforme la potencia de entrada al transductor vaya variando. En el caso de que la potencia aumente o disminuya hacia la siguiente ventana de 10 watts, los valores numéricos indican esta situación y la aguja adopta su nueva posición dentro de la ventana del nuevo período. El programa de esta función se basa en la toma de intervalos de 10 watts, en los cuales se establece una relación gráfica en una longitud de 100 pixeles directamente proporcional a 0.1W por pixel y dependiendo el valor de la lectura medida, se despliega la aguja en la posición correspondiente, la cual está armada por diferentes caracteres de acuerdo a su posición.

5.5.3 RUTINAS QUE INTERACTUAN CON EL CONVERTIDOR ANALOGICO-DIGITAL

AUTORAN: Esta rutina se encarga de la lectura de los 6 canales del convertidor analógico-digital del HC11, y determina cual es el canal óptimo para que tomen la lectura, una vez que se ha determinado dicho canal, se guardan en memoria, los parámetros de sensibilidad, rango y número de canal usado, para posteriormente realizar el procesamiento del dato hasta su despliegue en pantalla.

ADCWATTS: Esta rutina es la que procesa el número correspondiente a la conversión del voltaje de entrada por el canal seleccionado, dicho dato en hexadecimal, nos representa un voltaje, el cual se ha amplificado según un cierto parámetro, y representa un valor en watts, en otras palabras esta rutina no es más que la estructuración de una fórmula, que convierte la señal de la termopila en una representación hexadecimal de los watts que equivale dicha señal. El procedimiento o algoritmo se muestra a continuación:

$$\text{watt} = \frac{\text{ADC} \times \text{Volt/bit}}{\text{Factor de Sensibilidad}} = \text{WATT} + \text{RESIDUO}$$

$$\text{Decimal} = \frac{\text{Residuo} \times 100 \times \text{Volt/bit}}{\text{Factor de Sensibilidad}} = 1\text{er Decimal} + 2\text{o Residuo}$$

$$2\text{o Decimal} = \frac{2\text{o Residuo} \times 100 \times \text{Volt/bit}}{\text{Factor de Sensibilidad}} = 2\text{o Decimal} + 3\text{rResiduo}$$

ETC.

Donde: **ADC** corresponde a la lectura que se lee en cada canal del convertidor analógico digital este valor esta comprendido entre 00H y FFH al ser un convertidor de 8 bits. Este valor representa un voltaje a la entrada de cada canal, el cual esta dado por la relación de Volts por bit que se describe a continuación.

Volt/bit es la relación entre el voltaje que representa cada bit, para obtener el voltaje que representa, debemos saber con que parámetros esta trabajando el convertidor analógico-digital, dado que los valores de referencia son: $V_H = 5 \text{ V}$ y $V_L = 0 \text{ V}$, eso significa que un número 00H representa un voltaje de 0 volts, mientras que un número igual a FFH nos representa un voltaje de 5 volt.

La relación volts por bit se determina mediante la siguiente relación:

$$\text{Volt/bit} = \frac{V_H - V_L}{2^n - 1}$$

donde n es el número de bits con que trabaja el convertidor analógico-digital

Para nuestro caso tenemos: $n=8$, $V_H=5$, $V_L=0$, $2^8 = 256$

$$\text{Volt/bit} = \frac{5-0}{256} = 0.0196078$$

Factor de Sensibilidad es el resultado de multiplicar la sensibilidad de la termopila, por la ganancia de amplificación de cada una de las etapas amplificadoras, para el caso de la termopila empleada, tenemos una sensibilidad de 0.3 mV por cada watt, la siguiente tabla nos presenta los factores de sensibilidad para cada una de las etapas amplificadoras:

Sensibilidad	Canal	Ganancia de Amplificación Av	Factor de Sensibilidad
0.3 mV/watt	1	1000	0.3 Volt/watt
0.3 mV/watt	2	500	0.15 Volt/watt
0.3 mV/watt	3	330	0.099 Volt/watt
0.3 mV/watt	4	270	0.081 Volt/watt
0.3 mV/watt	5	200	0.060 Volt/watt
0.3 mV/watt	6	150	0.045 Volt/watt

Así por ejemplo para el primer canal tenemos que el algoritmo para cada uno de los canales del convertidor estará dado por la siguiente relación:

$$\text{Canal 1} \quad \text{watt} = \frac{\text{ADC} \times 0.0196 \text{ Volt/bit}}{0.3 \text{ Volt/watt}} = \text{WATT} + \text{RESIDUO}$$

Dado que es complicado el manejo de fracciones en un microcontrolador, el algoritmo anterior se pueden simplificar las operaciones, aplicando un pequeño truco algebraico, que consiste en multiplicar y dividir por 10000, entonces tenemos:

$$\text{Canal 1} \quad \text{watt} = \frac{\text{ADC} \times 0.0196 \text{ Volt/bit} (10000)}{0.3 \text{ Volt/watt} (10000)} = \text{WATT} + \text{RESIDUO}$$

Se observa que la constante 10000 solo puede afectar a la relación de Volts/bit, y al factor de sensibilidad, entonces tenemos que el algoritmo queda:

$$\text{Canal 1} \quad \text{watt} = \frac{\text{ADC} \times 196}{3000} = \text{WATT} + \text{RESIDUO}$$

Dado que el microcontrolador utilizado trabaja con números hexadecimales, el algoritmo final queda de la siguiente forma:

$$\text{Canal 1} \quad \text{watt} = \frac{\text{ADC} \times C4H}{888} = \text{WATT} + \text{RESIDUO}$$

En forma análoga para los siguientes canales tenemos:

DESARROLLO DEL PROYECTO

$$\text{Canal 2} \quad \text{watt} = \frac{\text{ADC} \times \text{C4H}}{8\text{DC}} = \text{WATT} + \text{RESIDUO}$$

$$\text{Canal 3} \quad \text{watt} = \frac{\text{ADC} \times \text{C4H}}{3\text{DE}} = \text{WATT} + \text{RESIDUO}$$

$$\text{Canal 4} \quad \text{watt} = \frac{\text{ADC} \times \text{C4H}}{3\text{2A}} = \text{WATT} + \text{RESIDUO}$$

$$\text{Canal 5} \quad \text{watt} = \frac{\text{ADC} \times \text{C4H}}{2\text{58}} = \text{WATT} + \text{RESIDUO}$$

$$\text{Canal 6} \quad \text{watt} = \frac{\text{ADC} \times \text{C4H}}{1\text{C2}} = \text{WATT} + \text{RESIDUO}$$

Estos factores de sensibilidad, esta calculados en base a la ganancia que se obtiene de la relación entre los valores teóricos de las resistencias. Sin embargo existe una diferencia entre los valores teóricos y los valores reales que tienen cada una de las resistencias, sobre todo en los canales intermedios, para los valores reales tenemos las siguientes relaciones.

$$\text{Canal 1} \quad \text{watt} = \frac{\text{ADC} \times \text{C4H}}{8\text{B8}} = \text{WATT} + \text{RESIDUO}$$

$$\text{Canal 2} \quad \text{watt} = \frac{\text{ADC} \times \text{C4H}}{6\text{72}} = \text{WATT} + \text{RESIDUO}$$

$$\text{Canal 3} \quad \text{watt} = \frac{\text{ADC} \times \text{C4H}}{4\text{3B}} = \text{WATT} + \text{RESIDUO}$$

$$\text{Canal 4} \quad \text{watt} = \frac{\text{ADC} \times \text{C4H}}{2\text{5E}} = \text{WATT} + \text{RESIDUO}$$

$$\text{Canal 5} \quad \text{watt} = \frac{\text{ADC} \times \text{C4H}}{2\text{40}} = \text{WATT} + \text{RESIDUO}$$

$$\text{Canal 6} \quad \text{watt} = \frac{\text{ADC} \times \text{C4H}}{1\text{C2}} = \text{WATT} + \text{RESIDUO}$$

Estos valores de alguna forma sirvieron para las pruebas iniciales, sin embargo en el momento de realizar los ajustes a cero y calibración de los factores de sensibilidad, adicionado a la tolerancia de cada una de las resistencias, fue necesario ajustar dichos valores a fin de que el sistema se comportara lo más lineal posible.

Por otra parte, la respuesta de absorción de la termopila varía si se usa otro tipo de láser, en nuestro caso el equipo debe ser capaz de medir potencias para láseres de CO₂ y Nd:YAG. La absorción del disco calórico para el Nd:YAG es menor que para el CO₂ a razón de 1.08, los parámetros anteriores son para las condiciones de absorción del láser de CO₂, por lo tanto el algoritmo se ve afectado por una constante de 1.08, si se desea medir potencias de láseres de Nd:YAG el algoritmo se ve multiplicado por el factor de absorción para el YAG.

$$\text{Canal X} \quad \text{watt} = \frac{\text{ADC} \times \text{C4H}}{\text{Factor de Sensibilidad}} (1.08) = \text{WATT} + \text{RESIDUO}$$

Se observa que para simplificar este proceso, Únicamente afectamos a la relación Volt/bit y de esta forma tendremos el algoritmo para el calculo de láser tipo Nd:YAG.

$$C4 \times 1.08 = 196 \times 1.08 = 211.68 \text{ aproximadamente } 212 = D4H$$

$$\text{Canal X} \quad \text{watt} = \frac{\text{ADC} \times D4H}{\text{Factor de Sensibilidad}} = \text{WATT} + \text{RESIDUO}$$

En la siguiente tabla se muestran los parámetros para el algoritmo, para cada canal y tipo de láser, los factores de sensibilidad que se muestran, corresponden al los que se obtuvieron al calibrar y ajustar el equipo; también se muestra el intervalo de operación para cada uno de los canales.

Canal	Factor de Sensibilidad (hex)	Volt/Bit para C4 (hex)	Volt/Bit para Nd:YAG (hex)	Resistencia (watts)	Rango de operación
1	0C8E	C4	D4	0.08	0-18 watts
2	0656	C4	D4	0.11	16-30 watts
3	042F	C4	D4	0.19	30-50 watts
4	0378	C4	D4	0.25	50-66 watts
5	02A1	C4	D4	0.32	66-83 watts
6	01F9	C4	D4	0.39	83-100 watts

ADC: Esta rutina activa al canal seleccionado del convertidor analógico-digital, y lo configura para que realice una conversión completa y se detenga, esta conversión toma cuatro lecturas del mismo canal, y cada uno de los datos es colocado en las direcciones 1031, 1032, 1033 y 1034 de la memoria interna del HC11, estos datos posteriormente son leídos y procesados.

MUESTRA: Esta rutina se encarga de hacer un muestreo continuo de los datos que se toman en el ADC, hasta tener 256 muestras, esto es porque las conversiones varían mucho aunque se tratara de la misma lectura, con este muestreo, se saca la media aritmética del conjunto de datos y éste nos representa el valor más aproximado a la lectura real. Se escogieron 256 muestras, por ser un dato que facilita las operaciones con números hexadecimales.

VECINIT: Esta rutina se corre siempre que se inicializa o enciende el sistema, lo que se hace es una verificación del vector de interrupciones para el microcontrolador HC11.

5.5.4 Sección de calibración.- El equipo se puede calibrar mediante la energización de una resistencia eléctrica (aproximadamente 50 ohm), que se encuentra en la cara posterior del disco calónico, dicha resistencia, al calentarse provoca en la termopila un voltaje que es proporcional a la potencia eléctrica aplicada en la resistencia. Mediante este valor de potencia, que se puede medir con ayuda de un voltímetro y un amperímetro podemos ajustar la sensibilidad de respuesta del equipo tomando en cuenta que se esta estimulando en este proceso la cara posterior del disco calónico y las mediciones de rayo láser se realizaran a través de la cara anterior es por esto que tenemos que considerar una relación de la sensibilidad de la cara anterior del disco entre la sensibilidad de la cara posterior determinada por el ancho del disco de aluminio, la cual esta dada por 1.025 es decir p.e. que para obtener 1 watt en la parte posterior del disco que es donde estamos midiendo, se tiene que excitar la cara anterior con 1.025 watts. Por lo tanto cuando se calibra el equipo estimulando la resistencia la potencia eléctrica suministrada se

debe multiplicar por 1.025, y este resultado que es el de la potencia calculada es al que se debe ajustar el equipo.

El equipo ya ha sido calibrado previamente, en caso de requerirse de otra calibración, véase el apéndice C que corresponde al manual de usuario, y en la sección 6.

Para que el equipo lleve a cabo la calibración, cuando se llama a este modo, es necesario realizar dos ajustes:

1.- Ajuste a cero.

2.- Ajuste de factores de sensibilidad para cada uno de los canales de lectura.

En el primer paso de ajuste a cero, el programa ejecuta una sección de despliegue de cada uno de los canales, aquí se presentan los valores en hexadecimal de cada uno cuando no hay excitación en la termopila, se presentaran valores pequeños entre 00 y 0F debido a que lo amplificadores de cada etapa tienen diferente respuesta, así dichos valores se toman como referencias de cero para cada uno de los canales.

Es en esta sección donde, al ajustar dichos valores de referencia, mediante el teclado se puede guardar los valores que se presentaron, o pasar a la siguiente sección, en caso de que dichos valores estén correctos.

El segundo paso consiste en la calibración del (os) factor (es) de sensibilidad de cada canal, mediante la aplicación de potencia eléctrica al sensor; en esta sección, podemos seleccionar cada uno de los parámetros a modificar y cambiar sus valores, de tal forma que se obtengan los resultados deseados.

Para la realización de estas funciones, se emplean varias rutinas y procedimientos que a continuación se describen.

CALCERO.- Sección de ajuste a cero, en esta sección se realiza el monitoreo de los valores de referencia que se presentan en cada canal del ADC del HC11 cuando no hay excitación en el sensor de medición, estos valores se almacenan en la NOVRAM del HC11 y se envían para el cálculo de las lecturas cuando el equipo trabaja en operación normal.

Presenta las opciones de tomar los valores desplegados en ese momento mediante la tecla "OK" o pasar a la siguiente sección respetando los valores ya almacenados con la tecla "sigue".

CALIBS.- Sección para ajuste y calibración de sensibilidad de cada uno de los canales del ADC del HC11.

Presenta las siguientes opciones: "SEL" para seleccionar el parámetro a modificar, ya sea potencia eléctrica aplicada o alguno de los factores de sensibilidad.

"AJUSTE -" "++" para modificar hacia abajo o hacia arriba respectivamente el parámetro seleccionado.

"LISTO" para guardar y verificar las modificaciones realizadas a los factores de sensibilidad.

"SALIR" para salir del modo de calibración y regresar a la pantalla principal.

ZADC.- Rutina que toma una muestra de las lecturas en un canal específico previamente establecido, se usa para leer cada uno de los canales cuando el equipo está en modo de calibración, a diferencia de modo normal en donde sólo se lee el canal adecuado a la entrada.

DECFSEN.- Rutina que decrementa el factor de sensibilidad seleccionado, esta rutina determina el factor seleccionado, y lo decrementa a razón de 1H, se ejecuta cuando se oprime la tecla de "- AJUSTE", si el parámetro seleccionado corresponde a un factor de sensibilidad, determina que factor es y es el que se modifica.

INCFSEN.- Rutina que incrementa el factor de sensibilidad seleccionado, esta rutina determina el factor seleccionado, y lo incrementa a razón de 1H, se ejecuta cuando se oprime la tecla de " AJUSTE ++", si el parámetro seleccionado corresponde a un factor de sensibilidad, determina que factor es y es el que modifica.

DECWATT.- decrementa los watts eléctricos de entrada para la calibración , se decrementan tanto valores usados para despliegue como el valor que se usa para determinar la potencia eléctrica calculada.

INCWATT.- Incrementa los watts eléctricos de entrada para la calibración , se incrementan tanto valores usados para despliegue como el valor que se usa para determinar la potencia eléctrica calculada.

INDICA.- Rutina para despliegue del indicador de selección (<) el cual indica el parámetro a modificar, el cual puede ser alguno de los factores de sensibilidad o la potencia eléctrica de entrada la cual es introducida por el usuario y sirve para que a partir de ella el equipo calcule la potencia eléctrica calculada que se deberá leer en los canales.

INDICAC.- Rutina para insertar blancos en las direcciones donde se coloca el indicadores de selección, posteriormente se inserta el indicador en el lugar correspondiente, dependiendo del parámetro seleccionado.

DIRECC.- Rutina auxiliar para mandar dirección de escritura de carácter blanco e indicador en las rutinas INDICA e INDICAC.

DESCANAL.- Rutina para despliegue de potencia de cada uno de los seis canales, la potencia eléctrica suministrada y la potencia calculada. Cuando despliega potencia de algún canal, llama a la rutina ADCWATTS, que calcula lo que lee en cada uno de los canales; Las potencias eléctrica suministrada y la calculada, son constantes, por lo tanto se llama a esta misma rutina a partir de la etiqueta "DESPOT".

DEFSENSI.- Rutina para despliegue del valor en hexadecimal de cada uno de los factores de sensibilidad.

POTELEC.- Rutina de despliegue de potencias eléctricas y calculada, ésta se ejecuta cuando se modifica el valor de la potencia eléctrica suministrada a la termopila, este parámetro sólo sirve de referencia al usuario, ya que a partir de este valor el equipo indicará la potencia que se debe de leer.

CALCULO.- Rutina para el cálculo de la potencia a leer en base a la potencia eléctrica seleccionada, esta rutina hace el cálculo de la potencia en base a la relación $PC = 1.025 * PE$.

AUTORESET.- Rutina para carga de valores de sensibilidad de default, dichos valores fueron obtenidos según el cálculo de cada una de las etapas amplificadores, la última parte de esta rutina corresponde a la lectura y almacenamiento de factores de sensibilidad que están en EEPROM y se pasan a RAM de donde se toman dichos valores para cálculo de las lecturas correspondientes.

EEWRITE.- Rutina para escritura de un carácter en la EEPROM (RAM no volátil interna del HC11) la dirección está dada por el registro X y el dato está contenido en el acumulador A. La escritura se hace byte por byte , y primero verifica que la localidad a escribir contenga la palabra FF, en caso contrario primero se graba esta palabra en dicha localidad y posteriormente se escribe el nuevo dato.

EEWRIT.- Rutina para escritura de un byte en EEPROM, esta rutina modifica el registro de programación de EEPROM y configura el bus para programar o borrar un nuevo dato, una vez enviado el dato a la localidad correspondiente , esta rutina proporciona un delay de aproximadamente 10 mseg. Para completar la escritura del dato.

CALIBRAX.- Rutina que transfiere los valores modificados de los factores de sensibilidad a las localidades correspondientes de EEPROM cada valor es leído y escrito byte por byte.

FSSENSIX.- Rutina para despliegue de nuevos factores de sensibilidad que se tienen al realizar la calibración, y se ejecuta al final de la calibración, para verificar que los datos fueron escritos correctamente en la EEPROM.

SACAF8.- Rutina que despliega valores en hexadecimal de 16 bits contenidos en la dirección definida por el registro de índice X en la dirección de la pantalla definida por el registro de índice Y es decir si: $\$X=(103F)$ $\$Y=1000$ a partir de la dirección 1000 de la pantalla se despliegan los caracteres "1", "0", "3", "F".

SACAADC.- Rutina que despliega valores en hexadecimal de 8 bits contenidos en la dirección definida por el registro de índice X en la dirección de la pantalla definida por el registro de índice Y es decir si: $\$X=(3F)$ $\$Y=1000$ a partir de la dirección 1000 de la pantalla se despliegan los caracteres "3", "F".

CEROAJU.- Rutina de inicialización de valores de referencia para ceros de cada canal del convertidor, que se leen los valores de referencia de cero, que se modificaron en el ajuste de cero y son almacenados en la dirección correspondiente en EEPROM (RAM no volátil del HC11) , la última parte corresponde a la rutina CERORES, que lee los valores de referencia de la EEPROM y los almacena en su dirección correspondiente en RAM que es de donde se usa para el cálculo de las lecturas de cada canal.

CEROZ. -Rutina que limpia los valores de referencia colocando ceros en cada una de las localidades donde se guardan dichos parámetros .

SZEREE.- Rutina que despliega los valores de referencia que se encuentran en EEPROM. Para el despliegue se indica la dirección de despliegue en la pantalla por medio del registro de índice "Y" y el dato a desplegar está en la dirección que indica el registro de índice X. Esto nos permite comparar los últimos datos de referencia, con respecto a los que se están presentando al momento de iniciar la calibración y así damos cuenta si existe alguna variante entre ellos para poder corregirla o restablecer nuevos valores de referencia para los ceros.

5.6 Unidad de respaldo para memoria.

Dado que el equipo cuenta con una memoria RAM estática de 32 Kbytes, en la cual se almacenan datos para el proceso de lectura y despliegue de información dichos datos son momentáneos y solo son procesados al momento que se necesitan, sin embargo además se cuenta con una opción de almacenamiento de datos del equipo láser al cual se le efectuó la medición, los cuales deben permanecer en memoria, aun cuando el equipo sea apagado.

Para lograr este objetivo, es necesario que la RAM cuente con una fuente de voltaje alterna a la alimentación normal como se muestra en la figura 5.20.

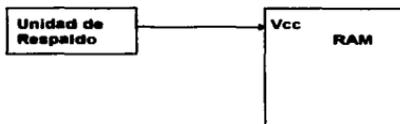


FIG. 5.20

Para ello se utilizó una batería recargable de Níquel-Cadmio, de 3.6 Volt y una capacidad de 60 mA-h, como fuente de voltaje, la unidad de respaldo además de la batería, debe comprender un circuito para recargar dicha batería, y alimentar a la RAM, con la alimentación normal si el equipo esta encendido, para ello, el fabricante de este tipo de baterías recomienda el circuito de recarga que se muestra en la fig 5.21.

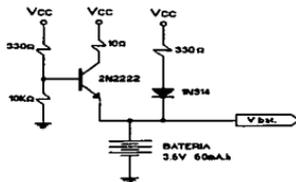


FIG. 5.21

El circuito de la figura 5.21 el transistor NPN esta polarizado con tres resistencias, las resistencias que polarizan a la base, fijan el voltaje de base V_b a aproximadamente 4.9 volt, como el voltaje entre base y emisor es $V_{be} = 0.7$ volt, por lo tanto el voltaje en el emisor será de $V_b - 0.7 = 4.1$ volt, que corresponde al voltaje máximo al cual se cargara la batería, la resistencia en serie con el diodo nos dan una corriente de aproximadamente 6 mA, que corresponde al 10% de la capacidad de la batería, y es dicho valor el que se necesita para una recarga normal de la batería, dicho voltaje se presenta en la terminal señalada con V Bat.

En esta configuración, el voltaje V Bat equivale a 4.1 volt, y sería el que se aplica a la RAM en operación normal, y cuando se suspendiera la alimentación de Vcc, el voltaje en V Bat, correspondería al de la batería, es decir 3.6 volts.

A fin de hacer mas eficiente la unidad de respaldo, se agrego una sección de switcheo, para cuando Vcc este presente, se tenga un voltaje de Vcc en la terminal V Bat, y cuando se suspendiera Vcc, entrara en operación la batería, dicho circuito se presenta en la figura 5.22.

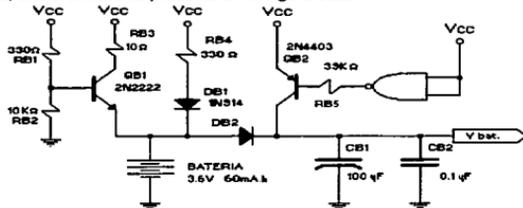


FIG 5.22

Como se observa en el diagrama de la figura 5.22, cuando Vcc esta presente, la compuerta NAND, pone a tierra la base del transistor PNP, lo cual pone a dicho transistor en saturación, y el voltaje Vcc pasa a la terminal V Bat, dado que este voltaje es mayor que el voltaje de la batería, el diodo DB2, estará polarizado en inversa, y no conducirá, por lo cual la batería estará en modo de recarga cuando Vcc este presente, cuando se suspende Vcc, la compuerta al igual que los transistores, tanto el NPN como el PNP quedan sin alimentación, y la batería conduce su voltaje a través del diodo DB2, hacia la terminal V Bat y así la memoria RAM siempre estará con alimentación, dado que Vcc controla la señal de habilitación E cuando se suspende la RAM queda en estado de hibernación, y se presenta un consumo mínimo de corriente, al medir dicho consumo se presente el valor de 15 micro amperes lo que garantiza un tiempo bastante largo, antes de que la batería se descargue por completo; los capacitores a la salida de la terminal V Bat, sirven para eliminar ruido, y en caso de desconexión de la batería, el capacitor CB1 de 100 uF, queda cargado con el voltaje de la batería y alimenta a la RAM por un periodo de hasta 5 minutos, tiempo suficiente para conexión de otra batería o encender el equipo.

5.7 Resultados.

Para caracterizar el equipo, realizamos diferentes mediciones y obtuvimos los resultados de precisión y exactitud.

Dado que el MPL1 mide la potencia de un rayo láser, pudiera pensarse como patrón de medición el rayo láser de un equipo quirúrgico, sin embargo, estos equipos tienen una tolerancia del 10%, por lo que no son exactos y por lo tanto no es un patrón confiable. El patrón que tomamos fue la potencia obtenida de la medición del voltaje y la corriente aplicada a la resistencia metálica colocada en la espalda del disco cáldrico, para efectos de caracterización se consideró como un patrón confiable el resultado de la medición del voltaje por la corriente suministrada a la resistencia de calibración de la termopila. Por restricciones de la fuente de voltaje que se utilizó pudimos obtener mediciones de 0 a 12 watts, ya que la fuente con que contamos no da como voltaje máximo 25 volts; tomamos las lecturas de los seis canales del ADC del equipo y obtuvimos un valor promedio para los diferentes valores de potencia de cada canal. El porcentaje de exactitud y de precisión se determina a partir de las siguientes fórmulas:

%Exactitud = 100% - %e.e. donde %e.e. es el porcentaje de error de exactitud

$$\%e.e. = \frac{L_{\text{patrón}} - L_{\text{promedio}}}{L_{\text{patrón}}} \times 100$$

%Precisión = 100% - %e.p. donde %e.p. es el porcentaje de error de precisión

$$\%e.p. = \frac{L_{\text{promedio}} - L_{\text{ap}}}{L_{\text{promedio}}} \times 100 \quad \text{L}_{\text{ap}} \text{ es el valor más alejado del promedio de la serie de medidas tomadas.}$$

A continuación se muestra la tabla de mediciones y resultados correspondientes para cada canal, se tomaron 8 muestras por cada valor patrón, y para efectos de cálculo se toma el promedio de las lecturas.

Las abreviaturas corresponden a:

P.p =Potencia patrón

L1-L8 = Son las lecturas de potencia hechas en el MPL1.

L. Med = Es el promedio de las lecturas L1-L8.

L. Alej. = Es el valor más alejado a L.med, de las lecturas L1-L8.

Incert. = Es la incertidumbre estándar o aleatoria de las 8 lecturas L1-L8

Err. E = Es el porcentaje de error de exactitud, en base a la potencia patrón y el promedio de las lecturas

Err. Pre. = Es el porcentaje de error de precisión.

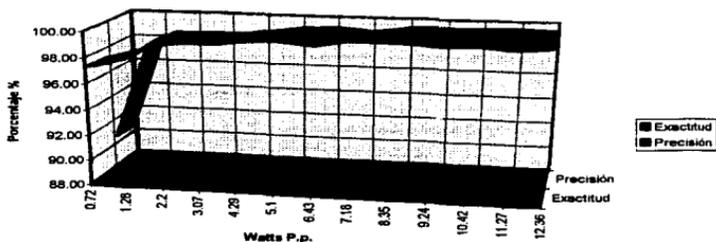
Exactitud = Porcentaje de exactitud

Precisión = Porcentaje de precisión

ANÁLISIS PARA EL CANAL 1 CON RESOLUCIÓN DE 0.06 WATTS

P.P (W)	L1 (W)	L3 (W)	L3 (W)	L4 (W)	L6 (W)	L6 (W)	L7 (W)	L8 (W)	L Med (W)	L Am (W)	Incert (W)	Err.E %	Err.Pre %	Exactitud %	Precisión %	
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0	0.000					
0.72	0.72	0.68	0.75	0.68	0.75	0.75	0.75	0.81	0.740	0.61	0.018	2.78	0.48	97.32	90.04	
1.28	1.31	1.31	1.31	1.28	1.31	1.31	1.31	1.31	1.306	1.28	0.004	2.68	2.01	97.93	97.99	
2.2	2.26	2.19	2.26	2.19	2.29	2.19	2.19	2.19	2.213	2.25	0.011	0.87	1.68	99.43	98.31	
3.07	3.08	3.06	3.06	3.00	3.08	3.08	3.08	3.08	3.053	3	0.006	0.87	1.72	99.43	98.28	
4.29	4.25	4.25	4.25	4.25	4.25	4.25	4.25	4.32	4.268	4.32	0.011	0.82	1.23	99.48	98.77	
5.1	5.07	5.13	5.07	5.07	5.07	5.13	5.07	5.07	5.085	5.13	0.010	0.29	0.88	99.71	99.12	
6.43	6.38	6.40	6.38	6.38	6.38	6.40	6.44	6.38	6.303	6.44	0.008	0.58	0.74	99.42	99.26	
7.18	7.20	7.13	7.20	7.20	7.20	7.26	7.13	7.20	7.160	7.20	0.010	0.14	0.87	99.94	99.03	
8.35	8.32	8.32	8.38	8.32	8.32	8.36	8.32	8.32	8.338	8.38	0.011	0.10	0.63	99.85	99.37	
9.24	9.20	9.20	9.20	9.20	9.20	9.26	9.20	9.20	9.208	9.26	0.008	0.38	0.67	99.65	99.43	
10.42	10.39	10.39	10.35	10.39	10.39	10.45	10.39	10.39	10.393	10.45	0.010	0.26	0.55	99.74	99.40	
11.27	11.2	11.2	11.27	11.2	11.2	11.27	11.2	11.2	11.216	11.27	0.011	0.47	0.47	99.53	99.53	
12.36	12.27	12.33	12.39	12.27	12.27	12.39	12.33	12.33	12.323	12.39	0.018	0.30	0.55	99.7	99.45	
											PROB:	0.011	0.693	1.652	99.303	98.348

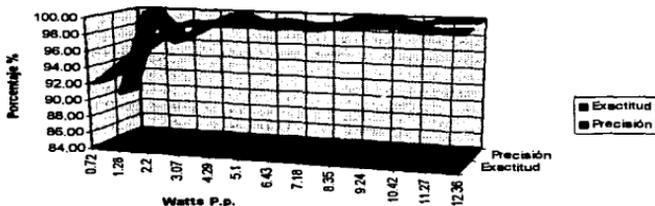
Exactitud y precisión del 1er canal



ANÁLISIS PARA EL CANAL 2 CON RESOLUCIÓN DE 0.11 WATTS

P. p (W)	L1 (W)	L2 (W)	L3 (W)	L4 (W)	L5 (W)	L6 (W)	L7 (W)	L8 (W)	L Med (W)	L. Av. (W)	Incert. (W)	Err.E %	Err.Pre %	Exactitud %	Precisión %	
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0	0.000					
0.72	0.73	0.73	0.66	0.73	0.66	0.73	0.66	0.73	0.66	0.779	0.06	0.024	8.14	10.43	91.84	99.57
1.28	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.350	1.35	0.060	0.47	0.00	96.63	100.00	
2.2	2.34	2.21	2.34	2.21	2.34	2.21	2.21	2.21	2.259	2.34	0.024	2.97	3.60	97.33	98.40	
3.07	3.01	3.07	3.01	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.055	3.01	0.010	0.49	1.47	99.51	98.53	
4.29	4.31	4.31	4.31	4.31	4.31	4.31	4.31	4.31	4.310	4.31	0.060	0.47	0.00	99.53	100.00	
5.1	5.05	5.17	5.17	5.05	5.17	5.17	5.17	5.05	5.125	5.05	0.022	0.49	1.48	99.51	98.94	
6.43	6.40	6.52	6.40	6.40	6.40	6.52	6.40	6.40	6.430	6.52	0.020	0.00	1.40	100.00	98.60	
7.18	7.14	7.14	7.14	7.14	7.14	7.28	7.14	7.14	7.155	7.28	0.015	0.35	1.47	99.65	99.53	
8.35	8.37	8.37	8.37	8.37	8.37	8.37	8.37	8.37	8.370	8.37	0.060	0.24	0.00	99.76	100.00	
9.24	9.23	9.23	9.23	9.23	9.23	9.23	9.23	9.23	9.230	9.23	0.060	0.11	0.00	99.89	100.00	
10.42	10.34	10.34	10.34	10.47	10.47	10.47	10.34	10.47	10.405	10.34	0.028	0.14	0.82	99.86	99.38	
11.27	11.21	11.21	11.21	11.21	11.21	11.21	11.21	11.21	11.210	11.21	0.060	0.53	0.00	99.47	100.00	
12.38	12.31	12.31	12.31	12.31	12.31	12.31	12.31	12.31	12.310	12.31	0.060	0.40	0.00	99.60	100.00	
									PROM.		0.011	1.602	1.574	96.498	98.424	

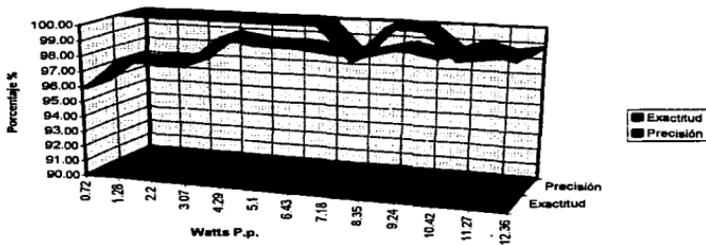
Exactitud y Precisión del canal 2



ANÁLISIS PARA EL CANAL 3 CON RESOLUCIÓN DE 0.1W WATTS

P.P. (W)	L1 (W)	L3 (W)	L3 (W)	L4 (W)	L4 (W)	L6 (W)	L6 (W)	L7 (W)	L8 (W)	L Med (W)	L. Am. (W)	Incert (W)	Err.E %	Err.Pre %	Exactitud %	Precisión %	
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0	0.000					
0.72	0.72	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.750	0.750	0.75	0.000	4.17	0.00	99.83	100.00	
1.38	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.310	1.31	0.000	2.34	0.00	97.96	100.00		
2.2	2.25	2.25	2.25	2.25	2.25	2.25	2.25	2.25	2.250	2.25	0.000	2.27	0.00	97.73	100.00		
3.07	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.000	3	0.000	2.28	0.00	97.72	100.00		
4.29	4.31	4.31	4.31	4.31	4.31	4.31	4.31	4.31	4.310	4.31	0.000	0.47	0.00	99.53	100.00		
5.1	5.06	5.06	5.06	5.06	5.06	5.06	5.06	5.06	5.060	5.06	0.000	0.78	0.00	99.22	100.00		
6.43	6.38	6.38	6.38	6.38	6.38	6.38	6.38	6.38	6.380	6.38	0.000	0.78	0.00	99.22	100.00		
7.18	6.95	7.13	7.13	7.13	7.13	7.13	7.13	7.13	7.108	6.95	0.023	1.01	2.22	98.99	97.78		
8.35	8.28	8.28	8.28	8.28	8.28	8.28	8.28	8.28	8.260	8.28	0.000	1.08	0.00	98.92	100.00		
9.24	9.19	9.19	9.19	9.19	9.19	9.19	9.19	9.19	9.190	9.19	0.000	0.54	0.00	99.46	100.00		
10.42	10.14	10.52	10.32	10.32	10.32	10.51	10.32	10.32	10.321	10.51	0.036	0.95	1.43	99.05	98.17		
11.27	11.30	11.07	11.26	11.26	11.26	11.26	11.26	11.26	11.241	11.07	0.029	0.26	1.52	99.74	98.48		
12.36	12.20	12.20	12.36	12.20	12.20	12.36	12.20	12.20	12.248	12.36	0.031	0.91	1.16	99.09	98.84		
												PROM.	0.009	1.372	0.519	98.628	99.482

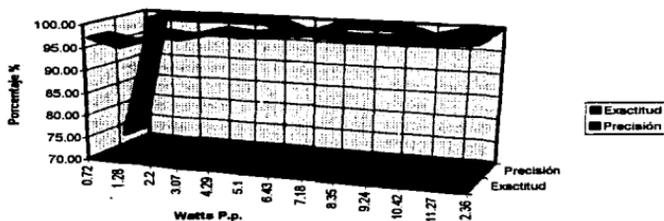
Exactitud y Precisión del canal 3



ANÁLISIS PARA EL CANAL 4 CON RESOLUCIÓN DE 0.38 WATTS

P. p. (W)	L1 (W)	L2 (W)	L3 (W)	L4 (W)	L5 (W)	L6 (W)	L7 (W)	L8 (W)	L. Res (W)	L. An. (W)	Incert (W)	Err. E %	Err. Pre %	Exactitud %	Precisión %	
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0	0.000	---	---	---	---	
0.72	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.68	0.688	0.69	0.028	3.13	27.80	96.99	72.40	
1.26	1.34	1.34	1.34	1.34	1.34	1.34	1.34	1.34	1.340	1.34	0.000	4.89	0.00	95.31	100.00	
2.2	2.24	2.24	2.24	2.24	2.24	2.24	2.24	2.24	2.240	2.24	0.000	1.82	0.00	98.18	100.00	
3.07	3.14	3.14	3.14	3.14	3.14	3.14	3.14	3.14	3.140	3.14	0.000	2.28	0.00	97.73	100.00	
4.28	4.28	4.28	4.28	4.28	4.28	4.28	4.28	4.28	4.280	4.28	0.000	0.70	0.00	99.30	100.00	
5.1	5.16	5.16	5.16	5.16	5.16	5.16	5.16	5.16	5.160	5.16	0.000	1.18	0.00	98.82	100.00	
6.43	6.28	6.28	6.51	6.51	6.51	6.51	6.51	6.51	6.453	6.28	0.038	0.35	2.67	99.63	97.33	
7.18	7.18	7.18	7.18	7.18	7.18	7.18	7.18	7.18	7.180	7.18	0.000	0.00	0.00	100.00	100.00	
8.35	8.30	8.30	8.30	8.30	8.30	8.30	8.30	8.30	8.300	8.3	0.000	0.60	0.00	99.60	100.00	
9.24	9.20	9.20	9.20	9.20	9.20	9.20	9.20	9.20	9.200	9.2	0.000	0.43	0.00	99.57	100.00	
10.42	10.32	10.32	10.32	10.32	10.32	10.35	10.32	10.32	10.349	10.55	0.029	0.88	1.84	99.32	98.06	
11.27	11.22	11.22	11.22	11.22	11.22	11.22	11.22	11.22	11.220	11.2	0.000	0.44	0.18	99.56	99.82	
12.36	12.34	12.34	12.34	12.34	12.34	12.34	12.34	12.34	12.340	12.34	0.000	0.16	0.00	99.84	100.00	
											PROM.	0.007	1.264	2.492	98.734	97.908

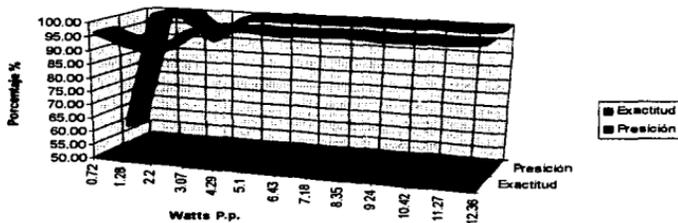
Exactitud y Precisión del canal 4



ANÁLISIS PARA EL CANAL 9 CON RESOLUCIÓN DE 0.39 WATTS

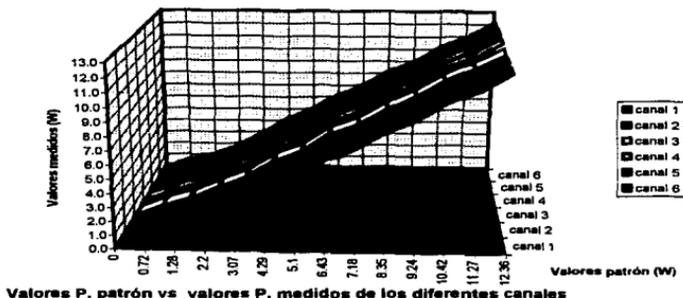
P. p. (W)	L1 (W)	L2 (W)	L3 (W)	L4 (W)	L5 (W)	L6 (W)	L7 (W)	L8 (W)	L. 100w (W)	L. 100w (W)	L. 100w (W)	Incert (W)	Err.B %	Err.Pro %	Exactitud %	Precisión %
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0	0.000				
0.72	0.39	0.79	0.79	0.39	0.79	0.79	0.79	0.79	0.690	0.39	0.065	4.17	43.48	95.83	56.52	
1.28	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18	1.180	1.18	0.000	7.81	0.00	92.19	100.00	
2.2	1.97	1.97	1.97	1.97	1.97	1.97	1.97	1.97	1.970	1.97	0.000	10.45	0.00	99.55	100.00	
3.07	2.76	3.16	3.16	2.76	3.16	3.16	2.76	3.16	3.010	2.76	0.073	1.95	8.31	98.05	91.68	
4.29	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.340	4.34	0.000	1.17	0.00	98.83	100.00	
5.1	5.13	5.13	5.13	5.13	5.13	5.13	5.13	5.130	5.130	5.13	0.000	0.99	0.00	99.41	100.00	
6.43	6.32	6.32	6.32	6.32	6.32	6.32	6.32	6.320	6.320	6.32	0.000	1.71	0.00	98.29	100.00	
7.18	7.11	7.11	7.11	7.11	7.11	7.11	7.11	7.110	7.110	7.11	0.000	0.97	0.00	99.03	100.00	
8.35	8.29	8.29	8.29	8.29	8.29	8.29	8.29	8.290	8.290	8.29	0.000	0.72	0.00	99.26	100.00	
9.24	9.08	9.08	9.08	9.08	9.08	9.08	9.08	9.080	9.080	9.08	0.000	1.73	0.00	98.27	100.00	
10.42	10.27	10.27	10.27	10.27	10.27	10.27	10.27	10.270	10.270	10.27	0.000	1.44	0.00	98.56	100.00	
11.27	11.08	11.08	11.08	11.08	11.08	11.08	11.08	11.080	11.080	11.08	0.000	1.93	0.48	98.07	99.52	
12.36	12.25	12.25	12.25	12.25	12.25	12.25	12.25	12.250	12.250	12.25	0.000	0.89	0.00	99.11	100.00	
												12.25	0.000	0.89	0.00	99.11
												12.250	0.011	2.734	4.020	97.266

Exactitud y Precisión del canal 6



De las gráficas anteriores se puede observar que en términos generales el equipo posee una exactitud y precisión estables después de los primeros 1.5 watts, para valores más pequeños a éstos en la mayoría de los canales se observó una exactitud y precisión bajas, sin embargo consideramos que esta situación no es importante ya que los equipos a medir, normalmente se utilizan en sus valores mayores a 5 watts, y el valor usualmente más requerido para su calibración es la potencia máxima que pueda generar el láser quirúrgico. La situación de que en la realidad se necesiten medir potencias de un láser quirúrgico menores a 5 watts resulta más bien esporádica.

La siguiente gráfica indica el comportamiento de los valores medidos por cada canal respecto a los valores patrón suministrados.



A pesar de no haberse realizado la caracterización para potencias arriba de 13 watts, con valores "patrón", al momento de realizar las mediciones sobre equipos quirúrgicos de CO₂ y de Nd:YAG y comparar las mediciones con un medidor de potencia analógico se observó linealidad en todo el rango de medición, y valores muy similares a aquellos medidos con un medidor de potencia analógico.

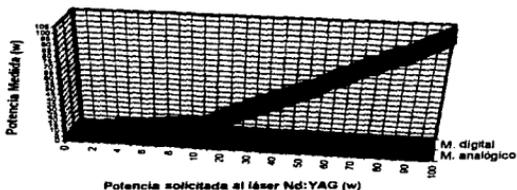
Mediciones reales

A continuación se presentan las tablas comparativas de medición del MPL1 comparadas con la potencia solicitada en dos diferentes láseres y con la medición realizada con un medidor analógico comercial:

- 1) Con un Equipo láser Nd:YAG 3000 marca Sharplan de 100 watts propiedad del Hospital de Especialidades Centro Médico Nacional siglo XXI, se realizaron las mediciones sin utilizar fibra óptica, éstas se hicieron directamente a la salida de la cabeza del láser a una distancia de 40 cm de la apertura.

1	1.08	1.12
2	2.06	2.08
3	3.04	3.04
4	4.08	4.08
5	5.10	5.14
6	6.30	6.32
7	7.50	7.54
8	8.33	8.36
9	9.45	9.50
10	10.40	10.45
15	14.90	15.02
20	20.50	20.52
25	25.90	26.04
30	31.33	31.34
35	36.66	36.78
40	40.30	40.42
45	45.90	46.08
50	49.60	49.82
55	55.10	55.32
60	62.33	62.66
65	65.66	65.82
70	72.33	72.66
75	76.00	76.28
80	83.00	83.38
85	85.50	85.60
90	92.50	92.78
95	97.66	98.02
100	104.33	104.72

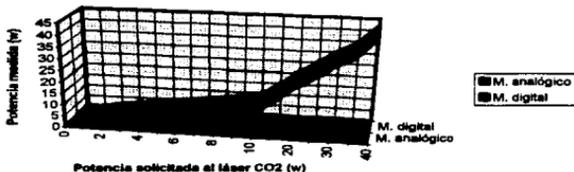
Comparación de medidores analógico OPHIR y digital MPL1 midiendo un láser Nd:YAG



2) Con un equipo láser de CO₂ de 40 watts de potencia marca Sharpplan modelo 40C, propiedad del Hospital Infantil de Mexico, se realizaron las siguientes mediciones a la salida del brazo articulado.

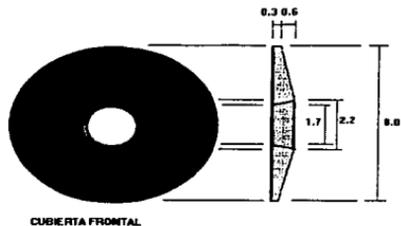
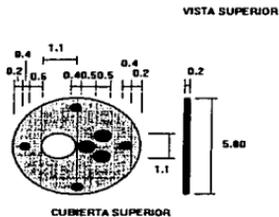
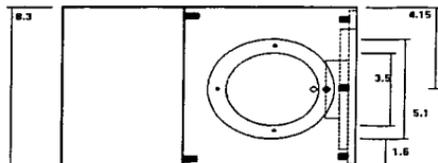
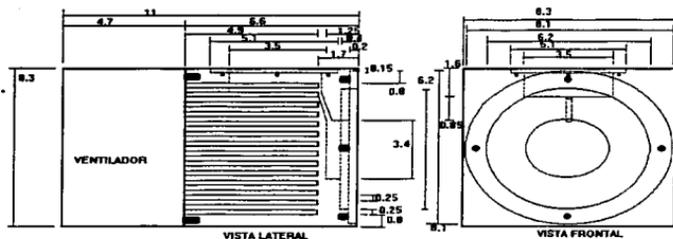
Potencia solicitada al láser Nd:YAG (w)	Potencia Medida (w) - M. digital	Potencia Medida (w) - M. analógico
1	1.10	1.10
2	2.33	2.32
3	3.40	3.43
4	4.20	4.22
5	5.50	5.48
6	6.10	6.12
7	7.00	7.08
8	8.10	8.14
9	9.33	9.32
10	10.10	10.12
15	15.33	15.24
20	21.00	21.10
25	25.66	25.70
30	30.60	31.00
35	34.80	34.92
40	42.50	42.62

Comparación de medidores analógico OPHIR y digital
MPL1 midiendo un láser de CO2



Procedimiento de realización de las mediciones. Se contaron con equipos láser considerados como calibrados recientemente, estos equipos se calibran con una tolerancia del 10%, el procedimiento de medición se llevó a cabo dentro de los quirófanos de los hospitales, para lo que se tuvo que usar el uniforme especial de quirófano y respetar los protocolos del mismo, del mismo modo se tuvieron que solicitar permisos especiales para realizar estas mediciones.

Para realizarlas primero se enciende el equipo láser, se le solicita la potencia a través de un teclado, en este momento el láser se dispara internamente a un medidor de potencia integrado y ajusta, por medio de control con microprocesador, los parámetros de voltaje y corriente, principalmente, necesarios para obtener la potencia requerida por el usuario, una vez que indica que está listo para disparar la potencia solicitada, se dispara el láser externamente, con ayuda de un pedal, a la termopila de los medidores, se registraba la lectura en papel, se disparaba de nuevo el láser hasta contar con 3 lecturas de cada medidor de potencia, una vez obtenidas se le solicitaba al láser una nueva potencia hasta barrer todo el rango disponible por cada equipo utilizado. Se realizaron mediciones en intervalos de 1 watt en potencias de 1 a 10 y de 5 watts para intervalos superiores.



DISIPADOR DE CALOR DE ALUMINIO PARA DISCO CALORICO

CAPITULO VI

ESTUDIO COMERCIAL DEL MEDIDOR DE POTENCIA MPL1

Introducción. Considerando que todo diseño o proyecto de ingeniería debe tener como fin óptimo el que se llegue a comercializar, para beneficio de sus diseñadores o inversionistas y para la economía del país, se presenta este capítulo como el resultado de la investigación llevada a cabo sobre diversos factores para lograr una exitosa introducción del producto al mercado nacional e internacional.

Estos factores incluyen costos de materiales, precio de productos similares, precio de producto final, posibles clientes y posible competencia.

Debido a que el producto no es de consumo masivo, si no que es un producto enfocado a un nicho muy especial, el estudio y la inversión resultan complicados e involucran una investigación cautelosa y profunda, por otro lado éstas mismas características hacen que se reduzca el número de posibles competidores.

6.1 ANTECEDENTES

Originalmente el medidor de potencia se diseñó en base a las necesidades específicas de el departamento de servicio de la compañía Vitalmex Interamericana, dicho departamento ya poseía un medidor de potencia analógico, pero en ocasiones se requería de otro medidor de potencia, ya que ocurría que al mismo tiempo clientes de diferentes lugares del país requirieran de un servicio de urgencia y no se tuviera éste equipo de medición, sin el cual prácticamente resulta imposible valorar, ajustar o bien reparar un láser quirúrgico. Además el medidor analógico presenta varias limitaciones de uso que sólo cubría algunos aspectos de un servicio a un láser quirúrgico.

Debido a ésto se planteó el diseño de un medidor de potencia digital con el principal fin de substituir la necesidad de importar un equipo cuyo costo oscila entre los 3000 y 4000 dólares, aunque el transductor que usamos en el proyecto es de importación especial, es decir que no hay un distribuidor de este tipo de termopilas en el país, el resto del sistema está basado en dispositivos electrónicos cuya adquisición en el país es de relativa facilidad.

La base instalada de equipos relacionados con la compañía Vitalmex es la siguiente:

- 40 lásers de CO₂ marca Sharplan
- 20 lásers de Nd:YAG marca Sharplan
- 25 lásers de CO₂ marca Surgilase
- 2 lásers de Nd:YAG marca Surgilase

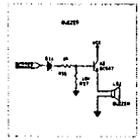
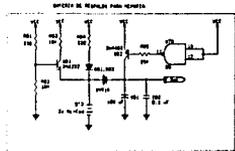
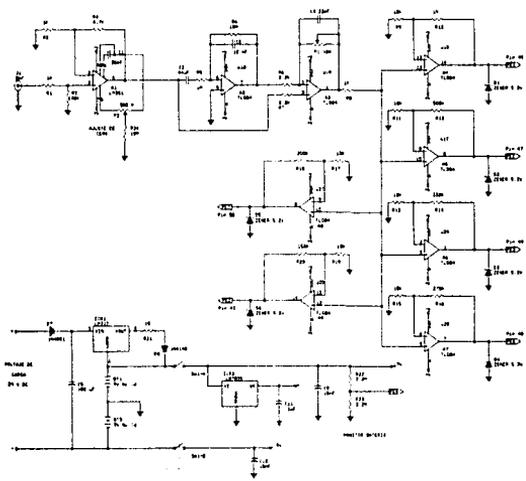
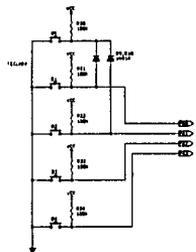
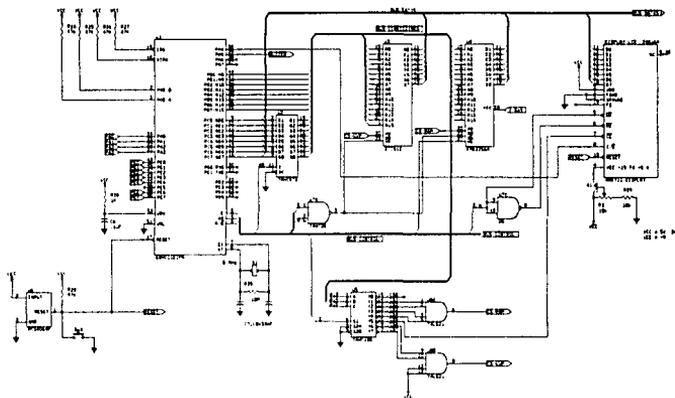
En total son 87 equipos en todo el país instalados por dicha compañía, se considera que el universo de equipos en México incluyendo otras marcas de lásers debe estar cerca de 150 equipos entre ND:YAG y CO₂.

6.2 INVESTIGACIÓN DEL MERCADO

6.2.1 Mercado Estadounidense

Se analizó el hecho de que otros clientes podrían requerir de un medidor de potencia de éste tipo, basándonos en el hecho comparativo con los E.E.UU. en donde investigamos que cada Hospital, público o privado, tiene un departamento de ingeniería biomédica bien establecido,

MEDIDOR DE POTENCIA DE LAZER HPL1



PROYECTO DE INGENIERIA	
FECHA	PROYECTO DE INGENIERIA DE LAZAR HPL1
FECHA	PROYECTO DE INGENIERIA DE LAZAR HPL1
FECHA	PROYECTO DE INGENIERIA DE LAZAR HPL1
FECHA	PROYECTO DE INGENIERIA DE LAZAR HPL1

ESTUDIO COMERCIAL DEL MEDIDOR DE POTENCIA MPL1

en donde se encargan de reparar la mayoría de los equipos que tiene el Hospital, y aunque los técnicos de éstos departamentos no son expertos en todos los equipos que el Hospital posee, tienen el conocimiento básico adquirido en cursos o en manuales para hacer algunas reparaciones o bien para determinar que refacción tiene que ser adquirida a la fábrica. Generalmente éstos departamentos adquieren junto con los equipos hospitalarios las herramientas y medidores necesarios para darles servicio.

Si consideramos que casi todos los hospitales de EE.UU. tienen al menos un láser quirúrgico de algún tipo o marca podemos asegurar que la mayoría de éstos adquieren también un medidor de potencia externo.

En los últimos años cuando el fabricante vende en EE.UU. un láser, también vende una póliza de servicio renovable por año, la cual en ocasiones es aceptada por el Hospital, pero incluso en esos casos el departamento de Ingeniería biomédica del Hospital realiza la primera inspección al equipo para determinar si es necesario o no llamar al servicio de la fábrica.

En algunos hospitales de mayor nivel existen láseres asignados a cada especialidad, por ejemplo: Existe un láser de CO₂ para los Neurocirujanos, uno para los otorinolaringólogos, uno para los cirujanos plásticos y otro para los ginecólogos e incluso existe en algunos hospitales una persona (enfermera, médico o técnico biomédico) especializada para el manejo, preparación, asistencia, administración de tiempo o consumibles de cada láser, cuya función primordial es que cada equipo láser esté siempre listo para ser utilizado en cuanto se requiera. En ocasiones también es responsable de verificar que el equipo entregue la potencia requerida exactamente por el médico, por lo que ésta persona requiere para este fin de un medidor de potencia externo.

En cuanto al mercado estadounidense se podría decir que sí existe un mercado potencial atractivo, aunque la mayoría de los usuarios que tienen un medidor de potencia no requieren otro a menos que se pierda o se descomponga terminalmente. Es un hecho también que el proveedor de los equipos láser es el mismo que provee los medidores de potencia.

Existen al menos 10 compañías con oficinas en los EE.UU. que se dedican a la fabricación de equipos de medición láser, algunas de estas compañías son filiales de compañías que fabrican Láseres. Los rangos de medición láser que manejan estas compañías es muy amplio, van desde los miliwatts hasta los Terawatts, por lo que en realidad no tienen un enfoque específico hacia los láseres quirúrgicos hospitalarios si no que los medidores de potencia son normalmente diseñados para un amplio rango de medición y posteriormente se van adecuando al caso particular.

En el caso particular de nuestro diseño está dirigido, como ya se ha expresado, a láseres quirúrgicos de CO₂ y ND:YAG, lo cual representará una innovación dentro de los equipos del mercado ya que este producto está destinado a un nicho muy específico, ofreciéndoles a sus potenciales clientes la imagen de un producto diseñado exclusivamente para cubrir sus necesidades.

6.2.2 Mercado Mexicano

Durante los últimos 4 años la conciencia de crear en los diferentes hospitales, tanto públicos como privados, un departamento conocido como Ingeniería biomédica en donde el personal no es el técnico o ingeniero multituos que revisa desde lámparas incandescentes hasta rayos x con más ímpetu que conocimiento y orden, el tipo de personal biomédico trata de ser el vínculo entre los equipos más sofisticados del Hospital y el personal médico, de tal manera que le pueda ofrecer: mantenimiento de los equipos, capacitación para su uso y adecuaciones o adaptaciones de acuerdo al gusto o necesidades de los usuarios mexicanos.

Este tipo de departamentos de Ingeniería biomédica aún no están bien aceptados o acoplados en todos los hospitales del país, de hecho, sólo están establecidos en algunos de ellos como por ejemplo el caso de los hospitales de perinatología de SSA, Ángeles y ABC en la ciudad de México, siendo el caso más usual el que el departamento de conservación que normalmente

ESTUDIO COMERCIAL DEL MEDIDOR DE POTENCIA MPL1

está acostumbrado a enfrentar problemas de calderas, aire acondicionado, lavadoras, lámparas etc. súbitamente se enfrente al problema de reparar equipos cada vez más sofisticados y complejos. Todavía se necesitan algunos años para que un departamento de biomédica se establezca, mientras tanto la revisión, reparación y mantenimiento de equipos láser en estos hospitales tiene que ser 100% de una compañía externa y por lo tanto este tipo de hospitales no puede ser cliente potencial para la adquisición de un medidor de potencia láser si no hasta después de algunos años.

Los hospitales en México que cuentan con un departamento de Ingeniería biomédica bien establecido, experimentado, capacitado y organizado tienen la mayoría de las veces equipos láser quirúrgicos en sus instalaciones y por lo tanto son clientes potenciales de adquirir un medidor de potencia para la revisión interna periódica de estos equipos. La lista actual de éstos se reduce a unos cuatro hospitales en el país.

Existe también la oportunidad de lograr ventas de este medidor de potencia láser entre diferentes compañías o ingenieros que se dedican al servicio de equipo médico de alto nivel.

La otra opción de conseguir ventas en México de éstos medidores de potencia es utilizarlos como un accesorio extra incluido en la venta de un rayo láser nuevo, y llegar a acuerdos con las compañías distribuidoras de rayos láser para que incluyan medidores de potencia dentro de un paquete de opciones, cabe recordar que los precios de los equipos de rayos láser van desde los 40,000 US hasta los 180,000 US por lo que el precio que puede costar un medidor de potencia es fácilmente absorbido por el precio de los láseres.

En éste aspecto sería normal tener como consecuencia un cierto rechazo por parte de las compañías distribuidoras ya que normalmente éstas tienen un departamento de servicio, y el entregar al cliente accesorios para favorecer el servicio de los láseres podría implicar el perder entradas futuras por el servicio de estos láseres.

Los argumentos para rebatir este rechazo son los siguientes:

- Para realizar cualquier calibración por mínima que ésta sea se requiere del manual de servicio, en ocasiones incluso el tener los diagramas eléctricos y electrónicos no es suficiente ya que como se ha descrito anteriormente un láser se compone de varios subsistemas como son el óptico, el neumático etc. La obtención de un manual de servicio no es sencilla, tanto las compañías fabricantes como las distribuidoras son muy celosas y cuidadosas con sus manuales, ya que el compartirlos significaría abrir la posibilidad de que otra persona o compañía realice un servicio a un láser y por lo tanto ganar un dinero que normalmente sería de ellas. Si la obtención de los manuales es posible éstos resultan muy costosos.
- Es indispensable para revisar un láser quirúrgico el tener un fuerte conocimiento del funcionamiento del mismo, de otra manera resulta incluso peligroso el realizar alguna revisión en su interior. Las empresas distribuidoras capacitan a su personal técnico por medio de cursos realizados en México o en el país de origen de los equipos dado por los mismos fabricantes de éstos, pero siempre bajo la supervisión del distribuidor.
- En el caso que se cuente con experiencia y manuales se requiere de herramienta especial (llaves especiales, piezas mecánicas, lentes, tubos ópticos etc.) para la mayoría de los ajustes y calibraciones de un láser, éstas herramientas sólo se pueden obtener a través del distribuidor.
- El 70% de las reparaciones de un equipo láser requieren alguna refacción, siendo éstas casi siempre exclusivas de la marca del equipo, la necesidad de recurrir a la compañía proveedora para la adquisición de las refacciones es indispensable.
- El tener en el Hospital personal capaz para realizar revisiones y diagnósticos básicos, beneficia a las compañías prestadoras del servicio de mantenimiento, ya que con los datos aportados por el personal técnico del Hospital a la compañía proveedora, ésta puede discriminar que refacción es la necesaria para llevar a cabo la reparación, y evitar así numerosos viajes resultando ventajoso económicamente para ésta.

ESTUDIO COMERCIAL DEL MEDIDOR DE POTENCIA MPL1

Es importante hacer mención que debido al alto costo de estos láseres quirúrgicos su venta no resulta muy repetitiva, normalmente las compañías mexicanas encargadas de distribuir este tipo de láseres distribuye algunos otros productos más económicos y de mayor rotación para subsistir, por lo general se lleva una labor de venta de duración prolongada de años antes de lograr una venta de un láser.

6.2.2.1 Introducción de medidores de potencia MPL1 en México

El número de medidores de potencia a ser introducidos en el mercado mexicano estaría reducido a unos 8 equipos en un período de 1.5 a 2 años.

Por otro lado, actualmente, el único consumidor de éste tipo de equipos son las compañías distribuidoras de equipos láser que tienen además un departamento de servicio, existen al menos 3 comercializadoras de equipos láser en México las cuales no se encargan de darle el servicio a los equipos, el cual es proporcionado directamente por la fábrica.

Las compañías distribuidoras de equipos láseres quirúrgicos que si cuentan con un departamento de servicio calificado, que fluctúan entre 6 y 7, obtienen estos medidores del mismo proveedor del que adquieren los equipos láseres y en ocasiones éstos medidores son obsoletos o simplemente importados temporalmente por las compañías distribuidoras.

Aunque existe la posibilidad de vender un equipo medidor de potencia a éstas compañías normalmente éstas ya tienen al menos uno, se tendría que buscar el caso de compañías en donde se requiriera más de uno y que por motivos internos con su proveedor tuvieran que comprarlo, es en éste caso en donde con un precio más bajo que el de un proveedor extranjero la posibilidad de vender el MPL1 de fabricación nacional fuera más viable.

Además de éste tipo de consumidor del producto el otro mercado que resultaría más atractivo (Hospitales con láseres y compañías de servicio de equipo médico) se tiene que crear, por lo que inicialmente no existiría competencia alguna. Cabría suponer que dado que el producto está muy enfocado a un nicho muy particular con ganancias moderadas la competencia (proveedores extranjeros como OPHIR de Israel, COHERENT de EE.UU. y NEWPORT CORP. de EE.UU.) podrían nunca aparecer.

La creación de una compañía encargada de comercializar éste producto sería innecesaria inicialmente, por el contrario resulta importante el comercializarlo a través de una compañía distribuidora de láser quirúrgicos, ya que de éste modo se conocen los posibles clientes finales, se tiene acceso a información de innovaciones dentro del medio y se aprovecha el contacto tanto con los proveedores como con los clientes.

Otra opción es el distribuirlo a través de compañías especializadas en venta de equipo de medición especializado otorgándole a éstas un porcentaje de descuento en el precio de adquisición.

La necesidad de homologar, registrar y normatizar el equipo no es indispensable para empezar la promoción en el mercado mexicano ya que en la experiencia sabemos que los clientes acostumbran adquirir productos sin éstos requisitos, basta lograr la confianza del cliente otorgando una garantía total de al menos un año. Posteriormente se deben tramitar las normas UL y NOM-1 por lo menos.

6.2.3 Introducción de equipos medidores de potencia MPL1 en Latinoamérica y en EE.UU.

Una vez que se tenga más experiencia con los resultados obtenidos en el trabajo en campo de el medidor de potencia MPL1 en México, se halla depurado el software si es necesario, y se haya obtenido la Homologación y registro del aparato éste estará listo para fines de exportación, para lo que probablemente se requerirán realizar algunas modificaciones al diseño original del equipo.

ESTUDIO COMERCIAL DEL MEDIDOR DE POTENCIA MPL1

A través de catálogos se puede empezar a introducir en el mercado latinoamericano, pudiéndose iniciar con los distribuidores de equipos láseres quirúrgicos de los diferentes países. Para el mercado norteamericano se necesitaría contactar a un broker de importación-exportación generalmente situados en frontera con México o bien en Florida y a la vez contactar directamente a los departamentos de ingeniería biomédica de diversos hospitales y darles a conocer el producto para que contacten a los brokers o comercializadores para su adquisición.

Para el mercado de habla inglesa basta modificar los mensajes de la pantalla directamente en el programa y tener dos versiones de software dependiendo del usuario final o bien añadir al programa un botón para que el usuario pueda escoger entre idiomas español, inglés u otros.

6.2.4 Costos de material de un equipo medidor de potencia MPL1

chip MC68HC11E1	23,00
memoria AND711ABT	200,00
chip 74S00	0,40
chip 74S138	0,45
chip 74S21	0,40
chip 74HC573	0,95
memoria EEPROM 27512	6,00
memoria RAM 62256	7,00
chip LM301	0,50
chip TL084	0,90
LM317t	0,70
78L05	0,40
BCS47	0,30
crystal de 8 MHz	1,10
resistencias de 1/4 watt	1,20
resistencias de precisión 1/4 watt	4,80
capacitores de tantalio (18)	1,90
capacitores de cerámica (22)	1,00
capacitor electrónico	0,25
diodes zener 1/4 watt (6) 5.6v	1,20
switch 2 polos 4 tiras	0,80
trimpets (3)	3,00
socket para DC	0,50
sockets (3) hct11, RAM y ROM	4,00
buzzer	2,50
cables planos con conectores (2)	3,50
conectores BNC hembras (2)	3,00
chip para pila de 9 V (2)	0,50
headers machos de 26 contactos	0,50
buzzer piezoeléctrico	2,50
botones (6)	3,00
tarjeta de circuito impreso de fibra de vidrio doble cara	18,00
cable coaxial de 2m. con conectores BNC machos	4,00
batería de respaldo de RAM de 3.6 V	8,00
baterías recargables de 9 V (2)	24,00
disco calorimetro de aluminio con termopila	600,00

ESTUDIO COMERCIAL DEL MEDIDOR DE POTENCIA MPL1

fabricación de disipador especial para la termopila de aluminio	50,00
accesorios del disipador, cubiertas y pintura	13,00
cable de conexión del variador a voltaje	2,00
variador de 120 v de 3.15x3.15x1.50 pulg.	7,00
transformador AC/DC de 24v 100 mA	9,00
chasis	50,00
TOTAL	1061,25

El costo de 1061,25 US es con IVA incluido y con los componentes puestos en México, se consideraron en base a lista de precios de distribuidores al 30 de Mayo de 1986.

6.2.5 Precio de venta

Para conseguir un acceso al mercado nacional de tal forma que resulte atractivo y conveniente el precio considerado es de 2500 US L.A.B. más IVA lo que da una ganancia neta alrededor de el 100 % sobre costos de materiales.

El precio incluye el equipo, un manual de uso, un año de garantía total de partes y mano de obra y la instrucción necesaria al usuario (2 ó 3 sesiones de 2 horas c/u). Dado el bajo volumen de venta inicial calculado, se planea en realizar la fabricación contra pedidos con un adelanto del 50% del costo total, debido a esto el tiempo de entrega estaría directamente relacionado con el tiempo de importación de la termopila que se calcula en 30 días.

En este estudio no se está considerando como costos lo que corresponde a diseño ó gastos de operación y dado el poco volumen de venta posible en etapas primarias, no se considera necesario el que exista una persona dedicada a la venta o reparación de este equipo, éstas actividades pueden ser realizadas por alguna de las personas relacionadas con éste diseño.

Los precios que se averiguaron de algunos de los equipos en el mercado son los siguientes:

Proveedor	Descripción del equipo	Precio
OPHR (Israel) distribuidor en EEUU.	Medidor de potencia analógico AN-2E para láser de potencia media hasta 150W	2,500 US
OPHR (Israel)	Medidor de potencia digital DGX para láser de potencia media hasta 150 W	3,600 US
Newport Instruments (EEUU)	Medidor de potencia analógico para láser de potencia baja y media hasta 100W	2,400 US

Estos precios F.O.B son de equipos colocados en EE.UU. antes de los impuestos de importación colocados en México el precio se incrementaría en un rango del 20 al 35 %. El precio incluye garantía de 1 año. Los precios fueron investigados en febrero de 1986.

6.3 Garantía

En cuanto a las reparaciones que se realicen al equipo consideramos que se pueden dividir en 5 puntos:

1. -problemas relacionados con la pantalla.
2. -problemas relacionados con el transductor.
3. -problemas relacionados con la tarjeta principal.
4. -problemas relacionados con el adaptador AC/DC o con las pilas recargables.
5. -problemas sencillos relacionados a cables y conexiones.

ESTUDIO COMERCIAL DEL MEDIDOR DE POTENCIA MPL1

Normalmente los puntos 1, 2 y 4 requerirán de un cambio físico de las partes por lo que si se extiende la garantía por un año se debe establecer cuidadosamente las condiciones de ésta, como el mal uso, ya que la cobertura de la garantía total será absorbida por el fabricante del MPL1, y el precio al cliente debe contemplar los gastos que puedan surgir para cubrir éstos reemplazos.

Con respecto al punto 3 se considera de dos formas diferentes: la primera cuando el equipo está en garantía la tarjeta deberá ser revisada y reparada a nivel componente por el fabricante, la segunda es cuando el equipo ya no se encuentra en garantía entonces ésta tarjeta se cambia completa como una refacción aislada.

El punto 5 involucra problemas sencillos cuyo costo puede ser fácilmente absorbido por el fabricante en casos de garantía o fuera de ésta.

CONCLUSIONES

En el desarrollo de este trabajo se logró el objetivo buscado: el diseño y construcción de un medidor de potencia láser.

El diseño presentado en este trabajo escrito, es acompañado por un sistema físico totalmente funcional, el cual ha sido probado en el campo con ambos tipos de láser: Nd:YAG y CO₂, presentando resultados adecuados acordes para lo que fue diseñado.

Al ser comparado con un medidor analógico comercial disponible y calibrado en situaciones reales de medición, el sistema MPL1 presentó una mayor precisión, mejor resolución, facilidad de lectura, comodidad para realizar la lectura, además de las ventajas propias de un sistema controlado por un microprocesador. La rutina especial simuladora de un galvanómetro analógico permite realizar ajustes finos en donde el movimiento de una aguja analógica es substituida por una aguja dibujada en la pantalla, haciendo del sistema MPL1 lo suficientemente poderoso para cualquier tipo de ajuste requiendo, además de haber obtenido comentarios muy favorables de parte del personal usuario final en servicios de mantenimiento reales.

En promedio se midió que la duración de las baterías con carga completa es de dos horas, antes de dejar de funcionar de forma óptima, después de ese tiempo el sistema puede presentar diferencias en las mediciones realizadas, atenuación del contraste de la pantalla ó reseteos súbitos. Consideramos que este tiempo es más que suficiente para llevar a cabo la calibración o reparación de un equipo si se tiene el cuidado de apagar el sistema MPL1 cada vez que no se esté utilizando. En cualquier caso el equipo puede ser también utilizado con el cargador de baterías conectado.

El sistema que posee el MPL1 para poder calibrarse alterando mediante teclado la sensibilidad para cada rango y con su sistema de compensación del cero, lo hacen un instrumento muy fácil y cómodo de calibrar. Para realizar la calibración del instrumento se utilizaron una fuente de 36 V de D.C. y dos milímetros, uno para medir el voltaje y otro para medir la corriente y por lo tanto calcular la potencia eléctrica suministrada a la resistencia de calibración ubicada en la termopila. Para que el ajuste del cero en forma digital sea confiable se tiene que asegurar que el valor analógico (offset) de las entradas de los 6 diferentes puertos del ADC sean mayores a cero cuando no hay excitación en la termopila, ya que si alguna de éstas fuera negativa, el ADC no distinguiría las referencias negativas ya que su rango de operación es de 0 a 5 volts, y además en el programa de compensación del cero lo que se hace es una resta de este valor, por lo que tiene que ser positivo, es por esto que el sistema posee un potenciómetro para ajustar este valor de offset y garantizar que siempre sea un offset positivo.

El sistema MPL1 se encuentra listo para funcionar, faltando para fines de comercialización formal el ser registrado, patentado y homologado.

Algunas de las ventajas que tiene el medidor de potencia diseñado en comparación con cualquier sistema analógico comercial:

- Facilidad de lectura numérica a distancias relativamente lejanas (2m). para realizar lecturas precisas con un galvanómetro analógico se requiere que el usuario realice la lectura a no más de 50 cm de distancia visual del aparato.
- Posibilidad de detener la máxima lectura en pantalla para su posterior manipulación y almacenamiento, esta característica permite fijar toda la atención en el disparo del láser sobre el sensor sin ser necesario que el usuario a la vez dirija su vista hacia la pantalla.
- Guardar en memoria las potencias obtenidas por diferentes equipos en diferentes hospitales y fechas, así como poder guardar comentarios acerca del equipo. Esto permite llevar un registro verídico de la situación

real del equipo medido, los valores de potencia que se pueden almacenar no pueden ser modificados por el usuario a través del teclado.

- Diseñado exclusivamente para medir láser quirúrgicos. Los equipos disponibles actualmente están diseñados para un universo de láseres mayor, en éste diseño se tuvo en mente solamente láseres quirúrgicos, ofreciendo al mercado la posibilidad de adquirir un equipo que no existía antes dirigido a clientes del ramo médico quirúrgico.
- Debido a que la aplicación de láseres quirúrgicos se encuentra en continua renovación e investigación, no es extraño que otros tipos de láseres lleguen a sustituir a los de CO₂ y Nd:YAG. En este caso el sistema puede ser modificado adecuando una diferente constante de sensibilidad en el programa para otra longitud de onda de acuerdo a la relación de la absorción del disco calorífico, o bien, se debe adecuar otro tipo de transductor dependiendo de las longitudes de onda o potencias de los equipos que vayan siendo desarrollados comercialmente con nuevas aplicaciones.
- Manufactura nacional, reducción de precio, substitución de importaciones.

Algunas de las ventajas que tiene el medidor de potencia diseñado en comparación con algunos sistemas digitales comerciales como el NOVA de OPHIR:

- Posibilidad de realizar calibraciones finas en donde hay que visualizar las pequeñas variaciones de potencia de un láser con la rutina del simulador de aguja analógica.
- Facilidad de lectura numérica a distancias relativamente lejanas (2m). Algunos modelos digitales utilizan pantalla pequeña de caracteres.
- Diseñado exclusivamente para medir láser quirúrgicos. Los equipos disponibles actualmente están diseñados para un universo de láseres mayor, lo que implica que sean equipos mas costosos, en éste diseño se tuvo en mente solamente láseres quirúrgicos, ofreciendo al mercado la posibilidad de adquirir un equipo que no existía antes dirigido a clientes del ramo médico quirúrgico.
- Guardar en memoria las potencias obtenidas por diferentes equipos en diferentes hospitales y fechas, así como poder guardar comentarios acerca del equipo.
- Manufactura nacional, reducción de precio, substitución de importaciones.

El presente trabajo fue una gran experiencia formativa en la que además de reafirmar una gran parte de conocimientos adquiridos en la carrera, fue necesaria la investigación y el estudio de nuevos temas poco relacionados con la ingeniería que contribuyeron a una formación más completa. Otro aspecto que fue importante es el de haber realizado este diseño en grupo ya que permitió el aprovechar las ideas de todos los integrantes, así como de dividir las asignaciones para luego complementarlas para formar un todo.

México no es un país que sea conocido por su importante desarrollo de tecnología, la mayoría de equipos y sistemas utilizados son generalmente importados. El desarrollo profesional de un ingeniero en electrónica en México está, en la mayoría de los casos, basado en actividades diferentes a el diseño de equipos o sistemas, normalmente sus actividades están dirigidas al mantenimiento, a las ventas, a el armado de diferentes sistemas ya fabricados en otro lugar, incluso se considera fortuito el formar parte de una adaptación de un sistema a las necesidades del país. Por esta razón, el desarrollo de este trabajo fue muy importante ya que en el campo profesional difícilmente volveremos a trabajar en el desarrollo de un prototipo, pero nos damos cuenta que el diseño y manufactura de un equipo es siempre posible y puede ser competitivo a nivel internacional tanto en precio como en tecnología.

Es interesante el observar que si los ingenieros y empresarios mexicanos no empezamos a confiar y a desarrollar una tecnología propia, al menos para satisfacer las necesidades internas, la economía del país va a

continuar basada principalmente en los recursos naturales y el turismo, con las consecuencias de dependencia tecnológica e industrial, que actualmente conocemos, para siempre.

BIBLIOGRAFIA

1. Amnon Yaniv , AN INTRODUCTION TO THEORY AND APPLICATIONS OF QUANTUM MECHANICS, New York: Wiley , 1987.
2. Baumester T./Avallone E. MARKS MANUAL DEL ING. MECÁNICO. McGraw Hill , México 1987.
3. Carbold, Richard S.C.TRANDUCATORS FOR BIOMEDICAL MEASUREMENTS; PRINCIPLES AND APPLICATIONS, New York: J Wileys, 1974.
4. CMOS LOGIC DATA, Motorola, 1988.
5. Coherent, LÁSERS : OPERACIÓN, EQUIPO USO Y DISEÑO. México: Limusa, 1980.
6. Cruz/Chamizo/Garriz, ESTRUCTURA ATÓMICA, Argentina; Addison Wesley Iberoamericana, 1987.
7. Douglas V. Hall, MICROPROCESSORS AND INTERFACING: PROGRAMMING AND HARDWARE, New York, México: Mc Graw Hill,1986.
8. Gordon Troup, LÁSERS Y MÁSERS, Madrid: Paraninfo, 1969.
9. HC11 REFERENCE MANUAL Motorola,1991.
- 10.Hecht Jeff, LASER GUIDEBOOK, Prentice Hall, 1985
- 11.Hoiman. MÉTODOS EXPERIMENTALES PARA INGENIEROS McGraw-Hill, México 1992
- 12.James Humphries/Leslie P. Sheets. INDUSTRIAL ELECTRONICS. Delmar Publishers, New York 1986.
- 13.John F. Ready, INDUSTRIAL APPLICATIONS OF LASERS, New York: Academic Press, 1978
- 14.John P. Bentley, PRINCIPLES OF MEASUREMENT SYSTEMS, Inglaterra: Longman Scientific & Technical, New York:J. Wiley, 1988.
- 15.Lion, Kurt Siegfried, INSTRUMENTATION IN SCIENTIFIC RESEARCH, ELECTRICAL INPUT TRANSDUCERS, New York: Mc Graw Hill, 1959
- 16.Lipow Michele, CURRENT PROBLEMS IN OBSTETRICS, GYNECOLOGY AND FERTILITY; LASER PHYSICS MADE SIMPLE, Year book Medical publishers, INC. Volume 9, Chicago IL 1986.
- 17.LIQUID CRYSTAL DISPLAY MODULES AND DEVICES, HITACHI Schaumburg IL
- 18.Luis de la Peña, INTRODUCCIÓN A LA MECÁNICA CUANTICA. Prentice Hall, México 1987.
- 19.MANUALES DE ACCESORIOS DE LASERS CO2 Y Nd:YAG, LASER INDUSTRIES-SHARPLAN, Tel Aviv 1985,1991.
- 20.MANUALES DE SERVICIO, LASER INDUSTRIES-SHARPLAN, Modelos láser Nd:YAG; 3000, 3060, Modelos CO2; 40C, 1055S, 1080S, 1075. Tel Aviv, New Jersey, Varios años..
- 21.MANUALES DE SERVICIO, SURGILASE, Modelos CO2; 80xj y 60xj, Connecticut 1991.
- 22.MANUALES DE USO LASER DE CO2, LASER INDUSTRIES-SHARPLAN, Modelos 40C Y 1080S, Nd:YAG modelo 3000 Tel Aviv, New Jersey Varios años.

23. MC68HC11E9 HCMOS single-Chip Microcontroller, Motorola, 1988.
24. Open University, TEORÍA CUÁNTICA, LA FÍSICA CUÁNTICA Y EL ÁTOMO, México: Mc Graw Hill, 1974.
25. OPHIR HEADS FOR LASER POWER/ENERGY MEASUREMENTS catalogue. OPHIR Optronics INC Peabody MA, 1995.
26. Robert F. Coughlin/Driscoll F. CIRCUITOS INTEGRADOS LINEALES Y AMPLIFICADORES OPERACIONALES. Prentice Hall, México 1987.
27. Rockwell RJ. LASER SAFETY IN THE HOSPITAL ENVIROMENTAL, Toledo OHIO, Laser institute of America, Rhode Island 1985.
28. Taub Herbert, Donald Schilling. DIGITAL INTEGRATED CIRCUITS Mc Graw-Hill Intemational, New York 1989.
29. Timothy J. Maloney. ELECTRÓNICA INDUSTRIAL DISPOSITIVOS Y SISTEMAS, Prentice Hall, México 1983.
30. W Cooper, Helfrick A. INSTRUMENTACION ELECTRONICA MODERNA Y TECNICAS DE MEDICION, México 1991
31. Winbur, WHAT EVERY ENGINEER SHOULD KNOW ABOUT LASERS, New York: Academic Press, 1987.

Artículos de revistas.

1. Bottau, THE USE OF A CO2 LASER AND FIBRING GLUE RESUFACING IN THE ARTHROSCOPIC MANAGEMENT OF CARTILAGE DISORDERS IN THE KNEEJOINT, Lasers in orthopedics 1989, vol 1 U.S.A.
2. Cañizo, EL USO ACTUAL DEL LASER DE CO2 EN OTORRINO PREVENCIÓN DE SUS POSIBLES COMPLICACIONES E INDICACIONES, 1994. España.
3. Cohen, CO2 LASER MASTECTOMY, Cancer Res 1984, vol 6, 8 pags. U.S.A.
4. Costello, Bowsher, LASER ABLATION OF THE PROSTATE IN PATIENTS WITH BENIGN PROSTATIC HYPERTROPHY, 1990 7 pags. U.S.A.
5. Dwyer, LASER HEMOSTASIS AND MANAGEMENT, The history of gastrointestinal endoscopic vol 3 1986. U.S.A.
6. Fuller Ta, FROM SOURCE TO PATIENT: THE SURGICAL LASER DELIVERY SYSTEM. Lasers Surg Med 1984 , número 3. U.S.A.
7. Gaspar, COMPARATIVE EXPERIMENTAL STUDY ON WOUND HEALING OF INCISIONS MADE WITH SALPEL, ELECTROCAUTERY, AND CO2 LASER IN THE ORAL CAVITY. 1993 3 pags. U.S.A.

BIBLIOGRAFIA

8. Hruza, SKIN RESURFACING WITH LASERS, Transactions, 12th congress of the international society for laser surgery, 1995 3 Págs. U.S.A.
9. Jacques Donnez, CO2 LASER LAPAROSCOPY IN INFERTILE WOMEN WITH ENDOMETRIOSIS AND WOMEN WITH ADHESIONS, Gynecology laser surgery, Vol 8 1987. U.S.A.
10. Juoy, Mathews, Gardette, SIDE FIRING LASER FIBER TECHNOLOGY FOR MINIMALLY INVASIVE TRANSURETHRAL TREATMENT OF BENIGN PROSTATIC HIPERPLASIA. 1993 4 Págs. U.S.A.
11. Kamani, CO2 LASER TREATMENT FOR SNORING, laser surgery 1993, vol III U.S.A.
12. Krishnamurthy, Powers, LASERS IN NEUROSURGERY, Neurosurgery today 1994 núm 3, 40 págs. U.S.A.
13. Landthaler, THE YAG IN DERMATOLOGY, laser surg. Med. 1984, 3 págs. U.S.A.
14. Nissim, LASER THORASCOCOPY: REVOLUTIONIZING TORACCIC SURGERY, 1994. U.S.A.
15. Peter Wolf Ascher, PERCUTANEOUS LASER DESCOMPRESSION OF INTERVERTEBRAL DISC, Lasers in orthopedics, 1992 vol 3. U.S.A.
16. Pfeferman, Merhav, THE USE OF LASER IN RECTAL SURGERY, Lasers surg. Med, vol 7 1986. U.S.A.
17. Reid, PHYSICAL AND SURGICAL PRINCIPLES EXPERTISE WITH THE CO2 LASER, 1987, 23 págs. U.S.A.
18. Sankar, LASER HEMORROIDECTOMY, Clinical lasers: Expert strategies for practical and profitable management ,1988 U.S.A.
19. Serra, Mila, INTERACCION LASER TEJIDO, Cirugía plástica iberolatinoamericana 1993 vol 2. España.

APÉNDICE A

PROGRAMA EN ENSAMBLADOR

PARA EL MEDIDOR DE POTENCIA

MPL1

.....
 * UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉDICO
 * FACULTAD DE INGENIERÍA
 * DESARROLLO DE PROGRAMA EN LENGUAJE ENSAMBLADOR, PARA UN SISTEMA DE MEDICIÓN
 * DE POTENCIA PARA LASERES QUBRURGICOS

*DEFINICIONES

PORTA	EQU 31000	*DIRECCION del puerto A
PORTB	EQU 31004	*DIRECCION del puerto B
PORTC	EQU 31003	*DIRECCION del puerto C
PORTD	EQU 3100A	*DIRECCION del puerto D
ADR1	EQU 31031	*DIRECCION ADDRESS1 desde se almacena la lectura del ADC
ADR2	EQU 31032	*DIRECCION ADDRESS2 desde se almacena la lectura del ADC
ADR3	EQU 31033	*DIRECCION ADDRESS3 desde se almacena la lectura del ADC
ADR4	EQU 31034	*DIRECCION ADDRESS4 desde se almacena la lectura del ADC
OPTION	EQU 31039	*DIRECCION de Registro para configuración para el ADC
ADCTL	EQU 31038	*DIRECCION de Registro de control de status para el ADC
PPROG	EQU 3103B	*Registro de protección contra escrituras en EEPROM
TMS2C	EQU 3102A	*Timer mapeable 2
EPROT	EQU 31035	*Protección de EEPROM
STACK	EQU 30065	*Monitor del área del Stack
USTACK	EQU 30067	*Monitor del área del Stack
SP	EQU 30066	*Stack Pointer de usuario
TCTL1	EQU 31020	*Control del Timer 1
RCS	EQU 30056	*Bloque de registros PC.YX.A.B.C
INBUFF	EQU 30071	*Buffer de entrada

*MAPA DE MEMORIA

EEPROM	EQU 48000	*DIRECCION INICIAL DE EEPROM INTERNA
RAMEX	EQU 82000	*DIRECCION INICIAL DE RAM EXTERNA
ROM	EQU 82000	*INICIO DE PROGRAMA EXTERNO VIA UVEPROM
STAC	EQU 8B100	*STACK POINTER DE HC11
LCD	EQU 8A000	*DIRECCION DE COMUNICACION CON LA PANTALLA "LCD"
STATUS	EQU 8A000	*DIRECCION DEL STATUS DE LA PANTALLA "LCD"
RAM	EQU 80100	*DIRECCION INICIAL DE RAM INTERNA
EPSEN511	EQU 83610	*DIRECCIONES DE ALMACENAMIENTO DE FACTORES DE SENSIBILIDAD PARA LAS CONVERSIONES DE LOS VALORES
EPSEN512	EQU 83611	*LEIDOS POR LOS CANALES DEL CONVERTIDOR ANALOGICO-
EPSEN513	EQU 83614	*DIGITAL, ESTAS SON GUARDADAS EN RAM NO VOLATIL, Y
EPSEN514	EQU 83615	*TIENEN UNA IMAGEN EN RAM NO VOLATIL, PARA EL CALCULO
EPSEN516	EQU 8361A	*DE OPERACIONES DIRECTAS.
ECER01	EQU 8361C	*CER01 A CER06A, SON DIRECCIONES PARA REFERENCIA DE CERO EN RAM NO
ECER02	EQU 8361D	*VOLATIL.
ECER04	EQU 8361F	
ECER03	EQU 83620	
ECER06	EQU 83621	
FSNS11	EQU 39619	*DIRECCIONES DE ALMACENAMIENTO DE FACTORES DE
FSNS12	EQU 39612	*SENSIBILIDAD PARA LAS CONVERSIONES DE LOS VALORES
FSNS13	EQU 39614	
FSNS14	EQU 39616	
FSNS15	EQU 39618	
FSNS16	EQU 3961A	
WATTELEC	EQU 3961C	*LOCALIDAD DEL PARAMETRO WATT ELÉCTRICOS Y WATTS
WATTAL	EQU 3961D	*CALCULADOS, USADOS PARA CALIBRACION DEL SISTEMA
SELECC	EQU 39620	*LOCALIDAD DE SELECCION DE SELECCION DE PARAMETRO EN CALIBRACION
SENSIBAK	EQU 39623	*LOCALIDAD DONDE SE RESPALDA EL F.SENSIBILIDAD A CALIBRAR
DPOT	EQU 39700	*LOCALIDAD DONDE SE GUARDA DECIMAL, DE POTENCIA ELECTRICA APLICADA
POT1	EQU 39704	*LOCALIDAD DONDE SE GUARDA UNIDAD DE POTENCIA ELECTRICA APLICADA
POT2	EQU 39702	*LOCALIDAD DONDE SE GUARDA DECENA DE POTENCIA ELECTRICA APLICADA
DPOTC	EQU 39703	*LOCALIDAD DONDE SE GUARDA SEGUNDO DECIMAL DE POTENCIA CALCULADA
POT1C	EQU 39705	*LOCALIDAD DONDE SE GUARDA PRIMER DECIMAL DE POTENCIA CALCULADA
POT2C	EQU 39706	*LOCALIDAD DONDE SE GUARDA DECENA DE POTENCIA CALCULADA
POT3C	EQU 39707	*LOCALIDAD DONDE SE GUARDA CENTENA DE POTENCIA CALCULADA
POTX	EQU 39708	*16 BITS LOCALIDAD DE CONTADOR AUXILIAR PARA CALCULO DE POTENCIA
CER01	EQU 397A0	*CER01 A CER06A SON LOCALIDADES DONDE SE ALMACENAN LAS REFERENCIAS
CER02	EQU 397A1	*DE LECTURA A CERO PARA CADA CANAL DEL CONVERTIDOR ANALOGICO DIGITAL
CER03	EQU 397A2	
CER04	EQU 397A3	
CER05	EQU 397A4	
CER06	EQU 397A5	
ZERO	EQU 397A6	*LOCALIDAD DONDE SE ALMACENA LA REFERENCIA DE CERO DEL CANAL QUE ESTA TOMANDO LA
LECTURA		
RANGO	EQU 30148	*DIRECCION DONDE SE GUARDA EL CANAL PARA AUTORANGO
LCDRD	EQU 30120	*DIRECCION DONDE SE COLOCA EL DATO LEIDO DE LA PANTALLA "LCD"
RDSTAT5	EQU 30121	*DIRECCION DONDE SE GUARDA EL STATUS DE LA PANTALLA "LCD"

CONT	EQU 80124	*CONT,CONT2 Y CONT3 SON LOCALIDADES DE MEMORIA USADAS
CONT2	EQU 80125	*PARA CONTADORES DE EVENTOS EN ALGUNAS FUNCIONES
CONT3	EQU 80126	*LOCALIDAD DE MEMORIA, DONDE SE GUARDA EL VALOR DE VOLTAJE
WATTS	EQU 80130	*DE CANAL DEL CONVERTIDOR ANALÓGICO DIGITAL
DECTW	EQU 80146	*DECIM Y DECIWIL SON UTILIZADAS PARA ALMACENAR EL VALOR
DECIWH	EQU 80148	*DECIPLES DE LOS WATTS MEDIDOS POR EL SISTEMA
MEDIAH	EQU 80149	*LOCALIDAD PARA ALMACENAR UNA MEDIA ARITMÉTICA MÁXIMA
L1		*DE LA LECTURA
L2	EQU 80140	*L1, L2 Y LA VALOR EN DECIMALES DE LA POTENCIA
L3	EQU 80141	*ESTAS LOCALIDADES ALMACENAN EL CODIGO ASCII DE LOS NUMEROS
L4	EQU 80142	*QUE REPRESENTAN EL VALOR DE LA POTENCIA MEDIDA
TOPE	EQU 80144	*EN ESTA LOCALIDAD SE ALMACENA EL TOPE MÁXIMO PARA LA
TOPEH	EQU 80145	*CONVERSION DE HEXAGESIMAL A DECIMAL UTILIZADA 16 BIT
HOLD	EQU 86000	*LOCALIDAD DONDE SE GUARDA LA BANDERA DE RETEN
YAG	EQU 86001	*LOCALIDAD DONDE SE GUARDA LA BANDERA DE YAG
LETRA	EQU 86002	*LOCALIDAD QUE GUARDA LA LETRA DE DESPLIEGUE
ENTRA	EQU 86003	*LOCALIDAD QUE LLEVA EL CONTROL DEL ROTON ENTER
RES11	EQU 86008	*RESIDUO1 16 BITS CALCULO DE DECIMALES EN LA CONVERSION DEL ADC
RES2	EQU 86003	*RESIDUO2 8 BITS
FRENHJ	EQU 86004	*FACTOR DE SENSIBILIDAD
LETRAH	EQU 86007	*LÍMITE SUPERIOR DE CARACTERES ALFANUMERICOS EN LA PANTALLA
LETRAH	EQU 86008	*LÍMITE INFERIOR DE CARACTERES ALFANUMERICOS EN LA PANTALLA
CURCOL	EQU 8600D	*CONTROL DE COLUMNA EN LA QUE SE DESPLIEGA EL CURSOR
CURREN	EQU 8600E	*CONTROL DE RENGLON EN EL QUE SE DESPLIEGA EL CURSOR
RES1	EQU 86011	*LOCALIDAD QUE GUARDA LAS CONDICIONES DEL CURSOR
BUFFER	EQU 86018	*LOCALIDAD DE INICIO PARA ESCRIBIR INFORMACION
ADCL5	EQU 86020	*DIRECCION DE INICIO DE DESPLIEGUE EN PANTALLA LCD
MODELO	EQU 86028	*DIRECCION DE DESPLIEGUE DE MODELO
HOSPIT	EQU 86047	*DIRECCION DE DESPLIEGUE DE HOSPITAL
FECHA	EQU 86066	*DIRECCION DE DESPLIEGUE DE FECHA
COMMENT	EQU 8606F	*DIRECCION DE DESPLIEGUE DE COMENTARIO
PILA	EQU 83F20	*DIRECCION DE CONTROL DE LA PILA DE DATOS ALMACENADO
SALVAW	EQU 87000	*DIRECCION DE INICIO DE UN BUFFER AUXILIAR PARA
		*ALMACENAMIENTO DE DATOS
LIBREH	EQU 8701C	*LIBREH Y LIBREL LLEVAN EL CONTROL DE LOS BUFFERES LIBRES
LIBREL	EQU 8701D	*PARA ALMACENAMIENTO DE DATOS
MEMOH	EQU 8701C	*MEMOH Y MEMOL LLEVAN EL CONTROL DEL BUFFER QUE SE CON-
MEMOL	EQU 8701D	*SULTA
FILAH	EQU 8700E	*FILAH Y FILAL LLEVAN EL CONTROL DE LAS DIRECCIONES DE
FILAL	EQU 8700F	*CORRESPONDIENTES A LOS BUFFERES CONSULTADOS
DECI	EQU 83F21	*DECLDECIM Y DECIL SON USADOS PARA CONVERSION DE UN
DECIM	EQU 83F22	*NUMERO HEXAGESIMAL A UN NUMERO DECIMAL DE DOS DIGITOS
DECIL	EQU 83F23	*LOCALIDAD DONDE SE GUARDA LA CANTIDAD DE BUFFERES DE MEMORIA
LIBRES	EQU 83F24	*LIBRES PARA ALMACENAMIENTO DE DATOS
MEMO	EQU 83F25	*LOCALIDAD PARA CONTROL DEL NUMERO DE BUFFER CONSULTADO
MODATO	EQU 83F26	*LOCALIDAD DE LA BANDERA DE NO DATOS EN BUFFERES
BATT	EQU 83F30	*BANDERA DE NIVEL DE VOLTAJE EN LAS BATERIAS
BATTX	EQU 83F31	*LOCALIDAD PARA MONITOREO DEL NIVEL DE VOLTAJE DE BATERIAS
MEDIA	EQU 83100	*LOCALIDAD PARA ALMACENAR UNA MEDIA ARITMÉTICA DE LA LECTURA
ACUTOS	EQU 83104	*DIRECCION DE 16 BITS, DONDE SE GUARDA LA POSICION
		*INTERMEDIA DE LA ACUTA GRAFICA
DECHEX	EQU 83106	*DIRECCION DE 8 BITS, FRACCION DECIMAL PARA ACUTA GRAFICA
ORIG	EQU 83108	*DIRECCION DE 16 BITA, DONDE SE GUARDA EL VALOR DEL
		*ORIGEN PARA LA ACUTA GRAFICA
REFER	EQU 8310A	*DIRECCION DE 16 BITS, DONDE SE GUARDA EL VALOR DE
		*REFERENCIA CENTRAL DE LA ACUTA GRAFICA
ACUPFN	EQU 8310C	*DIRECCION DE 16 BITS, DONDE SE GUARDA EL VALOR
		*FINAL DE LA ACUTA GRAFICA
POSPFD	EQU 8310E	*LOCALIDAD DONDE SE GUARDA AL VALOR DE LA POSICION EN
		*PIXELES PARA EL DESPLIEGUE DE LA ACUTA GRAFICA
ORIGH	EQU 83110	*APUNTAADOR DE UN RENGLON DE AYUDA
OFFRESSET	EQU 8822	*FDA REGISTRO DEL OFFSET
NULL	EQU 8820	*VALOR NULO=00 PARA INICIALIZACION DE VARIABLES
PCFX	EQU 830D	*INDICADOR DE FIN DE TABLA DE CARACTERES EXTERNOS
***** VECTOR DE DIFERENCIPACIONES PARA 68HC11E1 *****		
ORG 8FFD6		
FDB 8C4		
FDB 8C7		
FDB 8CA		
FDB 8CD		
FDB 8D0		
FDB 8D3		

FDB \$D6
 FDB \$D9
 FDB \$DC
 FDB \$DF
 FDB \$E2
 FDB \$E3
 FDB \$E8
 FDB \$E9
 FDB \$EE
 FDB \$F1
 FDB \$F4
 FDB \$F7
 FDB \$FA
 FDB \$FD
 FCB \$C0,\$00

 * INICIO DE PROGRAMA, ESTE ESTA A PARTIR DE LA LOCALIDAD C000H, *

ORG ROM

LDA# #593 *HABILITACION DEL CONVERTIDOR ANALOGICO-DIGITAL
 STAA OPTION * "ADC"
 LDA# #801 *ACTIVA EL CANAL 1
 STAA ADCTL
 LDA# #800
 STAA TMSK0 *TIMER TMSK0=0 DESACTIVADO
 STAA BPROT *LIMPIAR PROTECCION DE EEPROM
 LDS #STACK *INICIALIZACION DE STACK POINTER
 JSR VICINTR *SALTA RUTINA DE CHEQUEO DE TABLA DE INICIALIZACION DE
 LDX #USTACK *VECTOR DE INTERRUPCIONES
 STX SP *STACK USADO DE DEFAULT
 LDA# TCTL1
 ORAA #803
 STAA TCTL *FORZAMOS OCS EN ALTO
 LDA# \$E00
 STAA REGS+#808 *CCR USADO DE DEFAULT
 LDD #33FD *PARA COMANDOS INICIALES
 STD INTRITE
 LDA# RAMEX *VERIFICACION DE BANDERAS PARA COLD O WARM START
 CMP# #7 *SI ALGUNA DE ELLAS I,R o P NO CORRESPONDEN
 BNE COLDST *LA MEMORIA SE HA PERDIDO POR FALTA DE ENERGIA,
 LDA# RAMEX+#801 *Y SE PROCEDE A INICIAR CON WARM START, EN CASO
 CMP# #7 *CONTRARIO, LA MEMORIA ESTA EN BUENAS CONDICIONES
 BNE COLDST *Y LOS DATOS ESTAN CONSERVADOS. ESTAS BANDERAS, SE
 LDA# RAMEX+#802 *COLOCAN EN LAS PRIMERAS TRES LOCALIDADES DE LA RAM
 CMP# #7 *EXTERNA
 BNE COLDST
 JMP WARMST *SALTA A WARM START.

COLDST

JSR INICLCD *INICIALIZACION DE PANTALLA
 JSR EXTCAR *GENERACION DE CARACTERES ESPECIALES
 JSR TXCLEAR *BORRA PANTALLA

 * BORRADO DE LA RAM EXTERNA, EN COLD START *

LDA# #NULL *CARGAMOS EN ACUMULADOR A, 00H NULOS
 LDX #RAMEX *CARGAMOS EN X, EL INICIO DE RAM EXTERNA
 STAA 0,X
 INX
 CPX #A000 *SE ALMACENAN NULOS EN TODA LA RAM
 BNE CLRRAM
 LDA# #7 *SE INICIALIZAN LAS BANDERAS DE WARM START
 STAA RAMEX
 LDA# #7
 STAA RAMEX+#801
 LDA# #7
 STAA RAMEX+#802
 JSR BEEP *SE PRESENTAN DOS BEEPS, INDICANDO QUE ES UN
 JSR DELAY *INICIO DE COLD START, Y LA MEMORIA RAM ESTA LIMPIA
 JSR DELAY *RETRAZOS
 JSR BEEP
 JMP WARMST1

 * INICIO EN WARM START, CUANDO NO SE HA SUSPENDIDO *
 * ENERGIA Y SE ENCIENTA EN OPERACION NORMAL *

WARMST	ISR	DNICLD	*INICIALIZACION DE PANTALLA
	ISR	EXTCAR	*GENERACION DE CARACTERES ESPECIALES
	ISR	TXCLEAR	*BORRA PANTALLA
	ISR	DELAY	*RETARDOS
	ISR	BEEP	*SE PRESENTA UN BEEP, INDICANDO QUE ES UN INICIO
	ISR	DELAY	*DE WARM START, Y LA MEMORIA CONTIENE INFORMACION
	ISR	DELAY	*RETARDOS
WARMST1	ISR	AUTORES	*LLAMA Rutina DE CAPTURA DE FACTORES DE SENSIBILIDAD INICIALES
	ISR	RES	*LLAMA Rutina DE CAPTURA DE REFERENCIAS DE CIRCOPAG INICIALES
	LDAA	#800	
	STAA	RANGO	*INICIALIZACION DE RANGO
	LDY	#8000	*LE PONEMOS UN CERO A LA MEDIA MAXIMA PARA RETEN
	STY	MEDIAH	
	LDAA	#800	
	STAA	DECIWH	*INICIALIZACION DE BANDERAS EN CERO
	STAA	YAG	*YAG.BATT
	STAA	BATT	
	LDAA	#8FF	*INICIALIZACION DE BANDERAS EN FF
	STAA	HOLD	*HOLD
	LDAA	#800	
	LDX	#RAMEX	
ALFA	ISR	DNICLD	*INICIALIZACION DE PANTALLA AND-71HST
	ISR	EXTCAR	*GENERACION DE CARACTERES ESPECIALES
	ISR	TXCLEAR	*BORRA PANTALLA
DIG	ISR	AUTORAN	*DETERMINACION DEL RANGO ADECUADO
	ISR	ADCWATTS	*CALCULO DE LOS WATTS CORRESPONDIENTES A LA LECTURA
	LDAA	YAG	*VERIFICACION DE LA BANDERA DE YAG
	CMFA	#8FF	*SI NO SE OPRIME EL BOTON
	BNE	BCO2	*DESPLIEGA PANTALLA CON CO2 POR DEFAULT
	LDI	#81000	*A=10 B=00 DIRECCION DE DESPLIEGUE EN PANTALLA
	LDX	#SCREEN9	*DESPLIEGA LA MISMA PANTALLA PERO CON YAG
	ISR	LCDSTR0	*Y CAMBIAN LOS PARAMETROS DE ABSORCION EN ADCWATTS
	JMP	BYAG	
BCO2	LDI	#81000	*A=10 B=00 DIRECCION DE DESPLIEGUE EN PANTALLA * A=10 B=00 ACUMULADORES
	LDX	#SCREENA	*DIRECCIONA PANTALLA DE CO2
	ISR	LCDSTR0	*DESPLIEGA SCREEN EN PANTALLA
BYAG	LDAA	BATT	*MONTOREO DE VOLTAJE DE LA BATERIA
	CMFA	#8FF	
	BNE	BATTOK	*VERIFICACION DE BANDERA DE BATERIA BAJA
	LDI	#810P0	*SI ESTA ACTIVA, SE PRESENTA UN MENSAJE "BATT"
	LDX	#SCREENB	*INDICANDO NIVEL BAJO EN LAS BATERIAS
	ISR	LCDSTR0	
*			*SI LA BANDERA ESTA DESACTIVADA, NO SE DESPLIEGA
			*DICH0 MENSAJE
BATTOK			

			* DESPLIEGUE DE DATOS EN LA PANTALLA, INICIALMENTE NUMEROS GRANDES *

	LDI	L2	*DESPLIEGA WATTS Y DECIWATTS DE LA CONVERSION A DECIMAL.
	CMFA	#800	*EL RESULTADO QUEDA EN L3,L2 Y L1.
	BEQ	DIG2	*SI L3 ES CERO COLOCA UN BLANCO
	LDX	#81004	*SI L3 ES DIFERENTE DE CERO DESPLIEGA L3,L2 Y L1
	ISR	DIGITO	
	LDAA	L2	
	JMP	DIG32	
DIG2	LDI	#81004	*SI L2 ES CERO COLOCA UN BLANCO
	LDX	#BLANCO	*SI L2 ES DIFERENTE DE CERO DESPLIEGA L2 Y L1
	ISR	BICAR	
	LDAA	L2	
	CMFA	#800	*COMPARACION DE L2 CON CERO
	BEQ	DIG3	
DIG32	LDX	#8100B	*DESPLIEGA L2
	ISR	DIGITO	
	JMP	DIG21	

```

DIG0      LDD    #8100B  *DESPLIEGA BLANCO
          LDX    #BLANCO
          JSR    BIGCAR

DIG01     LDAA   L1      *DESPLIEGA L1
          LDX    #81012
          JSR    DIGITO

          LDAA   DECTW  *DESPLIEGA DECIMAL
          LDX    #8101B
          JSR    DIGITO

          LDD    #81022  *DESPLIEGA LETRA W
          LDX    #WATT
          JSR    BIGCAR

          LDD    #81109  *DESPLIEGA PUNTO DECIMAL
          LDX    #PUNTOD
          JSR    LCDSTRG

          LDAA   HOLD   *VERIFICACION DE BANDERA DE RETEN.SI ESTA ACTIVADA.SE
          CMPA   #8FF   *DESPLIEGA EL MENSAJE DE RETEN INVERTIDO.INDICANDO QUE
          BEQ    NOINVER *EL SISTEMA ESTA EN MODO DE RETENCIÓN DE MAXIMO VALOR
          LDD    #81118  *DESPLIEGUE DE L BARRA INDICADORA.COMIENZA EN "111D"
          LDX    #AGUJA+8EZ *CON RETEN INVERTIDO
          JSR    LCDSTRG *DESPLIEGUE DE SCREEN
          JSR    INCLCD  *INICIALIZACION DE PANTALLA
          JMP    DESAGUJA

NODINVER  LDD    #81118  *DESPLIEGA AGUJA. LA BARRA COMIENZA EN "111D"
          LDX    #AGUJA  *SIN MENSAJE DE RETEN INVERTIDO
          JSR    LCDSTRG *DESPLIEGUE DE SCREEN

DESAGUJA  LDD    WATTS   *LECTURA DE WATTS PARA CALCULO DE LA BARRA GRAFICA
          LDX    #8002   *SE DIVIDE ENTRE 2 PARA OBTENER LA MITAD DE LA LECTURA
          IDIV  *X= ENTERO, D= RESIDUO MAXIMO VALOR ES "1"
          XGDX
          ADDD   WATTS   *AL SUMARLE LA MITAD, EQUIVALE A MULTIPLICAR POR 1.5
          CPX   #8001
          BEQ   CHECDECI
          JMP   SUMAX

CHECDECI  PSHA   LDAA   DECTW
          CMPA   #802
          BHS   SUMA1
          PULA
          JMP   SUMAX

SUMA1     PULA
          ADDD   #8001
          LDX   #8006  *CADA CARACTER CONSTA DE 6 PÍELES
          IDIV  *X=PARTE ENTERA DE LA DIVISION,"D=RESIDUO
          XGDX  *X=RESIDUO D=PARTE ENTERA
          ADDD   #8111E *DIRECCION DEL TOPE DE LA BARRA
          PSHA  *CON ESTA OPERACION SE DETERMINA LA LONGITUD DE
          PSB   *BARRA GRAFICA, QUE DEBE SER PROPORCIONAL AL
          CMFB  #81E   *VALOR DE LOS WATTS QUE SE ESTAN PRESENTANDO
          BHI  BARI
          PULB
          PULA
          JMP   RESIDUO

BARI      PSHA
          PSIB
          JSR   WRDATA
          TAB
          JSR   WRDATA
          LDAB  #82A
          JSR   WRCOMMAND
          LDAB  #89A  *ESCALON COMPLETO
          JSR   WRCARAC

          PULB
          PULA
          DECB
          CMFB  #81D  *VA LLENANDO DE DERECHA A IZQUIERDA HASTA TOPAR
          BNE  BARI  *CON LA DIR. INICIAL DE LA BARRA
          PULB  *Mientras NO HAYA LLEGADO AL INICIO SIGUE LLENANDO
          PULA  *CON ESCALON COMPLETO
    
```

APÉNDICE A

RESIDUO	INCB	*INCREMENTA DIR. DEL TOPE DE LA BARRA PARA PONER
	ISR	WRDATA
	TAB	*CARACTER DE RESIDUO
	ISR	WRDATA
	LDAB	#82
	ISR	WRCOMMAND
	XODX	#804
	ADDIB	*SUMA AL RESIDUO EL INICIO DEL NUMERO DEL LLENADO
	LDY	WATTS
	CPY	#0100
	BNE	BORDE
	LDAB	#891
BORDE	ISR	WRCARAC
	LDX	PORTA
	BRCLR	00,X #01 MENUS
	BRCLR	00,X #02 CALIB
	BRCLR	00,X #01 SHOLDD
	IMP	DIG
CALIB	LDX	PORTA
	BRCLR	00,X #06 CALIBX
	BRCLR	00,X #02 CALIB
	IMP	DIG
CALIBX	LDX	PORTA
	BRCLR	00,X #06 CALIBX
	BRCLR	00,X #02 CALIBX
	IMP	CALCERO
SHOLDD	COM	HOLD
SHOLDD1	LDX	PORTA
	BRCLR	00,X #01 SHOLDD1
	ISR	BEEP
	IMP	DIG
MENUS	LDX	PORTA
	BRCLR	00,X #03 MENUS
	IMP	KEYMENU

*SALTA A SECCION DE MENUS

***** SUBROUTINAS *****

***** ESCRITURA DE UN DATO EN PANTALLA LCD A PARTIR DE "B" *****

***** SE GUARDA EN LA LOCALIDAD PREVIAMENTE DESTINADA *****

WRDATA

ISR	STATS	*VERIFICACION DEL SATUS DE LA PANTALLA
PSHA		
PSHB		
LDAA	#808	
STAA	PORTA	*COLOCA "0" EN CONTROL DATA
NOP		
STAB	LCD	*MANDA DATO EN "B" A LA PANTALLA
NOP		
LDAA	#810	
STAA	PORTA	*PONE 1 EN CONTROL DATA
PULB		
PULA		
ISR	STATS	*VERIFICACION DE STATUS DE LA PANTALLA
RTS		

***** ESCRITURA DE UN COMANDO A PARTIR DE "B" *****

WRCOMMAND

ISR	STATS	*VERIFICACION DE STATUS DE LA PANTALLA
PSHA		
PSHB		
LDAA	#810	
STAA	PORTA	*COLOCA "1" EN CONTROL DATA
NOP		
STAB	LCD	*MANDA DATO EN "B" A LA PANTALLA
NOP		
LDAA	#810	
STAA	PORTA	*COLOCA 1 EN CONTROL DATA
PULB		
PULA		
ISR	STATS	*VERIFICACION DE STATUS DE LA PANTALLA
RTS		

```

***** LECTURA DE STATUS DE LCD *
***** SE GUARDA EN LA LOCALIDAD RDSTATS=80121 *
*****
STATS  PSHA
      PSHB
      LDAA #810
      STAA PORTA *PONE CONTROL DATA EN ALTO
STAT1  NOP
      LDAA LCD *AL TRATAR DE LEER LCD (A000) EL MICRO PONE A READ
      TAB *EN BAJO POR TRATARSE DE UN DISPOSITIVO EXTERNO
      ANDA #803 *SOLO SE TIENEN QUE LEER LOS DOS PRIMEROS BITS
      CMDA #803 *SI ESTAN ACTIVOS, LA PANTALLA ESTÁ LISTA PARA
      BNE STAT1 *RECIBIR DATOS
      STAB RDSTATS *SE GUARDA EL VALOR DEL STATUS
      LDAA #800
      STAA PORTA *PONE CONTROL DATA EN BAJO
STATOK PULB
      PULA
      RTS

```

* INICIALIZACION DE PANTALLA *

```

INICLCD LDAB #880 *COMANDO DE MODO
      ISR WRCOMAND
      LDAB #800
      ISR WRDATA *ENVIA DATO
      NOP
      LDAB #810
      ISR WRDATA *TEXT HOME ADDRESS=1000H
      LDAB #840
      ISR WRCOMAND *COMANDO 40H DE TEXT HOME ADDRESS
      LDAB #828
      ISR WRDATA
      LDAB #800 *AREA DE TEXTO=0028H=40 CARACTERES
      ISR WRDATA
      LDAB #841
      ISR WRCOMAND *COMANDO 41H DE TEXT AREA
      LDAB #800
      ISR WRDATA
      LDAB #800 *GRAPHIC HOME ADDRESS=0000H
      ISR WRDATA
      LDAB #842
      ISR WRCOMAND *COMANDO 42H DE GRAPHIC HOME ADDRESS
      LDAB #828
      ISR WRDATA
      LDAB #800 *NUMBER OF AREA
      ISR WRDATA *AREA DE GRAFICOS 40x6 DOT= 0028H
      LDAB #843
      ISR WRCOMAND *COMANDO 43H DE GRAPHIC HOME ADDRESS
      LDAB #8A0
      ISR WRCOMAND *COMANDO 46H CURSOR DE UNA SOLA LINEA
      RTS

```

* Rutina de despliegado de digitos grandes asociados a L3.L2 y L1 *

```

*****
DIGITO LDAB #830 *CADA DIGITO GRANDE OCUPA 30 LOCALIDADES DE MEMORIA
      MUI *MULTIPLICA EL VALOR EN L1.L2 L3 POR 30
      ADDD #8D001 *LE SUMA D001 QUE ES EL INICIO DE LA CADENA DE DIGITOS
      XGDx *LA SUBROUTINA BIGCAR TRABAJA CON X, X=APUNTAADOR, D=DIR
      ISR BIGCAR *DE DESPLEGUE
      RTS

```

* Rutina de borrado de pantalla en el area del texto *

```

*****
TXCLEAR PSHA *BORRAR PANTALLA DE TEXTO
      PSHB
      LDAB #800
      ISR WRDATA
      LDAB #810
      ISR WRDATA *DIRECCION INICIAL DELA AREA DE TEXTO=1000H
      LDAB #824

```

	ISR	WRCOMMAND	*COMANDO 34H INDICA QUE SE TRATA DE UNA DIRECCION
	LDA	#800	
LIMPIA	STAB	\$0123	*SE USA LA LOCALIDAD 0123H COMO UN CONTADOR AUXILIAR
	LDA	#800	
	ISR	WRCARAC	*ESCRIBE CARACTER NULO
	LDA	\$0123	
	INCB		*SE INCREMENTA CONTADOR
	CMPB	#8FF	*SI NO HA LLEGADO AL TOPE FFH CONTINUA EL CICLO
	BNE	LIMPIA	*ESCRIBIENDO NULOS
LIMPIA2	LDA	#800	
	STAB	\$0123	*INICIALIZA CONTADOR AUXILIAR
	LDA	#800	
	ISR	WRCARAC	*ESCRIBE CARACTERE NULO
	LDA	\$0123	
	INCB		*INCREMENTA CONTADOR AUXILIAR
	CMPB	#841	*DE LOS 320 CARACTERES SOLO NOS FALTAN 40H PARA BORRAR
	BNE	LIMPIA2	*EL TOTAL DE LA PANTALLA POR ESO SE TERMINA DE COMPARAR
	LDA	#800	*EN 41H
	ISR	WRDATA	*REGRESAMOS AL ORIGEN (1000H), ADDRESS POINTER DESPUES
	LDA	#E10	*DE BORRAR LA PANTALLA
	ISR	WRDATA	
	LDA	#824	
	ISR	WRCOMMAND	*COMANDO 34H DE ADDRESS POINTER
	LDA	#894	
	ISR	WRCOMMAND	*COMANDO 94H DE MODO DESPLIEGUE
	PULB		
	PULA		
	RTS		

 * RUTINA DE SELECCION AUTOMATICA DE RANGOS, ES INDEPENDIENTE *
 * DE LA RUTINA DE QUE TOMA LAS LECTURAS (ADCWATTS) CONVERSION *

 AUTORAN

	PSHA		
	PSHX		
	LDA	#804	
	STAA	RANGO	*MONITOREO DE LA BATERIA POSITIVA, COMO ES LA
	ISR	ADC	*QUE SE DESCARGA MAS RAPIDO, SOLO ESTA SE MONITO-
	LDA	ADR1	*REA PARA LA SENAL DE BATERIA BAJA
	STAA	BATX	*GUARDA VALOR DEL NIVEL DE LA BATERIA
	CMPA	#840	*SI EL VALOR ESTA EN EL RANGO PERMISIBLE >#011
	BHI	BATTERYOK	*NO SE ACTIVA LA BANDERA DE BATERIA BAJA.
	LDA	#8FF	
	STAA	BATT	*SI EL VALOR < 70H, SE ACTIVA BANDERA DE BATERIA
	JMP	RAN01	*BAJA
BATTERYOK	LDA	#800	
	STAA	BATT	*SE DESACTIVA BANDERA DE BATERIA BAJA
RAN01	LDA	#801	
	STAA	RANGO	*SELECCION DEL CANAL CORRESPONDIENTE A RANGO 1
	ISR	ADC	
	LDA	ADR1	*SE HACE LECTURA DEL ADC CANAL 1
	CMPA	#8FC	*SE VERIFICA QUE NO ESTE SATURADO
	BHI	RANGO010	*SI ESTA SATURADO PASA AL RANGO SIGUIENTE
	LDA	ADR1	*SI NO ESTA SATURADO, ESTABLECE PARAMETROS
	LDX	FSENS11	*FACTOR DE SENSIBILIDAD 1M/10K Pm 7 TL084A
	STX	FSENS1	
	LDA	ECER01	
	STAA	ZERO	
	JMP	AUTOR1	*SALE DE AUTORANGOS

RANGO030	LDA	#802	
	STAA	RANGO	*SELECCION DEL CANAL CORRESPONDIENTE A RANGO 2
	ISR	ADC	
	LDA	ADR1	*SE HACE LECTURA DEL ADC CANAL 2
	CMPA	#8F0	*SE VERIFICA QUE NO ESTE SATURADO
	BHI	RANGO030	*SI ESTA SATURADO PASA AL RANGO SIGUIENTE
	LDX	FSENS12	*FACTOR DE SENSIBILIDAD (1M+1M)/10K Pm 1 TL084A
	STX	FSENS1	
	LDA	ECER02	
	STAA	ZERO	
	JMP	AUTOR1	*SALE DE AUTORANGOS
RANGO050	LDA	#803	
	STAA	RANGO	*SELECCION DEL CANAL CORRESPONDIENTE A RANGO 3

	ISR ADC	*SE HACE LECTURA DEL ADC CANAL 3
	LDAA #806	*SE VERIFICA QUE NO ESTE SATURADO
	CMPA #8ED	*SI ESTA SATURADO, PASA AL RANGO SIGUIENTE
	BHI RANG006	*FACTOR DE SENSIBILIDAD 330K/10K Pm 1 TL084B
	LDX FSENS13	
	STX FSENS1	
	LDAA ECER03	
	STAA ZERO	
	JMP AUTOR1	*SALE DE AUTORANGOS
RANG006	LDAA #806	*SELECCION DEL CANAL CORRESPONDIENTE A RANGO 4
	STAA RANG0	
	ISR ADC	*SE HACE LECTURA DEL ADC CANAL 6
	LDAA #8ED	
	CMPA #8ED	*SE VERIFICA QUE NO ESTE SATURADO
	BHI RANG008	*SI ESTA SATURADO, PASA AL RANGO SIGUIENTE
	LDX FSENS14	*FACTOR DE SENSIBILIDAD 270K/10K Pm 7 TL084B
	STX FSENS1	
	LDAA ECER04	
	STAA ZERO	
	JMP AUTOR1	*SALE DE AUTORANGOS
RANG008	LDAA #807	*SELECCION DEL CANAL CORRESPONDIENTE AL RANGO 5
	STAA RANG0	
	ISR ADC	*SE HACE LECTURA DEL ADC CANAL 7
	LDAA #8ED	
	CMPA #8ED	*SE VERIFICA QUE NO ESTE SATURADO
	BHI RANG010	*SI ESTA SATURADO, PASA AL RANGO SIGUIENTE
	LDX FSENS15	*FACTOR DE SENSIBILIDAD 200K/10K Pm 8 TL084B
	STX FSENS1	
	LDAA ECER05	
	STAA ZERO	
	JMP AUTOR1	*SALE DE AUTORANGOS
RANG010	LDAA #800	*SELECCION DEL CANAL CORRESPONDIENTE AL RANGO 6
	STAA RANG0	
	ISR ADC	*SE HACE LECTURA DEL ADC CANAL 8
	LDAA #8ED	
	CMPA #8ED	*SE VERIFICA QUE NO ESTE SATURADO
	BHI RANG010	*SI ESTA SATURADO, PASA AL RANGO SIGUIENTE
	LDX FSENS16	*FACTOR DE SENSIBILIDAD 150K/10K Pm 14 TL084B
	STX FSENS1	
	LDAA ECER06	
	STAA ZERO	
	JMP AUTOR1	
RANG0100	LDX #0333	*FACTOR DE SENSIBILIDAD 150K/10K PARA MAXIMA
	STX FSENS1	*LECTURA, O MENSAJE DE SOBRECARGA
AUTOR1	PULX	
	PULA	
	RTS	

* RUTINA DE CONVERSION DE LOS DATOS DEL ADC A WATTS *		
* EL RESULTADO QUEDA ALMACENADO EN LA LOCALIDAD "WATTS" *		

ADCWATTS	PSHA	
	PSHB	
	ISR MUESTRA	*SE HACE EL MUESTREO DE LA LECTURA
	LDAA MEDIA	*SE LEE LA MEDIA ARITMETICA
	CMPA ZERO	
	BLO XERO	
	LDAA MEDIA	
	SUBA ZERO	
	JMP XERO2	
XERO	LDAA #800	
	STAA MEDIA	
XERO2	LDAB YAG	*VERIFICACION DE LA BANDERA DE YAG
	CMPB #8FF	*SI ESTA ACTIVADA, CAMBIA EL FACTOR DE
	BNE FCOZ	*RESOLUCION EN 1.0%
	LDAB #8D4	
	JMP FYAG	
FCOZ	LDAB #8C4	*SE MULTIPLICA MEDIA POR GH+1960
FYAG	MUL	*EL RESULTADO QUEDA EN ACUMULADOR "D"
	LDX FSENS1	*CONSTANTE DE SENSIBILIDAD 33*120 mV X Watt
	DTV	*SE DIVIDE D ENTRE LA SENSIBILIDAD
	STX WATTS	*EL RESULTADO DE D/X SE GUARDA EN WATTS
	STAB RESD	*D TIENE AL RESIDUO DE LA DIVISION

	LDAB	#50A	
	MUL		
	TBA		
	LDAB	#500	
	STD	RES11	*16 BITS
	LDAA	RESQ	
	LDAB	#50A	
	MUL		
	ADDD	RES11	*EL RESIDUO SE MULTIPLICA POR 0A9H=10D PARA
	LX	FSENS1	*CALCULAR EL DECIMAL DE WATTS
	IDIV		*EL RESULTADO SE DIVIDE ENTRE LA SENSIBILIDAD
	XCDDX		
	STB	DECTW	*EL VALOR DEL DECIMAL, SE GUARDA EN DECTW
	XCDDX		
	STAB	RES12	*8 BITS
	LDAB	#50A	
	MUL		
	TBA		
	LDAB	#500	
	STD	RES11	*16 BITS
	LDAA	RES12	
	LDAB	#50A	
	MUL		
	ADDD	RES11	*DE FORMA ANALOGA, SE CALCULA EL SEGUNDO DECIMAL
	LX	FSENS1	
	IDIV		
	XCDDX		
	STB	DECTW+#501	*EL RESULTADO SE GUARDA EN DECTW+1
SALE			
	LDAA	HOLD	*VERIFICA SI LA BANDERA DE RETEN HA SIDO ACTIVADA
	CMPA	#EFF	
	BEQ	UNHOLD	*SI NO ESTA ACTIVA, NO SE HACE RETEN SOBRE EL VALOR
	LDY	WATTS	*MAS GRANDE TOMADO EN LAS LECTURAS
	CPY	MEDIAH	*COMPARA LECTURA ACTUAL CON LA MAXIMA
	BLO	HOLDH	*SI ES MENOR, SE DESCARTA LA LECTURA ACTUAL
	BEQ	HOLDIO	*SI EL IGUAL, SE VERIFICA EL DECIMAL
	STY	MEDIAH	*SI ES MAYOR, SE TOMA LA LECTURA ACTUAL COMO
	LDAA	DECTW	*LA NUEVA LECTURA MAXIMA
	STAA	DECTWH	*EL DECIMAL CORRESPONDIENTE TAMBIEN SE ACEPTA
	ISR	BEEP	
	IMP	UNHOLDX	*SALE DE CHEQUEO DE RETEN
HOLDIO			
	LDAB	DECTW	*COMPARA DECIMAL DE WATTS, CON AL DECIMAL MAXIMO
	CMPB	DECTWH	*DE WATTS, SI ES MENOR, SE DESCARTA DICHO VALOR
	BLS	HOLDH	
	STAB	DECTWH	*SI ES MAYOR O IGUAL SE TOMA COMO NUEVO DECIMAL
			*DECIMAL MAXIMO
HOLDHI			
	LDY	MEDIAH	
	STY	WATTS	*TOMA LA MEDIA RETENIDA, Y LA COLOCA EN WATTS
	LDAA	DECTWH	
	STAA	DECTW	*TOMA EL DECIMAL RETENIDO, Y LO COLOCA EN DECTW
	IMP	UNHOLDX	
UNHOLD			
	LDY	#5000	*CUANDO RETEN NO ESTA ACTIVA, LAS LOCALIDADES
	STY	MEDIAH	*MEDIAH Y DECTWH, SE INICIALIZAN EN 00, PARA QUE
	LDAA	#500	*NO GUARDEN LA ULTIMA LECTURA MAXIMA
	STAA	DECTWH	
UNHOLDX			
	ISR	HEXDEC	*CONVIERTE EL DATO DE WATTS, EN EL CODIGO DECIMAL
	PULB		*L1.L2.L3 PARA DESPLIEGUE EN PANTALLA
	PULA		
	RTS		

* RUTINA DE CONFIGURACION DEL CONVERTIDOR ANALOGICO-DIGITAL *			
* ON/OFF EN MODO CONVERSION SOLO UNA VEZ EN EL CANAL *			
* FE01 A FE07 DEL PUERTO E *			

ADC			
	PSHC		
	PSHY		
	PSHA		
	LDAA	#580	
	STAA	OPTION	*ENCENDIDO DEL ADC
	LDAA	RANCO	*SELECCIONA CANAL NO SATURADO
	STAA	ADCTL	*MODO DE CONVERSION UNA SOLA VEZ
	LX	#5001F	

ADCCX	DEX		*RETARDO PARA QUE SE REALICE LA CONVERSION
	CPX	#8000	
	BNE	ADCCX	
	LDAA	#893	
	STAA	OPTION	*APAGADO DEL CONVERTIDOR
	LDAA	RANCO	
	STAA	ADCTL	
	PULA		
	PULY		
	PULX		
	RTS		

* RUTINA DE MUESTREO PARA LA TOMA DE LECTURAS DEL CONVERTIDOR ADC *			
* TOMA DE 256 MUESTRAS, Y CALCULO DE LA MEDIA ARITMETICA *			
* DE LAS MISMAS *			

MUESTRA	LDX	#83000	*INICIO DE DIRECCION DONDE SE GUARDA EL MUESTREO
CONTN	ISR	ADC	*SE HACE LECTURA DEL ADC CANAL CORRESPONDIENTE
	LDAA	ADR1	
	STAA	00,X	
	LDAA	ADR2	
	STAA	01,X	
	LDAA	ADR3	
	STAA	02,X	
	LDAA	ADR4	
	STAA	03,X	*SE GUARDAN LAS PRIMERAS 4 MUESTRAS
	LDAB	#804	
	ABX		*SE INCREMENTA EN 4 LA DIRECCION DE ALMACENAMIENTO
	CPX	#83100	*SE COMPARA CON EL FINAL DEL MUESTREO
	BNE	CONTN	*SI NO SE HA ALCANZADO, SE SIGUE MUESTREANDO
	LDY	#80000	*SE PROCEDE A HACER LA SUMA DE LAS MUESTRAS
	LDX	#83000	*X APUNTA EL INICIO DE LAS MUESTRAS
SUMA	LDAB	00,X	*SE LEE LA MUESTRA
	ABY		*SE SUMA AL TOTAL
	INX		*SE PASA A LA SIGUIENTE MUESTRA
	CPX	#83100	*SE VERIFICA EL FINAL DEL MUESTREO
	BNE	SUMA	*SI NO ES EL FINAL, SIGUE SUMANDO
	LDI	#81000	*NUMERADOR = 10000000
	STY	#3100	
	LDX	#3100	*SE CARGA EN X EL TOTAL DE LA SUMA
	XGDX		*SE INTERCAMBIAN VALORES DE D y X
	IDIV		*SE HACE LA DIVISION
	XGDX		*SE INTERCAMBIAN VALORES DE D y X
	TBA		
	STAA	MEDIA	*EL RESULTADO DE LA DIVISION ES LA MEDIA ARITMETICA
	RTS		

*SACA EN HEXADECIMAL EL VALOR DE CADA BYTE *			
*RECORRE 4 BITS A LA DERECHA *			

OUTLH	LSRA		
	LSRA		*CORRIMIENTO A LA DERECHA 4 BITS
OUTRH	ANDA	#80F	*ELIMINA LOS CUATRO BITS MAS SIGNIFICATIVOS
	ADDA	#810	*LE SUMAS 10 PARA MAPEAR LOS NUMEROS A LA LCD
	CMPA	#819	*COMPARA SI EL NUMERO ES MAYOR, A 10 (POR TABLA
	BLE	ETX1	*DE LA LCD) SI NO LE SUMA 7
	ADDA	#807	
ETX1	TAB		
	ISR	WRCARAC	*ESCRIBE CARACTER CORRESPONDIENTE EN PANTALLA
	RTS		

* RUTINA PARA HACER LA CONVERSION DE UN NUMERO HEXADECIMAL A DECIMAL. *			
* EL RESULTADO SE COLOCA EN L4LJL2L1 (140H,141H,142H,143H) *			

HEXDEC	PSHA		*RESPALDO DE REGISTROS
	PSH0		
	PSHX		
	PSHY		
	LDAA	#800	*HEXADECIMAL A UNO DECIMAL DE DOS BYTES.
	STAA	L1	

	STAA L3	
	STAA L3	*INICIALIZA LOS DIFERENTES CONTADORES
	STAA L4	*DE UNIDADES DECENAS CIENTENAS
	LDD #8000	
	LDY WATTS	*CARGAMOS EL VALOR DE CONVERSION DEL ADC
	STY TOPE	*WATTS ES EL LIMITE DE CONTEO
ARRIBA	INC L1	*INCREMENTAMOS EL CONTADOR DE LAS UNIDADES
	LDAB L1	
	CMPB #80A	*COMPARAMOS CON 10
	BNE BUC	
REGRESO	INC L3	*INCREMENTAMOS EL CONTADOR HEXADECIMAL
	CPX TOPE	*COMPARAMOS EL VALOR DEL ADC CON EL CONTADOR
	BNE ARRIBA	
OUTHEX		
	PULY	*RECUPERACION DE REGISTROS
	PULB	
	PULA	
	RTS	
	NOP	
	NOP	
BUC		
	LDAB #500	
	STAB L1	*RESETAMOS EL CONTADOR DE UNIDADES
	INC L2	*INCREMENTAMOS EL CONTADOR DE DECENAS
	LDAB L2	
	CMPB #80A	*COMPARAMOS CON 10 SI NO REGRESAMOS A INCREMENTAR
	BNE REGRESO	
	LDAB #500	
	STAB L2	*RESETAMOS EL CONTADOR DE DECENAS
	INC L3	*INCREMENTAMOS EL CONTADOR DE CIENTENAS
	LDAB L3	
	CMPB #80A	*COMPARAMOS CON 10 SI NO REGRESAMOS A INCREMENTAR
	BNE REGRESO	
	LDAB #500	
	STAB L3	
	INC L4	
	LDAB L4	
	CMPB #80A	
	BNE REGRESO	
	LDAB #500	
	STAB L1	
	STAB L2	
	STAB L3	
	STAB L4	*SI ES UN VALOR MAYOR A 1000, SE ANULAN TODOS LOS
	INB OUTHEX	*DIGITOS, PERO ES UNA CONDICION QUE NUNCA SUCEDE
	*	*SE INTERROMPE EL SISTEMA

	* SECCION DE GENERACION DE CARACTERES GRAFICOS 0 AL 9 *	

	* RUTINA PARA GENERACION DE CARACTERES EXTERNOS, USADOS EN EL DISPLAY DE *	
	* NUMEROS GRANDES Y GRAFICAS *	

EXTCAR		
	LDAB #800	*DIRECCION DE INICIO PARA ALMACENAMIENTO DE
	ISR WRDATA	*CARACTERES ESPECIALES EN LA PANTALLA LCD
	LDAB #81C	
	ISR WRDATA	
	LDAB #82A	*COMANDO 24HDIRECCIAN EN RAM DE LCD
	ISR WRCOMMAND	
	LDAB #500	
	STAB CONT	*INICIALIZA CONTADOR AUXILIAR
PUNTO	LDY EXTCARAC	*APUNTA A LA TABLA DE CARACTERES INTERNOS
	PSHA	
	LDAA	
SIEX	CMPA 0X	*LLE CARACTER
	BEQ EXFIN	*VERIFICA SI ES FINAL DE LA TABLA, SI NO CONTINUA
	TAB	*TERMINA EL ENVIO DE TABLA
	ISR WRCARAC	*TRANSFERE CARACTER LEIDO A "B"
	ISR WRCARAC	*ESCRIBE CARACTER
	INX	*INCREMENTA DIRECCION AL SIGUIENTE CARACTER
EXFIN	INP PULA	*DE LA TABLA
	LDAB #801	*FIN DEL PROCESO
	ISR WRDATA	*CARGAMOS DIRECCION DEL OFFSET REGISTER

```

LDAB #500
JSR WRDATA
LDAB #OFFREGSET *SE ENVIA COMANDO DEL OFFSET REGISTER
JSR WRCOMMAND *COMANDO 22F OFSREGSET
NOP
NOP
NOP
RTS
*****
* RUTINA PARA DESPLIEGUE DE CARACTERES GRANDES EN PANTALLA. *
*****
FINBIQ JMP FINBIQI
BIOCAR PSHB
PSHB WRDATA
TAB *ENVIA DIRECCION PREVIA EN 'D'
JSR WRDATA *COMANDO 34H DIRECCION DE ESCRITURA
LDAB #E24
JSR WRCOMMAND
LDAA #800
STAA STAB *INICIALIZA CONTADOR AUXILIAR
REGI LDAB 0,X *LEE CARACTER DE LA CADENA
CMPB #8FF *COMPARA CON FIN DE CADENA
BEQ FINBIQ *SI ES FINAL DE LA CADENA, TERMINA EL PROCESO
JSR WRCARAC *ESCRIBE CARACTER
INX CNT3 *INCREMENTA DIRECCION DE LA TABLA
LDAA CNT3 *INCREMENTA CONTADOR AUXILIAR
CMPA #800 *COMPARA CONTADOR AUXILIAR CON 8, SI ES IGUAL
BEQ SIGREN *ESCRIBIR EN EL SIGUIENTE RENGLON DE LA
PANTALLA
SIGREN PULB *PARA EL SIGUIENTE RENGLON, SE INCREMENTA 40
PULA *LOCALIDADES DE MEMORIA AL ORIGEN ESTABLECIDO
ADDD #0040
JMP BIOCAR *ESCRIBE EL SIGUIENTE RENGLON
FINBIQI PULB *FIN DEL PROCESO
PULA
RTS
*****
* ESTA SECCION PERMITE QUE BIOCAR ESCRIBA EN LCD UNA CADENA DE HASTA 256 *
* CARACTERES ES USADA PARA LIMPIEZA DE PANTALLA Y EJEMPLOS DE TEXTO *
*****
LCDSTRG PSHB
PSHB WRDATA
TAB *ENVIA DIRECCION PREVIA EN 'D'
JSR WRDATA *COMANDO 34H DIRECCION DE ESCRITURA
LDAB #E24
JSR WRCOMMAND
STRG1 LDAA 0,X *LEE CARACTER DE LA CADENA
CMPA #8FF *COMPARA CON EL FIN DE LA CADENA
BEQ FINBIQ *SI ES FINAL DE LA CADENA, TERMINA EL PROCESO
STAB *RESTA 20, YA QUE EL ASCII DE LA PANTALLA TIENE
TAB *ESTA DIFERENCIA CON RESPECTO AL ASCII ESTANDAR
JSR WRCARAC *ESCRIBE CARACTER
INX CNT3 *INCREMENTA DIRECCION DE LA TABLA
JMP STRG1 *CONTINUA EL PROCESO
*****
* ESCRITURA DE UN CARCTER EN LA PANTALLA LCD *
* LA POSICION ESTA DADA POR LA DIRECCION ACTUAL. *
*****
WRCARAC JSR WRDATA *ENVIA DATO A LA PANTALLA
LDAB #E20
JSR WRCOMMAND *ENVIA COMANDO DE ESCRITURA DE DATO
RTS
*****
* TABLA DE GENERACION DE CARACTERES EXTERNOS PARA LA PANTALLA *
* AND711-AST, ESTOS DEBEN SER CARGADOS CADA QUE SE ENCIENDE EL *
* SISTEMA. *
*****
EXCARAC PCB #FF,#FF,#FF,#FF,#FF,#FF #80=0
PCB #01,#03,#07,#0F,#1F,#3F,#5F,#7F #1=14 SUP. IZQUIERDA
PCB #1F,#3F,#5F,#7F,#0F,#07,#03,#01 #2=8 INF. IZQUIERDA

```


FCB \$00,\$00,\$00,\$00,\$00,\$00
 FCB \$00,\$00,\$00,\$00,\$00,\$00
 FCB \$00,\$00,\$00,\$00,\$00,\$00
 FCB \$\$\$

CINCO ORG \$D0F1
 FCB \$81,\$80,\$80,\$80,\$80,\$81 *NUMERO CINCO
 FCB \$80,\$81D,\$80,\$80,\$80,\$80
 FCB \$80,\$81F,\$80,\$80,\$80,\$80
 FCB \$82,\$80,\$80,\$80,\$80,\$83
 FCB \$80,\$80,\$80,\$80,\$81E,\$83
 FCB \$80,\$81F,\$80,\$80,\$80,\$80
 FCB \$82,\$80,\$80,\$80,\$80,\$84
 FCB \$\$\$

SEIS ORG \$D121
 FCB \$81,\$80,\$80,\$80,\$80,\$81 *NUMERO SEIS
 FCB \$80,\$81D,\$80,\$80,\$81E,\$80
 FCB \$80,\$81F,\$80,\$80,\$80,\$80
 FCB \$80,\$80,\$80,\$80,\$80,\$81
 FCB \$80,\$81D,\$80,\$80,\$81E,\$80
 FCB \$80,\$81F,\$80,\$80,\$80,\$80
 FCB \$82,\$80,\$80,\$80,\$80,\$84
 FCB \$\$\$

SIETE ORG \$D131
 FCB \$80,\$80,\$80,\$80,\$80,\$80 *NUMERO SIETE
 FCB \$00,\$00,\$00,\$00,\$00,\$00
 FCB \$00,\$00,\$00,\$81,\$82,\$80
 FCB \$00,\$00,\$00,\$80,\$80,\$80
 FCB \$00,\$00,\$00,\$80,\$80,\$80
 FCB \$00,\$00,\$00,\$80,\$80,\$80
 FCB \$00,\$00,\$00,\$80,\$80,\$80
 FCB \$00,\$00,\$00,\$80,\$80,\$80
 FCB \$\$\$

OCHO ORG \$D181
 FCB \$81,\$80,\$80,\$80,\$80,\$83 *NUMERO OCHO
 FCB \$80,\$81D,\$80,\$80,\$81E,\$80
 FCB \$80,\$81F,\$80,\$80,\$80,\$80
 FCB \$81,\$80,\$80,\$80,\$80,\$83
 FCB \$80,\$81D,\$80,\$80,\$81E,\$80
 FCB \$80,\$81F,\$80,\$80,\$80,\$80
 FCB \$82,\$80,\$80,\$80,\$80,\$84
 FCB \$\$\$

NUEVE ORG \$D1B1
 FCB \$81,\$80,\$80,\$80,\$80,\$83 *NUMERO NUEVE
 FCB \$80,\$81D,\$80,\$80,\$81E,\$80
 FCB \$80,\$81F,\$80,\$80,\$80,\$80
 FCB \$82,\$80,\$80,\$80,\$80,\$80
 FCB \$00,\$00,\$00,\$00,\$00,\$80
 FCB \$80,\$81F,\$80,\$80,\$80,\$80
 FCB \$82,\$80,\$80,\$80,\$80,\$84
 FCB \$\$\$

WATT *LETRA W
 FCB \$00,\$00,\$00,\$00,\$00,\$00
 FCB \$00,\$00,\$00,\$00,\$00,\$00
 FCB \$80,\$80,\$80,\$80,\$80,\$80
 FCB \$80,\$80,\$81,\$83,\$80,\$80
 FCB \$80,\$80,\$80,\$80,\$80,\$80
 FCB \$82,\$80,\$84,\$82,\$80,\$84
 FCB \$00,\$00,\$00,\$00,\$00,\$00
 FCB \$\$\$

BLANCO *ESPACIO BLANCO
 FCB \$00,\$00,\$00,\$00,\$00,\$00
 FCB \$\$\$

PUNTO

```

FCB $14,$FF          *PUNTO DECIMAL
*****
* SECCION DE TABLA PARA CARACTERES Y DIGITOS GRAFICOS PEQUEÑOS *
* CADA CARACTER OCUPA 1X4 CODIGOS
*****
PUNTOP
FCB $15,$FF          *PUNTO DECIMAL PEQUEAO
ORG $D26I

CEROP  FCB $9C,$9D,$9FE *NUMERO CERO
        FCB $9F,$90,$9A0
        FCB $9F,$90,$9A0
        FCB $A1,$A3,$A2
        FCB $FF
        ORG $D27I

UNOP   FCB $00,$A0,$00 *NUMERO UNO
        FCB $00,$A0,$00
        FCB $00,$A0,$00
        FCB $A3,$A3,$A3
        FCB $FF
        ORG $D28I

DOSP   FCB $A6,$9D,$A7 *NUMERO DOS
        FCB $A5,$A4,$A8
        FCB $A3,$A3,$A3
        FCB $A8,$A3,$A3
        FCB $FF
        ORG $D29I

TRESP  FCB $A6,$9D,$A7 *NUMERO TRES
        FCB $00,$A4,$B0
        FCB $00,$A3,$B8
        FCB $A8,$A3,$B8
        FCB $FF
        ORG $D2A1

CUATROP FCB $9F,$00,$A0 *NUMERO CUATRO
         FCB $B2,$A4,$B3
         FCB $B4,$A3,$B6
         FCB $00,$00,$A0
         FCB $FF
         ORG $D2B1

CINCOP  FCB $A6,$9D,$B1 *NUMERO CINCO
         FCB $B2,$A4,$B3
         FCB $B4,$A3,$B6
         FCB $A8,$A3,$B8
         FCB $FF
         ORG $D2C1

SEISP   FCB $A6,$9D,$A7 *NUMERO SEIS
         FCB $B2,$A4,$B3
         FCB $A3,$A3,$A3
         FCB $A8,$A3,$B8
         FCB $FF
         ORG $D2D1

SETEP   FCB $9D,$9D,$B7 *NUMERO SIETE
         FCB $00,$B8,$B9
         FCB $00,$A0,$00
         FCB $00,$A0,$00
         FCB $FF
         ORG $D2E1

OCHOP   FCB $A6,$9D,$A7 *NUMERO OCHO
         FCB $B8,$A4,$B0
         FCB $B8,$A3,$B8
         FCB $A8,$A3,$B8
         FCB $FF

```

ORG 8D3F1
 NUEVEP FCB 8AA,8FD,8A7 *NUMERO NUEVE
 FCB 8B2,8AA,8A8
 FCB 8BA,8AC,8AF
 FCB 8AB,8AJ,8BA
 FCB 8FF

ORG 8D301
 WATTP FCB 800,800,800 *LETRA "W"
 FCB 800,800,800
 FCB 8FF,8B0,8A0
 FCB 8AB,8BF,8BA
 FCB 8FF

 * TABLAS DE CODIGOS PARA AGUJA GRAFICA. ESTOS SON COLOCADOS MEDIAN_ *
 * TE LA RUTINA LCDSTRO *

ORG 8D311 *LOS CARACTERES DE LAS AGUJAS ESTAN SUMADOS CON 20
 *VA QUE EL PROGRAMA LCDSTRO LE RESTA 20
 BARRA1 FCB 820,8E9,820
 FCB 8EC,8E7,820
 FCB 8E4,8E5,820
 FCB 8EA,8BF,820
 FCB 8FC,8FD,8FB
 FCB 8FF

ORG 8D321
 BARRA2 FCB 820,8F0,820
 FCB 8E0,8E5,820
 FCB 8EC,8BF,820
 FCB 8E4,8E0,820
 FCB 8FE,8A6,8FB
 FCB 8FF

ORG 8D331
 BARRA3 FCB 820,8EE,820
 FCB 820,8EF,820
 FCB 820,8ED,820
 FCB 8EC,8E1,820
 FCB 8AA,8E1,8FB
 FCB 8FF

ORG 8D341
 BARRA4 FCB 820,8E3,820
 FCB 820,8E2,820
 FCB 820,8E6,820
 FCB 820,8E1,8E9
 FCB 8FB,8E1,8AB
 FCB 8FF

ORG 8D351
 BARRA5 FCB 820,8EB,820
 FCB 820,8EA,820
 FCB 820,8C0,8E9
 FCB 820,8E6,8E7
 FCB 8FB,8AC,8BB
 FCB 8FF

ORG 8D361
 BARRA6 FCB 820,8EC,820
 FCB 820,8EE,8E9
 FCB 820,8EA,8E7
 FCB 820,8C0,8E9
 FCB 8FB,8E4,8A7
 FCB 8FF

 * TEXTO DE AYUDA, ESTE TEXTO SE DESPLIEGA, CUANDO SE SELECCIONA *
 * EL BOTON DE AYUDA UN RESUMEN DE OPERACION DEL EQUIPO, QUE *
 * SE PRESENTA A TRAVES DE LA PANTALLA *

HELP FCC *Este sistema mide la potencia de láser *
 FCB 8FF
 FCC *4x CO2 y Nd:YAG quinquagena de 0 a 100W.*
 FCB 8FF
 FCC *Procedimiento general: apunte el rayo *
 FCB 8FF

	FCB SFF	.
	FCC "	.
	FCB SFF	.
	FCC "RETEM: Despliega en pantalla el valor	.
	FCB SFF	.
	FCC "máximo de una medición. Esta opción se	.
	FCB SFF	.
	FCC "recomiende cuando no se pueda tener un	.
	FCB SFF	.
	FCC "contacto visual con la pantalla al rea-	.
	FCB SFF	.
	FCC "hacer algún ajuste o cuando se vaya a	****P7
	FCB SFF	.
	FCC "guardar en memoria la potencia máxima	.
	FCB SFF	.
	FCC "de un láser. Si la potencia incidente	.
	FCB SFF	.
	FCC "baja o llega incluso a cero, la pantalla	.
	FCB SFF	.
	FCC "muestra el valor máximo que se tuvo	.
	FCB SFF	.
	FCC "durante el último disparo del láser.	.
	FCB SFF	.
	FCC "Para regresar a medición normal, se no-	.
	FCB FF	.
	FCC "sesario oprima nuevamente RETEN.	****P8
	FCB SFF	.
	FCC	.
	FCB SFF	.
	FCC "AGUIJA: Esta opción se utiliza para	.
	FCB SFF	.
	FCC "ajustes finos, en donde es importante la	.
	FCB SFF	.
	FCC "distancia de un incremento o decremento	.
	FCB SFF	.
	FCC "máximo de potencia, la cual no es fácil-	.
	FCB SFF	.
	FCC "mente detectable en forma numérica. En	.
	FCB SFF	.
	FCC "esta pantalla se presenta la simulación	****P9
	FCB SFF	.
	FCC "de una aguja analógica, para realizar	.
	FCB SFF	.
	FCC "las transiciones de potencia.	.
	FCB SFF	.
	FCC	.
	FCB SFF	.
	FCC "Calibración. El equipo de medición ya	.
	FCB SFF	.
HELPC	FCC "ha sido previamente calibrado, pero en	.
	FCB SFF	.
	FCC "caso de ser necesario, una nueva cali-	.
	FCB SFF	.
	FCC "bración, consulte el manual del equipo.	****P10
	FCB SFF	.
	FCC "Mientras se ejecutan los pasos para reali-	.
	FCB SFF	.
	FCC "zar el ajuste a cero y la calibración de	.
	FCB SFF	.
	FCC "sensibilidad de cada canal de medición.	.
	FCB SFF	.
	FCC "Para efectuar la calibración será neceso-	.
	FCB SFF	.
HELPA	FCC "ario contar con el siguiente material) y	.
	FCB SFF	.
	FCC "equipo:	.
	FCB SFF	.
	FCC "2 Multímetros digitales de preferencia	****P11
	FCB SFF	.
	FCC "1 Fuente de corriente directa, de 0-30 V	.
	FCB SFF	.
	FCC "El equipo de medición, con la termopila	.
	FCB SFF	.
	FCC "conectada.	.
	FCB SFF	.
	FCC "Desarmadores de gachos punta plana y	.
	FCB SFF	.
	FCC "cruz.	.
	FCB SFF	.

 * AQUI SE EMPIEZA LA SECCION CORRESPONDIENTE A LOS MENUS DE *
 * OPCIONES DEL EQUIPO. *

KEYMENU

	LDX	PORTA	00.X 803 KEYMENU	*SENSADO DEL BOTON
	BRCLR	BEEP		*BEEP INDICADOR AUDITIVO
	ISR	TXCLEAR		*PANTALLA Y DESPLIEGA EL PRIMER MENU

MENU1

	LDAA	YAG		*VERIFICACION DE BANDERA DE YAG
	CMFA	#FFF		*SI NO ESTA ACTIVADA.
	BNE	SC02		*DESPLIEGA PANTALLA CON CO2 POR DEFAULT
	LDL	#S1000		*SI ESTA ACTIVADA.
	LDX	#SCREENQ		*DESPLIEGA LA MISMA PANTALLA PERO CON YAG
	ISR	LCDSTRQ		
	JMP	SYAG		

SC02

	LDL	#S1000		*A=10 B=00 DIRECCION DE DESPLIEGUE EN PANTALLA
	LDX	#SCREEN1		*DESPLIEGA PANTALLA CON CO2
	ISR	LCDSTRQ		

SYAG

	LDAA	HOLD		*SI ES OPRIMIDO EL BOTON RETEN SE CONGELA EL
	CMFA	#FFF		*VALOR DEL ADC EN LA PANTALLA. DE LO CONTRARIO
	BEQ	HOLD1		*EL VALOR CAMBIA CONTINUAMENTE

	LDL	#S1118		*A=11 B=18 DIRECCION DE DESPLIEGUE EN PANTALLA
	LDX	#SCREEN1		*DESPLIEGUE DEL RETEN INVERTIDO
	ISR	LCDSTRQ		

HOLD1

	LDAA	BATT		*VERIFICACION DE BANDERA DE BATT (BATERIA)
	CMFA	#FFF		*SI ESTA DESCATIVADA. INDICA QUE EL VOLTAJE EN
	BNE	BATOK		*LAS BATERIAS ESTA EN EL RANGO PERMISIBLE
	LDL	#S1024		*A=10 B=00 DIRECCION DE DESPLIEGUE EN PANTALLA
	LDX	#SCREEN1		*SI BATT, ESTA ECTIVA SE DESPLIEGA MENSAJE "BAT"
	ISR	LCDSTRQ		*QUE INDICA BAJO VOLTAJE EN LAS BATERIAS Y DEBEN
				*SER RECARGADAS

BATOK

	ISR	AUTORAN		*DETERMINACION DEL RANGO
	ISR	ADCWATTS		*LECTURA DE WATTS.A TRAVES DEL ADC

	ISR	CHICAR		*RUTINA DE DESPLIEGUE DE NUMEROS GRAFICOS
				*EN PANTALLA DE MENUS
	LDX	PORTA		*MONITOREO DE BOTONERA
	BRCLR	00.X 803 SALIRXX		*CHECA BOTON #5
	BRCLR	00.X 801 HOLD1D		*CHECA BOTON #1
	BRCLR	00.X 802 YAGG1		*CHECA BOTON #2
	BRCLR	00.X 808 SIGUEX		*CHECA BOTON #3
	BRCLR	00.X 804 AJUSTE		*CHECA BOTON #4
	JMP	SYAG		

SALIRXX

	LDX	PORTA		*SE VERIFICA EL BOTON #1
	BRCLR	00.X 803 SALIRXX		*PARA ELIMINAR REBOTES
	ISR	BEEP		*BEEP INDICADOR AUDITIVO
	JMP	ALFA		*REGRESA A CICLO PRINCIPAL ALFA

SIGUEX

	LDX	PORTA		*ELIMINA REBOTES
	BRCLR	00.X 808 SIGUEX		*BEEP INDICADOR AUDITIVO
	ISR	BEEP		*PASA AL SIGUIENTE MENU
	JMP	NEXT		

HOLD1D

	COM	HOLD		*ACTIVA/DESACTIVA BANDERA DE RETEN
	LDX	PORTA		
	BRCLR	00.X 801 HOLD1D		
	ISR	BEEP		
	JMP	MENU1		

YAGG1

	ISR	BEEP		*BEEP INDC AUDITIVO
	JMP	MENU1		*REGRESA A MENU 1

YAGG1

	COM	YAG		*ACTIVA/DESACTIVA BANDERA DE YAG
	LDX	PORTA		
	BRCLR	00.X 802 YAGG1		
	ISR	BEEP		
	JMP	MENU1		

AJUSTE

	LDX	PORTA		
	BRCLR	00.X 804 AJUSTE		*CHECA BOTON DE AGUIA
	ISR	BEEP		*BEEP INDC AUDITIVO

	ISR TXCLEAR	*LIMPIA PANTALLA
	LDD #1000	*A=10 B=00 DIRECCION DE DESPLIEGUE EN PANTALLA
	LDX #ESCALA	*DESPLIEGUE DE ESCALA SUPERIOR DE LA AGUIA
	ISR LCDSTRG	
AJUSTEX	LDD #B118	*A=11 B=18 DIRECCION DE DESPLIEGUE EN PANTALLA
	LDX #SCREEN8	*DESPLIEGA MENU DE AGUIA ANALOGICA
	ISR LCDSTRG	
	LDA#A HOLD	*VERIFICA BANDERA DE RETEN
	CMPA #STP	*SI ESTA DESACTIVADA, CONTINUA
	BEQ DESBARRA	
	LDD #B118	*A=10 B=00 DIRECCION DE DESPLIEGUE EN PANTALLA
	LDX #SCREEN#H	*DESPLIEGA MENSAJE "RETEN" INVERTIDO
	ISR LCDSTRG	
DESBARRA	ISR AUTORAN	*LLAMA A LA RutINA DE AUTORANGO
	ISR ADCWATTS	*LLAMA A LA RutINA DE MUESTREO Y ENCENDIDO DEL ADC
	LDB#A #E2A	*DESPLIEGUE DE DATOS EN PANTALLA DE AGUIA
	ISR WRDATA	*EN LA DIRECCION INICIAL DE LA PANTALLA
	LDB#A #E11	
	ISR WRDATA	
	LDB#A #E3A	*COMANDO 34H, PARA ESCRITURA DE DIRECCION
	ISR WRCOMMAND	
	ISR L123	*DESPLIEGA EL VALOR ENTERO DE LA POTENCIA
	LDB#A #E0E	*PUNTO DECIMAL
	ISR WRCARAC	
	LDB#A DECTW	*DESPLIEGA DECIMAL DE LA POTENCIA
	ADD#B #E10	*SUMA 10H POR LA TABLA ASCII DE LA PANTALLA
	ISR WRCARAC	
	LDB#A #E47	*IMPRIME LETRA "W"
	ADD#B #E10	
	ISR WRCARAC	

 ***** DESPLEGADO DE AGUIA *****

	LDA#A DECTW	*LECTURA DEL DECIMAL DEL VALOR A DESPLEGAR
	LDB#A #E0A	*EL PRIMER DECIMAL SE MULTIPLICA POR "0A" PARA
	MUL	*CONVERTIR DE DECIMAL A HEXADESIMAL
	LDA#A DECTW+*#E01	*EL RESULTADO SE SUMA AL SEGUNDO DECIMAL
	LDB#A #E09	
	ABA	*EN "A" QUEDA EL VALOR HEXADESIMAL DE LOS DECTWATTS
	STAA#A DECDREX	*SE ALMACENA TEMPORALMENTE EN DECDREX
	LDA#A #E09	*CALCAMOS EL VALOR DE WATTS EN "D"
	LDA#A WATTS+*#E01	*D=50/W
	LDX #E000A	*CALCULO DEL GRAFICO CORRESPONDIENTE
	IDIV	*X=ENTERO D=RESIDUO
	PSHA	*ESPALDO DEL RESIDUO <10 WATTS
	PSHB	
	XCEIX	*ENTERO EN D, RESIDUO EN X
	LDA#A #E0A	*MUL. POR 0AH PARA ESTABLECER EL ORIGEN
	MUL	*DE LA ESCALA GRAFICA
	STAB	*SE ESTABLECE EL ORIGEN MULTIPLO DE 10D
	ADD#B #E05	*DEL ORIGEN A LA REFERENCIA HAY 5 WATTS
	STAB	*SE ESTABLECE LA REFERENCIA RESPONDO=5
	ADD#B #E05	*DE LA REFERENCIA AL FIN HAY 5 WATTS
	STAB	*SE ESTABLECE EL FIN DE ESCALA 05 MAS
	PSHA	*RECUPERACION DE RESIDUO <10 WATTS
	PULA	*A=0011 B=RR11
	LDA#A #E14	*CADA 20(14H)PIXELES REPRESENTAN 1 WATT
	MUL	*R=RR14H
	STAB	*PIXELES DE LA PARTE ENTERA
	LDA#A DECDREX	*PIXELES QUE OCUPA LA PARTE DECIMAL SE MULTI-
	LDB#A #E14	*PLICAN POR 20(14H) TAMBIEN
	MUL	*SE TIENE LONGITUD EN PIXELES DE LA PARTE DECIMAL
	LDX #E0064	*SE DETERMINA POSICION DE LA AGUIA
	IDIV	*X=ENTERO D=RESIDUO
	XGDX	*D=ENTERO X=RESIDUO
	ADD#B POSPIX	*TOTAL DE PIXELES PARTE ENTERA + DECIMAL
	LDA#A #E00	
	MUL #E0006	*SE DIVIDE POR 6 PIXELES POR CARACTER
	LDX	*X=TOTAL DE CUADROS D=NUMERO AGUIA
	XGDX	*D=TOTAL DE CUADROS X=NUMERO AGUIA
	ADD#B #E3201	*DIR. DE ORIGEN DE LA AGUIA
	STD	
	XGDX	*D=NUMERO AGUIA

	CMPB	#800	*SI NUMERO DE AGUA ES CERO, SE DESPLIEGA
	BEO	NENT	*AGUA INICIAL DE NUMERO ENTERO.
NENT	JMP	NENT2	
NENT2	JMP	ENTERO	
	DECB		*B TIENE EL NUMERO DE AGUA QUE SE VA A USAR
	LDAA	#S10	
	MUL		*SE MULTIPLICA POR 10 POR QUE LAS AGUAS ESTAN
	LDX	#BARRA1	*EQUISPACIADAS DIEZ LOCALIDADES
	ABX		*DIR. INICIAL DE DESPLIEGO DE AGUAS
	LDY	AGUPOS	*SE SUMA EL NUMERO DE AGUA CORRESPONDIENTE
SALBARR1	JSR	INSERAG	*RECUPERACION DEL ORIGEN DE LA AGUA
	JSR	INSERAG	*INSERTA AGUA GRAFICA
	LDAA	ORIG	*CARGA ORIGEN DE LA ESCALA
	STAA	WATTS#801	*SE ALMACENA EN WATTS, PARA DESPLIEGO MEDIAN-
	JSR	HEXDEC	*TE LA RUTINA HEXDEC
	LDAB	#802	*DIRECCION EN DONDE SE VA A DESPLEGAR EL VALOR
	JSR	WRDATA	*DEL ORIGEN
	LDAB	#S10	
	JSR	WRDATA	
	LDAB	#824	*COMANDO 24H, INDICA QUE EL DATO ENVIADO ES UNA
	JSR	WRCOMAND	*DIRECCION DE ESCRITURA
	JSR	L123	*ENVIO DE DATOS DE LECTURA DE ORIGEN
	LDAA	REFER	*CARGA REFERENCIA DE LA ESCALA
	STAA	WATTS#801	*SE ALMACENA EN WATTS, PARA DESPLIEGO MEDIAN-
	JSR	HEXDEC	*TE LA RUTINA HEXDEC
	LDAB	#812	*DIRECCION EN DONDE SE VA A DESPLEGAR EL VALOR
	JSR	WRDATA	*DE LA REFERENCIA
	LDAB	#S10	
	JSR	WRDATA	
	LDAB	#824	*COMANDO 24H, INDICA QUE EL DATO ENVIADO ES UNA
	JSR	WRCOMAND	*DIRECCION DE ESCRITURA
	JSR	L123	*ENVIO DE DATOS DE REFERENCIA
	LDAA	AGUFIN	*CARGA DE FIN DE ESCALA
	STAA	WATTS#801	*SE ALMACENA EN WATTS, PARA DESPLIEGO MEDIAN-
	JSR	HEXDEC	*TE LA RUTINA HEXDEC
	LDAB	#824	*DIRECCION EN DONDE SE VA A DESPLEGAR EL VALOR
	JSR	WRDATA	*DEL FIN DE LA ESCALA
	LDAB	#S10	
	JSR	WRDATA	
	LDAB	#824	*COMANDO 24H, INDICA QUE EL DATO ENVIADO ES UNA
	JSR	WRCOMAND	*DIRECCION DE ESCRITURA
	JSR	L123	*ENVIO DE DATOS DE REFERENCIA
	LDX	PORTA	
	BRCLR	00X #01 SALBARR	*BOTON DE SALIR DEL MENU DE LA AGUA
	BRCLR	00X #01 HOLDY	*BOTON DE RETEN
	JMP	DESBARRA	*REGRESA A MENU DE AGUA
HOLDY	COM	HOLD	*ACTIVA/DESACTIVA BANDERA DE RETEN
HOLDY1	LDX	PORTA	
	BRCLR	00X #01 HOLDY1	
	JSR	BEEP	*INDC. AUDITIVO
	JMP	AJUSTEX	*REGRESA A MENU DE DESPLIEGO DE AGUA
SALBARR			
	LDX	PORTA	*BOTON DE SALIDA
	BRCLR	00X #01 SALBARR	
	JMP	KEYMENU	*SALA AL MENU 1
ENTERO			
	LDY	AGUPOS	*SI LA LECTURA ES UN VALOR ENTERO.
	XGDY		*SE DESPLIEGA LA AGUA CORRESPONDIENTE A
	DECB		*AL VALORES ENTEROS, MULTIPLOS DE 10
	XGDY		
	LDX	#BARRA6	*BARRA 6 ES LA AGUA CORRESPONDIENTE A
	JSR	INSERAG	*VALORES ENTEROS
	JMP	SALBARR1	*REGRESA A DESPLIEGO DE LA BARRA

* RUTINA QUE DESPLIEGA DATOS DE ORIGEN,REFERENCIA Y *			
* FIN EN LA PANTALLA DE LA AGUA GRAFICA *			

L123	LDAB	I3	*PRIMER ENTERO
	CMPB	#800	*SI ES CERO DEJA EL ESPACIO EN BLANCO
	BEO	BLANKI	
	ADDB	#S10	*SI ES DIFERENTE DE CERO LE SUMA 10 PARA
	JSR	WRCARAC	*COMPENSAR EL CODIGO DE NUMEROS DE LA PANTALLA

BLANK1	JMP BLANK2 LDAB #800 ISR WRCCARAC LDAB L2 CMPB #800 BFC BLANK4 ADDB #810 ISR WRCCARAC JMP BLANK3	BLANK2 #800 WRCCARAC L2 #800 BLANK4 #810 WRCCARAC BLANK3	*DE LA TABLA ASCCI QUE MANEJA *SE ESCRIBE BLANCO *SI EL SEGUNDO ENTERO ES CERO AL IGUAL QUE EL *PRIMER ENTERO VUELVE A DEJAR EL ESPACIO EN BLANCO *SI ES DIFERENTE DE CERO, SE DESPLIEGA
BLANK2	LDAB L2 ADDB #810 ISR WRCCARAC JMP BLANK3	L2 #810 WRCCARAC BLANK3	*DESPLIEGA EL SEGUNDO ENTERO *ESPACIO EN BLANCO
BLANK4	LDAB #800 ISR WRCCARAC	#800 WRCCARAC	*ESPACIO EN BLANCO
BLANK3	LDAB L1 ADDB #810 ISR WRCCARAC RTS	L1 #810 WRCCARAC RTS	*DESPLIEGA EL TERCER DIGITO ENTERO *SEA CUALQUIER VALOR
***** * SECCION CORRESPONDIENTE AL MENU 2 * *****			
NEXT	ISR TXCLEAR LDAA YAO CMPA #8FF BNE NEXCO2 LDI #81000 LDX #SCREENJY ISR LCDSTRG JMP NEXT1	TXCLEAR YAO #8FF NEXCO2 #81000 #SCREENJY LCDSTRG NEXT1	*BORRA PANTALLA *VERIFICACION DE BANDERA DE YAG *SI NO ESTA ACTIVADA. *DESPLIEGA PANTALLA CON CO2 POR DEFAULT *SI ESTA ACTIVA *DESPLIEGA LA MISMA PANTALLA PERO CON YAG
NEXCO2	LDI #81000 LDX #SCREEN3 ISR LCDSTRG	#81000 #SCREEN3 LCDSTRG	*A=10 B=00 DIRECCION DE DESPLIEGUE EN PANTALLA *DESPLIEGA PANTALLA CON CO2
NEXT1	LDAA HOLD CMPA #8FF BNE NEXT2	HOLD #8FF NEXT2	*VERIFICA LA BANDERA DE RETEN *VALOR DEL ADC EN LA PANTALLA DE LO CONTRARIO *EL VALOR CAMBIA CONTINUAMENTE
NEXT2	LDAA BATT CMPA #8FF BNE BATOK2 LDI #8104 LDX #SCREENB ISR LCDSTRG	BATT #8FF BATOK2 #8104 #SCREENB LCDSTRG	*VERIFICA LA BANDERA DE BATT *SI NO ESTA ACTIVADA,CONTINUA *SI ESTA ACTIVA, SE DESPLIEGA MENSAJE DE BAT *A=10 B=00 DIRECCION DE DESPLIEGUE EN PANTALLA *DESPLIEGA MENSAJE DE BAT, INDICANDO BATERIA BAJA
BATOK2	ISR AUTORAN ISR ANCWATTS ISR CHCAR LDX PORTA BRCLR 00,X 803 ALFA1 BRCLR 00,X 801 CONSULT1 BRCLR 00,X 802 GUARDA3 BRCLR 00,X 804 MEMEMPI BRCLR 00,X 808 HELPX JMP NEXT1	AUTORAN ANCWATTS CHCAR PORTA 00,X 803 ALFA1 00,X 801 CONSULT1 00,X 802 GUARDA3 00,X 804 MEMEMPI 00,X 808 HELPX NEXT1	*DETERMINA RANGO ADECUADO *SE HACE LA LECTURA DEL ADC *DESPLIEGA LA POTENCIA CON CARACTERES DE *MENOR TAMAÑO *CHECA BOTON #3 REGRESO *CHECA BOTON #1 CONSULTA *CHECA BOTON #2 GUARDAR EN MEMORIA *CHECA BOTON #3 LIMPIAR MEMORIA *CHECA BOTON #4 TEXTO DE HELP *REGRESA A MENU #2
CONSULT1	JMP CONSULT JMP MEMEMPI GUARDA3 ALFA1	CONSULT MEMEMPI GUARDA3 JMP DELAY LDX PORTA BRCLR 00,X 803 ALFA1 ISR BEEP JMP ALFA	*PASA A SECCION DE CONSULTA DE MEMORIA *PASA A SECCION DE BORRAR MEMORIAS *PASA A SECCION DE GUARDAR EN MEMORIA *EL BOTON SALIR EN LA PANTALLA 3 REGRESA *A DESPLEGAR EL VALOR DEL ADC *INDC AUDITIVO *REGRESA A CICLO PRINCIPAL ALFA
HELPHX	LDX PORTA BRCLR 00,X 808 HELPHX LDX #HELP STX ORIGH	PORTA 00,X 808 HELPHX #HELP ORIGH	*EL BOTON HELP DESPLIEGA LA AYUDA PARA *EL USO DEL MEDIDOR *ESTABLECE EL ORIGEN DEL TEXTO DE HELP
HELPHY	ISR BEEP LDI #81118 LDX #SCREEN7	BEEP #81118 #SCREEN7	*INDC AUDITIVO *A=11 B=18 DIRECCION DE DESPLIEGUE EN PANTALLA *DESPLIEGA MENU DE HELP

	JSR	LCDSTRO	
	LDD	#81000	*A=10 B=00 DIRECCION DE DESPLIEGUE EN PANTALLA
	LDD	ORIGH	*APUNTA A AL INICIO DEL TEXTO DE HELP
HELPZ	JSR	LCDSTRO	*DESPLIEGUE DE RENGLON
	ADD	#80028	*SE SUMA #8028H PARA EL SIGUIENTE RENGLON
	INX		*SE INCREMENTA DIRECCION DE LA PANTALLA
	CPD	#81118	*SE COMPARA CON EL ULTIMO RENGLON
	BNE	HELPZ	*SI NO ES EL ULTIMO RENGLON, DESPLIEGA MAS
			*RENGLONES
			*CICLO DE BOTONERA
BOTON			
	LDD	PORTA	
	BRCLR	00,X 803 ALFA1	*CHECA BOTON #5 SALIR
	BRCLR	00,X 801 RETREN	*CHECA BOTON #1 RETROCEDE RENGLON
	BRCLR	00,X 802 AVREN	*CHECA BOTON #2 AVANZA RENGLON
	BRCLR	00,X 804 PAGEDOWN	*CHECA BOTON #3 AVANZA PAGINA
BOTONX	BRCLR	00,X 804 PAGEUP	*CHECA BOTON #4 RETROCEDE PAGINA
	IMP	BOTON	*REGRESA A CICLO DE BOTONERA
RETREN	JSR	DELAY	
	LDD	PORTA	
	BRCLR	00,X 801 RETREN	*RETROCESA DE RENGLON
	LDD	ORIGH	
	CPD	#HELP	*VERIFICA QUE EL APUNTAADOR SEA MAYOR QUE EL
	BEQ	BOTONX	*INICIO DEL TEXTO, PARA QUE SE PUEDA
	SUBD	#0041	*RETROCEDER EL RENGLON
	STD	ORIGH	*SE DECREMENTAN 41D CARACTERES, QUE ES LO QUE
	IMP	HELPY	*OCUPA CADA RENGLON
			*SALTA A DESPLIEGUE DEL TEXTO
AVREN	JSR	DELAY	
	LDD	PORTA	
	BRCLR	00,X 802 AVREN	*AVANCE DE RENGLON
	LDD	ORIGH	
	CPD	#HELPA	*VERIFICA QUE EL APUNTAADOR SEA MENOR QUE EL
	BEQ	BOTONX	*FINAL DEL TEXTO, PARA QUE SE PUEDA
	ADD	#0041	*AVANZAR UN RENGLON
	STD	ORIGH	*SE SUMAN 41D CARACTERES, QUE ES LO QUE
	IMP	HELPY	*OCUPA CADA RENGLON
			*SALTA A DESPLIEGUE DE TEXTO
PAGEUP	JSR	DELAY	
	LDD	PORTA	
	BRCLR	00,X 808 PAGEUP	*RETROCESO DE PAGINA
	LDD	ORIGH	
	CPD	#HELPB	*VERIFICA QUE EL APUNTAADOR SEA LO SUFICIENTE
	BLS	BOTONX	*MAYOR QUE EL ORIGEN DEL TEXTO, PARA QUE SE
	SUBD	#0247	*PUEDA RETROCEDER UNA PAGINA DE 7 RENGLONES
	STD	ORIGH	*SE DECREMENTAN 247D CARACTERES, QUE ES LO
	IMP	HELPY	*QUE OCUPA UNA PAGINA
			*SALTA A DESPLIEGUE DE TEXTO
PAGEDOWN	JSR	DELAY	
	LDD	PORTA	
	BRCLR	00,X 804 PAGEDOWN	*AVANCE DE PAGINA
	LDD	ORIGH	
	CPD	#HELPC	*VERIFICA QUE EL APUNTAADOR SEA LO SUFICIENTE
	BHS	BOTONX	*MENOR QUE EL FIN DEL TEXTO, PARA QUE SE
	ADD	#0247	*PUEDA AVANZAR UNA PAGINA DE 7 RENGLONES
	STD	ORIGH	*SE SUMAN 247D CARACTERES, QUE ES LO QUE
	IMP	HELPY	*OCUPA UNA PAGINA
			*SALTA A DESPLIEGUE DE TEXTO
BOTONY	LDD	#HELPA	
	STD	ORIGH	*CUANDO EL APUNTAADOR ESTA CERCA DEL FIN DE TEXTO
	IMP	HELPY	*EL AVANCE DE PAGINA SE POSICIONA EN LOS
	JSR	DELAY	*ULTIMOS 7 RENGLONES DEL TEXTO.
CONSULT	LDD	PORTA	
	BRCLR	00,X 801 CONSULT	
	JSR	BEEP	*INDC. AUDITIVO
	IMP	CONSULTA	*PASA A CONSULTA DE LAS MEMORIAS
MEMLIMP	LDD	PORTA	
	BRCLR	00,X 804 MEMLIMP	*EL BOTON MEMORIA LIMPIA. DESPLIEGA LA
	JSR	BEEP	*PANTALLA DE BORRADO DE MEMORIAS
	JSR	LIMPMEG	*INDC. AUDITIVO
	JSR	MEMVACIA	*RUTINA DE LIMPIEZA DE MEMORIAS
	IMP	NEXT	*RUTINA DE LIMPIEZA DE DATOS DE CADA MEMORIA
			*REGRESA A MENU #2
GUARDA	LDD	PORTA	
	BRCLR	00,X 802 GUARDA	*SECCION PARA GUARDAR INFORMACION

	LDD #81031		*DESPLIEGA EL VALOR DEL ADC
	LDX #ADCLS		*DESPLIEGUE DEL PRIMER RENGLON
	ISR RENGLOX		*RUTINA QUE DESPLIEGA LOS DATOS ESCRITOS
			* EN CADA RENGLON
	ISR KURSOR		*CONFORME VA DESPLEGANDO CADA CARACTER VA
			*DESPLEGANDO EL CURSOR
	LDD #81039		*DEPLIEGUE DE SEGUNDO RENGLON
	LDX #MODELO		*ESCRIBE EN PANTALLA RENGLON DE DATOS DEL MODELO
	ISR RENGLOX		
	LDD #81081		
	LDX #HORFIT		*ESCRIBE EN PANTALLA RENGLON DE LOS DATOS DEL
	ISR RENGLOX		*HOSPITAL
	LDD #810A9		
	LDX #FECHA		*ESCRIBE EN PANTALLA RENGLON DE LA FECHA
	ISR RENGLOX		
	LDD #810D1		
	LDX #COMENT		*ESCRIBE EN PANTALLA RENGLON DE COMENTARIOS
	ISR RENGLOX		
AVANZA1	ISR KURSOR		*ACTUALIZA CONDICIONES DEL CURSOR
	LDAB #897		*COMANDO 97H ACTIVACION DE CURSOR
	ISR WRCOMAND		
	LDAA ENTRA		*VERIFICA CONDICIONES DE ENTER
	CRPA #833		*CUANDO SE DA EL CUARTO ENTER SE CAMBIA A LA
	BEQ SALGUARDA		*PANTALLA SIGUIENTE
	NOP		
	NOP		
	LDX PORTA		*BOTONERA
	BRCLR 00X 803 CORREC		*BOTON CON EL QUE SE REGRESA PARA CORREGIR
	BRCLR 00X 801 ENTERX		*BOTON PARA CAMBIAR DE RENGLON
	BRCLR 00X 802 ANTLETRA		*BOTON QUE RECORRE CARACTERES HACIA ATRAS
	BRCLR 00X 804 SIGLETRA		*BOTON QUE RECORRE CARACTERES HACIA ADELANTE
	BRCLR 00X 808 ESPACIOX		*BOTON QUE AVANZA EL CURSOR UN ESPACIO
	JMP AVANZA1		
SALGUARDA	JMP KEYMENU		*REGRESA A MENU #1
CORREC	JMP CORRIGE		*ESTAS SUBRUTINAS DAN OTRO SALTO PARA EVITAR
SIGLETRA	ISR AVLETRA		*QUE ESTEN FUERA DE RANGO
	JMP GUARDA2		
ANTLETRA	ISR RETLETRA		*RETROCEDE LETRA
	JMP GUARDA2		
ENTERX	ISR DELAY		
ENTERY	LDX PORTA		
	BRCLR 00X 801 ENTERY		
	NOP		
	NOP		
	ISR BEEP		*INDC AUDITIVO
	NOP		
	NOP		
	ISR ENTER		*PASA A RUTINA DE CHEQUEO DE BOTON DE ENTER
	JMP AVANZA1		*PASA A SIGUIENTE RENGLON
ESPACIOX	LDX PORTA		
	BRCLR 0X 808 ESPACIOX		*ELIMINA REBOTES
	ISR BEEP		*INDC AUDITIVO
	ISR ESPACIO		*PASA A RUTINA QUE INCREMENTA UN ESPACIO
	JMP AVANZA1		*PASA A SIGUIENTE RENGLON
CORRIGE	ISR DELAY		
CORRIGEY	LDX PORTA		
	BRCLR 0X 03 CORRIGEY		*ELIMINAR REBOTES
	ISR BEEP		*INDC AUDITIVO
	LDX BUFFER		*CARGA DE BUFFER DE CONTROL
CORRUGEZ	DEX		*DECREMENTA LA LOCALIDAD DEL BUFFER PARA CORREGIR
	LDX		
	CPX #86027		*SI ESTA EN LA PRIMERA LOCALIDAD DEL BUFFER VA
	BEQ AVANZA1		*NO RETROCEDE MAS
	CPX #86046		*PASA A RENGLON DE MODELO
	BEQ CMODEL		

	LDAA #81A STAA LETRAH JMP CORRIGE2	*LIMITE SUPERIOR ES 9
MESX	LDAA #80F STAA LETRAL LDA #812 STAA LETRAH DEC CURCOL JMP CORRIGE2	*PARA EL PRIMER DIGITO DEL MES EL LIMITE INFERIOR *ES 0 Y EL SUPERIOR ES 3 *DECREMENTA COLUMNA DE CURSOR
MESY	LDAA #80F STAA LETRAL LDAA #81A STAA LETRAH LDA #8069 CMPA #811 BEQ MESY2 JMP CORRIGE2	*EL SEGUNDO DIGITO DE MES PUEDE SER ENTRE 0 Y 9 *SOLO SI EL PRIMER DIGITO ES 0 *CARGA INICIAL DEL LIMITE SUPERIOR CON 9 *VERIFICA PRIMER DIGITO DEL MES *SI ES UNO, LOS LIMITES ESTARAN ENTRE 0 Y 2
MESY2	LDAA #813 STAA LETRAH JMP CORRIGE2	*LIMITE SUPERIOR 2, YA QUE EL PRIMER DIGITO DEL *MES ES 1
DIAX	LDAA #80F STAA LETRAL LDAA #814 STAA LETRAH DEC CURCOL JMP CORRIGE2	*LIMITE INFERIOR EN 0 *LIMITE SUPERIOR NO DEBE PASAR DE 3 *PARA EL PRIMER DIGITO DEL DIA *DECREMENTA COLUMNA DE CURSOR
DIAY	LDAA #80F STAA LETRAL LDA #81A STAA LETRAH LDA #8066 CMPA #813 BEQ DIAY2 JMP CORRIGE2	*LIMITE INFERIOR EN 0 *CARGA INICIAL DEL LIMITE SUPERIOR CON 9 *VERIFICACION DEL PRIMER DIGITO DEL DIA, SI *ES 3, EL LIMITE SUPERIOR DEL SEGUNDO DIGITO *DEL DIA, DEBE SER 1
DIAY2	LDAA #812 STAA LETRAH JMP CORRIGE2	*LIMITE SUPERIOR EN 1, YA QUE EL PRIMER DIGITO *DEL DIA ES 3

* SECCION DE CONSULTA Y BORRADO DE DATOS ALMACENDOS EN *		
* LA MEMORIA		

CONSULTA	LDX PORTA BRCLR 00X 801 CONSULTA ISR DEEP	*INDICADOR AUDITIVO
CONSULTAS	LDAA #800 STAA NODATO LD #81000 LDX #SCREEN4 ISR LCDSTRG LDX #83F00	*A=10 B=08 DIRECCION DE DESPLIEGUE EN PANTALLA *DESPLIEGUE DE PANTALLA INICIAL
CONSULTA2	LDAA 0X CMPA #8FF BEQ CONSULTA1 INX CPX #85F1A BEQ NOMEMO JMP CONSULTA2	*VERIFICACION DE MEMORIAS OCUPADAS *CUANDO UNA APUNTAOR ESTA ACTIVADO, INDICA QUE *SU MEMORIA TIENE DATOS Y SE PASA A DESPLEGAR *PASA A SIGUIENTE MEMORIA *VERIFICA FIN DE APUNTAORES *PASA A SECCION DE NO MEMORIA OCUPADAS *REGRESA A CICLO DE VERIFICACION.
NOMEMO	LDAA #8FF STAA NODATO ISR MEMVACIA LDX #83F00	*ACTIVA BANDERA DE NO DATOS *PASA A RUTINA DE LIMPIEZA DE DATOS
CONSULTA1	XGDX	
CONSULTA4		

	P5IB			
	STAB	DECI		*CARGA DE LOCALIDAD DEC(NUMERO EN BASE10)
	JSR	HDECIM		*PASA A RUTINA DE CONVERSION A DECIMAL.
	LDX	#SCREENS		*X APUNTA A PANTALLA DE CONSULTA DE DATOS
MEMOY	LDY	#SALVAW		*CARGA EN Y, APUNTA DOR DE BUFFER AUXILIAR
	LDAA	0,X		*CARGA DE BUFFER AUXILIAR, CON LA PANTALLA
	CMPA	#EFF		*SCREENS DE CONSULTA DE DATOS
	BEQ	MEMOX		
	STAA	0,Y		*LEE CARACTERES DE X, y LOS GUARDA EN Y
	INX			*INCREMENTA APUNTA DORES X e Y
	INY			
MEMOX	IMP	MEMOY		*REGRESA A CICLO DE LECTURA
	STAA	0,Y		*COLOCA FIN DE DATOS
	INX			
	STAA	0,Y		
	LDAB	DECBH		*LEE DIGITO DERECHO DE NUMERO DE MEMORIA
	ADDR	#S0		*SUMA 30H, PARA MANEJO DE LA RUTINA LCDSTO
	STAB	MEMOH		*COLOCA EN MEMOH
	LDAB	DECL		*LEE DIGITO IZQUIERDO DE NUMERO DE MEMORIA
	ADDR	#S0		*SUMA 30H, PARA MANEJO DE LA RUTINA LCDSTO
	STAB	MEMOL		*COLOCA EN MEMOL
	LDD	#S111E		*A=10 B=00 DIRECCION DE DESPLIEGUE EN PANTALLA
	LDX	#SALVAW		*DESPLIEGUE DE BUFFER AUXILIAR CON DATOS DE LA
	JSR	LCDSTRO		*CONSULTA
	PULB			
	STAB	MEMO		*RECUPERA NUMERO DE APUNTA DOR Y
	TBA			*COLOCA EN MEMO
	LDAB	#S90		*CADA PANTALLA OCUPA 90 LOCALIDADES
	MUL			
	ADDA	#S50		*EN LA LOCALIDAD 5000 SE EMPIEZA A LEER
	XOEX			*Y APUNTA DONDE SE GUARDA, X APUNTA DONDE SE LEE
	LDY	#S6020		
*				
CONSULTAX	LDAA	0,X		*LECTURA DE UNA MEMORIA OCUPADA
	STAA	0,Y		*LEE CHARACTER
	INX			*ESCRIBE CHARACTER
	INX			*INCREMENTA CHARACTERES
	CPY	#S60B0		*COMPARA APUNTA DOR CON FIN DE DATOS
	BEQ	FINCON		*PASA A FIN DE CONSULTA, SI NO
	IMP	CONSULTAX		*CONTINUA LA LECTURA
				*DESPLIEGUE DE RENGLONES DE LA CONSULTA
*				
FINCON	LDD	#S1011		*ACUMULADOR "D" INDICA DIRECCION EN PANTALLA
	LDX	#ADCL5		*REGISTRO "X" INDICA RENGLON CORRESPONDIENTE
	JSR	RENGLON		*SE ESCRIBE RENGLON DE LECTURA DE ADC
	LDD	#S1059		
	LDX	#MODELO		*SE ESCRIBE RENGLON DE MODELO
	JSR	RENGLON		
	LDD	#S1081		
	LDX	#HOSPIT		*SE ESCRIBE RENGLON DE HOSPITAL
	JSR	RENGLON		
	LDD	#S10A9		
	LDX	#FECHA		*SE ESCRIBE RENGLON DE FECHA
	JSR	RENGLON		
	LDD	#S10D1		
	LDX	#COMENT		*SE ESCRIBE RENGLON DE COMENTARIO
	JSR	RENGLON		
				*BOTONERA
*				
CONSULTA3	LDAB	#S9H		*COMANDO 94H, DESPLIEGUE DE DATOS
	JSR	WRCOMAND		
	LDX	PORTA		
	BRCLR	00,X S03 CONSALR		*BOTON 3 SALIR DE CONSULTA
	BRCLR	00,X S01 BORSARMEM		*BOTON 1 BORRAR MEMORIA
	BRCLR	00,X S02 RENAMEM		*BOTON 2 RETROCEDE MEMORIA
	BRCLR	00,X S04 AVMEM		*BOTON 3 AVANZA MEMORIA

	IMP	CONSULTA3	*REGRESA A CICLO DE BOTONERA
CONSALIR	JSR	DELAY	
	LDX	PORTA	*SALIR DE MENU DE CONSULTA
	BRCLR	00,X #03 CONSALIR	
	JSR	BEEP	*INDC. AUDITIVO
	IMP	KEYMENU	*REGRESA A MENU #1
BORRARMEM	JSR	DELAY	*BORRAR MEMORIA
	LDX	PORTA	
	BRCLR	00,X #01 BORRARMEM	
	JSR	BEEP	*INDC. AUDITIVO
	LDB	NODATO	*VERIFICA BANDERA DE NO DATOS
	CMPB	#8FF	*SI ESTA ACTIVA NO HAY NADA QUE BORRAR
	BEQ	NOBORRAR	*SI ESTA ACTIVA, SE SELECCIONA NUMERO DE
	LDB	MEMO	*APUNTADOR DE MEMORIA A SER BORRADA
	LDA	#85F	*ACTIVULADORES A Y B CORRESPONDEN A LA MEMORIA
	XCEX		*A B BORRAR
	LDA	#55	*SE MARCA CON 55H LO QUE INDICA QUE HA SIDO
	STAA	0,X	*BORRADA
NOBORRA	IMP	CONSULTA3	*REGRESA A CONSULTA DE MEMORIAS, PARA DESPLEGAR
REMEM	JSR	DELAY	*MEMORIA INMEDIATA A LA BORRADA
	LDX	PORTA	
	BRCLR	00,X #02 REMEM	*RETROCESO DE MEMORIA
	JSR	BEEP	*INDC. AUDITIVO
	LDB	NODATO	*VERIFICA BANDERA DE NO DATOS, SI ESTA ACTIVA.
	CMPB	#8FF	*NO HA RETROCESO DE MEMORIAS
	BEQ	NODATOX	
REMEM3	DEC	MEMO	*SI HAY DATOS, SE DECREMENTA MEMO, PARA APUN-
	LDA	MEMO	*TAR A LA MEMORIA ANTERIOR
	CMPA	#8FF	*VERIFICA APUNTADOR DE MEMORIA, EL CUAL INDICA
	BEQ	REMEM1	*EL FINAL DEL GRUPO
	LDA	#500	*EMPIEZA EN EL INICIO DEL GRUPO.
	LDB	MEMO	
	IMP	REMEM2	
REMEM1	LDA	#25	*SI ES EL INICIO DEL GRUPO, PASA A LEER
	STAA	MEMO	*EL FINAL DEL GRUPO.
	LDB	MEMO	
REMEM2	LDA	#51F	*VERIFICA LAS MEMORIAS HASTA ENCONTRAR UNA
	XCEX		*OCUPADA, EN CASO DE QUE ESTE VACIA, SE SALTA
	LDA	0,X	*Y CONTINUA DECREMENTANDO DEL APUNTADOR HASTA
	CMPA	#500	*ENCONTRAR UNA MEMORIA OCUPADA.
	BEQ	REMEM3	
	CMPA	#515	*00 Y 55 INDICAN MEMORIAS VACIAS FF INDICA
	BEQ	REMEM3	*MEMORIA OCUPADA
NODATOX	LDB	MEMO	*CARGA APUNTADOR DE NO DATOS EN MEMORIA
	IMP	CONSULTA4	*PARA DESPLIEGUE EN BLANCO
AVMEM	JSR	DELAY	
	LDX	PORTA	*AVANCE DE MEMORIA
	BRCLR	00,X #04 AVMEM	
	JSR	BEEP	*INDC. AUDITIVO
	LDB	NODATO	*VERIFICA BANDERA DE NO DATO, SI ESTA ACTIVA.
	CMPB	#8FF	*NO AVANZA MEMORIA
	BEQ	NODATOX	*SI NO ESTA ACTIVA, SI AVANZA A LA SIGUIENTE
			*MEMORIA CON DATOS
AVMEM3	INC	MEMO	*INCREMENTA LOCALIDAD DE MEMO
	LDA	MEMO	
	CMPA	#26	*VERIFICA FIN DE APUNTADORES SI ES EL FIN.
	BEQ	AVMEM1	*PASA A LA MEMORIA CERO
	LDB	MEMO	*CARGA SIGUIENTE APUNTADOR DE MEMORIA
	IMP	AVMEM2	*PASA A DESPLIEGUE DE DATOS
AVMEM1	LDA	#500	*CARGA APUNTADOR DE MEMORIA CERO
	STAA	MEMO	*COLOCA EN APUNTADOR DE MEMORIAS
	LDB	MEMO	*CARGA APUNTADOR DE MEMORIA
AVMEM2	LDA	#51F	*VERIFICACION DE MEMORIAS OCUPADAS
	XCEX		*X INDICA INICIO DE APUNTADORES
	LDA	0,X	*LEE APUNTADOR
	CMPA	#500	*VERIFICA QUE ESTE ACTIVADO EL APUNTADOR

RET4	STAA	LETRA	*SE COLOCA EL PRIMER CARACTER EN LA LOCALIDAD "LETRA"
	LDX	BUFFER	*LOCALIDAD DE INICIO PARA ESCRIBIR INFORMACION
	LDAA	LETRA	*COLOCA CARACTER EN BUFFER AUXILIAR
	STAA	0X	
	RTS		

			*RUTINA DE RETROCESO DE LETRA PARA CUANDO SE ESTA EN LA OPCION *
			* DE GUARDAR DATOS, ESTA RUTINA PERMITE EL RETROCESO DE CARACTE *
			* RES PARA FORMAR EL TEXTO DE DATOS *

RETLETRA	ISR	BEEP	
	DEC	LETRA	*DECREMENTA LA POSICION EN EL CODIGO DE CARACTERES
	ISR	DELAY	
	ISR	DELAY	
	LDAA	LETRA	*CARGA CARACTER ACTUAL
	CMPA	LETRAL	*SI AL LIMITE INFERIOR DE LA LISTA DE CARACTERES
	BEQ	FINLETRA	*SE VA HASTA EL TOPE
RETLEI	LDAA	LETRA	
	LDX	BUFFER	*LOCALIDAD EN DONDE EFECTUA EL RETROCESO DE
	STAA	0X	*LETRA Y ESCRIBE
	RTS		
FINLETRA	LDAA	LETRAH	*EMPIEZA DESPLEGANDO EL ULTIMO CARACTER DE LA TABLA
	DECA		*TOMA EL FINAL DE LA TABLA MENOS 1
	STAA	LETRA	*COLOCA CARACTER FINAL EN LA LOCALIDAD "LETRA"
	JMP	RETLEI	
ESPACIO	LDX	PORTA	*BOTON DE ESPACIO, PARA AVANCE A SIGUIENTE CAMPO
	BRCLR	00X 008	*ESPACIO
	ISR	BEEP	*INDICADOR AUDITIVO
	LDAA	#20	*SI ES OPRIMIDO EL BOTON DE ESPACIO SE DESPLIEGA UN
	STAA	LETRA	*BLANCO EN DICHA LOCALIDAD
	INC	CURCOL	*SE INCREMENTA LA POSICION DE COLUMNA DEL CURSOR
	LDX	BUFFER	
	INX		
	INC	RES1	
	CPX	#6068	*SI SE POSICIONA EN EL LUGAR DE LA DIAGONAL SE
	BEQ	DIAGON	*SALTA A LA SIGUIENTE POSICION
	CPX	#606B	
	BEQ	DIAGON	
	CPX	#606A	*COMPARA SI LLEGA AL TOPE EN CADA SECCION DEL BUFFER
	BEQ	LMIT	*LIMITE DE MODELO
	CPX	#6065	*LIMITE DE HOSPITAL
	BEQ	LMIT	
	CPX	#60B0	*LIMITE DE COMENTARIO
	BEQ	LMIT	
	CPX	#60BE	*LIMITE DE FECHA
	BEQ	LMIT2	
	CPX	#607E	*VERIFICA FIN DE PRIMER RENGLON DE COMENTARIO
	BEQ	COMENT1	*PASA A SIGUIENTE RENGLON DE COMENTARIO
	JMP	PONFECHA	*SALTA A SELECCION DE FECHA
COMENT1	INC	CURLEN	*INCREMENTA RENGLON DE CURSOR
	LDAA	#00	
	STAA	CURCOL	*INICIALIZA COLUMNA DE CURSOR
	JMP	ESPACIO2	
LMIT2	DEX		*LIMITE SEGUNDO, NO SE INCREMENTA MAS EL APUNTADOR
	LDAA	#810	*DEL BUFER AUXILIAR, Y TAMPOCO SE INCREMENTA LA
	STA	LETRA	COLUMNA DEL CURSOR
	DEC	CURCOL	
	JMP	ESPACIO3	
LMIT	DEX		*LIMITE PRIMERO, NO SE INCREMENTA MAS EL APUNTADOR
	DEC	CURCOL	*DEL BUFER AUXILIAR, Y TAMPOCO SE INCREMENTA LA
			COLUMNA DEL CURSOR
ESPACIO2	STX	BUFFER	*ACTUALIZA BUFER AUXILIAR
	RTS		*SALE DE LA RUTINA DE ESPACIO
DIAGON	INX		*CUANDO SE ENCUENTRA UNA DIAGONAL, SE INCREMENTA
	INC	RES1	*VALOR DEL APUNTADOR DEL BUFER AUXILIAR, Y TAMBIEN
	INC	CURCOL	*LA COLUMNA DEL CURSOR
SALTA1	JMP	PONFECHA	*PASA A CAPTURA DE FECHA
	JMP	ESPACIO3	*SALE DE LA RUTINA DE ESPACIO
PONFECHA			

	LDAA	#S10	*PARA ESCRIBIR LA FECHA SE EMPIEZA CON CERO
	STAA	LETRA	*COLOCA "0" EN LOCALIDAD DE LETRA
	CFX	#S006	*REGOCHE EN QUE LOCALIDAD DEL BUFFER DE FECHA
	BEQ	DIAA	*DONDE SE DESEA ESCRIBIR DD/MM/AA
	CFX	#S0067	
	BEQ	DIAB	
	CFX	#S4069	
	BEQ	MESA	
	CFX	#S406A	
	BEQ	MESB	
	CFX	#S606C	
	BEQ	YEAR	
	CFX	#S606D	
	BEQ	YEAR	
	LDAA	#S20	
	STAA	LETRA	
	IMP	ESPACIO2	
DIAA	LDAA	#S0F	*EL PRIMER DIGITO DE DIA ESTA COMPRENDIDO ENTRE
	STAA	LETRAL	*0 Y 3, ESTOS SON LOS LIMTES INFERIOR Y SUPERIOR
	LDAA	#S14	
	STAA	LETRAH	
	LDAA	#S10	*SE EMPIEZA DESPLEGANDO EL 0
	STAA	LETRA	
	IMP	ESPACIO2	
DIAB	LDAA	#S066	*SEGUNDO DIGITO DE DIA
	CMPA	#S13	*SI EL PRIMER DIGITO DE DIA ES 3 EL SEGUNDO DIGITO
	BEQ	DIAB2	*DEBE SER 0 A 1
	LDAA	#S1A	*SI EL PRIMER DIGITO ES DIFERENTE DE 3 EL LIMITE
	STAA	LETRAH	*SUPERIOR ES 9
	IMP	DIAB3	
DIAB2	LDAA	#S12	*EL LIMITE SUPERIOR ES 1
	STAA	LETRAH	
DIAB3	LDAA	#S0F	*LIMITE INFERIOR 0
	STAA	LETRAL	
	LDAA	#S10	*SE EMPIEZA DESPLEGANDO 0
	STAA	LETRA	
	IMP	ESPACIO2	
MESA	LDAA	#S0F	*PRIMER DIGITO DEL MES
	STAA	LETRAL	*LIMITE INFERIOR PARA EL PRIMER DIGITO DEL MES ES 0
	LDAA	#S12	*LIMITE SUPERIOR ES 1
	LDAA	#S10	
	STAA	LETRA	
	IMP	ESPACIO2	
MESB	LDAA	#4069	*SEGUNDO DIGITO DEL MES
	CMPA	#S11	*SI EL PRIMER DIGITO DE MES ES 1, EL SEGUNDO DIGITO
	BEQ	MESB2	*ES 0 1 2
	LDAA	#S1A	*SI EL PRIMER DIGITO NO ES 1 ENTONCES ES 0 Y EL
	STAA	LETRAH	*LIMITE SUPERIOR ES 9
	IMP	MESB3	
MESB2	LDAA	#S13	*LIMITE SUPERIOR ES 2
	STAA	LETRAH	
MESB3	LDAA	#S0F	*LIMITE INFERIOR ES 0
	STAA	LETRAL	
	LDAA	#S10	
	STAA	LETRA	
	IMP	ESPACIO2	
YEAR	LDAA	#S1A	*PRIMER Y SEGUNDO DIGITO DEL AÑO.
	STAA	LETRAH	*EL LIMITE SUPERIOR PARA AÑO ES 9
	LDAA	#S10	
	STAA	LETRA	
	IMP	ESPACIO2	

	INC	ENTRA	*INCREMENTA EL CONTEO CUANDO ES OPRIMIDO
	INC	CURREN	*EL BOTON ENTER
	LDAA	#S09	*DESPUES DE UN ENTER, EL CURSOR APARECE EN LA

* RUTINA DEL BOTON ENTER, SIRVE PARA EL AVANCE DE CAMPOS POR *			
* RENGLON, EN LA SECCION DE GUARDADO DE DATOS EN MEMORIA *			

	STAA	CURCOL	*COLUMNA 9 DE LA PANTALLA
	LDAA	ENTRA	
	CMPA	#S01	*EL PRIMER ENTER BRINCA AL RENGLON DE HOSPITAL
	BEQ	RHOSP	
	CMPA	#S02	*EL SEGUNDO ENTER BRINCA AL RENGLON DE FECHA
	BEQ	RFECHA	
	CMPA	#S03	*EL TERCER ENTER BRINCA AL RENGLON DE COMENTARIOS
	BEQ	RCOMENT	
	CMPA	#S04	*EL CUARTO ENTER CAMBIA LA PANTALLA
	BEQ	ENTER4	
SALENTER			
	NOP		*SALIDA DE LA RUTINA ENTER
	NOP		
	NOP		
	RTS		
RHOSP	LDX	#HOSPIT	*CONDICIONES INICIALES PARA DATOS DE HOSPITAL
	STX	BUFFER	*AQUI SE INICIALIZAN LOS PARAMETROS DE "LETRA"
	LDAA	#S20	*BUFFER AUXILIAR, Y LIMITES DE LA TABLAS DE CARACTERES
	STAA	LETRA	*PARA LA SELECCION DEL TEXTO
	LDAA	#S1B	
	STAA	LETRAH	
	LDAA	#SFF	
	STAA	LETRAL	
	IMP	SALEENTER	
RFECHA	LDX	#FECHA	*CONDICIONES INICIALES PARA DATOS DE FECHA
	LDX	BUFFER	*AQUI SE INICIALIZAN LOS PARAMETROS DE "LETRA"
	LDAA	#S10	*BUFFER AUXILIAR, Y LIMITES DE LA TABLAS DE CARACTERES
	STAA	LETRA	*PARA LA SELECCION DEL TEXTO
	LDAA	#S14	
	STAA	LETRAH	
	LDAA	#S0F	
	STAA	LETRAL	
	IMP	SALEENTER	
RCOMENT	LDX	#COMENT	*CONDICIONES INICIALES PARA DATOS DE COMENTARIO
	STX	BUFFER	*AQUI SE INICIALIZAN LOS PARAMETROS DE "LETRA"
	LDAA	#S20	*BUFFER AUXILIAR, Y LIMITES DE LA TABLAS DE CARACTERES
	STAA	LETRA	*PARA LA SELECCION DEL TEXTO
	LDAA	#S1B	
	STAA	LETRAH	
	LDAA	#SFF	
	STAA	LETRAL	
	IMP	SALEENTER	
ENTER4	LDAA	#S55	*CUANDO SE OPRIME ENTER POR CUARTA VEZ, SE CANCELA
	STAA	ENTRA	*LA APARICION DEL CURSOR, Y SE CARGA ENTER CON 55
	LDAA	#S00	*QUE IDIFICARA MAS DELANTE QUE SE HA TERMINADO LA
	STAA	CURCOL	*CAPTURA DE DATOS.
	LDAA	#S09	
	STAA	CURREN	
	ISR	KUROFF	
	IMP	SALVA	

			* RUTINA DE RETARDO, SE UTILIZA PARA HACER TIEMPOS MUERTOS *
			* ES EN BASE A UN CONTADOR, COLOCADO EN EL REGISTRO, *
			* EL VALOR 3FFF FUE SELECCIONADO A CRITERIO Y BAJO PRUEBAS *
			* DE TIEMPO. *

DELAY			
	PSID		
DEL1	LDX	#3FFF	*INICIALIZA CONTADOR CON 3FFF EL CUAL DEBERA
	DEX		*DECREMENTARSE HASTA CERO
	CPX	#S000	
	BNE	DEL1	
	PULX		
	RTS		

			* SECCION DE SALVA, PARA GUARDAR LOS DATOS CAPTURADOS, EN *
			* ALGUNA MEMORIA QUE ESTE DISPONIBLE, ESTA SECCION SE *
			* SE EJECUTA, CUANDO SE TECLEA EL CUARTO ENTER EN LA SEC. *
			* CION DE GUARDA. *

SALVA			
	LDD	#S1118	* A=10 B=00 DIRECCION DE DESPLIEGUE EN PANTALLA
			* SE DESPLIEGA PANTALLA PARA GUARDAR INFORMACION
	LDX	#SCRGEN44	*SACA PANTALLA CON OPCION DE GUARDADO
	ISR	LCDSNAA	
SALVA1			

	LDX PORTA	*BOTONERA CON OPCION DE GUARDAR Y NO GUARDAR
	BRCLR 00,X 803 NOSALVA	*CHECA BOTON NO SALVA
	BRCLR 00,X 808 SISALVA	*CHECA BOTON SI SALVA
	JMP SALVALI	
NOSALVA	LDX PORTA	
	BRCLR 00,X 803 NOSALVA	*CHECA BOTONERA
	LDAА #835	*MARCA ENTER CON 35 PARA SALIR DE SECCION DE GUARDAR
	STAA ENTRA	
	ISR KURKOFF	*DESACTIVA APARICION DE CURSOR
	JMP SALENTER	*SALE DE SECCION DE GUARDAR, SIN HABER GUARDADO DATOS
SISALVA	LDX PORTA	
	BRCLR 00,X 808 SISALVA	*CHECA BOTONERA PARA ELIMINAR REBOTES
	ISR BEEP	*INDICADOR AUDITIVO
	LDX #83F00	*LOCALIDAD DONDE EMPIEZAN LOS APUNTAADORES
SISALI	ISR LIBRE	*PASA A RUTINA QUE BUSCA UNA MEMORIA LIBRE, PARA
	LDAА 0,X	*ALMACENAMIENTO DE DATOS
	CMFA #800	*SI EL INDICADOR TIENE 90, PASA A GUARDAR INFORMACION
	BEQ SALVAR	*EN CASO CONTARIO, SIGUE HASTA BUSCAR UNA MEMORIA VACIA
	DXC	
	JMP SISALI	
SALVAR	PSIX	
	DXC	
	CMX #83FLA	*VERIFICA FIN DE LA TABLA DE DATOS
	BEQ SALXII	
SALVARI	LDAВ 0,X	*PASA A MEMORIA INICIAL DE LA TABLA
	STAB 0,X	
	JMP SALXII	
SALXI	LDX #83F00	*INICIALIZA APUNTAADOR DE BUFER DE MEMORIAS
	JMP SALVARI	
SALXII	PULX	*RECUPERA APUNTAADOR DE DATOS
	LDAА #8FF	*SALVA INICIO DE DATOS
	STAA 0,X	
	XGDX	
	STAB PILA	
	TEA	
	LDAВ #890	*CADA PANTALLA OCUPA 90 LOCALIDADES
	MUL	
	ADDA #830	*EN LA LOCALIDAD 3000 SE EMPEZA A ALMACENAR
	XGDX	*X APUNTA DONDE SE GUARDA, Y APUNTA DONDE SE LEE
	LDY #86020	
SALVARX	LDAА 0,Y	*LOS DATOS DE Y LOS VA ESCRIBIENDO EN X
	STAA 0,X	
	DXC	
	DNV	*INCREMENTA APUNTAADORES X e Y
	CMY #860B0	
	BEQ FINSAL	*VERIFICA FIN DEL BUFFER
	JMP SALVARX	
FINSAL	LDX #SCREEN4B	*DESPIEGA PANTALLA CON INFORMACION DE MEMORIAS
	LDY #SALVAW	*LIBRES, Y NUMERO DE MEMORIA DONDE SE GUARDO LA
FINSALI	LDAВ 0,X	*INFORMACION
	CMPB #8FF	*GUARDA DATOS DE MEMORIAS LIBRES Y MEMORIA UTILIZADA
	BEQ FINSALI	*EN EL BUFER TEMPORAL PARA DESPLEGUE
	STAB 0,Y	
	DXC	
	DNV	
	JMP FINSALI	
FINSALI	STAB 0,Y	*DESPLIEGUE DE DATOS EN ULTIMO RENGLON DEL BUFER
	DNV	*TEMPORAL
	STAB 0,Y	
	LDAА PILA	*CONVERSION DE HEXADECIMAL A DECIMAL DE LA PILA
	STAA DECI	
	ISR HEXCDM	
	LDAА DECDH	*PILAH Y PILAL TIENEN LOS DIGITOS RESULTADO DE
	ADDA #810	*LA CONVERSION
	STAA PELAВ	

```

LDA#  DECDL
ADDA# #E30
STAA#  P1AL
LDA#  LIBRES
STAA#  DECI
JSR#  HDECIM          *CONVERSION DE HEXADECIMAL A DECIMAL DE NUMERO DE
                      *MEMORIAS LIBRES

LDA#  DECDH
ADDA# #E30
STAA# LIBREN          *LIBREN Y LIBREL TIENEN LOS DIGITOS RESULTADO DE
                      *LA CONVERSION
LDA#  DECDL
ADDA# #E30
STAA# LIBREL
LDD#  #E111F          *A=10 B=00 DIRECCION DE DESPLIEGUE EN PANTALLA
LDX#  #SALVAVW        *DESPLIEGUE DE PANTALLA CON DATOS FINALES
LCDSTRO

FINSAL1
LDX#  PORTA
BRCLR# 00.X #03 SALVADO *CHECA BOTON PARA TERMINAR
JMP#  FINSAL1

SALVADO
LDX#  PORTA
BRCLR# 00.X #03 SALVADO *CHECA BOTON PARA ELIMINAR REBOTÉS
LDA#  #E55            *MARCA ENTER CON 55 PARA SALIR DE SECCION DE GUARDAR
STAA#  ENTRA          *Y DESACTIVA EL CURSOR
ISR#  KURTOFF
JMP#  SALENTER
*****
* Rutina de verificación de memorias ocupadas cuando encuentra *
* Una sección de memoria libre, indica con un 55 o 00 el número *
* de memoria disponible para almacenamiento de datos *
*****
LIBRE
PSHX#
PSHA#
PSHB#
LDA#  #800
STAA# LIBRES          *INICIALIZA INDICADOR CON 00

LIBRE1
LDA#  0X
CMPA# #800            *BUSCA EN LA TABLAS LAS MEMORIAS DISPONIBLES
BEQ#  CONTCERO        *SI EL INDICADOR ES 00 O 55 SIGNIFICA QUE LA
CMPA# #55             *MEMORIA ESTA OCUPADA
BEQ#  CONTCERO        *SI EL INDICADOR ES DIFERENTE, SIGNIFICA QUE
                      *LA MEMORIA ESTA DISPONIBLE

LIBRE2
INX#
CMPX# #53F1A         *VERIFICA EL FINAL DE LA TABLAS DE INDICADORES
BNE#  LIBRE1          *DE MEMORIAS.
PULB#
PULA#
PULX#
RTS#

CONTCERO
INC# LIBRES           *SI SE DETECTA UNA MEMORIA OCUPADA, SE INCREMENTA
JMP# LIBRE2          *EL APUNTAADOR PARA PASAR A LA SIGUIENTE
*****
* Rutina de driver del buzzer, esta rutina coloca un nivel *
* alto en la línea A5 del HC11, que activa un buzzer para *
* señalización advertiva *
*****
BEEP
PSHA#
LDA#  PORTA          *SE LEE LAS CONDICIONES DEL PUERTO A PARA
PSHA#                *QUE SE CONSERVEN
ORAA# #E2F           *SE PONE EN ALTO EL PIN A5, Y A1 A A3 SE CONSERVAN
STAA# PORTA          *SE PONE DATO EN PUERTO A
ISR# DELAY           *SE HACE UNA ESPERA DE FRACCION DE SEGUNDO
PULA#                *RECUPERAMOS EL VALOR DEL PUERTO A Y LO RESTAURAMOS
STAA# PORTA
NOP#
NOP#
PULA#
RTS#
*****
* Rutina que despegga renglones en la pantalla AND-71LAST *
*****
RENGLON
PSHA#

```

```

PSHB WRDATA *MANDA DIRECCIONES DE DESPLIEGUE, PREVIAMENTE
TAB WRDATA *DECLARADAS
ISR WRDATA
LDAB #B24 *COMANDO DE DIRECCION INICIAL DE DESPLIEGUE
RENG1 WRCOMAND
LDAA 0X *LEE DATOS A DESPLIEGAR Y LOS ENVIA A LA PANTALLA
CMPA #FF *VERIFICA FIN DE RENGLON
BEQ FDRREG *SI ES FIN DE RENGLON, TERMINA DESPLIEGUE
TAB
ISR WRCARAC *EN CASO CONTRARIO, SIGUE LEYENDO Y DESPLIEGANDO
INX RENG1 *CARACTERES DEL RENGLON
FDRREG JMP RENG1
PULB
PULA
RTS

```

 * RUTINA DE ACTIVACION DE CURSOR, EN MODO INTERMITENTE *
 * Y DE DOS LINEAS DE TAMAÑO *

KURSOR

```

LDAB CURCOL *ESTABLECE COLUMNA DE DESPLIEGUE DE CURSOR
ISR WRDATA
LDAB CURREN *ESTABLECE RENGLON DE DESPLIEGUE DE CURSOR
ISR WRDATA
LDAB #B21 *COMANDO DE INICIALIZACION DE COLUMNA Y RENGLON
ISR WRCOMAND *DE CURSOR
LDAB #A1 *COMANDO DE TAMAÑO DE CURSOR
ISR WRCOMAND
LDAB #B97 *COMANDO DE ACTIVACION DE CURSOR
ISR WRCOMAND
RTS

```

 * RUTINA DE DESACTIVACION DEL CURSOR *

KUROFF

```

LDAB #B94 *COMANDO DE DEACTIVACION DE CURSOR
ISR WRCOMAND
RTS

```

 * RUTINA DE CONVERSION DE HEX A DEC DE UN NUMERO, EL *
 * RESULTADO QUEDA EN LAS LOCALIDADES DECIL Y DECIH *

HEXICM

```

LDAA #B00 *HEXACESIMAL A UN DECIMAL DE DOS BYTES.
STAA DECIL *INICIALIZACION DE CONTADORES
DECIH DECI *DECIL=UNIDADES, DECIB=DECENAS
LDAB DECI *ACUMULADOR "A" ES EL INDICADOR
CMPB #B00 *SI EL LIMITE ES CERD, SE SALE DE LA CONVERSION
BEQ OUTHEX1

```

ARRIBA1

```

INC DECI *INCREMENTAMOS EL CONTADOR DE LAS UNIDADES
LDAB DECI
CMPB #B0 *COMPARAMOS CON 10
BEQ BUCK *SI ES DIEZ PASA A INCREMENTO DE DECENAS
INCA *INCREMENTA INDICADOR

```

REGRESO1

```

CMPA DECI *COMPARA CON LIMITE DE CONVERSION "DEC"
BEQ OUTHEX1 *SI ES IGUAL SE TERMINA LA CONVERSION
JMP ARRIBA1 *CONTINUA CONTEO

```

OUTHEX1

RTS

BUCK

```

LDAB #B00 *RESETEAMOS EL CONTADOR DE UNIDADES
STAB DECI *INCREMENTAMOS EL CONTADOR DE DECENAS
INC DECIH *INCREMENTA INDICADOR
INCA
JMP REGRESO1

```

 * RUTINA DE BORRADO DEL BUFFER AUXILIAR PARA EL DESPLIEGUE *
 * DE MEMORIAS E INICIALIZA LOS APUNTADES DE FIN DE CADA RENGLON *
 * DE DATOS *

MEMVACIA

```

PSHX
PSHA
LDX #B5000 *BORRA TODOS LOS DATOS DEL BUFFER AUXILIAR
LDA #B00 *INCREMENTAN ENTRE LA LOCALIDAD 5000 Y LA 5000

```

MEMV1	STAA 0,X	*INSERTA 00 EN MEMORIA
	INX	
	CPX #B5090	*CHECA FIN DE SECCION SI NO CONTINUA CON EL
	BNE MEMV1	*PROCESO
	LDAA #BFF	*PONE LA BANDERA DE FIN FF AL FINAL DEL BORRADO
	STAA \$5007	*DE CADA RENGLON DE DATOS
	STAA \$5026	
	STAA \$5045	
	STAA \$504E	
	STAA \$508F	
	PULA	
	PULX	
	RTS	

	* RUTINA DE LIMPIEZA DE MEMORIAS, ESTA RUTINA BORRA TODOS *	
	* LOS DATOS DE LAS MEMORIAS ALMACENADAS, LOS DATOS NO *	
	* PUEDEN SER RECUPERADOS. *	

LIMPMEM		
	PSHX	
	PSHA	
	LDZ #S10C8	* A=10 B=00 DIRECCION DE DESPLIEGUE DE
	LDX #SCREEN6	* PANTALLA DE A OPCION DE BORRAR DE MEMORIA
	ISR LCDSTRG	* TODOS LOS DATOS ALMACENADOS
LIMPMEM1		
	LDX PORTA	* PRESENTA LA OPCION EN TECLADO PARA ASEGURAR
	BRCLR 00,X 03 NOLIMP	* SI SE DESEA O NO BORRAR TODOS LOS DATOS
	BRCLR 00,X 08 SILDMP	
	IMP	
	ISR	
NOLIMP	LDX DELAY	* SI NO SE DESEA BORRAR, SE SALE DE ESTA OPCION,
NOLIMP1	LDX PORTA	* Y LOS DATOS PERMANECEN INTACTOS
	BRCLR 00,X 03 NOLDMP1	
	ISR BEEP	
NOLIMP2		
	PULA	* SALE DE SECCION DE BORRADO DE MEMORIAS
	RTS	
SILDMP	ISR DELAY	* OPCION DE LIMPIAR MEMORIAS COMIENZA
	LDX PORTA	
	BRCLR 00,X 08 SILDMP	
	ISR BEEP	
	LDX #S1F00	* LA LOCALIDAD INICIAL DE GUARDADO DE MEMORIAS
	LDAA #B00	* ES LA 3FO0
SILDMP1		
	STAA 0,X	* PONE UN CERO EN CADA LOCALIDAD DE X
	INX	
	CPX #S3F1A	* LA ULTIMA LOCALIDAD DE MEMORIA ES 3F1A, SE
	BNE SILDMP1	* REPITE EL PROCESO DE BORRADO DE CADA LOCALIDAD
	IMP NOLDMP2	* HASTA LLEGAR A LA ULTIMA LOCALIDAD

	* RUTINA DE DESPLIEGUE DE NUMEROS PEQUEÑOS, SE UTILIZA *	
	* PARA EL DESPLIEGUE DE NUMEROS EN LA PANTALLA AND-711AST *	
	* DE LA LECTURA DE WATTS CUANDO EL EQUIPO ESTA EN LA *	
	* SECCION DE MENUS DE OPCIONES. *	

BIGCARP		
	PSHA	* SE GUARDA DIRECCION INICIAL DE DESPLIEGUE
	PSIB	
	ISR WRDATA	* SE MANDAN CONDICIONES INICIALES,
	TAB	* DECLARADAS PREVIAMENTE
	ISR WRDATA	* DIRECCION DE DESPLIEGUE EN PANTALLA
	LDAB #B24	* COMANDO DE DIRECCION DE LA PANTALLA
	ISR WRCOMMAND	
	LDWA #B00	* INICIALIZA CONTADOR DE COLUMNA, CADA CARACTER
	STAA CONT3	* ES DE 3X4 CARACTERES
REG1	LDAB 0,X	* X INDICA LA TABLA A DESPLEGAR
	CMPB #BFF	* SI ES FIN DE LA TABLA, SE TERMINA EL DESPLIEGUE
	BEQ FDMBIGP	
	ISR WRCARAR	* EN CASO CONTRARIO, SIGUE DESPLIEGANDO
	INX	
	INC CONT3	* INCREMENTA CONTADOR DE COLUMNAS
	LDAA CONT3	* SI ES LA TERCERA COLUMNA, SE AUMENTA EL
	CMPA #B03	* RENGLON DE DESPLIEGUE
	BEQ SIGREN1	
	IMP REG1	
SIGREN1		
	PULB	* PARA EL SIGUIENTE RENGLON, SE AUMENTA A RAZON
	PULA	* DE 40 CARACTERES LA DIRECCION INICIAL DE

```

        ADDD #0040      *DESPLIEGUE
        JMP    BIOCARR
FDBICP PULB          *TERMINA DESPLIEGUE
        PUL-A
        RTS
    
```

```

*****
* RUTINA PARA INSERTAR EN PANTALLA LA AGUIA GRAFICA *
* ESTA RUTINA OCUPA UNA PARTE DE MEMORIA COMO AUXILIAR *
* DONDE PRIMERO SE COLOCAN LOS DATOS A DESPLIEGAR, Y UNA *
* VEZ COMPLETADA, SE ENVIA A LA PANTALLA AND-71LAST *
*****
    
```

INSTRAG

```

        PSHX          *RESERVA VALOR DE X, DIRECCION DONDE SE INSERTA LA AGUIA
        LDX           #83200      *SE LIMPIA SECCION GRAFICA DE LA PANTALLA PARA LA AGUIA
        LDAA          #820        *SE LOGRA INSERTANDO BLANCOS, A PARTIR DE LA DIRECCION
        STAA          0,X         *1000 DEL BUFFER AUXILIAR
        STAB          #8329F      *SE INCREMENTA DIRECCION DEL BUFFER AUXILIAR
        INX           #8329F      *VERIFICA FIN DE SECCION A LIMPIAR, (329F)
        CPX           #8329F
        BNE          IN51
        LDAB          #82C        *SE INSERTAN CARACTERES GRAFICOS PARA FORMAR LOS MARGENES
        LDX           #831FF      * EC.FB.E9.FF
        STAB          0,X
        LDX           #832A0
        LDAA          #82B
        STAA         0,X
IN55    INX
        CPX           #832C3
        BNE          IN53
        LDAB          #82C
        LDX           #831FF
        STAB          0,X
        LDX           #83227
        STAB          0,X
        LDX           #8324F
        STAB          0,X
        LDX           #83277
        STAB          0,X
        LDX           #8329F
        STAB          0,X
        LDAB          #82D
        LDX           #83235
        STAB          0,X
        LDX           #832AD
        STAB          0,X
        LDX           #83275
        STAB          0,X
        LDX           #8329D
        STAB          0,X
        LDX           #832C3
        STAB          0,X
        INX
        LDAB          #8FF
        STAB          0,X
IN51    PULX          *RECUPERA VALOR DE X, DIRECCION DONDE SE INSERTA LA AGUIA
        LDAA          #800
        STAA          CONT3
IN52    LDAB          0,X
        CMPB         #8FF
        BEQ          FDBAGU
        STAB          0,Y
        INX
        DNY
        INC          CONT3
        LDAA          CONT3
        CMRA          #803
        BEQ          SIGRAG
        JMP          IN52
SIGRAG PULY
        XGBY
        ADDD         #0040
        XGBY
        JMP          IN53
FDBAGU PULY
        LDX           #832C3
        LDAA          #8FF
    
```

```

STAA      0,X
LDD       #B102
LDX       #B1200
JSR       LCDSTRO
RTS

*****
* RUTINA DE DESPLIEGADO DE DIGITOS CHICOS ASOCIADOS A L3,L2 Y L1 *
*****
DIGITOP
LDAB      #B10          *CADA DIGITO CHICO OCUPA 10 LOCALIDADES DE MEMORIA
MUL       #B10          *MULTIPLICA LX POR 10
ADDD      #BD341        *L3 SUMA D341 QUE ES EL INICIO DE LA CADENA DE DIGITOS
XGDX      BIGCARP       *LA SUBRUTINA BIGCAR TRABAJA CON X, X=APUTADOR, D=DIR.
JSR       BIGCARP       *DE DESPLIEGUE
RTS

*****
* CODIGOS PARA INSERCIÓN DE CARACTER EN *
* BLANCO DE 100 CARACTERES *
*****
BLANCOF  FCB $00,$00,$00
          FCB $00,$00,$00
          FCB $00,$00,$00
          FCB $FF

*****
* CODIGOS INVERTIDOS DEL MENSAJE "RETEN" *
*****
SCREENI0  FCB $0F,$10,$11,$10,$12,$E9
          FCB $FF

*****
* BARRA INDICADORA INICIAL CON MENSAJE DE "RETEN" *
* NORMAL *
*****
AGUDA
FCC "RETEN"
FCB $B2
FCB $B4,$B4,$B4,$B4,$B4,$B4,$B4,$B4,$B4,$B4
FCB $B4,$B4,$B4,$B4,$B4,$B4,$B4,$B4,$B4,$B4
FCB $B4,$B4,$B4,$B4,$B4,$B4,$B4,$B4,$B4,$B4
FCB $B3,$E0
FCB $E0,$E0
FCC "MENU"
FCB $FF

*****
* BARRA INDICADORA INICIAL CON MENSAJE DE "RETEN" *
* INVERTIDO *
*****
FCB $0F,$10,$11,$10,$12 *RETEN INVERTIDO
FCB $13
FCB $B4,$B4,$B4,$B4,$B4,$B4,$B4,$B4,$B4,$B4
FCB $B4,$B4,$B4,$B4,$B4,$B4,$B4,$B4,$B4,$B4
FCB $B4,$B4,$B4,$B4,$B4,$B4,$B4,$B4,$B4,$B4
FCB $B3,$E0
FCC "MENU"
FCB $FF

*****
* PANTALLAS PARA MENUS DE CALIBRACION Y AJUSTE A *
* CERO DEL EQUIPO *
*****
SCREENC
FCC " CALIBRACION "
FCC " C.1: S1: W.E="
FCC " C.2: S2: "
FCC " C.3: S3: W.C="
FCC " C.4: S4: "
FCC " C.5: S5: "
FCC " C.6: S6: "
FCC "SEL - AJUSTE ++ LISTO SALIR"
FCB $FF

*****
SCREENC1 FCB "VALDEFAULT CORRECTO? SI NO "
          FCB $FF

*****
SCREENC2 FCB "NUEVO FACTOR SENSIBILIDAD: OK"

```

```

SCREENC1  FCB SFF
FCC *   NUEVOS FACTORES DE   * *1000
FCC *   SENSIBILIDAD        * *1028
FCC *   *                   * *1030
FCC *   F.S1:   F.S2:       * *1078
FCC *   F.S3:   F.S4:       * *10A0
FCC *   F.S5:   F.S6:       * *10C8
FCC *   *                   * *10F0
FCC *   SALIR          * *1118
    
```

```

SCREENZ  FCB SFF
FCC *   AJUSTE A CERO       * *1000
FCC *   E1..C1:  ASEGURESE QUE LA * *1028
FCC *   E2..C2:  TERMOPILA ESTE   * *1050
FCC *   E3..C3:  CONECTADA SIN    * *1078
FCC *   E6..C4:  EXCITACION.      * *10A0
FCC *   E7..C5:  *               * *10C8
FCC *   E0..C6:  *               * *10F0
FCC *   O.K      SIGUE           * *1118
FCB SFF
    
```

 * SECCION PARA CALIBRACION MEDIANTE LA APLICACION DE POTENCIA *
 * ELECTRICA EN LA TERMOPILA. *

```

ZADC
STAA  RANGO
PSHY
ISR   MUESTRA
PULY
LDX   #MEDIA
ISR   SACADC
RTS
    
```

 * SECCION DE AJUSTE A CERO. EN ESTA SECCION SE REALIZA EL *
 * MONITOREO DE LOS VALORES DE REFERENCIA. QUE SE PRESENTAN EN *
 * CADA CANAL DEL CONVERTIDOR ANALOGICO-DIGITAL DEL H11. CUANDO *
 * NO HAY EXCITACION EN EL SENSOR DE MEDICION, ESTOS VALORES SE *
 * ALMACENAN EN MEMORIA NO VOLATIL (EEPROM) DEL H11 Y SE EMPLE *
 * AN PARA EL CALCULO DE LAS LECTURAS CUANDO EL EQUIPO TRABAJA *
 * EN OPERACION NORMAL. *

```

CALCERO  LDAA  #000  *PARA LA CALIBRACION, EL EQUIPO DEBE ESTAR EN
          STAA  YAG   *MODO DE LECTURA PARA LASERS DE CO2 Y CON
          LDAA  #FFF  *LA OPCION DE RETEN DESHABILITADA
          STAA  HOLD
          LDD   #1000 *SE PRESENTA LA PANTALLA DE AJUSTE A CERO
          LDX   #SCREENZ
          JSR   LCDSTRG
          JSR   SZEREI
    
```

```

*
CALZ     *RUTINA QUE DESPLEGA LOS ULTIMOS VALORES DE ME
          *REFERENCIA
LDAA  #01  *TOMA LECTURA DEL PRIMER CANAL
LDY   #1033 *A#Nº DE CANAL, Y DIRECCION DE DESPLIEGUE
ISR   ZADC  *RUTINA DE DESPLIEGUE DE DATOS
LDAA  MEDIA
STAA  CERO1 *EL VALOR DE LA MEDIA SE GUARDA EN CERO1
    
```

```

LDAA  #02  *TOMA LECTURA DEL SEGUNDO CANAL
LDY   #103B *A#Nº DE CANAL, Y DIRECCION DE DESPLIEGUE
ISR   ZADC  *RUTINA DE DESPLIEGUE DE DATOS
LDAA  MEDIA
STAA  CERO2 *EL VALOR DE LA MEDIA SE GUARDA EN CERO2
    
```

```

LDAA  #03  *TOMA LECTURA DEL TERCER CANAL
LDY   #1083 *A#Nº DE CANAL, Y DIRECCION DE DESPLIEGUE
ISR   ZADC  *RUTINA DE DESPLIEGUE DE DATOS
LDAA  MEDIA
STAA  CERO3 *EL VALOR DE LA MEDIA SE GUARDA EN CERO3
    
```

```

LDAA  #06  *TOMA LECTURA DEL CARTO CANAL
LDY   #10AB *A#Nº DE CANAL, Y DIRECCION DE DESPLIEGUE
ISR   ZADC  *RUTINA DE DESPLIEGUE DE DATOS
LDAA  MEDIA
STAA  CERO4 *EL VALOR DE LA MEDIA SE GUARDA EN CERO4
    
```

```

LDAA  #07  *TOMA LECTURA DEL QUINTO CANAL
LDY   #10D3 *A#Nº DE CANAL, Y DIRECCION DE DESPLIEGUE
    
```

	ISR	ZADC	*RUTINA DE DESPLIEGUE DE DATOS
	LDAA	MEDIA	*EL VALOR DE LA MEDIA SE GUARDA EN CER05
	STAA	CER05	
	LDAA	#500	*TOMA LECTURA DEL SEXTO CANAL
	LDY	#S10FB	*A=NO DE CANAL, Y DIRECCION DE DESPLIEGUE
	ISR	ZADC	*RUTINA DE DESPLIEGUE DE DATOS
	LDAA	MEDIA	*EL VALOR DE LA MEDIA SE GUARDA EN CER06
	STAA	CER06	
CALZZ	NOP		
	NOP		
	LDX	PORTA	*BOTONERA:
	BRCLR	00,X \$01 CALZZ	*ANULACION DE QUINTO BOTON
	BRCLR	00,X \$01 ADCOK	*BOTON DE CORRECCION DE CEROS DE REFERENCIA
	BRCLR	00,X \$02 CALZZ	*ANULACION DE SEGUNDO BOTON
	BRCLR	00,X \$04 CER0ZX	*BOTON DE RESET A CEROS DE REFERENCIA
	BRCLR	00,X \$08 CALIB5	*BOTON QUE PASA A CALIBRACION DE SENSIBILIDAD
	IMP	CALZ	
CER0ZX	LDX	PORTA	*RESET DE CEROS DE REFERENCIA
	BRCLR	00,X \$04 CER0ZX	
	ISR	CER0Z	*RUTINA QUE PONE 00 A CER01-CER06
	IMP	CALCERO	*REGRESA A SECCION DE AJUSTE DE CERO
ADCOK	LDX	PORTA	*AJUSTE DE CEROS DE REFERENCIA
	BRCLR	00,X \$01 ADCOK	
	ISR	BEEP	*INDICADOR AUDITIVO
	ISR	CER0AJU	*RUTINA QUE ACTUALIZA REFERENCIAS DE CER01-CER06
	IMP	CALIBRA	*PASA A SECCION DE CALIBRACION DE SENSIBILIDAD

			* SECCION PARA AJUSTE Y CALIBRACION DE FACTORES DE SENSIBILIDAD *
			* DE CADA UNO DE LOS CANALES DEL CONVERTIDOR ANALOGICO-DIGITAL *
			* DEL HC11. *

CALIB5	LDX	PORTA	*MONITOREO DE BOTON 1 PARA ELIMINAR REBOTES
	BRCLR	00,X \$01 CALIB5	
	ISR	BEEP	*INDICADOR AUDITIVO
CALIBRA	LDAA	#500	*INICIALIZACION DE POTENCIA ELECTRICA APLICADA
	STAA	DPOT	*DECIMAL DE POTENCIA ELECTRICA APLICADA
	STAA	POT1	*UNIDADES DE POTENCIA ELECTRICA APLICADA
	STAA	POT2	*DECENAS DE POTENCIA ELECTRICA APLICADA
	STAA	WATELEC	*POTENCIA ELECTRICA APLICADA EN HEXADECIMALX100
	STAA	SELICX	*INDICADOR DE SELECCION DE DATO
	LDX	#S1000	*DIRECCION DE DESPLIEGUE DE LA PANTALLA
	LDX	#SCREENC	*DESPLIEGA PANTALLA DE CALIBRACION
	ISR	LCDSTRG	
	LDAB	#54C	*MANDA DIRECCION \$104C, PARA DESPLIEGUE DE INDICADOR
	ISR	WRDATA	*DE SELECCION
	LDAB	#S10	
	ISR	WRDATA	
	LDAB	#52A	
	ISR	WRCOMAND	
	LDAB	#S1C	
	ISR	WRCARAC	*ESCRIBE CARACTER < INDICADOR DE SELECCION
	LDAA	#501	*INICIALIZA INDICADOR DE SELECCION CON 01
	STAA	SELICX	
	LDAA	#500	*INICIALIZA CONTADOR DE POTENCIA EN HEX CON 0000
	STAA	POTX	
	STAA	POTX+*501	
	ISR	CALCULO	*RUTINA QUE CALCULA POTENCIA A LEER= POT.ELEC*1.025
	ISR	POTELEC	*RUTINA DE DESPLIEGUE DE POTENCIA ELECTRICA Y POTENCIA
			*CALCULADA
CALIBRA1	LDAA	ECER01	*SELECCION DEL PRIMER CANAL PARA LECTURA:
	STAA	ZER0	*LECTURA DE REFERENCIA ASIGNADA "CER0"
	LDAA	#501	*SELECCION DEL FACTOR DE SENSIBILIDAD
	STAA	RANGO	*CORRESPONDIENTE.
	LDX	#S102F	
	LDX	FSENS11	
	STX	FSENS1	
	ISR	DESCANAL	*RUTINA DE LECTURA Y DESPLIEGUE DE CANAL1
	LDAA	ECER02	*SELECCION DEL SEGUNDO CANAL PARA LECTURA:
	STAA	ZER0	*LECTURA DE REFERENCIA ASIGNADA "ECER0"
	LDAA	#502	*SELECCION DEL FACTOR DE SENSIBILIDAD
	STAA	RANGO	*CORRESPONDIENTE.
	LDX	#S103F	

	LDX	FSENSI2	
	STX	FSENSI	
	ISR	DESCANAL	*RUTINA DE LECTURA Y DESPLIEGUE DE CANAL2
	LDA	ECERO3	*SELECCION DEL TERCER CANAL PARA LECTURA:
	STAA	ZERO	*LECTURA DE REFERENCIA ASIGNADA "ECERO"
	LDA	#803	*SELECCION DEL FACTOR DE SENSIBILIDAD
	STAA	RANGO	*CORRESPONDIENTE.
	LDD	#107F	
	LDX	FSENSI3	
	STX	FSENSI	
	ISR	DESCANAL	*RUTINA DE LECTURA Y DESPLIEGUE DE CANAL3
	LDA	ECERO4	*SELECCION DEL CUARTO CANAL PARA LECTURA:
	STAA	ZERO	*LECTURA DE REFERENCIA ASIGNADA "ECERO"
	LDA	#806	*SELECCION DEL FACTOR DE SENSIBILIDAD
	STAA	RANGO	*CORRESPONDIENTE.
	LDD	#10A7	
	LDX	FSENSI4	
	STX	FSENSI	
	ISR	DESCANAL	*RUTINA DE LECTURA Y DESPLIEGUE DE CANAL4
	LDA	ECERO5	*SELECCION DEL QUINTO CANAL PARA LECTURA:
	STAA	ZERO	*LECTURA DE REFERENCIA ASIGNADA "ECERO"
	LDA	#807	*SELECCION DEL FACTOR DE SENSIBILIDAD
	STAA	RANGO	*CORRESPONDIENTE.
	LDD	#10CF	
	LDX	FSENSI5	
	STX	FSENSI	
	ISR	DESCANAL	*RUTINA DE LECTURA Y DESPLIEGUE DE CANAL5
	LDA	ECERO6	*SELECCION DEL SEXTO CANAL PARA LECTURA:
	STAA	ZERO	*LECTURA DE REFERENCIA ASIGNADA "ECERO"
	LDA	#800	*SELECCION DEL FACTOR DE SENSIBILIDAD
	STAA	RANGO	*CORRESPONDIENTE.
	LDD	#109F	
	LDX	FSENSI6	
	STX	FSENSI	
	ISR	DESCANAL	*RUTINA DE LECTURA Y DESPLIEGUE DE CANAL6
	ISR	DESFSENSI	*RUTINA DE DESPLIEGUE DE FACTORES DE SENSIBILIDAD
			*QUE SE USAN Y ESTAN GUARDADOS EN EEPROM
CALIBRA2			
	LDX	PORTA	*BOTONERA:
	BRCLR	00X 803 SALCALIB	*BOTON DE SALIR DEL MODO DE CALIBRACION
	BRCLR	00X 801 SELECC	*SELECCION DE PARAMETRO A MODIFICAR
	BRCLR	00X 802 AJUMENX	*BOTON DECREMENTO DE PARAMETRO A MODIFICAR
	BRCLR	00X 804 AJUMASX	*BOTON INCREMENTO DE PARAMETRO A MODIFICAR
	BRCLR	00X 808 LISTO	*BOTON PARA SALVAR MODIFICACIONES REALIZADAS
	IMP	CALIBRA1	*CIERRA LOOP DE BOTONERA
SALCALIB			
	ISR	BEEP	*INDICADOR AUDITIVO
SALCALI	ISR	DELAY	*RETARDO PARA TIEMPO
	LDX	PORTA	
	BRCLR	00X 803 SALCALI	*SENSADO DE BOTON PARA ELIMINAR REBOTES
	ISR	AUTORES	*LECTURA DE FACTORES DE SENSIBILIDAD ALMACENADOS EN EEPROM
	ISR	TKCLEAR	*LIMPIA PANTALLA
	IMP	DIG	*REGRESA A CICLO PRINCIPAL
AJUMENX	IMP	AJUMEN	*PASA A DECREMENTO DE PARAMETROS
AJUMASX	IMP	AJUMAS	*PASA A INCREMENTO DE PARAMETROS
LISTO			
	ISR	BEEP	*INDICADOR AUDITIVO
LISTO1	ISR	DELAY	*RETARDO DE TIEMPO
	LDX	PORTA	
	BRCLR	00X 808 LISTO1	*SENSADO DE BOTON PARA ELIMINAR REBOTES
	IMP	LISTO	*PASA A SECCION DE GUARDAR DATOS MODIFICADOS
SELECC	ISR	BEEP	*INDICADOR AUDITIVO
SELECC	LDX	PORTA	
	BRCLR	00X 801 SELECC	*SENSADO DE BOTON PARA ELIMINAR REBOTES
	INC	SELECC	*INCREMENTA APUNTAADOR DE INDICADOR DE SELECCION
	LDA	SELECC	
	CMPSA	#808	*VERIFICACION DE LIMITE DEL INDICADOR EL CUAL ES 08
	BEQ	SELECC1	*SI ES EL LIMITE, SE INICIALIZA NUEVAMENTE
SELECC2	ISR	INDICA	*RUTINA DE DESPLIEGUE DE INDICADOR DE SELECCION
	IMP	CALIBRA1	*REGRESA A CICLO DE CALIBRACION
SELECC1	LDA	#801	*INICIALIZA INDICADOR DE SELECCION CON 01
	STAA	SELECC	
	IMP	SELECC2	*PASA DESPLIEGUE DE INDICADOR
AJUMAS			
	LDX	PORTA	

	BRCLR 00X \$04 AJUMAS	*SENSADO DE BOTON PARA ELIMINAR REBOTES
	ISR BEEP	*INDICADOR AUDITIVO
	LDAA SELECX	*VERIFICA INDICADOR DE SELECCION, SI ES MAYOR QUE
	CMPA #01	"01", PASA A DECREMENTO DE SENSIBILIDAD
	BEQ WATTMAS	"SI ES IGUAL A '01", PASA A INCREMENTO DE WATTS ELECTRICOS
	ISR INCFSN	*PASA A RUTINA DE INCREMENTO DE FACTOR DE SENSIBILIDAD
	WATTMAS CALIBRA1	*REGRESA A CICLO DE CALIBRACION
	ISR INCWATT	*PASA A RUTINA DE INCREMENTO DE WATTS ELECTRICOS
	ISR CALCULO	*RUTINA PARA CALCULO DE POTENCIA A LEER PC= PE*1.023
	ISR POTELEC	*RUTINA DE DESPLIEGUE DE POTENCIA ELECTRICA Y POTENCIA CALCULADA
	WATTMAS CALIBRA2	*REGRESA A CICLO DE CALIBRACION
	ISR JMP	
	AJUMEN	
	LDX PORTA	
	BRCLR 00X \$02 AJUMEN	*SENSADO DE BOTON PARA ELIMINAR REBOTES
	ISR BEEP	*INDICADOR AUDITIVO
	LDAA SELECX	*VERIFICA INDICADOR DE SELECCION, SI ES MAYOR QUE
	CMPA #01	"01", PASA A DECREMENTO DE SENSIBILIDAD
	BEQ WATTMEN	"SI ES IGUAL A '01", PASA A DECREMENTO DE WATTS ELECTRICOS
	ISR DECFSEN	*PASA A RUTINA DE DECREMENTO DE FACTOR DE SENSIBILIDAD
	WATTMEN CALIBRA1	*REGRESA A CICLO DE CALIBRACION
	ISR INCWATT	*PASA A RUTINA DE INCREMENTO DE WATTS ELECTRICOS
	ISR CALCULO	*RUTINA PARA CALCULO DE POTENCIA A LEER PC= PE*1.023
	ISR POTELEC	*RUTINA DE DESPLIEGUE DE POTENCIA ELECTRICA Y POTENCIA CALCULADA
	WATTMEN CALIBRA2	*REGRESA A CICLO DE CALIBRACION
	ISR JMP	
	LISTOX	
	NOF	
	LDX PORTA	*SENSADO DE BOTON PARA ELIMINAR REBOTES
	BRCLR 00X \$08 LISTOX	
	LDD #0118	*DIRECCION PARA DESPLIEGUE DE OPCIONES
	LDX #SCREENCI	*DESPLIEGA PANTALLA DE OPCIONES FINALES DE CALIBRACION
	ISR LCDSTRG	
	LISTOX1	
	BRCLR PORTA	*BOTONERA
	BRCLR 00X \$03 NOCALIB	*BOTON NO GUARDA MODIFICACION
	BRCLR 00X \$01 DEFAULT	*BOTON PARA CARGA DE VALORES DE DEFAULT
	BRCLR 00X \$08 SICALIB	*BOTON SI GUARDA MODIFICACION
	ISR LISTOX1	*CIERRA LOOP DE BOTONERA
	DEFAULT	
	ISR DELAY	
	LDX PORTA	*RETARDO DE TIEMPO Y SENSADO DE BOTON, PARA ELIMINAR REBOTES
	BRCLR 00X \$01 DEFAULT	
	ISR BEEP	*INDICADOR AUDITIVO
	ISR AUTORESET	*PASA A RUTINA DE CARGA DE VALORES DE DEFAULT
	ISR TXCLEAR	*LIMPIA PANTALLA
	ISR DIG	*REGRESA A CICLO PRINCIPAL
	NOCALIB	
	LDX PORTA	*RETARDO DE TIEMPO Y SENSADO DE BOTON, PARA ELIMINAR REBOTES
	BRCLR 00X \$03 NOCALIB	
	ISR BEEP	*INDICADOR AUDITIVO
	ISR AUTORES	*PASA A RUTINA DE LECTURA DE FACTORES DE SENSIBILIDAD A USAR
	ISR TXCLEAR	*LIMPIA PANTALLA
	ISR DIG	*REGRESA A CICLO PRINCIPAL
	SICALIB	
	NOF	
	ISR DELAY	
	ISR PORTA	*RETARDO DE TIEMPO Y SENSADO DE BOTON, PARA ELIMINAR REBOTES
	BRCLR 00X \$08 SICALIB	
	ISR BEEP	*INDICADOR AUDITIVO
	LDD #1000	*DESPLIEGA PANTALLA DE MODIFICACIONES
	ISR #SCREENCJ	
	ISR LCDSTRG	
	ISR CALIBRAX	*RUTINA DE ALMACENAMIENTO DE NUEVOS FACTORES DE SENSIBILIDAD
	ISR	*EN EEPROM
	ISR	*RUTINA DE DESPLIEGUE DE NUEVOS FACTORES DE SENSIBILIDAD
	COTAX	
	ISR FSENKX	
	LDX PORTA	*BOTON DE SALIR DEL MODO DE CALIBRACION.
	BRCLR 00X \$08 COTAX	*CIERRA CICLO DE BOTONERA
	ISR COTAX	*RETARDO Y SENSADO DE BOTON PARA ELIMINACION DE REBOTES
	LDX PORTA	
	BRCLR 00X \$01 COTAX	
	ISR BEEP	*INDICADOR AUDITIVO
	ISR AUTORES	*RUTINA DE LECTURA DE EEPROM DE LOS FACTORES DE SENSIBILIDAD
	ISR TXCLEAR	*LIMPIA PANTALLA
	ISR DIG	*REGRESA A CICLO PRINCIPAL
	JMP	

* RUTINA QUE DECREMENTA FACTOR DE SENSIBILIDAD, ESTA RUTINA. *		
* VERIFICA Y DECREMENTA EL FACTOR DE SENSIBILIDAD SELECCIONADO. *		

DECFSEN		
	LDAA SELECX	*PRIMERO SE IDENTIFICA AL VALOR DE SELECC
	CMR #02	DEPENDIENDO DEL VALOR, SE PASA A MODIFICAR
	BEQ DECFP51	*EL FACTOR DE SENSIBILIDAD CORRESPONDIENTE
	CMPA #03	* SELECC= VALOR A MODIFICAR

	BEQ	DECF52	*	02.....FSENS11
	CMPA	#804	*	03.....FSENS13
	BEQ	DECF53	*	04.....FSENS14
	CMPA	#805	*	05.....FSENS15
	BEQ	DECF54	*	06.....FSENS16
	CMPA	#806		
	BEQ	DECF55		
	CMPA	#807		
	BEQ	DECF56		
DECF5X	RTS			*SALE DE LA RUTINA
DECF51	LDX	FSENS11		*DECREMENTA FACTOR DE SENSIBILIDAD FSENS11
	DEX			
	STX	FSENS11		
	JMP	DECF5X		*SALE DE LA RUTINA
DECF52	LDX	FSENS12		*DECREMENTA FACTOR DE SENSIBILIDAD FSENS12
	DEX			
	STX	FSENS12		
	JMP	DECF5X		*SALE DE LA RUTINA
DECF53	LDX	FSENS13		*DECREMENTA FACTOR DE SENSIBILIDAD FSENS13
	DEX			
	STX	FSENS13		
	JMP	DECF5X		*SALE DE LA RUTINA
DECF54	LDX	FSENS14		*DECREMENTA FACTOR DE SENSIBILIDAD FSENS14
	DEX			
	STX	FSENS14		
	JMP	DECF5X		*SALE DE LA RUTINA
DECF55	LDX	FSENS15		*DECREMENTA FACTOR DE SENSIBILIDAD FSENS15
	DEX			
	STX	FSENS15		
	JMP	DECF5X		*SALE DE LA RUTINA
DECF56	LDX	FSENS16		*DECREMENTA FACTOR DE SENSIBILIDAD FSENS16
	DEX			
	STX	FSENS16		
	JMP	DECF5X		*SALE DE LA RUTINA

	* RUTINA QUE INCREMENTA FACTOR DE SENSIBILIDAD, ESTA RUTINA, *			
	* VERIFICA E INCREMENTA EL FACTOR DE SENSIBILIDAD SELECCIONADO, *			

INCF5EN	LDAA	SELECC		*PRIMERO SE IDENTIFICA AL VALOR DE SELECC
	CMPA	#803		*DEPENDIENDO DEL VALOR, SE PASA A MODIFICAR
	BEQ	INCF51		* EL FACTOR DE SENSIBILIDAD CORRESPONDIENTE
	CMPA	#803		* SELECC= VALOR A MODIFICAR:
	BEQ	INCF52	*	02.....FSENS11
	CMPA	#804	*	03.....FSENS13
	BEQ	INCF53	*	04.....FSENS14
	CMPA	#805	*	05.....FSENS15
	BEQ	INCF54	*	06.....FSENS16
	CMPA	#806		
	BEQ	INCF55		
	CMPA	#807		
INCF5X	BEQ	INCF56		
	RTS			
INCF51	LDX	FSENS11		*INCREMENTA FACTOR DE SENSIBILIDAD FSENS11
	DX			
	STX	FSENS11		
	JMP	INCF5X		*SALE DE LA RUTINA
INCF52	LDX	FSENS12		*INCREMENTA FACTOR DE SENSIBILIDAD FSENS12
	DX			
	STX	FSENS12		
	JMP	INCF5X		*SALE DE LA RUTINA
INCF53	LDX	FSENS13		*INCREMENTA FACTOR DE SENSIBILIDAD FSENS13
	DX			
	STX	FSENS13		
	JMP	INCF5X		*SALE DE LA RUTINA
INCF54	LDX	FSENS14		*INCREMENTA FACTOR DE SENSIBILIDAD FSENS14
	DX			
	STX	FSENS14		
	JMP	INCF5X		*SALE DE LA RUTINA

```

INCF5  LDXX  FSENS15  *INCREMENTA FACTOR DE SENSIBILIDAD FSENS15
      DXX
      STX  FSENS15
      JMP  INCF5X  *SALE DE LA RutINA

INCF6  LDXX  FSENS16  *INCREMENTA FACTOR DE SENSIBILIDAD FSENS16
      DXX
      STX  FSENS16
      JMP  INCF6X  *SALE DE LA RutINA
*****
* RutINA QUE INCREMENTA LOS WATTS ELECTRICOS DE ENTRADA PARA LA CALIBRACION *
* SE INCREMENTAN TANTO LOS VALORES USADOS PARA DESPLIEGUE, COMO EL VALOR DE *
* *POTX*, QUE SE USA PARA DETERMINAR LA POTENCIA ELECTRICA CALCULADA *
*****
INCWATT LDV   POTX      *CARGAMOS E INCREMENTAMOS EL VALOR DE POTX.
      DVI          *SE VERIFICA SI ES EL LIMITE SUPERIOR, 4000= 010H
      CPY          *SI ES MAYOR SE PASA A INICIALIZACION DE PARAMETROS
      BHE          INCPOT4
      STY          POTX
      INC          DPOT
      LDAA        #80A
      CMPA        BEQ
      BEQ          INCPOT1
      RTS

INCPOT1 LDAA   #80B
      STAA  DPOT
      INC  POT1
      LDAA  #80A
      CMPA BEQ
      BEQ  INCPOT2
      RTS

INCPOT2 LDAA   #80C
      STAA  DPOT
      INC  POT2
      LDAA  #80A
      CMPA BEQ
      BEQ  INCPOT3
      RTS

INCPOT3 LDAA   DPOT
      CMPA #801
      BHS  INCPOT4
      RTS

INCPOT4 LDAA   #800
      STAA  POTX
      STAA  POTX+801
      STAA  DPOT
      STAA  POT1
      STAA  POT2
      RTS
      *SALE DE RutINA

*****
* RutINA QUE DECREMENTA LOS WATTS ELECTRICOS DE ENTRADA PARA LA CALIBRACION *
* SE DECREMENTAN TANTO LOS VALORES USADOS PARA DESPLIEGUE, COMO EL VALOR DE *
* *POTX*, QUE SE USA PARA DETERMINAR LA POTENCIA ELECTRICA CALCULADA *
*****
DECWATT LDV   POTX      *CARGAMOS Y DECREMENTAMOS EL VALOR DE POTX.
      DVI          *SE VERIFICA SI ES EL LIMITE SUPERIOR, 4000= 010H
      CPY          *SI ES MAYOR SE PASA A INICIALIZACION DE PARAMETROS
      BHE          INCPOT4
      STY          POTX
      DEC          DPOT
      LDAA        #80A
      CMPA        BEQ
      BEQ          DECPOT1
      RTS

DECPOT1 LDAA   #809
      STAA  DPOT
      DEC  POT1
      LDAA  #80A
      CMPA #8FF
      BEQ  DECPOT2
      RTS

DECPOT2 LDAA   #809
      STAA  POT1
      DEC  POT2
      LDAA  #80A
      CMPA #8FF

```

```

      BEQ      DECPOT3
      RTS

DECPOT3  LDA#   #800
          STAA  DPOT
          STAA  POT1
          STAA  POT2
          STAA  POTX
          STAA  POTX*#801
          RTS

*****
*  RUTINA PARA DESPLIEGUE DE INDICADOR DE SELECCION  *
*  *C* PARA SEÑALIZACION DE PARAMETRO A MODIFICAR.  *
*****
INDICA   JSR      INDICAC
          LDA#   SELECX
          CMP#   #801
          BEQ    INDWATT
          CN#A   #802
          BEQ    INDICF51
          CN#A   #803
          BEQ    INDICF52
          CN#A   #804
          BEQ    INDICF53
          CN#A   #805
          BEQ    INDICF54
          CN#A   #806
          BEQ    INDICF55
          CN#A   #807
          BEQ    INDICF56

INDICF5X RTS

          *SALE DE RUTINA

INDWATT  LDD     #8104C
          JSR    DIRECC
          LDAB  #81C
          JSR    WRCARAC

          *MANDA DIRECCION DE INDICADOR EN WATTS ELECTRICOS
          *INSERTA INDICADOR A LA DERECHA DE WATTS ELECTRICOS
          *SALE DE RUTINA

INDICF51 LDD     #8103E
          JSR    DIRECC
          LDAB  #81C
          JSR    WRCARAC

          *MANDA DIRECCION DE INDICADOR EN FSENS11
          *INSERTA INDICADOR A LA DERECHA DE FSENS11
          *SALE DE RUTINA

INDICF52 LDD     #81066
          JSR    DIRECC
          LDAB  #81C
          JSR    WRCARAC

          *MANDA DIRECCION DE INDICADOR EN FSENS2
          *INSERTA INDICADOR A LA DERECHA DE FSENS2
          *SALE DE RUTINA

INDICF53 LDD     #8108E
          JSR    DIRECC
          LDAB  #81C
          JSR    WRCARAC

          *MANDA DIRECCION DE INDICADOR EN FSENS3
          *INSERTA INDICADOR A LA DERECHA DE FSENS3
          *SALE DE RUTINA

INDICF54 LDD     #810B6
          JSR    DIRECC
          LDAB  #81C
          JSR    WRCARAC

          *MANDA DIRECCION DE INDICADOR EN FSENS4
          *INSERTA INDICADOR A LA DERECHA DE FSENS4
          *SALE DE RUTINA

INDICF55 LDD     #810DE
          JSR    DIRECC
          LDAB  #81C
          JSR    WRCARAC

          *MANDA DIRECCION DE INDICADOR EN FSENS5
          *INSERTA INDICADOR A LA DERECHA DE FSENS5
          *SALE DE RUTINA

INDICF56 LDD     #81106
          JSR    DIRECC
          LDAB  #81C
          JSR    WRCARAC

          *MANDA DIRECCION DE INDICADOR EN FSENS16
          *INSERTA INDICADOR A LA DERECHA DE FSENS16
          *SALE DE RUTINA

```

 * RUTINA PARA INSERTAR BLANCOS EN LAS DIRECCIONES DE *
 * LOS INDICADORES, POSTERIORMENTE SE INSERTA EL *
 * INDICADOR EN EL LUGAR CORRESPONDIENTE *

 INDICAC

LDD	#S104C	*PARA LA INSERCIÓN DE BLANCOS, PRIMERAMENTE SE
ISR	DIRECC	*MANDA LA DIRECCIÓN DE DONDE VA EL INDICADOR,
LDAB	#S00	*Y POSTERIORMENTE SE MANDA UN CARÁCTER NULO "00"
ISR	WRCARAC	
LDD	#S103E	* DIRECCION: INDICADOR DE:
ISR	DIRECC	* 104C WATTS ELECTRICOS
LDAB	#S00	* 101C FSENS11
ISR	WRCARAC	* 1066 FSENS12
LDD	#S1066	* 108E FSENS13
ISR	DIRECC	* 1086 FSENS14
LDAB	#S00	* 10DE FSENS15
ISR	WRCARAC	* 1106 FSENS16
LDD	#S108E	
ISR	DIRECC	
LDAB	#S00	
ISR	WRCARAC	
LDD	#S1086	
ISR	DIRECC	
LDAB	#S00	
ISR	WRCARAC	
LDD	#S10DE	
ISR	DIRECC	
LDAB	#S00	
ISR	WRCARAC	
LDD	#S1106	
ISR	DIRECC	
LDAB	#S00	
ISR	WRCARAC	

 * RUTINA AUXILIAR PARA MANDAR DIRECCION DE ESCRITURA *
 * DE CARACTER BLANCO EN INDICADORES *

DIRECC

ISR	WRDATA	*ACUMULADOR D=AA88 DIRECCION SE MANDA
TAB	WRDATA	*BB Y AA
LDAB	#E24	*COMANDO 24H PARA ESCRITURA DE DIRECCION
ISR	WRCOMMAND	
RTS		*SALE DE RUTINA

 * RUTINA PARA DESPLIEGUE DE POTENCIA DE LOS SEIS *
 * CANALES *

DESCANAL

ISR	ADCWATTS	*RUTINA ADCWATTS, TOMA Y CALCULA POTENCIA DE ENTRADA
DESPOT	WRDATA	*SE MANDA DIRECCION DE DESPLIEGUE
TAB	WRDATA	
ISR	WRDATA	
LDAB	#E24	*COMANDO 24H PARA ESCRITURA DE DIRECCION
ISR	WRCOMMAND	
ISR	L123	*DESPLIEGA EL VALOR ENTERO DE LA POTENCIA
LDAB	#E0E	*PUNTO DECIMAL
ISR	WRCARAC	
LDAB	DEC1W	*DESPLIEGA DECIMAL DE LA POTENCIA
ADDB	#S10	*SUMA 10H, POR LA TABLA ASCCI DE LA PANTALLA
ISR	WRCARAC	
LDAB	DEC1W+#S01	*DESPLIEGA DECIMAL DE LA POTENCIA
ADDB	#S10	*SUMA 10H, POR LA TABLA ASCCI DE LA PANTALLA
ISR	WRCARAC	
RTS		

 * RUTINA DE DESPLIEGUE DE FACTORES DE SENSIBILIDAD *

DEFSENS1

LDX	#FSENS11	*LECTURA DE PRIMER FACTOR DE SENSIBILIDAD
LDY	#S1039	*DIRECCION DE DESPLIEGUE
ISR	SACAF5	*RUTINA DE PROCESO DE DESPLIEGUE DE VALOR EN HEXADECIMAL
LDX	#FSENS12	*LECTURA DE SEGUNDO FACTOR DE SENSIBILIDAD
LDY	#S1061	*DIRECCION DE DESPLIEGUE
ISR	SACAF5	*RUTINA DE PROCESO DE DESPLIEGUE DE VALOR EN HEXADECIMAL
LDX	#FSENS13	*LECTURA DE TERCER FACTOR DE SENSIBILIDAD
LDY	#S1089	*DIRECCION DE DESPLIEGUE

JSR	SACAF5	*RUTINA DE PROCESO DE DESPLIEGUE DE VALOR EN HEXADECIMAL
LDDX	#FSEN514	*LECTURA DE CUARTO FACTOR DE SENSIBILIDAD
LDY	#S1081	*DIRECCION DE DESPLIEGUE
JSR	SACAF5	*RUTINA DE PROCESO DE DESPLIEGUE DE VALOR EN HEXADECIMAL
LDDX	#FSEN513	*LECTURA DE QUINTO FACTOR DE SENSIBILIDAD
LDY	#S10D9	*DIRECCION DE DESPLIEGUE
JSR	SACAF5	*RUTINA DE PROCESO DE DESPLIEGUE DE VALOR EN HEXADECIMAL
LDDX	#FSEN516	*LECTURA DE SEXTO FACTOR DE SENSIBILIDAD
LDY	#S1101	*DIRECCION DE DESPLIEGUE
JSR	SACAF5	*RUTINA DE PROCESO DE DESPLIEGUE DE VALOR EN HEXADECIMAL
RTS		*SALE DE RUTINA

 * RUTINA DE DESPLIEGUE DE POTENCIAS ELECTRICA Y *
 * CALCULADA, COMO UTILIZA OTRA RUTINA DE DESPLIEGUE. *
 * SE PASAN A L1,L2,L3 LOS VALORES QUE SE DESEAN *
 * DESPLEGAR. *

POTELC

LDA	#S00	*TRANSFERENCIA DE PARAMETROS
STAA	L3	*L3=00,L2=DECIMA DE POTENCIA,L1=UNIDAD DE POTENCIA
LDA	POT2	*DECIM=DECIMAL DE POTENCIA.
STAA	L2	*DECIM=01-00
LDA	POT1	
STAA	L1	
LDA	DPOT	
STAA	DECIM	
LDA	#S00	
STAA	DECIM=#S01	
LDD	#S1096	

*RUTINA DE DESPLIEGUE DE DATOS
 *TRANSFERENCIA DE PARAMETROS AHORA DE LA POTENCIA
 *CALCULADA.

JSR	DESPOT
LDA	POTC3
STAA	L3
LDA	POTC2
STAA	L2
LDA	POTC1
STAA	L1
LDA	DPOTC
STAA	DECIM
LDA	DDPOTC
STAA	DECIM=#S01
LDD	#S1096
JSR	DESPOT
RTS	

 * RUTINA PARA EL CALCULO DE LA POTENCIA A LERER, EN *
 * A LA POTENCIA ELECTRICA SELECCIONADA ESTA RUTINA. *
 * HACE EL CALCULO DE LA POTENCIA EN BASE A LA RELA- *
 * CION $PC=1.025*PE$ *

CALCULO

PSHA	
PSNB	
LDA	POTX
LDA	#E29
MUL	
STAA	RES11+#S01
STAB	RES11
LDA	POTX+#S01
LDA	#E29
MUL	
ADDD	RES11
LDX	#S0190
IDIV	
STX	WATTS
STD	RES11
LDA	RES11
LDA	#S0A
MUL	
XG DY	
LDA	RES11+#S01
LDA	#S0A
MUL	
XG DY	
STAA	RES11+#S01
STAB	RES11
XG DY	
ADDD	RES11
LDX	#S0190
IDIV	

```

XGDX
STB DPOTC
XGDX
STD RES11
LDA A RES11
LDAB #00A
MUL
XGDV
LDA A RES11+#01
LDAB #00A
MUL
XGDV
STAA RES11+#01
STAB RES11
XGDV
ADDD RES11
LDX #00190
IDIV
XGDX
STB DDIPOTC
ISR HEKDEC
LDA A L3
STAA POTC3
LDA A L2
STAA POTC2
LDA A L1
STAA POTC1
PULB
PULA
RTS
    
```

```

*****
* RUTINA PARA CARGA CON FACTORES DE SENSIBILIDAD DE DEFAULT *
* SE DAN VALORES CORRESPONDIENTES SEGUN EL CALCULO DE LAS *
* ETAPAS AMPLIFICADORAS. *
* LA ULTIMA PARTE DE ESTA RUTINA, CORRESPONDE A LA RUTINA DE *
* LECTURA Y ALMACENAMIENTO DE LOS FACTORES DE SENSIBILIDAD *
* QUE ESTAN EN EEPROM, Y SE PASAN A RAM QUE ES DE DONDE SE *
* TOMAN DICHS VALORES PARA LOS CALCULOS CORRESPONDIENTES *
*****
    
```

AUTOSESSET

```

LDX #EFSENS11 *CARGA DIRECCION DE FSENS11 EN EEPROM
LDA A #00C *ESCRIBE VALOR MAS SIGNIFICATIVO
ISR EWRITE *RUTINA DE ESCRITURA EN EEPROM
INX *INCREMENTA DIRECCION
LDA A #00E *ESCRIBE VALOR MENOS SIGNIFICATIVO
ISR EWRITE *RUTINA DE ESCRITURA EN EEPROM

LDX #EFSENS12 *CARGA DIRECCION DE FSENS12 EN EEPROM
LDA A #006 *ESCRIBE VALOR MAS SIGNIFICATIVO
ISR EWRITE *RUTINA DE ESCRITURA EN EEPROM
INX *INCREMENTA DIRECCION
LDA A #016 *ESCRIBE VALOR MENOS SIGNIFICATIVO
ISR EWRITE *RUTINA DE ESCRITURA EN EEPROM

LDX #EFSENS13 *CARGA DIRECCION DE FSENS13 EN EEPROM
LDA A #004 *ESCRIBE VALOR MAS SIGNIFICATIVO
ISR EWRITE *RUTINA DE ESCRITURA EN EEPROM
INX *INCREMENTA DIRECCION
LDA A #01F *ESCRIBE VALOR MENOS SIGNIFICATIVO
ISR EWRITE *RUTINA DE ESCRITURA EN EEPROM

LDX #EFSENS14 *CARGA DIRECCION DE FSENS14 EN EEPROM
LDA A #003 *ESCRIBE VALOR MAS SIGNIFICATIVO
ISR EWRITE *RUTINA DE ESCRITURA EN EEPROM
INX *INCREMENTA DIRECCION
LDA A #078 *ESCRIBE VALOR MENOS SIGNIFICATIVO
ISR EWRITE *RUTINA DE ESCRITURA EN EEPROM

LDX #EFSENS15 *CARGA DIRECCION DE FSENS15 EN EEPROM
LDA A #002 *ESCRIBE VALOR MAS SIGNIFICATIVO
ISR EWRITE *RUTINA DE ESCRITURA EN EEPROM
INX *INCREMENTA DIRECCION
LDA A #0A1 *ESCRIBE VALOR MENOS SIGNIFICATIVO
ISR EWRITE *RUTINA DE ESCRITURA EN EEPROM

LDX #EFSENS16 *CARGA DIRECCION DE FSENS16 EN EEPROM
LDA A #001 *ESCRIBE VALOR MAS SIGNIFICATIVO
ISR EWRITE *RUTINA DE ESCRITURA EN EEPROM
INX *INCREMENTA DIRECCION
    
```

```

LDAA    #BFV          *ESCRIBE VALOR MENOS SIGNIFICATIVO
ISR     EWRITE        *RUTINA DE ESCRITURA EN EEPROM

AUTORES
LDX     #FSEN511
STX     FSEN511
LDX     #FSEN512
STX     FSEN512
LDX     #FSEN513
STX     FSEN513
LDX     #FSEN514
STX     FSEN514
LDX     #FSEN515
STX     FSEN515
LDX     #FSEN516
STX     FSEN516
RTS

*****
* RUTINA PARA ESCRITURA DEL VALOR DE "A" EN EEPROM, LA
* DIRECCION ESTA DADA POR EL REGISTRO X
*****
EWRITE
PSHB   LDAB    0X          *PRIMERO VERIFICAMOS QUE LA DIRECCION DE MEMORIA
CMPSB  #BFF          *CONTIENGA UN BFF
PULB
BEQ    EWRITE1          *SI ES BFF, PASA A ESCRITURA DE BYTE EN EEPROM
ISR    EBYTE          *SI NO ES BFF, PASA A BORRAR BYTE DE EEPROM
EWRITE1 ISR    EWRIT          *RUTINA QUE MANDA DATOS DE BYTE
RTS

*****
* RUTINA DE ESCRITURA DE UN BYTE EN EEPROM
*****
EWRIT
PSHB   LDAB    #B02          *MODIFICACION DEL REGISTRO DE PROGRAMACION DE EEPROM
STAB   #F02          *EELAT = 1, CONFIGURA EL BUS DE EEPROM PARA BORRAR O
STAA   0X          *PROGRAMAR UN NUEVO DATO
LDAB   #B03          *MANDA BYTE A PROGRAMAR
BRA    EEPROM          *PASA A DELAY DE PROGRAMACION

EEBYTE
PSHB   LDAB    #B16          *RESERVA VALOR DE ACUMULADOR B
STAB   #F00          *CONFIGURACION DE REGISTRO DE PROGRAMACION
LDAB   #F00          *BYTEM=1 PARA BORRAR SOLO UN BYTE DE EEPROM
STAB   0X          *ERASE=1 MODO DE BORRADO DE EEPROM
LDAB   #B17          *EELAT=1 CONFIGURA EL BUS DE EEPROM PARA BORRAR O

EEPROM
BNE    ACL1          *COMPARA B CON 00 SI NO ES IGUAL PASA ACL1
CLRB
STAB   #F00          *LIMPIA ACUMULADOR
PULB
PSHX
LDX    #B0D06          *RECUPERA VALOR DE REGISTRO DE INDICE X
*RECUPERA VALOR DE REGISTRO DE INDICE X
DLY10MS DEX          *INICIA DELAY DE 10ms APROXIMADAMENTE CON 2MHz
*DE CICLO DE TRABAJO PARA EL HC11
PULX
CLR    #F00          *CERRE DEL CICLO DE DELAY
RTS          *RECUPERA VALOR DE REGISTRO DE INDICE
*LIMPIA REGISTRO DE PROGRAMACION DE EEPROM

*****
* RUTINA QUE TRANSFIERE LOS VALORES MODIFICADOS DE
* LOS FACTORES DE SENSIBILIDAD, A LAS LOCALIDADES
* CORRESPONDIENTES DE EEPROM, CADA VALOR MODIFICADO
* ES LEIDO BYTE POR BYTE, Y SE ESCRIBE EN LA LOCAL
* DAD DE EEPROM CORRESPONDIENTE
*****
CALIBRAX
CALFS1
LDX     #FSEN511
LDAA   FSEN511          *CARGA EN X, DIRECCION DE EEPROM PARA FSEN511
ISR    EWRITE          *LECTURA DE BYTE MAS SIGNIFICATIVO DE FSEN511
*ESCRIBE BYTE EN EEPROM
INR    LDAA          *INCREMENTA DIRECCION DE EEPROM PARA FSEN511
LDAA   FSEN511+#B01    *LECTURA DE BYTE MENOS SIGNIFICATIVO DE FSEN511
ISR    EWRITE          *ESCRIBE BYTE EN EEPROM
LDX     #FSEN511
STX     FSEN511          *LECTURA DE DATO GUARDADO EN EEPROM
*ACTUALIZA FACTOR DE SENSIBILIDAD FSEN511

CALFS2
LDX     #FSEN512
LDAA   FSEN512          *CARGA EN X, DIRECCION DE EEPROM PARA FSEN512
ISR    EWRITE          *LECTURA DE BYTE MAS SIGNIFICATIVO DE FSEN512
*ESCRIBE BYTE EN EEPROM

```

	LDX		*INCREMENTA DIRECCION DE EPROM PARA FSENSI2
	LDAA	FSENSI2=#501	*LECTURA DE BYTE MENOS SIGNIFICATIVO DE FSENSI2
	ISR	EBWRITE	*ESCRIBE BYTE EN EPROM
	LDX	EFSENSI2	*LECTURA DE DATO GUARDADO EN EPROM
	STX	FSENSI1	*ACTUALIZA FACTOR DE SENSIBILIDAD FSENSI2
CALF53	LDX	#EFSENSI3	*CARGA EN X. DIRECCION DE EPROM PARA FSENSI3
	LDAA	FSENSI3	*LECTURA DE BYTE MAS SIGNIFICATIVO DE FSENSI3
	ISR	EBWRITE	*ESCRIBE BYTE EN EPROM
	LDX		*INCREMENTA DIRECCION DE EPROM PARA FSENSI3
	LDAA	FSENSI3=#501	*LECTURA DE BYTE MENOS SIGNIFICATIVO DE FSENSI3
	ISR	EBWRITE	*ESCRIBE BYTE EN EPROM
	LDX	EFSENSI3	*LECTURA DE DATO GUARDADO EN EPROM
	STX	FSENSI1	*ACTUALIZA FACTOR DE SENSIBILIDAD FSENSI3
CALF54	LDX	#EFSENSI4	*CARGA EN X. DIRECCION DE EPROM PARA FSENSI4
	LDAA	FSENSI4	*LECTURA DE BYTE MAS SIGNIFICATIVO DE FSENSI4
	ISR	EBWRITE	*ESCRIBE BYTE EN EPROM
	LDX		*INCREMENTA DIRECCION DE EPROM PARA FSENSI4
	LDAA	FSENSI4=#501	*LECTURA DE BYTE MENOS SIGNIFICATIVO DE FSENSI4
	ISR	EBWRITE	*ESCRIBE BYTE EN EPROM
	LDX	EFSENSI4	*LECTURA DE DATO GUARDADO EN EPROM
	STX	FSENSI1	*ACTUALIZA FACTOR DE SENSIBILIDAD FSENSI4
CALF55	LDX	#EFSENSI5	*CARGA EN X. DIRECCION DE EPROM PARA FSENSI5
	LDAA	FSENSI5	*LECTURA DE BYTE MAS SIGNIFICATIVO DE FSENSI5
	ISR	EBWRITE	*ESCRIBE BYTE EN EPROM
	LDX		*INCREMENTA DIRECCION DE EPROM PARA FSENSI5
	LDAA	FSENSI5=#501	*LECTURA DE BYTE MENOS SIGNIFICATIVO DE FSENSI5
	ISR	EBWRITE	*ESCRIBE BYTE EN EPROM
	LDX	EFSENSI5	*LECTURA DE DATO GUARDADO EN EPROM
	STX	FSENSI1	*ACTUALIZA FACTOR DE SENSIBILIDAD FSENSI5
CALF56	LDX	#EFSENSI6	*CARGA EN X. DIRECCION DE EPROM PARA FSENSI6
	LDAA	FSENSI6	*LECTURA DE BYTE MAS SIGNIFICATIVO DE FSENSI6
	ISR	EBWRITE	*ESCRIBE BYTE EN EPROM
	LDX		*INCREMENTA DIRECCION DE EPROM PARA FSENSI6
	LDAA	FSENSI6=#501	*LECTURA DE BYTE MENOS SIGNIFICATIVO DE FSENSI6
	ISR	EBWRITE	*ESCRIBE BYTE EN EPROM
	LDX	EFSENSI6	*LECTURA DE DATO GUARDADO EN EPROM
	STX	FSENSI1	*ACTUALIZA FACTOR DE SENSIBILIDAD FSENSI6
CALFSX	RTS		

	* RUTINA PARA DESPLIEGUE DE NUEVOS FACTORES DE SENSI *		
	* BILIDAD QUE SE OBTIENEN AL REALIZAR LA CALIBRACION *		

FSENSIX	LDX	#EFSENSI1	*CARGA EN X VALOR DE FSENSI1 GUARDADO EN EPROM
	LDY	#10B5	*CARGA EN Y LA DIRECCION PARA EL DESPLIEGUE DE FSENSI1
	ISR	SACAF5	*RUTINA QUE DESPLIEGA VALOR EN HEX DE FSENSI1
	LDX	#EFSENSI2	*CARGA EN X VALOR DE FSENSI2 GUARDADO EN EPROM
	LDY	#10B7	*CARGA EN Y LA DIRECCION PARA EL DESPLIEGUE DE FSENSI2
	ISR	SACAF5	*RUTINA QUE DESPLIEGA VALOR EN HEX DE FSENSI2
	LDX	#EFSENSI3	*CARGA EN X VALOR DE FSENSI3 GUARDADO EN EPROM
	LDY	#10AD	*CARGA EN Y LA DIRECCION PARA EL DESPLIEGUE DE FSENSI3
	ISR	SACAF5	*RUTINA QUE DESPLIEGA VALOR EN HEX DE FSENSI3
	LDX	#EFSENSI4	*CARGA EN X VALOR DE FSENSI4 GUARDADO EN EPROM
	LDY	#10BF	*CARGA EN Y LA DIRECCION PARA EL DESPLIEGUE DE FSENSI4
	ISR	SACAF5	*RUTINA QUE DESPLIEGA VALOR EN HEX DE FSENSI4
	LDX	#EFSENSI5	*CARGA EN X VALOR DE FSENSI5 GUARDADO EN EPROM
	LDY	#10D5	*CARGA EN Y LA DIRECCION PARA EL DESPLIEGUE DE FSENSI5
	ISR	SACAF5	*RUTINA QUE DESPLIEGA VALOR EN HEX DE FSENSI5
	LDX	#EFSENSI6	*CARGA EN X VALOR DE FSENSI6 GUARDADO EN EPROM
	LDY	#10E7	*CARGA EN Y LA DIRECCION PARA EL DESPLIEGUE DE FSENSI6
	ISR	SACAF5	*RUTINA QUE DESPLIEGA VALOR EN HEX DE FSENSI6
	RTS		

	* RUTINA QUE DESPLIEGA VALORES EN HEXADIGITOMOS DEL D DATO *		
	* CONTENIDO EN LA DIRECCION QUE INDICA EL REGISTRO DE *		
	* INDICE X, LA DIRECCION DE DESPLIEGUE ESTA EN EL RE. *		
	* GISTRO DE INDICE Y. *		
	* ES DECIR SI POR EJEMPLO SI: X=X101F, Y=1000, A PARTIR *		
	* DE LA DIRECCION 1000 DE LA PANTALLA, SE DESPLIEGAN *		
	* LOS CARACTERES "1", "0", "3", "7". *		

SACAFS

```

XG0DY          *INTERCAMBIA VALOR DE Y CON D
ISR           WRDATA          *MANDA DIRECCION DE DESPLIEGUE
TAB
ISR           WRDATA          *COMANDO 34H, PARA ESCRITURA DE DIRECCION
LDAB         #B24
ISR           WRCOMMAND
LDAA         0X              *LEE LOS BYTES MAS SIGNIFICATIVOS DEL DATO A DESPLEGAR
ISR           OUTLH          *DESPLIEGA BYTE IZQUIERDO DEL DATO
LDAA         0X              *LEE LOS BYTES MAS SIGNIFICATIVOS DEL DATO A DESPLEGAR
ISR           OUTRH          *DESPLIEGA BYTE DERECHO DEL DATO
INX
LDAA         0X              *LEE LOS BYTES MAS SIGNIFICATIVOS DEL DATO A DESPLEGAR
ISR           OUTLH          *DESPLIEGA BYTE IZQUIERDO DEL DATO
LDAA         0X              *LEE LOS BYTES MAS SIGNIFICATIVOS DEL DATO A DESPLEGAR
ISR           OUTRH          *DESPLIEGA BYTE DERECHO DEL DATO
RTS
    
```

- * RUTINA QUE DESPLIEGA VALORES EN HEXADECIMAL DEL DATO *
- * CONTENIDO EN LA DIRECCION QUE INDICA EL REGISTRO DE *
- * INDICE X, LA DIRECCION DE DESPLIEGUE ESTA EN EL RE- *
- * GIBTRO DE INDICE Y. *
- * ES DECIR SI POR EJEMPLO SLE(X)=F, Y=1000, A PARTIR *
- * DE LA DIRECCION 1000 DE LA PANTALLA, SE DEPLIEGAN *
- * LOS CARACTERES "1".*

SACAADC

```

XG0DY          *INTERCAMBIA VALOR DE Y CON D
ISR           WRDATA          *MANDA DIRECCION DE DESPLIEGUE
TAB
ISR           WRDATA          *COMANDO 34H, PARA ESCRITURA DE DIRECCION
LDAB         #B24
ISR           WRCOMMAND
LDAA         0X              *LEE LOS BYTES MAS SIGNIFICATIVOS DEL DATO A DESPLEGAR
ISR           OUTLH          *DESPLIEGA BYTE IZQUIERDO DEL DATO
LDAA         0X              *LEE LOS BYTES MENOS SIGNIFICATIVOS DEL DATO A DESPLEGAR
ISR           OUTRH          *DESPLIEGA BYTE DERECHO DEL DATO
RTS
    
```

- * RUTINA DE INICIALIZACION DE VALORES DE REFERENCIA *
- * PARA CEROS DE CADA CANAL DEL CONVERTIDOR, AQUÍ SE *
- * LEEN LOS VALORES DE REFERENCIA DE CEROS, QUE DE *
- * MODIFICARON PARA EL AJUSTE DE CER0, Y SON ALMACENA- *
- * DOS EN LA DIRECCION CORRESPONDIENTE EN EEPROM. *
- * LA ÚLTIMA PARTE, CORRESPONDE A LA RUTINA CER0RES, *
- * QUE LEE LOS VALORES DE REFERENCIA DE LA EEPROM, Y *
- * LOS ALMACENA EN SU DIRECCION CORRESPONDIENTE DE *
- * RAM, PARA LOS CÁLCULOS DE LAS LECTURAS *

CEROAUJ

```

LDX          #CER01          *CARGA EN X DIRECCION EN EEPROM PARA CER01
LDAA         CER01          *CARGA EN A VALOR DE REFERENCIA PARA CER01
ISR          SEWRITE         *ESCRIBE BYTE EN EEPROM
LDX          #CER02          *CARGA EN X DIRECCION EN EEPROM PARA CER02
LDAA         CER02          *CARGA EN A VALOR DE REFERENCIA PARA CER02
ISR          SEWRITE         *ESCRIBE BYTE EN EEPROM
LDX          #CER03          *CARGA EN X DIRECCION EN EEPROM PARA CER03
LDAA         CER03          *CARGA EN A VALOR DE REFERENCIA PARA CER03
ISR          SEWRITE         *ESCRIBE BYTE EN EEPROM
LDX          #CER04          *CARGA EN X DIRECCION EN EEPROM PARA CER04
LDAA         CER04          *CARGA EN A VALOR DE REFERENCIA PARA CER04
ISR          SEWRITE         *ESCRIBE BYTE EN EEPROM
LDX          #CER05          *CARGA EN X DIRECCION EN EEPROM PARA CER05
LDAA         CER05          *CARGA EN A VALOR DE REFERENCIA PARA CER05
ISR          SEWRITE         *ESCRIBE BYTE EN EEPROM
LDX          #CER06          *CARGA EN X DIRECCION EN EEPROM PARA CER06
LDAA         CER06          *CARGA EN A VALOR DE REFERENCIA PARA CER06
ISR          SEWRITE         *ESCRIBE BYTE EN EEPROM
    
```

CER0RES

```

LDAA         CER01          *LECTURA Y ACTUALIZACION DE VALORES DE REFERENCIA
STAA         CER01          *PARA CEROS.
LDAA         CER02
STAA         CER02
LDAA         CER03
STAA         CER03
LDAA         CER04
STAA         CER04
    
```

```

LDA#  ECERO5
STAA#  CER05
LDA#  ECERO6
STAA#  CER06
RTS

*****
* RUTINA QUE LIMPIA LOS VALORES DE REFERENCIA PARA *
* CEROS, LO QUE HACE ES QUE ALMACENA '00' EN CADA *
* LOCALIDAD DE CADA REFERENCIA, SIRVE PARA AL MOMENTO *
* DE ESTAR ATUANDO EL CER0, SABER QUE TANTO VARIAN *
* CADA UNO DE LOS CANALES.
*****
CER02
LDA#  #000          *CARGA VALOR NULO 00H
LDX#  #ECERO1      *SE ESCRIBE NULO EN CADA UNA DE LAS LOCALIDADES
ISR#  #EWRITE     *CORRESPONDIENTES PARA ECERO1—ECER06
LDX#  #ECERO2
ISR#  #EWRITE
LDX#  #ECERO3
ISR#  #EWRITE
LDX#  #ECERO4
ISR#  #EWRITE
LDX#  #ECERO5
ISR#  #EWRITE
LDX#  #ECERO6
ISR#  #EWRITE
RTS

*****
* RUTINA QUE DESPLIEGA LOS VALORES DE REFERENCIA QUE *
* SE ENCUENTRAN EN EPROM, PARA EL DESPLIEGUE SE *
* INDICA LA DIRECCION DE DESPLIEGUE POR MEDIO DEL *
* REGISTRO DE INDICE Y, Y EL DATO A DESPLIEGAR ESTA *
* EN LA DIRECCION QUE INDICA EL REGISTRO DE INDICE X *
*****
SENERE
LDY#  #51036      *DIRECCION DE DESPLIEGUE PARA ECERO1
LDX#  #ECERO1     *X APUNTA A VALOR DE REFERENCIA ECERO1
ISR#  #SACAADC    *RUTINA QUE DESPLIEGA VALOR EN HEXADECIMAL
LDY#  #5103E      *DIRECCION DE DESPLIEGUE PARA ECERO2
LDX#  #ECERO2     *X APUNTA A VALOR DE REFERENCIA ECERO2
ISR#  #SACAADC    *RUTINA QUE DESPLIEGA VALOR EN HEXADECIMAL
LDY#  #51086      *DIRECCION DE DESPLIEGUE PARA ECERO3
LDX#  #ECERO3     *X APUNTA A VALOR DE REFERENCIA ECERO3
ISR#  #SACAADC    *RUTINA QUE DESPLIEGA VALOR EN HEXADECIMAL
LDY#  #510AE      *DIRECCION DE DESPLIEGUE PARA ECERO4
LDX#  #ECERO4     *X APUNTA A VALOR DE REFERENCIA ECERO4
ISR#  #SACAADC    *RUTINA QUE DESPLIEGA VALOR EN HEXADECIMAL
LDY#  #510D6      *DIRECCION DE DESPLIEGUE PARA ECERO5
LDX#  #ECERO5     *X APUNTA A VALOR DE REFERENCIA ECERO5
ISR#  #SACAADC    *RUTINA QUE DESPLIEGA VALOR EN HEXADECIMAL
LDY#  #510FE      *DIRECCION DE DESPLIEGUE PARA ECERO6
LDX#  #ECERO6     *X APUNTA A VALOR DE REFERENCIA ECERO6
ISR#  #SACAADC    *RUTINA QUE DESPLIEGA VALOR EN HEXADECIMAL
RTS

*****
* RUTINA VECNIC, INICIALIZACION Y COMPROBACION DE LOS VECTORES * DE LA TABLA*
*****
VECNIC
LDX#  #500C4
LDY#  #STOPIT
LDD#  #57E03

VECLEOP
CMP#  0X          *
BEQ#  VECNEXT    *
STAA#  0X
STY#  1X

VECNEXT
AD#  #01080
CP#  VECLEOP
BNE#  VECLEOP
RTS

STOPIT
LDA#  #550
TAP#  STOPIT
STOP
IMP#  END
END

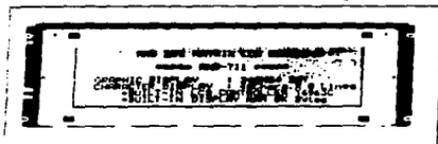
```

APÉNDICE B

HOJA DE

CARACTERÍSTICAS DE LA

PANTALLA **AND711AST**



AND711AST-30/EO

240 x 64 Dots

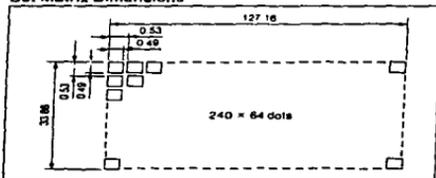
Intelligent Graphic Displays

The AND711AST-30(EO) is a full dot matrix LCD module including an LCD controller and display RAM. This device can display graphic patterns and symbols and is suitable for a message display for various instruments such as business machine terminals.

Features

- Super twist
- 40 character x 8 line capability
- Excellent readability and high contrast ratio
- 8-bit parallel bus for read/write data by CPU interface
- Built-in LCD controller and display RAM (8k byte)
- Character mode, graphic mode, and character and graphic combination mode
- Various attribute functions
- Built-in 128-word character generator ROM
- Wide operating temperatures range (0°C to +50°C)
- Built-in temperature compensation circuit
- Compact and easily mounted on any equipment
- User-selectable font—6 x 8 or 8 x 8
- Available with EL backlighting attached (-EO option) or fiber optic backlighting

Dot Matrix Dimensions



Mechanical Characteristics

Item	Specification	Unit
Outline Dimensions	180 (W) x 65 (H) x 12 (D)	mm
Number of Dots	240 (W) x 64 (H)	
# of Characters	40 x 8 (320) Characters 6 x 8 dot format, alpha-numeric	
Viewing Area	132 (W) x 39 (H)	mm
Bezel Opening	132 (W) x 39 (H)	mm

Mechanical Characteristics (Continued)

Item	Specification	Unit
Dot Size	0.49 (W) x 0.49 (H)	mm
Dot Pitch	0.53 (W) x 0.53 (H)	mm
Weight (approx.)	120/150 (ST/EO)	gram

Absolute Maximum Ratings

Item	Symbol	Rating	Unit
Supply Voltage	V _{DD}	7.0	V
	V _{EE}	-15	
EL Drive Voltage (f _{EL} = 500 Hz)	V _{EL}	130	V _{rms}
Input Voltage	V _{IN}	-3 sV _{IN} ≤ +3	V
Operating Temperature	T _{OP}	0 to +50	°C
Storage Temperature	T _{STG}	-20 to +70	°C
EL Driving Freq. (EO)	f _{EL}	1	kHz

Electrical Characteristics (TA = 25°C)

Item	Symbol	Min.	Typ.	Max.	Unit
Supply Voltage	V _{DD}	4.75	5.0	5.25	V
	V _{EE}	-5.75	-8.5	-11.5	
High Level Input Voltage (V _{DD} = 5.0V)	V _{IN}	2.8	-	5	V
Low Level Input Voltage (V _{DD} = 5.0V)	V _{IL}	-	-	0.8	
High Level Output Volt. (V _{DD} = 5.0V)	V _{OH}	V _{DD} - 0.3	-	-	V
Low Level Output Volt (V _{DD} = 5.0V)	V _{OL}	-	-	0.3	V


Electrical Characteristics (TA = 25°C) (Continued)

Item	Symbol	Min.	Typ.	Max.	Unit
Power Consumption ⁽¹⁾	I _{DD}	--	--	13.0	mA
	I _{EE}	--	--	2.0	
	I _{EL}	--	--	21	
				(2)	

1. All dots on. (V_{DD} = .5V, V_{EE} = -8.5V, V_{EL} = 110, I_{EL} = 500 Hz or at Typ.)
 2. mA rms

Optical Characteristics (TA = 25°C, α = 0°, θ = 0°)

Item	Symbol	Min.	Typ.	Max.	Unit
Viewing Angle	φ	- 15	0	40	degree
Contrast	K	2.5	4.8	-	-
Turn On	T _{ON}	-	200	350	ms
Turn Off	T _{OFF}	-	250	300	ms

Note: Refer to Applications Section for definitions of viewing angle, contrast ratio, response time (on and off) and luminance.

Connector Pin Assignment

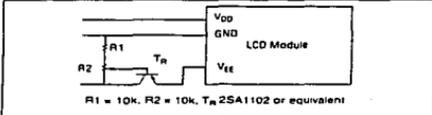
Pin No.	Signal	Function
1	FGND	Frame Ground (connected to metal bezel)
2	GND	Ground (signal)
3	V _{DD}	Power Supply for logic (5V)
4	V	Power Supply for LCD Drive (-8.5 ±3V)
5	WR	Data Write
6	RD	Data Read
7	CE	Chip Enable
8	C/D	WR = "L", C/D = "H": Command Write WR = "L", C/D = "L": Data Write RD = "L", C/D = "H": Status Read RD = "L", C/D = "L": Data Read
9	NC	No connection
10	RESET	Controller Reset (Active Pullup Required)
11	DO	Data Input/Output
12	D1	Data Input/Output
13	D2	Data Input/Output
14	D3	Data Input/Output
15	D4	Data Input/Output
16	D5	Data Input/Output
17	D6	Data Input/Output
18	D7	Data Input/Output
19	FS	Font select. Open or connect to V _{DD} . 6 × 8 dot Connect to ground. 8 × 8 dot
20	NC	No connection

Power Supply

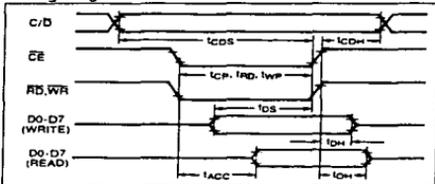
The LCD panel is driven by the voltage V_{DD}-V_{EE}, so an adjustable V_{EE} is required for contrast control and temperature compensation.

Temperature Variations

Temperature	V _{DD} -V _{EE}	V _{DD} -V _{EE} (EO option)
0°C	14.6	14.1
+25°C	13.5	13.0
+50°C	11.6	11.1

Example of Variable Negative Voltage Supply

Timing Relationships and Diagram
Signal Timing Relationships

Item	Symbol	Min.	Max.	Unit
C/D Set Up Time	t _{CDs}	100	--	
C/D Hold Time	t _{CDH}	10	--	
CE, RS, WR Pulse Width	t _{CE, RD, WR}	80	--	ns
Data Set Up Time	t _{DS}	80	--	
Data Hold Time	t _{DH}	40	--	
Access Time	t _{ACC}	--	150	
Output Hold Time	t _{OH}	10	50	

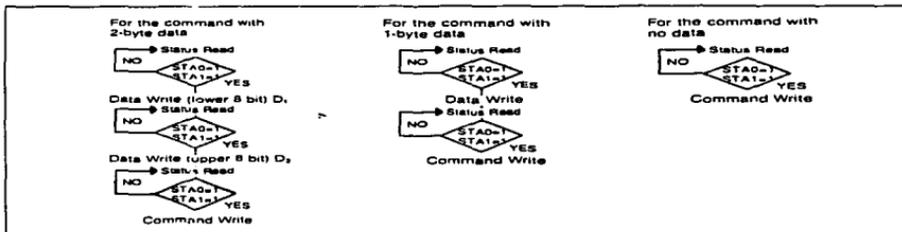
Timing Diagram




Intelligent Graphics Displays

Data Transmission Method

The T6963C communicates asynchronously. The following procedure is required for proper operation.



Status Check

Status of controller LSI can be read from 8-bit data line (D0 to D7) by setting C/D = "H", RD = "L".

Status Register

STA7	STA6	STA5	STA4	STA3	STA2	STA1	STA0
MSB				LSB			

Status should be checked prior to operation, except STA5, which should be checked after the reset command. The following table lists operations and required status bits.

Status Checks

Operation	Status Bit	Explanation	(Disable-Wait/Enable-Proceed)
Data Read/Write Commands	STA0 (Busy 1)	Check capability of instruction execution	STA0 = 0: Disable 1: Enable
	STA1 (Busy 2)	Check capability of data read or data write	STA1 = 0: Disable 1: Enable
Auto Read Mode	STA2 (DAV)	Check capability of data read (only effective in auto mode)	STA3 = 0: Disable 1: Enable
Auto Write Mode	STA3 (RDV)	Check capability of data write (only effective in auto mode)	STA3 = 0: Disable 1: Enable
N/A	STA4	N/A	N/A
Ready	STA5 (CLR)	Check possibility of controller operation	STA5 = 0: Disable 1: Enable
Screen Peek Screen Copy	STA6 (Error)	Address pointer is out of graphic area on screen peaking and screen copy command	STA6 = 1: Out of Graphic Area
Blink Condition	STA7 (Blink)	Check the condition of blink	STA7 = 0: Display off 1: Normal Display on



Application Notes Intelligent Graphics Displays

Command List

Command	Command Code										Description	Execution Time (Maximum)
	C/D	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	N ₀		
Mode Set	1	1	0	0	0	CG	N ₂	N ₁	N ₀		CG = 0 CG ROM/RAM Mode CG = 1 CG RAM Mode N ₂ N ₁ N ₀ (Graphic and Text) 0 0 0 "OR" 0 0 1 "EXOR" 0 1 1 "AND" 1 0 0 Attribute Capability (Text Only)	32 x 1/fosc
Control Word Set	1	0	1	0	0	0	0	N ₁	N ₀	N ₁ N ₀ 0 0 Text home address set 0 1 Text area set 1 0 Graphic home address set 1 1 Graphic area set	Status Check	
Display Mode Set	1	1	0	0	1	N ₃	N ₂	N ₁	N ₀	N ₃ = 0: Graphic display off. 1: Graphic display on N ₂ = 0: Text display off. 1: Text display on N ₁ = 0: Cursor display off. 1: Cursor display on N ₀ = 0: Cursor blink off. 1: Cursor blink on	32 x 1/fosc	
Cursor Pattern Select	1	1	0	1	0	0	N ₂	N ₁	N ₀	N ₂ N ₁ N ₀ specify the number of cursor lines (EX) N ₂ N ₁ N ₀ 0 0 0 1 line cursor (bottom line) 1 1 1 8 line cursor (8x8 dot cursor)	32 x 1/fosc	
Pointer Set	1	0	0	1	0	0	N ₂	N ₁	N ₀	N ₂ N ₁ N ₀ 0 0 1 Cursor pointer set 0 1 0 Offset register set 1 0 0 Address pointer set	Status Check	
Data Auto Read/Write	1	1	0	1	1	0	0	N ₁	N ₀	N ₁ N ₀ 0 0 Data auto write set 0 1 Data auto read set 1 Auto reset After this command, continuous data can be written or read. The address pointer automatically increments.	32 x 1/fosc	
Data Read/Write	1	1	1	0	0	0	N ₂	N ₁	N ₀	Data read/write command for one byte N ₂ = 0: Address pointer up-down. 1: unchanged N ₁ = 0: Address pointer increment. 1: decrement N ₀ = 0: Data write. 1: Data read	32 x 1/fosc	
Screen Peek	1	1	1	1	0	0	0	0	0	Read displayed data	Status Check	
Screen Copy	1	1	1	1	0	1	0	0	0	One line of display data pointed at by the address pointer is copied into the graphic RAM area.	Status Check	
Bit Set/Reset	1	1	1	1	1	N ₃	N ₂	N ₁	N ₀	Set/reset command for a bit in the pointed address by address pointer. N ₃ = 0: Bit reset. 1: Bit set. N ₂ N ₁ N ₀ indicates the bit in the pointed address (000 is LSB, and 111 is MSB).	Status Check	

Notes

- "Status check" should be inserted between all command and data information.
- Written data is displayed on the LCD only after the "Display Mode Set" command has been given.
- The Display RAM is not automatically cleared upon power up.
- fosc = 4.55 ± .5 MHz for AND 1013, 1391, 1781
fosc = 2.30 ± .5 MHz for AND 711, 1021
fosc = 5.76 ± .5 MHz for AND 1301, 1741
(For reference purposes only)



Application Notes Intelligent Graphics Displays

Initialization

Command	C/D	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	Note
Power On	Power On									
Hard Reset (use reset terminal)	RESET = "L" (1msec minimum after VDD \geq 4.75V)									
Mode Set	1	1	0	0	0	0	0	0	0	
Control Word Set										
Text Home Position Set (text home position 1000H)	0 0 1	0 0 0	0 0 1	0 0 0	0 0 0	0 1 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	Text Home Address Command
Number of Text Area Set (text 40 characters-0028H)	0 0 1	0 0 0	0 0 1	0 0 0	1 0 0	0 0 0	1 0 0	0 0 0	0 0 1	Number of Area Command
Graphic Home Position Set (graphic home position 0000H)	0 0 1	0 0 0	0 0 1	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 1	0 0 0	Graphic Home Command
Number of Graphic Area Set (graphic 40x6 dots-0028H)	0 0 1	0 0 0	0 0 1	0 0 0	1 0 0	0 0 0	1 0 0	0 0 0	0 0 1	Number of Area Command
(Initialize End)										



Application Notes Intelligent Graphics Displays

Data Write Examples

	C/D	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	Note
1	Text Data									
	Address Pointer Set (Text Home Address)	0	0	0	0	1	0	0	0	Data LSB
		0	0	0	0	0	0	0	0	Data MSB
		1	0	0	1	0	1	0	0	Command
	Data Write "A"	0	0	0	1	0	0	0	0	Data
		1	1	1	0	0	0	0	0	Command
	"N"	0	0	0	1	0	0	0	0	Data
		1	1	1	0	0	1	1	0	Command
	"D"	0	0	0	1	0	0	0	0	Data
		1	1	1	0	0	1	0	0	Command
	Display Mode Set (Text On)	1	1	0	0	1	0	1	0	Command
2	Graphic Data									
	Address Pointer Set (Graphic Home Address)	0	0	0	0	0	0	0	0	Data LSBs
		0	0	0	0	0	0	0	0	Data MSBs
		1	0	0	1	0	0	1	0	Command
	Data Write (Every Other Pixel)	0	0	1	0	0	0	0	0	Data
		1	1	1	0	1	0	1	0	Command
	Data Write (Every Other Pixel)	0	0	1	0	1	0	0	0	Data
		1	1	1	0	0	0	0	0	Command
	Data Write (Every Other Pixel)	0	0	1	0	1	0	1	0	Data
		1	1	1	0	0	0	0	0	Command
	Data Write (Every Other Pixel)	0	0	1	0	1	0	1	0	Data
		1	1	1	0	0	0	0	0	Command
	Display Mode Set (Graphics On)	1	1	0	0	1	1	0	0	Command
3	Auto Mode Write									
	Address Pointer Set (Text Home Address)	0	0	0	0	0	0	0	0	Data LSB
		0	0	0	0	1	0	0	0	Data MSB
		1	0	0	1	0	0	1	0	Command
	Enter Auto Mode	1	1	0	1	0	0	0	0	Command
	"A"	0	0	0	1	0	0	0	0	Data
	"N"	0	0	0	1	0	0	0	1	Data
	"D"	0	0	0	1	0	1	1	0	Data
		0	0	0	1	0	0	1	0	Data
	Exit Auto Mode	1	1	0	1	0	0	1	0	Command
	Address Pointer Set (Graphic Home Address)	0	0	0	0	0	0	0	0	Data LSB
		0	0	0	0	0	0	0	0	Data MSB
		1	0	0	1	0	0	1	0	Command
	Enter Auto Mode	1	1	0	1	0	0	0	0	Command
	Graphic Data	0	0	1	0	1	0	1	0	Data
	(Every Other Pixel)	0	0	1	0	1	0	1	0	Data
		0	0	1	0	1	0	1	0	Data
	Exit Auto Mode	1	1	0	1	0	0	1	0	Command
	Display Mode Set (Text On -Graphics Off)	1	1	0	0	1	0	1	0	Command
	Display Mode Set (Graphics On -Text Off)	1	1	0	0	1	1	0	0	Command
	Display Mode Set (Text On -Graphics On)	1	1	0	0	1	1	1	0	Command

Note: In Auto Write Mode, check status bit 3. for all other operations check STA0 and STA1.

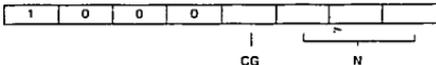


T6963C Instruction Set

The following pages describe how to use the T6963 instruction set.

Mode Set

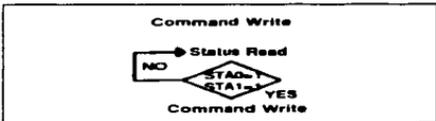
The MODE SET instruction determines how the data in the GRAPHIC and TEXT memories will be displayed. Note that when using the ATTRIBUTE mode, 84H, the data in the GRAPHIC MEMORY is interpreted as ATTRIBUTE information and controls the presentation of the TEXT characters (see ATTRIBUTE FUNCTION). For most applications MODE SET = 80H.



Note: Gr = Graphics
TX = Text
CG = Character Generator

N	Mode
000	Gr and TX are logically "ored"
001	Gr and TX are logically "ex-ored"
011	Gr and TX are logically "anded"
100	TX attribute

CG	Type of Character Generator
0	Internal CG (ROM & RAM)
1	External CG (RAM only)



Modes of Operation

The most common mode of operation occurs when TEXT and GRAPHIC information are logically combined on the screen. In this mode the ATTRIBUTE FUNCTION is not available. The DISPLAY MODE SET command controls the display of both the TEXT and GRAPHIC memories.

A second choice is the ATTRIBUTE FUNCTION mode. In this mode the information held in the GRAPHIC MEMORY is interpreted as ATTRIBUTE data and enables the TEXT MEMORY to generate special characters such as inverse and blinking. To preserve the data in the GRAPHIC MEMORY you should reassign the GRAPHIC HOME

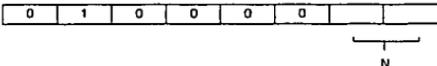
POSITION to the ATTRIBUTE RAM AREA using the CONTROL WORD SET command, 42H. Note that no Graphic data can be displayed.

The CG bit controls how the two Character Generators are configured.

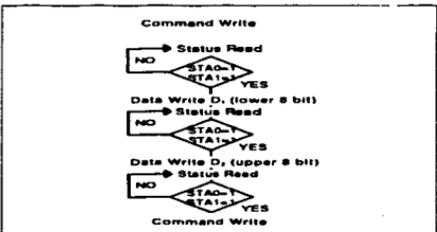
CG BIT = 0 Both Internal and External CG are available with 128 characters each.
CG BIT = 1 The Internal CG is not available. The External CG can hold up to 256 characters.

Control Word Set

This set of instructions initializes the TEXT and GRAPHIC MEMORY locations.



	N	Mode	D ₁	D ₀
A	00	Text Home Address	A low	A high
B	01	Text Area Set	column	00H
C	10	Graph. Home Address	A low	A high
D	11	Graphic Area Set	column	00H





Application Notes Intelligent Graphics Displays

- A. **TEXT HOME ADDRESS: 40H**-This command sets the address in RAM of the first character in the TEXT MEMORY.
- B. **TEXT AREA SET: 41H**-The TEXT AREA command defines the number of characters in one row of the TEXT display.
- C. **GRAPHIC HOME ADDRESS: 42H**-This command sets the Home or First address in the GRAPHIC MEMORY. When using the attribute function, the GRAPHIC HOME ADDRESS must be reassigned to the starting address of the ATTRIBUTE RAM AREA.
- D. **GRAPHIC AREA SET:** The GRAPHIC AREA SET command defines the number of GRAPHIC Words in one GRAPHIC Row. The GRAPHIC AREA is equal to the TEXT AREA.

TH = TEXT HOME

TA = TEXT AREA

CH = DISPLAY CHARACTER COLUMNS (Hardware Set)

GH = GRAPHIC HOME

GA = GRAPHIC AREA

Text Display

TH	TH +	TH + CH
TH + TA	*	TH + TA + CH
(TH + TA) + TA	*	TH + 2TA + CH
(TH + 2TA) + TA	*	TH + 3TA + CH
TH + (n-1)TA	*	TH + (n-1)TA + CH
TH + nTA	*	TH + nTA + CH

Example:

AND1021 120 x 64 Pixels

8 x 8 Character Font

15 Characters x 8 Lines

TEXT HOME = TH = 1000H

TEXT AREA = TA = 15 Characters 000FH

Graphic Display

GH	GH +	GH + CH
GH + GA	*	GH + GA + CH
(GH + GA) + GA	*	GH + 2GA + CH
(GH + 2GA) + GA	*	GH + 3GA + CH
*	*	*
GH + (n-1)GA	*	GH + (n-1)GA + CH
GH + nGA	*	GH + nGA + CH

Example:

AND1021 120 x 64 Pixels

8 x 8 Character Font

15 Characters x 8 Lines

GRAPHIC HOME = GH = 1000H

GRAPHIC AREA = GA = 000FH

Display Mode Set

This command controls the display of the TEXT and GRAPHIC Displays as well as the CURSOR. To turn both the TEXT and Graphic Displays ON, bit A and B would be HIGH. For a TEXT Display, only bit B would be HIGH.

1	0	0	1	A	B	C	D
A	1/0			Graphic ON/OFF			
B	1/0			Text ON/OFF			
C	1/0			Cursor ON/OFF			
D	1/0			Cursor Blink ON/OFF			

Cursor Pattern Select

A standard one line cursor is generated with the command of A0H while A7H generates an eight line, or Character Block, CURSOR.

1	0	1	0	0			
N							

N	Display Pattern
111	8 line cursor
110	7 line cursor
101	6 line cursor
100	5 line cursor
011	4 line cursor
010	3 line cursor
001	2 line cursor
000	1 line cursor

Pointer Set

The POINTER SET command controls the CURSOR POINTER, ADDRESS POINTER and the EXTERNAL CHARACTER GENERATOR OFFSET REGISTER.

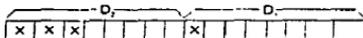
0	0	1	0	0			
N							

	N		D ₁	D ₂
A	001	Cursor Pointer Set	Ax (7 bit)	Ay (5 bit)
B	100	Address Pointer Set	A low	A high
C	010	Offset Register Set	DATA (5 bit)	00H



- A. CURSOR POINTER SET: The CURSOR is displayed at the position specified by the CURSOR POINTER.

- D₁ Horizontal Point In Characters (MSB don't care)
D₂ Vertical Point In Characters (3 MSBs don't care)

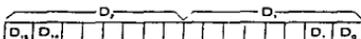


Note: For the AND1013 the LOWER SCREEN CURSOR can be addressed by adding 1000H to the CURSOR ADDRESS, D2-D1.

Example (For AND1013 Only)

Upper Screen Address	1000H
Add Off Set	1000H
Lower Screen Address	2000H

- B. ADDRESS POINTER SET: The ADDRESS POINTER may move throughout the 8K or 4K RAM, beginning at 0000H and ending at 1FFFH or 0FFFH respectively. All data transfer takes place at the RAM location pointed at by the ADDRESS POINTER or ADP.



- C. OFFSET REGISTER SET: THE OFFSET REGISTER SET command specifies the area in RAM which is used for the EXTERNAL Character generator. The MSB is 00H and the LSB is the Upper 5 bits of the External CG RAM location. See: EXTERNAL CHARACTER GENERATOR.

Example:

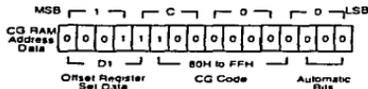
Set OFFSET REGISTER with the External CG Home Position equal to 1C00H

LSB DATA = 03H

MSG DATA = 00H

OFFSET REGISTER

SET COMMAND = 22H



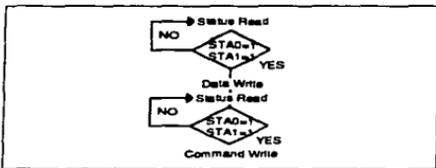
Data Read/Write

Data transfer occurs at the address pointed at by the ADDRESS POINTER. This instruction is a 1 byte data Read/Write command.



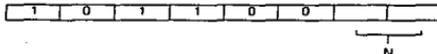
A	B	C	MODE
0	0	0	Data Write ADP increment
0	0	1	Data Read ADP increment
0	1	0	Data Write address pointer decrement
0	1	1	Data Read address pointer decrement
1	*	0	Data Write ADP nonvariable
1	*	1	Data Read ADP nonvariable

* Don't care



Auto Mode

This instruction is continuous data to Read (or Write) command. Auto Mode operations should be performed after checking status -STA2 or STA3.



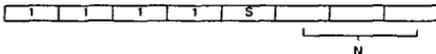
N	Mode
00	Data Auto Write Set
01	Data Auto Read Set
10	Auto Reset (Exit Auto Mode)



Application Notes Intelligent Graphics Displays

Bit Set/Reset

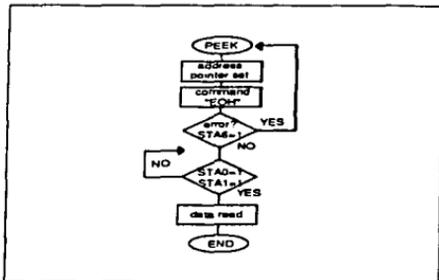
This instruction manipulates individual pixels. The bit is SET/RESET by this command. The ADP points to the byte in GRAPHIC RAM where the bit is to be changed.



S	N	Mode
1: Set	000	bit 0 (LSB)
0: Reset	001	bit 1
	010	bit 2
	011	bit 3
	100	bit 4
	101	bit 5
	110	bit 6
	111	bit 7 (MSB)

Screen Peeking

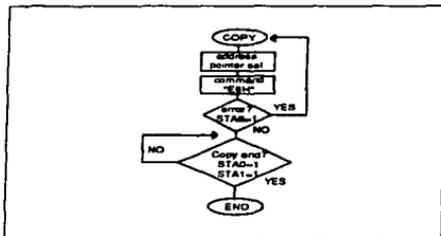
This instruction puts 1 byte of displayed data on the 8-bit bus for a Read Operation. It is possible to read logical combination data. If the address pointer is not set to the Graphic RAM area, this instruction is ignored and status bit 6 is set.



Screen Copy

This command copies one line of Text or logical Graphics-Text data from the display to the Graphic RAM. If the address pointer is not set to the Graphic RAM area, this instruction is

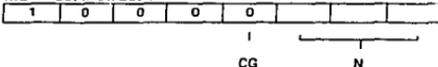
ignored and status bit 6 is set.



Character Generator

You can use the INTERNAL and EXTERNAL Character Generators, (128 characters each) or you can use the EXTERNAL CG that has 256 characters. The CG bit in the MODE SET command controls this designation.

Mode Set Instruction



CG	ROM	RAM
0	128kk	128k
1	0	256k

Internal Character Generator

The following chart illustrates the relationship between CHARACTER CODE and CHARACTER FONT for the INTERNAL CG ROM. The CG bit of the MODE SET command must be LOW, "0", to use the INTERNAL CG.



Character Code Related to Character Font

LSB	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
2	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
3	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
4	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
5	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
6	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
7	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F

External Character Generator

You can program CUSTOM CHARACTERS in the EXTERNAL CG RAM memory and retrieve them by using the appropriate CHARACTER CODES. To use the EXTERNAL CG you first set the OFFSET REGISTER that specifies a location of RAM. This is done with the POINTER SET command. You can then program the EXTERNAL CG with custom characters. Once programmed, the EXTERNAL CG can then be used in place of, or in conjunction with, the INTERNAL CG.

Mode Set Command and CG Accessibility

Mode Set	CG Bit	CG ROM	CG RAM
Internal CG Bit = 0	0	128	128
External CG Bit = 1	1	0	256

The CG bit of the MODE SET command controls the configuration of the INTERNAL ROM, and EXTERNAL RAM, character generators.

If the CG bit in the MODE SET COMMAND is high, "1", both the ROM and RAM CHARACTER GENERATORS are available. There are 128 characters available in each CG with ROM character codes from 00H to 7FH and RAM codes from 80H to FFH.

There are 8 bytes of data for each character in the EXTERNAL CG resulting in a memory requirement of 0400H. Because the address of the EXTERNAL CG contains the CHARACTER CODES information, as shown below, the available CG RAM addresses are the following.

0400H	0C00H	1400H	1C00H
to	to	to	to
07FFH	0FFFH	17FFFH	1FFFFH

The RECOMMENDED AREA IS 1C00H to 1FFFFH. This results in the LSB OFFSET REGISTER data of 03H.

MSB = 00H	LSB = 03H
-----------	-----------

If the CG bit of the MODE SET command is LOW, "0", the ROM is not available and the RAM, or EXTERNAL CG, can accommodate 256 characters. Eight bytes per character results in a memory requirement of 0800H. The possible RAM addresses are the following.

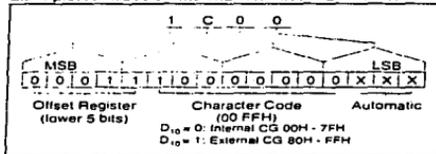
0000H	0800H	1800H
TO	TO	TO
07FFH	0FFFH	1FFFFH

The recommended EXTERNAL CG RAM area is 1800H to 1FFFFH. This results in the LSB OFFSET REGISTER data of 03H.

MSB = 00H	LSB = 03H
-----------	-----------



Example: Address of External Character Generator



Displaying User Character Generator RAM

Character patterns can be displayed by sending the CG code with the "Data Write" command. "Display Mode Set" for TEXT display should be selected before using the CG.

Writing to the External Character Generator RAM

User defined characters can be written into the EXTERNAL CG RAM and retrieved with the appropriate character codes. Each custom character requires 8 bytes of data sent to consecutive addresses. The information for the top row of pixels in the first custom character will be stored at the EXTERNAL CG HOME address specified by the OFFSET REGISTER SET command.

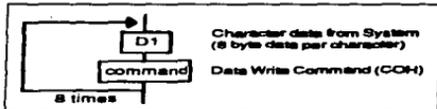
Example: CG RAM start address is 1 C00H. "Address Pointer Set" (command data = 24H) requires 2 byte address data D₁ and D₀. The procedure of data transfer is as follows.

- D₁ Address data—lower 8-bit (00H)
- D₀ Address data—upper 8-bit (1CH)
- Command Address Pointer Set command (24H)

The system character data. (Character Data = D₁) is downloaded by the DATA WRITE command. (Command Data = C0H).

CG RAM Address	CG RAM Data (80H)							
	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
1C00H	+	+	*	*	*	*	*	*
1C01H	+	+	*	*	*	*	*	*
1C02H	+	+	*	*	*	*	*	*
1C03H	+	+	*	*	*	*	*	*
1C04H	+	+	*	*	*	*	*	*
1C05H	+	+	*	*	*	*	*	*
1C06H	+	+	*	*	*	*	*	*
1C07H	+	+	*	*	*	*	*	*

This operation should be repeated for each character.





Application Notes Intelligent Graphics Displays

Relationship between User CG RAM Address and CG Code and Character Pattern

Character Code										RAM Address for User CG										Character Pattern												
7	6	5	4	3	2	1	0	F	E	D	C	B	A	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	7	6	5	4	3	2	1	0	
M	0	0	0	0	0	0	0	N	N	N	N	N	N	M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
																								0	0	0	0	0	0	0	0	
																								0	0	0	0	0	0	0	0	
																								0	0	0	0	0	0	0	0	
																								0	0	0	0	0	0	0	0	
																								0	0	0	0	0	0	0	0	
																								0	0	0	0	0	0	0	0	
																								0	0	0	0	0	0	0	0	
																								0	0	0	0	0	0	0	0	
																								0	0	0	0	0	0	0	0	
																								0	0	0	0	0	0	0	0	
																								0	0	0	0	0	0	0	0	
																								0	0	0	0	0	0	0	0	
																								0	0	0	0	0	0	0	0	
																								0	0	0	0	0	0	0	0	
																								0	0	0	0	0	0	0	0	
																								0	0	0	0	0	0	0	0	
																								0	0	0	0	0	0	0	0	
																								0	0	0	0	0	0	0	0	
																								0	0	0	0	0	0	0	0	
																								0	0	0	0	0	0	0	0	
																								0	0	0	0	0	0	0	0	
																								0	0	0	0	0	0	0	0	
																								0	0	0	0	0	0	0	0	
																								0	0	0	0	0	0	0	0	
																								0	0	0	0	0	0	0	0	
																								0	0	0	0	0	0	0	0	
																								0	0	0	0	0	0	0	0	
																								0	0	0	0	0	0	0	0	
																								0	0	0	0	0	0	0	0	
																								0	0	0	0	0	0	0	0	
																								0	0	0	0	0	0	0	0	
																								0	0	0	0	0	0	0	0	
																								0	0	0	0	0	0	0	0	
																								0	0	0	0	0	0	0	0	
																								0	0	0	0	0	0	0	0	
																								0	0	0	0	0	0	0	0	
																								0	0	0	0	0	0	0	0	
																								0	0	0	0	0	0	0	0	
																								0	0	0	0	0	0	0	0	
																								0	0	0	0	0	0	0	0	
																								0	0	0	0	0	0	0	0	
																								0	0	0	0	0	0	0	0	
																								0	0	0	0	0	0	0	0	
																								0	0	0	0	0	0	0	0	
																								0	0	0	0	0	0	0	0	
																								0	0	0	0	0	0	0	0	
																								0	0	0	0	0	0	0	0	
																								0	0	0	0	0	0	0	0	
																								0	0	0	0	0	0	0	0	
																								0	0	0	0	0	0	0	0	
																								0	0	0	0	0	0	0	0	
																								0	0	0	0	0	0	0	0	
																								0	0	0	0	0	0	0	0	
																								0	0	0	0	0	0	0	0	
																								0	0	0	0	0	0	0	0	
																								0	0	0	0	0	0	0	0	
																								0	0	0	0	0	0	0	0	
																								0	0	0	0	0	0	0	0	
																								0	0	0	0	0	0	0	0	
																								0	0	0	0	0	0	0	0	
																								0	0	0	0	0	0	0	0	
																								0	0	0	0	0	0	0	0	
																								0	0	0	0	0	0	0	0	
																								0	0	0	0	0	0	0	0	
																								0	0	0	0	0	0	0	0	
																								0	0	0	0	0	0	0	0	
																								0	0	0	0	0	0	0	0	
																								0	0	0	0	0	0	0	0	
																								0	0	0	0	0	0	0	0	
																								0	0	0	0	0	0	0	0	
																								0	0	0	0	0	0	0	0	
																								0	0	0	0	0	0	0	0	
																								0	0	0	0	0	0	0	0	
																								0	0	0	0	0	0	0	0	
																								0	0	0	0	0	0	0	0	
																								0	0	0	0	0	0	0	0	



External Character Generator Write Example

	C/D	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	Status Check	Comments
Address Pointer Set Data (LSB)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Bit 0,1	Set ADP to 1C00H Start of external CG RAM Status check before operation
Address Pointer Set Data (MSB)	0	0	0	0	1	1	1	0	0	Bit 0,1	
Address Pointer Set Command	1	0	0	1	0	0	1	0	0	Bit 0,1	
Auto Mode	1	1	0	1	1	0	0	0	0	Bit 0,1	Enter auto write mode
Character Data	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Bit 3	First byte of Data for a user defined character
Character Data	0	0	0	0	1	0	0	0	1	Bit 3	
Character Data	0	0	0	0	1	0	0	0	1	Bit 3	This example is an upside down letter "A"
Character Data	0	0	0	0	1	1	1	1	1	Bit 3	
Character Data	0	0	0	0	1	0	0	0	1	Bit 3	Note that status bit 3 is checked while in auto write mode
Character Data	0	0	0	0	1	0	0	0	1	Bit 3	
Character Data	0	0	0	0	1	0	0	0	1	Bit 3	Eighth byte of data
Character Data	0	0	0	0	0	1	1	1	1	Bit 3	
Auto Set	1	1	0	1	1	0	0	1	X	Bit 3	Exit auto mode

External Character Generator Read Example (After Installation)

	C/D	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	Status Check	Comments
Offset Register Data (LSB)	0	0	0	0	0	0	0	1	1	Bit 0,1	The offset register, (0003H), is equal to the first five bits of the external CG home address (1C00h)
Offset Register Data (MSB)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Bit 0,1	
Offset Register Set Command	1	0	0	1	0	0	0	1	0	Bit 0,1	First character in external CG
Data Write Character Code	0	1	0	0	0	0	0	0	0	Bit 0,1	
Data Write Command	1	1	1	0	0	0	0	0	0	Bit 0,1	Note: When the CG Bit of the mode set command is "0", the address of the first character in the external CG RAM is 80H. When the CG bit is "1", the address of the first character is 00H
Data Write Character Code	0	1	0	0	0	0	0	0	1	Bit 0,1	
Data Write Command	1	1	1	0	0	0	0	0	0	Bit 0,1	
Data Write Character Code	0	1	0	0	0	0	0	1	0	Bit 0,1	
Data Write Command	1	1	1	0	0	0	0	0	0	Bit 0,1	Fourth character in external CG
Data Write Character Code	0	1	0	0	0	0	0	1	1	Bit 0,1	
Data Write Command	1	1	1	0	0	0	0	0	0	Bit 0,1	Data write command. ADP increment
Display Mode Set	1	1	0	0	1	0	1	0	0	Bit 0,1	Turn text display on



Application Notes Intelligent Graphics Displays

Attribute Functions

The attribute function is used for a "reverse" and/or "blinking" display. To use the attribute function, you must first reassign the graphic home address to the first address of the attribute RAM area by using the internal RAM write command. Please note that graphic data cannot be displayed. Secondly, you must enter the desired attribute data (see following table) using the "Data Write" command.

The attribute data of the first character in the "text area" is written into the first byte in the "attribute RAM area," and the attribute data of nth character is written at the nth byte in the "attribute RAM area."

Attribute RAM-1 Byte

*	*	*	*	N3	N2	N1	I/O
---	---	---	---	----	----	----	-----

*Don't care

N3	N2	N1	N0	Function
0	0	0	0	Normal display (text only)
0	1	0	1	Reverse display (text only)
0	0	1	1	Inhibit display
1	0	0	0	Blink of normal display
1	1	0	1	Blink of reverse display
1	0	1	1	Inhibit display

Example

Command	C/D	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	Note
Graphic display off	1	1	0	0	1	0	*	*	*	
Graphic home address set to attribute home address	0	0	0	0	0	0	0	0	0	home address command
	0	0	0	0	1	1	1	1	0	
	1	0	1	0	0	0	0	1	0	
Attribute data write	0	0	0	0	0	0	0	0	0	address
	1	0	0	1	0	1	1	1	0	D ₇ , D ₆ , address pointer set
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	attribute data
	1	1	1	0	0	0	0	0	0	write command
	0	0	0	0	0	1	1	0	1	attribute data
	1	1	1	0	0	0	0	0	0	write command
	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
Mode	1	1	0	0	0	0	1	0	0	
Graphic display on	1	1	0	0	1	1	*	*	*	

Suggested Module Memory Mapping

AND	711, 1301, 1391, 1741, 1781, 8 x 8	711, 1301, 1391, 1741, 1781, 8 x 8	1021	1013
Text Home	1000H	1000H	1000H	0A00H
Text Area	0028H	001EH	000FH	0014H
Graphic Home	0000H	0000H	0000H	0000H
Graphic Area	0028H	001EH	000FH	0014H
Ext. CG Home	1C00H	1C00H	1C00H	0C00H
Attribute Home	0D00H	0D00H	0D00H	0800H
Valid Address	0000H to 1FFFH	0000H to 1FFFH	0000H to 1FFFH	0000H to 1FFFH and 0008H to 8FFFH

RAM Map

Display RAM is built-in to the module, and display data is written to this display RAM. Built-in controller LSI T6963C is automatically read from display RAM, and sends data to LCD drivers. The "Control word set" command (text home

set, text area set, etc.) defines the RAM area that is read by controller LSI, so RAM map can be changed by your preferences. If more than one screen is stored in the RAM, vertical scrolling and paging is easily performed by resetting



text home and/or graphic home address. These modules have 8K byte built-in RAM, and the following is an example of RAM mapping.

If the graphic/text home address is specified only for the upper half of the screen, the RAM map of the lower half of the screen is automatically fixed. In the above example, the RAM map is for "CG ROM Mode". In case "CG RAM Mode" is selected, a 2048 byte CG RAM area is necessary. Accordingly, the RAM map should be relocated.

RAM Map for AND 711, 1021, 1301, 1391, 1741, 1781

0000H to CFFH	Graphic RAM Area
0D00H to 0FFFH	Attribute RAM Area
1000H to 1BFFH	Text RAM Area
1C00H	CG RAM Area

RAM Map for AND 1013 (Upper Half of Screen)

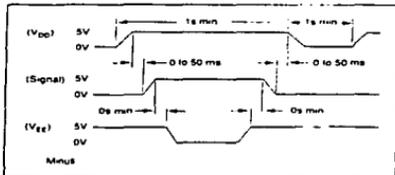
0000H to 7FFH	Graphic RAM Area
0B00H to BFFH	Attribute RAM Area
0A00H to BFSH	Text RAM Area
0C00H to 1FFFH	CG RAM Area

RAM Map for AND1013 (Lower Half of Screen)

8000H to 87FFH	Graphic RAM Area
8800H to 89FFH	Attribute RAM Area
8A00H to 8BFFH	Text RAM Area
8C00H to 8FFFH	CG RAM Area

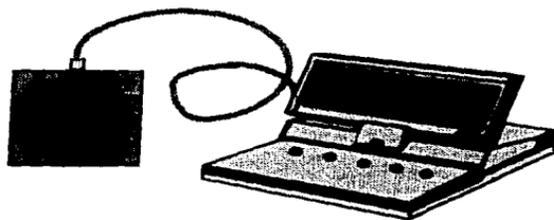
Operation

1. Do not insert or remove an LCD module when power is applied to the device using the LCD module.
2. Employ the following power up sequence to provide the best display quality and reliability. If negative voltage is supplied before V_{DD} reaches 5V you can compromise display quality and shorten the life of the LCD. The input voltage should be active only when V_{DD} is supplied. Otherwise, the internal CMOS-LSI will latch up.



3. You must use an ultra-violet ray cutoff filter for outdoor operation.
4. Avoid condensation of water; water can cause improper operation.
5. Do not exceed maximum rating values under the worst probable operating conditions, accounting for input voltage variation and all other variables.

**MEDIDOR DE
POTENCIA MPL 1
Manual de Uso**



APÉNDICE C**MANUAL DE USUARIO****C.1 DESCRIPCIÓN GENERAL**

Este equipo es capaz de medir la potencia de láseres quirúrgicos de Nd:YAG y CO2 de potencias hasta de 100 Watts. Estas mediciones se consideran necesarias para el mantenimiento preventivo y correctivo de este tipo de láseres.

El medidor de potencia consta de dos partes, una cabeza de absorción y una pantalla contenida en el cuerpo del sistema principal. Cuando el láser es dirigido a la cabeza de absorción, se crea un gradiente de temperatura a través de la termopila que se encuentra en el disco detector, lo que crea un voltaje proporcional a la potencia incidente. El sistema recibe y amplifica la señal, e indica el nivel de potencia recibido por la cabeza. Al mismo tiempo, una circuitería especial hace que la unidad de despliegue responda más rápido que el detector de disco, reduciendo el tiempo de respuesta.

C.2 OPERACIÓN

Para operar el aparato, se conecta el cable coaxial con la termopila al equipo y posteriormente se enciende el switch de encendido, el aparato debe ser recargado antes de usarse, por lo menos durante dos horas.

Después de 5 segundos de haber sido encendido, la pantalla se estabilizará para mostrar una lectura de cero.

Es ahora cuando la cabeza de absorción puede ser expuesta a la fuente de radiación láser y la escala apropiada será seleccionada automáticamente "vía interna "software. Debe tenerse cuidado en no exceder el valor de potencia máximo 100 watts.

Los láseres de alta potencia por lo general tienen modos de estructuras muy poco comunes, con densidades de potencia local arriba de la densidad de potencia esperada por una distribución gaussiana. Estos puntos calientes fácilmente excederán el umbral de daño de la cabeza de absorción, causando un daño localizado aunque el rango de densidad de potencia promedio no haya sido excedido. En estos casos, debe tenerse cuidado en divergir suficientemente el rayo láser para evitar este daño o bien medir el rayo láser de tal forma que no esté enfocado por algún lente.

C.3 Carga y Alimentación

El medidor es alimentado con dos pilas de níquel-cadmio de 9V recargables, que permitirán una operación continua de 2 horas entre cada recarga. Una carga completa es utilizada en 2 horas de uso continuo. Aunque el medidor de potencia puede ser utilizado mientras las baterías están siendo recargadas, cada sesión de recarga no debe exceder un total de 18 horas, de lo contrario la vida de la batería se vera reducida.

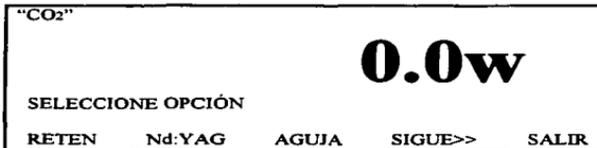
C.4 Despliegado de Pantalla y Botones

La pantalla principal (pantalla 1) despliega la potencia del láser con números de 3x2 cm que pueden ser vistos desde una distancia de 2m; despliega también una barra gráfica que muestra la variación en el valor medido. Al oprimir el botón de **menú** se despliega la pantalla 2 que amanecerá al igual que la pantalla principal con el valor de medición para CO2, si el láser que se desea medir es Nd:YAG se debe

oprimir el botón que dice Nd:YAG e internamente el equipo hará una compensación para la absorción del transductor para este tipo de láser, si se medirá un láser de CO2 se vuelve a oprimir éste botón que ahora dirá CO2.



pant. 1
PRINCIPAL



pant. 2
MENU

Reten congela el valor de potencia máxima, cada vez que la potencia incidente aumente, un bip del buzzer sonará y el valor presentado se modificará. Una vez que la fuente de láser desaparezca, la pantalla se quedará con la potencia máxima obtenida, la cual puede ser guardada en memoria o bien registrada; para restablecer el medidor y seguir haciendo mediciones, basta oprimir nuevamente la tecla de Reten.

Aguja despliega la pantalla 2.1, ésta pantalla es de gran ayuda cuando se va a realizar una calibración completa del láser o "tuning" o bien si se va a realizar algún ajuste fino, en éste modo se dispone de un simulador de aguja para poder apreciar mejor la variación de potencia respectiva. **Sigue>>** despliega la pantalla 3. **Salir** regresa a la pantalla principal.



pant. 3

Guarda despliega la pantalla 3.1. En esta sección se escriben los principales datos de cada equipo que requieran ser guardados para consultarse posteriormente.

Consulta despliega la pantalla 3.2. En esta parte se recupera la información almacenada en memoria, única y exclusivamente para consulta de esta información.

Limpiar Memoria despliega la pantalla 3.3. Aquí se presenta la opción de borrar todas las memorias almacenadas.

Ayuda despliega la pantalla 3.4. Muestra información general sobre el uso del medidor de potencia.

Salir regresa a la pantalla principal.

POT:	000.0 WATTS
MOD:	
HOSP:	
FECHA:	00/00/00
COMENT:	
ENTER	<< >> ESPACIO <<---

pant. 3.1
GUARDAR

En MOD, HOSP pueden escribirse hasta 30 caracteres, En el espacio COMENT se pueden escribir hasta 65 caracteres.

Enter cambia de renglón. Cuando se ha terminado de escribir los datos de un equipo, el cuarto "Enter" despliega la pantalla 3.1.1 que muestra la opción de guardar en memoria los datos escritos.

<< , >> retrocede y avanza la lista de caracteres para escritura. Si estos botones se dejan oprimidos se hará un barrido rápido de la lista de caracteres, de lo contrario se irán desplegando de uno en uno.

Espacio salta a la siguiente posición de escritura.

<<--- retrocede la posición del cursor para corregir.

POT:	000.0 WATTS
MOD:	
HOSP:	
FECHA:	00/00/00
COMENT:	
GUARDAR INFORMACION ?	SI NO

pant. 3.1.1

No no guarda la información y regresa a la pantalla 2.

SI despliega pantalla 3.1.2 que indica en cual de las 26 memorias será guardada la información y cuantas memorias libres quedan.

POT: 076.0 WATTS
 MOD: 3000 LI
 HOSP: ABC
 FECHA: 30/09/94
 COMENT: SE LE CAMBIO LA FUENTE DE VOLTAJE

GUARDADO EN: 12 LIBRES: 18 ESC

part. 3.1.2

Esc regresa a la pantalla 2.

Guardado en, indica en cual de las 26 memorias fué guardada la información y libres indica el número de memorias que no han sido utilizadas; ambos botones situados debajo de los números están deshabilitados.

Los datos van siendo guardados progresivamente empezando en la memoria 0 hasta la memoria 26, si alguna memoria fué borrada y es un número de memoria anterior al número de memoria donde se encuentra el indicador, ésta será ocupada hasta que el indicador haya llenado todas las localidades de memoria posteriores a ésta.

POT: 90.0 WATTS
 MOD: 80XJ
 HOSP: STA. URSULA
 FECHA: 12/02/95
 COMENT: MANTENIMIENTO PREVENTIVO

BORRAR << >> MEM: 2 SALIR

part. 3.2
 CONSULTA

Borrar limpia los datos que corresponden al número de memoria que aparece en MEM:

<< >> retrocede y avanza desplegando cada una de las memorias almacenadas.

Mem: muestra el número de memoria que está siendo exhibida; éste botón está deshabilitado.

Salir regresa a la pantalla 2.

La opción **limpiar memoria** de la pantalla 3, borra todas las memorias almacenadas, dejándolas libres para el almacenamiento de más datos cuando se selecciona esta opción, se despliega la siguiente pantalla para confirmar la operación.

0.0w

ESTA INSTRUCCION BORRA TODOS LOS DATOS
 ALMACENADOS, ESTA SEGURO? SI NO

part. 3.1.1
 LIMPIAR
 MEMORIA

Si borra todas las memorias almacenadas.
No no borra ninguna memoria y regresa a la pantalla 2.

Con la opción **Ayuda**, de la pantalla 3 el usuario puede consultar la información relativa al uso del equipo y de los diferentes menús, Ayuda es una especie de manual de referencia rápida, contenida en el mismo equipo. Estas 12 páginas de información pueden desplegarse por renglón ó por página.

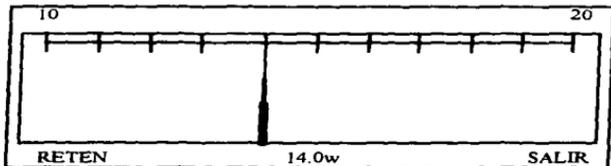
ESTE SISTEMA MIDE LA POTENCIA DE LASERS DE CO2 O
ND:YAG QUIRURGICOS DE 0 A 150 WATTS.
PROCEDIMIENTO GENERAL: APUNTE EL RAYO LASER
CRUDO AL DISCO CALORICO, ASEGURANDO SE MANTENGA
FIJO, AL EFECTUAR LA MEDICION ACTIVE EL LASER Y
EFECTUAR LA LECTURA.

PANT. 3.4
HELP

-- RENG ++ P Av P Re SALIR

-- renglón anterior.
++ renglón siguiente.
Pav avanza página.
Pre regresa página.
Salir regresa pantalla principal.

La opción de **aguja** en la pantalla 2 se muestra a continuación. El valor que aparece en la parte inferior al centro será la potencia medida en ese momento; los números que aparecen en las esquinas superiores indican el rango de potencia que irá cambiando de 10 en 10 hasta llegar a 100 watts como valor máximo a ser medido. Cuando la aguja llega al extremo derecho, la escala cambiará al siguiente rango de 10 desplegando la aguja inicialmente en el extremo izquierdo.



pant. 2.1
AGUJA

Reten posición de la aguja en el valor máximo de potencia que alcanzó durante la medición.
Salir regresa a la pantalla principal.

C.5 Mantenimiento

Si el disco de absorción se vuelve inoperante, puede ser fácilmente reemplazado por otro.

- a. Quitar los tornillos de las cubiertas frontal y superior de la cabeza de absorción.
- b. Quitar la cubierta frontal y la cubierta superior, teniendo mucho cuidado en no arrancar los cables unidos a los conectores.
- c. Desoldar los dos cables que vienen de la cabeza de absorción dañada al BNC y el conector en la cabeza, recuerda que cable va a cada terminal.
- d. Dejar el disco de absorción libre de su asiento utilizando un desarmador en la orilla del asiento.
- e. Untar con grasa de silicona conductiva el asiento del nuevo disco de absorción.
- f. Alimentar los cables a través del agujero en el disipador de calor e instalar el nuevo disco. Para asegurar un buen contacto entre el disco, la grasa y la cabeza, debe colocarse el disco presionándolo y haciéndolo girar un poco, pero sin que pierda la posición original.
- g. Reensamblar la cubierta frontal, asegurándose que los tornillos están bien apretados.
- h. Resoldar dos cables en la localidad apropiada en la cubierta superior y reensamblar la cubierta superior.

C.6 Procedimiento de Calibración

Dado que el disco calorífico tiene en la parte posterior una resistencia metálica integrada (aproximadamente 51 ohms), el equipo se puede calibrar aplicando una potencia eléctrica conocida (en lugar de radiación) que puede ser medida con una alta exactitud midiendo el voltaje y la corriente suministradas a la resistencia. La potencia que debe obtenerse en la pantalla es igual a la potencia eléctrica medida, multiplicada por un factor de compensación de 1.025, el cual es un factor de fábrica que depende de la diferencia de absorción entre la superficie frontal y posterior del disco calorífico la cual está dada por un factor de sensibilidad (1.025 para el disco utilizado). Este factor es una magnitud de corrección que depende del grosor del disco, ya que el detector es siempre más sensible al calor eléctrico aplicado en la parte posterior (donde está la termopila y la resistencia), que a la superficie frontal del disco (en donde incide el rayo láser).

Equipo necesario para realizar la calibración:

- 1 multímetro (dos para mayor exactitud al medir la potencia real).
- 1 fuente de voltaje de DC de 24V.

Procedimiento

1. Verificar que las baterías tengan carga completa, en caso contrario proceda a cargarlas.
2. Conectar el disco calorífico al equipo.
3. Estando en la pantalla principal oprimir el segundo y tercer botón. (para que no se introduzca por accidente a el modo de calibración, la función de estos botones no viene desplegada en la pantalla) al hacerlo la siguiente pantalla aparecerá

AJUSTE A CERO		
C1 : 1A	07	ASEGURESE QUE LA TERMOPILA ESTE CONECTADA SIN EXCITACION
C2 : 06	05	
C3 : 03	03	
C4 : 01	02	
C5 : 03	03	
C6 : 04	02	
O.K.		SIGUE

part. CAL..1
AJUSTE A
CERO

Esta pantalla opera para ajustar a cero el equipo, funciona leyendo los valores positivos de los seis canales del ADC : C1, C2, C3, C4, C5, C6 que corresponden a cada rango cuando no existe excitación y almacenándolos para posteriormente restarlos directamente cuando se realiza una medición real.

Para realizar este procedimiento asegúrese de que no exista excitación térmica o eléctrica en el transductor, los valores de la columna de la izquierda son la lectura del ADC en hexadecimal en ese momento para cada uno de los 6 rangos de medición, la columna de la derecha comprende los últimos valores almacenados en hexadecimal con los que se calibró. El valor de la primera columna debe ser mayor o igual a uno para cada uno de los canales, para ajustar dichos valores, se procede a mover el potenciómetro de ajuste de cero, colocado en la parte interior del equipo, este puede manipularse desde el exterior, mediante un pequeño desamador que se introduce en el orificio marcado con "AJUS" (se debe mantener la termopila conectada y a temperatura ambiente); una vez que se han ajustado todos los canales, estos valores deben ser iguales a los de la segunda columna, en el caso de que sean diferentes ambos valores se igualan oprimiendo la tecla O.K. y la pantalla de calibración es desplegada. Si ambas columnas están iguales desde un principio, solo se oprime el botón de SIGUE para pasar a la siguiente pantalla, que corresponde a el ajuste de sensibilidad del sistema.

La siguiente pantalla nos muestra la parte de calibración de sensibilidad del equipo para cada canal del convertidor.

CALIBRACION		
C.1 : 13.53	S1 : 0BB8	W.E. 13.20
C.2 : 13.53	S2 : 0639<	
C.3 : 12.33	S3 : 0415	W.C. 13.53
C.4 : 13.44	S4 : 036F	
C.5 : 13.00	S5 : 0293	
C.6 : 13.89	S6 : 0226	
SEL	--	AJUSTE
		++ LISTO SALIR

part. CAL.2
CALIBRACION

Esta pantalla se despliega para facilitar la calibración del aparato, los valores C.X son el valor medido actual en watts en los 6 diferentes rangos, y, los valores S.X indican el valor de la sensibilidad de cada uno de los 6 rangos y su valor es en hexadecimal.

A la derecha de la pantalla se despliega W.E. (watts eléctricos) y W.C. (watts calculados) en W.E. se despliega el valor de la potencia eléctrica que se suministra a la termopila en el momento de la calibración, este valor debe ser introducido con las teclas - y ++, por el usuario, al mismo tiempo en W.C. se desplegará el valor al cual se deberá ajustar la lectura de los C.X.
W.C. se obtiene de W.C. = W.E. x 1.025.

La resistencia, que se encuentra en la espalda del disco calórico se alimenta eléctricamente con D.C. de manera constante hasta que la calibración está terminada, a través de los bornes negro y rojo junto al

conector BNC del transductor, se mide la potencia suministrada, se multiplica por 1.025, una vez que se obtiene este valor de potencia suministrada se tienen que ajustar los valores de sensibilidad de los diferentes rangos hasta que todos los valores desplegados en C.X sean iguales o lo más parecidos a él.

Para esto se utiliza la tecla **SEL** para ir seleccionando el factor de sensibilidad que se va a modificar y este se modifica mediante las teclas - y ++ la tecla **SEL** puede hacer regresar el cursor "<" cíclicamente.

Cuando se observa que el equipo nos presenta valores aceptables y no es necesario efectuar ajuste alguno, se oprime **SALIR** y el equipo regresará a la pantalla principal y con condiciones iniciales.

Una vez que se han realizado las modificaciones a los factores de sensibilidad y por lo tanto se han calibrado los diferentes canales del equipo, se oprime la tecla **LISTO** a lo que despliega la siguiente pantalla :

CALIBRACION			
C.1 : 13.53	S1 : 0BB8	W.E. 13.20	
C.2 : 13.53	S2 : 0639		
C.3 : 13.53	S3 : 040C	W.C. 13.53	
C.4 : 13.53	S4 : 0341		
C.5 : 13.53	S5 : 0243		
C.6 : 13.53	S6 : 0246<		
VAL.DEFAULT	CORRECTO ?	SI	NO

pant. CAL.3
CALIBRACION

VAL.DEFAULT captura los valores de default de sensibilidad para cada uno de los canales y los guarda en memoria no volátil interna del microcontrolador HC11, regresa a la pantalla principal y en condiciones iniciales.

CORRECTO ? NO sale del modo de calibración sin guardar las modificaciones realizadas y regresa a la pantalla principal sin modificar los parámetros de calibración.

CORRECTO ? SI se utiliza para salir del modo de calibración y guarda en memoria no volátil las modificaciones realizadas, al oprimir este botón se despliega una pantalla con los nuevos factores de sensibilidad. La pantalla se muestra a continuación :

NUEVOS FACTORES DE SENSIBILIDAD	
F.S1 : 0C8E	F.S2 : 0656
F.S3 : 042F	F.S4 : 0378
F.S5 : 02A1	F.S6 : 01F9
SALIR	

Para finalizar, verifique que los datos sean los que se modificaron, en caso que el sistema no esté guardando correctamente los datos, revise la memoria no volátil del HC11, y en caso necesario reemplécelo por otro nuevo. Si todo está bien oprima el botón de salir para regresar a la pantalla principal.

Observaciones en la calibración :

1. Si se utiliza un solo multímetro aplicar un voltaje conocido en los bornes de la resistencia ubicados en la parte superior del transductor junto al conector BNC. Con el valor de la resistencia (51 ohms aprox.) y el voltaje aplicado calcule la potencia eléctrica suministrada según la siguiente expresión:

$$P_e = V^2 / R$$

2. Si se utilizan dos multímetros de tal manera que uno mida el voltaje y otro la corriente se obtiene de manera más exacta P_e mediante $P_e = V I$

Para asegurar una larga vida del resistor de calibración, deben tomarse en cuenta las siguientes precauciones :

- a. No exceder la potencia eléctrica máxima que son 100 Watts.
- b. Utilizar la resistencia solamente para calibración, y desexcitarla en cuanto la calibración haya sido efectuada.
- c. No excitar el resistor de calibración cuando el disco sensor está bajo radiación; el calor excesivo puede quemar dicho resistor.

Existen fuentes inequivalentes entre el calor del disco debido a la potencia eléctrica y la radiación térmica que deben ser tomada en cuenta cuando se hacen mediciones de alta precisión. Estos factores son :

1. Calor eléctrico de otras partes del circuito así como los cables que están conectados. Este calor no es absorbido por el disco detector.
2. Inequivalencia causada por el hecho de la radiación que calienta la superficie frontal del disco, mientras la potencia eléctrica de calibración calienta la parte posterior del disco.
3. Absorción incompleta de la radiación incidente en la superficie frontal del detector.

Otras pérdidas por calor, como la convección, conducción térmica por las conexiones eléctricas y radiación pueden ser ignoradas ya que son muy pequeñas (menos de 0.3% del valor total de potencia) y porque son aproximadamente iguales para el calor eléctrico y óptico del disco.